Anlage 1
Blatt 1 von 5

Vordruck für die bauaufsichtlichen Verfahren (Anlage 1)

1. Ausfertigung für die Bauaufsichtsbehörde 2. Ausfertigung für die Gemeinde 3. Ausfertigung für die Bauherrin/den Bauherrn 4. Ausfertigung für die Akte

An die Bauaufsichtsbehörde

Kreis Schleswig - Flensburg
Untere Bauaufsicht

Flensburger Str. 7
24837 Schleswig

Bauantrag vom:

Eingangsstempel der Bauaufsichtsbehörde

Eingangsstempel der Gemeinde

Aktenzeichen Bauaufsichtsbehörde

Aktenzeichen Gemeinde

☒ **Bauantrag im vereinfachten Baugenehmigungsverfahren nach § 63 Landesbauordnung (LBO)**

Das vereinfachte Baugenehmigungsverfahren kommt für die in § 63 LBO genannten Vorhaben zur Anwendung, wenn die Bauvorlagen - mit Ausnahme der bautechnischen Nachweise - von Entwurfsverfasserinnen oder Entwurfsverfassern nach § 65 Abs. 2 LBO gefertigt sind.

Es handelt sich um ein Vorhaben ☒ nach § 63 Abs. 1 LBO (Regelbau) ☐ nach § 63 Abs. 2 LBO (Sonderbau nach RED II)

☐ **Genehmigungsfreistellung nach § 62 Landesbauordnung (LBO)**

Die Genehmigungsfreistellung kommt für Vorhaben nach § 62 Abs. 1 LBO zur Anwendung, wenn die Bauvorlagen von Entwurfsverfasserinnen oder Entwurfsverfassern nach § 65 Abs. 2 LBO gefertigt sind. Die bautechnischen Nachweise müssen von Personen aus der Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes aufgestellt sein.

☐ Hiermit bestimme ich, dass im Falle einer die Genehmigungsfreistellung ablehnenden Erklärung der Gemeinde (§ 62 Abs. 2 Nr. 4 LBO) die Bauvorlagen als Bauantrag zu behandeln sind.

☐ **Bauantrag im Baugenehmigungsverfahren nach § 64 Landesbauordnung (LBO)**

Das Baugenehmigungsverfahren nach § 64 LBO kommt bei Sonderbauten nach § 2 Abs. 4 LBO, ausgenommen Sonderbauten nach RED II, oder wenn die Bauvorlagen von nicht nach § 65 Abs. 2 LBO bauvorlageberechtigten Personen gefertigt sind zur Anwendung.

☐ **Anzeige der Beseitigung von Anlagen nach § 61 Abs. 3 Satz 3 Landesbauordnung (LBO)**

☐ **Gebäude der Gebäudeklasse 2**

☐ **nicht freistehende/s Gebäude der Gebäudeklasse 3 bis 5**

☐ **sonstige Anlage/n mit einer Höhe von mehr als 10 m, freistehende/s Gebäude der Gebäudeklasse 4 oder 5**

Bei Gebäuden der Gebäudeklasse 2 muss die Standsicherheit von Gebäuden, an die das zu beseitigende Gebäude angebaut ist, von einer Person aus der Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes bestätigt sein.
Bei nicht freistehenden Gebäuden der Gebäudeklasse 3 bis 5 muss die Standsicherheit von Gebäuden, an die das zu beseitigende Gebäude angebaut ist, bauaufsichtlich geprüft sein. Das gilt entsprechend, wenn die Beseitigung eines Gebäudes sich auf andere Weise auf die Standsicherheit anderer Gebäude auswirken kann. Den Prüfauftrag hat die untere Bauaufsichtsbehörde zu erteilen.

Die für die Beseitigung erforderlichen Bauvorlagen nach § 6 der Bauvorlagenverordnung sind beigefügt: ☐ Ja ☐ Nein

Bauherrin/Bauherr/Antragstellerin/Antragsteller

☐ natürliche Person ☐ juristische Person ☒ Personenhandelsgesellschaft

Bürgerwindpark BB Wind GmbH & Co.KG
Nachname, Vorname/Firma

Erlenweg 5
Straße, Hausnummer

24994 Böxlund
PLZ, Ort

04639 78 26 915
Telefon (mit Vorwahl)

info@bwp-bbwind.de
Mail

Fortsetzung auf Blatt 2

Gegenstand des Bauantrages/der Genehmigungsfreistellung/der Anzeige ist das nachstehend beschriebene Bauvorhaben

I. Baugrundstück

1. Lage und Größe des Baugrundstückes

Straße, Hausnummer	Postleitzahl, Ort/Gemeinde/Kreis
nördlich der L 192	24994 Weesby, Kreis SI-FI

Grundbuch von	beim Amtsgericht	Band	Blatt

Gemarkung(en)	Flur(en)	Flurstück(e)	Grundstücksgröße
Weesby	3	9	126884 m²

☐ **Das zur Bebauung vorgesehene Grundstück liegt im Geltungsbereich des rechtsverbindlichen Bebauungsplanes nach § 30 Abs. 1, 2 oder 3 BauGB**

Bezeichnung des Bebauungsplanes _____ Nr. _____

Gebiet _____

aufgestellt von Gemeinde/Stadt: _____

2. Bebauung

☒ **Das Grundstück ist nicht bebaut.** ☐ **Das Grundstück ist bereits bebaut.**

☐ Das letzte Vorhaben wurde im Rahmen eines bauaufsichtlichen Verfahrens genehmigt:

Aktenzeichen: _____ eingereicht am: _____

3. Baulasten

☐ Im Baulastenverzeichnis ist weder **zulasten** des Baugrundstücks noch **zugunsten** des Baugrundstücks auf einem anderen Grundstück eine Baulast eingetragen.

☐ Im Baulastenverzeichnis ist **zulasten** des Baugrundstücks eine Baulast eingetragen wegen

☐ **Übernahme fehlender Abstandflächen** ☐ **Übernahme von Geh-, Fahr- und /oder Leitungsrechten** ☐ Sonstigem _____

begünstigtes Grundstück:

Gemarkung	Flur	Flurstück

☐ Im Baulastenverzeichnis ist **zugunsten** des Baugrundstücks eine Baulast eingetragen wegen

☐ **Übernahme fehlender Abstandflächen** ☐ **Übernahme von Geh-, Fahr- und /oder Leitungsrechten** ☐ Sonstigem _____

belastetes Grundstück:

Gemarkung	Flur	Flurstück

II. Bauvorhaben

☒ **Errichtung (z. B. Neubau, Wiederaufbau)** ☐ **Nutzungsänderung** ☐ **Änderung (z. B. Umbau, Änderung der Ansicht)**

☐ **Erweiterung** ☐ **Sonderbau nach § 2 Abs. 4 LBO** ☐ **Beseitigung**

Errichtung u. Betrieb von 3 Windkraftanlagen
HIER: WEA 1 Enercon E-160 EP3 E3 / 5560 KW - NH 120 GH 200 (aufgerundet)

Nähere Beschreibung des Vorhabens

Folgende Abweichungen, Ausnahmen/Befreiungen werden beantragt.

☐ **Abweichungen vom Bauordnungsrecht (§ 67 Abs. 1 LBO)** _____

☐ **Ausnahmen/Befreiungen nach § 31 BauGB** _____

☐ **zulässige Überschreitung nach BauNVO** _____

Dazugehörige Begründungen (ggf. auf gesondertem Blatt)

Fortsetzung auf Blatt 3

III. Persönliche Angaben

1. Grundstückseigentümerin/Grundstückseigentümer

☒ natürliche Person ☐ juristische Person ☐ Personenhandelsgesellschaft

Carstensen, Alena Christa
Nachname, Vorname/Firma

Niehuuser Straße 4
Straße, Hausnummer

24955 Harrislee
PLZ, Ort

Telefon (mit Vorwahl) | Mail

2. Entwurfsverfasserin/Entwurfsverfasser

Siefert, Eugen
Nachname, Vorname/Firma

Norderdorf 7
Straße, Hausnummer

25850 Behrendorf
PLZ, Ort

04843-205050
Telefon (mit Vorwahl)

eugen.siefert@eugensiefert.de
Mail

Bauvorlageberechtigt nach ☒ § 65 Abs. 2 LBO ☐ § 65 Abs. 3 LBO

Bei einem Unternehmen nach ☐ § 65 Abs. 4 LBO i.V.m. § 65 Abs. 2 LBO ☐ § 65 Abs. 4 LBO i.V.m. § 65 Abs. 3 LBO

Beruf: Dipl.Ing.

Ausreichende Berufshaftpflichtversicherung nach § 65 Abs. 6 LBO: ☒ Ja ☐ Nein Selbstständig: ☒ Ja ☐ Nein

Versicherer, Vers.-Nr.: AIA AG Düsseldorf, Vertr. Nr. 036418

3. Bauleiterin/Bauleiter

Nachname, Vorname/Firma

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Telefon (mit Vorwahl) | Mail

☒ Mitteilung des Namens der Bauleiterin/des Bauleiters wird vor Baubeginn nachgereicht

4. Sachverständige

Sachverständige Person bzw. sachverständige Stelle i. S. des § 69 Abs. 3 LBO	1.	Wind-Consult
	2.	GfN mbH
	3.	I17 Wind GmbH & Co.KG
Name/Anschrift/Telefon	1.	Reuterstraße 9, 18211 Bargeshagen
	2.	Stuthagen 25, 24113 Molfsee, 04347-999730
	3.	
Anerkennung als sachverständige Person bzw. sachverständige Stelle	1.	
	2.	
	3.	
Art der Bescheinigung	1.	Schall- und Schattengutachten = WICO 017SC123-01 und WICO 018FB123-01
	2.	UVP_Bericht, Unterl. f Scoping, Landschaftspfl.Begl.plan, Faun.GA- und Artenschutzprüf.
	3.	Turbulenz-GA

Fortsetzung auf Blatt 4

5. Aufstellerin/Aufsteller der bautechnischen Nachweise

(1) Art der bautechnischen Nachweise:

☒ Standsicherheit ☒ Brandschutz ☐ Schallschutz ☐ Wärmeschutz ☐ Erschütterungsschutz

über Enercon GmbH
Nachname, Vorname/Firma

Dreekamp 5
Straße, Hausnummer

26605 Aurich
PLZ, Ort

0 49 41 / 9 27 - 0
Telefon (mit Vorwahl)

Mail

☐ Eingetragen in die Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes

☐ Bauvorlageberechtigt nach § 88 Gebäudeenergiegesetz (nur Wärmeschutz)

Beruf

Ausreichende Berufshaftpflichtversicherung nach § 66 Abs. 2 Satz 2 LBO: ☒ Ja ☐ Nein Selbstständig: ☒ Ja ☐ Nein

Versicherer, Vers.-Nr.

☐ Ich erkläre, dass die von mir gefertigten Nachweise, Bauvorlagen und Gutachten den öffentlich-rechtlichen Vorschriften entsprechen.

(2) Art der bautechnischen Nachweise:

☐ Standsicherheit ☐ Brandschutz ☐ Schallschutz ☐ Wärmeschutz ☐ Erschütterungsschutz

Nachname, Vorname/Firma

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Telefon (mit Vorwahl)

Mail

☐ Eingetragen in die Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes

☐ Bauvorlageberechtigt nach § 88 Gebäudeenergiegesetz (nur Wärmeschutz)

Beruf

Ausreichende Berufshaftpflichtversicherung nach § 66 Abs. 2 Satz 2 LBO: ☐ Ja ☐ Nein Selbstständig: ☐ Ja ☐ Nein

Versicherer, Vers.-Nr.

☐ Ich erkläre, dass die von mir gefertigten Nachweise, Bauvorlagen und Gutachten den öffentlich-rechtlichen Vorschriften entsprechen.

(3) Art der bautechnischen Nachweise:

☐ Standsicherheit ☐ Brandschutz ☐ Schallschutz ☐ Wärmeschutz ☐ Erschütterungsschutz

Nachname, Vorname/Firma

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Telefon (mit Vorwahl)

Mail

☐ Eingetragen in die Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes

☐ Bauvorlageberechtigt nach § 88 Gebäudeenergiegesetz (nur Wärmeschutz)

Beruf

Ausreichende Berufshaftpflichtversicherung nach § 66 Abs. 2 Satz 2 LBO: ☐ Ja ☐ Nein Selbstständig: ☐ Ja ☐ Nein

Versicherer, Vers.-Nr.

☐ Ich erkläre, dass die von mir gefertigten Nachweise, Bauvorlagen und Gutachten den öffentlich-rechtlichen Vorschriften entsprechen.

6. Erklärung der Aufstellerin/des Aufstellers der bautechnischen Nachweise und der Fachplanerinnen/Fachplaner

(Erklärung im Hinblick auf den Standsicherheitsnachweis auf gesondertem Blatt nach Anlage 2)

Für den Fall, dass die bautechnischen Nachweise von verschiedenen Personen aufgestellt sind, übernehme ich die Verantwortung für das ordnungsgemäße Ineinandergreifen dieser Nachweise und überwache bei der Bauausführung die Einhaltung der bautechnischen Anforderungen (§ 66 Abs. 2 Satz 3 und 4 LBO).

Nachname, Vorname/Firma

Ort

Datum

Unterschrift (freiwillig)

Fortsetzung auf Blatt 5

IV. Erklärungen der Bauherrin/des Bauherrn

Ich erkläre, dass die Angaben nach bestem Wissen gemacht worden sind.

Für Feuerungsanlagen nach § 42 Abs. 1 LBO werde ich spätestens zehn Werktage vor Baubeginn der Anlagen eine Bescheinigung der bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegerin/des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegers einholen, aus der hervorgeht, dass sie den öffentlich-rechtlichen Vorschriften entsprechen und die Abgasanlagen, wie Schornsteine, Abgasleitungen und Verbindungsstücke, und die Feuerstätten so aufeinander abgestimmt sind, dass beim bestimmungsgemäßen Betrieb Gefahren oder unzumutbare Belästigungen nicht zu erwarten sind. Über die Fertigstellung der Abgasanlagen, den Anschluss an die Abgasanlagen und die Aufstellung der Feuerstätten werde ich je eine Bescheinigung der bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegerin/des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegers einholen. Außerdem erkläre ich, dass die Feuerstätten erst in Betrieb genommen werden, wenn die bevollmächtigte Bezirksschornsteinfegerin/der bevollmächtigte Bezirksschornsteinfeger die Tauglichkeit und die sichere Benutzbarkeit der Abgasanlagen bescheinigt hat; Verbrennungsmotoren und Blockheizkraftwerke dürfen erst dann in Betrieb genommen werden, wenn sie oder er die Tauglichkeit und sichere Benutzbarkeit der Leitungen zur Abführung von Verbrennungsgasen bescheinigt hat (§ 82 Abs. 2 Satz 4 LBO).

Mir ist bekannt,dass die Aufstellerinnen oder Aufsteller der bautechnischen Nachweise aus der Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes bei der Bauausführung die Einhaltung der bautechnischen Anforderungen zu überwachen haben (§ 66 Abs. 2 Satz 4 LBO). Bei baulichen Anlagen nach § 66 Abs. 3 Satz 1 LBO prüft die Prüfingenieurin oder der Prüfingenieur den Standsicherheitsnachweis, es sei denn, dieses ist nach Anlage 2 der Bauvorlagenverordnung nicht erforderlich. Den Personen, welche die Bauüberwachung vorzunehmen haben, werde ich den Baubeginn anzeigen und damit die Bauüberwachung veranlassen (§ 53 Abs. 1 Satz 7 LBO).

Den Baubeginn werde ich der Bauaufsichtsbehörde nach § 72 Abs. 8 LBO mindestens eine Woche vorher schriftlich mitteilen (Baubeginnanzeige).

Die beabsichtigte Aufnahme der Nutzung werde ich der Bauaufsichtsbehörde mindestens zwei Wochen vorher anzeigen (§ 82 Abs. 2 LBO) und die erforderlichen Nachweise vorlegen (siehe Anlage 3).

V. Anlagen nach der Bauvorlagenverordnung (BauVorlVO)

(Im Genehmigungsfreistellungsverfahren (§ 62 LBO) sind die Bauvorlagen bei der Gemeinde (2-fach) einzureichen.)

- [x] Übersichtsplan im Maßstab 1:2000 oder 1:1000 als Auszug aus der Liegenschaftskarte (§ 3 Nr. 1 BauVorlVO)
- [x] Lageplan im Maßstab nicht kleiner als 1: 500 auf der Grundlage der Liegenschaftskarte (§ 3 Nr. 1 i.V. mit § 7 Abs. 2 BauVorlVO)
- [x] Angaben über die gesicherte Erschließung (§ 3 Nr. 6 BauVorlVO)
- [ ] Nachweis der Regelung für notwendige Stellplätze und Garagen, Abstellanlagen für Fahrräder
- [ ] Berechnungen des Maßes der baulichen Nutzung (§ 3 Nr. 7 BauVorlVO; §§ 16, 18 bis 21 BauNVO)
- [x] Bauzeichnungen (§ 8 BauVorlVO) s. BImSch Blatt
- [x] Bau- und Betriebsbeschreibung (§ 9 BauVorlVO)
- [ ] Darstellung der Grundstücksentwässerung (§ 7 Abs. 3 Nr. 6 BauVorlVO)
- [ ] Erklärung der Aufstellerin oder des Aufstellers der bautechnischen Nachweise auf gesondertem Vordruck
- [x] Standsicherheitsnachweis (§ 10 BauVorlVO)
- [ ] Brandschutznachweis (§ 11 BauVorlVO)
- [ ] Nachweis für Wärme-, Schall-, Erschütterungsschutz (§ 12 BauVorlVO)
- [ ] Die prüfpflichtigen bautechnischen Nachweise werden nachgereicht. Mir ist bekannt, dass die geprüften bautechnischen Nachweise zehn Werktage vor Baubeginn bei der Bauaufsichtsbehörde vorliegen müssen. (§ 72 Abs.6 Satz 1 Nr.2, Satz 2 LBO).
- [ ] Nachweis im Fall öffentlicher Förderung (erforderlich für die Ermittlung der Baugebühr)
- [ ] Berechnung der anrechenbaren Kosten im Fall von Umbauten und baulichen Anlagen, die keiner der in der Anlage 2 der Baugebührenverordnung aufgeführten Gebäudearten zuzuordnen sind
- [ ] Statistischer Erhebungsbogen

Anlagen für Werbeanlagen (§ 4 BauVorlVO)

- [ ] Auszug aus der Liegenschaftskarte im Maßstab nicht kleiner als 1:500 mit Einzeichnung des Standortes
- [ ] Zeichnung der Werbeanlage mit Maßen
- [ ] Lichtbild/Lichtbildmontage
- [ ] Nachweis der Standsicherheit, soweit er bauaufsichtlich zu prüfen ist.

Beseitigung von Anlagen (§ 6 BauVorlVO)

- [ ] Lageplan im Maßstab 1:500 mit Darstellung der zu beseitigenden Anlage (§ 6 BauVorlVO)
- [ ] Bestätigung der Standsicherheit nach § 61 Abs. 3 Satz 5 LBO
- [ ] Standsicherheitsnachweis, soweit eine bauaufsichtliche Prüfung nach § 61 Abs. 3 Satz 6 LBO erforderlich ist

Ort Böxlund

Datum 07.04.2025



Unterschrift der Bauherrin/des Bauherrn (freiwillig)

Anlage 1
Blatt 1 von 5

Vordruck für die bauaufsichtlichen Verfahren (Anlage 1)

1. Ausfertigung für die Bauaufsichtsbehörde 2. Ausfertigung für die Gemeinde 3. Ausfertigung für die Bauherrin/den Bauherrn 4. Ausfertigung für die Akte

An die Bauaufsichtsbehörde

Kreis Schleswig - Flensburg
Untere Bauaufsicht

Flensburger Str. 7
24837 Schleswig

Bauantrag vom:

Eingangsstempel der Bauaufsichtsbehörde

Eingangsstempel der Gemeinde

Aktenzeichen Bauaufsichtsbehörde

Aktenzeichen Gemeinde

☒ **Bauantrag im vereinfachten Baugenehmigungsverfahren nach § 63 Landesbauordnung (LBO)**

Das vereinfachte Baugenehmigungsverfahren kommt für die in § 63 LBO genannten Vorhaben zur Anwendung, wenn die Bauvorlagen - mit Ausnahme der bautechnischen Nachweise - von Entwurfsverfasserinnen oder Entwurfsverfassern nach § 65 Abs. 2 LBO gefertigt sind.

Es handelt sich um ein Vorhaben ☒ nach § 63 Abs. 1 LBO (Regelbau) ☐ nach § 63 Abs. 2 LBO (Sonderbau nach RED II)

☐ **Genehmigungsfreistellung nach § 62 Landesbauordnung (LBO)**

Die Genehmigungsfreistellung kommt für Vorhaben nach § 62 Abs. 1 LBO zur Anwendung, wenn die Bauvorlagen von Entwurfsverfasserinnen oder Entwurfsverfassern nach § 65 Abs. 2 LBO gefertigt sind. Die bautechnischen Nachweise müssen von Personen aus der Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes aufgestellt sein.

☐ Hiermit bestimme ich, dass im Falle einer die Genehmigungsfreistellung ablehnenden Erklärung der Gemeinde (§ 62 Abs. 2 Nr. 4 LBO) die Bauvorlagen als Bauantrag zu behandeln sind.

☐ **Bauantrag im Baugenehmigungsverfahren nach § 64 Landesbauordnung (LBO)**

Das Baugenehmigungsverfahren nach § 64 LBO kommt bei Sonderbauten nach § 2 Abs. 4 LBO, ausgenommen Sonderbauten nach RED II, oder wenn die Bauvorlagen von nicht nach § 65 Abs. 2 LBO bauvorlageberechtigten Personen gefertigt sind zur Anwendung.

☐ **Anzeige der Beseitigung von Anlagen nach § 61 Abs. 3 Satz 3 Landesbauordnung (LBO)**

☐ **Gebäude der Gebäudeklasse 2**

☐ **sonstige Anlage/n mit einer Höhe von mehr als 10 m, freistehende/s Gebäude der Gebäudeklasse 4 oder 5**

☐ **nicht freistehende/s Gebäude der Gebäudeklasse 3 bis 5**

Bei Gebäuden der Gebäudeklasse 2 muss die Standsicherheit von Gebäuden, an die das zu beseitigende Gebäude angebaut ist, von einer Person aus der Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes bestätigt sein.

Bei nicht freistehenden Gebäuden der Gebäudeklasse 3 bis 5 muss die Standsicherheit von Gebäuden, an die das zu beseitigende Gebäude angebaut ist, bauaufsichtlich geprüft sein. Das gilt entsprechend, wenn die Beseitigung eines Gebäudes sich auf andere Weise auf die Standsicherheit anderer Gebäude auswirken kann. Den Prüfauftrag hat die untere Bauaufsichtsbehörde zu erteilen.

Die für die Beseitigung erforderlichen Bauvorlagen nach § 6 der Bauvorlagenverordnung sind beigefügt: ☐ Ja ☐ Nein

Bauherrin/Bauherr/Antragstellerin/Antragsteller

☐ natürliche Person ☐ juristische Person ☒ Personenhandelsgesellschaft

Bürgerwindpark BB Wind GmbH & Co.KG
Nachname, Vorname/Firma

Erlenweg 5
Straße, Hausnummer

24994 Böxlund
PLZ, Ort

04639 78 26 915
Telefon (mit Vorwahl)

info@bwp-bbwind.de
Mail

Fortsetzung auf Blatt 2

Gegenstand des Bauantrages/der Genehmigungsfreistellung/der Anzeige ist das nachstehend beschriebene Bauvorhaben

I. Baugrundstück

1. Lage und Größe des Baugrundstückes

Straße, Hausnummer	Postleitzahl, Ort/Gemeinde/Kreis
nördlich der L 192	24994 Weesby, Kreis SI-Fl

Grundbuch von	beim Amtsgericht	Band	Blatt

Gemarkung(en)	Flur(en)	Flurstück(e)	Grundstücksgröße
Weesby	3	13	32039 m²

☐ **Das zur Bebauung vorgesehene Grundstück liegt im Geltungsbereich des rechtsverbindlichen Bebauungsplanes nach § 30 Abs. 1, 2 oder 3 BauGB**

Bezeichnung des Bebauungsplanes _____ Gebiet _____ Nr. _____

aufgestellt von Gemeinde/Stadt: _____

2. Bebauung

☒ **Das Grundstück ist nicht bebaut.** ☐ **Das Grundstück ist bereits bebaut.**

☐ Das letzte Vorhaben wurde im Rahmen eines bauaufsichtlichen Verfahrens genehmigt:

Aktenzeichen: _____ eingereicht am: _____

3. Baulasten

☐ Im Baulastenverzeichnis ist weder **zulasten** des Baugrundstücks noch **zugunsten** des Baugrundstücks auf einem anderen Grundstück eine Baulast eingetragen.

☐ Im Baulastenverzeichnis ist **zulasten** des Baugrundstücks eine Baulast eingetragen wegen

☐ **Übernahme fehlender Abstandflächen** ☐ **Übernahme von Geh-, Fahr- und /oder Leitungsrechten** ☐ Sonstigem _____

begünstigtes Grundstück:

Gemarkung	Flur	Flurstück

☐ Im Baulastenverzeichnis ist **zugunsten** des Baugrundstücks eine Baulast eingetragen wegen

☐ **Übernahme fehlender Abstandflächen** ☐ **Übernahme von Geh-, Fahr- und /oder Leitungsrechten** ☐ Sonstigem _____

belastetes Grundstück:

Gemarkung	Flur	Flurstück

II. Bauvorhaben

☒ **Errichtung (z. B. Neubau, Wiederaufbau)** ☐ **Nutzungsänderung** ☐ **Änderung (z. B. Umbau, Änderung der Ansicht)**

☐ **Erweiterung** ☐ **Sonderbau nach § 2 Abs. 4 LBO** ☐ **Beseitigung**

3rrichtung u. Betrieb von 3 Windkraftanlagen
HIER: **WEA 2** Enercon E-160 EP5 E3 / 5560 KW - NH 120 GH 200 (aufgerundet)

Nähere Beschreibung des Vorhabens

Folgende Abweichungen, Ausnahmen/Befreiungen werden beantragt.

☐ **Abweichungen vom Bauordnungsrecht (§ 67 Abs. 1 LBO)** _____

☐ **Ausnahmen/Befreiungen nach § 31 BauGB** _____

☐ **zulässige Überschreitung nach BauNVO** _____

Dazugehörige Begründungen (ggf. auf gesondertem Blatt)

Fortsetzung auf Blatt 3

III. Persönliche Angaben

1. Grundstückseigentümerin/Grundstückseigentümer

☒ natürliche Person ☐ juristische Person ☐ Personenhandelsgesellschaft

Hansen, Jens Christian und Hansen, Sylvia
Nachname, Vorname/Firma

Kjerweg 4
Straße, Hausnummer

24994 Weesby
PLZ, Ort

Telefon (mit Vorwahl) | Mail

2. Entwurfsverfasserin/Entwurfsverfasser

Siefert, Eugen
Nachname, Vorname/Firma

Norderdorf 7
Straße, Hausnummer

25850 Behrendorf
PLZ, Ort

04843-205050 | eugen.siefert@eugensiefert.de
Telefon (mit Vorwahl) | Mail

Bauvorlageberechtigt nach ☒ § 65 Abs. 2 LBO ☐ § 65 Abs. 3 LBO

Bei einem Unternehmen nach ☐ § 65 Abs. 4 LBO i.V.m. § 65 Abs. 2 LBO ☐ § 65 Abs. 4 LBO i.V.m. § 65 Abs. 3 LBO

Beruf: Dipl.Ing.

Ausreichende Berufshaftpflichtversicherung nach § 65 Abs. 6 LBO: ☒ Ja ☐ Nein Selbstständig: ☒ Ja ☐ Nein

Versicherer, Vers.-Nr.: AIA AG Düsseldorf, Vertr. Nr. 036418

3. Bauleiterin/Bauleiter

Nachname, Vorname/Firma

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Telefon (mit Vorwahl) | Mail

☒ Mitteilung des Namens der Bauleiterin/des Bauleiters wird vor Baubeginn nachgereicht

4. Sachverständige

Sachverständige Person bzw. sachverständige Stelle i. S. des § 69 Abs. 3 LBO	1.	Wind-Consult
	2.	GfN mbH
	3.	I17 Wind GmbH & Co.KG
Name/Anschrift/Telefon	1.	Reuterstraße 9, 18211 Bargeshagen
	2.	Stuthagen 25, 24113 Molfsee, 04347-999730
	3.	
Anerkennung als sachverständige Person bzw. sachverständige Stelle	1.	
	2.	
	3.	
Art der Bescheinigung	1.	Schall- und Schattengutachten = WICO 017SC123-01 und WICO 018FB123-01
	2.	UVP_Bericht, Unterl. f Scoping, Landschaftspfl.Begl.plan, Faun.GA- und Artenschutzprüf.
	3.	Turbulenz-GA

Fortsetzung auf Blatt 4

5. Aufstellerin/Aufsteller der bautechnischen Nachweise

(1) Art der bautechnischen Nachweise:

☒ Standsicherheit ☒ Brandschutz ☐ Schallschutz ☐ Wärmeschutz ☐ Erschütterungsschutz

über Enercon GmbH
Nachname, Vorname/Firma

Dreekamp 5
Straße, Hausnummer

26605 Aurich
PLZ, Ort

0 49 41 / 9 27 - 0
Telefon (mit Vorwahl)

Mail

☐ Eingetragen in die Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes

☐ Bauvorlageberechtigt nach § 88 Gebäudeenergiegesetz (nur Wärmeschutz)

Beruf

Ausreichende Berufshaftpflichtversicherung nach § 66 Abs. 2 Satz 2 LBO: ☒ Ja ☐ Nein Selbstständig: ☒ Ja ☐ Nein

Versicherer, Vers.-Nr.

☐ Ich erkläre, dass die von mir gefertigten Nachweise, Bauvorlagen und Gutachten den öffentlich-rechtlichen Vorschriften entsprechen.

(2) Art der bautechnischen Nachweise:

☐ Standsicherheit ☐ Brandschutz ☐ Schallschutz ☐ Wärmeschutz ☐ Erschütterungsschutz

Nachname, Vorname/Firma

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Telefon (mit Vorwahl)

Mail

☐ Eingetragen in die Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes

☐ Bauvorlageberechtigt nach § 88 Gebäudeenergiegesetz (nur Wärmeschutz)

Beruf

Ausreichende Berufshaftpflichtversicherung nach § 66 Abs. 2 Satz 2 LBO: ☐ Ja ☐ Nein Selbstständig: ☐ Ja ☐ Nein

Versicherer, Vers.-Nr.

☐ Ich erkläre, dass die von mir gefertigten Nachweise, Bauvorlagen und Gutachten den öffentlich-rechtlichen Vorschriften entsprechen.

(3) Art der bautechnischen Nachweise:

☐ Standsicherheit ☐ Brandschutz ☐ Schallschutz ☐ Wärmeschutz ☐ Erschütterungsschutz

Nachname, Vorname/Firma

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Telefon (mit Vorwahl)

Mail

☐ Eingetragen in die Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes

☐ Bauvorlageberechtigt nach § 88 Gebäudeenergiegesetz (nur Wärmeschutz)

Beruf

Ausreichende Berufshaftpflichtversicherung nach § 66 Abs. 2 Satz 2 LBO: ☐ Ja ☐ Nein Selbstständig: ☐ Ja ☐ Nein

Versicherer, Vers.-Nr.

☐ Ich erkläre, dass die von mir gefertigten Nachweise, Bauvorlagen und Gutachten den öffentlich-rechtlichen Vorschriften entsprechen.

6. Erklärung der Aufstellerin/des Aufstellers der bautechnischen Nachweise und der Fachplanerinnen/Fachplaner

(Erklärung im Hinblick auf den Standsicherheitsnachweis auf gesondertem Blatt nach Anlage 2)

Für den Fall, dass die bautechnischen Nachweise von verschiedenen Personen aufgestellt sind, übernehme ich die Verantwortung für das ordnungsgemäße Ineinandergreifen dieser Nachweise und überwache bei der Bauausführung die Einhaltung der bautechnischen Anforderungen (§ 66 Abs. 2 Satz 3 und 4 LBO).

Nachname, Vorname/Firma

Ort

Datum

Unterschrift (freiwillig)

Fortsetzung auf Blatt 5

IV. Erklärungen der Bauherrin/des Bauherrn

Ich erkläre, dass die Angaben nach bestem Wissen gemacht worden sind.

Für Feuerungsanlagen nach § 42 Abs. 1 LBO werde ich spätestens zehn Werktage vor Baubeginn der Anlagen eine Bescheinigung der bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegerin/des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegers einholen, aus der hervorgeht, dass sie den öffentlich-rechtlichen Vorschriften entsprechen und die Abgasanlagen, wie Schornsteine, Abgasleitungen und Verbindungsstücke, und die Feuerstätten so aufeinander abgestimmt sind, dass beim bestimmungsgemäßen Betrieb Gefahren oder unzumutbare Belästigungen nicht zu erwarten sind. Über die Fertigstellung der Abgasanlagen, den Anschluss an die Abgasanlagen und die Aufstellung der Feuerstätten werde ich je eine Bescheinigung der bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegerin/des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegers einholen. Außerdem erkläre ich, dass die Feuerstätten erst in Betrieb genommen werden, wenn die bevollmächtigte Bezirksschornsteinfegerin/der bevollmächtigte Bezirksschornsteinfeger die Tauglichkeit und die sichere Benutzbarkeit der Abgasanlagen bescheinigt hat; Verbrennungsmotoren und Blockheizkraftwerke dürfen erst dann in Betrieb genommen werden, wenn sie oder er die Tauglichkeit und sichere Benutzbarkeit der Leitungen zur Abführung von Verbrennungsgasen bescheinigt hat (§ 82 Abs. 2 Satz 4 LBO).

Mir ist bekannt,dass die Aufstellerinnen oder Aufsteller der bautechnischen Nachweise aus der Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes bei der Bauausführung die Einhaltung der bautechnischen Anforderungen zu überwachen haben (§ 66 Abs. 2 Satz 4 LBO). Bei baulichen Anlagen nach § 66 Abs. 3 Satz 1 LBO prüft die Prüfingenieurin oder der Prüfingenieur den Standsicherheitsnachweis, es sei denn, dieses ist nach Anlage 2 der Bauvorlagenverordnung nicht erforderlich. Den Personen, welche die Bauüberwachung vorzunehmen haben, werde ich den Baubeginn anzeigen und damit die Bauüberwachung veranlassen (§ 53 Abs. 1 Satz 7 LBO).

Den Baubeginn werde ich der Bauaufsichtsbehörde nach § 72 Abs. 8 LBO mindestens eine Woche vorher schriftlich mitteilen (Baubeginnanzeige).

Die beabsichtigte Aufnahme der Nutzung werde ich der Bauaufsichtsbehörde mindestens zwei Wochen vorher anzeigen (§ 82 Abs. 2 LBO) und die erforderlichen Nachweise vorlegen (siehe Anlage 3).

V. Anlagen nach der Bauvorlagenverordnung (BauVorlVO)

(Im Genehmigungsfreistellungsverfahren (§ 62 LBO) sind die Bauvorlagen bei der Gemeinde (2-fach) einzureichen.)

- [x] Übersichtsplan im Maßstab 1:2000 oder 1:1000 als Auszug aus der Liegenschaftskarte (§ 3 Nr. 1 BauVorlVO)
- [x] Lageplan im Maßstab nicht kleiner als 1: 500 auf der Grundlage der Liegenschaftskarte (§ 3 Nr. 1 i.V. mit § 7 Abs. 2 BauVorlVO)
- [x] Angaben über die gesicherte Erschließung (§ 3 Nr. 6 BauVorlVO)
- [ ] Nachweis der Regelung für notwendige Stellplätze und Garagen, Abstellanlagen für Fahrräder
- [ ] Berechnungen des Maßes der baulichen Nutzung (§ 3 Nr. 7 BauVorlVO; §§ 16, 18 bis 21 BauNVO)
- [x] Bauzeichnungen (§ 8 BauVorlVO) s. BImSch Blatt
- [x] Bau- und Betriebsbeschreibung (§ 9 BauVorlVO)
- [ ] Darstellung der Grundstücksentwässerung (§ 7 Abs. 3 Nr. 6 BauVorlVO)
- [ ] Erklärung der Aufstellerin oder des Aufstellers der bautechnischen Nachweise auf gesondertem Vordruck
- [x] Standsicherheitsnachweis (§ 10 BauVorlVO)
- [ ] Brandschutznachweis (§ 11 BauVorlVO)
- [ ] Nachweis für Wärme-, Schall-, Erschütterungsschutz (§ 12 BauVorlVO)
- [ ] Die prüfpflichtigen bautechnischen Nachweise werden nachgereicht. Mir ist bekannt, dass die geprüften bautechnischen Nachweise zehn Werktage vor Baubeginn bei der Bauaufsichtsbehörde vorliegen müssen. (§ 72 Abs.6 Satz 1 Nr.2, Satz 2 LBO).
- [ ] Nachweis im Fall öffentlicher Förderung (erforderlich für die Ermittlung der Baugebühr)
- [ ] Berechnung der anrechenbaren Kosten im Fall von Umbauten und baulichen Anlagen, die keiner der in der Anlage 2 der Baugebührenverordnung aufgeführten Gebäudearten zuzuordnen sind
- [ ] Statistischer Erhebungsbogen

Anlagen für Werbeanlagen (§ 4 BauVorlVO)

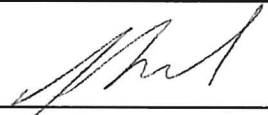
- [ ] Auszug aus der Liegenschaftskarte im Maßstab nicht kleiner als 1:500 mit Einzeichnung des Standortes
- [ ] Zeichnung der Werbeanlage mit Maßen
- [ ] Lichtbild/Lichtbildmontage
- [ ] Nachweis der Standsicherheit, soweit er bauaufsichtlich zu prüfen ist.

Beseitigung von Anlagen (§ 6 BauVorlVO)

- [ ] Lageplan im Maßstab 1:500 mit Darstellung der zu beseitigenden Anlage (§ 6 BauVorlVO)
- [ ] Bestätigung der Standsicherheit nach § 61 Abs. 3 Satz 5 LBO
- [ ] Standsicherheitsnachweis, soweit eine bauaufsichtliche Prüfung nach § 61 Abs. 3 Satz 6 LBO erforderlich ist

Ort Böxlund

Datum 07.04.2025



Unterschrift der Bauherrin/des Bauherrn (freiwillig)

Anlage 1
Blatt 1 von 5

Vordruck für die bauaufsichtlichen Verfahren (Anlage 1)

1. Ausfertigung für die Bauaufsichtsbehörde 2. Ausfertigung für die Gemeinde 3. Ausfertigung für die Bauherrin/den Bauherrn 4. Ausfertigung für die Akte

An die Bauaufsichtsbehörde

Kreis Schleswig - Flensburg
Untere Bauaufsicht

Flensburger Str. 7
24837 Schleswig

Bauantrag vom:

Eingangsstempel der Bauaufsichtsbehörde

Eingangsstempel der Gemeinde

Aktenzeichen Bauaufsichtsbehörde

Aktenzeichen Gemeinde

☒ Bauantrag im vereinfachten Baugenehmigungsverfahren nach § 63 Landesbauordnung (LBO)

Das vereinfachte Baugenehmigungsverfahren kommt für die in § 63 LBO genannten Vorhaben zur Anwendung, wenn die Bauvorlagen - mit Ausnahme der bautechnischen Nachweise - von Entwurfsverfasserinnen oder Entwurfsverfassern nach § 65 Abs. 2 LBO gefertigt sind.

Es handelt sich um ein Vorhaben ☒ nach § 63 Abs. 1 LBO (Regelbau) ☐ nach § 63 Abs. 2 LBO (Sonderbau nach RED II)

☐ Genehmigungsfreistellung nach § 62 Landesbauordnung (LBO)

Die Genehmigungsfreistellung kommt für Vorhaben nach § 62 Abs. 1 LBO zur Anwendung, wenn die Bauvorlagen von Entwurfsverfasserinnen oder Entwurfsverfassern nach § 65 Abs. 2 LBO gefertigt sind. Die bautechnischen Nachweise müssen von Personen aus der Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes aufgestellt sein.

☐ Hiermit bestimme ich, dass im Falle einer die Genehmigungsfreistellung ablehnenden Erklärung der Gemeinde (§ 62 Abs. 2 Nr. 4 LBO) die Bauvorlagen als Bauantrag zu behandeln sind.

☐ Bauantrag im Baugenehmigungsverfahren nach § 64 Landesbauordnung (LBO)

Das Baugenehmigungsverfahren nach § 64 LBO kommt bei Sonderbauten nach § 2 Abs. 4 LBO, ausgenommen Sonderbauten nach RED II, oder wenn die Bauvorlagen von nicht nach § 65 Abs. 2 LBO bauvorlageberechtigten Personen gefertigt sind zur Anwendung.

☐ Anzeige der Beseitigung von Anlagen nach § 61 Abs. 3 Satz 3 Landesbauordnung (LBO)

☐ **Gebäude der Gebäudeklasse 2**

☐ **sonstige Anlage/n mit einer Höhe von mehr als 10 m, freistehende/s Gebäude der Gebäudeklasse 4 oder 5**

☐ **nicht freistehende/s Gebäude der Gebäudeklasse 3 bis 5**

Bei Gebäuden der Gebäudeklasse 2 muss die Standsicherheit von Gebäuden, an die das zu beseitigende Gebäude angebaut ist, von einer Person aus der Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes bestätigt sein.

Bei nicht freistehenden Gebäuden der Gebäudeklasse 3 bis 5 muss die Standsicherheit von Gebäuden, an die das zu beseitigende Gebäude angebaut ist, bauaufsichtlich geprüft sein. Das gilt entsprechend, wenn die Beseitigung eines Gebäudes sich auf andere Weise auf die Standsicherheit anderer Gebäude auswirken kann. Den Prüfauftrag hat die untere Bauaufsichtsbehörde zu erteilen.

Die für die Beseitigung erforderlichen Bauvorlagen nach § 6 der Bauvorlagenverordnung sind beigefügt: ☐ Ja ☐ Nein

Bauherrin/Bauherr/Antragstellerin/Antragsteller

☐ natürliche Person ☐ juristische Person ☒ Personenhandelsgesellschaft

Bürgerwindpark BB Wind GmbH & Co.KG
Nachname, Vorname/Firma

Erlenweg 5
Straße, Hausnummer

24994 Böxlund
PLZ, Ort

04639 78 26 915
Telefon (mit Vorwahl)

info@bwp-bbwind.de
Mail

Fortsetzung auf Blatt 2

Gegenstand des Bauantrages/der Genehmigungsfreistellung/der Anzeige ist das nachstehend beschriebene Bauvorhaben

I. Baugrundstück

1. Lage und Größe des Baugrundstückes

Straße, Hausnummer	Postleitzahl, Ort/Gemeinde/Kreis
nördlich der L 192	24994 Böxlund, Kreis SI-FI

Grundbuch von	beim Amtsgericht	Band	Blatt

Gemarkung(en)	Flur(en)	Flurstück(e)	Grundstücksgröße
Böxlund	1	25	44526 m²

☐ **Das zur Bebauung vorgesehene Grundstück liegt im Geltungsbereich des rechtsverbindlichen Bebauungsplanes nach § 30 Abs. 1, 2 oder 3 BauGB**

Bezeichnung des Bebauungsplanes _____ Nr. _____

Gebiet

aufgestellt von Gemeinde/Stadt: _____

2. Bebauung

☒ **Das Grundstück ist nicht bebaut.** ☐ **Das Grundstück ist bereits bebaut.**

☐ Das letzte Vorhaben wurde im Rahmen eines bauaufsichtlichen Verfahrens genehmigt:

Aktenzeichen: _____ eingereicht am: _____

3. Baulasten

☐ Im Baulastenverzeichnis ist weder **zulasten** des Baugrundstücks noch **zugunsten** des Baugrundstücks auf einem anderen Grundstück eine Baulast eingetragen.

☐ Im Baulastenverzeichnis ist **zulasten** des Baugrundstücks eine Baulast eingetragen wegen

☐ **Übernahme fehlender Abstandflächen** ☐ **Übernahme von Geh-, Fahr- und /oder Leitungsrechten** ☐ Sonstigem _____

begünstigtes Grundstück:

Gemarkung	Flur	Flurstück

☐ Im Baulastenverzeichnis ist **zugunsten** des Baugrundstücks eine Baulast eingetragen wegen

☐ **Übernahme fehlender Abstandflächen** ☐ **Übernahme von Geh-, Fahr- und /oder Leitungsrechten** ☐ Sonstigem _____

belastetes Grundstück:

Gemarkung	Flur	Flurstück

II. Bauvorhaben

☒ **Errichtung (z. B. Neubau, Wiederaufbau)** ☐ **Nutzungsänderung** ☐ **Änderung (z. B. Umbau, Änderung der Ansicht)**

☐ **Erweiterung** ☐ **Sonderbau nach § 2 Abs. 4 LBO** ☐ **Beseitigung**

Errichtung u. Betrieb von 3 Windkraftanlagen
HIER: WEA 3 Enercon E-138 EP3 E3 / 4260 KW - NH 111 GH 180 (aufgerundet)

Nähere Beschreibung des Vorhabens

Folgende Abweichungen, Ausnahmen/Befreiungen werden beantragt.

☐ **Abweichungen vom Bauordnungsrecht (§ 67 Abs. 1 LBO)** _____

☐ **Ausnahmen/Befreiungen nach § 31 BauGB** _____

☐ **zulässige Überschreitung nach BauNVO** _____

Dazugehörige Begründungen (ggf. auf gesondertem Blatt)

Fortsetzung auf Blatt 3

III. Persönliche Angaben

1. Grundstückseigentümerin/Grundstückseigentümer

☒ natürliche Person ☐ juristische Person ☐ Personenhandelsgesellschaft

Dopatka, Werner
Nachname, Vorname/Firma

Ostersteenberg 1
Straße, Hausnummer

24994 Jardelund
PLZ, Ort

Telefon (mit Vorwahl) | Mail

2. Entwurfsverfasserin/Entwurfsverfasser

Siefert, Eugen
Nachname, Vorname/Firma

Norderdorf 7
Straße, Hausnummer

25850 Behrendorf
PLZ, Ort

04843-205050 | eugen.siefert@eugensiefert.de
Telefon (mit Vorwahl) | Mail

Bauvorlageberechtigt nach ☒ § 65 Abs. 2 LBO ☐ § 65 Abs. 3 LBO

Bei einem Unternehmen nach ☐ § 65 Abs. 4 LBO i.V.m. § 65 Abs. 2 LBO ☐ § 65 Abs. 4 LBO i.V.m. § 65 Abs. 3 LBO

Beruf: Dipl.Ing.

Ausreichende Berufshaftpflichtversicherung nach § 65 Abs. 6 LBO: ☒ Ja ☐ Nein Selbstständig: ☒ Ja ☐ Nein

Versicherer, Vers.-Nr.: AIA AG Düsseldorf, Vertr. Nr. 036418

3. Bauleiterin/Bauleiter

Nachname, Vorname/Firma

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Telefon (mit Vorwahl) | Mail

☒ Mitteilung des Namens der Bauleiterin/des Bauleiters wird vor Baubeginn nachgereicht

4. Sachverständige

Sachverständige Person bzw. sachverständige Stelle i. S. des § 69 Abs. 3 LBO	1.	Wind-Consult
	2.	GfN mbH
	3.	I17 Wind GmbH & Co.KG
Name/Anschrift/Telefon	1.	Reuterstraße 9, 18211 Bargeshagen
	2.	Stuthagen 25, 24113 Molfsee, 04347-999730
	3.	
Anerkennung als sachverständige Person bzw. sachverständige Stelle	1.	
	2.	
	3.	
Art der Bescheinigung	1.	Schall- und Schattengutachten = WICO 017SC123-01 und WICO 018FB123-01
	2.	UVP_Bericht, Unterl. f Scoping, Landschaftspfl.Begl.plan, Faun.GA- und Artenschutzprüf.
	3.	Turbulenz-GA

Fortsetzung auf Blatt 4

5. Aufstellerin/Aufsteller der bautechnischen Nachweise

(1) Art der bautechnischen Nachweise:

☒ Standsicherheit ☒ Brandschutz ☐ Schallschutz ☐ Wärmeschutz ☐ Erschütterungsschutz

über Enercon GmbH
Nachname, Vorname/Firma

Dreekamp 5
Straße, Hausnummer

26605 Aurich
PLZ, Ort

0 49 41 / 9 27 - 0
Telefon (mit Vorwahl)

Mail

☐ Eingetragen in die Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes

☐ Bauvorlageberechtigt nach § 88 Gebäudeenergiegesetz (nur Wärmeschutz)

Beruf

Ausreichende Berufshaftpflichtversicherung nach § 66 Abs. 2 Satz 2 LBO: ☒ Ja ☐ Nein Selbstständig: ☒ Ja ☐ Nein

Versicherer, Vers.-Nr.

☐ Ich erkläre, dass die von mir gefertigten Nachweise, Bauvorlagen und Gutachten den öffentlich-rechtlichen Vorschriften entsprechen.

(2) Art der bautechnischen Nachweise:

☐ Standsicherheit ☐ Brandschutz ☐ Schallschutz ☐ Wärmeschutz ☐ Erschütterungsschutz

Nachname, Vorname/Firma

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Telefon (mit Vorwahl)

Mail

☐ Eingetragen in die Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes

☐ Bauvorlageberechtigt nach § 88 Gebäudeenergiegesetz (nur Wärmeschutz)

Beruf

Ausreichende Berufshaftpflichtversicherung nach § 66 Abs. 2 Satz 2 LBO: ☐ Ja ☐ Nein Selbstständig: ☐ Ja ☐ Nein

Versicherer, Vers.-Nr.

☐ Ich erkläre, dass die von mir gefertigten Nachweise, Bauvorlagen und Gutachten den öffentlich-rechtlichen Vorschriften entsprechen.

(3) Art der bautechnischen Nachweise:

☐ Standsicherheit ☐ Brandschutz ☐ Schallschutz ☐ Wärmeschutz ☐ Erschütterungsschutz

Nachname, Vorname/Firma

Straße, Hausnummer

PLZ, Ort

Telefon (mit Vorwahl)

Mail

☐ Eingetragen in die Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes

☐ Bauvorlageberechtigt nach § 88 Gebäudeenergiegesetz (nur Wärmeschutz)

Beruf

Ausreichende Berufshaftpflichtversicherung nach § 66 Abs. 2 Satz 2 LBO: ☐ Ja ☐ Nein Selbstständig: ☐ Ja ☐ Nein

Versicherer, Vers.-Nr.

☐ Ich erkläre, dass die von mir gefertigten Nachweise, Bauvorlagen und Gutachten den öffentlich-rechtlichen Vorschriften entsprechen.

6. Erklärung der Aufstellerin/des Aufstellers der bautechnischen Nachweise und der Fachplanerinnen/Fachplaner

(Erklärung im Hinblick auf den Standsicherheitsnachweis auf gesondertem Blatt nach Anlage 2)

Für den Fall, dass die bautechnischen Nachweise von verschiedenen Personen aufgestellt sind, übernehme ich die Verantwortung für das ordnungsgemäße Ineinandergreifen dieser Nachweise und überwache bei der Bauausführung die Einhaltung der bautechnischen Anforderungen (§ 66 Abs. 2 Satz 3 und 4 LBO).

Nachname, Vorname/Firma

Ort

Datum

Unterschrift (freiwillig)

Fortsetzung auf Blatt 5

IV. Erklärungen der Bauherrin/des Bauherrn

Ich erkläre, dass die Angaben nach bestem Wissen gemacht worden sind.

Für Feuerungsanlagen nach § 42 Abs. 1 LBO werde ich spätestens zehn Werktage vor Baubeginn der Anlagen eine Bescheinigung der bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegerin/des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegers einholen, aus der hervorgeht, dass sie den öffentlich-rechtlichen Vorschriften entsprechen und die Abgasanlagen, wie Schornsteine, Abgasleitungen und Verbindungsstücke, und die Feuerstätten so aufeinander abgestimmt sind, dass beim bestimmungsgemäßen Betrieb Gefahren oder unzumutbare Belästigungen nicht zu erwarten sind. Über die Fertigstellung der Abgasanlagen, den Anschluss an die Abgasanlagen und die Aufstellung der Feuerstätten werde ich je eine Bescheinigung der bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegerin/des bevollmächtigten Bezirksschornsteinfegers einholen. Außerdem erkläre ich, dass die Feuerstätten erst in Betrieb genommen werden, wenn die bevollmächtigte Bezirksschornsteinfegerin/der bevollmächtigte Bezirksschornsteinfeger die Tauglichkeit und die sichere Benutzbarkeit der Abgasanlagen bescheinigt hat; Verbrennungsmotoren und Blockheizkraftwerke dürfen erst dann in Betrieb genommen werden, wenn sie oder er die Tauglichkeit und sichere Benutzbarkeit der Leitungen zur Abführung von Verbrennungsgasen bescheinigt hat (§ 82 Abs. 2 Satz 4 LBO).

Mir ist bekannt,dass die Aufstellerinnen oder Aufsteller der bautechnischen Nachweise aus der Liste nach § 15 Abs. 1 Satz 1 Nr. 5 des Architekten- und Ingenieurkammergesetzes bei der Bauausführung die Einhaltung der bautechnischen Anforderungen zu überwachen haben (§ 66 Abs. 2 Satz 4 LBO). Bei baulichen Anlagen nach § 66 Abs. 3 Satz 1 LBO prüft die Prüfingenieurin oder der Prüfingenieur den Standsicherheitsnachweis, es sei denn, dieses ist nach Anlage 2 der Bauvorlagenverordnung nicht erforderlich. Den Personen, welche die Bauüberwachung vorzunehmen haben, werde ich den Baubeginn anzeigen und damit die Bauüberwachung veranlassen (§ 53 Abs. 1 Satz 7 LBO).

Den Baubeginn werde ich der Bauaufsichtsbehörde nach § 72 Abs. 8 LBO mindestens eine Woche vorher schriftlich mitteilen (Baubeginnanzeige).

Die beabsichtigte Aufnahme der Nutzung werde ich der Bauaufsichtsbehörde mindestens zwei Wochen vorher anzeigen (§ 82 Abs. 2 LBO) und die erforderlichen Nachweise vorlegen (siehe Anlage 3).

V. Anlagen nach der Bauvorlagenverordnung (BauVorlVO)

(Im Genehmigungsfreistellungsverfahren (§ 62 LBO) sind die Bauvorlagen bei der Gemeinde (2-fach) einzureichen.)

- [x] Übersichtsplan im Maßstab 1:2000 oder 1:1000 als Auszug aus der Liegenschaftskarte (§ 3 Nr. 1 BauVorlVO)
- [x] Lageplan im Maßstab nicht kleiner als 1: 500 auf der Grundlage der Liegenschaftskarte (§ 3 Nr. 1 i.V. mit § 7 Abs. 2 BauVorlVO)
- [x] Angaben über die gesicherte Erschließung (§ 3 Nr. 6 BauVorlVO)
- [ ] Nachweis der Regelung für notwendige Stellplätze und Garagen, Abstellanlagen für Fahrräder
- [ ] Berechnungen des Maßes der baulichen Nutzung (§ 3 Nr. 7 BauVorlVO; §§ 16, 18 bis 21 BauNVO)
- [x] Bauzeichnungen (§ 8 BauVorlVO) s. BImSch Blatt
- [x] Bau- und Betriebsbeschreibung (§ 9 BauVorlVO)
- [ ] Darstellung der Grundstücksentwässerung (§ 7 Abs. 3 Nr. 6 BauVorlVO)
- [ ] Erklärung der Aufstellerin oder des Aufstellers der bautechnischen Nachweise auf gesondertem Vordruck
- [x] Standsicherheitsnachweis (§ 10 BauVorlVO)
- [ ] Brandschutznachweis (§ 11 BauVorlVO)
- [ ] Nachweis für Wärme-, Schall-, Erschütterungsschutz (§ 12 BauVorlVO)
- [ ] Die prüfpflichtigen bautechnischen Nachweise werden nachgereicht. Mir ist bekannt, dass die geprüften bautechnischen Nachweise zehn Werktage vor Baubeginn bei der Bauaufsichtsbehörde vorliegen müssen. (§ 72 Abs.6 Satz 1 Nr.2, Satz 2 LBO).
- [ ] Nachweis im Fall öffentlicher Förderung (erforderlich für die Ermittlung der Baugebühr)
- [ ] Berechnung der anrechenbaren Kosten im Fall von Umbauten und baulichen Anlagen, die keiner der in der Anlage 2 der Baugebührenverordnung aufgeführten Gebäudearten zuzuordnen sind
- [ ] Statistischer Erhebungsbogen

Anlagen für Werbeanlagen (§ 4 BauVorlVO)

- [ ] Auszug aus der Liegenschaftskarte im Maßstab nicht kleiner als 1:500 mit Einzeichnung des Standortes
- [ ] Zeichnung der Werbeanlage mit Maßen
- [ ] Lichtbild/Lichtbildmontage
- [ ] Nachweis der Standsicherheit, soweit er bauaufsichtlich zu prüfen ist.

Beseitigung von Anlagen (§ 6 BauVorlVO)

- [ ] Lageplan im Maßstab 1:500 mit Darstellung der zu beseitigenden Anlage (§ 6 BauVorlVO)
- [ ] Bestätigung der Standsicherheit nach § 61 Abs. 3 Satz 5 LBO
- [ ] Standsicherheitsnachweis, soweit eine bauaufsichtliche Prüfung nach § 61 Abs. 3 Satz 6 LBO erforderlich ist

Ort Böxlund
Datum 07.04.2025

Unterschrift der Bauherrin/des Bauherrn (freiwillig)

Bauvorhaben :	Errichtung und Betrieb von 3 Windkraftanlagen 2x Enercon E-160 EP5 E3 / 5560 KW - NH 119,83 GH 199,83 1x Enercon E-138 EP3 E3 / 4260 KW - NH 110,24 GH 179,40
Bauort :	24994 Weesby / Böxlund, nördl. der L192
Bauherr :	Bürgerwindpark BB Wind GmbH & Co. KG Erlenweg 5, 24994 Böxlund

Antrag auf Bau einer Zuwegung bis hin zur Kranstellfläche

der beantragten Windkraftanlagen

	Gemeinde	Gemarkung	Flur	Flurst.	Gel.höhe mNHN	OK mNHN
WEA 2	Weesby	1175	3	13	18,00	218,00

WEA 2

UTM ETRS89	**510417**	**6079349**
Gauss-Kr. R/ H	*3510490.91*	*6081341.9*
Br.L.-grad, dezi.	*9.1622857*	*54.86111789*
Br.L.-grad.	*9° 9‘ 44.22852*	*54° 51‘ 40.0244*

Alle kursiv geschriebenen Werte wurden rechnerisch ermittelt und es können geringfügige Abweichungen auftreten. ***Es sind grundsätzlich die Original-UTM-ETRS89-Werte zu verwenden !!!***
https://gdz.bkg.bund.de/koordinatentransformation
(UTM-Abbildung in Zone 32 (Mittelmeridian 9 Grad) ohne führende Zonenangabe im Rechtswert, Ellipsoid GRS80, Datum ETRS89 oder kurz ETRS89
Reihenfolge der Koordinatenachsen: Rechtswert, Hochwert
Maßeinheit der Koordinaten: Meter)

Aufgrund einer Mitteilung vom LfU vom 06.11.2023 sind Zuwegungen außerhalb des Anlagengrundstücks nicht mehr Inhalt der BImSch-Genehmigung und sind gesondert zu beantragen.

Die Bürgerwind BB Wind GmbH & Co. KG beantragt die Genehmigungen für die Zuwegungen bis hin zur und einschließlich der Kranstellfläche für die geplante Windkraftanlage WEA 2.
Das Standort-Flurstück der WEA 2 ist nicht unmittelbar an ein öffentliches Flurstück angeschlossen.

Betroffen für die Zufahrt sind folgende Flurstücke in der Gemeinde Böxlund:
Gem. 1169 Flur 1 Flurstück 22/5 und Flurstück 22/7
Eigentümer ist Karl Christian Koch

Der Erschließungsweg sowie die erforderlichen Flächen für die Errichtung sind bereits durch Pachtverträge / Nutzungsverträge gesichert.

Die baurechtliche Sicherung erfolgt über die Eintragung von Baulasten beim Kreis Schleswig-Flensburg

Die Flurstücke mit den Standorten der beiden anderen Windkraftanlagen (WEA 1 und 3) liegen am öffentlichen Weg und sind somit nicht betroffen.

Böxlund, den 07.04.2025
Ort, Datum

Bauherr

ARCHITEKTEN- UND INGENIEURKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN

Körperschaft des öffentlichen Rechts

Ausweis

Herr	Eugen Siefert
geboren am	05.01.1967
Anschrift	25850 Behrendorf

ist aufgrund des Beschlusses des Eintragungsausschusses vom 01.11.1994 in die Liste der von der Prüfung der bautechnischen Nachweise befreiten Personen gemäß § 73 Abs. 4 der Landesbauordnung 1994 für Schleswig-Holstein unter der Listen-Nr. 223 eingetragen worden.

Kiel, den 01.11.1994

Architekten- und Ingenieurkammer Schleswig-Holstein
Geschäftsführendes Vorstandsmitglied

ARCHITEKTEN- UND INGENIEURKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN

ARCHITEKTEN- UND INGENIEURKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN
Körperschaft des öffentlichen Rechts

Ausweis

Herr	Eugen Siefert
geboren am	05.01.1967
wohnhaft in	25850 Behrendorf

ist aufgrund des Beschlusses des Eintragungsausschusses vom 17.07.1995
als baugewerblich tätiger

bauvorlageberechtigter Ingenieur

in die Liste der bauvorlageberechtigten Ingenieure der Architekten- und Ingenieurkammer Schleswig-Holstein (Nr. 877) eingetragen worden.

Kiel, den 17. Juli 1995

Architekten- und Ingenieurkammer Schleswig-Holstein
Präsident

ARCHITEKTEN- UND INGENIEURKAMMER SCHLESWIG-HOLSTEIN

Vervielfältigungen dieses Ausweises sind nicht gestattet und besitzen auch in beglaubigter Form nicht die Gültigkeit dieses Originals.

INGENIEURKAMMER NIEDERSACHSEN

Körperschaft des öffentlichen Rechts

AUSWEIS

Nur gültig in Verbindung mit einem amtlichen Personalausweis oder Paß

Herr Dipl.-Ing. (FH)

Eugen Siefert

geboren am 05. 01. 1967

ist unter der Nr. 10192 in die

Liste der Entwurfsverfasserinnen und Entwurfsverfasser der Fachrichtung Bauingenieurwesen

eingetragen.

INGENIEURKAMMER · NIEDERSACHSEN ·

Hannover, den 16. 12. 1997

Präsident

Technische Beschreibung

Brandschutz

ENERCON Windenergieanlagen EP1, EP2, EP3

ENERCON
ENERGIE FÜR DIE WELT

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: Momme Janssen, Jost Backhaus, Stefan Lütkemeyer, Dr. Martin Prillmann, 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.

Dokumentinformation

Dokument-ID	D0253903/4.1-de
Vermerk	Originaldokument

Datum	**Sprache**	**DCC**	**Werk / Abteilung**
2021-03-18	de	DB	WRD Management Support GmbH / Technische Redaktion

Mitgeltende Dokumente

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in Klammern. Die Titel von übergeordneten Normen und Richtlinien werden im Sprachoriginal oder in der englischen Übersetzung angegeben. Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments. Diese Liste enthält ggf. Dokumente zu optionalen Komponenten.

Dokument-ID	Dokument
DIN 4102	Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen
DIN EN 60204-1:2007*VDE 0113-1:2007	Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
DIN EN 60332-1-2:2005*VDE 0482-332-1-2:2005	Prüfungen an Kabeln, isolierten Leitungen und Glasfaserkabeln im Brandfall - Teil 1-2: Prüfung der vertikalen Flammenausbreitung an einer Ader, einer isolierten Leitung oder einem Kabel - Prüfverfahren mit 1-kW-Flamme mit Gas-/Luft-Gemisch
DIN EN 61100:1994	Einteilung von Isolierflüssigkeiten nach dem Brennpunkt und dem spezifischen Heizwert Hu
DIN VDE 0100-430:2010	Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 4-43: Schutzmaßnahmen - Schutz bei Überstrom
DIN VDE 0100-520:2013	Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-52: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Kabel- und Leitungsanlagen
DIN VDE 0298	Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen

Dieses Dokument gilt für Windenergieanlagen der Plattformen EP1 bis EP3 (E-44, E-48, E-53, E-70 E4, E-82 E2, E-82 E4, E-92, E-103 EP2, E-115 EP3 E3, E-115 EP3 E4, E-126 EP3, E-138 EP3, E-138 EP3 E2, E-138 EP3 E3).

Brandschutz

Für ENERCON Windenergieanlagen wurden zahlreiche Maßnahmen getroffen, die die Brandeintrittswahrscheinlichkeit, die Brand- und Rauchausbreitung und den Personen- und Sachschaden auf ein Minimum reduzieren.

Technische Brandschutzmaßnahmen

Vermeidung von Zündquellen

Die Windenergieanlage ist mit einem Blitzschutzsystem ausgestattet, das Blitzeinschläge ableitet, ohne dass Schäden an der Windenergieanlage entstehen.

Das Antriebssystem der Windenergieanlage ist getriebelos. Wesentliche Brandgefahren, erzeugt durch heißlaufende Getriebe und entflammbare Getriebeöle, werden dadurch beseitigt.

Die elektrische Ausrüstung und die Überstromschutzeinrichtungen entsprechen der DIN EN 60204-1:2007*VDE 0113-1:2007. Kabel und Leitungen werden entsprechend der DIN VDE 0100-430:2010, DIN VDE 0100-520:2013 und DIN VDE 0298 ausgewählt und dimensioniert. Am Generator, an der Turmverkabelung und an der Rotorblattheizung der Prototypen werden Thermografieuntersuchungen durch einen Sachverständigen durchgeführt. Anhand der Ergebnisse wird ggf. die Konstruktion angepasst.

Vermeidung der Brandentstehung

Brennbare Baustoffe und Materialien sind möglichst so angeordnet, dass sie durch mögliche Zündquellen (z. B. Wärmeenergie, ungewöhnliche Temperaturanstiege, elektrische Energie, zufällige Funken und Lichtbögen, hoher Spitzenstrom von Transienten und mechanische Energie) nicht entzündet werden können. Elektrische Komponenten werden in Schaltschränken aus Stahlblech gekapselt. Lüftungsschläuche beginnen in einem ausreichenden Abstand zu den Leistungsschränken, so dass Brandgase herunterkühlen und die Lüftungsschläuche voraussichtlich nicht entzünden können. Da die Lüftungsschläuche aus wenig Material bestehen und schon weit unter der Gondel enden, begünstigen sie die Übertragung eines Brandes vom Turmfuß in die Gondel nicht.

Eingesetzt werden, wo möglich, schwer entflammbare Baustoffe (Baustoffklasse B1 oder besser nach DIN 4102), sowie selbstverlöschende/flammwidrige oder nicht brennbare Materialien, z. B. flammwidrige und selbstverlöschende Leistungskabel nach DIN EN 60332-1-2:2005*VDE 0482-332-1-2:2005. Als Isolations- und Kühlungsflüssigkeit des Leistungstransformators wird synthetischer Ester eingesetzt, der schwerentflammbar ist, einen hohen Brennpunkt von > 300 °C (Kühlmittelart K3 nach DIN EN 61100:1994) hat und einen geringen spezifischen Heizwert aufweist. Der Einsatz brennbarer Materialien, z. B. geschäumte Kunststoffe wie Polyurethan oder Polystyrol als Dämmstoff oder glasfaserverstärkte Kunststoffe für Abdeckungen und sonstige Bauteile, wird, wo möglich, vermieden.

Sensorische Überwachung

Mögliche Zündquellen in der Windenergieanlage werden laufend durch Sensoren überwacht.

Zur Detektion von Bränden werden zudem Rauchschalter eingesetzt. Die Rauchschalter reagieren bei Rauch, Verschmutzung, Störung und zu hoher Temperatur. Die Rauchschalter sind so in der Windenergieanlage positioniert, dass Brände im Turm und in der Gondel erkannt werden. Die genaue Position und die Anzahl der Rauchschalter sind abhängig vom Windenergieanlagentyp.

Wenn die Windenergieanlage eine potentiell sicherheitsrelevante Störung (z. B. Rauch) erkennt, hält die Windenergieanlage an (auch bei Netzausfall) und generiert eine Statusmeldung, die das ENERCON SCADA System sofort an den ENERCON Service weiterleitet.

Fluchtwege

Der erste Fluchtweg führt von der Gondel durch den Turm nach draußen. Dieser Fluchtweg wird benutzt, falls der Abstieg im Turm möglich ist.

Ein alternativer zweiter Fluchtweg führt durch die Kranluke der Gondel nach draußen. Über diesen zweiten Fluchtweg kann die Gondel verlassen werden, ohne dass der Turm betreten werden muss.

In der Windenergieanlage ist entlang der Fluchtwege eine akkugestützte Beleuchtung mit einer Leuchtdauer von mindestens 1 Stunde installiert. Bei einem Netzausfall schaltet sich die Beleuchtung automatisch ein.

Organisatorische Brandschutzmaßnahmen

Schutzmaßnahmen während des Betriebs

Während des Betriebs befinden sich in der Regel keine Personen in der Windenergieanlage. Die Windenergieanlage ist verschlossen.

Falls eine empfangene Statusmeldung auf einen Brand hindeutet, entsendet der ENERCON Service umgehend ein Serviceteam zur Windenergieanlage und alarmiert die Feuerwehr, die vor Ort über weitere Maßnahmen entscheidet. Der ENERCON Service ist täglich 24 Stunden erreichbar.

Schutzmaßnahmen während der Wartung

Die Windenergieanlage wird im Rahmen der Wartung, die bei Bedarf, jedoch mindestens einmal jährlichen stattfindet, von 2 bis 4 Personen betreten. Diese Personen sind mit der Windenergieanlagentechnik und der Rettung aus der Windenergieanlage vertraut. Während der Wartung ist die Windenergieanlage die meiste Zeit außer Betrieb. Die Leistungselektronik ist abgeschaltet. Nur wenige Komponenten, z. B. Beleuchtung, Steckdosen und Steuerung, bleiben aktiv. Dadurch wird das Brandrisiko bei Anwesenheit von Personen reduziert.

Bei detektiertem Rauch schaltet die Windenergieanlage die optisch-akustischen Signalmelder im Turmfuß, im Maschinenhaus und im Rotorkopf ein. Die Signalmelder erzeugen ein rotes Dauersignal mit Lichtblitzen und einen Dauerton mit schnell schwankender Tonhöhe. Gegebenenfalls anwesende Personen werden dadurch gewarnt. Der Signalmelder im Turmfuß ist nur bei eingeschaltetem Wartungsschalter aktiv. Die Signalmelder im Maschinenhaus und im Rotorkopf sind nur bei eingeschalteter Gondelbeleuchtung aktiv. Dadurch wird gewährleistet, dass die Signalmelder nur bei Anwesenheit von Personen in der Windenergieanlage aktiv sind.

Zur Bekämpfung von Entstehungsbränden stehen CO_2-Feuerlöscher im Turmfuß, im Maschinenhaus und im ENERCON Servicefahrzeug bereit. Der Wartungsschalter ist eingeschaltet, wodurch Statusmeldungen nicht an den ENERCON Service weitergeleitet werden. Wartungen an Branderkennungselementen führen somit nicht zu Fehlalarmen beim ENERCON Service.

Für den Brandfall sind alle ggf. benötigten Informationen zur Windenergieanlage (Koordinaten, Anfahrtsbeschreibung, wichtige Rufnummern naher Stellen) und zum Verhalten im Brandfall und bei Unfällen im Notruf-Ablaufplan bzw. im Flucht- und Rettungsplan eingetragen. Die Pläne sind im Turmeingangsbereich und im Gondelausstiegsbereich angebracht. Das Verhalten im Brandfall und bei Unfällen wird zusätzlich in der Betriebsanleitung der Windenergieanlage beschrieben.

Brandschutz und Brandbekämpfung durch die Feuerwehr

Die Feuerwehr kann aufgrund der Alarmierung durch den ENERCON Service schnell am Einsatzort sein und Brände ggf. vor der weiteren Ausbreitung löschen. Die Kranstellfläche steht als Stellfläche zur Verfügung. Der Ablauf der Brandbekämpfung durch die Feuerwehr wird im Brandschutzkonzept der Windenergieanlage genauer beschrieben.

Brand im Turmfuß

Ein Brand im Turmfuß ist örtlich begrenzt. Der Brand kann sich weder auf die Gondel ausbreiten noch auf die Umgebung der Windenergieanlage auswirken. Sobald die Windenergieanlage spannungsfrei geschaltet wurde, kann der Brand im Turmfuß gelöscht werden.

Brand in der Gondel

Ein Brand in der Gondel kann zu einem Ausbrennen der Gondel und zu einem Übergreifen auf die Rotorblätter führen. Die Rotorblätter stehen zu diesem Zeitpunkt bereits still. Ein brennendes Rotorblatt wird nach längerer Brandeinwirkung aufgrund seines Gewichts an der Blattwurzel abknicken und auf die Aufstellfläche herabfallen.

Die Feuerwehr kann einen Brand in der Gondel nicht bekämpfen, jedoch den Zugang zum Gefahrenbereich der Windenergieanlage weiträumig absperren und die Gondel und herabfallende Teile kontrolliert abbrennen lassen.

BRANDSCHUTZBÜRO
MONIKA TEGTMEIER
DIPLOM-INGENIEURIN

BV-Nr. E-138EP3/E3/111/HST
Index C

31.03.2023

Brandschutzkonzept

für die Errichtung einer Windenergieanlage

des Typs ENERCON E-138 EP3 E3

mit 111 m Nabenhöhe

Auftraggeber:

WRD Management Support GmbH
Innovationszentrum
Borsigstr. 26
26607 Aurich

Tel: 04481 920800
Eichhörnchenweg 15
26209 Sandkrug

sachverstaendige@brandschutz-tegtmeier.de

Oldenburgische Landesbank
IBAN: DE14280200501347332700
SWIFT: OLBODEH2XXX
Umsatzsteuer-ID: 64/144/10601
www.brandschutz-tegtmeier.de

Von der Oldenburgischen IHK öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige für den vorbeugenden baulichen Brandschutz

Prüferin für den Brandschutz - EBA

INHALTSÜBERSICHT Seite

1 Einleitung 4
1.1 Auftrag 4
1.2 Gesetzliche Grundlagen, Regelwerke 5
1.3 Verwendete Unterlagen 5
1.4 Schutzziele 6
1.5 Bestimmung der Gesamthöhe 6
1.6 Einstufung des Gebäudes 6
1.7 Risikobeurteilung der Maschine 6

2 Gebäudetechnische Daten und Nutzungen 7
2.1 Allgemein 7
2.2 Äußere Erschließung 7
2.3 Innere Erschließung 7
2.4 Nutzung der Windenergieanlage 8
2.4.1 Allgemeines 8
2.4.2 Funktion 8
2.4.3 Zahl der Nutzer 8
2.4.4 Betrieb; Wartung 8
2.4.5 Beschreibung der Einrichtungen der WEA 9
2.5 Risikoanalyse 10
2.5.1 Brandlasten und Brandgefährdungspotential 10
2.5.2 Wahrscheinlichkeit eines Brandereignisses 11

3 Vorbeugender Brandschutz 13
3.1 System der äußeren und inneren Abschottungen; Anforderungen an Bauteile und Baustoffe 13
3.1.1 Anordnung und Lage von Rauchabschnitten 13
3.1.2 Brandschutztechnische Abschnittsbildung 13
3.1.3 Feuerwiderstandsdauer der tragenden und aussteifenden Bauteile 13
3.1.4 Nichttragende Außenwände und -bekleidungen 13
3.2 Flucht- und Rettungswege 13

4 Vorbeugender anlagentechnischer Brandschutz 14
4.1 Brandmeldeanlage 14
4.2 Alarmierungseinrichtung 14
4.3 Anlagentechnische Branderkennung und Brandmeldung 14
4.3.1 Sensoren 14
4.3.2 Rauchschalter 15
4.4 Lüftungsanlagen 16
4.5 Rauch- und Wärmeabzugsanlagen 16
4.6 Blitzschutz 16

5 Organisatorischer Brandschutz 17
5.1 Betriebliche Maßnahmen zur Brandverhütung und Brandbekämpfung sowie zur Rettung von Personen 17
5.2 Kennzeichnung von Rettungswegen 17
5.3 Flucht- und Rettungspläne 17
5.4 Alarmierung der Feuerwehr 17
5.5 Einrichtungen zur Brandbekämpfung 18
5.6 Prüfungen technischer Anlagen und Einrichtungen 18
5.7 Übung mit der Zuständigen Feuerwehr 18

6 Abwehrender Brandschutz 19
6.1 Flächen für die Feuerwehr 19

6.2 Löschwasserversorgung 19
6.3 Löschwasserrückhaltung 19
6.4 Feuerwehrpläne 20
6.5 Hydrantenpläne 20
6.6 Brandbekämpfung 20
6.6.1 Brand im Turmfuß 20
6.6.2 Brand in der Gondel 21
6.6.3 Brand der Rotorblätter 21
6.6.4 Brandweiterleitung auf die Umgebung 21

7 Verwendete Rechenverfahren nach Methoden des Brandschutzingenieurwesens 22

8 Abweichungen 22

9 Zusammenfassung 23

1 Einleitung

1.1 Auftrag

Die Unterzeichnerin wurde am 13.12.2022 beauftragt, für die Errichtung der Windenergieanlage (WEA) des Typs ENERCON E-138 EP3 E3 mit 111 m Nabenhöhe, ein Brandschutzkonzept gemäß Musterbauverordnung zu erstellen.

Ein Brandschutzkonzept ist eine zielorientierte Gesamtbewertung des baulichen und abwehrenden Brandschutzes bei Gebäuden besonderer Art oder Nutzung. Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird. Die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen berücksichtigen die Anforderungen für dieses Objekt.

Das Brandschutzkonzept beinhaltet die Einzelmaßnahmen aus

- vorbeugendem Brandschutz
- organisatorischem (betrieblichem) Brandschutz und
- abwehrendem Brandschutz.

Unter Berücksichtigung

- der Nutzung
- des Brandrisikos und
- des zu erwartenden Schadenausmaßes

werden im Brandschutzkonzept die Einzelkomponenten und ihre Verknüpfung im Hinblick auf die Schutzziele beschrieben.

Es werden nur die brandschutztechnischen Belange berücksichtigt, Eiswurf oder immissionsschutzrechtliche Belange werden nicht betrachtet.

1.2 Gesetzliche Grundlagen, Regelwerke

Folgende Gesetze und Richtlinien wurden zur Erstellung des vorliegenden Brandschutzkonzeptes berücksichtigt:

/1/ MBO – Musterbauordnung, vom 1. November 2002 in der Fassung vom 27.09.2019 (ARGEBau)

/2/ MBauVorlV – Musterbauvorlagenverordnung, Muster einer Verordnung über Bauvorlagen und bauaufsichtliche Anzeigen, Fassung Februar 2007 (Fachkommission Bauaufsicht der ARGEBAU)

/3/ DIN 4102: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, in der zurzeit gültigen Fassung und allen veröffentlichten Teilen

/4/ DIN EN 62305-1, Blitzschutz – Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Ausgabe Oktober 2011, Berichtigung 1, Ausgabe Dezember 2015

/5/ Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG, vom 17.05.2006

/6/ 9. ProdSV - Maschinenverordnung, Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenrichtlinie) vom 12.05.1993 zuletzt geändert am 27.07.2021

/7/ M-VVTB – Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen, Ausgabe 2021/1 in der Fassung vom 4. März 2022

1.3 Verwendete Unterlagen

Zur Erstellung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

Unterlagen	Dokument	Datum
Technische Beschreibung Enercon Windenergieanlage E-138 EP3 E3	D1018637/4.0	07.07.2022
Gondelschnitt M1:50 E-138-EP3 E3	D02162509/0.0	02.12.2020
Datenblatt Gondelabmessung E-138-EP3 E3	D1019598/4.1	22.06.2022
Datenblatt Rotorblatt E-138 EP3-RB-02	D0769859-3.1	19.11.2021
Ansicht Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01	EP3.00.247-4 D02218795-4.0	17.02.2022
Technische Beschreibung Turm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01	D02346172-3.1	-
Technisches Datenblatt Turm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01	D02346141-5.0	25.11.2022
Technische Information Enercon Windenergieanlage E-138 EP3 E3 Wassergefährdende Stoffe*	D02298629/1.1	27.03.2023
Technische Beschreibung Warnsignalisierung bei unsicheren Betriebszuständen	D0421975-3.1	29.06.2022
Technische Beschreibung Einrichtungen zum Arbeits-, Personen- und Brandschutz	D0446785/2.3	22.03.2021
Verhalten bei Unfällen/Brandfall/Stromunfall	ID0XX11	-
Technische Beschreibung Brandschutz EP1, EP2, EP3	D0253903/4.1	18.03.2021
Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlagen Blitzschutz	D0260891-15.0	23.09.2022
Datenblatt Installationsorte der Rauchschalter	D0701831/5.1	27.09.2022
Technische Beschreibung Aufstiegshilfe	D0917105-1	12.11.2020
Technisches Datenblatt Installationsorte der Feuerlöscher	D0648865/9.1	27.09.2022

Tabelle 1: Unterlagen

*In dem Dokument Wassergefährdende Stoffe sind alle Stoffe mit Mengenangaben aufgeführt, die in der WEA Verwendung finden, mit der Auflistung der entsprechenden Sicherheitsdatenblätter.

1.4 Schutzziele

Für die Beurteilung der zu errichtenden Windenergieanlagen gelten die materiellen Vorschriften der Musterbauordnung. Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind (§ 14 MBO).

1.5 Bestimmung der Gesamthöhe

Die Windenergieanlage weist eine Nabenhöhe von ca. 111 m auf und der Rotor hat einen Durchmesser von ca. 138 m. Die Rotorblattlänge beträgt ca. 68 m. Damit ergibt sich eine Gesamthöhe von ca. 180 m.

1.6 Einstufung des Gebäudes

In den WEA befinden sich keine Aufenthaltsräume gemäß §47 MBO. Die Anlagen werden nur temporär zu Wartungs- und Reparaturzwecken begangen.
Sie ist eine freistehende Maschine gemäß Maschinenrichtlinie.
Die WEA mit mehr als 30 m Höhe über der Geländeoberfläche im Mittel werden als Sonderbauten im Sinne des § 2 (4) Nr. 2 MBO eingestuft.
Eine Windenergieanlage ist eine bauliche Anlage besonderer Art und Nutzung, an der im Einzelfall zur Verwirklichung der allgemeinen Anforderungen besondere Anforderungen gestellt werden. Erleichterungen können gestattet werden, soweit es der Einhaltung von Vorschriften wegen der besonderen Art oder Nutzung baulicher Anlagen nicht bedarf.

1.7 Risikobeurteilung der Maschine

Der Hersteller ist verpflichtet für die komplette WEA eine Risikobeurteilung nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG durchzuführen.
Der auf dem Turm angeordnete maschinentechnische Teil der Windenergieanlage, hierzu zählen u.a. die Rotorblätter sowie die Nabe, die regelungs- und elektrotechnischen Komponenten, der Generator, die Lager und die Bremse, entsprechen laut Hersteller den anerkannten Regeln der Technik.

2 Gebäudetechnische Daten und Nutzungen

2.1 Allgemein

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um eine Errichtung einer Windenergieanlage der Firma ENERCON mit der Typbezeichnung E-138 EP3 E3 mit 111 m Nabenhöhe.
Als Träger der Windenergieanlage Typ E-138 EP3 dient ab Fundamentoberkante ein Hybrid-Stahlturm (HST), bestehend aus 5 Stahlsektionen.
Die unteren Sektionen bestehen aus gekanteten Blechen, die mit vorgespannten Schrauben verbunden werden. Die oberen Sektionen bestehen aus Stahlrohren, die vorgefertigt und mit Einbauten vorausgerüstet sind.
Im Bereich der Gondel besteht das Maschinenhaus aus einer Aluminiumverkleidung auf einer Stahlprofilkonstruktion, die Generatorverkleidung aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) auf einer Stahlprofilkonstruktion und die Rotorblätter werden aus GFK, Balsaholz und Schaumstoff hergestellt.

2.2 Äußere Erschließung

Die äußere Erschließung erfolgt über die öffentliche Verkehrsfläche.

2.3 Innere Erschließung

Der Zugang in den Turm erfolgt über die Turmeingangstür auf Ebene Fundamentoberkante. Die Turmeingangstür ist abschließbar und kann von innen jederzeit ohne Schlüssel und Werkzeug geöffnet werden. Der Zutritt von außen ist nur mit Schlüssel möglich.
Der Aufstieg im Turm erfolgt über eine Aufstiegshilfe in Kombination mit einer Steigschutzeinrichtung gemäß DIN EN ISO 14122-4:2016. Im oberen Bereich jeder Stahlsektion sind Podeste angeordnet. Diese Podeste werden im Werk vorinstalliert und während des Montageprozesses komplettiert. Sie dienen als feste Arbeitsbühne sowie als Ruhebühne beim Auf- und Abstieg. Zum problemlosen Durchstieg befinden sich in den Podesten mit Klappen abgedeckte Öffnungen. Entlang des Steigwegs befinden sich auch bewegliche Ruhepodeste.
Zusätzlich wird eine Aufstiegshilfe (Nutzlast 240 kg) nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG eingebaut. Sie fährt leitergeführt bis zu einem Podest einige Meter unterhalb des Turmkopfs. Für die restliche Strecke wird die Sicherheitssteigleiter mit Steigschutzeinrichtung benutzt.

Auf der Eingangsebene befindet sich das E-Modul, hier ist ein Energieverteilerschrank, die Mittelspannungsschaltanlage, der Steuerschrank zur Bedienung der Windenergieanlage, sowie eine unterbrechungsfreie Stromversorgung untergebracht. Die Bedienung erfolgt über das Human Machine Interface (HMI).
Der Aufstieg im Turm ist für die Feuerwehr im Brandfall nicht vorgesehen.

2.4 Nutzung der Windenergieanlage

2.4.1 Allgemeines

Die WEA dient zur Wandlung der kinetischen Energie des Windes in elektrischer Energie. Durch das getriebelose Anlagenkonzept (Direktantrieb) besitzt der Antriebsstrang keine schnell drehenden Komponenten, kein Getriebeöl. Auf Grund dessen verringert sich wesentlich die Brandentstehungswahrscheinlichkeit.

2.4.2 Funktion

Im Maschinenhaus, das auf dem Turm montiert ist, liefert ein fremderregter Synchrongenerator, der direkt an der Nabe mit den Rotorblättern angekoppelt ist, die elektrische Energie. Die erzeugte Energie wird in einem Wechselrichtersystem in eine netzkonforme Spannung umgewandelt. Der Transformator in der Gondel transformiert die erzeugte Spannung auf das Niveau des Stromnetzes, in das der Strom eingespeist wird. Über die Mittelspannungsschaltanlage im Turmfuß wird der Transformator mit dem aufnehmenden Stromnetz zusammengeschaltet.

2.4.3 Zahl der Nutzer

Die Zahl der Nutzer wird vom Grundsatz mit „keine“ angegeben. Es befinden sich keine Aufenthaltsräume in der Windenergieanlage, nur zu Wartungszwecken halten sich 2 bis 6 Personen in der Anlage auf.

2.4.4 Betrieb; Wartung

Die WEA ist im Betrieb unbemannt und verschlossen. Der Betrieb wird automatisch durch eine Fernabfrage überwacht. Die Daten werden in einer Zentrale ausgewertet, die permanent besetzt ist. Bei Störungen schaltet die WEA selbsttätig ab, wobei die Abschaltung über eine die betriebliche Steuerung überlagernde

Sicherheitssteuerung, auch bei Netzausfall, erfolgt. Die WEA wird bei einer Störung bis zur Reparatur nicht freigegeben.

Die Begehung zur Wartung findet mindestens einmal jährlich routinemäßig statt. Bei den Begehungen ist die Anlage außer Betrieb. Wird ein Probelauf notwendig, muss hierfür das Servicepersonal ihre Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz (PSAgA) tragen, um sich bei eventuellen Störungen oder einem Brand über den 1. Fluchtweg durch den Turm oder bei versperrten 1. Fluchtweg über den 2. Fluchtweg durch die Luke im Maschinenhaus zu retten.

Die Wartungen werden nur durch Fachpersonal ausgeführt, welches auf die Anlagentechnik und die Rettung aus der Windenergieanlage geschult ist. Für diesen kurzzeitigen Probelauf bestehen aus brandschutztechnischer Sicht keine Bedenken.

2.4.5 Beschreibung der Einrichtungen der WEA

Bezeichnung	Bereich	Anlagen	Zugangsberechtigung
Gondel mit Rotoren	Maschine	Synchrongenerator Nebenaggregate Schaltschränke Transformator	unterwiesenes Personal, Elektrofachkräfte
Turm	Turm	Mittelspannungskabel (je nach Netz 10 kV, 20 kV oder 30 kV)	unterwiesenes Personal, Elektrofachkräfte
Fuß	Fuß	Schaltschränke Eigenversorgungstrafo (optional)	Feuerwehr / unterwiesenes Personal/ Elektrofachkräfte

Tabelle 2: Einrichtungen

2.5 Risikoanalyse

2.5.1 Brandlasten und Brandgefährdungspotential

Die folgende Tabelle dient als Übersicht in welchen Anlagenteilen sich die wesentlichen Brandlasten befinden und wodurch ein Brand entstehen kann:

Bezeich-nung	Anlagen	Brandlasten	Brandgefahren
Gondel	Schaltschränke	Kabel	elektrische Störung
	diverse Kabel	Kabel	
	Azimutgetriebe	5 Stellmotoren zur Windnachführung je 16,7 l Öl	durch Reibung und elektrische Störungen
	Blattverstellantriebe	3 Antriebe für die Blattverstellung je 15 l Öl	
	Azimutlager	ca. 17 l Fett	
	Zentralschmiereinheit	Schmierstoffe insgesamt ca. 320 l	
	Hydrauliksystem	Rotorarretierung und -bremse 35 l Öl	
	Transformator	max. 1.970 l synthetische Ester MIDEL 7131	
	Maschinenhaus-verkleidung	Aluminium	keine direkte Brandgefahr
	Generator-verkleidung	glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK)	
Turm	Mittelspannungs-kabel	Kabel	durch elektrische Störungen
	Aufstiegshilfe	Schmierstoffe 2,6 l	
Fuß	Schaltschränke	Kabel Verteiler	durch elektrische Störungen
	USV-Schaltschrank Schaltschränke		
Rotor	Rotorblatt	Glasfaserverstärkter Kunststoff, Epoxidharz, Holz, Schaumstoff 20,2 t optional mit Blattheizung (20,5 t)	Blitzschlag; Brandüberschlag zwischen Gondel und Rotorblättern, durch elektrische Störungen der Blattheizung

Tabelle 3: Brandlasten

2.5.2 Wahrscheinlichkeit eines Brandereignisses

Der Brand lässt sich nach den Normen der Feuerwehren DIN 14011 als nicht bestimmungsgemäßes Brennen, das sich unkontrolliert ausbreiten kann, definieren. Bei einer Brandentstehung und auch für eine Brandausbreitung müssen bestimmte Voraussetzungen vorhanden sein. Diese Voraussetzungen können in die Gruppe der stofflichen Voraussetzungen und in die Gruppe der energetischen Voraussetzungen unterteilt werden. Damit es zum Brennen kommt, bedarf es eines energetischen Anstoßes, d.h. es muss dem Brandgut genügend Zündenergie zugeführt werden. Neben der Zündtemperatur, die für das Einleiten der Verbrennung bzw. das Entzünden ausschlaggebend ist, wird für das selbstständige Brennen eine Mindestverbrennungstemperatur benötigt. Die Mindestverbrennungstemperatur kennzeichnet den Reaktionszustand eines Systems, bei dem die Reaktionswärme gerade noch ausreicht, um den Energiekreislauf unter Berücksichtigung der Wärmeverluste zu schließen, so dass das Feuer nicht erlischt. Aufgrund der überschüssigen Reaktionswärme, die für die Aufbereitung und Aktivierung nicht verbraucht wird, steigt die Temperatur im System selbständig weiter auf die Brandtemperatur an, welche letztendlich getrennt als Flammentemperatur und als Brandraumtemperatur (Rauchgastemperatur) interpretiert wird.

Brandereignisse sind gefährliche Brände, bei denen angenommen wird, dass sich ein Entstehungsbrand zu einem fortentwickelten Brand ausbreiten kann.
Während zur Gewährleistung der Standsicherheit in der Bauordnung gefordert und formuliert wird, dass die baulichen Anlagen standsicher sein müssen, wird demgegenüber die Anforderung zur Gewährleistung des Brandschutzes auf die Beschaffenheit der baulichen Anlage abgestellt:

Es wird in der Bauordnung offenbar nicht auf eine bestimmte Sicherheit (Brandsicherheit) abgestellt, sondern es werden vielmehr die Schutz- und Sicherungsziele ganz allgemein benannt. Deren Erfüllung entsprechend den bauordnungsrechtlichen Einzelvorschriften ergibt jedoch „stillschweigend“, analog zur Standsicherheit, ein bestimmtes Sicherheitsniveau. Dieses Sicherheitsniveau lässt sich semiprobabilistisch derzeitig mittels der Versagenswahrscheinlichkeit von $1x10^{-6}$ (bei großen Risiken pro Ereignis) bis $1x10^{-5}$ pro Gebäude je m² und Jahr beschreiben. Das Risiko ist theoretisch durch die Wahrscheinlichkeit für die

Entstehung eines Brandes und die Ausbreitung zu einem gefährlichen Brand pro Bezugsfläche und pro Zeiteinheit sowie dem zu erwartenden Schadensumfang gegeben.
Nach der Normdefinition gelten brennbare Stoffe in geschlossenen Behältern aus Stahlblech oder anderen nicht zerbrechlichen und im Brandverhalten vergleichbaren Werkstoffen als „geschützt“ (TSF, Leistungsschrank, Steuerschrank und USV). Die Schutzwirkung der Systeme ist gewährleistet, d.h. die Stahlschränke werden durch das Gehäuse und dadurch, dass kein Sauerstoff zugeführt wird, geschützt.
Die Zündwahrscheinlichkeit von nicht erhitzten Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt > 100 °C in Maschinen (hier Dielektrikum im Transformator) wird vom DIN-Ausschuss für so gering angesehen, dass hier ein Beitrag zur Brandbelastung nur bei Leckage vorstellbar ist.
Die Mittelspannungs-Schaltanlage ist eine SF_6–gasisolierte Anlage und somit nicht brennbar. Diese Brandlast bleibt unberücksichtigt.
Die Windenergieanlage besitzt ein getriebeloses Antriebssystem. Rotornabe und Ringgenerator sind ohne Getriebe als feste Einheit direkt miteinander verbunden. Das Fehlen von Getriebe und Getriebeöl verringert wesentlich die Brandentstehungs-wahrscheinlichkeit.
Ein Brand an den Rotorblättern ist unwahrscheinlich, jedoch nicht endgültig auszuschließen. Ein Vollbrand in der Gondel oder die Installation einer Blattheizung können Brandursachen für den Brand eines Rotorblattes sein.
Sofern eine Blattheizung installiert ist, ist sie Teil der Rotoren und unterliegt den allgemein Technischen Regeln für Maschinen. Entsprechend sind anlagentechnische Sicherungen als Konsequenz der Risikobeurteilung des Herstellers eingebaut die dazu führen, dass die Blattheizung oder die gesamte WEA abgeschaltet wird und dass eine Alarmierung über die Weiterschaltung an eine ständig besetzte Stelle erfolgt. Die Folgemaßnahmen sind im organisatorischen Brandschutz unter anderem durch Begutachtung durch das Service-Personal geregelt.

Daraus resultiert, dass aufgrund der besonderen Konstruktionsart und der Anlagenüberwachung der Windenergieanlage der Firma ENERCON keine erhöhte Brandgefährdung besteht und dem Brandschutz anlagentechnisch und organisatorisch erheblich Rechenschaft getragen wird.

3 Vorbeugender Brandschutz

3.1 System der äußeren und inneren Abschottungen; Anforderungen an Bauteile und Baustoffe

3.1.1 Anordnung und Lage von Rauchabschnitten

Eine Unterteilung in Rauchabschnitte ist nicht erforderlich.

3.1.2 Brandschutztechnische Abschnittsbildung

Eine brandschutztechnische Abschnittsbildung in dem Sonderbau ist nicht erforderlich.

3.1.3 Feuerwiderstandsdauer der tragenden und aussteifenden Bauteile

An den Hybrid-Stahlturm werden keine Anforderungen hinsichtlich der Feuerwiderstandsklasse des Turmes gestellt.

3.1.4 Nichttragende Außenwände und -bekleidungen

Die Maschinehausverkleidung der Gondel besteht aus Aluminium und die Generatorverkleidung der Gondel besteht aus GFK. Die Rotorblätter bestehen aus GFK-Material mit Epoxidharz/Balsaholz/Schaumstoff. Es sind keine weiteren Maßnahmen notwendig.

3.2 Flucht- und Rettungswege

In der WEA sind keine Aufenthaltsräume vorhanden. Es gelten nicht die Vorschriften an bauliche Rettungswege.

Der Maschinenraum der Gondel wird nur von geschultem Personal begangen, welches mit einer persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz (PSAgA) ausgestattet ist. Die Flucht aus der Gondel der WEA erfolgt über eine über die gesamte Turmhöhe zur Verfügung stehende Steigleiter. Für sonstige Notfälle sowie zur Rettung von Verletzten ist in der Gondel ein Evakuierungsgerät installiert, mit dem ein Notabstieg aus der Windenluke im Heck der Maschine möglich ist. Das Gerät ermöglicht den zweiten Rettungsweg und kann alle Personen in der Gondel nacheinander abseilen, wobei immer zwei Personen, im Pendelhub, zusammen abgeseilt werden. Die Geräte müssen regelmäßig gewartet werden.

Die Flucht- und Rettungswege sind ausreichend.

4 Vorbeugender anlagentechnischer Brandschutz

4.1 Brandmeldeanlage

Es ist keine Brandmeldeanlage erforderlich.

4.2 Alarmierungseinrichtung

Eine Alarmierungseinrichtung ist nicht erforderlich.

Die Gondel wird nur von geschultem Personal zu Wartungszwecke begangen. Für Notfälle trägt das Wartungspersonal immer ein Mobiltelefon bei sich. In der WEA ist weiterhin eine direkte Gegensprechanlage von der Gondel zum Turmfuß vorhanden.

Bei detektiertem Rauch schaltet die WEA die optisch-akustischen Signalmelder im Turmfuß, im Maschinenraum und im Rotorkopf ein. Die Signalmelder erzeugen ein rotes Dauersignal mit Lichtblitzen und einen Dauerton mit schnell schwankender Tonhöhe.

Gegebenenfalls anwesende Personen werden dadurch gewarnt.

4.3 Anlagentechnische Branderkennung und Brandmeldung

Brandursachen aufgrund mechanischer Reibung wird vorgebeugt, indem wenig schnell drehende Teile verwendet werden und kein Hauptgetriebe vorhanden ist. Alle wichtigen Komponenten werden mit Temperaturfühlern überwacht. Erhöhte Temperaturen oder Überdrehzahlen führen zur sofortigen Abschaltung der WEA und Absendung einer Störmeldung über das ENERCON SCADA System zur Service-Zentrale.

Falls die betriebliche Steuerung der Windenergieanlage einen unzulässigen Zustand erkennt, wird die Windenergieanlage mit verminderter Leistung weiter betrieben bzw. angehalten.

4.3.1 Sensoren

Mögliche Zündquellen werden laufend durch Sensoren überwacht.

Der Generator wird auf Plausibilität geprüft (Temperaturen, Leistung in Abhängigkeit der Drehzahl). Fehler führen zur sofortigen Abschaltung der Anlage und Übermittlung einer Störmeldung zur ENERCON-Service-Zentrale.

Folgende Parameter werden in der WEA permanent kontrolliert und bei Störungen wird die Anlage automatisch außer Betrieb genommen und die Störmeldung weitergeleitet:

- Temperatur in der Maschine
- Temperatur im Rotorkopf
- Lagertemperaturen der beiden Rotorlager
- Temperatur im Turm
- Außentemperatur
- Temperatur in allen Schaltschränken
- Temperatur, Druck und Öllevel des Transformators
- Funktionsbereitschaft der Kondensatorpakete für die Notabschaltung
- Erdschlusskennung für den Generator
- Differenzstromüberwachung für alle elektrischen Antriebe, um schwergängige bzw. überlastete Antriebe zu erkennen, u.a. Antriebe der Blattverstellung und die Windnachführung
- Fehlerstromerkennung für die Versorgungsleitungen Licht und Steckdose
- Funktion der Fernüberwachung
- Temperaturüberwachung Lüfter und Heizregister

Jedes der drei Rotorblätter der WEA ist mit einem im Fehlerfall energieautarken Blattverstellsystem ausgestattet. In diesem Blattverstellsystem ist eine Sicherheitssteuerung integriert, die die Rotorblätter bei einer Notfahrt gesteuert in Fahnenstellung fahren und beim Erreichen der Fahnenstellung die Energie von den Antriebsmotoren sicher abschaltet.
Bei einer Notbremsung des Rotors wird zusätzlich eine elektromechanische Rotorbremse eingesetzt.

4.3.2 Rauchschalter

Zur Detektion von Bränden werden zudem Rauchschalter eingesetzt, die bei Rauch, Verschmutzung, Störung und zu hoher Temperatur reagieren.
Bei den Rauchschaltern handelt es sich um Brandmelder mit optischer Raucherkennung und zusätzlichem Temperaturfühler, der ab einer Umgebungstemperatur von 70 °C anspricht. Es wird ein Signal an die Anlagensteuerung gesendet und die Gondellüfter werden ausgeschaltet.

Bei der Detektion von Feuer oder Rauch schaltet die Leistungselektronik ab, die Blätter drehen aus dem Wind, hierdurch wird die Rotationsbewegung auf ein Minimum reduziert bis hin zum Stillstand. Diese Statusmeldung wird mittels ENERCON SCADA an die ENERCON Service-Zentrale gesendet.
In der Gondel der E-138 EP3 E3 wird die Temperatur an mehreren Stellen gemessen.
Bei der E-Gondel sind drei Rauchschalter vorhanden, a) im Maschinenhaus, b) im Transformatorraum und c) am Maschinenträger. Der Rauchschalter am Maschinenträger ist im unteren Bereich der Gondel verbaut und dient der Erkennung von Rauch im Turm.
Im unteren Turmbereich befindet sich ein Rauchschalter in der Nähe der Mittelspannungsanlage.

4.4 Lüftungsanlagen

Aus brandschutztechnischer Sicht werden keine Anforderungen an die Lüftung gestellt.
In der maschinenhausseitigen Kapselung des aktiven Generatorteils sind 12 Gondellüfter eingebaut. Die Lüfter saugen Luft durch Abscheidersegmente in der Gondelverkleidung an. Diese Generator-Luftkühlung bewirkt als Nebeneffekt auch eine Kühlung des Maschinenhauses.

4.5 Rauch- und Wärmeabzugsanlagen

Es werden aus brandschutztechnischer Sicht keine Rauchabzüge benötigt. Eine Entrauchung ist durch permanente Öffnungen in der Gondel und der Thermik im Turm vorhanden. Durch das Kühlsystem der WEA strömt Luft aus dem Turmfuß mit hoher Geschwindigkeit nach oben in Richtung Gondel.

4.6 Blitzschutz

Bauliche Anlagen, bei denen nach Lage, Bauart oder Nutzung Blitzschlag leicht eintreten oder zu schweren Folgen führen kann, sind mit dauernd wirksamen Blitzschutzanlagen gemäß DIN EN 62305 zu versehen. Es ist ein integrierter Blitzschutz von der Rotorblattspitze bis ins Fundament vorhanden und notwendig.
Die Blitzschutzanlage wird nach der DIN EN 61400-24 Blitzschutz (Blitzschutzklasse I) für Windenergieanlagen ausgeführt.

5 Organisatorischer Brandschutz

5.1 Betriebliche Maßnahmen zur Brandverhütung und Brandbekämpfung sowie zur Rettung von Personen

Die WEA wird regelmäßig in einem Abstand von maximal 12 Monaten gewartet und laufend überwacht. Das Verhalten im Brandfall und die Selbsthilfemaßnahmen werden entsprechend einer Gefährdungsbeurteilung regelmäßig geschult und geübt. Während der Wartung wird die Anlage außer Betrieb genommen, damit ist das Gefahrenrisiko verringert. Das Servicepersonal trägt bei den Wartungsarbeiten und einem eventuell notwendigen Probelauf der WEA seine PSAgA, somit ist ein Abseilen aus der Windenluke mit dem Abseilgerät sofort möglich.

5.2 Kennzeichnung von Rettungswegen

Zur Beleuchtung der Wege während der Wartung ist eine Sicherheitsbeleuchtung gemäß ASR A3.4/3 erforderlich und wird installiert. Diese kann über batteriegepufferte Einzelleuchten realisiert werden.

Die Sicherheitsbeleuchtung der Windenergieanlage entspricht der DIN EN 50308 –Windenergieanlage - Schutzmaßnahmen - Anforderungen für Konstruktion, Betrieb und Wartung–, DIN EN 1838 –Angewandte Lichttechnik - Notbeleuchtung– und die DIN EN 50172 –Sicherheitsbeleuchtungsanlagen–.

5.3 Flucht- und Rettungspläne

Flucht- und Rettungspläne werden mit allen relevanten Daten erstellt und angebracht.

5.4 Alarmierung der Feuerwehr

Durch die zuvor beschriebene Anlagentechnik wird die WEA bei einer Detektion von Feuer oder Rauch automatisch abgeschaltet. Dabei wird eine Nachricht an eine vom Betreiber zu bestimmende Service-Zentrale gesendet. Diese benachrichtigt daraufhin die Leitstelle der Feuerwehr.

Gleichzeitig wird das Servicepersonal informiert, um umgehend die Windenergieanlage anzufahren und die Lage zu erkunden.

5.5 Einrichtungen zur Brandbekämpfung

Zur Bekämpfung von Entstehungsbränden während der Wartung sind in der Gondel zwei CO_2-Löscher (5 kg) und auf der Ebene 2 ein weiterer CO_2-Löscher (2 kg) vorgehalten. Diese sind für die Bekämpfung von allenfalls kleinsten Entstehungsbränden ausreichend. Selbstrettung geht vor Brandbekämpfung.
Zusätzlich befindet sich ein CO_2–Löscher (2 kg) im ENERCON-Service-Fahrzeug.
Die Feuerlöscher sind mindestens alle zwei Jahre durch einen Sachkundigen zu prüfen. Ein Vermerk über die letzte Prüfung ist fest oder plombiert am Feuerlöscher anzubringen.

5.6 Prüfungen technischer Anlagen und Einrichtungen

Die Prüfungen von technischen Anlagen oder Einrichtungen werden durch Fachpersonal in Abständen von max. 12 Monaten durchgeführt.

5.7 Übung mit der Zuständigen Feuerwehr

Vor Inbetriebnahme ist der örtlichen Feuerwehr und in Abstimmung mit der Brandschutzdienststelle, die Gelegenheit zu geben sich mit dem Bauwerk vertraut zu machen.

6 Abwehrender Brandschutz

6.1 Flächen für die Feuerwehr

Die Anfahrt zur WEA erfolgt über die öffentliche Straße. Die Anfahrt bis an den Turmfuß geschieht über die befestigte Zuwegung. Die ausreichend befestigte und tragfähige Kranaufstellfläche während der Bauzeit bleibt nach Fertigstellung bestehen und kann durch die Feuerwehr genutzt werden.

Die Zufahrts- und Bewegungsflächen müssen hinsichtlich ihrer Radien und Belastbarkeit der durch die Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen eingeführte Muster-Richtlinie „Flächen für die Feuerwehr“ entsprechen, sowie frei und instandgehalten werden.

6.2 Löschwasserversorgung

Aufgrund der besonderen Konstruktionsart der Windenergieanlagen der Firma ENERCON besteht keine erhöhte Brandlast oder Brandgefährdung. Im Falle eines Brandes werden eine größere Anzahl von Menschen, Tiere oder erhebliche Sachwerte nicht gefährdet.

Deshalb ist eine örtliche Löschwasserbereitstellung (Hydranten, Löschwasser-behälter usw.) nicht notwendig. Zur Erfüllung des abwehrenden Brandschutzes haben die Gemeinden die notwendige Löschwasserversorgung bereitzustellen und zu unterhalten. Bei einem Brand in der Gondel ist zunächst die Sicherung der Umgebung notwendig, und Löschwasser wird erst benötigt, wenn brennende Teile herabstürzen. Bei einem Brand im Turmfuß muss zunächst die Abschaltung der Anlage bestätigt werden, bis Löschwasser benötigt wird.

6.3 Löschwasserrückhaltung

Es ist ein Transformator verbaut, der mit max. 1.970 Liter synthetischer, dielektrischer Flüssigkeit auf Esterbasis, dem Dielektrikum, gefüllt ist. Die Esterflüssigkeit ist ungiftig, leicht biologisch abbaubar und als allgemein wassergefährdend eingestuft. Esterflüssigkeiten zeichnen sich durch einen hohen Flammpunkt > 300 °C aus. Die Flüssigkeit kann vollständig in einer dafür vorgesehenen Wanne, welche sich unterhalb des Transformators befindet, aufgefangen werden.

Zur Kühlung der Leistungsschränke in der Gondel wird als Kühlmittel 300 Liter Wasser-Monoethylenglykol-Gemisch (Glykosol N45%) eingesetzt. Die Kühlflüssigkeit

ist nicht toxisch und gut biologisch abbaubar und in der Wassergefährdungsklasse 1 eingestuft. Der Gondelboden der E-138 EP3 E3 besteht aus einer geschlossenen 4-6 mm starken verzinkten Stahlblechkonstruktion. Diese ist in mehrere Sektionen unterteilt. Die Sektionen links und rechts unterhalb der Umrichter haben ein Auffangvolumen von ca. 280 Liter. Die Sektion im hinteren Bereich unterhalb der Kühler hat eine Auffangkapazität von ca. 300 Liter. Der Transformator im Transformatorraum im hinteren Teil der Gondel steht zusätzlich in der Auffangwanne Transformator mit einer Auffangkapazität von 2222 Litern.
Es werden in der WEA keine weiteren Stoffe gelagert. Eine Löschwasser-Rückhaltung ist bei diesen geringen Mengen nicht notwendig.

6.4 Feuerwehrpläne

Der einzige Zugang und die Aufstellfläche der WEA sind eindeutig. Der Turm ist für die Feuerwehr nicht zugänglich und der Turmfuß ist übersichtlich, damit sind keine Feuerwehrpläne notwendig.

6.5 Hydrantenpläne

Hydrantenpläne sind nicht notwendig.

6.6 Brandbekämpfung

Die Verhütung von Brandgefahren (vorbeugender Brandschutz) und die Brandbekämpfung (abwehrender Brandschutz) ist Aufgabe der Gemeinden und Landkreise sowie des Landes.
Die Brandbekämpfung der WEA muss mit Hilfe der örtlichen Feuerwehr durchgeführt werden.
Es müssen folgende Brandszenarien unterschieden werden:

6.6.1 Brand im Turmfuß

Die Windenergieanlage gilt als abgeschlossene elektrische Betriebsstätte, die von der Feuerwehr nicht allein oder nur nach Freigabe begangen werden darf. Die gesamte Anlage muss spannungsfrei gemeldet werden. Die ständig besetzte Service-Zentrale informiert die Leitstelle der Feuerwehr.

Ein Brand im Turmfuß ist örtlich begrenzt. Der Brand kann sich weder auf die Gondel ausbreiten noch auf die Umgebung der Windenergieanlage auswirken.

6.6.2 Brand in der Gondel

Ein Brand in der Gondel ist von der Feuerwehr nicht beherrschbar und stellt auch aufgrund der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit somit das gesellschaftlich akzeptierte Risiko dar. Ein Feuer in der Gondel kann zu einem Ausbrennen der Gondel einschließlich der Gondelhülle und zu einem Übergreifen auf die Rotorblätter führen. Der Brand führt zum Abfallen der Teile. Bei einem Brand in der Gondel ist die Feuerwehr zunächst zum Schützen der Umgebung präsent.

6.6.3 Brand der Rotorblätter

Ein Brand der Rotorblätter ist nicht beherrschbar. Da die Windenergieanlage bei Schäden sofort abgeschaltet ist, werden keine brennenden Teile durch weiter anhaltende Rotation umhergeschleudert. Ein Rotorblatt wiegt ca. 20,5 t, es wird direkt herabfallen und dort weiterbrennen, eine Brandweiterleitung auf die Gondel ist nicht auszuschließen. Ein Brand der Rotorblätter führt in der Hauptsache zu brennend direkt herabfallenden mehr oder weniger großen Teilen. Bei einem Brand der Rotorblätter ist die Feuerwehr zunächst zum Schützen der Umgebung präsent.

6.6.4 Brandweiterleitung auf die Umgebung

Die Alarmierung der Feuerwehr ist bei einem Schadeneintritt an der WEA wahrscheinlich früher als bei einem Sekundärbrand. Bei einem der o.g. Brände ist zunächst die Sicherung der Umgebung notwendig. Bei herabfallenden brennenden Teilen wird die Einsatzleitung geeignete Maßnahmen zur Brandbekämpfung nach Erkundung einleiten.
Da die Feuerwehr bereits vor Ort ist, können Entstehungsbrände sofort gelöscht werden. Eine Brandweiterleitung auf die Umgebung wird somit verhindert.

7 Verwendete Rechenverfahren nach Methoden des Brandschutzingenieurwesens

Es wurden keine Rechenverfahren des Brandschutzingenieurwesens verwendet.

8 Abweichungen

Es sind keine brandschutztechnischen Abweichungen zu berücksichtigen.

9 Zusammenfassung

Die Unterzeichnerin wurde beauftragt, für die Errichtung einer Windenergieanlage der Firma ENERCON mit der Typbezeichnung E-138 EP3 E3 mit 111 m Nabenhöhe ein Brandschutzkonzept gemäß Musterbauordnung zu erstellen.

Bei Beachtung der dargestellten Maßnahmen, Anforderungen und Hinweise sowie der allgemein anerkannten Regeln der Technik bestehen aus brandschutztechnischer Sicht

keine Bedenken

für die Errichtung der Windenergieanlage Typ ENERCON E-138 EP3 E3.

Vorstehende Stellungnahme wurde nach bestem Wissen und Gewissen unter Zugrundelegung der anerkannten Regeln der Technik ohne Ansehen der Person des Auftraggebers angefertigt.

Aufgestellt

Sandkrug, den 31.03.2023

Dipl.-Ing. Monika Tegtmeier
ö.b.u.v. Sachverständige für den vorbeugenden baulichen Brandschutz
Prüferin für den Brandschutz (EBA)
Brandamtfrau a.D.

© Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte nur mit schriftlicher Genehmigung der Verfasserin

BRANDSCHUTZBÜRO
MONIKA TEGTMEIER
DIPLOM-INGENIEURIN

BV-Nr. E-160EP5/E3/R1/120/HST
Index B

28.11.2022

Allgemeines Brandschutzkonzept

für die Errichtung einer Windenergieanlage

des Typs ENERCON

E-160 EP5 E3 R1

mit 120 m Nabenhöhe

Auftraggeber: WRD Management Support GmbH
Borsigstr. 26
26607 Aurich

Tel: 04481 920800
Eichhörnchenweg 15
26209 Sandkrug

sachverstaendige@brandschutz-tegtmeier.de

Oldenburgische Landesbank
IBAN: DE14280200501347332700
SWIFT: OLBODEH2XXX
Umsatzsteuer-ID: 64/144/10601
www.brandschutz-tegtmeier.de

Von der Oldenburgischen IHK öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige für den vorbeugenden baulichen Brandschutz

Prüferin für den Brandschutz - EBA

INHALTSÜBERSICHT Seite

1 Einleitung 4
1.1 Auftrag 4
1.2 Gesetzliche Grundlagen, Regelwerke 5
1.3 Verwendete Unterlagen 5
1.4 Schutzziele 6
1.5 Bestimmung der Gesamthöhe 6
1.6 Einstufung des Gebäudes 6
1.7 Risikobeurteilung der Maschine 7
2 Gebäudetechnische Daten und Nutzungen 8
2.1 Allgemein 8
2.2 Äußere Erschließung 8
2.3 Innere Erschließung 8
2.4 Nutzung der Windenergieanlage 9
2.4.1 Allgemeines 9
2.4.2 Funktion 9
2.4.3 Zahl der Nutzer 9
2.4.4 Betrieb; Wartung 9
2.4.5 Beschreibung der Einrichtungen der WEA 10
2.5 Risikoanalyse 11
2.5.1 Brandlasten und Brandgefährdungspotential 11
2.5.2 Wahrscheinlichkeit eines Brandereignisses 12
3 Vorbeugender Brandschutz 14
3.1 System der äußeren und inneren Abschottungen; Anforderungen an Bauteile und Baustoffe 14
3.1.1 Anordnung und Lage von Rauchabschnitten 14
3.1.2 Brandschutztechnische Abschnittsbildung 14
3.1.3 Feuerwiderstandsdauer der tragenden und aussteifenden Bauteile 14
3.1.4 Nichttragende Außenwände und -bekleidungen 14
3.2 Flucht- und Rettungswege 14
4 Vorbeugender anlagentechnischer Brandschutz 15
4.1 Brandmeldeanlage 15
4.2 Alarmierungseinrichtung 15
4.3 Anlagentechnische Branderkennung und Brandmeldung 15
4.3.1 Sensoren 16
4.3.2 Rauchschalter 16
4.4 Lüftungsanlagen 17
4.5 Rauch- und Wärmeabzugsanlagen 17
4.6 Blitzschutz 17
5 Organisatorischer Brandschutz 18
5.1 Betriebliche Maßnahmen zur Brandverhütung und Brandbekämpfung sowie zur Rettung von Personen 18
5.2 Kennzeichnung von Rettungswegen 18
5.3 Flucht- und Rettungspläne 18
5.4 Alarmierung der Feuerwehr 18
5.5 Einrichtungen zur Brandbekämpfung 19
5.6 Prüfungen technischer Anlagen und Einrichtungen 19
5.7 Übung mit der Zuständigen Feuerwehr 19
6 Abwehrender Brandschutz 20
6.1 Flächen für die Feuerwehr 20
6.2 Löschwasserversorgung 20

6.3 Löschwasserrückhaltung 20
6.4 Feuerwehrpläne....21
6.5 Hydrantenpläne 21
6.6 Brandbekämpfung 21
6.6.1 Brand im Turmfuß....21
6.6.2 Brand in der Gondel....22
6.6.3 Brand der Rotorblätter 22
6.6.4 Brandweiterleitung auf die Umgebung 22
7 Verwendete Rechenverfahren nach Methoden des Brandschutzingenieurwesens 23
8 Abweichungen....23
9 Zusammenfassung 24

1 Einleitung

1.1 Auftrag

Die Unterzeichnerin wurde am 26.10.2022 beauftragt, für die Errichtung einer Windenergieanlage (WEA) des Typs ENERCON E-160 EP5 E3 R1 mit 120 m Nabenhöhe, ein Brandschutzkonzept gemäß Musterbauordnung (MBO) zu erstellen.

Ein Brandschutzkonzept ist eine zielorientierte Gesamtbewertung des baulichen und abwehrenden Brandschutzes bei Gebäuden besonderer Art oder Nutzung. Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird. Die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen berücksichtigen die Anforderungen für dieses Objekt.

Das Brandschutzkonzept beinhaltet die Einzelmaßnahmen aus

- vorbeugendem Brandschutz
- organisatorischem (betrieblichem) Brandschutz und
- abwehrendem Brandschutz.

Unter Berücksichtigung

- der Nutzung
- des Brandrisikos und
- des zu erwartenden Schadenausmaßes

werden im Brandschutzkonzept die Einzelkomponenten und ihre Verknüpfung im Hinblick auf die Schutzziele beschrieben.

Es werden nur die brandschutztechnischen Belange berücksichtigt, Eiswurf oder immissionsschutzrechtliche Belange werden nicht betrachtet.

1.2 Gesetzliche Grundlagen, Regelwerke

Folgende Gesetze und Richtlinien wurden zur Erstellung des vorliegenden Brandschutzkonzeptes berücksichtigt:

/1/ MBO – Musterbauordnung, vom 1. November 2002 in der Fassung vom 25.09.2020 (ARGEBau)

/2/ MBauVorlV – Musterbauvorlagenverordnung, Muster einer Verordnung über Bauvorlagen und bauaufsichtliche Anzeigen, Fassung Februar 2007 (Fachkommission Bauaufsicht der ARGEBAU)

/3/ DIN 4102: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, in der zurzeit gültigen Fassung und allen veröffentlichten Teilen

/4/ DIN EN 62305-1, Blitzschutz – Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Ausgabe Oktober 2011, Berichtigung 1, Ausgabe Dezember 2015

/5/ Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG, vom 17.05.2006

/6/ 9. ProdSV - Maschinenverordnung, Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenrichtlinie) vom 12.05.1993 zuletzt geändert am 27.07.2021

/7/ M-VVTB – Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen, Ausgabe 2021/1 in der Fassung vom 4. März 2022

1.3 Verwendete Unterlagen

Zur Erstellung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

Unterlagen	Dokumenten-Nr.	Datum
Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 R1	D02730135/1.0	20.10.2022
Technisches Datenblatt ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 R1	D02730150/1.0	ohne
Gondelschnitt E-160 EP5 E3 R1	D02793978/0.0	28.11.2022
Technisches Datenblatt Gondelabmessungen E-160 EP5 E3 R1	D02693747/1.0	26.10.2022
Technische Beschreibung Turm E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	D02245386/2.1	ohne
Technisches Datenblatt Turm E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01	D02245124/1.2	29.11.2021
Ansichtszeichnung Hybrid-Stahlturm E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Turm/ Gondel/Blätter	EP5.00.008-3 D02254557-3.0	04.05.2022
Technisches Datenblatt, Rotorblatt LM 78.3 P mit Hinterkantenkamm, E-160 EP5 E3 R1	D02433347/1.0	28.06.2022
Technische Beschreibung Wassergefährdende Stoffe* ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3 R1	D02719495/1.0	03.11.2022
Technische Beschreibung Einrichtungen zum Arbeits-, Personen- und Brandschutz	D0446785/2.3	22.03.2021
Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlagen Blitzschutz	D0260891-15.0	23.09.2022
Technische Beschreibung Kühlsysteme, Enercon Windenergieanlagen EP5	D0912596-0	22.04.2020
Datenblatt Installationsorte der Feuerlöscher	D0648865/9.1	27.09.2022
Technische Beschreibung Anlagensicherheit ENERCON Windenergieanlagen	D0248369/2.2	25.03.2021

Unterlagen	Dokumenten-Nr.	Datum
Technische Beschreibung Warnsignalisierung bei unsicheren Betriebszuständen	D0421975/3.1	29.06.2022
Datenblatt Installationsorte der Rauchschalter	D0701831/5.1	27.09.2022
Verhalten im Notfall	ID0X11	ohne
Technische Beschreibung Brandschutz EP5	D0736681/6.0	27.09.2022
Technische Beschreibung ENERCON Aufstiegshilfe	D0917105-1	12.11.2020

Tabelle 1: Unterlagen

*In dem Dokument Wassergefährdende Stoffe sind alle Stoffe mit Mengenangaben aufgeführt, die in der WEA Verwendung finden, mit der Auflistung der entsprechenden Sicherheitsdatenblätter.

1.4 Schutzziele

Für die Beurteilung der zu errichtenden Windenergieanlagen gelten die materiellen Vorschriften der Musterbauordnung. Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind (§ 14 MBO).

1.5 Bestimmung der Gesamthöhe

Die Windenergieanlage weist eine Nabenhöhe von ca. 120 m auf und der Rotor hat einen Durchmesser von ca. 160 m. Die Rotorblattlänge beträgt ca. 78 m. Damit ergibt sich eine Gesamthöhe von ca. 200 m.

1.6 Einstufung des Gebäudes

In den WEA befinden sich keine Aufenthaltsräume gemäß § 47 MBO. Die Anlagen werden nur temporär zu Wartungs- und Reparaturzwecken begangen.

Sie ist eine freistehende Maschine gemäß Maschinenrichtlinie.

Die WEA mit mehr als 30 m Höhe über der Geländeoberfläche im Mittel werden als Sonderbauten im Sinne des § 2 (4) Nr. 2 MBO eingestuft.

Eine Windenergieanlage ist eine bauliche Anlage besonderer Art und Nutzung, an der im Einzelfall zur Verwirklichung der allgemeinen Anforderungen besondere Anforderungen gestellt werden. Erleichterungen können gestattet werden, soweit es der Einhaltung von Vorschriften wegen der besonderen Art oder Nutzung baulicher Anlagen nicht bedarf.

1.7 Risikobeurteilung der Maschine

Der Hersteller ist verpflichtet für die komplette WEA eine Risikobeurteilung nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG durchzuführen.

Der auf dem Turm angeordnete maschinentechnische Teil der Windenergieanlage, hierzu zählen u.a. die Rotorblätter sowie die Nabe, die regelungs- und elektrotechnischen Komponenten, der Generator, die Lager und die Bremse, entsprechen laut Hersteller den anerkannten Regeln der Technik.

2 Gebäudetechnische Daten und Nutzungen

2.1 Allgemein

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um eine Errichtung einer Windenergieanlage der Firma ENERCON mit der Typbezeichnung E-160 EP5 E3 R1 mit 120 m Nabenhöhe.

Als Träger der Windenergieanlage Typ E-160 EP5 R1 dient ab Fundamentoberkante ein Hybrid-Stahlturm, dieser besteht aus 7 Stahlsektionen.

Die tragende Struktur des Maschinenhauses besteht aus Gusseisen, die Gondelverkleidung besteht aus Stahl. Die Rotorblätter werden aus GFK (glasfaserverstärkter Kunststoff), Polyesterharz, Balsaholz, und Schaumstoff hergestellt.

2.2 Äußere Erschließung

Die äußere Erschließung erfolgt über die öffentliche Verkehrsfläche und weiter über befestigte Wege zur WEA.

2.3 Innere Erschließung

Der Zugang in den Turm erfolgt über eine Außentreppe. Vor der Turmeingangstür ist ein Podest montiert. Im Turm befindet sich auf dieser Höhe das Eingangspodest. Die Turmeingangstür ist abschließbar und kann von innen jederzeit ohne Schlüssel und Werkzeug geöffnet werden. Der Zutritt von außen ist nur mit Schlüssel möglich.

Der Aufstieg im Turm erfolgt über eine Sicherheitssteigleiter in Kombination mit einer Steigschutzeinrichtung gemäß DIN EN ISO 14122-4:2016. Zwischen der Eingangsebene und dem oberen Ende des Turms sind Podeste angeordnet. Diese Podeste werden im Werk vorinstalliert und während des Montageprozesses komplettiert. Sie dienen als feste Arbeitsbühne sowie als Ruhebühne beim Auf- und Abstieg. Zum problemlosen Durchstieg befinden sich in den Podesten mit Klappen abgedeckte Öffnungen. Entlang des Steigwegs befinden sich auch bewegliche Ruhepodeste.

Zusätzlich wird eine Aufstiegshilfe (Nutzlast 240 kg) nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG eingebaut. Sie fährt leitergeführt bis zu einem Podest einige Meter unterhalb des Turmkopfs. Für die restliche Strecke wird die Sicherheitssteigleiter mit Steigschutzeinrichtung benutzt.

Unter der Eingangsebene befindet sich das E-Modul, hier ist ein Energieverteilerschrank, die Mittelspannungsschaltanlage, der Steuerschrank zur Bedienung der Windenergieanlage sowie eine unterbrechungsfreie Stromversorgung untergebracht. Die Bedienung erfolgt über das Human Maschine Interface (HMI), welches sich auf der Eingangsebene befindet.
Der Aufstieg im Turm ist für die Feuerwehr im Brandfall nicht vorgesehen.

2.4 Nutzung der Windenergieanlage

2.4.1 Allgemeines

Die WEA dient zur Wandlung der kinetischen Energie des Windes in elektrische Energie. Durch das getriebelose Anlagenkonzept (Direktantrieb) besitzt der Antriebsstrang keine schnell drehenden Komponenten, kein Getriebeöl. Auf Grund dessen verringert sich wesentlich die Brandentstehungswahrscheinlichkeit.

2.4.2 Funktion

Im Maschinenhaus, das auf dem Turm montiert ist, liefert ein permanenterregter Synchrongenerator, der direkt an der Nabe mit den Rotorblättern verbunden ist, die elektrische Energie. Die erzeugte Energie wird in einem Wechselrichtersystem in eine netzkonforme Spannung umgewandelt. Der Mittelspannungstransformator in der Gondel transformiert die erzeugte Spannung auf das Niveau des Stromnetzes, in das der Strom eingespeist wird. Über die Mittelspannungsschaltanlage im Turmfuß wird der Transformator mit dem aufnehmenden Stromnetz zusammengeschaltet.

2.4.3 Zahl der Nutzer

Die Zahl der Nutzer wird vom Grundsatz mit „keine“ angegeben. Es befinden sich keine Aufenthaltsräume in der Windenergieanlage, nur zu Wartungszwecken halten sich 2 bis 6 Personen in der Anlage auf.

2.4.4 Betrieb; Wartung

Die WEA ist im Betrieb unbemannt und verschlossen. Der Betrieb wird automatisch durch eine Fernabfrage überwacht. Die Daten werden in einer Zentrale ausgewertet, die permanent besetzt ist. Bei Störungen schaltet die WEA selbsttätig ab, wobei die Abschaltung über eine die betriebliche Steuerung überlagernde

Sicherheitssteuerung, auch bei Netzausfall, erfolgt. Die WEA wird bei einer Störung bis zur Reparatur nicht freigegeben.

Die Begehung zur Wartung findet mindestens einmal jährlich routinemäßig statt. Bei den Begehungen ist die Anlage außer Betrieb. Wird ein Probelauf notwendig, muss hierfür das Servicepersonal ihre Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz (PSAgA) tragen, um sich bei eventuellen Störungen oder einem Brand über den 1. Fluchtweg durch den Turm oder bei versperrtem 1. Fluchtweg über den 2. Fluchtweg durch die Luke im Maschinenhaus zu retten.

Die Wartungen werden nur durch Fachpersonal ausgeführt, welches auf die Anlagentechnik und der Rettung aus der Windenergieanlage geschult ist. Für diesen kurzzeitigen Probelauf bestehen aus brandschutztechnischer Sicht keine Bedenken.

2.4.5 Beschreibung der Einrichtungen der WEA

Bezeichnung	Bereich	Anlagen	Zugangsberechtigung
Gondel mit Rotoren	Maschine	Synchrongenerator Nebenaggregate Schaltschränke Transformator	unterwiesenes Personal, Elektrofachkräfte
Turm	Turm	Mittelspannungskabel (20 kV-36 kV) Steuerleitungen Stromversorgung Turmfuß Allgemein-/Notbeleuchtung	unterwiesenes Personal, Elektrofachkräfte
Fuß	E-Modul	Schaltschränke	Feuerwehr / unterwiesenes Personal/ Elektrofachkräfte

Tabelle 2: Beschreibung WEA

2.5 Risikoanalyse

2.5.1 Brandlasten und Brandgefährdungspotential

Die folgende Tabelle dient als Übersicht in welchen Anlagenteilen sich die Brandlasten befinden und wodurch ein Brand entstehen kann:

Bezeich-nung	Anlagen	Brandlasten	Brandgefahren
Gondel	Schaltschränke	Kabel	elektrische Störung
	diverse Kabel	Kabel	
	Azimutgetriebe	8 Stellmotoren zur Windnachführung je ca. 21 l Öl	durch Reibung und elektrische Störungen
	Blattflanschlager-laufbahn	3 Lager mit je 25 l Fett	
	Blattverstellgetriebe	3 Antriebe für die Blattverstellung je 12 l Öl	
	Azimutlager	Ca. 14 l Fett	
	Zentralschmiereinheit	Schmierstoffe insgesamt ca. 27,5 l	
	Rotorlager	Ca. 230 l Fett	
	Transformator	max. 2.103 l synthetische Ester MIDEL 7131	
	Gondelverkleidung	Stahl	keine direkte Brandgefahr
Turm	Mittelspannungs-kabel 20 kV-36 kV	Kabel	durch elektrische Störungen
	Aufstiegshilfe	Schmierstoffe ca. 2 l	
Fuß	Schaltschränke	Kabel Verteiler	durch elektrische Störungen
	USV-Schaltschrank Schaltschränke		
Rotor	Rotorblatt	Glasfaserverstärkter Kunststoff, Polyesterharz, Holz, Schaumstoff 25 t	Blitzschlag; Brandüberschlag zwischen Gondel und Rotorblättern

Tabelle 3: Brandlasten

2.5.2 Wahrscheinlichkeit eines Brandereignisses

Der Brand lässt sich nach den Normen der Feuerwehren DIN 14011 als nicht bestimmungsgemäßes Brennen, das sich unkontrolliert ausbreiten kann, definieren. Bei einer Brandentstehung und auch für eine Brandausbreitung müssen bestimmte Voraussetzungen vorhanden sein. Diese Voraussetzungen können in die Gruppe der stofflichen Voraussetzungen und in die Gruppe der energetischen Voraussetzungen unterteilt werden. Damit es zum Brennen kommt, bedarf es eines energetischen Anstoßes, d.h. es muss dem Brandgut genügend Zündenergie zugeführt werden. Neben der Zündtemperatur, die für das Einleiten der Verbrennung bzw. das Entzünden ausschlaggebend ist, wird für das selbstständige Brennen eine Mindestverbrennungstemperatur benötigt. Die Mindestverbrennungstemperatur kennzeichnet den Reaktionszustand eines Systems, bei dem die Reaktionswärme gerade noch ausreicht, um den Energiekreislauf unter Berücksichtigung der Wärmeverluste zu schließen, so dass das Feuer nicht erlischt. Aufgrund der überschüssigen Reaktionswärme, die für die Aufbereitung und Aktivierung nicht verbraucht wird, steigt die Temperatur im System selbständig weiter auf die Brandtemperatur an, welche letztendlich getrennt als Flammentemperatur und als Brandraumtemperatur (Rauchgastemperatur) interpretiert wird.

Brandereignisse sind gefährliche Brände, bei denen angenommen wird, dass sich ein Entstehungsbrand zu einem fortentwickelten Brand ausbreiten kann.

Während zur Gewährleistung der Standsicherheit in der Bauordnung gefordert und formuliert wird, dass die baulichen Anlagen standsicher sein müssen, wird demgegenüber die Anforderung zur Gewährleistung des Brandschutzes auf die Beschaffenheit der baulichen Anlage abgestellt:
Es wird in der Bauordnung offenbar nicht auf eine bestimmte Sicherheit (Brandsicherheit) abgestellt, sondern es werden vielmehr die Schutz- und Sicherungsziele ganz allgemein benannt. Deren Erfüllung entsprechend den bauordnungsrechtlichen Einzelvorschriften ergibt jedoch „stillschweigend“, analog zur Standsicherheit, ein bestimmtes Sicherheitsniveau. Dieses Sicherheitsniveau lässt sich semiprobabilistisch derzeitig mittels der Versagenswahrscheinlichkeit von $1x10^{-6}$ (bei großen Risiken pro Ereignis) bis $1x10^{-5}$ pro Gebäude je m² und Jahr beschreiben. Das Risiko ist theoretisch durch die Wahrscheinlichkeit für die

Entstehung eines Brandes und die Ausbreitung zu einem gefährlichen Brand pro Bezugsfläche und pro Zeiteinheit sowie dem zu erwartenden Schadensumfang gegeben.
Nach der Normdefinition gelten brennbare Stoffe in geschlossenen Behältern aus Stahlblech oder anderen nicht zerbrechlichen und im Brandverhalten vergleichbaren Werkstoffen als „geschützt“ (TSF, Leistungsschrank, Steuerschrank und USV). Die Schutzwirkung der Systeme ist gewährleistet, d.h. die Stahlschränke werden durch das Gehäuse und dadurch, dass kein Sauerstoff zugeführt wird, geschützt.
Zusätzlich wird der Transformator durch einen hermetisch abgeschlossenen Behälter geschützt. In dem hermetisch abgeschlossenen Behälter befindet sich kein Sauerstoff, somit wird das Branddreieck unterbrochen. Die Zündwahrscheinlichkeit von nicht erhitzten Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt > 100° C in Maschinen (hier Dielektrikum im Transformator) wird vom DIN-Ausschuss für so gering angesehen, dass hier ein Beitrag zur Brandbelastung nur bei Leckage vorstellbar ist.
Die Mittelspannungs-Schaltanlage ist eine SF_6–gasisolierte Anlage und somit nicht brennbar. Diese Brandlast bleibt unberücksichtigt.

Die Windenergieanlage besitzt ein getriebeloses Antriebssystem. Rotornabe und Ringgenerator sind ohne Getriebe als feste Einheit direkt miteinander verbunden. Das Fehlen von Getriebe und Getriebeöl verringert wesentlich die Brandentstehungs-wahrscheinlichkeit.
Ein Brand an den Rotorblättern ist unwahrscheinlich, jedoch nicht endgültig auszuschließen. Ein Vollbrand in der Gondel kann Brandursache für den Brand eines Rotorblattes sein.

Bei der E-160 EP5 E3 R1 ist keine Blattheizung vorhanden. Sofern bei einer WEA eine Blattheizung installiert ist, ist sie Teil der Rotoren und unterliegt den allgemein Technischen Regeln für Maschinen. Entsprechend sind anlagentechnische Sicherungen als Konsequenz der Risikobeurteilung des Herstellers eingebaut die dazu führen, dass die Blattheizung oder die gesamte WEA abgeschaltet wird und dass eine Alarmierung über die Weiterschaltung an eine ständig besetzte Stelle erfolgt. Die Folgemaßnahmen sind im organisatorischen Brandschutz unter anderem durch Begutachtung durch das Service-Personal geregelt.

Daraus resultiert, dass aufgrund der besonderen Konstruktionsart und der Anlagenüberwachung der Windenergieanlage der Firma ENERCON keine erhöhte Brandgefährdung besteht und dem Brandschutz anlagentechnisch und organisatorisch erheblich Rechenschaft getragen wird.

3 Vorbeugender Brandschutz

3.1 System der äußeren und inneren Abschottungen; Anforderungen an Bauteile und Baustoffe

3.1.1 Anordnung und Lage von Rauchabschnitten

Eine Unterteilung in Rauchabschnitte ist nicht erforderlich.

3.1.2 Brandschutztechnische Abschnittsbildung

Eine brandschutztechnische Abschnittsbildung in dem Sonderbau ist nicht erforderlich.

3.1.3 Feuerwiderstandsdauer der tragenden und aussteifenden Bauteile

An den Hybrid-Stahlturm werden keine Anforderungen hinsichtlich der Feuerwiderstandsdauer gestellt.

3.1.4 Nichttragende Außenwände und -bekleidungen

Die tragende Struktur des Maschinenhauses besteht aus Gusseisen, die Gondelverkleidung besteht aus Stahl.
Die Rotorblätter bestehen aus GFK-Material mit Polyesterharz/Holz/Schaumstoff. Es sind keine weiteren Maßnahmen notwendig.

3.2 Flucht- und Rettungswege

In der WEA sind keine Aufenthaltsräume vorhanden. Es gelten nicht die Vorschriften an bauliche Rettungswege.
Der Maschinenraum der Gondel wird nur von geschultem Personal begangen, welches über eine persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz (PSAgA) verfügt. Die Flucht aus der Gondel der WEA erfolgt über eine über die gesamte Turmhöhe zur Verfügung stehende Steigleiter. Für sonstige Notfälle sowie zur Rettung von

Verletzten ist in der Gondel ein Evakuierungsgerät installiert, mit dem ein Notabstieg aus der Windenluke im Heck der Maschine möglich ist. Das Gerät ermöglicht den zweiten Rettungsweg und kann alle Personen in der Gondel nacheinander abseilen, wobei immer zwei Personen, im Pendelhub, zusammen abgeseilt werden. Die Geräte müssen regelmäßig gewartet werden.
Die Flucht- und Rettungswege sind ausreichend.

4 Vorbeugender anlagentechnischer Brandschutz

4.1 Brandmeldeanlage

Es ist keine Brandmeldeanlage erforderlich.

4.2 Alarmierungseinrichtung

Eine Alarmierungseinrichtung ist nicht erforderlich.
Die Gondel wird nur von geschultem Personal zu Wartungszwecke begangen. Für Notfälle trägt das Wartungspersonal immer ein Mobiltelefon bei sich. In der WEA ist weiterhin eine direkte Gegensprechanlage von der Gondel zum Turmfuß vorhanden.
Bei detektiertem Rauch schaltet die WEA die optisch-akustischen Signalmelder im Turmfuß, im Maschinenraum und im Rotorkopf ein. Die Signalmelder erzeugen ein rotes Dauersignal mit Lichtblitzen und einen Dauerton mit schnell schwankender Tonhöhe. Die akustische Alarmierung ist nur bei Anwesenheit von Personen aktiv, anwesende Personen werden dadurch gewarnt.

4.3 Anlagentechnische Branderkennung und Brandmeldung

Brandursache aus mechanischer Reibung wird vorgebeugt, indem wenig schnell drehende Teile verwendet werden und kein Getriebe im Haupttriebstrang vorhanden ist. Alle wichtigen Komponenten werden mit Temperaturfühlern überwacht.
Temperaturen, die den Grenzwert für den Normalbetrieb überschreiten, führen zunächst zu einer verminderten Leistung der WEA. Erkennt die Sicherheitssteuerung der Windenergieanlage einen unzulässigen Zustand, wie z. B unzulässig erhöhte Temperaturen oder Überdrehzahl, wird die Windenergieanlage sofort angehalten.

4.3.1 Sensoren

Mögliche Zündquellen werden laufend durch Sensoren überwacht.
Der Generator wird auf Plausibilität geprüft (Temperaturen, Leistung in Abhängigkeit der Drehzahl). Fehler führen zur sofortigen Abschaltung der Anlage und Übermittlung einer Störmeldung auf die Service-Zentrale.
Folgende Parameter werden in der WEA permanent kontrolliert und bei Störungen wird die Anlage automatisch außer Betrieb genommen und die Störmeldung weitergeleitet.

- Temperatur in der Maschine
- Temperatur im Rotorkopf
- Lagertemperaturen der beiden Rotorlager
- Temperatur im Turm
- Außentemperatur
- Temperatur in allen Schaltschränken
- Temperatur, Druck und Öllevel des Transformators
- Funktionsbereitschaft der Kondensatorpakete für die Notabschaltung
- Erdschlusskennung für den Generator
- Differenzstromüberwachung für alle elektrischen Antriebe, um schwergängige bzw. überlastete Antriebe zu erkennen, u.a. Antriebe der Blattverstellung und die Windnachführung
- Fehlerstromerkennung für die Versorgungsleitungen Licht und Steckdose
- Funktion der Fernüberwachung

Jedes der drei Rotorblätter der WEA ist mit einem im Fehlerfall energieautarken Blattverstellsystem ausgestattet. In diesem Blattverstellsystem ist eine Sicherheitssteuerung integriert, die die Rotorblätter bei einer Notfahrt gesteuert in Fahnenstellung fahren und beim Erreichen der Fahnenstellung die Energie von den Antriebsmotoren sicher abschaltet.
Bei einer Notbremsung des Rotors wird zusätzlich eine Wirbelstrombremse aktiviert.

4.3.2 Rauchschalter

Zur Detektion von Bränden werden zudem Rauchschalter eingesetzt, die bei Rauch, Verschmutzung, Störung und zu hoher Temperatur reagieren.

Bei den Rauchschaltern handelt es sich um Brandmelder mit optischer Raucherkennung und zusätzlichem Temperaturfühler, der ab einer Umgebungstemperatur von 70° C anspricht. Es wird ein Signal an die

Sicherheitssteuerung der Anlage gesendet, die einen sicheren Stopp (Verstellung der Rotorblätter in Fahnenstellung) einleitet, alle Lüfter abschaltet und nach kurzer Zeit die MS-Schaltanlage ausschaltet.

Bei der Detektion von Feuer oder Rauch schaltet die Leistungselektronik ab, die Blätter drehen aus dem Wind, hierdurch wird die Rotationsbewegung auf ein Minimum reduziert bis hin zum Stillstand. Diese Statusmeldung wird mittels ENERCON SCADA an die ENERCON Service-Zentrale gesendet.

In der Gondel der E-160 EP5 E3 R1 wird die Temperatur an mehreren Stellen gemessen.

In der E-Gondel sind drei Rauchschalter vorhanden, a) im Maschinenhaus, b) im Transformatorraum und c) am Maschinenträger. Der Rauchschalter am Maschinenträger ist im unteren Bereich der Gondel verbaut und dient der Erkennung von Rauch im Turm.

Im unteren Turmbereich befindet sich ein Rauchschalter in der Nähe der Mittelspannungsschaltanlage.

4.4 Lüftungsanlagen

Aus brandschutztechnischer Sicht werden keine Anforderungen an die Lüftung gestellt.

Der Generator ist luftgekühlt, mit einer passiven äußeren Luftkühlung durch den Luftstrom und einer aktiven inneren Luftspaltkühlung.

4.5 Rauch- und Wärmeabzugsanlagen

Es werden aus brandschutztechnischer Sicht keine Rauchabzüge benötigt. Eine Entrauchung ist durch permanente Öffnungen in der Gondel und der Thermik im Turm vorhanden.

4.6 Blitzschutz

Bauliche Anlagen, bei denen nach Lage, Bauart oder Nutzung Blitzschlag leicht eintreten oder zu schweren Folgen führen kann, sind mit dauernd wirksamen Blitzschutzanlagen gemäß DIN EN 62305 zu versehen. Es ist ein integrierter Blitzschutz von der Rotorblattspitze bis ins Fundament vorhanden und notwendig.

Die Blitzschutzanlage wird nach der DIN EN 61400-24 Blitzschutz (Blitzschutzklasse I) für Windenergieanlagen ausgeführt.

5 Organisatorischer Brandschutz

5.1 Betriebliche Maßnahmen zur Brandverhütung und Brandbekämpfung sowie zur Rettung von Personen

Die WEA wird regelmäßig spätestens nach 12 Monaten gewartet und überwacht.

Das Verhalten im Brandfall und die Selbsthilfemaßnahmen werden entsprechend einer Gefährdungsbeurteilung regelmäßig geschult und geübt. Während der Wartung wird die Anlage außer Betrieb genommen, damit ist das Gefahrenrisiko verringert. Das Servicepersonal trägt bei den Wartungsarbeiten und einem eventuell notwendigen Probelauf der WEA seine persönliche Schutzausrüstung, somit ist ein Abseilen aus der Windenluke mit dem Abseilgerät der PSAgA sofort möglich.

5.2 Kennzeichnung von Rettungswegen

Zur Beleuchtung der Wege während der Wartung ist eine Sicherheitsbeleuchtung gemäß ASR A3.4/3 erforderlich und wird installiert.

Die Sicherheitsbeleuchtung der Windenergieanlage entspricht der DIN EN 50308 – Windenergieanlage-Schutzmaßnahmen-Anforderungen für Konstruktion, Betrieb und Wartung – DIN EN1838 – Angewandte Lichttechnik-Notbeleuchtung-, und die DIN EN 50172 –Sicherheitsbeleuchtungsanlagen.

5.3 Flucht- und Rettungspläne

Im Turmfuß und in der Gondel der Windenergieanlage sind jeweils ein Notrufplan und ein Flucht- und Rettungsplan angebracht. Alle notwendigen Informationen, z.B. die Koordinaten der Windenergieanlage und wichtige Rufnummern, sind auf dem Notrufplan zu finden.

5.4 Alarmierung der Feuerwehr

Durch die zuvor beschriebene Anlagentechnik wird die WEA bei einer Detektion von Feuer oder Rauch automatisch abgeschaltet. Dabei wird eine Nachricht an eine vom Betreiber zu bestimmende Service-Zentrale gesendet. Diese benachrichtigt daraufhin die Leitstelle der Feuerwehr.

Gleichzeitig wird das Servicepersonal informiert, um umgehend die Windenergieanlage anzufahren und die Lage zu erkunden.

5.5 Einrichtungen zur Brandbekämpfung

Zur Bekämpfung von Entstehungsbränden während der Wartung sind in der Gondel zwei 5 kg CO_2-Löscher und im Turm auf der Ebene 2 ein 5 kg CO_2-Löscher vorgehalten.

Im Fahrzeug der ENERCON-Servicekräfte wird ein weiterer CO_2–Löscher mitgeführt.

Die Feuerlöscher sind mindestens alle zwei Jahre durch einen Sachkundigen zu prüfen. Ein Vermerk über die letzte Prüfung ist fest oder plombiert am Feuerlöscher anzubringen.

5.6 Prüfungen technischer Anlagen und Einrichtungen

Die Prüfungen von technischen Anlagen oder Einrichtungen werden durch Fachpersonal in Abständen von max. 12 Monaten durchgeführt.

5.7 Übung mit der Zuständigen Feuerwehr

Vor Inbetriebnahme ist der örtlichen Feuerwehr und in Abstimmung mit der Brandschutzdienststelle, die Gelegenheit zu geben, sich mit dem Bauwerk vertraut zu machen.

6 Abwehrender Brandschutz

6.1 Flächen für die Feuerwehr

Die Anfahrt zur WEA erfolgt über die öffentliche Straße. Die Anfahrt bis an den Turmfuß geschieht über die befestigte Zuwegung. Die ausreichend befestigte und tragfähige Kranaufstellfläche während der Bauzeit bleibt nach Fertigstellung bestehen und kann durch die Feuerwehr genutzt werden.

Die Zufahrts- und Bewegungsflächen müssen hinsichtlich ihrer Radien und Belastbarkeit der durch die Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen eingeführte Muster-Richtlinie „Flächen für die Feuerwehr“ entsprechen, sowie frei und instandgehalten werden.

6.2 Löschwasserversorgung

Aufgrund der besonderen Konstruktionsart der Windenergieanlagen der Firma ENERCON besteht keine erhöhte Brandlast oder Brandgefährdung. Im Falle eines Brandes werden eine größere Anzahl von Menschen, Tiere oder erhebliche Sachwerte nicht gefährdet.

Deshalb ist eine örtliche Löschwasserbereitstellung (Hydranten, Löschwasser-behälter usw.) nicht notwendig. Zur Erfüllung des abwehrenden Brandschutzes haben die Gemeinden die notwendige Löschwasserversorgung bereitzustellen und zu unterhalten. Bei einem Brand in der Gondel ist zunächst die Sicherung der Umgebung notwendig, und Löschwasser wird erst benötigt, wenn brennende Teile herabstürzen. Bei einem Brand im Turmfuß muss zunächst die Abschaltung der Anlage bestätigt werden, bis Löschwasser benötigt wird.

6.3 Löschwasserrückhaltung

Es ist ein Transformator verbaut, der mit max. 2.103 Liter synthetischer, dielektrischer Flüssigkeit auf Esterbasis, dem Dielektrikum, gefüllt ist. Die Esterflüssigkeit ist ungiftig, leicht biologisch abbaubar und als allgemein wassergefährdend eingestuft. Esterflüssigkeiten zeichnen sich durch einen hohen Flammpunkt > 300 °C aus. Die Flüssigkeit kann vollständig in einer dafür vorgesehenen Wanne, welche sich unterhalb des Transformators befindet, aufgefangen werden.

Zur Kühlung der Leistungsschränke in der Gondel wird als Kühlmittel 350 Liter Monoethylenglykol und Wasser (GLYKOSOL N 45%) eingesetzt. Die Kühlflüssigkeit ist nicht toxisch und gut biologisch abbaubar und in der Wassergefährdungsklasse 1 eingestuft.
Die Flüssigkeiten können vollständig in drei dafür vorgesehenen Stahlblechselektionen auf dem Gondelboden, aufgefangen werden.
Es werden in der WEA keine weiteren Stoffe gelagert. Eine Löschwasser-Rückhaltung ist bei diesen geringen Mengen nicht notwendig.

6.4 Feuerwehrpläne

Der einzige Zugang und die Aufstellfläche der WEA sind eindeutig. Der Turm ist für die Feuerwehr nicht zugänglich und der Turmfuß ist übersichtlich, damit sind keine Feuerwehrpläne notwendig.

6.5 Hydrantenpläne

Hydrantenpläne sind nicht notwendig.

6.6 Brandbekämpfung

Die Verhütung von Brandgefahren (vorbeugender Brandschutz) und die Brandbekämpfung (abwehrender Brandschutz) sind laut § 2 BHKG Aufgaben der Gemeinden und Landkreise sowie des Landes.
Die Brandbekämpfung der WEA muss mit Hilfe der örtlichen Feuerwehr durchgeführt werden.

Es müssen folgende Brandszenarien unterschieden werden:

6.6.1 Brand im Turmfuß

Die Windenergieanlage gilt als abgeschlossene elektrische Betriebsstätte, die von der Feuerwehr nicht allein oder nur nach Freigabe begangen werden darf. Die gesamte Anlage muss spannungsfrei gemeldet werden. Die ständig besetzte Service-Zentrale informiert die Leitstelle der Feuerwehr.
Ein Brand im Turmfuß ist örtlich begrenzt. Der Brand kann sich weder auf die Gondel ausbreiten noch auf die Umgebung der Windenergieanlage auswirken.

6.6.2 Brand in der Gondel

Ein Brand in der Gondel ist von der Feuerwehr nicht beherrschbar und stellt auch aufgrund der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit somit das gesellschaftlich akzeptierte Risiko dar. Ein Feuer in der Gondel kann zu einem Ausbrennen der Gondel einschließlich der Gondelhülle und zu einem Übergreifen auf die Rotorblätter führen. Der Brand führt zum Abfallen der Teile. Bei einem Brand in der Gondel ist die Feuerwehr zunächst zum Schützen der Umgebung präsent.

6.6.3 Brand der Rotorblätter

Ein Brand der Rotorblätter ist nicht beherrschbar. Da die Windenergieanlage bei Schäden sofort abgeschaltet ist, werden keine brennenden Teile durch weiter anhaltende Rotation umhergeschleudert. Ein Rotorblatt wiegt ca. 25 t. Es wird direkt herabfallen und dort weiterbrennen, eine Brandweiterleitung auf die Gondel ist nicht auszuschließen. Ein Brand der Rotorblätter führt in der Hauptsache zu brennend direkt herabfallenden mehr oder weniger großen Teilen. Bei einem Brand der Rotorblätter ist die Feuerwehr zunächst zum Schützen der Umgebung präsent.

6.6.4 Brandweiterleitung auf die Umgebung

Die Alarmierung der Feuerwehr ist bei einem Schadenseintritt an der WEA wahrscheinlich früher als bei einem Sekundärbrand. Bei einem der o.g. Brände ist zunächst die Sicherung der Umgebung notwendig. Bei herabfallenden brennenden Teilen wird die Einsatzleitung geeignete Maßnahmen zur Brandbekämpfung nach Erkundung einleiten.

Da die Feuerwehr bereits vor Ort ist, können Entstehungsbrände sofort gelöscht werden. Eine Brandweiterleitung auf die Umgebung wird somit verhindert.

7 Verwendete Rechenverfahren nach Methoden des Brandschutzingenieurwesens

Es wurden keine Rechenverfahren des Brandschutzingenieurwesens verwendet.

8 Abweichungen

Es sind keine brandschutztechnischen Abweichungen zu berücksichtigen.

9 Zusammenfassung

Die Unterzeichnerin wurde beauftragt, für die Errichtung einer Windenergieanlage (WEA) des Typs ENERCON E-160 EP5 E3 R1 mit 120 m Nabenhöhe, ein Brandschutzkonzept gemäß Musterbauordnung (MBO) zu erstellen.

Bei Beachtung der dargestellten Maßnahmen, Anforderungen und Hinweise sowie der allgemein anerkannten Regeln der Technik bestehen aus brandschutztechnischer Sicht

keine Bedenken

für die Errichtung der Windenergieanlage Typ ENERCON E-160 EP5 E3 R1.

Vorstehende Stellungnahme wurde nach bestem Wissen und Gewissen unter Zugrundelegung der anerkannten Regeln der Technik ohne Ansehen der Person des Auftraggebers angefertigt.

Aufgestellt

Sandkrug, den 28.11.2022

Monika Tegtmeier
Sachverständige für vorbeugender baulicher Brandschutz

Industrie- und Handelskammer öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige

Dipl.-Ing. Monika Tegtmeier
ö.b.u.v. Sachverständige für den vorbeugenden baulichen Brandschutz
Prüferin für den Brandschutz (EBA)
Brandamtfrau a.D.

© Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte nur mit schriftlicher Genehmigung der Verfasserin

BRANDSCHUTZBÜRO
MONIKA TEGTMEIER
DIPLOM-INGENIEURIN

BV-Nr. 1143-464/24

13.02.2025

Ergänzung

zu den anlagenspezifischen Brandschutzkonzepten der Windenergieanlagen des Herstellers ENERCON

In Bezug auf die Brandlasten aufgrund gesetzlicher Anpassungen beim Einsatz von fluorierten Gasen in Schaltanlagen.

Diese Ergänzung gilt für alle anlagenspezifischen Brandschutzkonzepte mit Datum vor dem 11.02.2025.

Auftraggeber: WRD GmbH
Borsigstr. 26
26607 Aurich

Tel: 04481 920800
Eichhörnchenweg 15
26209 Sandkrug

sachverstaendige@brandschutz-tegtmeier.de

Oldenburgische Landesbank
IBAN: DE14280200501347332700
SWIFT: OLBODEH2XXX
Umsatzsteuer-ID: 64/144/10601
www.brandschutz-tegtmeier.de

Von der Oldenburgischen IHK öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige für den vorbeugenden baulichen Brandschutz

Prüferin für den Brandschutz - EBA

INHALTSÜBERSICHT Seite

1 Einleitung 3
1.1 Auftrag 3
1.2 Verwendete Unterlagen 4
2 Stellungnahme 5
2.1 Grundlage 5
2.1.1 Schutzziele 5
2.2 Konstruktion, Brandlast und Brandentstehung 6
2.3 Auswirkung des SF_6-Verbots bei Mittelspannungsschaltanlagen 6
3 Zusammenfassung 8

1 Einleitung

1.1 Auftrag

Das Brandschutzbüro Monika Tegtmeier wurde beauftragt eine ergänzende Stellungnahme zu den anlagenspezifischen Brandschutzkonzepten aller ENERCON Windenergieanlagen (WEA) zu erstellen, die vom Bearbeitungsstand ein Datum vor dem 07.02.2025 aufweisen.

Für die Windenergieanlagen (WEA) der Typen ENERCON liegt jeweils ein allgemeines auf den WEA-Typ ausgelegtes anlagenspezifisches Brandschutzkonzept (BSK) vor. In diesen wird auf den baulichen, technischen und organisatorischen Brandschutz eingegangen. Dabei wird beschrieben welche Maßnahmen in den jeweiligen Bereichen standardmäßig durchgeführt werden und die rechtlichen Anforderungen somit eingehalten werden. Hierzu gehört unteranderem die Nutzung von SF6-isolierten Schaltanlagen, da diese eine kompakte Bauform im Zusammenhang mit einem nichtbrennbaren Isoliermedium (SF6) bieten. Dies ist standardmäßig in den anlagenspezifischen Brandschutzkonzepten für Enercon Windenergieanlagen beschrieben.
Die Nutzung solcher Schaltanlagen ist jedoch mit Inkrafttreten der EU-Verordnung 2024/573 des Europäischen Parlaments und des Rates (vom 7. Februar 2024) in bestimmten Fällen (Mittelspannungsanlagen unter 24kV) ab dem 01.01.2026 unzulässig.
Diese ergänzende Stellungnahme wird somit erforderlich, da die Brandschutzkonzepte der jeweiligen Windenergieanlagentypen nur bei technischen oder baulichen Änderungen aufgrund von Neuentwicklungen vollständig überarbeitet werden. Es besteht somit die Möglichkeit, dass bestimmte WEA-Typen auch nach dem 01.01.2026 noch keine „Typenpflege“ erhalten haben und trotz des Verbotes im Brandschutzkonzept weiterhin eine SF6-gasisoloierte Schaltanlage beschrieben ist.

1.2 Verwendete Unterlagen

Zur Erstellung dieser Stellungnahme standen folgende Planungs-/ Unterlagen zur Verfügung:

Unterlagen	Nummer	Ersteller	Datum
Brandschutzkonzepte	alle aktuellen Brandschutzkonzepte für Windenergieanlagen des Herstellers ENERCON	Brandschutzbüro Monika Tegtmeier	diverse

Tabelle 1: Unterlagen

2 Stellungnahme

2.1 Grundlage

Ein Brandschutzkonzept ist eine zielorientierte Gesamtbewertung des baulichen und abwehrenden Brandschutzes bei Gebäuden besonderer Art oder Nutzung. Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird. Die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen berücksichtigen die Anforderungen für dieses Objekt.

Das Brandschutzkonzept beinhaltet die Einzelmaßnahmen aus

- vorbeugendem Brandschutz
- organisatorischem (betrieblichem) Brandschutz und
- abwehrendem Brandschutz.

Unter Berücksichtigung

- der Nutzung
- des Brandrisikos und
- des zu erwartenden Schadenausmaßes

werden im Brandschutzkonzept die Einzelkomponenten und ihre Verknüpfung im Hinblick auf die Schutzziele beschrieben.

2.1.1 Schutzziele

Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind (§14 MBO).

2.2 Konstruktion, Brandlast und Brandentstehung

Zur Erfüllung der Bauordnungsrechtlichen Schutzziele werden die Maßnahmen zur Erfüllung der entsprechenden Anforderungen im Brandschutzkonzept beschrieben. Die Maßnahmen beziehen sich dabei auf die Verwendung von möglichst nichtbrennbaren Baustoffen in so vielen Bereich, wie es möglich ist oder anlagentechnische Komponenten, die eine Brandentstehungswahrscheinlichkeit verringern sollen oder eine Brandentstehung möglichst früh detektieren sollen.

Aufgrund der besonderen Konstruktionsart und der Anlagenüberwachung der Windenergieanlagen der Firma ENERCON besteht grundsätzlich keine erhöhte Brandgefährdung.

Dies wird durch hauptsächlich nichtbrennbare Materialien und Baustoffe bei der Konstruktion der Windenergieanlagen des Herstellers erreicht und ist auf das getriebelose Antriebssystem, bei dem Rotornabe und Ringgenerator ohne Getriebe als feste Einheit direkt miteinander verbunden sind, zurückzuführen. Wodurch das Getriebe und Getriebeöl konstruktionsbedingt fehlen und die Brandentstehungswahrscheinlichkeit somit wesentlich verringert ist.

Aus diesem Grund wird zudem auf Mittelspannungsschaltanlagen in kompakter Bauform zurückgegriffen, deren Isolation zur Unterbindung von Lichtbögen mit Hilfe des SF_6-Isoliergases realisiert wird und nicht mit Hilfe von Isolierölen oder anderen brennbaren Stoffen, wie es bei Schaltanlagen in kompakter Bauform oftmals der Fall ist. Die Schaltanlage kann durch diese Spezifikation als Brandlast unberücksichtigt bleiben.

2.3 Auswirkung des SF_6-Verbots bei Mittelspannungsschaltanlagen

Aufgrund der wesentlich höheren Klimaschädlichkeit von SF_6 im Verhältnis zu CO_2 verzichten bereits diverse Hersteller grundsätzlich auf die Verwendung von SF_6 in Ihren Anlagen.

Zusätzlich ist zu diesem dem Thema eine europäische Verordnung verabschiedet worden, in der folgendes verordnet wurde:

> *Durch die Verordnung 2024/573 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 7. Februar 2024 über fluorierte Treibhausgase ist die Inbetriebnahme von SF6–Schaltanlagen mit folgenden Bemessungsspannen verboten:*
>
> *≤ 24kV: ab 01.01.2026*

>24kV ≤ 52kV: ab 01.01.2030

Bis zum Inkrafttreten des Verbots ist die Inbetriebnahme von SF6–Schaltanlagen noch gestattet und bleibt weiterhin als Standard definiert. Mit Inkrafttreten des Verbots wird die SF6–freie Schaltanlage als Standard definiert.

Für Schaltanlagen in kompakter Bauform sind aus diesem Grund mittlerweile immer mehr Alternativen erforscht worden, sodass es eine Lösung gibt bei der ein sogenanntes „Clean-Air"-Gasgemisch in Verbindung mit einer Vakuumröhre eine gleichwertige Isolation bei diesen Spannungsbereichen erreicht.

Durch diese Art von Schaltanlagen kann weiterhin eine Schaltanlage Verwendung finden, die als Brandlast unberücksichtigt bleiben kann, wie es aktuell bei SF6-gasisolierten Schaltanlagen der Fall ist.

Somit entsteht durch die Schaltanlage keine erhöhte Brandlast oder Brandentstehungswahrscheinlichkeit. Solche entsprechenden Schaltanlagen werden von ENERCON für die WEA ab den oben genannten Zeitpunkten in Abhängigkeit der erforderlichen Mittelspannungen verwendet.

Die Kernaussage des Kapitels 2.5 zur Risikoanalyse aus den anlagenspezifischen Brandschutzkonzepten für die Windenergieanlagen des Herstellers ENRCON in Bezug auf Brandereignisse hat somit weiterhin Bestand, sodass es durch die Verwendung dieser neuen Schaltanlagen zu keiner Erhöhung der Brandlast oder des Brandentstehungsrisikos kommt.

3 Zusammenfassung

Durch die geänderten rechtlichen Rahmenbedingungen für Mittelspannungsschaltanlagen ab dem 01.01.2026 und der damit verbundenen technologischen Veränderungen wird das aktuelle bei den Windenergieanlagen des Herstellers ENERCON bestehende Brandgefährdungspotenzial, wie es unter Punkt 2.5 „Risikoanalyse“ der anlagenspezifischen Brandschutzkonzepte beschreiben ist, nicht verändert.

Die anlagenspezifischen Brandschutzkonzepte, denen diese Ergänzung beigelegt wird, behalten im allgemeinen Umfang und in allen weiteren Punkten ihre Gültigkeit.

Vorstehende Stellungnahme wurde nach bestem Wissen und Gewissen unter Zugrundelegung der anerkannten Regeln der Technik ohne Ansehen der Person des Auftraggebers angefertigt.

Aufgestellt

Sandkrug, den 13.02.2025

Von der Industrie- und Handelskammer öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige
Monika Tegtmeier
Sachverständige für vorbeugender baulicher Brandschutz

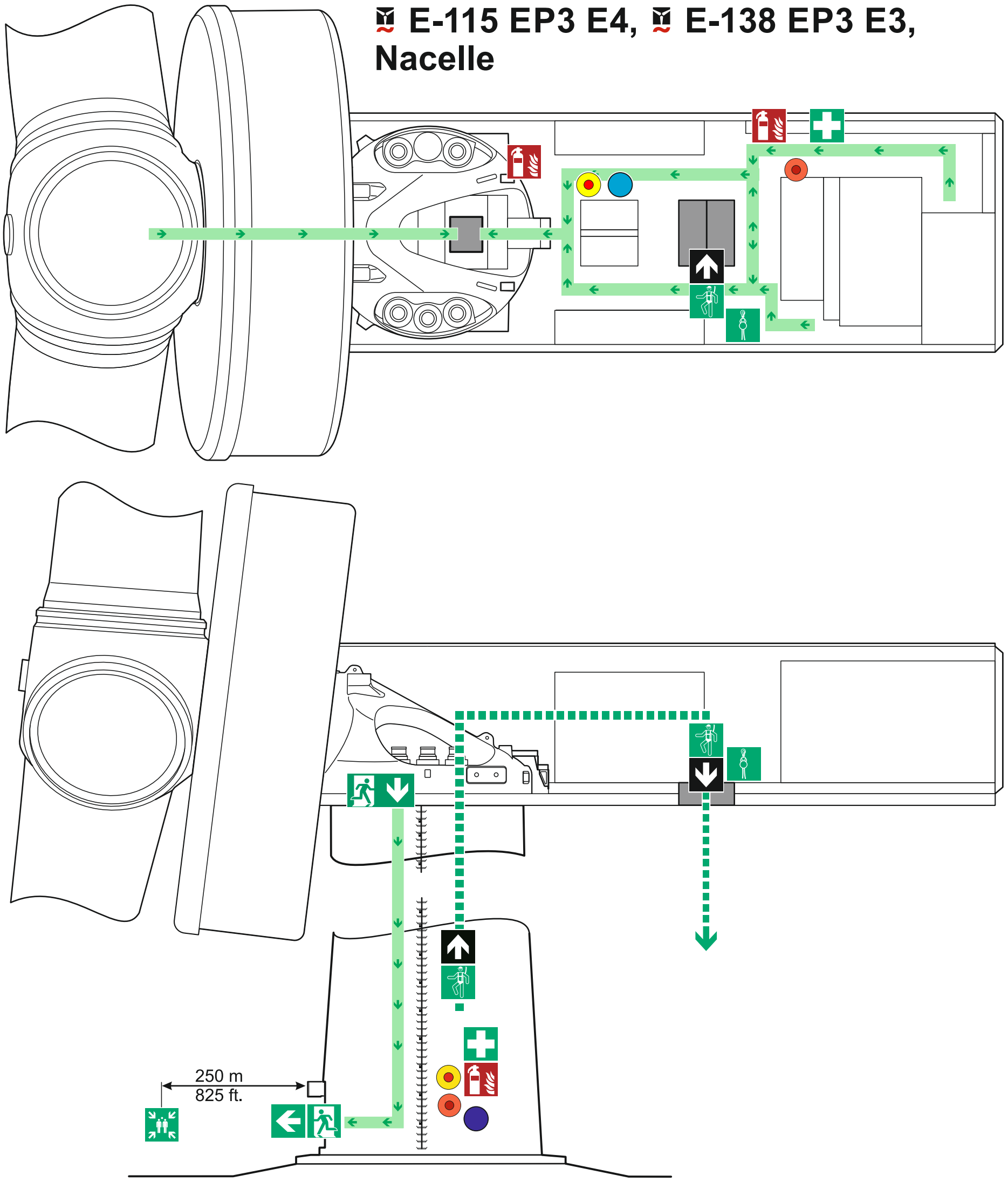
Dipl.-Ing. Monika Tegtmeier
ö.b.u.v. Sachverständige für den vorbeugenden baulichen Brandschutz
Prüferin für den Brandschutz (EBA)
Brandamtfrau a.D.

© Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte nur mit schriftlicher Genehmigung des Verfassers

Flucht- und Rettungsplan WEA
Escape and rescue plan WEC

SAP 635570

E-115 EP3 E4, E-138 EP3 E3, Nacelle



Legend

- Fire extinguishers
- First aid kit
- Alternative escape route with rescue device
- Rescue equipment
- Transformer Emergency switching off
- EMERGENCY STOP button
- Meeting point (outside WEC)
- Emergency exit
- Direction (fastest escape route)
- Direction (fire in tower base)
- Your location Nacelle
- Your location Tower base

The positioning of the pictograms is not true to scale!

Legende

- Feuerlöscher
- Erste-Hilfe-Kasten
- Alternativer Fluchtweg mit Rettungsgerät
- Rettungsausrüstung
- NOT-HALT-Taster
- Transformator NOT-AUS
- Sammelpunkt (außerhalb WEA)
- Notausgang
- Richtung (schnellste Flucht)
- Richtung (Feuer im Turmfuß)
- Ihr Standort Gondel
- Ihr Standort Turmfuß

Die Positionierung der Piktogramme ist nicht maßstabsgerecht!

Behavior in case of emergency

Keep calm!

Call for help:

- What happened?
- Where did it happen?
- How many people are injured?
- What types of injuries occured?
- Follow instructions, wait for queries.

Immediate measures:

- Alert others
- Provide first aid
- Eliminate hazards

Attempt to extinguish the fire
If possible, press emergency stop button and disconnect WEC from gird
Move to a safe location

Verhalten im Notfall

Ruhe bewahren!

Hilfe rufen:

- Wo ist es passiert?
- Was ist passiert?
- Wie viele Verletzte gibt es?
- Welche Arten von Verletzungen liegen vor?
- Anweisungen beachten, auf Rückfragen warten.

Sofortmaßnahmen:

- Andere alarmieren
- Gefahren beseitigen
- Erste Hilfe leisten

Löschversuch unternehmen
Wenn möglich, Not-Halt Taster drücken und die Anlage freischalten
In Sicherheit bringen

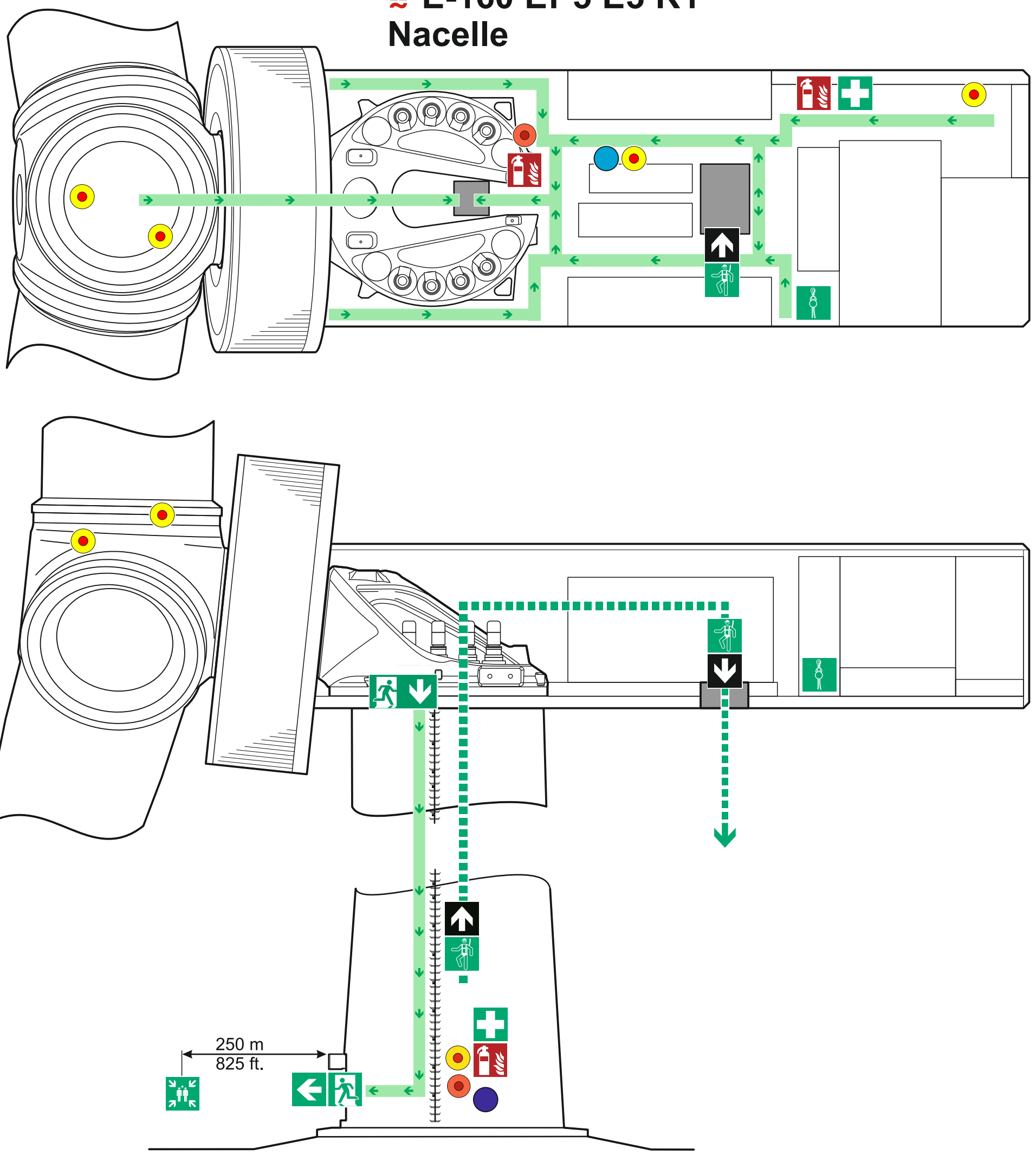
ID0X11 SAP 1016397

© ENERCON GmbH

Flucht- und Rettungsplan WEA
Escape and rescue plan WEC

SAP 635570

E-160 EP5 E3 R1
Nacelle



Legend

- Fire extinguishers
- First aid kit
- Alternative escape route with rescue device
- Rescue equipment
- Transformer Emergency switching off
- EMERGENCY STOP button
- Meeting point (outside WEC)
- Emergency exit
- Direction (fastest escape route)
- Direction (fire in tower base)
- Your location Nacelle
- Your location Tower base

The positioning of the pictograms is not true to scale!

Legende

- Feuerlöscher
- Erste-Hilfe-Kasten
- Alternativer Fluchtweg mit Rettungsgerät
- Rettungsausrüstung
- NOT-HALT-Taster
- Transformator NOT-AUS
- Sammelpunkt (außerhalb WEA)
- Notausgang
- Richtung (schnellste Flucht)
- Richtung (Feuer im Turmfuß)
- Ihr Standort Gondel
- Ihr Standort Turmfuß

Die Positionierung der Piktogramme ist nicht maßstabsgerecht!

Behavior in case of emergency

Keep calm!

Call for help:

- What happened?
- Where did it happen?
- How many people are injured?
- What types of injuries occured?
- Follow instructions, wait for queries.

Immediate measures:

- Alert others
- Provide first aid
- Eliminate hazards

Attempt to extinguish the fire
If possible, press emergency stop button and disconnect WEC from gird
Move to a safe location

Verhalten im Notfall

Ruhe bewahren!

Hilfe rufen:

- Wo ist es passiert?
- Was ist passiert?
- Wie viele Verletzte gibt es?
- Welche Arten von Verletzungen liegen vor?
- Anweisungen beachten, auf Rückfragen warten.

Sofortmaßnahmen:

- Andere alarmieren
- Gefahren beseitigen
- Erste Hilfe leisten

Löschversuch unternehmen
Wenn möglich, Not-Halt Taster drücken und die Anlage freischalten
In Sicherheit bringen

ID0X11 SAP 1016397

© ENERCON GmbH

Zusammenstellung der typengeprüften Dokumentationen

ENERCON

E-138 EP3 E3-HST-111-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-7005/22-1 Rev. 0 vom 18.11.2022
Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

1.1. Zusammenstellung Turm Statik D02437752-6

2. Flachgründung Ø 19,80m T-7005/22-4 Rev. 0 vom 18.11.2022

2.1. Schalplan D02458327-0
2.2. Bewehrungsplan 1 D02458328-1
2.3. Bewehrungsplan 2 D02458329-1
2.4. Fundamentdatenblatt D02457817-2

3. Flachgründung Ø 20,10m T-7005/22-2 Rev. 0 vom 18.11.2022

3.1. Schalplan D02458324-2
3.2. Bewehrungsplan 1 D02421770-2
3.3. Bewehrungsplan 2 D02421771-2
3.4. Fundamentdatenblatt D02393170-4

4. Tiefgründung Ø 16,60m T-7005/22-3 Rev. 0 vom 18.11.2022

4.1. Schalplan Variante A D02421795-1
4.2. Schalplan Variante B D02421796-1
4.3. Schalplan Variante C D02421797-1
4.4. Bewehrungsplan 1 D02421805-1
4.5. Bewehrungsplan 2 D02421806-1
4.6. Fundamentdatenblatt D02411880-3

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

5. Gutachterliche Stellungnahmen

5.1. Lastannahmen für Turm und Fundament
81189224863-1 D I Rev.0 vom 06.09.2022

5.2. Turmkopfflansch
8119224863-11 D Rev.0 vom 07.02.2022

5.3. Diverse Komponenten
8119616205-100 D II Rev.0 vom 14.11.2022

6. Revisionstabelle

Datum	Änderung
02.12.2021 Rev. 0	**Dokument erstellt** **1. Prüfbescheid zur Typenprüfung T-7005/22-1 Rev. 0 vom 18.11.2022** **Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01** 1.1. Zusammenstellung Turm Statik D02437752-6 **2. Flachgründung Ø 19,80m T-7005/22-4 Rev. 0 vom 18.11.2022** 2.1. Schalplan D02458327-0 2.2. Bewehrungsplan 1 D02458328-1 2.3. Bewehrungsplan 2 D02458329-1 2.4. Fundamentdatenblatt D02457817-2 **3. Flachgründung Ø 20,10m T-7005/22-2 Rev. 0 vom 18.11.2022** 3.1. Schalplan D02458324-2 3.2. Bewehrungsplan 1 D02421770-2 3.3. Bewehrungsplan 2 D02421771-2 3.4. Fundamentdatenblatt D02393170-4 **4. Tiefgründung Ø 16,60m T-7005/22-3 Rev. 0 vom 18.11.2022** 4.1. Schalplan Variante A D02421795-1 4.2. Schalplan Variante B D02421796-1 4.3. Schalplan Variante C D02421797-1 4.4. Bewehrungsplan 1 D02421805-1 4.5. Bewehrungsplan 2 D02421806-1 4.6. Fundamentdatenblatt D02411880-3 **5. Gutachterliche Stellungnahmen** 5.1. Lastannahmen für Turm und Fundament 81189224863-1 D I Rev.0 vom 06.09.2022 5.2. Turmkopfflansch 8119224863-11 D Rev.0 vom 07.02.2022 5.3. Diverse Komponenten 8119616205-100 D II Rev.0 vom 14.11.2022

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 -

Prüfbescheid zur Typenprüfung

Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, DIBt Windzone S, Geländekategorie S

- Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 -

Prüfbescheid Nr.:	T-7005/22-1 Rev. 0
Gegenstand der Prüfung:	Standsicherheit des Hybrid-Stahlturms E-138 EP3 E3 HST-111-FB-C-01 für die oben genannte Windenergieanlage gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015)
Anlagenhersteller (Antragsteller):	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland
Dokumentation:	H+P Ingenieure GmbH Kackertstraße 10 52072 Aachen Deutschland ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland
Geltungsdauer bis:	30.11.2027

Dieser Prüfbescheid wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Eine Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Prüfbescheids ist nur nach vorheriger, schriftlicher Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Anlagenherstellers bzw. Antragstellers gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist nicht gestattet.

Der Prüfbescheid umfasst 17 Seiten und 13 Anlagen, die Bestandteil dieses Prüfbescheides sind.

Revision	Datum	Änderungen
0	18.11.2022	Erstausgabe

Inhaltsverzeichnis

0 Allgemeine Bestimmungen 3
1 Dokumente 4
1.1 Geprüfte Dokumente 4
1.2 Dazugehörige Dokumente 5
2 Prüfgrundlagen 8
3 Einleitung 9
4 Beschreibung 9
4.1 Turm 9
4.2 Lastannahmen 10
4.3 Baustoffe 10
5 Prüfung 11
5.1 Methodik 11
5.2 Anmerkungen zur Prüfung 12
5.3 Ergebnisse 13
5.4 Schnittstellen 13
6 Auflagen 16
7 Zusammenfassung 16

0 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 1.1 aufgeführten Anlagen übereinstimmt.

Bei Abweichungen von diesem Prüfbescheid zur Typenprüfung oder seinen Anlagen 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.

Dieser Prüfbescheid zur Typenprüfung darf nur vollständig - nicht auszugsweise - und seine Anlagen (siehe 1.1) dürfen nur zusammen mit diesem Prüfbescheid zur Typenprüfung verwendet oder veröffentlicht werden.

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.

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Berechnungen

[1.1.1] H+P Ingenieure GmbH:
„STATISCHE BERECHNUNG TURMSTATIK E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Bauteil: Stahlturm (HST) Projekt: E21-019“,
Dokument-Nr.: D02453860, Rev. 2.0, Datum: 15.06.2022

[1.1.2] H+P Ingenieure GmbH:
„ERGÄNZUNGSSTATIK TURMSTATIK E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Bauteil: Stahlturm (HST) Projekt: E21-019.1“,
Dokument-Nr.: D02490515, Rev. 2.0, Datum: 15.06.2022

Anlagen zum Prüfbescheid zur Typenprüfung

Anforderungen an das Fundament

[1.1.3] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Fundamentlasten“,
Dokument-Nr.: D02378600, Rev. 2.2, Datum: 29.07.2021

[1.1.4] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage Fundamentkorb E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01“,
Dokument-Nr.: D02402550, Rev. 2.1, Datum: 29.07.2021

Zeichnungen - Basisturm

[1.1.5] ENERCON GmbH:
„Stahlturm“,
Zeichnungs-Nr.: D02437752, Rev. 6.0, Datum: 05.04.2022

[1.1.6] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01-S3 Stahlsektion“,
Zeichnungs-Nr.: D02436897, Rev. 4.0, Datum: 05.04.2022

Zeichnungen - Turmvariante

[1.1.7] ENERCON GmbH:
„Stahlturm Modell der zusammenfassenden Struktur des Turms“,
Zeichnungs-Nr.: D02498466, Rev. 3.0, Datum: 19.04.2022

[1.1.8] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01-S3 Stahlsektion“,
Zeichnungs-Nr.: D02497242, Rev. 2.0, Datum: 14.04.2022

Zeichnungen - Beide Turmvarianten

[1.1.9] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01-S1 Stahlsektion“,
Zeichnungs-Nr.: D02433658, Rev. 2.0, Datum: 29.11.2021

[1.1.10] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01-S2 Stahlsektion“,
Zeichnungs-Nr.: D02433923, Rev. 1.0, Datum: 19.08.2021

[1.1.11] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01-S4 Stahlsektion“,
Zeichnungs-Nr.: D02435885, Rev. 1.0, Datum: 05.04.2022

[1.1.12] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01-S5 Stahlsektion“,
Zeichnungs-Nr.: D02433793, Rev. 3.0, Datum: 19.01.2022

[1.1.13] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01-S6 Stahlsektion“,
Zeichnungs-Nr.: D02429092, Rev. 0.0, Datum: 05.08.2021

[1.1.14] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Fundamentkorb“,
Zeichnungs-Nr.: D02434516, Rev. 0.0, Datum: 05.08.2021

Spannanweisung

[1.1.15] H+P Ingenieure GmbH:
„Spannanweisung Fundamentkorb ENERCON E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Bauteil: Fundamentkorb“,
Dokument-Nr.: D02437082, Rev. 1.1, Datum: 30.05.2022

1.2 Dazugehörige Dokumente

Lastannahmen

[1.2.1] ENERCON GmbH:
„Lastenbericht Turm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Abdeckende Betriebs- und Extremlasten für den Turm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 der WEA E-138 EP3 E3 mit dem Rotorblatt E-138 EP3-RB-02 nach DIBt und IEC“,
Dokument-Nr.: D02397553, Rev. 0.4, Datum: 30.09.2021

[1.2.2] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3, RB E-138 EP3-RB-02, NH 110.396 m (E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01), DIBt WZ S, GK S - Lastannahmen für Turm und Fundament -“,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-1 D I Rev.0, Datum: 06.09.2022

Kopfflansch

[1.2.3] ENERCON GmbH:
„Turmflansch Spezifikation-D3868-150xM30“,
Zeichnungs-Nr.: D02133917, Rev. 0.1, Datum: 05.02.2021

[1.2.4] ENERCON GmbH:
„Verification for Certification ENERCON Wind Energy Converter E-138 EP3 E3 Bolted Connection - Yaw Bearing and Tower Head Flange Statics und Fatigue Strength for Loads according to: IEC ed. 4, WC IIA, Normal Climate DIBt 2012, WZ S“,
Dokument-Nr.: D02524598, Rev. 2.0, Datum: 14.01.2022

[1.2.5] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme für die Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, verschiedene Konfigurationen, WZ S, GK S
- Turmkopfflanschbaugruppe -“,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-11 D Rev. 0, Datum: 07.02.2022

Spezifikationen

[1.2.6] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Temporäre Teilvorspannung bei Fundamentkörben bzw. Verbindungsflanschen“,
Dokument-Nr.: D0193587, Rev. 2, Datum: 07.08.2014

[1.2.7] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Abstände zwischen Kerbdetails“,
Dokument-Nr.: D0985961, Rev. 1.2, Datum: 16.04.2021

[1.2.8] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Anbauteile an Turmwänden in Kerbfallklasse 100 für Stahlrohrtürme“,
Dokument-Nr.: D0935173, Rev. 3, Datum: 25.03.2021

[1.2.9] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Stumpfnähte bei ENERCON Stahlrohrtürmen“,
Dokument-Nr.: D0973115, Rev. 2, Datum: 16.04.2021

[1.2.10] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Verschrauben von Ringflanschen“,
Dokument-Nr.: D0215476, Rev. 2, Datum: 05.01.2017

[1.2.11] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Oberflächenbehandlung Stahlturm“,
Dokument-Nr.: D1005701, Rev. 9, Datum: 05.10.2021

[1.2.12] ENERCON GmbH:
„Minimum Bolting Specification HST“,
Dokument-Nr.: D02454031, Rev. 0.0, Datum: 04.03.2022

Allgemeine Bauartgenehmigung

[1.2.13] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt:
„Allgemeine Bauartgenehmigung; Nummer: Z-30.6-78; Gegenstand dieses Bescheides: Schweißdetails mit spezifischen Kerbfallkategorien in Stahlrohrtürmen“, gültig vom 10.10.2022 bis 21.12.2026

Reibkoeffizienten und Setzungen von gleitfesten Schraubverbindungen

[1.2.14] Fraunhofer IGP:
„Ermittlung der Haftreibungszahl beschichteter Oberflächen in Anlehnung an EN 1090-2, Anhang G“,
Dokument-Nr.: D02596625, Rev. 0, Datum: 31.01.2022

[1.2.15] Stranghöner Ingenieure GmbH:
„Untersuchungen zur Erlangung einer aBG für gleitfeste Verbindungen mit HRC-Schrauben M27 in Turmbauteilen“,
Dokument-Nr.: D02733567, Rev. 0.0, Datum: 24.03.2022

Anlagenbeschreibung

[1.2.16] ENERCON GmbH:
„Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlage E-138 EP3 E3“,
Dokument-Nr.: D1018637, Rev. 4.0, Datum: 07.07.2022

Übersichtszeichnung

[1.2.17] ENERCON GmbH:
„Ansichtszeichnung Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01“,
Zeichnungs-Nr.: EP3.00.247 - 4, Rev. 4, Datum: 17.02.2022

Prüfung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08

[1.2.18] ENERCON GmbH:
„Stellungnahme Verwendbarkeit IEC ed.3 anstatt IEC ed.4 für ENERCON WEA“,
Dokument-Nr.: D02759428, Rev. 0.0, Datum: 06.09.2022

[1.2.19] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3 IEC 61400-1 Ed. 3 - Diverse Komponenten -“,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119616205-100 D II Rev. 0, Datum: 14.11.2022

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 1992-1-1:2011-01 + A1:2015-03 + DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 + NA/A1:2015-12: „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau"

[2.5] DIN EN 1993-1-1:2010-12 + DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12:
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“

[2.6] 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“

[2.7] 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“

[2.8] 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“

[2.9] 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“

[2.10] DIN EN 1998-1:2010-12 + DIN EN 1998-1/NA:2011-01:
„Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten“

[2.11] DIN EN 1998-6:2006-03:
„Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 6: Türme, Maste und Schornsteine; Deutsche Fassung EN 1998-6:2005“

[2.12] Verein Deutscher Ingenieure:
„Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen - Zylindrische Einschraubenverbindungen“, VDI 2230 Blatt 1, 11.2015

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

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

3 Einleitung

Gegenstand dieses Prüfbescheids ist die Typenprüfung des Hybrid-Stahlturms E-138 EP3 E3-HST-111-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 Turm hat eine Höhe von 105,268 m (OK Fundament bis OK Kopfflansch). Er besteht aus drei annähernd zylindrischen Sektionen, zwei polygonalen Sektionen und einer kurzen unteren Sektion, die in einem T-Flansch endet. Bei den zylindrischen Sektionen handelt es sich um werksseitig geschweißte Stahlblechkonstruktionen. Die Sektionen werden mittels vorgespannter, innenliegender L-Ringflanschverbindungen auf der Baustelle zusammengeschraubt.

Die polygonalen Sektionen bestehen aus mehreren gekanteten Blechen, die mit axial verlaufenden Verbindungsblechen verschraubt werden. Benachbarte Polygonsektionen werden über horizontal angeordnete, zweischnittige Verbindungsbleche miteinander verschraubt. Die untere Sektion besteht aus mehreren Teilen, die durch Überlappungsbleche verbunden sind.

Die Prüfung umfasst zwei Varianten, den in [1.1.5] dargestellten Basisturm und die in [1.1.7] dargestellte Turmvariante. Der Unterschied zwischen den beiden Varianten liegt in der Stahlsektion 3, wo sich der Übergang vom zylindrischen zum polygonalen Querschnitt befindet. Beim Basisturm wird der Übergang durch ein Anschweißen des polygonalen Querschnitts an das T-förmige, untere Ende der zylindrischen Sektion realisiert, während bei der Turmvariante der polygonale Querschnitt mit dem deutlich verdickten, zylindrischen Mantel verschweißt wird.

Der Turmanschluss an das Fundament erfolgt durch den unteren T-Flansch mit 2 x 88 vorgespannten Ankerbolzen M36 - 10.9.

Weitere Details können den geprüften Zeichnungen (siehe Abschnitt 1.1) entnommen werden.

Die folgende Anlagenkonfiguration wurde bei der Prüfung des Turms berücksichtigt:

Nr.	WEA Bezeichnung	Max. Nenn-leistung	Rotorblatt	Windzone (DIBt 2012)	Gelände-kategorie	Turmnach-weise
1	E-138 EP3 E3	4260 kW	E-138 EP3-RB-02	WZ S	GK S	[1.1.1], [1.1.2]

Tabelle 4.1: Geprüfte Konfiguration für Turmnachweise

Die betrachtete Windenergieanlage hat folgende technische Basisdaten:

Nabenhöhe:	110,396 m
Gondelmasse (inkl. Rotor):	289,8 t
Rotordurchmesser:	138,59 m

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

f_0 = 0,201 Hz bei elastischer Einspannung ($k_{\varphi,dyn}$ = 150 000 MNm/rad)
f_0 = 0,206 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	Naben-höhe	Max. Nenn-leistung	Rotor-blatt	Windzone (DIBt 2012)	Gelände-kategorie	spezifi-ziert in	geprüft in
1	E-138 EP3 E3	110,396 m	4260 kW	E-138 EP3-RB-02	WZ S	GK S	[1.2.1]	[1.2.2]

Tabelle 4.2: Lastannahmen

Die Lastannahmen sind für die in [1.2.1] angegebenen Turmeigenfrequenzen mit einem zulässigen Intervall von ± 5 %gültig.

Das in der Lastberechnung verwendete Modell hat eine ungekoppelte erste Eigenfrequenz von 0,199 Hz (Schwingungen in Schubrichtungen, elastische Einspannung).

Die Auslegungslebensdauer beträgt 25 Jahre.

4.3 Baustoffe

In diesem Abschnitt werden die Hauptbaustoffe und -produkte der tragenden Bauteile aufgeführt. Weitere Details können den geprüften Anlagen (siehe Abschnitt 1.1) bzw. der Zeichnung [1.2.3] (Turmkopfflansch) entnommen werden.

Turm

Baustahl:	S355 S460	DIN EN 10025-2 bis -3 DIN EN 10025-3
L-Flanschschrauben:	HV-Garnituren Festigkeitsklasse 10.9	DIN EN 14399 / DASt-RiLi 021 DIN EN ISO 898-1
Gleitfeste Verbindungen:	HRC-Garnituren M27 Festigkeitsklasse 10.9	DIN EN 14399 DIN EN ISO 898-1

Darüber hinaus basiert die Auslegung des Turms auf folgenden Annahmen:

Die Ringflansche werden nahtlos geschmiedet. Für die Ringflansche werden in [1.1.1] und [1.2.4] die folgenden Streckgrenzen angenommen:

- Kopfflansch: R_{eH} = 265 MPa
- übrige L-Flansche: t ≤ 120 mm: R_{eH} = 325 MPa
  120 mm < t ≤ 130 mm: R_{eH} = 322 MPa
  t ≤ 165 mm: R_{eH} = 314 MPa

Ankerkorb

Ankerring:	S235J0	DIN EN 10025-2
Ankerbolzen:	Festigkeitsklasse 10.9	DIN EN ISO 898-1
Gewinde, Muttern und Unterlegscheiben:	M36	DIN EN 1993-1-8, Bezugsnormengruppe 4
Fundamentbeton:	C35/45	DIN EN 206-1, DIN 1045-2

5 Prüfung

5.1 Methodik

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

Der Turm und die Windenergieanlage wurden zunächst mit Einwirkungen nach DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12 ausgelegt und geprüft. Gemäß der gutachtlichen Stellungnahme [1.2.19] kann für die dort unter 1.2 aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die dazugehörige Prüfung von Turm und Gründung die Erfüllung der technischen Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.2] ebenfalls bestätigt werden.

Die Prüfung umfasst den Hybrid-Stahlturm, den Ankerkorb, die Spannkraftverluste der Ankerbolzen und den mit den Stahlteilen in Verbindung stehenden Beton. Die Turmkopfflanschbaugruppe (Kopfflansch und Schrauben der Flanschverbindung zwischen dem Turmkopf und der Turbine) wurde separat in [1.2.5] geprüft.

Wirbelerregte Querschwingungen wurden gemäß DIBt-Richtlinie, Abschnitt 9.4, für den betriebsbereiten Endzustand und für verschiedene Montagezustände berücksichtigt (s. [1.1.1]). Weitere Montagezustände sowie Zustände während des Transports sind nicht Bestandteil der Prüfung.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden in [1.1.1] berücksichtigt. Die Berechnung erfolgte für die Erdbebenzone 3, Baugrundklasse C, Untergrundklasse T, gemäß DIN EN 1998-1/NA.

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 Abstand zwischen dem Turm und den ausgelenkten Rotorblättern wurde in [1.2.2] geprüft.

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

Lageplan und Baugrundgutachten (s. [2.1], Kapitel 3, Buchstaben B und H) sind nicht Bestandteil der Prüfung, Transportzustände ebenfalls nicht.

Die angesetzten Lasten aus der Windturbine werden in den gutachtlichen Stellungnahmen [1.2.2] und [1.2.19] bestätigt.

Die Bewertung des Sicherheitssystems und der Handbücher, des Rotorblatts, der maschinenbaulichen Komponenten, der Maschinenhausverkleidung sowie der elektrischen Komponenten und des Blitzschutzes erfolgt in den in [1.2.19] unter 1.2 aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen für die Windenergieanlage E-138 EP3 E3.

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 der Schweiß- und Schraubverbindungen wurde mit $\gamma_{Mf} = 1{,}15$ angesetzt.

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.

Das Auftreten wirbelerregter Querschwingungen bei wartungsbedingten Stillstandszeiten (Turm inklusive Gondel und Rotor) wurde für einen Zeitraum von 1,25 Jahren berücksichtigt.

Der Nachweis der gleitfesten Schraubenverbindungen berücksichtigt 90 % der nominalen Vorspannung der HRC- Schrauben. Dies ist, verglichen mit den Anforderungen der DIN EN 1993-1-8, eine konservative Annahme, die zu einem effektiven Reibbeiwert führt, welcher unterhalb des gemäß DIN EN 1993-1-8 erlaubten Koeffizienten liegt.

Der Haftreibungskoeffizient μ = 0,52 für thermisch gespritztes Aluminium mit Ethylzinksilikat-Versiegelung wird in [1.2.14] experimentell bestätigt.

Beim Nachweis der vertikalen Schraubverbindungen innerhalb einer modularen Sektion wurde auf der Einwirkungsseite ein Lasterhöhungsfaktor von 1,1 angesetzt. Zusätzlich wurde beim Nachweis des Nettoquerschnitts ein Schraubenkraftabminderungsfaktor von 0,88 berücksichtigt.

Die in [1.1.9] dargestellte Kopfflanschgeometrie stimmt mit den Angaben in [1.2.3] überein. Die strukturelle Integrität des Kopfflansches und seiner Schrauben wurde in [1.2.4] nachgewiesen und in [1.2.5] geprüft. Die beim Kopfflanschnachweis angesetzten Maschinenlasten wurden mit den Turmlasten [1.2.1] verglichen.

Die unter 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

Maschinenbauliche Komponenten

5.4.1 Die in der gutachtlichen Stellungnahme [1.2.5] aufgeführten Schnittstellen 5.4.1 bis 5.4.3 wurden berücksichtigt und sind erfüllt.

Einbauten

5.4.2 Für den Ermüdungsnachweis der Turmwand wurden die Kerbfallklassen 100 und 71 entsprechend der Tabelle 5.1 angesetzt. In den folgenden Bereichen dürfen keine Einbauten geschweißt werden:
- Bis zu einer Turmhöhe von 24,158 m ab UK Turm
- Turmoberkante bis 600 mm unterhalb der Kopfflanschoberkante

Kerbfall [MPa]	Turmvariante	Minimal zulässiger Abstand ab UK Turm [m]	Maximal zulässiger Abstand ab UK Turm [m]
100	Basisturm	25,750	102,268
	Turmvariante		
71	Basisturm	102,268	104,668
	Turmvariante		

Tabelle 5.1: Angesetzte Kerbfälle und ihre Grenzabstände

5.4.3 Schweißnähte an Buchsen mit einem Außendurchmesser ≤ 50 mm, wie in [1.2.8] definiert, die für Einbauten verwendet werden sowie die umlaufenden Stumpfnähte der Turmschale wurden mit der Kerbfallklasse 100 geprüft. Die Anwendbarkeit dieser Kerbfallklasse bei einer spezifischen Schweißnahtvorbereitung bzw. -nachbehandlung wurde in [1.2.13] bewertet. Für die Durchführung der Schweißarbeiten sind die Anforderungen der allgemeinen Bauartgenehmigung [1.2.13] einzuhalten.

Fundament

5.4.4 Die Anforderungen an das Fundament sind in [1.1.3] und [1.1.4] spezifiziert. Das in [1.1.3] definierte Kollektiv für ΔMXY deckt die Einwirkung, die sich sowohl aus den in Querrichtung wirkenden als auch aus Querschwingungen resultierenden Lasten zusammensetzt, ab.

5.4.5 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.

5.4.6 Der Nachweis des T-Flansches am Turmfuß basiert auf den Annahmen in [1.1.14] und [1.1.15].

Montage & Inbetriebnahme

5.4.7 Bei der Montage und Inbetriebnahme des Turms sind die Anforderungen der Spezifikation [1.2.12] einzuhalten.

5.4.8 Das Auftreten wirbelerregter Querschwingungen während der Errichtung wurde für die folgenden Zeiträume berücksichtigt:

Turm ohne Gondel und Rotor:	36 Tage
Turm mit Gondel, ohne Rotor:	182 Tage
Turm mit Gondel und Rotor:	456 Tage

Bei dem unten genannten Bauzustand darf die am oberen Turmende gemessene Windgeschwindigkeit einen Wert von 0,8 x v_{crit} nicht überschreiten. Die maximal zulässig Windgeschwindigkeit beträgt somit:

Turm ohne Topsektion:	17,4 m/s

Falls diese Bedingungen nicht erfüllt werden, sind geeignete Maßnahmen zur Sicherung gegen wirbelerregte Querschwingungen zu treffen. Bei Bauzuständen, die oben nicht aufgeführt sind, gibt es keine Einschränkungen.

5.4.9 Die in [1.1.15] definierten Anforderungen an das Vorspannen der Ankerstangen sind einzuhalten.

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

Wiederkehrende Prüfungen / Wartungen

5.4.11 Innerhalb des 1. Halbjahres nach der Montage (jedoch nicht unmittelbar nach Inbetriebnahme) ist die planmäßige Vorspannung der Schrauben in den L-Flanschverbindungen durch Nachspannen sicherzustellen.

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

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

5.4.14 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.

Weiterbetrieb

5.4.15 Ist nach Ablauf der Auslegungslebensdauer ein Weiterbetrieb der Windenergieanlage geplant, so ist hierzu Kapitel 17 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] aufgeführten Auslegungsparameter für die Windzone S zu Grunde liegen.

6.2 Die Auflagen in den gutachtlichen Stellungnahmen (s. [1.2.2], [1.2.5] und [1.2.19]) sind zu beachten. Die gutachtlichen Stellungnahmen sind zur Bauakte zu nehmen.

6.3 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 dem Prüfbescheid zur Typenprüfung errichtet worden ist. Diese Herstellererklärung ist der Bauaufsichtsbehörde vorzulegen und zur Bauakte zu nehmen.

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

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

Stahlteil

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

6.7 Die Spezifikationen [1.2.6] bis [1.2.12] sowie die Spannanweisung [1.1.15] sind zu beachten.

6.8 Die Streckgrenze des für die Flansche verwendeten Materials muss mindestens den in Kapitel 4.3 genannten Werten entsprechen.

6.9 Die in der allgemeinen Bauartgenehmigung [1.2.13] aufgeführten Anforderungen an die Fertigung sind zu erfüllen.

7 Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Schnittstellen und Auflagen erfüllen der hier geprüfte Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 und der zugehörige Ankerkorb die Anforderungen der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [2.1].

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

Die in diesem Prüfbescheid aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sind hinsichtlich der DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015), Kapitel 3, Abschnitt I, vollständig und können für diese Windenergieanlagen verwendet werden.

Alle relevanten Schnittstellen (Maschine/Turm) wurden überprüft.

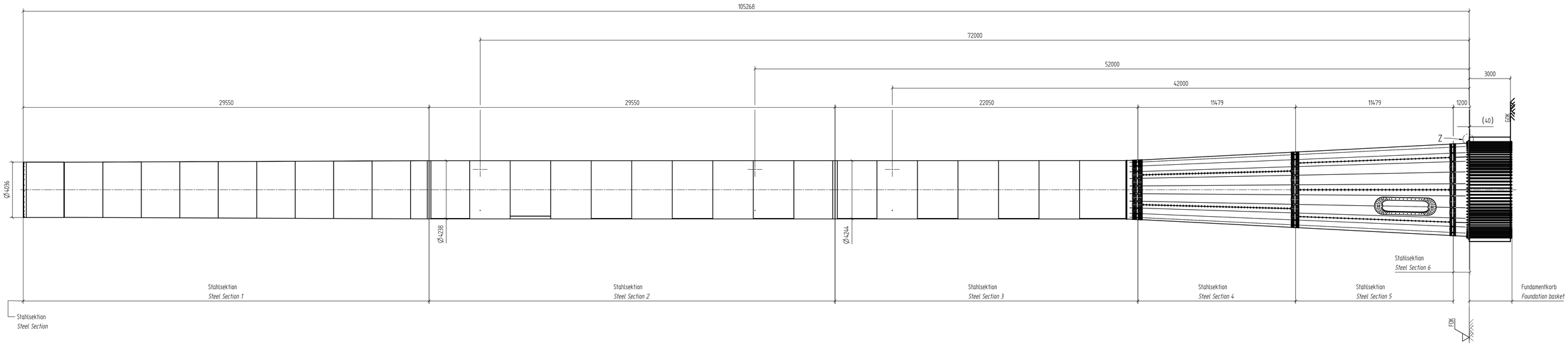
Statisch relevante, konstruktive Änderungen am Turm oder am Ankerkorb sind dem Prüfamt für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH mitzuteilen und einer Bewertung zu unterziehen. Ansonsten verliert dieser Prüfbescheid seine Gültigkeit.

Der Leiter

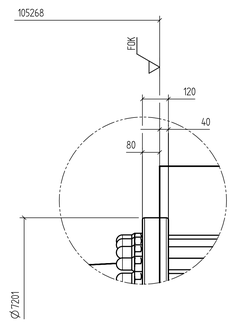
Dipl.-Ing. T. Krause

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

An der Prüfung beteiligt:
M.Sc. E. Grove
B.Eng. / M.Sc. P. Roycroft



Z
(1:10)



Stahlsektion Steel Section	Zeichnungs-Nr. Drawing-No.	Rev.
1	D02433658	2.0
2	D02433923	1.0
3	D02436897	4.0
4	D02435885	1.0
5	D02433793	3.0
6	D02429092	0.0
Fundamentkorb Foundation Basket	D02434516	0.0

Turmhoehe über OK Fundament tower height over TOP foundation	105,268 m
Nabenhoehe über OK Fundament Hub height over TOP foundation	107,244 m
Nabenhoehe über OK Gelaende Hub height over TOP ground	110,244 m

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-1 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

TÜV NORD CERT
GEPRÜFT FÜR REALISTEN ZERTIFIZIERUNGSPROGRAMM

FOK: Fundamentoberkante / *TOP Foundation*
GOK: Geländeoberkante / *TOP ground*

Kanten/edges ISO 13715

Allgemeintoleranz nach / General tolerances acc. to DIN ISO 2768vL
Oberfläche nach / *surface acc. to* DIN EN ISO 1302

This drawing is owned by ENERCON GmbH.
It is copyrighted and at the same time subject to the regulations of § 17 UrhG.
ENERCON GmbH, Alle Rechte vorbehalten.
Diese Zeichnung ist Eigentum der Firma ENERCON GmbH.
Sie ist urheberrechtlich geschützt und unterliegt den Bestimmungen d. Since des § 17 UrhG.ber.

Rev.	Change	Date	Name
6.0	Revision changed	05.04.2022	VN DK
5.0	Revision changed	19.01.2022	DM CI
4.0	Revision changed	04.01.2022	MR CI
3.0	Revision changed	29.11.2021	MR CI
2.0	Revision changed	18.10.2021	DA CI
1.0	Revision changed	01.10.2021	DK CI

ENERCON
ENERGY FOR THE WORLD

Erstellt / Issued	05.04.2022	vnalamati
Geprüft / Checked	11.04.2022	jfelix

Freigabe ist in Teilgebiet pdf, vgl.
2022-04-11 07:21,
WF0001869719

Scale 1:100 | Gewicht ungefähr / Weight approx. 3317359,455 kg

Dokument-Typ / Document Structural drawing
Statikzeichnung

Sprache / Language LC

steeltower
tower summary structural model
Stahlturm

Projekt-Nr. / Project No. 1022015

Zeichnungs-Nr. / Drawing No. D02437752/6.0-de/en

Blatt / Sheet 1/1

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 -

Prüfbescheid zur Typenprüfung

Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01, DIBt Windzone S, Geländekategorie S

- Flachgründung, D=19,80 m -

Prüfbescheid Nr.:	T-7005/22-4 Rev. 0
Gegenstand der Prüfung:	Standsicherheit der Flachgründung für die oben genannte Windenergieanlage gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015)
Anlagenhersteller (Antragsteller):	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland
Dokumentation:	H+P Ingenieure GmbH Kackertstraße 10 52072 Aachen Deutschland ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland
Geltungsdauer bis:	30.11.2027

Dieser Prüfbescheid wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Eine Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Prüfbescheids ist nur nach vorheriger, schriftlicher Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Anlagenherstellers bzw. Antragstellers gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist nicht gestattet. Dieser Prüfbescheid gilt nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung [1.2.1].

Der Prüfbescheid umfasst 10 Seiten und 4 Anlagen, die Bestandteil dieses Prüfbescheides sind.

Revision	Datum	Änderungen
0	18.11.2022	Erstausgabe

Inhaltsverzeichnis

0 Allgemeine Bestimmungen 3
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

0 Allgemeine Bestimmungen

Dieser Prüfbescheid zur Typenprüfung beinhaltet als Ergänzung zum Prüfbescheid [1.2.1] die zweite Flachgründung des Hybrid-Stahlturms E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01.

Es gelten die Allgemeinen Bestimmungen des Prüfbescheids [1.2.1].

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Berechnungen

[1.1.1] H+P Ingenieure GmbH:
„STATISCHE BERECHNUNG FLACHGRÜNDUNG E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Projekt: E21-037 (B500B, B400B)“,
Dokument-Nr.: D02457816, Rev. 1.0, Datum: 15.06.2022

Anlagen zum Prüfbescheid zur Typenprüfung

Zeichnungen

[1.1.2] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Schalplan Ortbetonfundament Flachgründung (Fg) Projekt-Nr.: E21-037 Ff“,
Zeichnungs-Nr.: D02458327, Rev. 0.0, Datum: 09.02.2022

[1.1.3] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Bewehrungsplan 1 Ortbetonfundament Flachgründung (Fg) Projekt-Nr.: E21-037 Ff“,
Zeichnungs-Nr.: D02458328, Rev. 1.0, Datum: 15.06.2022

[1.1.4] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Bewehrungsplan 2 Ortbetonfundament Flachgründung (Fg) Projekt-Nr.: E21-037 Ff“,
Zeichnungs-Nr.: D02458329, Rev. 1.0, Datum: 15.06.2022

Spezifikationen

[1.1.5] ENERCON GmbH:
„Technisches Datenblatt E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Flachgründung WZ S GK II (DIBt-Richtlinie, Fassung Oktober 2012)“,
Dokument-Nr.: D02457817, Rev. 2.0, Datum: 24.06.2022

1.2 Dazugehörige Dokumente

Turm

[1.2.1] TÜV NORD CERT GmbH:
„Prüfbescheid zur Typenprüfung Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, DIBt Windzone S, Geländekategorie S - Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 -“,
Prüfbescheid Nr.: T-7005/22-1 Rev. 0, Datum: 18.11.2022

[1.2.2] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Fundamentlasten“,
Dokument-Nr.: D02378600, Rev. 2.2, Datum: 29.07.2021

[1.2.3] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage Fundamentkorb E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01“,
Dokument-Nr.: D02402550, Rev. 2.1, Datum: 29.07.2021

[1.2.4] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Fundamentkorb“,
Zeichnungs-Nr.: D02434516, Rev. 0.0, Datum: 05.08.2021

[1.2.5] H+P Ingenieure GmbH:
„Spannanweisung Fundamentkorb ENERCON E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Bauteil: Fundamentkorb“,
Dokument-Nr.: D02437082, Rev. 1.1, Datum: 30.05.2022

Spezifikationen

[1.2.6] ENERCON GmbH:
„Hinweise zur Bauausführung Turmtypen: E-XX EX/XX/XX/XX/XX & E-XX EX/XX/XX/XX/XX Für alle Fundamenttypen“,
Dokument-Nr.: D0748193, Rev. 0a, Datum: 12.09.2018

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

Prüfung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08

[1.2.8] ENERCON GmbH:
„Stellungnahme Verwendbarkeit IEC ed.3 anstatt IEC ed.4 für ENERCON WEA“,
Dokument-Nr.: D02759428, Rev. 0.0, Datum: 06.09.2022

[1.2.9] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3 IEC 61400-1 Ed. 3 - Diverse Komponenten -“,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119616205-100 D II Rev. 0, Datum: 14.11.2022

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 + A1:2015-03 + DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 + NA/A1:2015-12: „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“

[2.4] DIN EN 1997-1:2009-09 + 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] DIN EN 1998-1:2010-12 + DIN EN 1998-1/NA:2011-01:
„Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten“

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

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

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

3 Einleitung

Gegenstand dieses Prüfbescheids ist die Typenprüfung einer Flachgründung, 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 Hybrid-Stahlturms E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01, welcher in [1.2.1] geprüft wurde.

Das Kreisfundament weist einen Außendurchmesser von 19,80 m auf.

Unterhalb des Sockels befindet sich eine 50 cm dicke Fundamentvertiefung. Die Gesamthöhe des Sockels inkl. der Vertiefung beträgt 3,40 m. Die Fundamentsohle, bzw. die Oberkante der Fundamentvertiefung, liegt wegen der Sauberkeitsschicht 10 cm über der Oberkante des umgebenden Geländes.

Der Turm ist über einen Ankerkorb mit dem Fundament verbunden.

Weitere Details können dem Schalplan [1.1.2] und dem Fundamentdatenblatt [1.1.5] (siehe Abschnitt 1.1) entnommen werden.

Die folgende Anlagenkonfiguration wurde bei der Prüfung des Fundaments berücksichtigt:

Nr.	WEA Bezeichnung	Nabenhöhe	Max. Nennleistung	Rotorblatt	Windzone (DIBt 2012)	Geländekategorie	Fundamentnachweise
1	E-138 EP3 E3	110,396 m	4260 kW	E-138 EP3-RB-02	WZ S	GK S	[1.1.1]

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 worden:

Nr.	WEA Bezeichnung	Nabenhöhe	Max. Nennleistung	Rotorblatt	Windzone (DIBt 2012)	Geländekategorie	spezifiziert in	geprüft in
1	E-138 EP3 E3	110,396 m	4260 kW	E-138 EP3-RB-02	WZ S	GK S	[1.2.2]	[1.2.1]

Tabelle 4.2: Lastannahmen

Die Auslegungslebensdauer beträgt 25 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden berücksichtigt (s. [1.2.1]).

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

Verkehrslasten im Bereich der Erdaufschüttung auf der Fundamentplatte wurden nicht berücksichtigt.

Das Fundament wurde mit und ohne Belastung aus Auftrieb berechnet. In der statischen Berechnung wurde angenommen, dass der maximale Wasserstand aus Schichten- und Oberflächenwasser oder Grundwasser 3,00 m unter der Oberkante des Fundamentsockels und somit auf Höhe des umgebenden Geländes liegt.

Die Werte der Vorspannung wurden [1.2.3] bis [1.2.5] entnommen und in [1.2.1] geprüft.

4.3 Baustoffe

In diesem Abschnitt werden die Hauptbaustoffe und -produkte der tragenden Bauteile aufgeführt. Weitere Details können den geprüften Anlagen (siehe Abschnitt 1.1) bzw. der Spezifikation [1.2.7] entnommen werden.

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 der eingereichten statischen Berechnung geführt und durch Vergleichsrechnung geprüft.

Die Windenergieanlage, der Turm und die Fundamente und wurden zunächst mit Einwirkungen nach DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12 ausgelegt und geprüft. Gemäß der gutachtlichen Stellungnahme [1.2.9] kann für die dort unter 1.2 aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die dazugehörige Prüfung von Turm und Gründung die Erfüllung der technischen Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.2] ebenfalls bestätigt werden.

Die Prüfung umfasst das Fundament sowie die Beton- und Bewehrungsnachweise im Bereich der Lasteinleitung.

Der Turm, die Stahlbauteile des Ankerkorbs und die geotechnischen Nachweise sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Der Hybrid-Stahlturm und die Stahlbauteile des Ankerkorbs wurden in [1.2.1] geprüft.

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 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 Prüfbescheid [1.2.1] spezifizierten Anforderungen erfüllt.

5.4.2 Es wurde geprüft, ob die für die Beton- und Bewehrungsnachweise im Lasteinleitungsbereich angesetzten Geometrien mit den in [1.2.4] dargestellten Ankerkorb-Geometrien übereinstimmen.

Geotechnische Nachweise

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

5.4.4 Der Baugrund muss die in [1.1.5] spezifizierten Anforderungen erfüllen.

Montage & Inbetriebnahme

5.4.5 Hinsichtlich der Vorspannung der Ankerbolzen gelten die Anforderungen des Prüfbescheids [1.2.1].

5.4.6 Zusätzlich zum Endzustand wurde der Montagezustand des Turms (Lastfall-Gruppe DLC 8.1/8.2/8.3) mit Gondel und Rotor vor der Aufbringung der verdichteten Bodenaufschüttung nachgewiesen (s. [1.1.2]).Wiederkehrende Prüfungen / Wartungen

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

Weiterbetrieb

5.4.9 Ist nach Ablauf der Auslegungslebensdauer ein Weiterbetrieb der Windenergieanlage geplant, so ist hierzu Kapitel 17 der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

6 Auflagen

Allgemeines

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

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

Fundament

6.3 Bei der Herstellung und Ausführung des Fundaments sind die Bestimmungen der DIN EN 13670, der DIN 1045-3 und der Spezifikation [1.2.6] zu beachten. Für den Beton sind Eignungs- und Güteprüfungen gemäß DIN 1045-2 in Verbindung mit DIN EN 206-1 durchzuführen.

6.4 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.

Anforderungen an den Baugrund

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

7 Zusammenfassung

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

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

Alle relevanten Schnittstellen (Turm/Fundament) wurden überprüft.

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

Dieser Prüfbescheid gilt nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung [1.2.1].

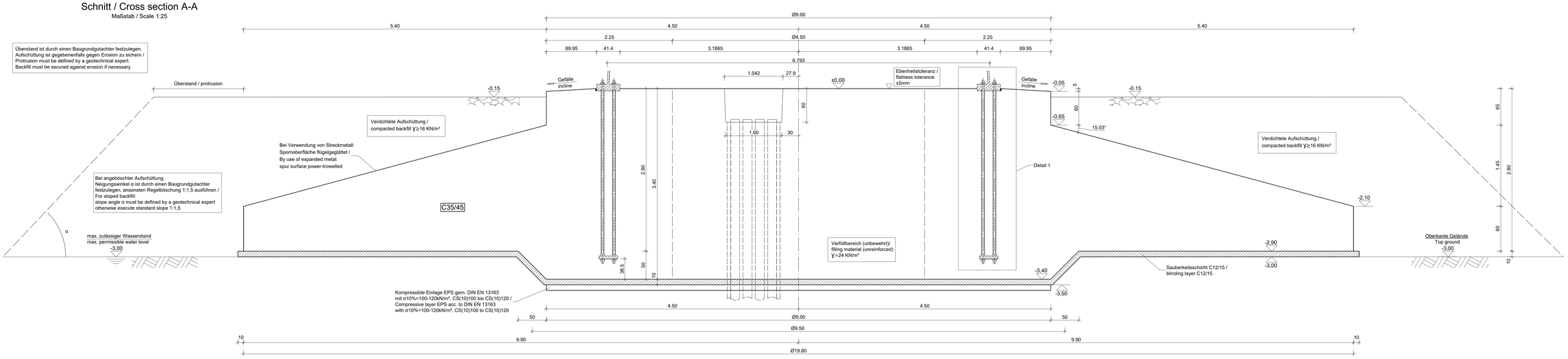
Der Leiter

Dipl.-Ing. T. Krause

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

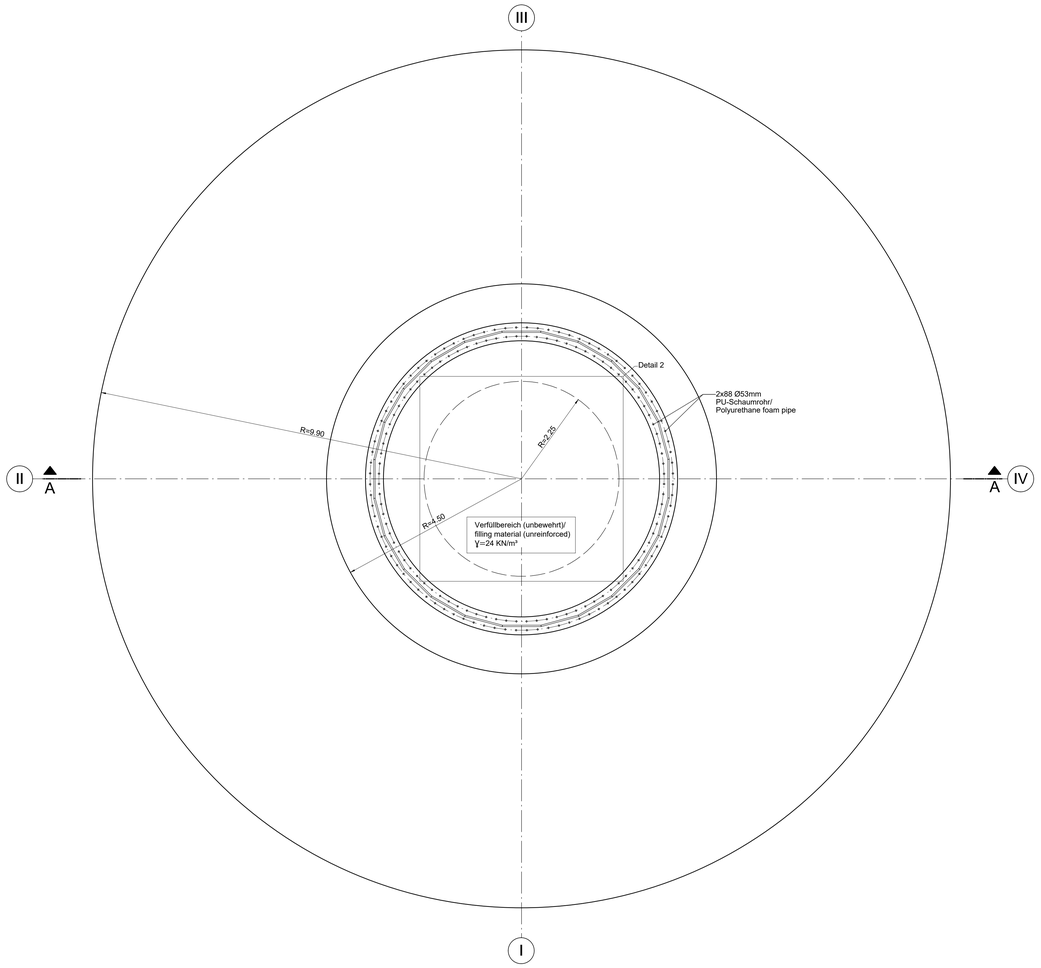
Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25



Draufsicht Fundament / Top view foundation

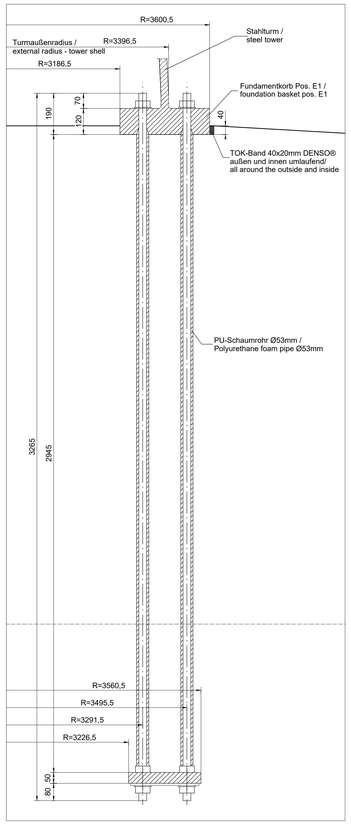
Maßstab / Scale 1:50



Detail 1

Maßstab / Scale 1:10

Angaben in [mm]



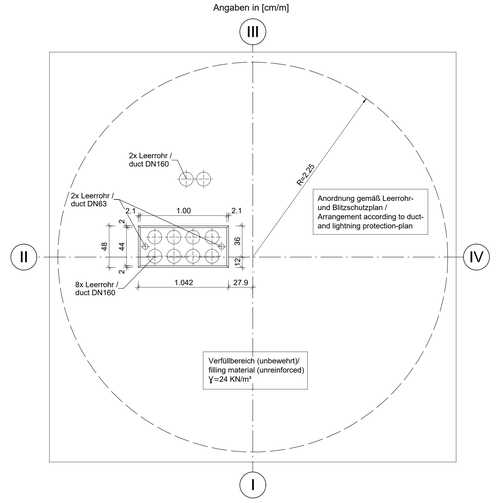
Der Beton unterhalb des T-Flansches ist nur von einer Seite einzufüllen und zu verdichten, um Fehlstellen und Lufteinschlüsse unterhalb des T-Flansches zu verhindern. In der Fuge T-Flansch zu Fundamentbeton ist ein vollflächiger und kraftschlüssiger Kontakt herzustellen. Die Betonoberfläche ist außen 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.

Detail 2

Maßstab / Scale 1:25

Angaben in [cm/m]



ACHTUNG:
Bei Ausführung des Fundamentes gemäß des vorliegenden Schalplans, einschließlich der zugehörigen Bewehrungspläne, sind Betonierfugen im Fundament nicht zulässig. Falls eine 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 construction joints are permitted inside the foundation. If an 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 280 kN/m² betragen.
- Zwischen Baugrund und Unterbeton (Sauberkeitsschicht) muss ein Reibungswinkel von mindestens 20° vorhanden sein.
- Die Baugrundanforderungen sind von einem ortskundigen Baugrundgutachter standortbezogen zu bestätigen.
- Der maximale Grundwasserspiegel liegt auf Höhe der Geländeoberkante.

Soil requirements:
- The permissible characteristic soil pressure has be at least 280 kN/m².
- In between subsoil and subconcrete (subbase) has to be a friction angle of at least 20°.
- The requirements of the subsoil are to be verified by a geotechnical expert on every location.
- 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.
- Bemessungsgrundlage: DIN EN 1992-1-1/ NA Deutschland.
- 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 Oberkante des Geländes muss 3,00m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- 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.
- Das zyklische Erstbelastungsalter des Fundamentbetons muss mindestens 28 Tage betragen. Ggf. erhöhte Anforderungen gemäß Turm- bzw. Fundamentbaustatik sind zu beachten.
- 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 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 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 fct,eff = 0,7*fctm für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.
- In Bereichen mit geringen Stababständen ist ein Rüttler mit kleinem Durchmesser (ca. 35-65mm) zu verwenden.

General:
- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Design basis: DIN EN 1992-1-1/NA Germany.
- Between subsoil and base a blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (blinding course) according to specifications ENERCON.
- The top ground surface must be 3,00m below the top of the foundation.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- 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.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be at least 28 days. If necessary, increased requirements according to tower or foundation basket structural analysis must be observed.
- 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 construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- 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 fct,eff=0,7*fctm 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.
- In areas with small bar spacing, use a small diameter concrete vibrator (approx. 35-65mm).

Einbauteile / Cast-in Elements

Pos	Stück / Quantity	Bezeichnung / Description	Hersteller / Manufacturer
E1	1	Fundamentkorb / foundation basket	nach Angabe ENERCON acc. to ENERCON (ZNr.: D02402550)

Verdichtete Aufschüttung / Compacted backfill:
Die statisch erforderliche dauerhafte Aufschüttung ist zum frühestmöglichen Zeitpunkt auf das Fundament aufzubringen und mit geeigneten Verfahren zu verdichten, um die angegebene Mindest-Bodenwichte im erdfeuchten Zustand zu erreichen. Nach Beendigung des Turmaufbaus, spätestens jedoch nach vollendeter Montage der Windenergieanlage, muss die verdichtete Aufschüttung auf dem Fundament vorhanden sein. Mit dem Aufbringen der Aufschüttung darf nicht bis zur Inbetriebnahme der Windenergieanlage gewartet werden. Bei prognostizierten extremen Windbedingungen ≥ 21 m/s (Beaufort 8) sind vorzeitig entsprechende Maßnahmen zu treffen.

The permanent backfill required for structural reasons must be applied to the foundation at the earliest possible time, and must be compacted by appropriate methods to attain the specified minimum soil unit weight in earth-moist condition. After finishing the tower erection, but at the latest after the completed installation of the wind turbine, the compacted backfill must be available on the foundation. It is not permitted to apply the compacted backfill just before putting the wind turbine into operation. If extreme wind conditions ≥ 21 m/s (Beaufort 8) are predicted, appropriate measures must be taken in advance.

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

Schalplan Nr. / shuttering drawing no:	D02458327
Bewehrungszeichnung Nr. (B500B) / Reinforcement drawing no. (B500B):	D02458328, D02458329
Bewehrungszeichnung Nr. (B400B) / Reinforcement drawing no. (B400B):	D02458331, D02458332
separate Stabstahlliste B500B / separate steel bar list B500B	D02458330
separate Stabstahlliste B400B / separate steel bar list B400B	D02458333
Spezifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E21-037 (B500B; B400B); D02457816

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

IHP Ingenieure GmbH (Hegger + Partner)
Kackertstraße 10
52072 Aachen

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

Prüfstempel / Certification Stamp

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-4 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

GEPRÜFT FÜR DEUTSCHLAND
TÜV NORD CERT
ZERTIFIZIERUNGSSTELLE WINDENERGIEANLAGEN

Turmtyp / Tower type:
E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / content:
Schalplan Ortbetonfundament
Shuttering drawing cast-in-place-foundation

Flachgründung (Fg) / Flat foundation (Ff)

Gezeichnet / Prepared:	Geprüft /Reviewed:	Freigegeben /Approved:
09.02.2022 VV	09.02.2022 PB	09.02.2022 CG

Maßstab / scale:	Plan-Nr. / plan no.:	Blattgröße/Scheet size:	Projekt-Nr. / project number:
wie angezeigt / as shown	D02458327/0.0	DIN A0	E21-037 Ff

Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25

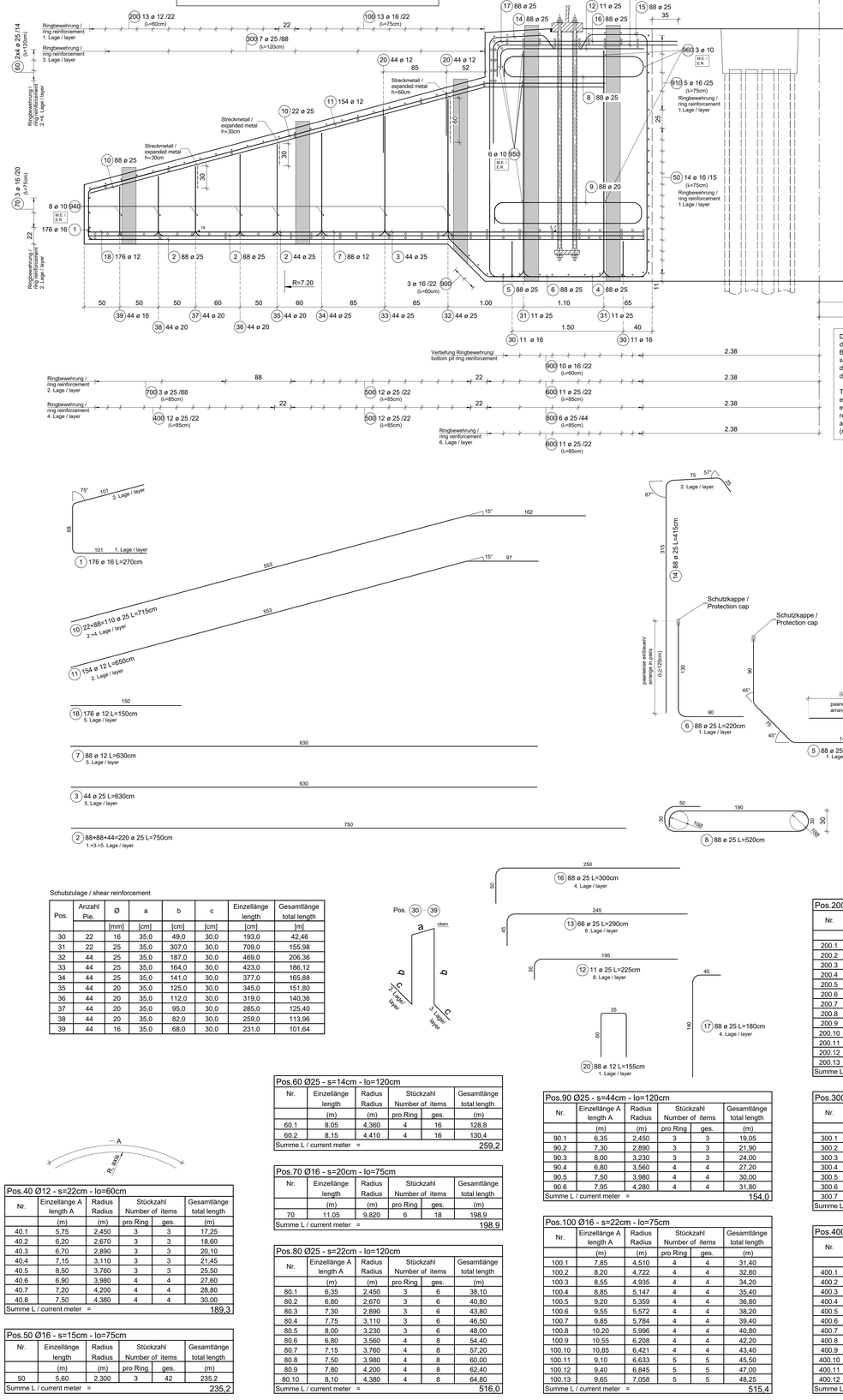
Legende/ legend:

- Exemplarische Betonieröffnungen/ exemplary concrete openings

Die Bewehrung im Bereich der Betonieröffnung ist ggfs. örtlich zu versetzen; Betonieröffnungen sind gemäß Vorgabe ENERCON umbauen und aufgrund der standortspezifischen Randbedingungen durch den Bauleiter festzulegen./

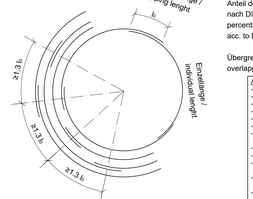
The reinforcement in the areas of the concreting opening has to be relocated if necessary; Concreting openings have to be provided circumferential in accordance with ENERCON specifications and determined by the site manager on the basis of the site-specific boundary conditions.

- umlaufendes Streckmetall (Details s. separates Textfeld)/ circumferential expanded metal (details see separted text)
- Leerrohrführung nach Vorgabe ENERCON (s. separater Plan)/ ducts acc. presettings ENERCON (s. separate drawing)



Ring- und Radialbewehrung: In getrennten horizontalen Lagen sind die Stäbe jeder einzelnen Lage vertikal übereinander anzuordnen.
Dies betrifft auch die Ausrichtung der unteren und oberen Hauptbewehrung sowie die Bewehrung der Verankerung zueinander zur Sicherstellung der Betonier - und Verdichtbarkeit. /

Ring and radial reinforcement: In different horizontal layers, the bars of each layer have to be arranged vertically above each other.
This also concerns the alignment of the bottom and top main reinforcement as well as the reinforcement of the bottom pit to each other to ensure concreting and compactability.



Stöße sind umlaufend örtlich zu versetzen >1.3 lü/ change arrangements circumferentially > 1.3 lü

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 (lü) siehe Positionstabelle / overlappings length (lü) see table position

Rippenstreckmetall / ribbed expanded metal 035 oder gleichwertiges Material / or equivalent material:	
Leistungserklärung / declaration of performance:	Catnic GmbH: 035 P935
Materialstärke / material thickness:	0.25 - 0.30 mm
Werkstoff / material:	verzinktes Stahlblech / galvanized steel sheet
Tafelgröße / board size:	2500 x 600 mm

Alternativ oder gleichwertig / alternative or equivalent:	
Leistungserklärung / declaration of performance:	recostal Streckmetalltafel / Expanded metal board
Materialstärke / material thickness:	0.7 - 1.5 mm
Werkstoff / material:	Feinmaschiges gewalztes Steckmetall / Fine-mesh rolled expanded metal
Tafelgröße / board size:	2250 x 1500 mm

Der Fundamentkörper ist zwischen den Streckmetalltafeln in Abschnitten mit maximal 20 cm Höhe gleichmäßig zu betonieren. Nur so ist gewährleistet, dass keine vertikale Fuge durch das Streckmetall entsteht. /

The foundation body is to be concreted evenly between the ribbed expanded metal rows in sections with a maximum height of 20 cm. This is the only way to ensure that no vertical joint is crated by the ribbed expanded metal.


(Catnic GmbH: 035 P935)


(contec GmbH: recostal)

Detail
Schutzkappe / protection cap

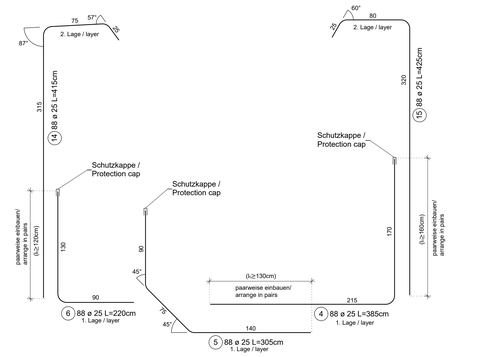


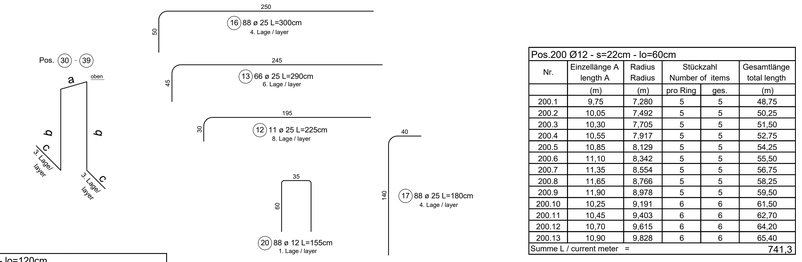
Schutzkappe temporär auf die Enden aller aufrecht stehenden Betonstabstähle aufstecken.
Vor dem Betonieren sind alle Schutzkappen wieder zu entfernen. /
A safety cap must be set temporarily onto the endings of all upright steel bars.
Before pouring the concrete, all protection caps must be removed.

Stahlliste / Steel schedule

Pos.	Anzahl/ Number gesamt/ total	Ø	Länge/ Lenght (m)	Gesamtlänge/ Subtotal length (m)				
				B500B				
				Ø10	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25
1	176	16	2.70			475.20		
2	220	25	7.50					1650.00
3	44	25	6.30					277.20
4	88	25	3.85					338.80
5	88	25	3.05					268.40
6	88	25	2.20					193.60
7	88	12	6.30		554.40			
8	88	25	5.20					457.60
9	88	20	5.40				475.20	
10	110	25	7.15					786.50
11	154	12	6.50		1001.00			
12	11	25	2.25					24.75
13	66	25	2.90					191.40
14	88	25	4.15					365.20
15	88	25	4.25					374.00
16	88	25	3.00					264.00
17	88	25	1.80					158.40
18	176	12	1.50		264.00			
20	88	12	1.55		136.40			
30	22	16	1.93			42.46		
31	22	25	7.09					155.98
32	44	25	4.69					206.36
33	44	25	4.23					186.12
34	44	25	3.77					165.88
35	44	20	3.45				151.80	
36	44	20	3.19				140.36	
37	44	20	2.85				125.40	
38	44	20	2.59				113.96	
39	44	16	2.31			101.64		
40	8	12	lfdM		189.30			
50	14	16	lfdM			235.20		
60	8	25	lfdM					259.20
70	3	16	lfdM			198.90		
80	20	25	lfdM					516.00
90	6	25	lfdM					154.00
100	13	16	lfdM			515.40		
200	13	12	lfdM		741.30			
300	7	25	lfdM					353.50
400	12	25	lfdM					702.60
500	24	25	lfdM					981.80
600	22	25	lfdM					529.00
700	3	25	lfdM					183.20
800	6	25	lfdM					145.50
900	13	16	lfdM			320.20		
910	5	16	lfdM			84.00		
940	8	10	lfdM	395.60				
950	6	10	lfdM	169.40				
960	3	10	lfdM	57.50				
Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m)				622.50	2886.40	1973.00	1006.72	9888.99
Gewicht/ Mass (kg/m)				0.617	0.888	1.580	2.470	3.850
Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg)				384.08	2563.12	3117.34	2486.60	38072.61
Total (kg)				46623.75				

M.B./ E.R. Montagebewehrung / erection reinforcement





Schubzulage / shear reinforcement

Pos.	Anzahl Pie.	Ø	a	b	c	Einzellänge length	Gesamtlänge total length
		[mm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[m]
30	22	16	35,0	49,0	30,0	193,0	42,46
31	22	25	35,0	307,0	30,0	709,0	155,98
32	44	25	35,0	187,0	30,0	469,0	206,36
33	44	25	35,0	164,0	30,0	423,0	186,12
34	44	25	35,0	141,0	30,0	377,0	165,88
35	44	20	35,0	125,0	30,0	345,0	151,80
36	44	20	35,0	112,0	30,0	319,0	140,36
37	44	20	35,0	95,0	30,0	285,0	125,40
38	44	20	35,0	82,0	30,0	259,0	113,96
39	44	16	35,0	68,0	30,0	231,0	101,64

Pos.500 Ø25 - s=22cm - lo=85cm						
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
500.1	8,25	4,700	4	8	66,00
500.2	8,65	4,940	4	8	69,20
500.3	8,95	5,140	4	8	71,60
500.4	9,30	5,360	4	8	74,40
500.5	9,65	5,580	4	8	77,20
500.6	10,00	5,800	4	8	80,00
500.7	10,35	6,020	4	8	82,80
500.8	10,70	6,240	4	8	85,60
500.9	9,00	6,460	5	10	90,00
500.10	9,25	6,680	5	10	92,50
500.11	9,45	6,840	5	10	94,50
500.12	9,80	7,120	5	10	98,00
Summe L / current meter =					981,8

Pos.600 Ø25 - s=22cm - lo=85cm					
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
600.1	5,85	2,380	3	6	35,10
600.2	6,15	2,510	3	6	36,90
600.3	6,45	2,660	3	6	38,70
600.4	7,05	2,950	3	6	42,30
600.5	7,35	3,100	3	6	44,10
600.6	7,65	3,230	3	6	45,90
600.7	8,40	3,590	3	6	50,40
600.8	6,80	3,760	4	8	54,40
600.9	7,20	4,030	4	8	57,60
600.10	7,55	4,250	4	8	60,40
600.11	7,90	4,470	4	8	63,20
Summe L / current meter =					529,0

Pos.700 Ø25 - s=88cm - lo=85cm					
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
700.1	10,95	8,000	5	5	54,75
700.2	10,15	8,880	6	6	60,90
700.3	9,65	9,760	7	7	67,55
Summe L / current meter =					183,2

Pos.800 Ø25 - s=44cm - lo=85cm					
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
800.1	5,85	2,380	3	3	17,55
800.2	6,45	2,660	3	3	19,35
800.3	7,65	3,230	3	3	22,95
800.4	8,40	3,590	3	3	25,20
800.5	7,20	4,030	4	4	28,80
800.6	7,90	4,470	4	4	31,60
Summe L / current meter =					145,5

Pos.900 Ø16 - s=22cm - lo=60cm					
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
900.1	5,60	2,380	3	3	16,80
900.2	5,90	2,510	3	3	17,70
900.3	6,20	2,660	3	3	18,60
900.4	6,80	2,950	3	3	20,40
900.5	7,25	3,160	3	3	21,75
900.6	7,70	3,380	3	3	23,10
900.7	8,15	3,590	3	3	24,45
900.8	6,55	3,760	4	4	26,20
900.9	6,95	4,030	4	4	27,80
900.10	7,30	4,250	4	4	29,20
900.11	7,65	4,470	4	4	30,60
900.12	7,85	4,590	4	4	31,40
900.13	8,05	4,720	4	4	32,20
Summe L / current meter =					320,2

Pos.910 Ø16 - s=25cm - lo=75cm					
Nr.	Einzellänge length	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
910	5,60	2,300	3	15	84,0
Summe L / current meter =					84,0

Pos.940 Ø10 - lo=60cm - Montage					
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
940.1	8,45	4,980	4	4	33,80
940.2	9,80	5,830	4	4	39,20
940.3	11,10	6,680	4	4	44,40
940.4	9,75	7,280	5	5	48,75
940.5	10,40	7,780	5	5	52,00
940.6	11,15	8,380	5	5	55,75
940.7	11,80	8,880	5	5	59,00
940.8	10,45	9,380	6	6	62,70
Summe L / current meter =					395,6

Pos.950 Ø10 - lo=60cm - Montage					
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
950.1	6,90	4,000	4	16	110,40
950.2	7,35	4,270	4	4	29,40
950.3	7,40	4,320	4	4	29,60
Summe L / current meter =					169,4

Pos.960 Ø10 - lo=60cm - Montage					
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
960.1	5,85	2,500	3	3	17,55
960.2	6,65	2,880	3	6	39,90
Summe L / current meter =					57,5

Pos.40 Ø12 - s=22cm - lo=60cm					
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
40.1	5,75	2,450	3	3	17,25
40.2	6,20	2,670	3	3	18,60
40.3	6,70	2,890	3	3	20,10
40.4	7,15	3,110	3	3	21,45
40.5	8,50	3,760	3	3	25,50
40.6	6,90	3,980	4	4	27,60
40.7	7,20	4,200	4	4	28,80
40.8	7,50	4,380	4	4	30,00
Summe L / current meter =					189,3

Pos.50 Ø16 - s=15cm - lo=75cm					
Nr.	Einzellänge length	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
50	5,60	2,300	3	42	235,2
Summe L / current meter =					235,2

Pos.60 Ø25 - s=14cm - lo=120cm					
Nr.	Einzellänge length	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
60.1	8,05	4,360	4	16	128,8
60.2	8,15	4,410	4	16	130,4
Summe L / current meter =					259,2

Pos.70 Ø16 - s=20cm - lo=75cm					
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
70	11,05	9,820	6	18	198,9
Summe L / current meter =					198,9

Pos.80 Ø25 - s=22cm - lo=120cm					
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
80.1	6,35	2,450	3	6	38,10
80.2	6,80	2,670	3	6	40,80
80.3	7,30	2,890	3	6	43,80
80.4	7,75	3,110	3	6	46,50
80.5	8,00	3,230	3	6	48,00
80.6	6,80	3,560	4	8	54,40
80.7	7,15	3,760	4	8	57,20
80.8	7,50	3,980	4	8	60,00
80.9	7,80	4,200	4	8	62,40
80.10	8,10	4,380	4	8	64,80
Summe L / current meter =					516,0

Pos.90 Ø25 - s=44cm - lo=120cm					
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
90.1	6,35	2,450	3	3	19,05
90.2	7,30	2,890	3	3	21,90
90.3	8,00	3,230	3	3	24,00
90.4	6,80	3,560	4	4	27,20
90.5	7,50	3,980	4	4	30,00
90.6	7,95	4,280	4	4	31,80
Summe L / current meter =					154,0

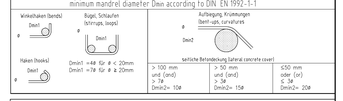
Pos.100 Ø16 - s=22cm - lo=75cm					
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
100.1	7,85	4,510	4	4	31,40
100.2	8,20	4,722	4	4	32,80
100.3	8,55	4,935	4	4	34,20
100.4	8,85	5,147	4	4	35,40
100.5	9,20	5,359	4	4	36,80
100.6	9,55	5,572	4	4	38,20
100.7	9,85	5,784	4	4	39,40
100.8	10,20	5,996	4	4	40,80
100.9	10,55	6,208	4	4	42,20
100.10	10,85	6,421	4	4	43,40
100.11	9,10	6,633	5	5	45,50
100.12	9,40	6,845	5	5	47,00
100.13	9,65	7,058	5	5	48,25
Summe L / current meter =					515,4

Pos.200 Ø12 - s=22cm - lo=60cm					
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
200.1	9,75	7,280	5	5	48,75
200.2	10,05	7,492	5	5	50,25
200.3	10,30	7,705	5	5	51,50
200.4	10,55	7,917	5	5	52,75
200.5	10,85	8,129	5	5	54,25
200.6	11,10	8,342	5	5	55,50
200.7	11,35	8,554	5	5	56,75
200.8	11,65	8,766	5	5	58,25
200.9	11,90	8,978	5	5	59,50
200.10	10,25	9,191	6	6	61,50
200.11	10,45	9,403	6	6	62,70
200.12	10,70	9,615	6	6	64,20
200.13	10,90	9,828	6	6	65,40
Summe L / current meter =					741,3

Pos.300 Ø25 - s=88cm - lo=120cm					
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
300.1	8,30	4,510	4	4	33,20
300.2	9,65	5,360	4	4	38,60
300.3	9,05	6,210	5	5	45,25
300.4	10,10	7,060	5	5	50,50
300.5	11,15	7,910	5	5	55,75
300.6	10,40	8,760	6	6	62,40
300.7	11,30	9,610	6	6	67,80
Summe L / current meter =					353,5

Pos.400 Ø25 - s=22cm - lo=85cm					
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
400.1	10,10	7,340	5	5	50,50
400.2	10,40	7,560	5	5	52,00
400.3	10,65	7,780	5	5	53,25
400.4	10,95	8,000	5	5	54,75
400.5	11,20	8,220	5	5	56,00
400.6	11,50	8,440	5	5	57,50
400.7	11,75	8,660	5	5	58,75
400.8	10,15	8,880	6	6	60,90
400.9	10,40	9,100	6	6	62,40
400.10	10,75	9,410	6	6	64,50
400.11	10,90	9,580	6	6	65,40
400.12	11,10	9,750	6	6	66,60
Summe L / current meter =					702,6

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

Kreisfundament / circle foundation					
Bauteil / element	Beton / concrete	Betonstahlsorte / reinforcement steel	Überwachungsklasse / monitoring class	Feuchtigkeitsklasse / humidity class	Betonmenge / concrete quantity (m³)
Fundament / Foundation	C35/45	B 500B	ÜK2	WF	569.11
Expositionsklasse / exposure class	außen / external XC4,XF1,XA1		innen / internal XC3		----

Betondeckung / concrete cover			
Vorhaltemaß / allowance	Δ cdev		15 mm
Mindestwert Verlegemaß der 1. Bewehrungslage / nominal dimension of concrete cover for the 1. reinforcement layer	cmin	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 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)
Konsistenzklasse im Bereich der Sohlverstiefung und des unteren Ankerrings/ Consistency class in the area of the bottom pit and the lower anchor ring	F4 / S4
Konsistenzklasse im übrigen Fundament/ Consistency class in the rest of the foundation	F3 / S3
Es ist langsam erhärtender Beton zu verwenden/ Slow hardening concrete is to be used	nt0.3

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

Sauberkeitsschicht / blinding layer					
Bauteil / element	Beton / concrete	Betonstahlsorte / reinforcement steel	Überwachungsklasse / monitoring class	Feuchtigkeitsklasse / humidity class	Betonmenge / concrete quantity (m³)
	C12/15	----	----	----	31.92
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.	D02458327
Bewehrungszeichnung Nr. B500B / Reinforcement drawing no. (B500B)	D02458328, D02458329
Bewehrungszeichnung Nr. B400B / Reinforcement drawing no. (B400B)	D02458331, D02458332
separate Stabstahlliste B500B / separate steel bar list B500B	D02458330
separate Stabstahlliste B400B / separate steel bar list B400B	D02458333
Specifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E21-037 (B500B; B400B); D02457816

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Ing. Ingenieure GmbH (Hegger + Partner)
Kackertstraße 15
52072 Aachen

Index/ Index	Änderungen/ Changes	Datum/ Date	Ges. / Prep.	Gepr. / Rev.
/1.0	Einarbeitung Anmerkungen TÜV Nord	15.06.2022	VV	PB

Prüfstempel / Certification Stamp

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung Nr.: T-7005/22.4 Rev. 0 vom 18. Nov. 2022

TÜV NORD CERT

Turmtyp / Tower type:
E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / content:
Bewehrungsplan 1 Ortbetonfundament /
Reinforcement drawing 1 cast-in-place-foundation

Flächgründung (Fg) / Flat foundation (Ff):

Gezeichnet / Prepared:	Geprüft /Reviewed:	Freigegeben /Approved:
09.02.2022 VV	09.02.2022 PB	09.02.2022 CG

Maßstab / scale:	Plan-Nr. / plan no.:	Blattgröße/Schext size:	Projekt-Nr. / project number:
wie angezeigt / as shown	D02458328/1.0	DIN A0	E21-037 Ff

Draufsicht Fundament / Top view foundation

Maßstab / Scale 1:25

III

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

Ring- und Radialbewehrung: In getrennten horizontalen Lagen sind die Stäbe jeder einzelnen Lage vertikal übereinander anzuordnen.
Dies betrifft auch die Ausrichtung der unteren und oberen Hauptbewehrung sowie die Bewehrung der Vertiefung zueinander zur Sicherstellung der Betonier - und Verdichtbarkeit. /

Ring and radial reinforcement: In different horizontal layers, the bars of each layer have to be arranged vertically above each other.
This also concerns the alignment of the bottom and top main reinforcement as well as the reinforcement of the bottom pit to each other to ensure concreting and compactability.

Übergreifungslänge / overlapping lenght l_0

Einzelstäbe individuell / single bars individually

$\geq 1.3\, l_0$

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

Untere Bewehrung / Bottom reinforcement

Obere Bewehrung / Top reinforcement

Exemplarische Betonieröffnungen/ exemplary concrete openings:

Die Bewehrung im Bereich der Betonieröffnung ist ggfs. örtlich zu versetzen;
Betonieröffnungen sind gemäß Vorgabe ENERCON umlaufend vorzusehen und aufgrund der standortspezifischen Randbedingungen durch den Bauleiter festzulegen./

The reinforcement in the areas of the concreting opening has to be relocated if necessary;
Concreting openings have to be provided circumferential in accordance with ENERCON specifications and determined by the site manager on the basis of the site-specific boundary conditions.

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

Radialbewehrung im Bereich der Leerrohre örtlich einkürzen / Radial reinforcement is to be cut locally in the vicinity of the pipes

Verfüllbereich (unbewehrt)/ filling material (unreinforced) γ=24 KN/m³

Pos. 8,9,12,13,16 sind im gleichen Raster übereinander anzuordnen. / Pos. 8,9,12,13,16 have to be arranged in the same catch above each other.

Obere Bewehrung Sockel / Top reinforcement plinth

Schubbewehrung und Montagebewehrung / Shear reinforcement and erection reinforcement

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

Allgemeines:
- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Bemessungsgrundlage: DIN EN 1992-1-1/ NA Deutschland.
- 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 Oberkante des Geländes muss 3,00m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- 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.
- Das zyklische Erstbelastungsalter des Fundamentbetons muss mindestens 28 Tage betragen.
  Ggf. erhöhte Anforderungen gemäß Turm- bzw. Fundamentkorbstatik sind zu beachten.
- 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 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 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 fct,eff = 0,7*fctm für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.
- In Bereichen mit geringen Stababständen ist ein Rüttler mit kleinem Durchmesser (ca. 35-65mm) zu verwenden.

General:
- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Design basis: DIN EN 1992-1-1/NA Germany.
- Between subsoil and base a blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (blinding course) according to specifications ENERCON.
- The top ground surface must be 3.00m below the top of the foundation.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- 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.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be at least 28 days. If necessary, increased requirements according to tower or foundation basket structural analysis must be observed.
- 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 construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- 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 fct,eff=0.7*fctm 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.
- In areas with small bar spacing, use a small diameter concrete vibrator (approx. 35-65mm).

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

Krikehaken (bends)	Bügel, Schlaufen (stirrups, loops)	Aufbiegung, Krümmungen (bent-ups, curvatures)
Dm≥4	Dm≥4	Dm≥4
Haken (hooks)	Dm≥1 =4Ø für Ø < 20mm; Dm≥1 =7Ø für Ø ≥ 20mm	

seitliche Betonüberdeckung (lateral concrete cover)

> 100 mm und (and) > 3Ø	> 50 mm und (and) ≤ 3Ø	≤50 mm oder (or) ≤ 3Ø
Dm≥2= 10Ø	Dm≥2= 15Ø	Dm≥2= 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

Kreisfundament / circle foundation

Bauteil / element	Beton / concrete	Betonstahlsorte / reinforcement steel	Überwachungsklasse / monitoring class	Feuchtigkeitsklasse / humidity class	Betonmenge / concrete quantity (m³)
Fundament / Foundation	C35/45	B 500B	ÜK2	WF	569.11

Expositionsklasse / exposure class	außen / external	innen / internal	----
	XC4,XF1,XA1	XC3	

Betondeckung / concrete cover

Vorhaltemaß / allowance	Δ cdev		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

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 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 im Bereich der Sohlvertiefung und des unteren Ankerrings/ Consistency class in the area of the bottom pit and the lower anchor ring	F4 / S4
Konsistenzklasse im übrigen Fundament/ Consistency class in the rest of the foundation	F3 / S3
Es ist langsam erhärtender Beton zu verwenden/ Slow hardening concrete is to be used	rs0.3

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

Sauberkeitsschicht / blinding layer

Bauteil / element	Beton / concrete	Betonstahlsorte / reinforcement steel	Überwachungsklasse / monitoring class	Feuchtigkeitsklasse / humidity class	Betonmenge / concrete quantity (m³)
	C12/15	----	---	----	31.92

Expositionsklasse / exposure class	außen / external	innen / internal	----
	X0	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.	D0245327
Bewehrungszeichnung Nr. (B500B) / Reinforcement drawing no. (B500B)	D02458328, D02458329
Bewehrungszeichnung Nr. (B400B) / Reinforcement drawing no. (B400B)	D02458331, D02458332
separate Stabstahlliste B500B / separate steel bar list B500B	D02458330
separate Stabstahlliste B400B / separate steel bar list B400B	D02458333
Spezifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E21-037 (B500B; B400B); D02457616

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Hegger + Partner
Ing+P Ingenieure GmbH (Hegger + Partner)
Kackertstraße 10
52072 Aachen

Index / Index	Änderungen / Changes	Datum / Date	Gez. / Prep.	Gepr. / Rev.
i1.0	Einarbeitung Anmerkungen TÜV Nord	15.06.2022	VV	PB

Prüfstempel / Certification Stamp

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-4 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

ZWISCHENBESCHEINIGUNG / INTERIM CERTIFICATE
TÜV NORD CERT

Turmtyp / Tower type:
E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / content:
Bewehrungsplan 2 Ortbetonfundament /
Reinforcement drawing 2 cast-in-place-foundation

Flachgründung (Fg) / Flat foundation (Ff)

Gezeichnet / Prepared:	Geprüft /Reviewed:	Freigegeben /Approved:
09.02.2022 VV	09.02.2022 PB	09.02.2022 CG

Maßstab / scale:	Plan-Nr. / plan no.:	Blattgröße/Scheet size:	Projekt-Nr. / project number:
wie angezeigt / as shown	D02458329/i1.0	DIN A0	E21-037 Ff

Technisches Datenblatt
Technical Data Sheet

E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

Flachgründung
Flat Foundation

WZ S GK II (DIBt-Richtlinie, Fassung Oktober 2012)
WK SA Normal Climate (IEC 61400-1, 4th Edition, 2019)

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

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-4 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

ENERCON

Released: 2022-06-27 10:06

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: Dr. Jürgen Zeschky, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, 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: Dr. Jürgen Zeschky, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, 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.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

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

Released: 2022-06-27 10:06

Dokumentinformation / Document details

Dokument-ID Document ID	D02457817-2.0
Vermerk Note	Originaldokument Original document

Datum Date	**Sprache** Language	**DCC**	**Werk / Abteilung** Plant / Department
2022-03-01	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:	Büttgenbach (H+P Ingenieure GmbH) / 2022-03-01	Übersetzt/Datum: Translated/Date:	
Geprüft/Datum: Checked/Date:	Axmacher (H+P Ingenieure GmbH) / 2022-03-01	Geprüft/Datum: Checked/Date:	

Revisionen / Revisions

Rev.	Datum/Date	Änderung/Change	Erstellt/Created
0.0	2022-03-01	Dokument erstellt (Vorabzug) Document created (preliminary)	H+P
1.0	2022-06-15	Stahlgewicht nach TÜV-Prüfung angepasst	H+P
2.0	2022-06-24	Allgemeine Anpassungen / General adjustments	H+P

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.

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

1 Allgemeine Angaben / General information

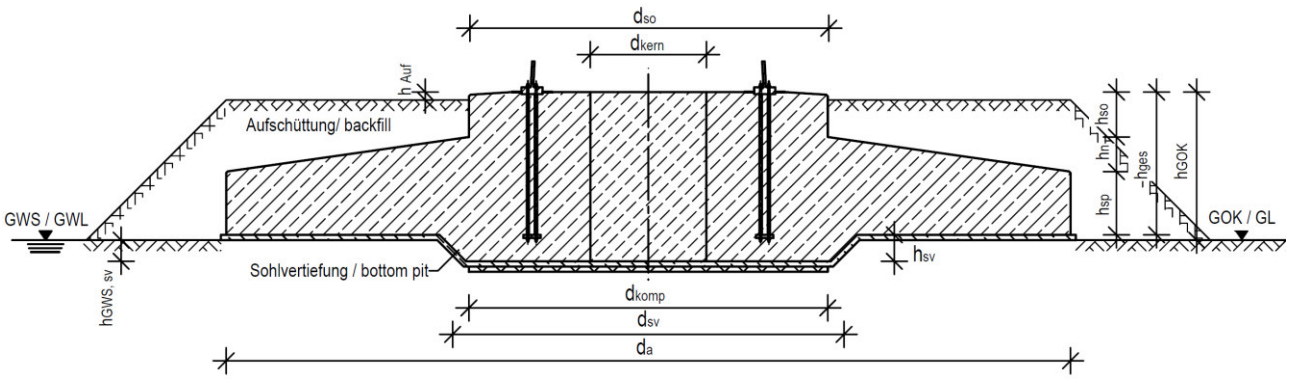
Statische Berechnung	H+P Ingenieure GmbH	*Structural analysis*
Flachgründung	Ø 19,80 m	*Flat foundation*
Dokument ID	D02457816	*Document ID*

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

Released: 2022-06-27 10:06

2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

Außendurchmesser	d_a	19,80	m	***Outer diameter***
Sockeldurchmesser	d_{so}	9,00	m	***Base diameter***
Durchmesser Fundamentkern	d_{kern}	4,50	m	***Diameter of foundation core***
Durchmesser kompressible Einlage	d_{komp}	9,00	m	***Compressible layer diameter***
Fundamenthöhe	h_{ges}	2,90	m	***Foundation height***
Sockelhöhe	h_{so}	0,65	m	***Base height***
Höhe Spornneigung	h_n	1,45	m	***Spur incline height***
Spornhöhe	h_{sp}	0,80	m	***Spur height***
Mittlerer Durchmesser Sohlvertiefung	d_{sv}	9,50	m	***Average diameter of bottom pit***
Höhe Sohlvertiefung	h_{sv}	0,50	m	***Height of bottom pit***
Höhe OK Fundament bis OK Aufschüttung	h_{Auf}	0,15	m	***Height from top of foundation to top of backfill***
Höhe OK Fundament bis OK Gelände	h_{GOK}	3,00	m	***Height from top of foundation to ground level***
Einbindetiefe	h_{eb}	0,00	m	***Embedment depth***
Höhe maximal zulässiger Grundwasserstand GWS über Sohlvertiefung	$h_{GWS,sv}$	0,40	m	***Height of maximum permissible groundwater level GWL above bottom pit***
Fundamentvariante DIBt: Betongüte und Volumen	C 35/45	569,1	m³	***Foundation option DIBt: Concrete quality and volume***
Stahlgewicht	B 500B	46,6	t	***Steel weight***
Fundamentvariante IEC: Betongüte und Volumen	C 35/45	569,1	m³	***Foundation option IEC: Concrete quality and volume***
Stahlgewicht	B 400B	48,5	t	***Steel weight***



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

Released: 2022-06-27 10:06

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

3 Baugrund-Mindestdrehfedersteifigkeit Subsoil minimum rotational spring stiffness

Die folgenden Mindestwerte für die Drehfedersteifigkeit müssen vom Baugrund eingehalten werden:

The following minimum values for the rotational spring stiffness must be satisfied by the subsoil:

Statische Drehfeder	**$k_{\varphi,stat,subsoil}$ = 18750 MNm/rad**	***Static rotational spring***
Dynamische Drehfeder	**$k_{\varphi,dyn,subsoil}$ = 150000 MNm/rad**	***Dynamic rotational spring***

Die angegebene Werte sind durch einen Baugrundgutachter zu bestätigen.

The specified values must be confirmed by a geotechnical expert.

4 Zulässige Setzungen / Permissible settlements

Maximal zulässige Differenzsetzung und Gesamtsetzung in 25 Jahren, bezogen auf den Außendurchmesser:

Maximum permissible differential settlement and total settlement within 25 years, related to the outer foundation diameter:

Differenzsetzung (Schiefstellung)	**$\Delta s \leq 3$ mm/m**	***Differential settlement (misalignment)***
Gesamtsetzung	**$s_{ges.} \leq 3$ mm/m**	***Total settlement***

5 Bodenpressung / Soil bearing pressure

Der anstehende Baugrund muss mindestens folgende Bodenpressung aufnehmen können:

The in-situ subsoil must be able to bear at least the following soil pressure:

Kantenpressung	**max σ_k = 280 kN/m²**	***Edge pressure***

Der angegebene Wert ist durch einen Baugrundgutachter zu bestätigen.

The specified value must be confirmed by a geotechnical expert.

6 Sohlreibungswinkel / Angle of internal friction

Mindestreibungswinkel des Baugrundes unterhalb des Gründungskörpers:

Minimum friction angle of the subsoil below the foundation body:

ϕ = 20°

Der angegebene Wert ist durch einen Baugrundgutachter zu bestätigen.

The specified value must be confirmed by a geotechnical expert.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

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

Released: 2022-06-27 10:06

7 Lasten an Fundamentunterkante
Loads at foundation bottom edge

Die hier angegebenen F_Z-Lasten enthalten ein Fundamentwichte γ = 25 kN/m³ sowie eine Bodenwichte γ = 16 kN/m³ für die Aufschüttung.

The F_Z loads specified here include a dead unit weight of foundation γ = 25 kN/m³ and a soil unit weight γ = 16 kN/m³ for the backfill.

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**
NTM DLC D.3	(1.00/1.00)	690	-25527	-24502	71201	3400
N / T / DLC 8.2	(1.00/1.00)	940	-25527	-24502	99676	-9150
N / A / T	(1.00/1.00)	1130	-25527	-24502	116477	-9950
DLC 8.1/8.2/8.3	(1.00/1.00)	730	-20484	-19490	77717	4900

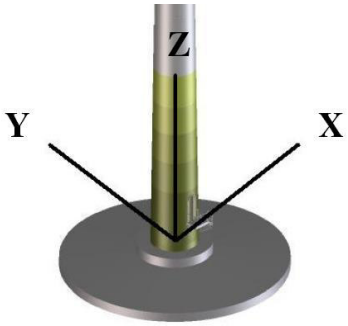
alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,00)

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

F_Z ständige Lasten
$F_{XY}/M_{XY}/M_Z$ veränderliche Lasten

F_Z permanent loads
$F_{XY}/M_{XY}/M_Z$ variable loads

8 Koordinatensystem / Coordinate system



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

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

Released: 2022-06-27 10:06

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 -

Prüfbescheid zur Typenprüfung

Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01, DIBt Windzone S, Geländekategorie S

- Flachgründung, D=20,10 m -

Prüfbescheid Nr.:	T-7005/22-2 Rev. 0
Gegenstand der Prüfung:	Standsicherheit der Flachgründung für die oben genannte Windenergieanlage gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015)
Anlagenhersteller (Antragsteller):	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland
Dokumentation:	H+P Ingenieure GmbH Kackertstraße 10 52072 Aachen Deutschland ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland
Geltungsdauer bis:	30.11.2027

Dieser Prüfbescheid wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Eine Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Prüfbescheids ist nur nach vorheriger, schriftlicher Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Anlagenherstellers bzw. Antragstellers gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist nicht gestattet. Dieser Prüfbescheid gilt nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung [1.2.1].

Der Prüfbescheid umfasst 10 Seiten und 4 Anlagen, die Bestandteil dieses Prüfbescheides sind.

Revision	Datum	Änderungen
0	18.11.2022	Erstausgabe

Inhaltsverzeichnis

0 Allgemeine Bestimmungen 3
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

0 Allgemeine Bestimmungen

Dieser Prüfbescheid zur Typenprüfung beinhaltet als Ergänzung zum Prüfbescheid [1.2.1] die Flachgründung des Hybrid-Stahlturms E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01.

Es gelten die Allgemeinen Bestimmungen des Prüfbescheids [1.2.1].

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Berechnungen

[1.1.1] H+P Ingenieure GmbH:
„STATISCHE BERECHNUNG FLACHGRÜNDUNG E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Projekt: E21-026“,
Dokument-Nr.: D02190566, Rev. 1.0, Datum: 22.11.2021

Anlagen zum Prüfbescheid zur Typenprüfung

Zeichnungen

[1.1.2] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Schalplan Ortbetonfundament Flachgründung (Fg) Projekt-Nr.: E21-026 Ff“,
Zeichnungs-Nr.: D02458324, Rev. 2.0, Datum: 17.01.2022

[1.1.3] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Bewehrungsplan 1 Ortbetonfundament Flachgründung (Fg) Projekt-Nr.: E21-026 Ff“,
Zeichnungs-Nr.: D02421770, Rev. 2.0, Datum: 17.01.2022

[1.1.4] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Bewehrungsplan 2 Ortbetonfundament Flachgründung (Fg) Projekt-Nr.: E21-026 Ff“,
Zeichnungs-Nr.: D02421771, Rev. 2.0, Datum: 17.01.2022

Spezifikationen

[1.1.5] ENERCON GmbH:
„Technisches Datenblatt E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Flachgründung WZ S GKII (DIBt, Fassung Oktober 2012)“,
Dokument-Nr.: D02393170, Rev. 4, Datum: 27.01.2022

1.2 Dazugehörige Dokumente

Turm

[1.2.1] TÜV NORD CERT GmbH:
„Prüfbescheid zur Typenprüfung Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, DIBt Windzone S, Geländekategorie S - Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 -“,
Prüfbescheid Nr.: T-7005/22-1 Rev. 0, Datum: 18.11.2022

[1.2.2] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Fundamentlasten“,
Dokument-Nr.: D02378600, Rev. 2.2, Datum: 29.07.2021

[1.2.3] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage Fundamentkorb E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01“,
Dokument-Nr.: D02402550, Rev. 2.1, Datum: 29.07.2021

[1.2.4] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Fundamentkorb“,
Zeichnungs-Nr.: D02434516, Rev. 0.0, Datum: 05.08.2021

[1.2.5] H+P Ingenieure GmbH:
„Spannanweisung Fundamentkorb ENERCON E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Bauteil: Fundamentkorb“,
Dokument-Nr.: D02437082, Rev. 1.1, Datum: 30.05.2022

Spezifikationen

[1.2.6] ENERCON GmbH:
„Hinweise zur Bauausführung Turmtypen: E-XX EX/XX/XX/XX/XX & E-XX EX/XX/XX/XX/XX Für alle Fundamenttypen“,
Dokument-Nr.: D0748193, Rev. 0a, Datum: 12.09.2018

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

Prüfung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08

[1.2.8] ENERCON GmbH:
„Stellungnahme Verwendbarkeit IEC ed.3 anstatt IEC ed.4 für ENERCON WEA“,
Dokument-Nr.: D02759428, Rev. 0.0, Datum: 06.09.2022

[1.2.9] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3 IEC 61400-1 Ed. 3 - Diverse Komponenten -“,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119616205-100 D II Rev. 0, Datum: 14.11.2022

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 + A1:2015-03 + DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 + NA/A1:2015-12: „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“

[2.4] DIN EN 1997-1:2009-09 + 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] DIN EN 1998-1:2010-12 + DIN EN 1998-1/NA:2011-01:
„Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten“

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

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

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

3 Einleitung

Gegenstand dieses Prüfbescheids ist die Typenprüfung einer Flachgründung, 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 Hybrid-Stahlturms E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01, welcher in [1.2.1] geprüft wurde.

Das Kreisfundament weist einen Außendurchmesser von 20,10 m auf.

Unterhalb des Sockels befindet sich eine 50 cm dicke Fundamentvertiefung. Die Gesamthöhe des Sockels inkl. der Vertiefung beträgt 3,40 m. Die Fundamentsohle, bzw. die Oberkante der Fundamentvertiefung, liegt wegen der Sauberkeitsschicht 10 cm über der Oberkante des umgebenden Geländes.

Der Turm ist über einen Ankerkorb mit dem Fundament verbunden.

Weitere Details können dem Schalplan [1.1.2] und dem Fundamentdatenblatt [1.1.5] (siehe Abschnitt 1.1) entnommen werden.

Die folgende Anlagenkonfiguration wurde bei der Prüfung des Fundaments berücksichtigt:

Nr.	WEA Bezeichnung	Nabenhöhe	Max. Nennleistung	Rotorblatt	Windzone (DIBt 2012)	Geländekategorie	Fundamentnachweise
1	E-138 EP3 E3	110,396 m	4260 kW	E-138 EP3-RB-02	WZ S	GK S	[1.1.1]

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 worden:

Nr.	WEA Bezeichnung	Nabenhöhe	Max. Nennleistung	Rotorblatt	Windzone (DIBt 2012)	Geländekategorie	spezifiziert in	geprüft in
1	E-138 EP3 E3	110,396 m	4260 kW	E-138 EP3-RB-02	WZ S	GK S	[1.2.2]	[1.2.1]

Tabelle 4.2: Lastannahmen

Die Auslegungslebensdauer beträgt 25 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden berücksichtigt (s. [1.2.1]).

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

Verkehrslasten im Bereich der Erdaufschüttung auf der Fundamentplatte wurden nicht berücksichtigt.

Das Fundament wurde mit und ohne Belastung aus Auftrieb berechnet. In der statischen Berechnung wurde angenommen, dass der maximale Wasserstand aus Schichten- und Oberflächenwasser oder Grundwasser 3,00 m unter der Oberkante des Fundamentsockels und somit auf Höhe des umgebenden Geländes liegt.

Die Werte der Vorspannung wurden [1.2.3] bis [1.2.5] entnommen und in [1.2.1] geprüft.

4.3 Baustoffe

In diesem Abschnitt werden die Hauptbaustoffe und -produkte der tragenden Bauteile aufgeführt. Weitere Details können den geprüften Anlagen (siehe Abschnitt 1.1) bzw. der Spezifikation [1.2.7] entnommen werden.

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 der eingereichten statischen Berechnung geführt und durch Vergleichsrechnung geprüft.

Die Windenergieanlage, der Turm und die Fundamente und wurden zunächst mit Einwirkungen nach DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12 ausgelegt und geprüft. Gemäß der gutachtlichen Stellungnahme [1.2.9] kann für die dort unter 1.2 aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die dazugehörige Prüfung von Turm und Gründung die Erfüllung der technischen Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.2] ebenfalls bestätigt werden.

Die Prüfung umfasst das Fundament sowie die Beton- und Bewehrungsnachweise im Bereich der Lasteinleitung.

Der Turm, die Stahlbauteile des Ankerkorbs und die geotechnischen Nachweise sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Der Hybrid-Stahlturm und die Stahlbauteile des Ankerkorbs wurden in [1.2.1] geprüft.

Bei der Berechnung des Fundaments wurde die im Schalplan [1.1.2] dargestellte, optionale Arbeitsfuge berücksichtigt.

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 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 Prüfbescheid [1.2.1] spezifizierten Anforderungen erfüllt.

5.4.2 Es wurde geprüft, ob die für die Beton- und Bewehrungsnachweise im Lasteinleitungsbereich angesetzten Geometrien mit den in [1.2.4] dargestellten Ankerkorb-Geometrien übereinstimmen.

Geotechnische Nachweise

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

5.4.4 Der Baugrund muss die in [1.1.5] spezifizierten Anforderungen erfüllen.

Montage & Inbetriebnahme

5.4.5 Hinsichtlich der Vorspannung der Ankerbolzen gelten die Anforderungen des Prüfbescheids [1.2.1].

5.4.6 Zusätzlich zum Endzustand wurde der Montagezustand des Turms (Lastfall-Gruppe DLC 8.1/8.2/8.3) mit Gondel und Rotor vor der Aufbringung der verdichteten Bodenaufschüttung nachgewiesen (s. [1.1.2]).Wiederkehrende Prüfungen / Wartungen

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

Weiterbetrieb

5.4.9 Ist nach Ablauf der Auslegungslebensdauer ein Weiterbetrieb der Windenergieanlage geplant, so ist hierzu Kapitel 17 der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

6 Auflagen

Allgemeines

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

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

Fundament

6.3 Bei der Herstellung und Ausführung des Fundaments sind die Bestimmungen der DIN EN 13670, der DIN 1045-3 und der Spezifikation [1.2.6] zu beachten. Für den Beton sind Eignungs- und Güteprüfungen gemäß DIN 1045-2 in Verbindung mit DIN EN 206-1 durchzuführen.

6.4 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.

Anforderungen an den Baugrund

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

7 Zusammenfassung

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

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

Alle relevanten Schnittstellen (Turm/Fundament) wurden überprüft.

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

Dieser Prüfbescheid gilt nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung [1.2.1].

Der Leiter

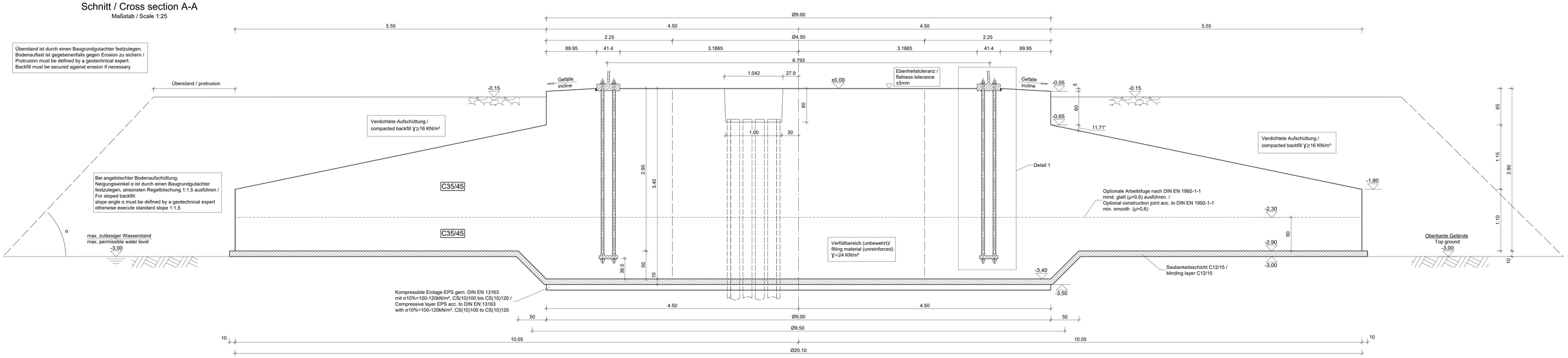
Dipl.-Ing. T. Krause

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

An der Prüfung beteiligt:
B.Eng. / M.Sc. P. Roycroft
Dipl.-Ing. (FH) / M.Sc. U. Lingslebe

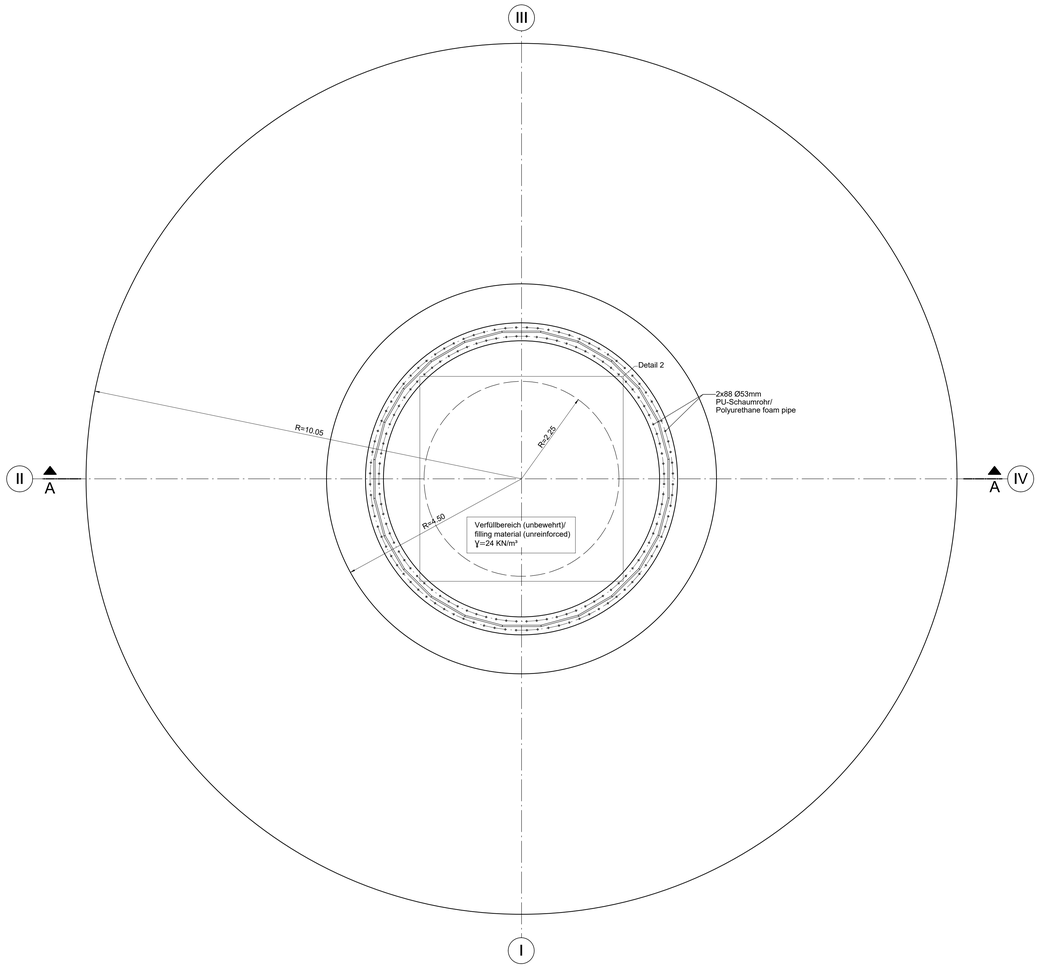
Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25



Draufsicht Fundament / Top view foundation

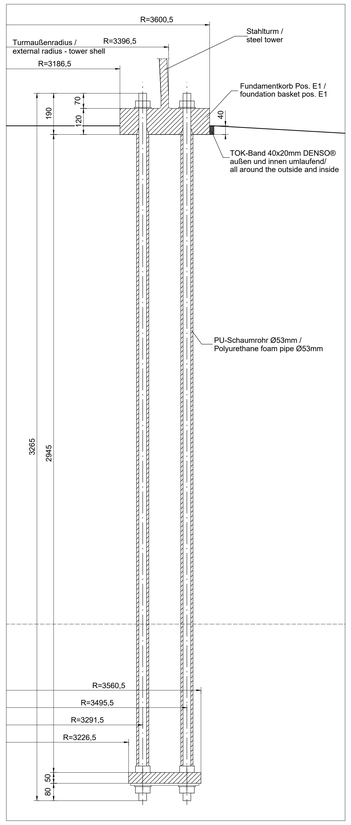
Maßstab / Scale 1:50



Detail 1

Maßstab / Scale 1:10

Angaben in [mm]



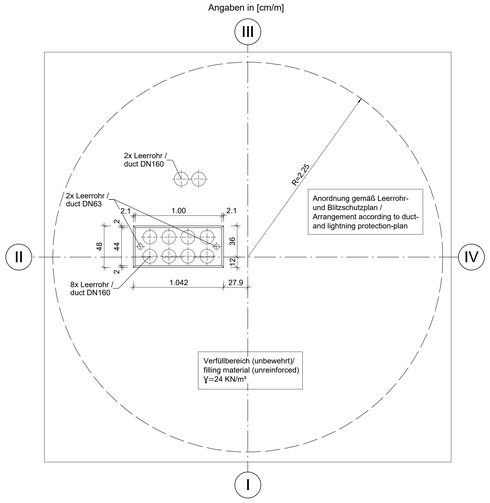
Der Beton unterhalb des T-Flansches ist nur von einer Seite einzufüllen und zu verdichten, um Fehlstellen und Lufteinschlüsse unterhalb des T-Flansches zu verhindern. In der Fuge T-Flansch zu Fundamentbeton ist ein vollflächiger und kraftschlüssiger Kontakt herzustellen. Die Betonoberfläche ist außen 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.

Detail 2

Maßstab / Scale 1:25

Angaben in [cm/m]



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, im Fundament nicht zulässig. Falls eine zusätzliche Betonierfuge erforderlich ist, so ist hier für 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.

Baugrundanforderungen:
- Die zulässige charakteristische Bodenpressung muss mindestens 260 kN/m² betragen.
- Zwischen Baugrund und Unterbeton (Sauberkeitsschicht) muss ein Reibungswinkel von mindestens 20° vorhanden sein.
- Die Baugrundanforderungen sind von einem ortskundigen Baugrundgutachter standortbezogen zu bestätigen.
- Der maximale Grundwasserspiegel liegt auf Höhe der Geländeoberkante.

Soil requirements:
- The permissible characteristic soil pressure has be at least 260 kN/m².
- In between subsoil and subconcrete (subbase) has to be a friction angle of at least 20°.
- The requirements of the subsoil are to be verified by a geotechnical expert on every location.
- 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 Oberkante des Geländes muss 3,00m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- 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.
- Das zyklische Ermüdungsverhalten des Fundamentbetons muss mindestens 28 Tage betragen.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier- und Rüttelöffnungen 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.
- Die optionale Arbeitsfuge in der Fundamentplatte ist nach DIN EN 1992-1-1 mindestens glatt (μ>0,6) auszuführen.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln 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 fct,eff = 0,7*fctm 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 blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (blinding course) according to specifications ENERCON.
- The top ground surface must be 3,00m below the top of the foundation.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- 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.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be at least 28 days.
- 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 optional construction joint within the foundation has to be carried out at least smooth (μ>0,6) according to DIN EN 1992-1-1.
- 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 fct,eff=0,7*fctm 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.:	D0245324
Bewehrungszeichnung Nr. (B500B) / Reinforcement drawing no. (B500B):	D02421770, D02421771
Bewehrungszeichnung Nr. (B400B) / Reinforcement drawing no. (B400B):	D02421776, D02421777
separate Stabstahlliste B500B / separate steel bar list B500B	D02421772
separate Stabstahlliste B400B / separate steel bar list B400B	D02421778
Spezifikation / Specification:	
Statische Berechnung / Design calculations	E21-026 (B500B; B400B); D02190566

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

IHP Ingenieure GmbH (Hegger + Partner)
Kackertstraße 10
52072 Aachen
Hegger + Partner

Index/ Index	Änderungen/ Changes	Datum/ Date	Gez./ Prep.	Gep./ Rev.
/2.0	Konstruktive Anpassungen	17.01.2022	VV	PB
/1.0	Anpassungen ENERCON	19.11.2021	VV	PB

Prüfstempel / Certification Stamp:

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-2 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

TÜV NORD CERT
FREIGABE FÜR BAUBEGINN
NACH LANDESBAUORDNUNG

Turmtyp / Tower type:
E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / content:
Schalplan Ortbetonfundament
Shuttering drawing cast-in-place-foundation

Flachgründung (Fg) / Flat foundation (Ff)

Gezeichnet / Prepared:	Geprüft /Reviewed:	Freigegeben /Approved:
30.09.2021 VV	30.09.2021 PB	30.09.2021 CG
Maßstab / scale:	Plan-Nr. / plan no.:	Blattgröße/Schext size: / Projekt-Nr. / project number:
wie angezeigt / as shown	D02458324/2.0	DIN A0 / E21-026 Ff

Einbauteile / Cast-in Elements

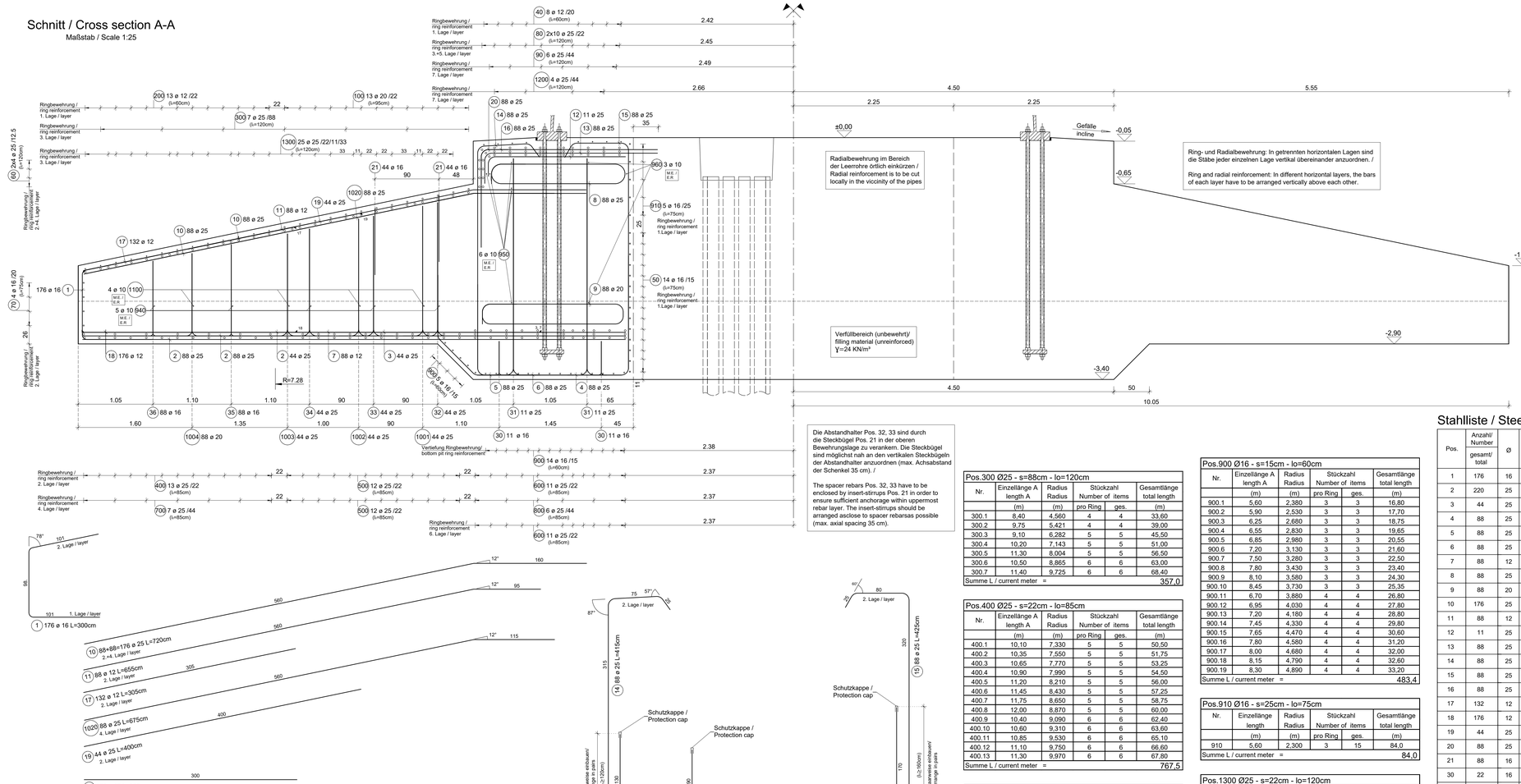
Pos	Stück / Quantity	Bezeichnung / Description	Hersteller / Manufacturer
E1	1	Fundamentkorb / foundation basket	nach Angabe ENERCON acc. to ENERCON (ZNr. D02402550)

Verdichtete Aufschüttung / Compacted backfill:
Die statisch erforderliche dauerhafte Aufschüttung ist zum frühestmöglichen Zeitpunkt auf das Fundament aufzubringen und mit geeigneten Verfahren zu verdichten, um die angegebene Mindest-Bodenwichte im erdfeuchten Zustand zu erreichen. Nach Beendigung des Turmaufbaus, spätestens jedoch nach vollendeter Montage der Windenergieanlage, muss die verdichtete Aufschüttung auf dem Fundament vorhanden sein. Mit dem Aufbringen der Aufschüttung darf nicht bis zur Inbetriebnahme der Windenergieanlage gewartet werden. Bei prognostizierten extremen Windbedingungen ≥ 21 m/s (Beaufort 8) sind vorzeitig entsprechende Maßnahmen zu treffen.

The permanent backfill required for structural reasons must be applied to the foundation at the earliest possible time, and must be compacted by appropriate methods to attain the specified minimum soil unit weight in earth-moist condition. After finishing the tower erection, but at the latest after the completed installation of the wind turbine, the compacted backfill must be available on the foundation. It is not permitted to apply the compacted backfill just before putting the wind turbine into operation. If extreme wind conditions ≥ 21 m/s (Beaufort 8) are predicted, appropriate measures must be taken in advance.

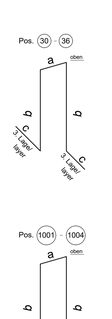
Schnitt / Cross section A-A

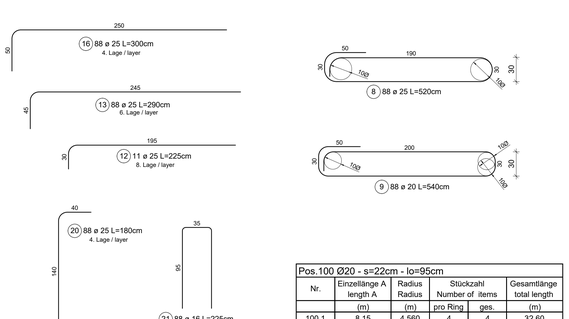
Maßstab / Scale 1:25



Schubzulage / shear reinforcement

Pos.	Anzahl Pie.	Ø	a	b	c	Einzellänge length	Gesamtlänge total length
		[mm]	[cm]	[cm]	[cm]	[m]	[m]
30	22	16	35,0	49,0	30,0	193,0	42,46
31	22	25	35,0	307,0	30,0	709,0	155,98
32	44	25	35,0	190,0	30,0	475,0	209,00
33	44	25	35,0	171,0	30,0	437,0	192,28
34	44	25	35,0	153,0	30,0	401,0	176,44
35	88	16	35,0	130,0	30,0	355,0	312,40
36	88	16	35,0	107,0	30,0	309,0	271,92

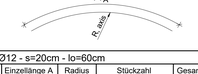




Schubzulage (nur erforderlich bei Ausführung der optionalen Arbeitsfuge) / shear reinforcement (only required for execution of the optional construction joint)

Pos.	Anzahl Pie.	Ø	a	b	c	Einzellänge length	Gesamtlänge total length
		[mm]	[cm]	[cm]	[cm]	[cm]	[m]
1001	44	25	35,0	185,0	30,0	465,0	204,60
1002	44	25	35,0	167,0	30,0	429,0	188,76
1003	44	25	35,0	146,0	30,0	387,0	170,28
1004	88	20	35,0	118,0	30,0	331,0	291,28

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.

Pos.40 Ø12 - s=20cm - lo=60cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
40.1	5,70	2,420	3	3	17,10
40.2	6,10	2,620	3	3	18,30
40.3	6,55	2,820	3	3	19,65
40.4	6,95	3,020	3	3	20,85
40.5	8,50	3,750	3	3	25,50
40.6	6,85	3,950	4	4	27,40
40.7	7,15	4,150	4	4	28,60
40.8	7,45	4,350	4	4	29,80
Summe L / current meter =					187,2

Pos.50 Ø16 - s=15cm - lo=75cm

Nr.	Einzellänge length	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
50	5,60	2,300	3	42	235,2
Summe L / current meter =					235,2

Pos.60 Ø25 - s=12,5cm - lo=120cm

Nr.	Einzellänge length	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
60.1	8,05	4,360	4	16	128,8
60.2	8,15	4,410	4	16	130,4
Summe L / current meter =					259,2

Pos.70 Ø16 - s=20cm - lo=75cm

Nr.	Einzellänge length	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
70	11,20	9,970	6	24	268,8
Summe L / current meter =					268,8

Pos.80 Ø25 - s=22cm - lo=120cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
80.1	6,35	2,450	3	6	38,10
80.2	6,80	2,670	3	6	40,80
80.3	7,30	2,890	3	6	43,80
80.4	7,75	3,110	3	6	46,50
80.5	8,00	3,230	3	6	48,00
80.6	6,80	3,560	4	8	54,40
80.7	7,15	3,760	4	8	57,20
80.8	7,50	3,980	4	8	60,00
80.9	7,80	4,200	4	8	62,40
80.10	8,10	4,380	4	8	64,80
Summe L / current meter =					516,0

Pos.90 Ø25 - s=44cm - lo=120cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
90.1	6,45	2,490	3	3	19,35
90.2	7,30	2,890	3	3	21,90
90.3	8,00	3,230	3	3	24,00
90.4	6,80	3,560	4	4	27,20
90.5	7,50	3,980	4	4	30,00
90.6	7,95	4,270	4	4	31,80
Summe L / current meter =					154,3

Pos.100 Ø20 - s=22cm - lo=95cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
100.1	8,15	4,580	4	4	32,60
100.2	8,50	4,775	4	4	34,00
100.3	8,80	4,991	4	4	35,20
100.4	9,15	5,206	4	4	36,60
100.5	9,50	5,421	4	4	38,00
100.6	9,85	5,637	4	4	39,40
100.7	10,15	5,852	4	4	40,60
100.8	10,50	6,067	4	4	42,00
100.9	10,85	6,282	4	4	43,40
100.10	9,15	6,498	5	5	45,75
100.11	9,40	6,713	5	5	47,00
100.12	9,70	6,928	5	5	48,50
100.13	9,95	7,144	5	5	49,75
Summe L / current meter =					532,8

Pos.200 Ø12 - s=22cm - lo=60cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
200.1	9,90	7,370	5	5	49,50
200.2	10,15	7,585	5	5	50,75
200.3	10,45	7,800	5	5	52,25
200.4	10,70	8,015	5	5	53,50
200.5	10,95	8,230	5	5	54,75
200.6	11,25	8,446	5	5	56,25
200.7	11,50	8,661	5	5	57,50
200.8	11,80	8,876	5	5	59,00
200.9	10,15	9,091	6	6	60,90
200.10	10,35	9,306	6	6	62,10
200.11	10,60	9,521	6	6	63,60
200.12	10,80	9,736	6	6	64,80
200.13	11,05	9,951	6	6	66,30
Summe L / current meter =					751,2

Pos.300 Ø25 - s=88cm - lo=120cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
300.1	8,40	4,560	4	4	33,60
300.2	9,75	5,421	4	4	39,00
300.3	9,10	6,282	5	5	45,50
300.4	10,20	7,143	5	5	51,00
300.5	11,30	8,004	5	5	56,50
300.6	10,50	8,865	6	6	63,00
300.7	11,40	9,725	6	6	68,40
Summe L / current meter =					357,0

Pos.400 Ø25 - s=22cm - lo=85cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
400.1	10,10	7,330	5	5	50,50
400.2	10,35	7,550	5	5	51,75
400.3	10,65	7,770	5	5	53,25
400.4	10,90	7,990	5	5	54,50
400.5	11,20	8,210	5	5	56,00
400.6	11,45	8,430	5	5	57,25
400.7	11,75	8,650	5	5	58,75
400.8	12,00	8,870	5	5	60,00
400.9	10,40	9,090	6	6	62,40
400.10	10,60	9,310	6	6	63,60
400.11	10,85	9,530	6	6	65,10
400.12	11,10	9,750	6	6	66,60
400.13	11,30	9,970	6	6	67,80
Summe L / current meter =					767,5

Pos.500 Ø25 - s=22cm - lo=85cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
500.1	8,25	4,690	4	8	66,00
500.2	8,60	4,910	4	8	68,80
500.3	8,95	5,130	4	8	71,60
500.4	9,30	5,350	4	8	74,40
500.5	9,60	5,570	4	8	76,80
500.6	9,95	5,790	4	8	79,60
500.7	10,30	6,010	4	8	82,40
500.8	10,65	6,230	4	8	85,20
500.9	11,00	6,450	4	8	88,00
500.10	9,25	6,670	5	10	92,50
500.11	9,55	6,890	5	10	95,50
500.12	9,80	7,110	5	10	98,00
Summe L / current meter =					978,8

Pos.600 Ø25 - s=22cm - lo=85cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
600.1	5,80	2,360	3	6	34,80
600.2	6,30	2,580	3	6	37,80
600.3	6,75	2,800	3	6	40,50
600.4	7,05	2,950	3	6	42,30
600.5	7,35	3,100	3	6	44,10
600.6	7,65	3,230	3	6	45,90
600.7	8,40	3,590	3	6	50,40
600.8	6,85	3,810	4	8	54,80
600.9	7,20	4,030	4	8	57,60
600.10	7,55	4,250	4	8	60,40
600.11	7,90	4,470	4	8	63,20
Summe L / current meter =					531,8

Pos.700 Ø25 - s=44cm - lo=85cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
700.1	10,10	7,330	5	5	50,50
700.2	10,65	7,770	5	5	53,25
700.3	11,20	8,210	5	5	56,00
700.4	11,75	8,650	5	5	58,75
700.5	10,40	9,090	6	6	62,40
700.6	10,85	9,530	6	6	65,10
700.7	11,30	9,970	6	6	67,80
Summe L / current meter =					413,8

Pos.800 Ø25 - s=44cm - lo=85cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
800.1	5,80	2,360	3	3	17,40
800.2	6,75	2,800	3	3	20,25
800.3	7,65	3,230	3	3	22,95
800.4	8,40	3,590	3	3	25,20
800.5	7,20	4,030	4	4	28,80
800.6	7,90	4,470	4	4	31,60
Summe L / current meter =					146,2

Pos.1200 Ø25 - s=44cm - lo=120cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
1200.1	6,80	2,660	3	3	20,40
1200.2	7,70	3,100	3	3	23,10
1200.3	7,15	3,760	4	4	28,60
1200.4	7,80	4,200	4	4	31,20
Summe L / current meter =					103,3

Pos.900 Ø16 - s=15cm - lo=60cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
900.1	5,60	2,380	3	3	16,80
900.2	5,90	2,530	3	3	17,70
900.3	6,25	2,680	3	3	18,75
900.4	6,55	2,830	3	3	19,65
900.5	6,85	2,980	3	3	20,55
900.6	7,20	3,130	3	3	21,60
900.7	7,50	3,280	3	3	22,50
900.8	7,80	3,430	3	3	23,40
900.9	8,10	3,580	3	3	24,30
900.10	8,45	3,730	3	3	25,35
900.11	6,70	3,880	4	4	26,80
900.12	6,95	4,030	4	4	27,80
900.13	7,20	4,180	4	4	28,80
900.14	7,45	4,330	4	4	29,80
900.15	7,65	4,470	4	4	30,60
900.16	7,80	4,580	4	4	31,20
900.17	8,00	4,680	4	4	32,00
900.18	8,15	4,790	4	4	32,60
900.19	8,30	4,890	4	4	33,20
Summe L / current meter =					483,4

Pos.910 Ø16 - s=25cm - lo=75cm

Nr.	Einzellänge length	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
910	5,60	2,300	3	15	84,0
Summe L / current meter =					84,0

Pos.1300 Ø25 - s=22cm - lo=120cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
1300.1	8,75	4,780	4	4	35,00
1300.2	9,05	4,995	4	4	36,20
1300.3	9,40	5,211	4	4	37,60
1300.4	9,60	5,320	4	4	38,40
1300.5	10,10	5,640	4	4	40,40
1300.6	10,40	5,855	4	4	41,60
1300.7	8,85	6,071	5	5	44,25
1300.8	9,00	6,180	5	5	45,00
1300.9	9,40	6,500	5	5	47,00
1300.10	9,65	6,715	5	5	48,25
1300.11	9,95	6,931	5	5	49,75
1300.12	10,05	7,040	5	5	50,25
1300.13	10,50	7,370	5	5	52,50
1300.14	10,75	7,585	5	5	53,75
1300.15	11,05	7,801	5	5	55,25
1300.16	11,15	7,900	5	5	55,75
1300.17	11,55	8,230	5	5	57,75
1300.18	11,85	8,445	5	5	59,25
1300.19	10,30	8,661	6	6	61,80
1300.20	10,40	8,760	6	6	62,40
1300.21	10,75	9,090	6	6	64,50
1300.22	10,95	9,305	6	6	65,70
1300.23	11,20	9,521	6	6	67,20
1300.24	11,30	9,630	6	6	67,80
1300.25	11,65	9,950	6	6	69,90
Summe L / current meter =					1307,3

M.B. / E.R. Montagebewehrung / erection reinforcement

Pos.940 Ø10- lo=60cm - Montage

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
940.1	8,45	4,980	4	4	33,80
940.2	9,85	5,880	4	4	39,40
940.3	9,15	6,780	5	5	45,75
940.4	10,55	7,880	5	5	52,75
940.5	11,90	8,980	5	5	59,50
Summe L / current meter =					231,2

Pos.950 Ø10- lo=60cm - Montage

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
950.1	6,85	3,960	4	16	109,60
950.2	7,30	4,260	4	4	29,20
950.3	7,40	4,310	4	4	29,60
Summe L / current meter =					168,4

Pos.960 Ø10- lo=60cm - Montage

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
960.1	5,55	2,350	3	3	16,65
960.2	6,65	2,880	3	6	39,90
Summe L / current meter =					56,6

Pos.1100 Ø10- lo=60cm - Montage

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
1100.1	8,80	5,195	4	4	35,20
1100.2	10,20	6,090	4	4	40,80
1100.3	9,55	7,090	5	5	47,75
1100.4	11,20	8,430	5	5	56,00
Summe L / current meter =					179,8

Stahlliste / Steel schedule

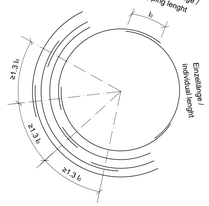
Pos.	Anzahl/ Number gesamt/ total	Ø	Länge/ Lenght (m)	Gesamtlänge/ Subtotal length (m)				
				B500B				
				Ø10	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25
1	176	16	3.00			528.00		
2	220	25	7.65					1683.00
3	44	25	6.45					283.80
4	88	25	3.85					338.80
5	88	25	3.05					268.40
6	88	25	2.20					193.60
7	88	12	6.45		567.60			
8	88	25	5.20					457.60
9	88	20	5.40				475.20	
10	176	25	7.20					1267.20
11	88	12	6.55		576.40			
12	11	25	2.25					24.75
13	88	25	2.90					255.20
14	88	25	4.15					365.20
15	88	25	4.25					374.00
16	88	25	3.00					264.00
17	132	12	3.05		402.60			
18	176	12	3.00		528.00			
19	44	25	4.00					176.00
20	88	25	1.80					158.40
21	88	16	2.25			198.00		
30	22	16	1.93			42.46		
31	22	25	7.09					155.98
32	44	25	4.75					209.00
33	44	25	4.37					192.28
34	44	25	4.01					176.44
35	88	16	3.55			312.40		
36	88	16	3.09			271.92		
40	8	12	lfdM		187.20			
50	14	16	lfdM			235.20		
60	8	25	lfdM					259.20
70	4	16	lfdM			268.80		
80	20	25	lfdM					516.00
90	6	25	lfdM					154.30
100	13	20	lfdM				532.80	
200	13	12	lfdM		751.20			
300	7	25	lfdM					357.00
400	13	25	lfdM					767.50
500	24	25	lfdM					978.80
600	22	25	lfdM					531.80
700	7	25	lfdM					413.80
800	6	25	lfdM					146.20
900	19	16	lfdM			483.40		
910	5	16	lfdM			84.00		
940	5	10	lfdM	231.20				
950	6	10	lfdM	168.40				
960	3	10	lfdM	56.60				
Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m)				456.20	3013.00	2424.18	1008.00	10968.25
Gewicht/ Mass (kg/m)				0.617	0.888	1.580	2.470	3.850
Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg)				281.48	2675.54	3830.20	2489.76	42227.76
Total (kg)				51504.74				

Stahlliste / Steel schedule

Erforderliche Zusatzbewehrung im Falle einer Ausführung mit Arbeitsfuge/
Required additional reinforcement in case that a construction joint is arranged

Pos.	Anzahl/ Number gesamt/ total	Ø	Länge/ Lenght (m)	Gesamtlänge/ Subtotal length (m)			
				B500B			
				Ø10	Ø20	Ø25	
1001	44	25	4.65			204.60	
1002	44	25	4.29			188.76	
1003	44	25	3.87			170.28	
1004	88	20	3.31		291.28		
1020	88	25	6.75			594.00	
1100	4	10	lfdM	179.80			
1200	4	25	lfdM			103.30	
1300	25	25	lfdM			1307.30	
Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m)				179.80	291.28	2568.24	
Gewicht/ Mass (kg/m)				0.617	2.470	3.850	
Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg)				110.94	719.46	9887.72	
Total (kg)				10718.12			

Übergreifungslänge / overlapping lenght



Stöße sind umlaufend örtlich zu versetzen >1.3 lü/ change arrangements circumferentially > 1.3 lü

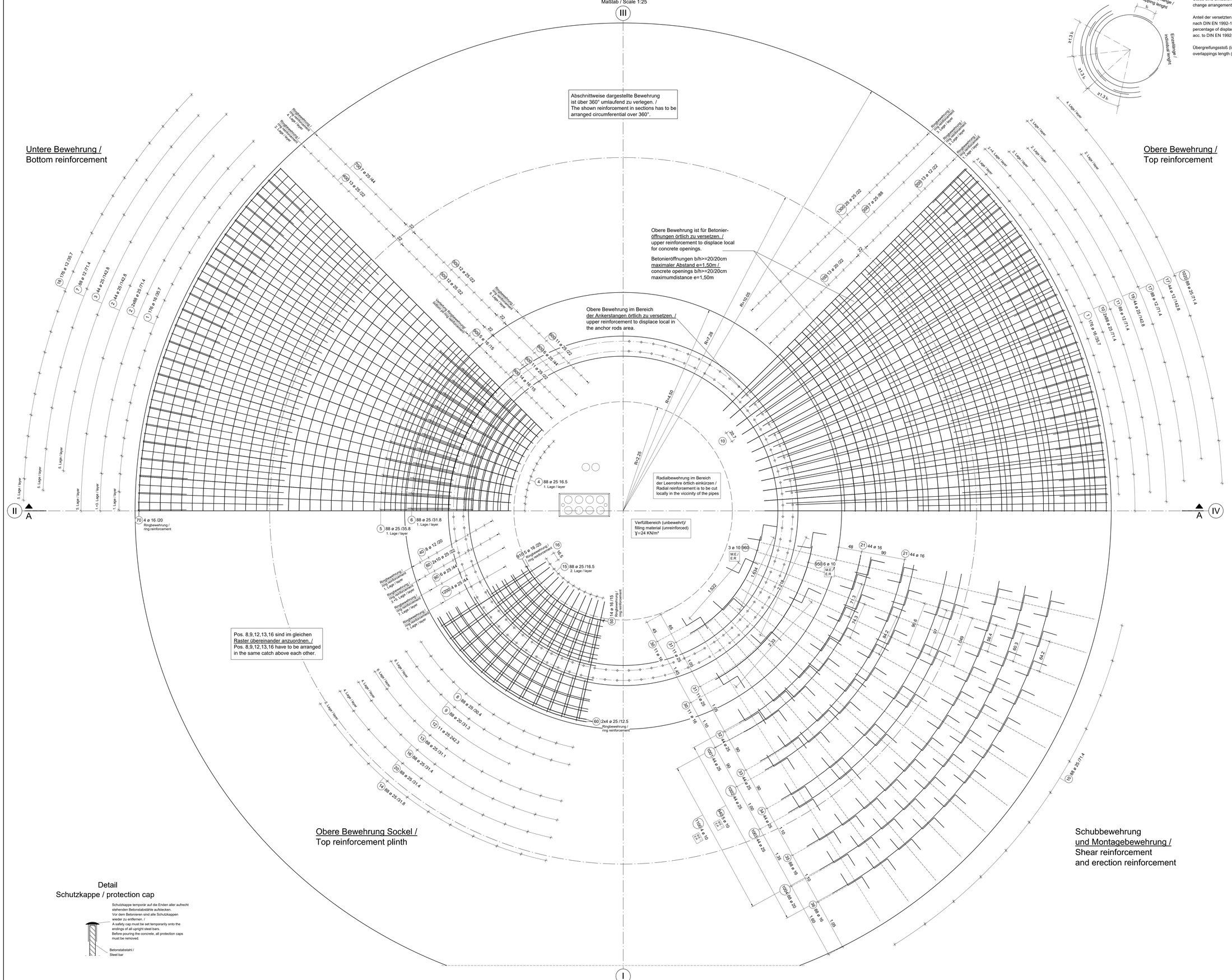
Anteil der versetzten Stöße ≤33% nach DIN EN 1992-1-1, Tab8.3DE / percentage of displaced arrangements ≤33% acc. to DIN EN 1992-1-1, Tab8.3DE

Übergreifungsstoß (lü) siehe Positionstabelle / overlappings length (lü) see table position

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

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 Unterbeton (Sauberkeitsschicht) sind die Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Oberkante des Geländes muss 3,00m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- 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.
- Das zyklische Erstbelastungsalter des Fundamentbetons muss mindestens 28 Tage betragen.
- 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 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer zusätzlichen Arbeitsfuge ist eine erweterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Die optionale Arbeitsfuge in der Fundamentplatte ist nach DIN EN 1992-1-1 mindestens glatt (μ>0,6) auszuführen.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln 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 fct,eff = 0,7*fctm 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 blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (blinding course) according to specifications ENERCON.
- The top ground surface must be 3,00m below the top of the foundation.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- 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.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be at least 28 days.
- 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 optional construction joint within the foundation has to be carried out at least smooth (μ>0,6) according to DIN EN 1992-1-1.
- 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 fct,eff=0,7*fctm 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

Winkelhaken (bends)	Bügel, Schlaufen (stirrups, loops)	Aufbiegung, Krümmungen (bent-ups, curvatures)	
Dmin	Dmin	Dmin	
Haken (hooks)	Dmin1 =4Ø für Ø < 20mm Dmin1 =7Ø für Ø ≥ 20mm	seitliche Betonüberdeckung (lateral concrete cover)	
Dmin1		> 100 mm und (and) > 7Ø Dmin2= 10Ø	> 50 mm und (and) > 3Ø Dmin2= 15Ø	≤50 mm oder (or) ≤ 3Ø Dmin2= 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

Kreisfundament
circle foundation

Bauteil element	Beton concrete	Betonstahlsorte reinforcement steel	Überwachungsklasse monitoring class	Feuchtigkeitsklasse humidity class	Betonmenge concrete quantity (m³)
Fundament Foundation	C35/45	B 500B	ÜK2	WF	625.12
Expositionsklasse exposure class	außen / external: XC4,XF1,XA1		innen / internal: XC3		----

Betondeckung / concrete cover

Vorhaltemaß / allowance	Δ cdev		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

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 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 im Bereich der Sohlvertiefung und des unteren Ankerrings/ Consistency class in the area of the bottom pit and the lower anchor ring	F4 / S4
Konsistenzklasse im übrigen Fundament/ Consistency class in the rest of the foundation	F3 / S3
Es ist langsam erhärtender Beton zu verwenden/ Slow hardening concrete is to be used	rs0.3

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	----	----	----	32.87
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.	D02458324
Bewehrungszeichnung Nr. (B500B) / Reinforcement drawing no. (B500B)	D02421770, D02421771
Bewehrungszeichnung Nr. (B400B) / Reinforcement drawing no. (B400B)	D02421776, D02421777
separate Stabstahlliste B500B / separate steel bar list B500B	D02421772
separate Stabstahlliste B400B / separate steel bar list B400B	D02421778
Spezifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E21-026 (B500B; B400B); D02190566

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Ing.Büro Hegger + Partner
Ingenieurbüro GmbH (Hegger + Partner)
Kackertstraße 10
52072 Aachen

Index/ Index	Änderungen/ Changes	Datum/ Date	Gez./ Prep.	Gepr./ Rev.
/2.0	Konstruktive Anpassungen	17.01.2022	VV	PB
/1.0	Anpassungen ENERCON	19.11.2021	VV	PB

Prüfstempel / Certification Stamp

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-2 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

ZUGELASSEN FÜR EINSATZ IN DEUTSCHLAND
TÜV NORD CERT

Turmtyp / Tower type:
E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / content:
Bewehrungsplan 2 Ortbetonfundament /
Reinforcement drawing 2 cast-in-place-foundation

Flachgründung (Fg) / Flat foundation (Ff)

Gezeichnet / Prepared:	Geprüft /Reviewed:	Freigegeben /Approved:
27.09.2021 VV	27.09.2021 PB	27.09.2021 CG

Maßstab / scale:	Plan-Nr. / plan no.:	Blattgröße/Schreibgröße/ size:	Projekt-Nr. / project number:
wie angezeigt / as shown	D02421771/2.0	DIN A0	E21-026 Ff

Technisches Datenblatt
Technical data sheet

E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

Flachgründung
Flat Foundation

WZ S GKII (DIBt, Fassung Oktober 2012)
WK SA (IEC 61400-1, 4rd Edition, 2019)

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

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-2 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

ENERCON
ENERGY FOR THE WORLD

Freigabe: 2022-02-01 12:09

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: Momme Janssen, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, 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: Momme Janssen, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, 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.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

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.

Freigabe: 2022-02-01 12:09

Dokumentinformation / Document details

Dokument-ID Document ID	D02393170/4.0
Vermerk Note	Originaldokument Original document

Datum Date	**Sprache** Language	**DCC**	**Werk / Abteilung** Plant / Department
2020-10-067	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./ 2021-06-07	Übersetzt/Datum: Translated/Date:	
Geprüft/Datum: Checked/Date:	Villada Gonzalez, J./ 2021-06-07	Geprüft/Datum: Checked/Date:	

Revisionen / Revisions

Rev.	Datum/Date	Änderung/Change	Erstellt/Created
0	2021-06-07	Dokument erstellt Document created	MAB
1	2021-06-22	Lasten, Bodenkennwerte und die Windzone angepasst / Loads, Ground parameters and the Wind zone adjusted	JAV
2	2021-08-04	Entwurf entfernt / remove preliminary	MAB
3	2021-10-21	Stahlgewicht / Steel weight	EKA
4	2022-01-27	Stahlgewicht / Steel weight	EKA

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.

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

1 Allgemeine Angaben / General information

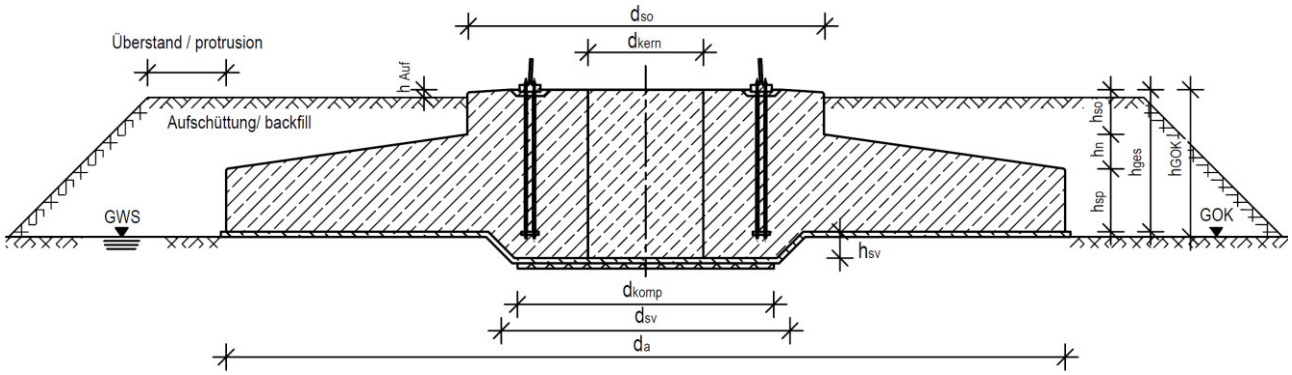
Statische Berechnung	H+P Ingenieure GmbH	*Structural analysis*
Flachgründung	Ø 20,10 m	*Flat foundation*
Dokument ID	D02190566	*Document ID*

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK
TÜV NORD CERT
VON WINDENERGIEANLAGEN

Freigabe: 2022-02-01 12:09

2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

Außendurchmesser	d_a	20,10	m	***Outer diameter***
Sockeldurchmesser	d_{so}	9,00	m	***Base diameter***
Durchmesser Fundamentkern	d_{kern}	4,50	m	***Diameter of foundation core***
Durchmesser kompressible Einlage	d_{komp}	9,00	m	***Compressible layer diameter***
Fundamenthöhe	h_{ges}	2,90	m	***Foundation height***
Sockelhöhe	h_{so}	0,65	m	***Base height***
Höhe Spornneigung	h_n	1,15	m	***Spur incline height***
Spornhöhe	h_{sp}	1,10	m	***Spur height***
Höhe OK Fundament bis OK Aufschüttung	h_{Auf}	0,15	m	***Height from top of foundation to top of backfill***
Höhe OK Fundament bis OK Gelände	h_{GOK}	3,00	m	***Height from top of foundation to ground level***
Mittlerer Durchmesser Sohlvertiefung	d_{sv}	9,50	m	***Average diameter of bottom pit***
Höhe Sohlvertiefung	h_{sv}	0,50	m	***Height of bottom pit***
Betongüte und Volumen	C 35/45	626	m³	***Concrete quality and volume***
Stahlgewicht, ohne Arbeitsfuge	B 500B	51.5	t	***Steel weight, without construction joint***
Stahlgewicht, mit Arbeitsfuge	B 500B	62.2	t	***Steel weight, with construction joint***
Stahlgewicht, ohne Arbeitsfuge	B 400B	51.2	t	***Steel weight, without construction joint***
Stahlgewicht, mit Arbeitsfuge	B 400B	62.0	t	***Steel weight, with construction joint***



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

The 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.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

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

Freigabe: 2022-02-01 12:09

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:

Min. Bodendrehfederkonstante / Min. value of rotational spring	**$k_{\varphi,stat}$ = 18750 MNm/rad**
	$k_{\varphi,dyn}$ = 150000 MNm/rad

Die erforderlichen dynamischen Steifemodule $E_{oed,dyn}$ ergeben sich für Kreisfundamente wie folgt:

The required dynamic stiffness moduli $E_{oed,dyn}$ result for circular foundations as follows:

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

Unter Berücksichtigung von:

Under consideration of:

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

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 25 Jahren, bezogen auf den Außendurchmesser:

Maximum allowed misalignment due to subsoil settlement within 25 years, related to the outer foundation 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:

max σ_k = 265 kN/m²

6 Sohlreibungswinkel / Angle of internal friction

Mindestreibungswinkel zwischen Baugrund und Fundament:

Minimum angle of internal friction between subsoil and foundation:

ϕ = 20°

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

Freigabe: 2022-02-01 12:09

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK
TÜV NORD CERT
VON WINDENERGIEANLAGEN

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 = 16 kN/m³ (Boden) im erdfeuchten Zustand.

The F_Z loads specified here include a dead weight of foundation γ = 25 kN/m³ and a backfill weight γ = 16 kN/m³ (soil) in earth-moist condition.

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**
NTM DLC D.3	(1.00/1.00)	690	-26444	-25491	71201	-
N / T / DLC 8.2	(1.00/1.00)	940	-26444	-25491	99676	-9150
N / A / T	(1.00/1.00)	1130	-26444	-25491	116477	-9950

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,00)

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

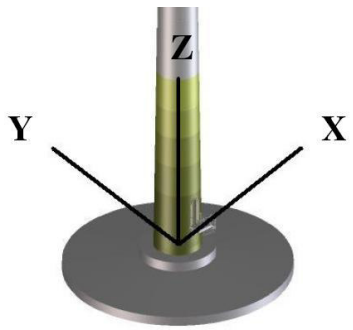
7.2 Bemessungswerte der Lastfälle / Load case design values

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)	1330	-34156	-22885	132857	-12350

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

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

8 Koordinatensystem / Coordinate system



PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

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

Freigabe: 2022-02-01 12:09

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 -

Prüfbescheid zur Typenprüfung

Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01, DIBt Windzone S, Geländekategorie S

- Tiefgründung, D=16,60 m -

Prüfbescheid Nr.:	T-7005/22-3 Rev. 0
Gegenstand der Prüfung:	Standsicherheit der Tiefgründung für die oben genannte Windenergieanlage gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015)
Anlagenhersteller (Antragsteller):	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland
Dokumentation:	H+P Ingenieure GmbH Kackertstraße 10 52072 Aachen Deutschland ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland
Geltungsdauer bis:	30.11.2027

Dieser Prüfbescheid wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Eine Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Prüfbescheids ist nur nach vorheriger, schriftlicher Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Anlagenherstellers bzw. Antragstellers gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist nicht gestattet. Dieser Prüfbescheid gilt nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung [1.2.1].

Der Prüfbescheid umfasst 11 Seiten und 6 Anlagen, die Bestandteil dieses Prüfbescheides sind.

Revision	Datum	Änderungen
0	18.11.2022	Erstausgabe

Inhaltsverzeichnis

0 Allgemeine Bestimmungen 3
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 7
4.3 Baustoffe 7
5 Prüfung 8
5.1 Umfang und Methodik 8
5.2 Anmerkungen zur Prüfung 8
5.3 Ergebnisse 8
5.4 Schnittstellen 8
6 Auflagen 10
7 Zusammenfassung 10

0 Allgemeine Bestimmungen

Dieser Prüfbescheid zur Typenprüfung beinhaltet als Ergänzung zum Prüfbescheid [1.2.1] die Tiefgründung des Hybrid-Stahlturms E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01.

Es gelten die Allgemeinen Bestimmungen des Prüfbescheids [1.2.1].

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Berechnungen

[1.1.1] H+P Ingenieure GmbH:
„STATISCHE BERECHNUNG TIEFGRÜNDUNG E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Projekt: E21-027“,
Dokument-Nr.: D02190552, Rev. 1.0, Datum: 02.02.2022

Anlagen zum Prüfbescheid zur Typenprüfung

Zeichnungen

[1.1.2] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Schalplan Übersicht Variante A: 30-x Ortbetonrammpfähle mit Ø51cm Tiefgründung (Tg) Projekt-Nr.: E21-027 Df“,
Zeichnungs-Nr.: D02421795, Rev. 1.0, Datum: 04.02.2022

[1.1.3] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Schalplan Übersicht Variante B: 24x Ortbetonrammpfähle mit Ø=56cm Tiefgründung (Tg) Projekt-Nr.: E21-027 Df“,
Zeichnungs-Nr.: D02421796, Rev. 1.0, Datum: 04.02.2022

[1.1.4] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Schalplan Übersicht Variante C: 14x Bohrpfähle mit Ø=100cm Tiefgründung (Tg) Projekt-Nr.: E21-027 Df“,
Zeichnungs-Nr.: D02421797, Rev. 1.0, Datum: 04.02.2022

[1.1.5] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Bewehrungsplan 1 Ortbetonfundament Tiefgründung (Tg) Projekt-Nr.: E21-027 Df“,
Zeichnungs-Nr.: D02421805, Rev. 1.0, Datum: 04.02.2022

[1.1.6] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Bewehrungsplan 2 Ort-betonfundament Tiefgründung (Tg) Projekt-Nr.: E21-027 Df“,
Zeichnungs-Nr.: D02421806, Rev. 1.0, Datum: 04.02.2022

Spezifikationen

[1.1.7] ENERCON GmbH:
„Technisches Datenblatt E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Tiefgründung WZ S GKII (DiBt, Fassung Oktober 2012)“,
Dokument-Nr.: D02411880, Rev. 3, Datum: 10.02.2022

1.2 Dazugehörige Dokumente

Turm

[1.2.1] TÜV NORD CERT GmbH:
„Prüfbescheid zur Typenprüfung Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, DIBt Windzone S, Geländekategorie S
- Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 -“,
Prüfbescheid Nr.: T-7005/22-1 Rev. 0, Datum: 18.11.2022

[1.2.2] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Fundamentlasten“,
Dokument-Nr.: D02378600, Rev. 2.2, Datum: 29.07.2021

[1.2.3] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage Fundamentkorb E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01“,
Dokument-Nr.: D02402550, Rev. 2.1, Datum: 29.07.2021

[1.2.4] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Fundamentkorb“,
Zeichnungs-Nr.: D02434516, Rev. 0.0, Datum: 05.08.2021

[1.2.5] H+P Ingenieure GmbH:
„Spannanweisung Fundamentkorb ENERCON E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Bauteil: Fundamentkorb“,
Dokument-Nr.: D02437082, Rev. 1.1, Datum: 30.05.2022

Spezifikationen

[1.2.6] ENERCON GmbH:
„Hinweise zur Bauausführung Turmtypen: E-XX EX/XX/XX/XX/XX &
E-XX EX/XX/XX/XX/XX Für alle Fundamenttypen“,
Dokument-Nr.: D0748193, Rev. 0a, Datum: 12.09.2018

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

Prüfung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08

[1.2.8] ENERCON GmbH:
„Stellungnahme Verwendbarkeit IEC ed.3 anstatt IEC ed.4 für ENERCON WEA“,
Dokument-Nr.: D02759428, Rev. 0.0, Datum: 06.09.2022

[1.2.9] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3 IEC 61400-1 Ed. 3 - Diverse Komponenten -“,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119616205-100 D II Rev. 0, Datum: 14.11.2022

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 + A1:2015-03 + DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 + NA/A1:2015-12: „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“

[2.4] DIN EN 1997-1:2009-09 + 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] DIN EN 1998-1:2010-12 + DIN EN 1998-1/NA:2011-01:
„Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten“

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

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

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

3 Einleitung

Gegenstand dieses Prüfbescheids ist die Typenprüfung einer Tiefgründung, 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 Hybrid-Stahlturms E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01, welcher in [1.2.1] geprüft wurde.

Das Kreisfundament weist einen Außendurchmesser von 16,60 m auf und ist für die folgenden Pfahlvarianten ausgelegt:

Variante A: 30 Ortbetonrammpfähle mit Ø 51 cm
Variante B: 24 Ortbetonrammpfähle mit Ø 56 cm
Variante C: 14 Bohrpfähle mit Ø 100 cm

Unterhalb des Sockels befindet sich eine 50 cm dicke Fundamentvertiefung. Die Gesamthöhe des Sockels inkl. der Vertiefung beträgt 3,40 m. Die Fundamentsohle, bzw. die Oberkante der Fundamentvertiefung, liegt wegen der Sauberkeitsschicht 10 cm über der Oberkante des umgebenden Geländes.

Der Turm ist über einen Ankerkorb mit dem Fundament verbunden.

Weitere Details können den Schalplänen [1.1.2] bis [1.1.4] und dem Fundamentdatenblatt [1.1.7] (siehe Abschnitt 1.1) entnommen werden.

Die folgende Anlagenkonfiguration wurde bei der Prüfung des Fundaments berücksichtigt:

Nr.	WEA Bezeichnung	Nabenhöhe	Max. Nennleistung	Rotorblatt	Windzone (DIBt 2012)	Geländekategorie	Fundamentnachweise
1	E-138 EP3 E3	110,396 m	4260 kW	E-138 EP3-RB-02	WZ S	GK S	[1.1.1]

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 worden:

Nr.	WEA Bezeichnung	Naben-höhe	Max. Nenn-leistung	Rotor-blatt	Windzone (DIBt 2012)	Gelände-kategorie	spezifi-ziert in	geprüft in
1	E-138 EP3 E3	110,396 m	4260 kW	E-138 EP3-RB-02	WZ S	GK S	[1.2.2]	[1.2.1]

Tabelle 4.2: Lastannahmen

Die Auslegungslebensdauer beträgt 25 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden berücksichtigt (s. [1.2.1]).

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

Verkehrslasten im Bereich der Erdaufschüttung auf der Fundamentplatte wurden nicht berücksichtigt.

Das Fundament wurde mit und ohne Belastung aus Auftrieb berechnet. In der statischen Berechnung wurde angenommen, dass der maximale Wasserstand aus Schichten- und Oberflächenwasser oder Grundwasser 3,00 m unter der Oberkante des Fundamentsockels und somit auf Höhe des umgebenden Geländes liegt.

Die Werte der Vorspannung wurden [1.2.3] bis [1.2.5] entnommen und in [1.2.1] geprüft.

Zusätzlich zum Endzustand wurde ein Bauzustand mit Belastung aus Frischbetoneigengewicht nachgewiesen (s. [1.1.1]).

4.3 Baustoffe

In diesem Abschnitt werden die Hauptbaustoffe und -produkte der tragenden Bauteile aufgeführt. Weitere Details können den geprüften Anlagen (siehe Abschnitt 1.1) bzw. der Spezifikation [1.2.7] entnommen werden.

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 der eingereichten statischen Berechnung geführt und durch Vergleichsrechnung geprüft.

Die Windenergieanlage, der Turm und die Fundamente und wurden zunächst mit Einwirkungen nach DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12 ausgelegt und geprüft. Gemäß der gutachtlichen Stellungnahme [1.2.9] kann für die dort unter 1.2 aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die dazugehörige Prüfung von Turm und Gründung die Erfüllung der technischen Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.2] ebenfalls bestätigt werden.

Die Prüfung umfasst das Fundament sowie die Beton- und Bewehrungsnachweise im Bereich der Lasteinleitung.

Der Turm, die Stahlbauteile des Ankerkorbs, die innere Tragfähigkeit der Pfähle und die geotechnischen Nachweise (inklusive der äußeren Tragfähigkeit der Pfähle) sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Der Hybrid-Stahlturm und die Stahlbauteile des Ankerkorbs wurden in [1.2.1] geprüft.

Bei der Berechnung des Fundaments wurde die in den Schalplänen [1.1.2] bis [1.1.4] dargestellte, optionale Arbeitsfuge berücksichtigt.

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 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 Prüfbescheid [1.2.1] spezifizierten Anforderungen erfüllt.

5.4.2 Es wurde geprüft, ob die für die Beton- und Bewehrungsnachweise im Lasteinleitungsbereich angesetzten Geometrien mit den in [1.2.4] dargestellten Ankerkorb-Geometrien übereinstimmen.

Geotechnische Nachweise und Pfähle

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

5.4.4 Der Baugrund und das Pfahlsystem müssen die in [1.1.7] spezifizierten Anforderungen erfüllen.

5.4.5 Das Pfahlsystem wurde für eine Absetztiefe von 20 m berechnet, bezogen auf die Unterkante der Fundamentplatte. Die Pfahllänge kann je nach Baugrundbeurteilung und nach den örtlichen Bohr- bzw. Rammbedingungen variieren.

5.4.6 Für den Nachweis der äußeren Tragfähigkeit der Pfähle sind die in [1.1.7] angegebenen Bemessungslasten zu verwenden.

Montage & Inbetriebnahme

5.4.7 Hinsichtlich der Vorspannung der Ankerbolzen gelten die Anforderungen des Prüfbescheids [1.2.1].

5.4.8 Zusätzlich zum Endzustand wurde der Montagezustand des Turms (Lastfall-Gruppe DLC 8.1/8.2/8.3) mit Gondel und Rotor vor der Aufbringung der verdichteten Bodenaufschüttung nachgewiesen (s. [1.1.2] bis [1.1.4]).

Wiederkehrende Prüfungen / Wartungen

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

5.4.10 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.

Weiterbetrieb

5.4.11 Ist nach Ablauf der Auslegungslebensdauer ein Weiterbetrieb der Windenergieanlage geplant, so ist hierzu Kapitel 17 der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

6 Auflagen

Allgemeines

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

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

Fundament und Pfähle

6.3 Bei der Herstellung und Ausführung des Fundaments sind die Bestimmungen der DIN EN 13670, der DIN 1045-3 und der Spezifikation [1.2.6] zu beachten. Für den Beton sind Eignungs- und Güteprüfungen gemäß DIN 1045-2 in Verbindung mit DIN EN 206-1 durchzuführen.

6.4 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.

Anforderungen an den Baugrund

6.5 Die innere Tragfähigkeit der Pfähle muss für jeden Standort nachgewiesen werden. Die in [1.1.1] ermittelten und in [1.1.7] aufgeführten Pfahlbiegemomente und -querkräfte dienen lediglich der Vorbemessung und dürfen nicht für die Auslegung von Pfahlgründungen verwendet werden.

6.6 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 die Anforderungen der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [2.1].

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

Alle relevanten Schnittstellen (Turm/Fundament) wurden überprüft.

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

Dieser Prüfbescheid gilt nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung [1.2.1].

Der Leiter

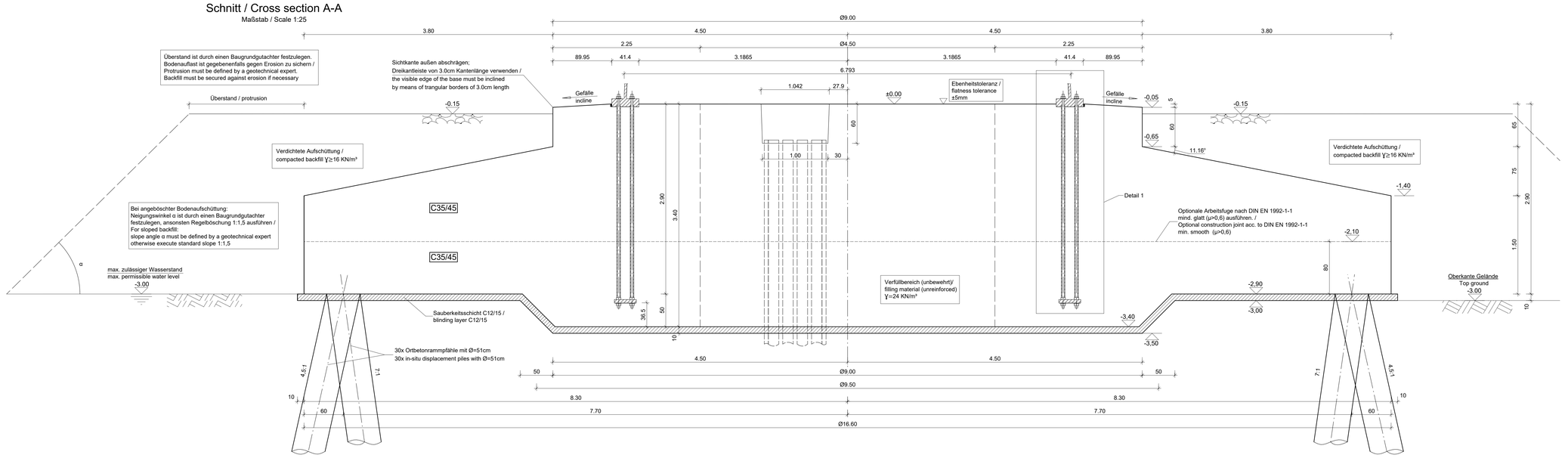
Dipl.-Ing. T. Krause

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN TÜV NORD CERT

An der Prüfung beteiligt:
B.Eng. / M.Sc. P. Roycroft

Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25



Draufsicht Fundament / Top view foundation

Variante / option A

30x Ortbetonrammpfähle mit Ø=51cm /
30x in-situ displacement piles with Ø=51cm

Maßstab / Scale 1:50

Detail 2

Maßstab / Scale 1:25

Angaben in [cm/m]

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.

Exemplarische Anschlussbewehrung Pfähle / Exemplary connecting reinforcement piles

Maßstab / Scale 1:25

Pfähle nach innen geneigt (7:1) / piles inclined inside (7:1)

Pfähle nach außen geneigt (4,5:1) / piles inclined outside (4,5:1)

Schnitt / Section B-B

Maßstab / Scale 1:25

Pos.	Anzahl/ Number gesamt/ total		Ø	Länge/ Lenght (m)	Gesamtlänge/ Subtotal length (m) B500B/B400B Ø12	B500B/B400B Ø25
101	210	12		1.65	346.50	
102	30	25		3.20		96.00
103	30	25		3.20		96.00
104	60	25		3.20		192.00
Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m)					346.50	384.00
Gewicht/ Mass (kg/m)					0.888	3.850
Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg)					307.69	1478.40
Total (kg)					1786.09	

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.

VARIANTE A (30 Pfähle) / Alternative A (30 piles)	
Pfahlbeanspruchungen im ULS / overview pile loads in ULS	
min N =	-2167 kN
max N =	646 kN
Pfahlbeanspruchungen im SLS / overview pile loads in SLS	
Pfahlbeanspruchungen Gruppe N/A/T, γ=1,0 / overview pile loads group N/A/T, γ=1,0	
min N =	-1812 kN
max N =	419 kN

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.
Die optionale Arbeitsfuge ist nach DIN EN 1992-1-1 mind. glatt (μ>0,6) auszuführen.
Eine entsprechende Tragfähigkeit des Baugrunds ist standortbezogen von einem verantwortlichen Baugrundsachverständigen zu bestätigen.

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.
Optional construction joint has to be carried out min. smooth (μ>0,6) acc. to DIN EN 1992-1-1
A load-bearing capacity of the subsoil has to be confirmed site-specific by a responsible soil expert.

Rammebene:
- Die Rammebene ist auf der Geländeoberkante und mit einer Höhe h=0,80m 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.

Verdichtete Aufschüttung / Compacted backfill:
Die statisch erforderliche dauerhafte Aufschüttung ist zum frühestmöglichen Zeitpunkt auf das Fundament aufzubringen und mit geeigneten Verfahren zu verdichten, um die angegebene Mindest-Bodenwichte im erdfeuchten Zustand zu erreichen. Nach Beendigung des Turmaufbaus, spätestens jedoch nach vollendeter Montage der Windenergieanlage, muss die verdichtete Aufschüttung auf dem Fundament vorhanden sein. Mit dem Aufbringen der Aufschüttung darf nicht bis zur Inbetriebnahme der Windenergieanlage gewartet werden. Bei prognostizierten extremen Windbedingungen ≥ 21 m/s (Beaufort 8) sind vorzeitig entsprechende Maßnahmen zu treffen.

The permanent backfill required for structural reasons must be applied to the foundation at the earliest possible time, and must be compacted by appropriate methods to attain the specified minimum soil unit weight in earth-moist condition. After finishing the tower erection, but at the latest after the completed installation of the wind turbine, the compacted backfill must be available on the foundation. It is not permitted to apply the compacted backfill just before putting the wind turbine into operation. If extreme wind conditions ≥ 21 m/s (Beaufort 8) are predicted, appropriate measures must be taken in advance.

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, 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.

Baugrundanforderungen:
- Die Baugrundparameter sind durch einen ortskundigen Baugrundgutachter festzulegen und mit den in der Statischen Berechnung angesetzten Parametern abzugleichen. H+P Ingenieure geht davon aus, dass eine standortbezogene Pfahlbemessung/Optimierung durchgeführt wird.
- Der maximale Grundwasserspiegel liegt auf Höhe der Geländeoberkante.
- 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.
- Die Pfahlbemessung inklusive der Bemessung der Anschlussbewehrung ist auf Grundlage der standortspezifischen Baugrundparameter durchzuführen.

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.
- The maximum permissible soil water level is at height of the ground level.
- 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 pile design including the design of the connecting reinforcement has to be carried out on the basis of the site-specific subsoil parameters.

Allgemeines:
- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Bemessungsgrundlage: DIN EN 1992-1-1/ NA Deutschland.
- 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 Oberkante des Geländes muss 3,00m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- 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.
- Das zyklische Erstbelastungsalter des Fundamentbetons muss mindestens 28 Tage betragen.
  Ggf. erhöhte Anforderungen gemäß Turm- bzw. Fundamentkonzept sind zu beachten.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier- und Rüstlöchern 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.
- Die optionale Arbeitsfuge in der Fundamentplatte ist nach DIN EN 1992-1-1 mindestens glatt (μ>0,6) auszuführen.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Es ist zwischen den Beteiligten und dem Bodengutachter abzustimmen, ob im konkreten Fall eine Fundamentbetonage ohne Arbeitsfuge erfolgen kann. Sofern eine Ausführung ohne Arbeitsfuge erfolgt, ist der Einbau der Positionen mit Positionsnummer >1000 nicht erforderlich. Im Falle einer Anordnung der im Schalplan dargestellten Arbeitsfuge ist die Bewehrung mit Positionsnummer >1000 zwingend erforderlich.
- 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 fct,eff = 0,7*fctm 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.
- Design basis: DIN EN 1992-1-1/NA Germany.
- Between subsoil and base a blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (blinding course) according to specifications ENERCON.
- The top ground surface must be 3,00m below the top of the foundation.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- 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.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be at least 28 days. If necessary, increased requirements according to tower or foundation basket structural analysis must be observed.
- 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 optional construction joint within the foundation has to be carried out at least smooth (μ>0,6) according to DIN EN 1992-1-1.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- It has to clarified between the geotechnical expert and involved parties if an execution without a construction joint is possible. In case of concreting without a construction joint reinforcement with numbers >1000 is not required.
  In case that the construction joint shown in the schuttering drawing is arranged the reinforcement with numbers >1000 is required.
- 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 fct,eff=0,7*fctm 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.	D02421795, D02421796, D02421797
Bewehrungszeichnung Nr. (B500B) / Reinforcement drawing no. (B500B)	D02421805, D02421806
Bewehrungszeichnung Nr. (B400B) / Reinforcement drawing no. (B400B)	D02421811, D02421812
separate Stabstahlliste B500B / separate steel bar list B500B	D02421807
separate Stabstahlliste B400B / separate steel bar list B400B	D02458307
Stabstahlliste Pfahlanschlussbewehrung Variante A bis C / separate steel bar list connection reinforcement piles option A to C	D02421800, D02421801, D02421802
Spezifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E21-027, D02190552 (B500B/B400B)

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

H+P Ingenieure GmbH (Hegger + Partner)
Kackertstraße 10
52072 Aachen

Index/ Index	Änderungen/ Changes	Datum/ Date	Gez. / Prep.	Gepr. / Rev.
-1.0	Allgemeine und konstruktive Anpassungen	04.02.2022	VV	PB

Prüfstempel / Certification Stamp

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-3 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

PRÜFBERICHT FÜR BAUTEILE DER WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

Turmtyp / Tower type:
E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / content:
Schalplan Übersicht Variante A: 30-x Ortbetonrammpfähle mit Ø51cm /
Shuttering drawing overview option A: 30x in-situ concrete displacement piles with Ø51cm

Tiefgründung (Tg) / Deep foundation (Df)

Gezeichnet / Prepared:	Geprüft /Reviewed:	Freigegeben /Approved:
05.11.2021 VV	05.11.2021 JL	05.11.2021 CG

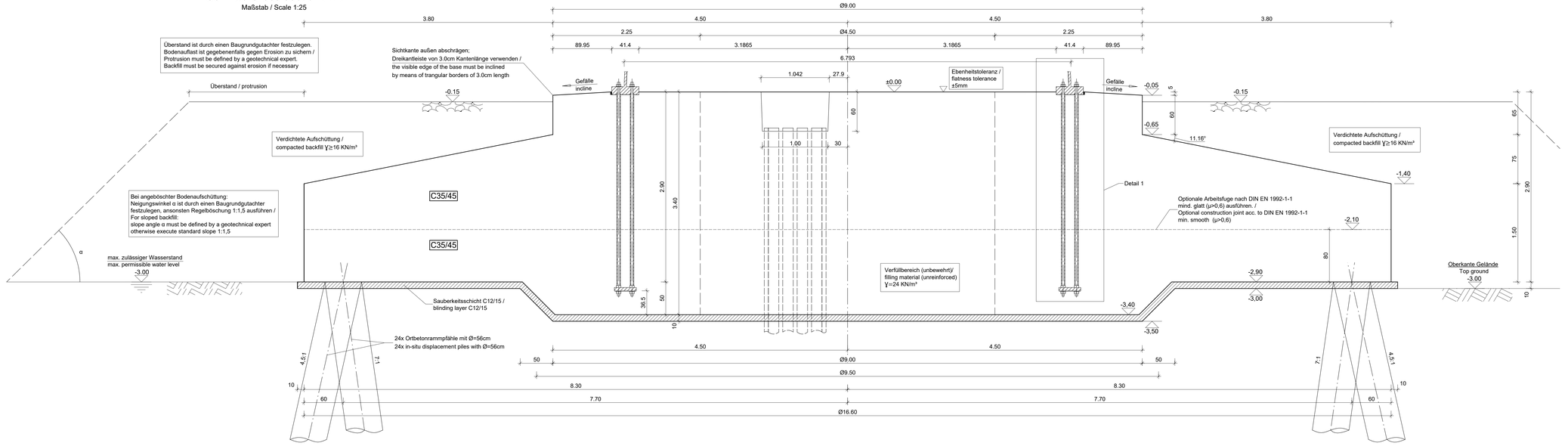
Maßstab / scale:	Plan-Nr. / plan no.:	Blattgröße/Scheet size	Projekt-Nr. / project number:
wie angezeigt / as shown	D02421795/1.0	DIN A0	E21-027 Df

Einbauteile / Cast-in Elements

Pos	Stück / Quantity	Bezeichnung / Description	Hersteller / Manufacturer
E1	1	Fundamentkorb / foundation basket	nach Angabe ENERCON acc. to ENERCON (ZNr. D02402550)

Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25

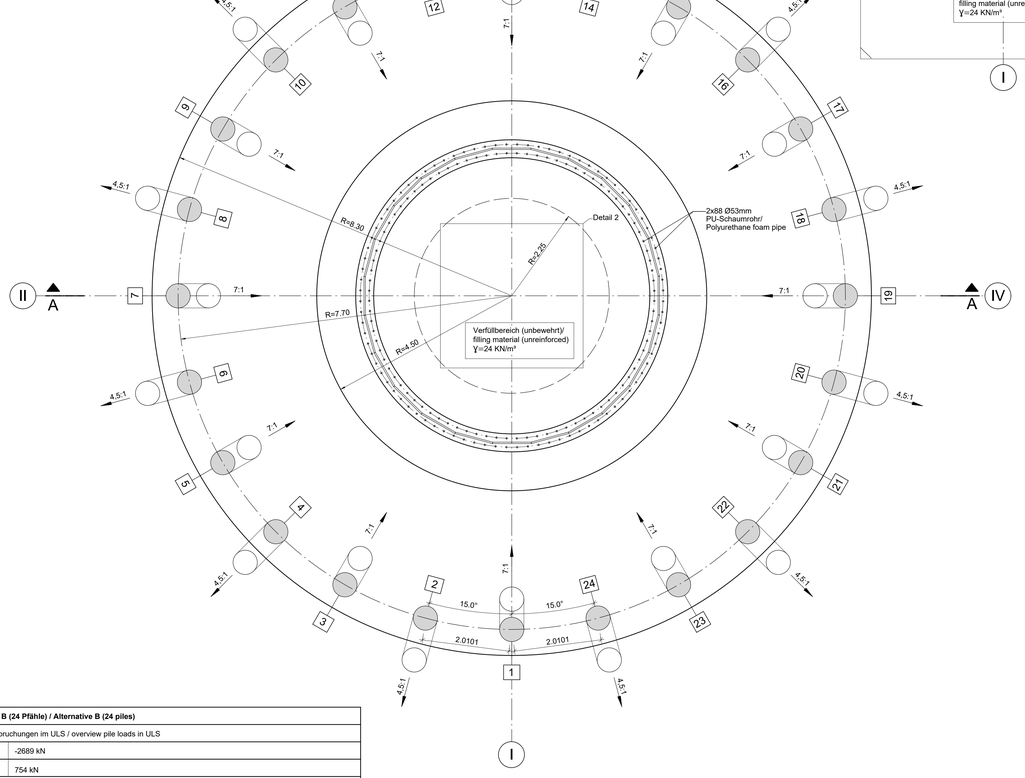


Draufsicht Fundament / Top view foundation

Variante / option B

24x Ortbetonrammpfähle mit Ø=56cm /
24x in-situ displacement piles with Ø=56cm

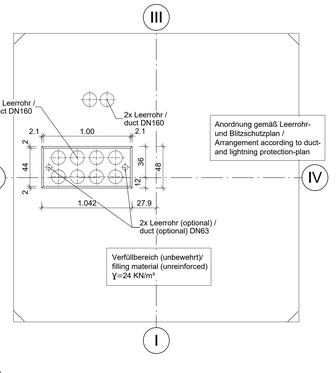
Maßstab / Scale 1:50



Detail 2

Maßstab / Scale 1:25

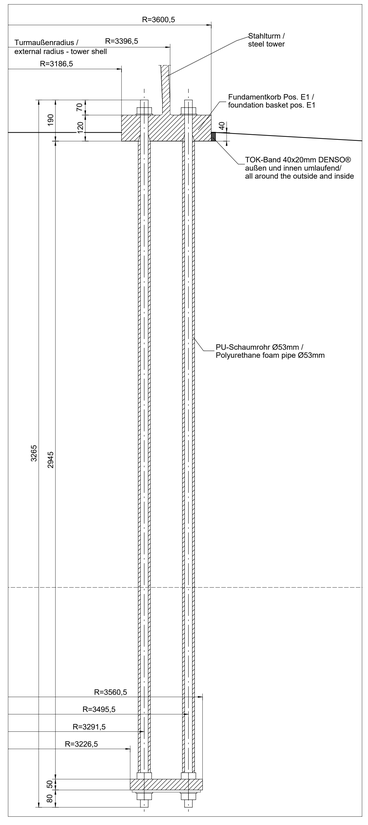
Angaben in [cm/m]



Detail 1

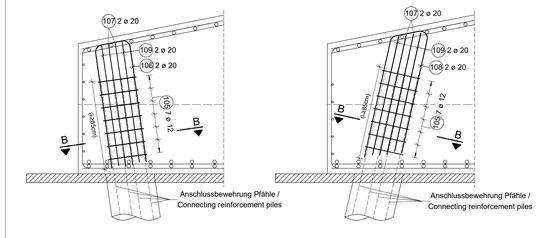
Maßstab / Scale 1:10

Angaben in [mm]



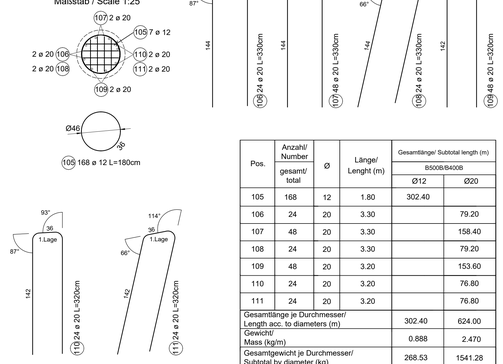
Exemplarische Anschlussbewehrung Pfähle / Exemplary connecting reinforcement piles

Maßstab / Scale 1:25



Schnitt / Section B-B

Maßstab / Scale 1:25



Pos.	Anzahl/ Number gesamt/ total		Ø	Länge/ Lenght (m)	Gesamtlänge/ Subtotal length (m) B500B/B400B	
					Ø12	Ø20
105	168	12	1.80	302.40		
106	24	20	3.30			79.20
107	48	20	3.30			158.40
108	24	20	3.30			79.20
109	48	20	3.20			153.60
110	24	20	3.20			76.80
111	24	20	3.20			76.80
Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m)					302.40	624.00
Gewicht/ Mass (kg/m)					0.888	2.470
Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg)					268.53	1541.28
Total (kg)					1809.81	

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

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.

VARIANTE B (24 Pfähle) / Alternative B (24 piles)	
Pfahlbeanspruchungen im ULS / overview pile loads in ULS	
min N =	-2689 kN
max N =	754 kN
Pfahlbeanspruchungen im SLS / overview pile loads in SLS	
Pfahlbeanspruchungen Gruppe N/A/T, γ=1,0 / overview pile loads group N/A/T, γ=1,0	
min N =	-2246 kN
max N =	480 kN

Einbauteile / Cast-in Elements

Pos	Stück / Quantity	Bezeichnung / Description	Hersteller / Manufacturer
E1	1	Fundamentkorb / foundation basket	nach Angabe ENERCON acc. to ENERCON (ZNr. D02402550)

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.
Die optionale Arbeitsfuge ist nach DIN EN 1992-1-1 mind. glatt (μ>0,6) auszuführen.
Eine entsprechende Tragfähigkeit des Baugrunds ist standortbezogen von einem verantwortlichen Baugrundsachverständigen zu bestätigen.

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.
Optional construction joint has to be carried out min. smooth (μ>0,6) acc. to DIN EN 1992-1-1
A load-bearing capacity of the subsoil has to be confirmed site-specific by a responsible soil expert.

Rammebene:
- Die Rammebene ist auf der Geländeoberkante und mit einer Höhe h=0,80m 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.

Verdichtete Aufschüttung / Compacted backfill:
Die statisch erforderliche dauerhafte Aufschüttung ist zum frühestmöglichen Zeitpunkt auf das Fundament aufzubringen und mit geeigneten Verfahren zu verdichten, um die angegebene Mindest-Bodenwichte im erdfeuchten Zustand zu erreichen. Nach Beendigung des Turmaufbaus, spätestens jedoch nach vollendeter Montage der Windenergieanlage, muss die verdichtete Aufschüttung auf dem Fundament vorhanden sein. Mit dem Aufbringen der Aufschüttung darf nicht bis zur Inbetriebnahme der Windenergieanlage gewartet werden. Bei prognostizierten extremen Windbedingungen ≥ 21 m/s (Beaufort 8) sind vorzeitig entsprechende Maßnahmen zu treffen.

The permanent backfill required for structural reasons must be applied to the foundation at the earliest possible time, and must be compacted by appropriate methods to attain the specified minimum soil unit weight in earth-moist condition. After finishing the tower erection, but at the latest after the completed installation of the wind turbine, the compacted backfill must be available on the foundation. It is not permitted to apply the compacted backfill just before putting the wind turbine into operation. If extreme wind conditions ≥ 21 m/s (Beaufort 8) are predicted, appropriate measures must be taken in advance.

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, 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.

Baugrundanforderungen:
- Die Baugrundparameter sind durch einen ortskundigen Baugrundgutachter festzulegen und mit den in der Statischen Berechnung angesetzten Parametern abzugleichen. H+P Ingenieure geht davon aus, dass eine standortbezogene Pfahlbemessung/Optimierung durchgeführt wird.
- Der maximale Grundwasserspiegel liegt auf Höhe der Geländeoberkante.
- 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.
- Die Pfahlbemessung inklusive der Bemessung der Anschlussbewehrung ist auf Grundlage der standortspezifischen Baugrundparameter durchzuführen.

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.
- The maximum permissible soil water level is at height of the ground level.
- 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 pile design including the design of the connecting reinforcement has to be carried out on the basis of the site-specific subsoil parameters.

Abseneines:
- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Bemessungsgrundlage: DIN EN 1992-1-1/ NA Deutschland.
- 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 Oberkante des Geländes muss 3,00m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- 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.
- Das zyklische Erstbelastungsalter des Fundamentbetons muss mindestens 28 Tage betragen.
  Ggf. erhöhte Anforderungen gemäß Turm- bzw. Fundamentkonbstatik sind zu beachten.
- 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.
- Die optionale Arbeitsfuge in der Fundamentplatte ist nach DIN EN 1992-1-1 mindestens glatt (μ>0,6) auszuführen.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Es ist zwischen den Beteiligten und dem Bodengutachter abzustimmen, ob im konkreten Fall eine Fundamentbetonage ohne Arbeitsfuge erfolgen kann. Sofern eine Ausführung ohne Arbeitsfuge erfolgt, ist der Einbau der Positionen mit Positionsnummer >1000 nicht erforderlich. Im Falle einer Anordnung der im Schalplan dargestellten Arbeitsfuge ist die Bewehrung mit Positionsnummer >1000 zwingend erforderlich.
- 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 fct,eff = 0,7*fctm 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.
- Design basis: DIN EN 1992-1-1/NA Germany.
- Between subsoil and base a blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (blinding course) according to specifications ENERCON.
- The top ground surface must be 3,00m below the top of the foundation.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- 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.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be at least 28 days. If necessary, increased requirements according to tower or foundation basket structural analysis must be observed.
- 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 optional construction joint within the foundation has to be carried out at least smooth (μ>0,6) according to DIN EN 1992-1-1.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- It has to clarified between the geotechnical expert and involved parties if an execution without a construction joint is possible. In case of concreting without a construction joint reinforcement with numbers >1000 is not required.
  In case that the construction joint shown in the schuttering drawing is arranged the reinforcement with numbers >1000 is required.
- 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 fct,eff=0,7*fctm 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.	D02421795, D02421796, D02421797
Bewehrungszeichnung Nr. (B500B) / Reinforcement drawing no. (B500B)	D02421805, D02421806
Bewehrungszeichnung Nr. (B400B) / Reinforcement drawing no. (B400B)	D02421811, D02421812
separate Stabstahlliste B500B / separate steel bar list B500B	D02421807
separate Stabstahlliste B400B / separate steel bar list B400B	D02493307
Stabstahlkorb/ Fertigschussbewehrung Variante A bis C / separate steel bar kit corrective reinforcement plan option A to C	D02421800, D02421801, D02421802
Spezifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E21-027, D02190552 (B500B/B400B)

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

IHP Ingenieure GmbH
(Hegger + Partner)
Kackertstraße 10
52072 Aachen

Index/ Index	Änderungen/ Changes	Datum/ Date	Gez. / Prep.	Gepr. / Rev.
-1.0	Allgemeine und konstruktive Anpassungen	04.02.2022	VV	PB

Prüfstempel / Certification Stamp

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-3 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

TÜV NORD CERT
BAUGRUNDGEGENÜBER

Turmtyp / Tower type:
E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

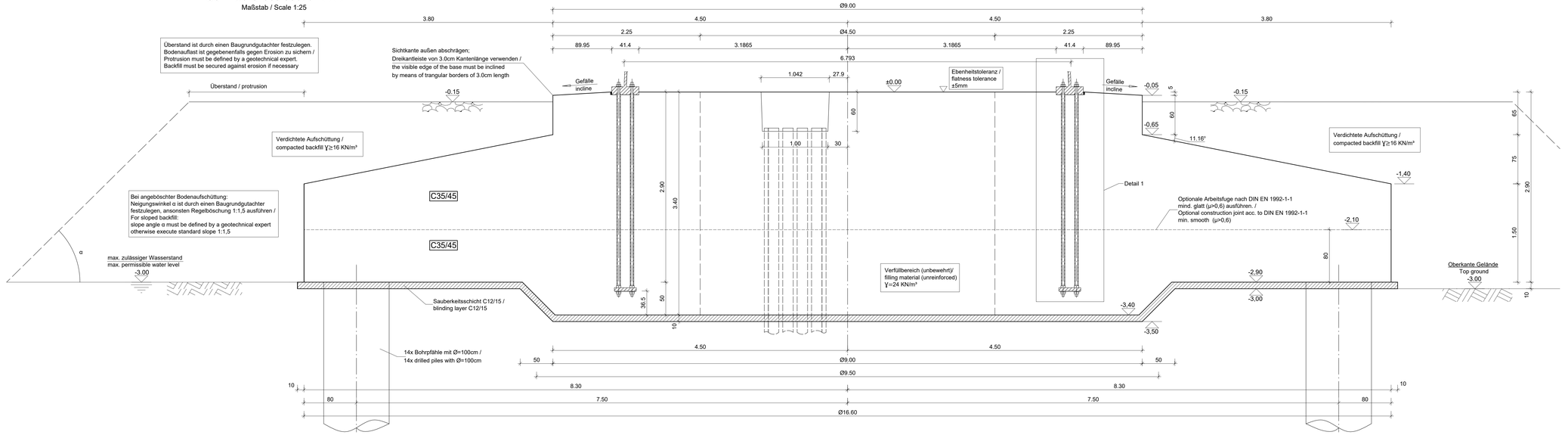
Planinhalt / content:
Schalplan Übersicht Variante B: 24x Ortbetonrammpfähle mit Ø=56cm /
Shuttering drawing overview option B: 24x in-situ concrete displacement piles with Ø=56cm

Twlfgründung (Tg) /
Deep foundation (DF)

Gezeichnet / Prepared:	Geprüft /Reviewed:	Freigegeben /Approved:
05.11.2021 VV	05.11.2021 JL	05.11.2021 CG
Maßstab / scale:	Plan-Nr. / plan no. :	Blattgröße/Schext size	Projekt-Nr. / project number :
wie angezeigt / as shown	D02421796/1.0	DIN A0	E21-027 Df

Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25



Draufsicht Fundament / Top view foundation

Variante / option C

14x Bohrpfähle mit Ø=100cm /

14x drilled piles with Ø=100cm

Maßstab / Scale 1:50

Detail 2

Maßstab / Scale 1:25

Angaben in [cm/m]

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.

Exemplarische Anschlussbewehrung Pfähle / Exemplary connecting reinforcement piles

Maßstab / Scale 1:25

Schnitt / Section B-B

Maßstab / Scale 1:25

Pos.	Anzahl/ Number gesamt/ total	Ø	Länge/ Lenght (m)	Gesamtlänge/ Subtotal length (m)	
				B500B/B400B	
				Ø12	Ø25
112	98	12	3.20	313.60	
113	28	25	3.75		105.00
114	28	25	3.65		102.20
115	28	25	3.75		105.00
116	28	25	3.65		102.20
Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m)				313.60	414.40
Gewicht/ Mass (kg/m)				0.888	3.850
Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg)				278.48	1595.44
Total (kg)				1873.92	

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.

VARIANTE C (14 Pfähle) / Alternative C (14 piles)	
Pfahlbeanspruchungen im ULS / overview pile loads in ULS	
min N =	-4427 kN
max N =	1218 kN
Pfahlbeanspruchungen im SLS / overview pile loads in SLS	
Pfahlbeanspruchungen Gruppe N/A/T, γ=1,0 / overview pile loads group N/A/T, γ=1,0	
min N =	-3702 kN
max N =	770 kN

Einbauteile / Cast-in Elements

Pos	Stück / Quantity	Bezeichnung / Description	Hersteller / Manufacturer
E1	1	Fundamentkorb / foundation basket	nach Angabe ENERCON acc. to ENERCON (ZNr. D02337740)

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.
Die optionale Arbeitsfuge ist nach DIN EN 1992-1-1 mind. glatt (μ>0,6) auszuführen.
Eine entsprechende Tragfähigkeit des Baugrunds ist standortbezogen von einem verantwortlichen Baugrundsachverständigen zu bestätigen.

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.
Optional construction joint has to be carried out min. smooth (μ>0,6) acc. to DIN EN 1992-1-1
A load-bearing capacity of the subsoil has to be confirmed site-specific by a responsible soil expert.

Rammebene:
- Die Rammebene ist auf der Geländeoberkante und mit einer Höhe h=0,80m 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.

Verdichtete Aufschüttung / Compacted backfill:
Die statisch erforderliche dauerhafte Aufschüttung ist zum frühestmöglichen Zeitpunkt auf das Fundament aufzubringen und mit geeigneten Verfahren zu verdichten, um die angegebene Mindest-Bodenwichte im erdfeuchten Zustand zu erreichen. Nach Beendigung des Turmaufbaus, spätestens jedoch nach vollendeter Montage der Windenergieanlage, muss die verdichtete Aufschüttung auf dem Fundament vorhanden sein. Mit dem Aufbringen der Aufschüttung darf nicht bis zur Inbetriebnahme der Windenergieanlage gewartet werden. Bei prognostizierten extremen Windbedingungen ≥ 21 m/s (Beaufort 8) sind vorzeitig entsprechende Maßnahmen zu treffen.

The permanent backfill required for structural reasons must be applied to the foundation at the earliest possible time, and must be compacted by appropriate methods to attain the specified minimum soil unit weight in earth-moist condition. After finishing the tower erection, but at the latest after the completed installation of the wind turbine, the compacted backfill must be available on the foundation. It is not permitted to apply the compacted backfill just before putting the wind turbine into operation. If extreme wind conditions ≥ 21 m/s (Beaufort 8) are predicted, appropriate measures must be taken in advance.

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, 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.

Baugrundanforderungen:
- Die Baugrundparameter sind durch einen ortskundigen Baugrundgutachter festzulegen und mit den in der Statischen Berechnung angesetzten Parametern abzugleichen. H+P Ingenieure geht davon aus, dass eine standortbezogene Pfahlbemessung/Optimierung durchgeführt wird.
- Der maximale Grundwasserspiegel liegt auf Höhe der Geländeoberkante.
- 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.
- Die Pfahlbemessung inklusive der Bemessung der Anschlussbewehrung ist auf Grundlage der standortspezifischen Baugrundparameter durchzuführen.

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 designoptimization is performed.
- The maximum permissible soil water level is at height of the ground level.
- 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 pile design including the design of the connecting reinforcement has to be carried out on the basis of the site-specific subsoil parameters.

Allgemeines:
- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Bemessungsgrundlage: DIN EN 1992-1-1/ NA Deutschland.
- 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 Oberkante des Geländes muss 3,00m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- 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.
- Das zyklische Erstbelastungsalter des Fundamentbetons muss mindestens 28 Tage betragen.
  Ggf. erhöhte Anforderungen gemäß Turm- bzw. Fundamentorbstatik sind zu beachten.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Beton- 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.
- Die optionale Arbeitsfuge in der Fundamentplatte ist nach DIN EN 1992-1-1 mindestens glatt (μ>0,6) auszuführen.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Es ist zwischen den Beteiligten und dem Bodengutachter abzustimmen, ob im konkreten Fall eine Fundamentbetonage ohne Arbeitsfuge erfolgen kann. Sofern eine Ausführung ohne Arbeitsfuge erfolgt, ist der Einbau der Positionen mit Positionsnummer >1000 nicht erforderlich. Im Falle einer Anordnung der im Schalplan dargestellten Arbeitsfuge ist das Bewehrung mit Positionsnummer >1000 zwingend erforderlich.
- 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 fct,eff = 0,7*fctm 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.
- Design basis: DIN EN 1992-1-1/NA Germany.
- Between subsoil and base a blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (blinding course) according to specifications ENERCON.
- The top ground surface must be 3,00m below the top of the foundation.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- 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.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be at least 28 days. If necessary, increased requirements according to tower or foundation basket structural analysis must be observed.
- 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 optional construction joint within the foundation has to be carried out at least smooth (μ>0,6) according to DIN EN 1992-1-1.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- It has to clarified between the geotechnical expert and involved parties if an execution without a construction joint is possible. In case of concreting without a construction joint reinforcement with numbers >1000 is not required.
  In case that the construction joint shown in the schuttering drawing is arranged the reinforcement with numbers >1000 is required.
- 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 fct,eff=0,7*fctm 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.	D02421795, D02421796, D02421797
Bewehrungszeichnung Nr. (B500B) / Reinforcement drawing no. (B500B)	D02421805, D02421806
Bewehrungszeichnung Nr. (B400B) / Reinforcement drawing no. (B400B)	D02421811, D02421812
separate Stabstahlliste B500B / separate steel bar list B500B	D02421807
separate Stabstahlliste B400B / separate steel bar list B400B	D02458307
Stabstahlkorb/ Rahmenschussbewehrung Variante A bis C / separate steel bar kit corner/torr reinforcement plan option A to C	D02421800, D02421801, D02421802
Spezifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E21-027, D02190552 (B500B/B400B)

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

IHP Ingenieure GmbH
(Hegger + Partner)
Kackertstraße 10
52072 Aachen

Index/ Index	Änderungen/ Changes	Datum/ Date	Gez./ Prep.	Gepr./ Rev.
-1.0	Allgemeine und konstruktive Anpassungen	04.02.2022	VV	PB

Prüfstempel / Certification Stamp

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-3 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022
TÜV NORD CERT
GEPRÜFT FÜR EIGENSICHERUNG ANLAGENBESCHEINIGUNG

Turmtyp / Tower type:
E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

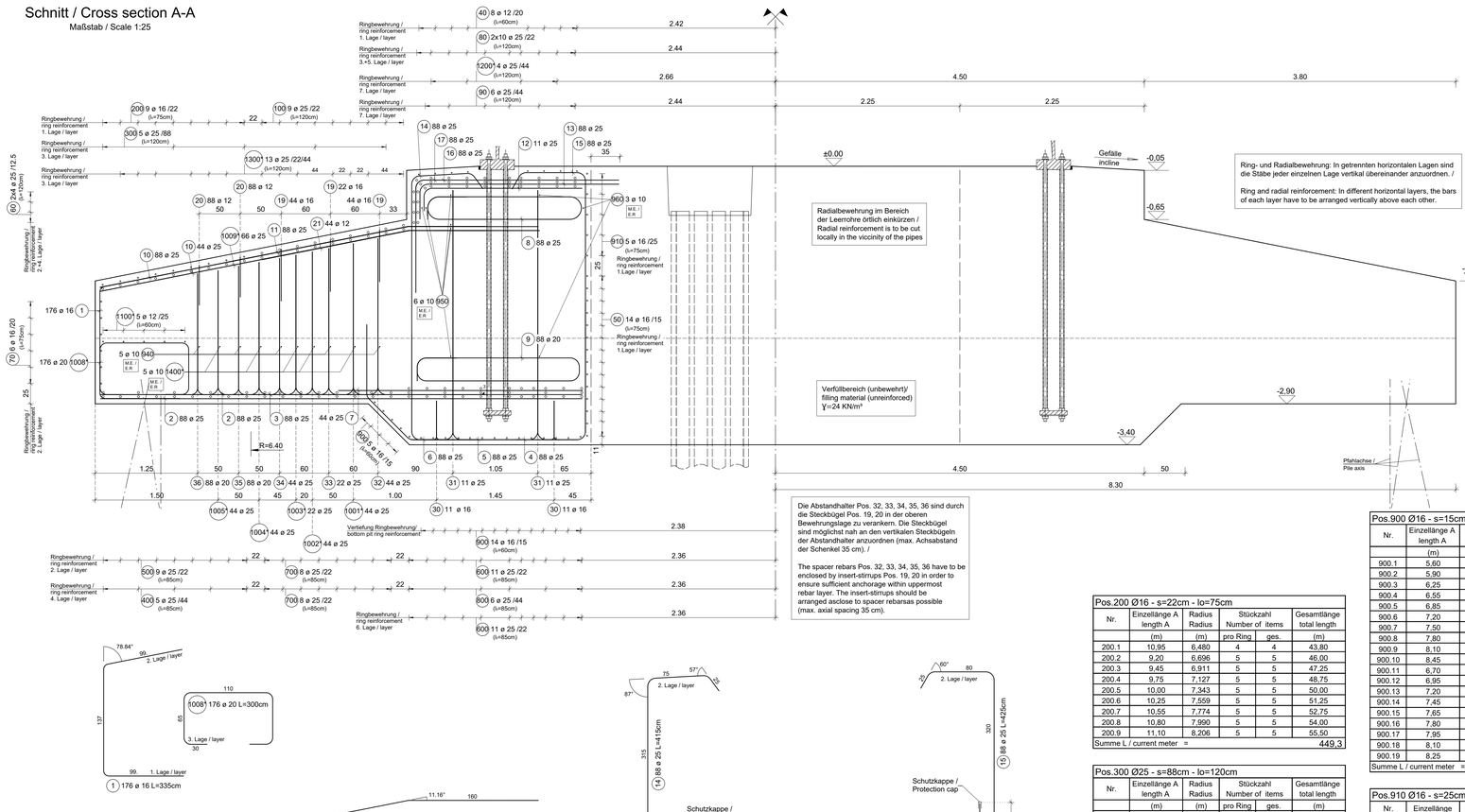
Planinhalt / content:
Schalplan Übersicht Variante C: 14x Bohrpfähle mit Ø=100cm /
Shuttering drawing overview option C: 14x drilled piles with Ø=100cm

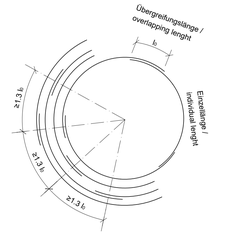
Twlfgründung (Tg) /
Deep foundation (DF)

Gezeichnet / Prepared:	Geprüft /Reviewed:	Freigegeben /Approved:
05.11.2021 VV	05.11.2021 JL	05.11.2021 CG
Maßstab / scale:	Plan-Nr. / plan no. :	Blattgröße/Schext size	Projekt-Nr. / project number :
wie angezeigt / as shown	D02421797/1.0	DIN A0	E21-027 Df

Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25





Stöße sind umlaufend örtlich zu versetzen >1.3 l₀/
change arrangements circumferentially > 1.3 l₀

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

Stahlliste / Steel schedule

Pos.	Anzahl/ Number gesamt/ total	Ø	Länge/ Lenght (m)	Gesamtlänge/ Subtotal length (m)				
				B500B				
				Ø10	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25
1	176	16	3.35			589.60		
2	176	25	5.90					1038.40
3	88	25	4.70					413.60
4	88	25	3.85					338.80
5	88	25	3.05					268.40
6	88	25	2.20					193.60
7	44	25	3.00					132.00
8	88	25	5.20					457.60
9	88	20	5.40				475.20	
10	132	25	5.45					719.40
11	88	25	4.80					422.40
12	11	25	2.25					24.75
13	88	25	2.90					255.20
14	88	25	4.15					365.20
15	88	25	4.25					374.00
16	88	25	3.00					264.00
17	88	25	1.80					158.40
19	110	16	1.65			181.50		
20	176	12	1.35		237.60			
21	44	12	5.45		239.80			
30	22	16	1.93			42.46		
31	22	25	7.09					155.98
32	44	25	4.81					211.64
33	22	25	4.57					100.54
34	44	25	4.33					190.52
35	88	20	4.13				363.44	
36	88	20	3.95				347.60	
40	8	12	lfdM		187.20			
50	14	16	lfdM			235.20		
60	8	25	lfdM					259.20
70	6	16	lfdM			333.00		
80	20	25	lfdM					516.10
90	6	25	lfdM					154.00
100	9	25	lfdM					352.20
200	9	16	lfdM			449.30		
300	5	25	lfdM					234.30
400	5	25	lfdM					251.50
500	9	25	lfdM					453.00
600	22	25	lfdM					532.10
700	16	25	lfdM					604.80
800	6	25	lfdM					146.20
900	19	16	lfdM			482.80		
910	5	16	lfdM			84.00		
940	5	10	lfdM	200.70				
950	6	10	lfdM	168.60				
960	3	10	lfdM	56.60				
Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m)				425.90	664.60	2397.86	1186.24	9587.83
Gewicht/ Mass (kg/m)				0.617	0.888	1.580	2.470	3.850
Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg)				262.78	590.16	3788.62	2930.01	36913.15
Total (kg)				44484.72				

Stahlliste / Steel schedule

Erforderliche Zusatzbewehrung im Falle einer Ausführung mit Arbeitsfuge/
Required additional reinforcement in case that a construction joint is arranged

Pos.	Anzahl/ Number gesamt/ total	Ø	Länge/ Lenght (m)	Gesamtlänge/ Subtotal length (m)			
				B500B			
				Ø10	Ø12	Ø20	Ø25
1001	44	25	4.69				206.36
1002	44	25	4.49				197.56
1003	22	25	4.41				97.02
1004	44	25	4.23				186.12
1005	44	25	4.03				177.32
1008	176	20	3.00			528.00	
1009	66	25	4.80				316.80
1100	5	12	lfdM		258.00		
1200	4	25	lfdM				103.50
1300	13	25	lfdM				591.20
1400	5	10	lfdM	199.60			
Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m)				199.60	258.00	528.00	1875.88
Gewicht/ Mass (kg/m)				0.617	0.888	2.470	3.850
Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg)				123.15	229.10	1304.16	7222.14
Total (kg)				8878.55			

Allgemeines:
- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Bemessungsgrundlage: DIN EN 1992-1-1/ NA Deutschland
- 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 Oberkante des Geländes muss 3,00m unterhalb der Fundamentberkante liegen.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- 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.
- Das zyklische Ermüdungsalter des Fundamentbetons muss mindestens 28 Tage betragen.
  Ggf. erhöhte Anforderungen gemäß Turm- bzw. Fundamentorbstatik sind zu beachten.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier- und Rüttellücken anzuordnen.
  Der Beton ist mit Hilfe von Einbauöhren 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.
- Die optionale Arbeitsfuge in der Fundamentplatte ist nach DIN EN 1992-1-1 mindestens glatt (μ=0,6) auszuführen.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Es ist zwischen den Beteiligten und dem Bodengutachter abzustimmen, ob im konkreten Fall eine Fundamentbetonage ohne Arbeitsfuge erfolgen kann. Sofern eine Ausführung ohne Arbeitsfuge erfolgt, ist der Einbau der Positionen mit Positionsnummer >1000 nicht erforderlich. Im Falle einer Anordnung der im Schalplan dargestellten Arbeitsfuge ist die Bewehrung mit Positionsnummer >1000 zwingend erforderlich.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818181) 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 fct,eff = 0,7*fctm 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.
- Design basis: DIN EN 1992-1-1/NA Germany.
- Between subsoil and base a blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (blinding course) according to specifications ENERCON.
- The top ground surface must be 3,00m below the top of the foundation.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- 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.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be at least 28 days. If necessary, increased requirements according to tower or foundation basket structural analysis must be observed.
- 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 optional construction joint within the foundation has to be carried out at least smooth (μ=0,6) according to DIN EN 1992-1-1.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- It has to clarified between the geotechnical expert and involved parties if an execution without a construction joint is possible. In case of concreting without a construction joint reinforcement with numbers >1000 is not required. In case that the construction joint shown in the schuttering drawing is arranged the reinforcement with numbers >1000 is required.
- 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 fct,eff=0,7*fctm 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≥ gemäß DIN EN 1992-1-1
minimum mandrel diameter Dm≥ 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

Kreisfundament
circle foundation

Bauteil element	Beton concrete	Betonstahlsorte reinforcement steel	Überwachungsklasse monitoring class	Feuchtigkeitsklasse humidity class	Betonmenge concrete quantity (m³)
Fundament Foundation	C35/45	B500B	ÜK2	WF	499.09
Expositionsklasse exposure class	außen / external		innen / internal		---
	XC4,XF1,XA1		XC3		

Betondeckung / concrete cover

Vorhaltemaß / allowance			15 mm
Mindestwert Verlegemaß der 1. Bewehrungslage / nominal dimension of concrete cover for the 1. reinforcement layer	c_dev	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 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 of cement with low hydration heat	NW / (LH)
Konsistenzklasse im Bereich der Sohlverlsetzung und des unteren Ankerrings/ Consistency class in the area of the bottom pit and the lower anchor ring	F4 / S4
Konsistenzklasse im übrigen Fundament/ Consistency class in the rest of the foundation	F3 / S3
Es ist langsam erhärtender Beton zu verwenden/ Slow hardening concrete is to be used	rs0.3

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	----	----	----	22.67
Expositionsklasse exposure class	außen / external		innen / internal		----
	X0		X0		

Besondere Anforderungen / special requirements

----	----

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

Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation

Schalplan Nr. / shuttering drawing no.	D02421795, D02421796, D02421797
Bewehrungszeichnung Nr. (B500B) / Reinforcement drawing no. (B500B)	D02421805, D02421806
Bewehrungszeichnung Nr. (B400B) / Reinforcement drawing no. (B400B)	D02421811, D02421812
separate Stabstahlliste B500B / separate steel bar list B500B	D02421807
separate Stabstahlliste B400B / separate steel bar list B400B	D02458307
Stabstahlliste Pfahlanschlussbewehrung Variante A bis C separate steel bar list connection reinforcement pile option A to C	D02421800, D02421801, D02421802
Specifikation / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E21-027, D021950552 (B500B/B400B)

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Hegger + Partner
H+P Ingenieure GmbH (Hegger + Partner)
Kackertstraße 10
52072 Aachen

Index/ Index	Änderungen/ Changes	Datum/ Data	Gez./ Prep.	Gepr./ Rev.
-1.0	Allgemeine und konstruktive Anpassungen	04.02.2022	VV	PB

Prüfstempel / Certification Stamp

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-3 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

PRÜFNACHWEIS BAUGRUND
TÜV NORD CERT
OFFSHORE-ENERGIEANLAGEN

Turmtyp / Tower type:
E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / content:
Bewehrungsplan 1 Ortbetonfundament /
Reinforcement drawing 1 cast-in-place-foundation
Tiefgründung (Tgü) /
Deep foundation (DF)

Gezeichnet / Prepared:	Gepr/ft. Reviewed:	Freigegeben /Approved:
16.11.2021 VV	16.11.2021 JL	16.11.2021 CG

Maßstab / scale:	Plan-Nr. / plan no.:	Blattgröße/Scheet size:	Projekt-Nr. / project number:
wie angezeigt / as shown	D02421805/1.0	DIN A0	E21-027 Df

Pos.200 Ø16 - s=22cm - lo=75cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
200.1	10,95	6,480	4	4	43,80
200.2	9,20	6,696	5	5	46,00
200.3	9,45	6,911	5	5	47,25
200.4	9,75	7,127	5	5	48,75
200.5	10,00	7,343	5	5	50,00
200.6	10,25	7,559	5	5	51,25
200.7	10,55	7,774	5	5	52,75
200.8	10,80	7,990	5	5	54,00
200.9	11,10	8,206	5	5	55,50
Summe L / current meter =					449,3

Pos.300 Ø25 - s=88cm - lo=120cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
300.1	7,20	4,750	5	5	36,00
300.2	8,30	5,614	5	5	41,50
300.3	9,35	6,479	5	5	46,75
300.4	10,45	7,343	5	5	52,25
300.5	11,55	8,208	5	5	57,75
Summe L / current meter =					234,3

Pos.400 Ø25 - s=44cm - lo=85cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
400.1	11,00	6,450	4	4	44,00
400.2	9,55	6,890	5	5	47,75
400.3	10,10	7,330	5	5	50,50
400.4	10,65	7,770	5	5	53,25
400.5	11,20	8,200	5	5	56,00
Summe L / current meter =					251,5

Pos.500 Ø25 - s=22cm - lo=85cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
500.1	11,00	6,450	4	4	44,00
500.2	9,25	6,670	5	5	46,25
500.3	9,55	6,890	5	5	47,75
500.4	9,80	7,110	5	5	49,00
500.5	10,10	7,330	5	5	50,50
500.6	10,35	7,550	5	5	51,75
500.7	10,65	7,770	5	5	53,25
500.8	10,90	7,990	5	5	54,50
500.9	11,20	8,200	5	5	56,00
Summe L / current meter =					453,0

Pos.600 Ø25 - s=22cm - lo=85cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
600.1	5,80	2,360	3	6	34,80
600.2	6,30	2,580	3	6	37,80
600.3	6,75	2,800	3	6	40,50
600.4	7,05	2,950	3	6	42,30
600.5	7,35	3,100	3	6	44,10
600.6	7,70	3,250	3	6	46,20
600.7	8,40	3,590	3	6	50,40
600.8	6,85	3,810	4	8	54,80
600.9	7,20	4,030	4	8	57,60
600.10	7,55	4,250	4	8	60,40
600.11	7,90	4,470	4	8	63,20
Summe L / current meter =					532,1

Pos.700 Ø25 - s=22cm - lo=85cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
700.1	8,25	4,690	4	8	66,00
700.2	8,60	4,910	4	8	68,80
700.3	8,95	5,130	4	8	71,60
700.4	9,30	5,350	4	8	74,40
700.5	9,60	5,570	4	8	76,80
700.6	9,95	5,790	4	8	79,60
700.7	10,30	6,010	4	8	82,40
700.8	10,65	6,230	4	8	85,20
Summe L / current meter =					604,8

Pos.800 Ø25 - s=44cm - lo=85cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
800.1	5,80	2,360	3	3	17,40
800.2	6,75	2,800	3	3	20,25
800.3	7,65	3,240	3	3	22,95
800.4	8,40	3,590	3	3	25,20
800.5	7,20	4,030	4	4	28,80
800.6	7,90	4,470	4	4	31,60
Summe L / current meter =					146,2

Pos.900 Ø16 - s=15cm - lo=60cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
900.1	5,60	2,380	3	3	16,80
900.2	5,90	2,530	3	3	17,70
900.3	6,25	2,680	3	3	18,75
900.4	6,55	2,830	3	3	19,65
900.5	6,85	2,980	3	3	20,55
900.6	7,20	3,130	3	3	21,60
900.7	7,50	3,280	3	3	22,50
900.8	7,80	3,430	3	3	23,40
900.9	8,10	3,580	3	3	24,30
900.10	8,45	3,730	3	3	25,35
900.11	6,70	3,880	4	4	26,80
900.12	6,95	4,030	4	4	27,80
900.13	7,20	4,180	4	4	28,80
900.14	7,45	4,330	4	4	29,80
900.15	7,65	4,470	4	4	30,60
900.16	7,80	4,570	4	4	31,20
900.17	7,95	4,670	4	4	31,80
900.18	8,10	4,770	4	4	32,40
900.19	8,25	4,870	4	4	33,00
Summe L / current meter =					482,8

Pos.910 Ø16 - s=25cm - lo=75cm

Nr.	Einzellänge length	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
910	5,60	2,300	3	15	84,0
Summe L / current meter =					84,0

Pos.1100 Ø12 - s=25cm - lo=60cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
1100.1	9,70	7,210	5	5	48,50
1100.2	10,00	7,460	5	5	50,00
1100.3	10,30	7,710	5	5	51,50
1100.4	10,65	7,960	5	5	53,25
1100.5	10,95	8,210	5	5	54,75
Summe L / current meter =					258,0

Pos.1200 Ø25 - s=44cm - lo=120cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
1200.1	6,80	2,660	3	3	20,40
1200.2	7,70	3,100	3	3	23,10
1200.3	7,15	3,770	4	4	28,60
1200.4	7,85	4,210	4	4	31,40
Summe L / current meter =					103,5

Pos.1300 Ø25 - s=22;44cm - lo=120cm

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
1300.1	8,35	4,540	4	4	33,40
1300.2	9,05	4,970	4	4	36,20
1300.3	9,35	5,186	4	4	37,40
1300.4	9,70	5,401	4	4	38,80
1300.5	10,40	5,840	4	4	41,60
1300.6	8,85	6,056	5	5	44,25
1300.7	9,10	6,271	5	5	45,50
1300.8	9,65	6,700	5	5	48,25
1300.9	9,90	6,916	5	5	49,50
1300.10	10,20	7,131	5	5	51,00
1300.11	10,75	7,570	5	5	53,75
1300.12	11,00	7,786	5	5	55,00
1300.13	11,30	8,001	5	5	56,50
Summe L / current meter =					591,2

M.B. / E.R. Montagebewehrung / erection reinforcement

Pos.940 Ø10 - lo=60cm - Montage

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
940.1	8,20	4,830	4	4	32,80
940.2	9,15	5,430	4	4	36,60
940.3	10,10	6,030	4	4	40,40
940.4	10,90	6,530	4	4	43,60
940.5	9,45	7,030	5	5	47,25
Summe L / current meter =					200,7

Pos.950 Ø10 - lo=60cm - Montage

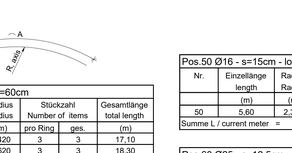
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
950.1	6,85	3,960	4	16	109,60
950.2	7,35	4,270	4	4	29,40
950.3	7,40	4,320	4	4	29,60
Summe L / current meter =					168,6

Pos.960 Ø10 - lo=60cm - Montage

Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
960.1	5,55	2,350	3	3	16,65
960.2	6,65	2,880	3	6	39,90
Summe L / current meter =					56,6

Pos.1400 Ø10 - lo=60cm - Montage

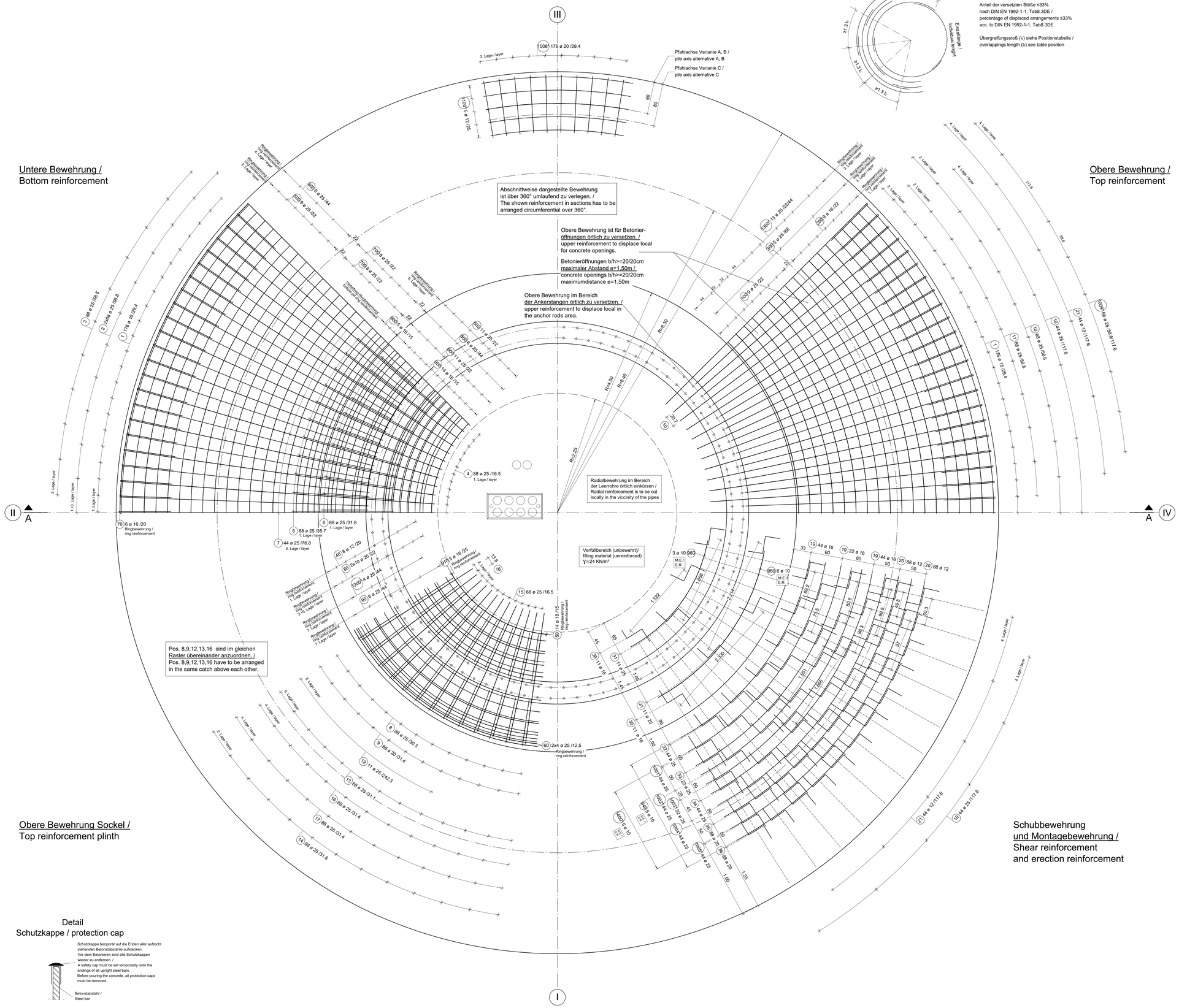
Nr.	Einzellänge A length A	Radius Radius	Stückzahl Number of items		Gesamtlänge total length
	(m)	(m)	pro Ring	ges.	(m)
1400.1	8,70	5,130	4	4	34,80
1400.2	9,45	5,630	4	4	37,80
1400.3	9,80	5,830	4	4	39,20
1400.4	10,50	6,280	4	4	42,00
1400.5	9,15	6,780	5	5	45,75
Summe L / current meter =					199,6



75
57
15
87
2. Lage / layer
4 88 ø 25 L=415cm
315
Schutzkappe / Protection c

Draufsicht Fundament / Top view foundation

Maßtab / Scale 1:25



Detail Schutzkappe / protection cap

Allgemeines:
- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Bemessungsgrundlage: DIN EN 1992-1-1/ NA Deutschland
- 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 Oberkante des Geländes muss 3,00m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- 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.
- Das zyklische Ermüdungsalter des Fundamentbetons muss mindestens 28 Tage betragen.
  Ggf. erhöhte Anforderungen gemäß Turm- bzw. Fundamentorbstatik sind zu beachten.
- 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.
- Die optionale Arbeitsfuge in der Fundamentplatte ist nach DIN EN 1992-1-1 mindestens glatt (μ>0,6) auszuführen.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Es ist zwischen den Beteiligten und dem Bodengutachter abzustimmen, ob im konkreten Fall eine Fundamentbetonage ohne Arbeitsfuge erfolgen kann. Sofern eine Ausführung ohne Arbeitsfuge erfolgt, ist der Einbau der Positionen mit Positionsnummer >1000 nicht erforderlich. Im Falle einer Anordnung der im Schalplan dargestellten Arbeitsfuge ist die Bewehrung mit Positionsnummer >1000 zwingend erforderlich.
- 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 fct,eff = 0,7*fctm 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.
- Design basis: DIN EN 1992-1-1/NA Germany.
- Between subsoil and base a blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (blinding course) according to specifications ENERCON.
- The top ground surface must be 3,00m below the top of the foundation.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- 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.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be at least 28 days. If necessary, increased requirements according to tower or foundation basket structural analysis must be observed.
- 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 optional construction joint within the foundation has to be carried out at least smooth (μ>0,6) according to DIN EN 1992-1-1.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- It has to clarified between the geotechnical expert and involved parties if an execution without a construction joint is possible. In case of concreting without a construction joint reinforcement with numbers >1000 is not required. In case that the construction joint shown in the schuttering drawing is arranged the reinforcement with numbers >1000 is required.
- 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 fct,eff=0,7*fctm 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

Kreisfundament
circle foundation

Bauteil element	Beton concrete	Betonstahlsorte reinforcement steel	Überwachungsklasse monitoring class	Feuchtigkeitsklasse humidity class	Betonmenge concrete quantity (m³)
Fundament Foundation	C35/45	B500B	ÜK2	WF	499.09

Expositionsklasse exposure class	außen / external	innen / internal	
	XC4,XF1,XA1	XC3	---

Betondeckung / concrete cover

Vorhaltemaß / allowance	Δ cdev		15 mm
Mindestwert Verlegemaß der 1. Bewehrungslage	cnom	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 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)
Konsistenzklasse im Bereich der Sohlverteilung und des unteren Ankerrings/ Consistency class in the area of the bottom pit and the lower anchor ring	F4 / S4
Konsistenzklasse im übrigen Fundament/ Consistency class in the rest of the foundation	F3 / S3
Es ist langsam erhärtender Beton zu verwenden/ Slow hardening concrete is to be used	rs0.3
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	

Sauberkeitsschicht
blinding layer

Bauteil element	Beton concrete	Betonstahlsorte reinforcement steel	Überwachungsklasse monitoring class	Feuchtigkeitsklasse humidity class	Betonmenge concrete quantity (m³)
	C12/15	----	----	----	22.67

Expositionsklasse exposure class	außen / external	innen / internal	
	X0	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.	D02421795, D02421796, D02421797
Bewehrungszeichnung Nr. (B100B) / Reinforcement drawing no. (B100B)	D02421805, D02421806
Bewehrungszeichnung Nr. (B400B) / Reinforcement drawing no. (B400B)	D02421811, D02421812
separate Stabstahlliste B100B / separate steel bar list B100B	D02421807
separate Stabstahlliste B400B / separate steel bar list B400B	D02458307
Stabstahlliste Pfahlanschlussbewehrung Variante A bis C / separate steel bar list connection reinforcement pile Option A to C	D02421800, D02421801, D02421802
Specification / Specification	
Statische Berechnung / Design calculations	E21-027, D02190552 (B500B/B400B)

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

IHP Ingenieure GmbH (Hegger + Partner)
Kackertstraße 10
52072 Aachen

Index/ Index	Änderungen/ Changes	Datum/ Date	Ges./ Prep.	Gepr./ Rev.
-1.0	Allgemeine und konstruktive Anpassungen	04.02.2022	VV	PB

Prüfstempel / Certification Stamp

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-3 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

TÜV NORD CERT
PRÜFSTAMM FÜR BAUSTOFFE

Turmtyp / Tower type:
E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

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

Gezeichnet / Prepared:	Geprüft /Reviewed :	Freigegeben /Approved :	
16.11.2021 VV	16.11.2021 JL	16.11.2021 CG	
Maßstab / scale :	Plan-Nr. / plan no. :	Blattgröße/Scheet size:	Projekt-Nr. / project number :
wie angezeigt / as shown	D02421806/1.0	DIN A0	E21-027 Df

Technisches Datenblatt
Technical data sheet

E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

Tiefgründung
Deep Foundation

WZ S GKII (DiBt, Fassung Oktober 2012)
WK SA (IEC 61400-1, 4rd Edition, 2019)

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

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-3 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

ENERCON
ENERGY FOR THE WORLD

Freigabe: 2022-02-10 13:18

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: Dr. Jürgen Zeschky, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, 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: Dr. Jürgen Zeschky, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, 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.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK
TÜV NORD
CERT
VON WINDENERGIEANLAGEN

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..

Freigabe: 2022-02-10 13:18

Dokumentinformation / Document details

Dokument-ID Document ID	D02411880/3.0
Vermerk Note	Originaldokument. Original document

Datum Date	**Sprache** Language	**DCC**	**Werk / Abteilung** Plant / Department
2021-07-01	de;en/en	DA	WRD / Türme und Fundamente WRD / Towers and Foundations

Ergänzende Angaben / Additional notes

Angaben zum Original (de;en) **Original document details**		**Angaben zur Übersetzung (--)** **Translation details**	
Erstellt/Datum: Created/Date:	Behrns, M. / 2021-07-01	Übersetzt/Datum: Translated/Date:	
Geprüft/Datum: Checked/Date:	Villada, J. / 2021-07-01	Geprüft/Datum: Checked/Date:	

Revisionen / Revisions

Rev.	Datum/Date	Änderung/Change	Erstellt/Created
0	2021-07-01	Dokument erstellt als Entwurf Document created as draft	MAB
1	2021-08-04	Entwurf entfernt / remove preliminary	MAB
2	2021-11-26	Stahlgewicht / Steel weight	EKA
3	2022-02-10	Stahlgewicht / Steel weight	EKA

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.

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

1 Allgemeine Angaben / General information

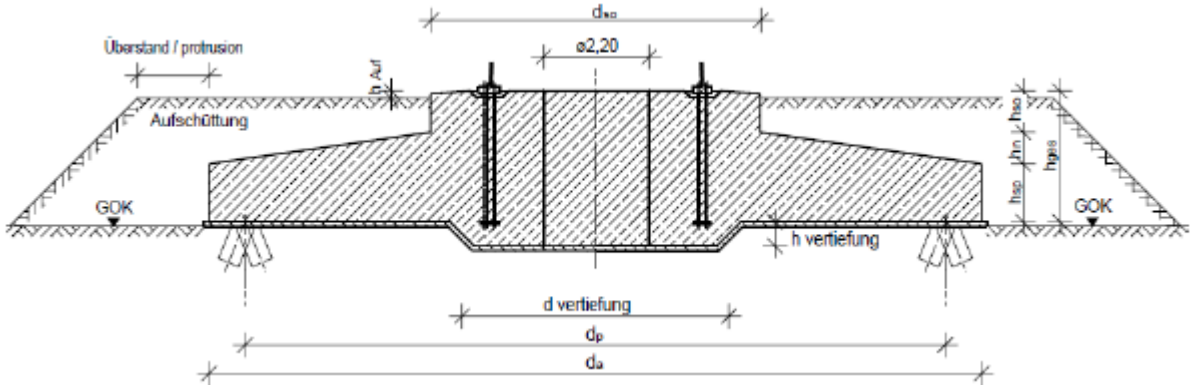
Typenstatik	H+P Ingenieure GmbH	*Design-specific structural analysis*
Tiefgründung	Ø 16,60 m	*Pile Foundation*
Auftrag / Datum	D02190552 / 19.11.2021	*Order no./ date*

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

Freigabe: 2022-02-10 13:18

2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

Außendurchmesser	d_a	16,60	m	***Outer diameter***
Sockeldurchmesser	d_{so}	9,00	m	***Base diameter***
Mittelblockdurchmesser (unbewehrt)	d_i	4,50	m	***Inner diameter (unreinforced)***
Pfahlkreisdurchmesser Var. A, B	d_p	15,40	m	***Pile ring diameter Var. A, B***
Pfahlkreisdurchmesser Var. C	d_p	15,00	m	***Pile ring diameter Var. C***
Fundamenthöhe	h_{ges}	2,90	m	***Foundation height***
Sockelhöhe	h_{so}	0,65	m	***Base height***
Höhe Spornneigung	h_n	0,75	m	***Spur incline height***
Spornhöhe	h_{sp}	1,50	m	***Spur height***
Differenz Fundamentoberkante - GOK	h_{GOK}	3,00	m	***Difference between foundation top edge and ground level***
Differenz Fundamentoberkante – Oberkante Aufschüttung	h_{Auf}	0,15	m	***Difference between foundation top edge and backfill***
Durmesser Fundamentvertiefung (gemittelt)	$d_{Vertiefung}$	9,50	m	***Diameter of foundation recess (averaged)***
Vertiefungshöhe	$h_{Vertiefung}$	0,50	m	***Recess height***
Höhe maximal zulässiger Grundwasserstand GWS über UK Sohlvertiefung	h_{GWS}	0,40	m	***Height of maximum permissible groundwater level GWL above bottom pit***
Betongüte und Volumen	C 35/45	501	m³	***Concrete quality and volume***
Stahlgewicht, ohne Arbeitsfuge	B 500B	46,4	t	***Steel weight, without construction joint***
Stahlgewicht, mit Arbeitsfuge	B 500B	55,3	t	***Steel weight, with construction joint***
Stahlgewicht, ohne Arbeitsfuge	B 400B	47,3	t	***Steel weight, without construction joint***
Stahlgewicht, mit Arbeitsfuge	B 400B	57,3	t	***Steel weight, with construction joint***



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.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

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

Freigabe: 2022-02-10 13:18

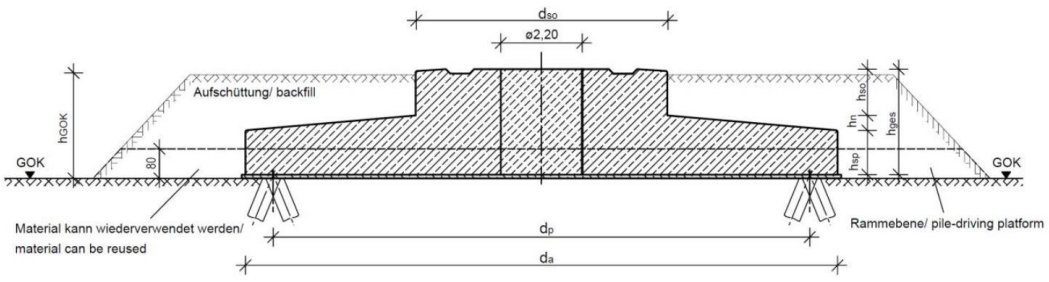
Pfähle /Piles:			
Variante A / Variant A:	**30 Fertigteilrammpfähle nach innen und nach außen geneigt 30 pre-cast driven piles inclined inwards and outwards**	a / b	45/45 cm
Variante A / Variant A:	**30 Ortbetonrammpfähle nach innen und nach außen geneigt 30 rammed in-situ concrete piles inclined inwards and outwards**	Ø	51 cm
Variante B / Variant B:	**24 Ortbetonrammpfähle nach innen und nach außen geneigt 24 rammed in-situ concrete piles inclined inwards and outwards**	Ø	56 cm
Variante C / Variant C:	**14 Bohrpfähle vertikal 14 bored piles vertical**	Ø	100 cm

2.1 Ergänzende Anforderungen für Tiefgründungen / Additional requirements for deep foundations

Bei allen Tiefgründungen mit Fertigteil- oder Ortbetonpfählen ist vor Beginn der Pfahlarbeiten eine Rammebene gemäß der folgenden Abbildungen vorzubereiten.
Die Rammebene ist auf der Geländeoberkante mit einer Höhe h=0,8 m herzustellen. Etwaige Änderungen an Höhe oder Ausführungsebene sind vor der Ausführung mit ENERCON abzusprechen, und von ENERCON freizugeben.
Die Planung der Rammebene obliegt dem verantwortlichen Baugrundgutachter. Dieser hat eine Aussage über das zu verwendende Material sowie über alle auf die Pfähle einwirkenden Zusatzbelastungen, z. B. durch Seitendruck oder Schrägauflast, zu treffen.

For all deep foundations with pre-cast or cast-in-situ concrete piles, a pile-driving plat-form according to the following illustrations must be prepared before piling works.
The pile-driving platform must be executed with a height h=0.80 m on top ground level. Possible changes of the height or the level of execution must be agreed with ENERCON before execution, and must be approved by ENERCON.
The geotechnical expert is responsible for planning the pile-driving platform. A statement about the material to be used for the platform, and also about additional loadings onto the piles, e. g. lateral pressure or sloped backfill, must be made by the geotechnical expert.

Tiefgründung mit Bodenaufschüttung / *deep foundation with backfill*



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

Freigabe: 2022-02-10 13:18

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

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 200 MN/m**

Es gelten folgende Beziehungen: *The following relations apply:*

$$\frac{1}{k_{\phi,Gesamt}} = \frac{1}{k_{\phi,Fundament}} + \frac{1}{k_{\phi,Pfahlsystem}}$$

$$\frac{1}{k_{\phi,Total}} = \frac{1}{k_{\phi,Foundation}} + \frac{1}{k_{\phi,Pilesystem}}$$

4 Zulässige Schiefstellung / Allowed misalignment

Maximal zulässige Schiefstellung infolge Baugrundsetzung in 25 Jahren bezogen auf den Pfahlkreisdurchmesser.

Maximum allowed misalignment due to subsoil settlement within 25 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.

Documented evidence of the structural safety of piles requires load-carrying analyses and proof of serviceability.

Die Pfähle sollten aufgrund der Zugbeanspruchung mindestens 5,0 m in den tragfähigen Baugrund (q_c > 7,5 MN/m²) einbinden.

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).

Durch einen Sachverständigen der Geotechnik kann diese Einbindetiefe reduziert werden.

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.*

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

Freigabe: 2022-02-10 13:18

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

5.1 Variante A: Fertigteilrammpfähle oder Ortbetonrammpfähle / Variant A: pre-cast driven piles or cast in-situ concrete piles

Querschnitt Breite/Breite oder	45/45 cm		*Cross section width/width or*
Querschnitt Durchmesser	51 cm		*Cross section diameter*
Anzahl	30		*Quantity*
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m		*Pile length (proof length in static calculation)*
Anzahl Neigung nach außen	15	4,5:1	*Quantity outward inclination*
Anzahl Neigung nach innen	15	7,0:1	*Quantity inward 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)	-717	-	-1095	**-1812**
Zug / *Tension*	(1.00/1.00)	-	-646	1065	**419**

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)	-867	-	-1300	**-2167**
Zug / *Tension*	(1.35/0.90)	-	-614	1260	**646**

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 STATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

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

Freigabe: 2022-02-10 13:18

5.2 Variante B: Ortbetonrammpfähle / Variant B: Rammed in-situ concrete piles

Querschnitt Durchmesser	56 cm		*Cross section diameter*
Anzahl	24		*Quantity*
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m		*Pile length (proof length in static calculation)*
Anzahl Neigung nach außen	12	4,5:1	*Quantity outward inclination*
Anzahl Neigung nach innen	12	7,0:1	*Quantity inward 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)	-896	-	-1351	**-2246**
Zug / *Tension*	(1.00/1.00)	-	-807	1287	**480**

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)	-1084	-	-1605	**-2689**
Zug / *Tension*	(1.35/0.90)	-	-768	1522	**754**

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 TÜV NORD CERT VON WINDENERGIEANLAGEN

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

Freigabe: 2022-02-10 13:18

5.3 Variante C: Bohrpfähle / Variant C: Bored piles

Querschnitt Durchmesser	100 cm	*Cross section diameter*
Anzahl	14	*Quantity*
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m	*Pile length (proof length in static calculation)*
Anzahl vertikal	14	*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)	-1535	-	-2167	**-3702**
Zug / *Tension*	(1.00/1.00)	-	-1384	2153	**770**

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)	-1858	-	-2569	**-4427**
Zug / *Tension*	(1.35/0.90)	-	-1316	2534	**1219**

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..

Freigabe: 2022-02-10 13:18

5.4 Bemessungswerte der Pfahlschnittgrößen/ Pile stress resultant design values

Anzahl Pfähle / number of piles		**A**	**B**	**C**
Horizontalkraft (Pfahloberkante) / *Horizontal force (top edge of pile)*	**Hd**	**67,8 kN**	**84,1 kN**	**206,3 kN**
Einspannmoment in der Platte / *Fixed-end moment in plate*	**Md**	**132,1 kNm***	**174,4 kNm***	**613,0 kNm***
Max. Moment in Pfahlmitte / *Max. moment at centre of pile*	**Md**	**124,0 kNm***	**162,7 kNm***	**619,2 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.

Diese Parameter sind für jeden Standort durch einen Baugrundgutachter zu überprüfen.

The calculation of the previously listed pile loads and pile stress resultants is based on the following assumed subsoil parameters. 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**	**30 MN/m²**	**3 MN/m²**	**30 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..
Freigabe: 2022-02-10 13:18

6 Lasten an der Fundamentunterkante / Loads at the bottom edge of the foundation

Die angegebenen F_Z-Lasten schließen das Fundamenteigengewicht γ = 25 kN/m³ und die Bodenauflast im Trockenzustand ein. Die Bodenauflast auf das Fundament wird mit γ_{Tr} = 16 kN/m³ angesetzt.

The F_Z loads indicated include the dead weight of the foundation γ = 25 kN/m³ and the soil weight in dry condition. Soil weight on the foundation is considered with γ_{dr} = 16 kN/m³.

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**
NTM DLC D.3	(1.00/1.00)	690	-20875	-19922	71201	3400
N / T / DLC 8.2	(1.00/1.00)	940	-20875	-19922	99676	-9150
N / A / T	(1.00/1.00)	1130	-20875	-19922	116477	-9950

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,00)

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

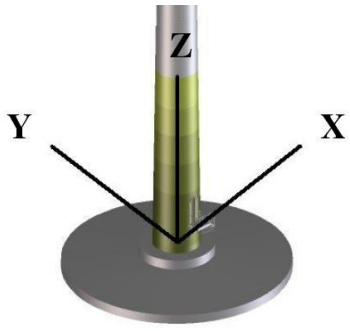
6.2 Bemessungswerte der Lastfälle / Load case design values

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)	1330	-26639	-17874	132857	-12350

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..

Freigabe: 2022-02-10 13:18

TÜV NORD CERT GmbH

Gutachtliche Stellungnahme

Windenergieanlage E-138 EP3 E3, RB E-138 EP3-RB-02, NH 110.396 m (E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01), DIBt WZ S, GK S

- Lastannahmen für Turm und Fundament -

TÜV NORD Bericht Nr.:	8119224863-1 D I Rev.0
Gegenstand der Prüfung:	Lastannahmen für die Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, Nabenhöhe 110.396 m (E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01) bezüglich der DIBt (2012) Windzone S, Geländekategorie S
Anlagenhersteller:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland

Diese Gutachtliche Stellungnahme umfasst 11 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen	Sachverständiger
0	06.09.2022	Erste Fassung	Simon Wiedemann

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente 3
1.1 Geprüfte Dokumente 3
1.2 Dazugehörige Dokumente 3
2 Prüfgrundlagen 4
3 Einleitung 4
4 Beschreibung der Windenergieanlage 5
4.1 Umgebungsbedingungen 5
4.2 Sicherheitsklasse 7
4.3 Beschreibung des Anlagenmodells 7
5 Durchgeführte Prüfungen 9
5.1 Prüfmethode 9
5.2 Anmerkungen 9
5.3 Prüfergebnis 10
5.4 Schnittstellen 10
6 Auflagen 11
7 Schlussfolgerung 11

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

[1.1.1] ENERCON GmbH:
Zertifizierungslastbericht Turm
“Lastenbericht, Turm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01, Abdeckende Betriebs- und Extremlasten für den Turm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 der WEA E-138 EP3 E3 mit dem Rotorblatt E-138 EP3-RB-02 nach DIBt und IEC”
Dokument-Nr.: D02397553/0.4
Rev. 0.4, Datum: 30.09.2021

[1.1.2] ENERCON GmbH:
Stellungnahme zur Überdrehzahl
“Stellungnahme Abteilung Lastensimulation, Überdrehzahl DLC 2.1”
Dokument-Nr.: D02578345/1.0
Rev. 1.0, Datum: 02.02.2022

1.2 Dazugehörige Dokumente

Design Basis

[1.2.1] ENERCON GmbH:
Design Basis
“Design Base, E-138 EP3 E3”
Dokument-Nr: D02294156
Rev. 3.2, Datum: 21.01.2022

Begleitende Dokumentation zur Lastsimulation

[1.2.2] ENERCON GmbH:
Zeitreihen, Windfelder, Controller (elektronisch erhalten)
Dateiname: E-138_EP3_E3-HST-111-FB-C-01.zip
(MD5-Prüfsumme: 66b6584140b86e3e10a3ab1e0b00d7b9)
Dateiname: E-138_EP3_E3-HST-111-FB-C-01_WKII.zip
(MD5-Prüfsumme: 37f5758e5940ebe63e25baea1478dfc0)
Dateiname: E-138_EP3_E3-HST-111-FB-C-01__DLC_1.2c.zip
(MD5-Prüfsumme: 230353668e55148d6ee7d63919d38faa)
Dateiname: E-138_EP3_E3-HST-111-FB-C-0_overspeed_DLC2.1.zip
(MD5-Prüfsumme: ad9dee128d6f2218341d43378151f608)
Eingangsdatum: 28.01.2022

[1.2.3] ENERCON GmbH:
Betriebsführungs- und Sicherheitssystem
“Reglerbeschreibung, E-138 EP3 E3”
Dokument-Nr.: D02398709
Rev. 0.0, Datum: 18.06.2021

[1.2.4] ENERCON GmbH:
Bladed Projektdatei
Dateiname: powprod.$PJ (1.1_s20102) and powprod.$PJ (1.1_w20102)
(MD5-Prüfsumme: 146dd2d3973d8040b33150082679947c and
5ca321e230d77b2451a024b7ee3a626d)

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] International Standard IEC 61400 1:
"Wind energy generation systems - Part 1: Design requirements", Edition 4.0, 2019-02

3 Einleitung

Dieser Bericht beschreibt die Vorgehensweise und die Ergebnisse der Prüfung der typenspezifischen Lastberechnung der Windenergieanlage (WEA) E-138 EP3 E3, welche im folgenden Kapitel genauer beschrieben ist.

Die Berechnung der Lasten wurde anhand von DIBt (2012) [2.1] - [2.2] in Kombination mit IEC 61400-1 Ed. 4 [2.3] durchgeführt.

Für Abweichungen von den Prüfgrundlagen siehe Anmerkungen 5.2.2.

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.

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.

- Änderungen sowie Abweichungen an der Auslegung des Rotorblattes, sofern folgende Bedingungen eingehalten werden:

    - Abweichungen der ersten Rotorblatteigenfrequenz um bis zu ±5 %.
    - Abweichungen des Massenmoments um bis zu ±3 %.

4 Beschreibung der Windenergieanlage

4.1 Umgebungsbedingungen

Die folgenden Tabellen fassen alle relevanten klimatischen sowie weitere zum Design der Anlage relevanten Umgebungsbedingungen zusammen:

[1] Ausgehend von den ausgewiesenen Werten der hier vorliegenden Lastannahmen

	DIBt WZ S GK S	IEC 61400-1 Ed. 4
Mittlere Jahreswindgeschwindigkeit V_{ave}	7.8 m/s	
Formparameter der Weibull-Funktion k	2	
Extreme 1-Jahres-Windgeschwindigkeit V_1 (10 Minuten Mittelwert)	30.00 m/s	
Extreme 50-Jahres-Windgeschwindigkeit V_{50} (10 Minuten Mittelwert)	37.50 m/s	
Erwartungswert der longitudinalen Turbulenzintensität bei 15 m/s I_{ref}	16 %	
Angenommener c-Faktor zur Bestimmung des extremen Turbulenzmodells (ETM)	2 m/s	
Höhenexponent α (für EWM)	0.2 (0.11)	
Zusätzlicher Höhenexponent α für DLC 1.1, 1.3 und 1.5	0.05	
Upflow	8°	

Tabelle 4.1: Windbedingungen auf Nabenhöhe 110.396 m

In der Lastberechnung wurde eine Weibullverteilung der Turbulenzintensität pro Windgeschwindigkeit angenommen, siehe [1.2.1].

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 4.3 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:

Umweltbedingungen	normales Klima
Temperaturbereich im Produktionsbetrieb	-10 °C bis +40 °C
Extremer Temperaturbereich	-20 °C bis +50 °C
Netzausfälle	20 Ausfälle/Jahr
Betrieb mit vereisten Blättern	nicht berücksichtigt
Annahmen zur Netzstützung bei Spannungseinbruch: Spannungsabfall und Dauer	nicht berücksichtigt, siehe Schnittstelle 5.4.10
Auslegungslebensdauer	25 Jahre

Tabelle 4.3: Klimatische und weitere Umgebungsbedingungen

Alle weiteren Umgebungsbedingungen werden mit den in [2.1] - [2.3] angegebenen Standardwerten angenommen.

4.2 Sicherheitsklasse

Die WEA ist entsprechend der in [2.3] definierten Normal-Sicherheitsklasse ausgelegt.

4.3 Beschreibung des Anlagenmodells

Bei der WEA E-138 EP3 E3 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.

Elektrische Nennleistung	4260 kW
Turmtyp	E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 (Stahlrohrturm)
Turmhöhe (inkl. 2.86 m Fundamenthöhe)	108.420 m
Nabenhöhe	110.396 m
Rotorblatt	E-138 EP3-RB-02
Rotorblattlänge (entlang der Pitch-Achse)	69.295 m
Rotorblattmasse (inkl. Bolzen)	20213 kg
Massenmoment des Rotorblatts (gemessen vom Blattanschluss, inkl. Bolzen)	387935 kgm
Blattanbauteile	Gurney Flaps (GF) Vortex-Generatoren (VG) Serrations (TES) Blattspitzen
Nominaler Rotordurchmesser	138.59 m
Rotordurchmesser (inkl. Konuswinkel)	138.458 m
Rotorachsneigung	7.0°
Rotor-Konuswinkel	2.5° upwind
Rotoreinschaltdrehzahl n_1	4.4 U/min
Rotornenndrehzahl n_r	10.8 U/min
Rotorsolldrehzahl n_s[2]	11.1 U/min
Getriebeübersetzung	direktgetrieben
Netzfrequenz	irrelevant
Windgeschwindigkeitsbereich im Produktionsbetrieb V_{in} – V_{out}[3]	2.5 - 28.0 m/s
Nennwindgeschwindigkeit v_r	12.1 m/s
Reglerfunktionen	Sturmregelung Eiserkennungssystem
Identifikationsnummer: Anlage / Lastrechnung	E-138_EP3_E3_HST-111-FB-C-01

[2] Drehzahl auf die im Volllastbetrieb geregelt wird
[3] Beginn der Sturmregelung bei 22 m/s

Tabelle 4.4: Technische Hauptdaten der WEA E-138 EP3 E3, Windgeschwindigkeiten bezogen auf Nabenhöhe

	Dateiname
Rotorblattstruktur	Siehe [1.2.4]
Aerodynamische Profile	Siehe [1.2.4]
Turmstruktur	Siehe [1.2.4]
Controller	E-138_EP3_E3.Daten MD5-Prüfsumme: 53dd021e6d228a8b13284b1835524611 E-138_EP3_E3_n4.Daten (nur für DLC 2.1 mit Überdrehzahl) MD5-Prüfsumme: 85764cc7701e01cf73766f0b09a523b2 Regler.dll MD5-Prüfsumme: 8b2fd92747fac91b1f460c30d901c452

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 4.7 angegebenen Werte angenommen.

Massenexzentrizität des Rotors	1000 kgm
Fehler des Blattanstellwinkels (Blatt 1; Blatt 2; Blatt 3)	0°; +0.3°; -0.3°

Tabelle 4.6: Angenommene Asymmetrien

Zur adäquaten Berücksichtigung der elastischen Einspannung des Turmfußes am Aufstellort wird eine repräsentative Bodenfederung entsprechend der in Tabelle 4.8 angegebenen Werte angenommen.

Translationsfeder: $k_{x,dyn}$	starr
Horizontale Drehfeder: $k_{\varphi,dyn}$	100000 MNm/rad (zusätzlich statt: DLC 1.1, 1.2, 1.3, 1.5)

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 4.9 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 elastische (Tabelle 4.8) und eine starre Bodenfeder sowie die Masse des Turmkopfes.

Komponente		**Randbedingungen**	**Frequenz**
Blatt, Biegung flapwise	1. EF	fest eingespannt - frei	0.515 Hz
Blatt, Biegung flapwise	2. EF	fest eingespannt - frei	1.233 Hz
Blatt, Biegung edgewise	1. EF	fest eingespannt - frei	0.824 Hz

Komponente		Randbedingungen	Frequenz
Blatt, Biegung edgewise	2. EF	fest eingespannt - frei	2.530 Hz
Turm, Biegung fore-aft	1. EF	flexibel - frei, inkl. Turmkopfmasse	0.199 Hz
Turm, Biegung fore-aft	2. EF	flexibel - frei, inkl. Turmkopfmasse	1.308 Hz
Turm, Biegung side-side	1. EF	flexibel - frei, inkl. Turmkopfmasse	0.198 Hz
Turm, Biegung side-side	2. EF	flexibel - frei, inkl. Turmkopfmasse	1.159 Hz
Turm, Biegung fore-aft	1. EF	fest eingespannt - frei, inkl. Turmkopfmasse	0.206 Hz
Turm, Biegung fore-aft	2. EF	fest eingespannt - frei, inkl. Turmkopfmasse	1.361 Hz
Turm, Biegung side-side	1. EF	fest eingespannt - frei, inkl. Turmkopfmasse	0.204 Hz
Turm, Biegung side-side	2. EF	fest eingespannt - frei, inkl. Turmkopfmasse	1.198 Hz

Tabelle 4.8: Komponenten-Eigenfrequenzen der WEA E-138 EP3 E3, E-138 EP3-RB-02, NH 110.396 m (E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01)

Die gekoppelten Eigenfrequenzen sind grafisch im Campbell-Diagramm in [1.1.1] dargestellt.

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 wurden auf Plausibilität geprüft und im Übrigen als richtig vorausgesetzt.

Die Definition der Designlastfälle wurde unter Berücksichtigung des Betriebs- und Sicherheitssystems [1.2.3] und der Design Basis [1.2.1] auf Vollständigkeit sowie auf Konformität mit den Richtlinien [2.1] - [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 [1.1.1] 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, Reglerparameter kann eine Neuberechnung der Lasten erforderlich sein.

5.2.2. Abweichend von den in der DIBt (2012) [2.1] genannten technischen Anforderungen IEC 61400-1 Ed. 2 oder 3, wurde hier IEC 61400-1 Ed. 4 [2.3] verwendet.

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 zu entnehmen.

5.4.2. Die Lasten sind in den in [1.1.1] beschriebenen Berechnungskoordinatensystemen 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 [2.3].

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 nicht berücksichtigt.

5.4.9. In Übereinstimmung mit der Design Basis [1.2.1] wurde diese Lastrechnung unter Berücksichtigung der Blattanbauteile in Tabelle 4.5 durchgeführt. Eine Berechnung ohne diese Anbauten ist nicht Teil dieses Berichtes.

5.4.10. Bei Verwendung der Lastannahmen 1.1 für eine modifizierte Turmhöhe, wie in Kapitel 3 beschrieben, müssen Turm- und Fundamentlasten extrapoliert werden.

5.4.11. Die Lastrechnung wurde unter der Annahme durchgeführt, dass die Anlage mit einem elektrischen Widerstand (Chopper) ausgestattet ist. Dieser muss bei der Prüfung elektrischen Komponenten berücksichtigt werden.

5.4.12. Es ist gesondert nachzuweisen, dass die gerechneten Fehlerzustände der Lastfälle DLC 2.1 - DLC 2.5 [1.2.1] den identifizierten Szenarien der anlagenspezifischen FMEA entsprechen.

6 Auflagen

6.1 Es sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um den Betrieb mit vereisten Rotorblättern auszuschließen.

6.2 Bei Abweichungen von mehr als ±5 % von der 1. Turmeigenfrequenz (siehe Tabelle 4.9 zum Abgleich ungekoppelter Eigenfrequenzen bzw. [1.1.1] zum Abgleich gekoppelter Eigenfrequenzen) des in der Lastberechnung verwendeten Modells sind zusätzliche Untersuchungen unter Berücksichtigung der tatsächlichen Turmeigenfrequenzen erforderlich.

7 Schlussfolgerung

Die in [1.1.1] - [1.1.2] aufgeführten Lastannahmen für die Windenergieanlage E-138 EP3 E3, E-138 EP3-RB-02, NH 110.396 m (E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01) sind unter Berücksichtigung der Auflagen in Punkt 6 konform zur Richtlinie [2.1] berechnet worden.

Sachverständiger:

i.A. Thomas

M.Sc. Simon Wiedemann

Freigegeben:

Dipl.-Ing. (FH) Gunnar Ewald

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.

TÜV NORD CERT GmbH

Gutachtliche Stellungnahme

für die Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, verschiedene Konfigurationen, WZ S, GK S

- Turmkopfflanschbaugruppe -

TÜV NORD Bericht-Nr.:	8119224863-11 D Rev. 0
Gegenstand der Stellungnahme:	Turmkopfflanschbaugruppe gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015)
Anlagenhersteller:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland

Die Gutachtliche Stellungnahme umfasst 8 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen	Prüfer
0	07.02.2022	Erstausgabe	C. Fischer

Inhaltsverzeichnis

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

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Statische Berechnungen

[1.1.1] ENERCON GmbH:
„Verification for Certification ENERCON Wind Energy Converter E-138 EP3 E3 Bolted Connection - Yaw Bearing and Tower Head Flange Statics und Fatigue Strength”
Dokument Nr.: D02524598, Rev. 2.0, Datum: 24.01.2022

Anlagen

[1.1.2] ENERCON GmbH:
Zeichnung „Turmflansch Spezifikation-D3868-150xM30”,
Zeichnungs-Nr.: D02133917/0.1, Rev. 0.1, Datum: 05.02.2021

1.2 Dazugehörige Dokumente

Lastannahmen

[1.2.1] ENERCON GmbH:
„Lastenbericht Maschinenbau E-138 EP3 E3 Abdeckende Betriebs- und Extremlasten für den Maschinenbau E-138 EP3 E3 mit dem Rotorblatt E-138 EP3-RB-02 nach DIBt und IEC”
Dokument Nr.: D02397614, Rev. 0.3, Datum: 20.01.2022

[1.2.2] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3, RB E-138 EP3-RB-02, Diverse NH, DIBt WZ S, GK S - Lastannahmen für Rotorblatt und Maschinenbau -”
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-1 D III Rev. 0, Datum: 03.02.2022

Zeichnungen zur Turmkopfbaugruppe

[1.2.3] ENERCON GmbH:
„Azimutlager 2KD-m22-z168i-b210”
Zeichnungs-Nr.: D02134927/0.0, Rev. 0.0, Datum: 20.01.2021

[1.2.4] ENERCON GmbH:
„Maschinenträger EP3-MC-08”
Zeichnungs-Nr.:D02250932/0.0, Rev. 0.0, Datum: 02.07.2021

Spezifikation

[1.2.5] ENERCON GmbH:
„Installation specifications for bolt connections in mechanical engineering”
Dokument Nr.: D0977320-0, Rev.6, Datum: 11.05.2020

2 Prüfgrundlagen

[2.1] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt (Fassung 10.2012):
„Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“

[2.2] DIN EN 1993-1-1 (12.2010) mit DIN EN 1993-1-1/NA (08.2015):
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“

[2.3] 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“

[2.4] DIN EN 1993-1-9 (12.2010) mit DIN EN 1993-1-9/NA (12.2010):
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung“

[2.5] 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“

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

3 Einleitung

Gegenstand dieser Stellungnahme ist die Prüfung der Turmkopfflanschbaugruppe – bestehend aus dem Kopfflansch, der Schweißnaht zwischen Flansch und Turmwand sowie der Schraubverbindungen zwischen Flansch und Azimutlager und zwischen Azimutlager und Maschinenträger – hinsichtlich struktureller Integrität im Sinne der DIBt-Richtlinie [2.1].

4 Beschreibung

4.1 Turmkopfflansch

Der Turmkopfflansch ist ein L-Flansch mit einem Innendurchmesser von 3777 mm und einem Außendurchmesser von 4036 mm. Die Gesamthöhe beträgt 225 mm und der Flanschhals ist 35 mm dick. Weitere Informationen können der Zeichnung [1.1.2] entnommen werden.

Der Flansch wird mit dem Azimutlager mittels 150 Gewindestangen M30 verbunden. Die Verbindung zwischen dem Azimutlager und dem Maschinenträger wird durch 178 Gewindestangen M30 hergestellt. Die Geometrie des Azimutlagers und des Maschinenträgers ist in [1.2.3] und [1.2.4] dargestellt.

4.2 Lastannahmen

Die Turmkopfflanschbaugruppe wurde für die in Tabelle 4.1 aufgeführten Konfigurationen nachgewiesen. Die verwendeten Auslegungslasten ([1.2.1]) bilden die relevanten einhüllenden Lasten an den jeweiligen Turmköpfen. Die Ermüdungslasten basieren auf einer Lebensdauer von 25 Jahren.

Die Windenergieanlage erbringt eine maximale Leistung von 4260 kW und verwendet das Rotorblatt E-138 EP3-RB-02.

Nr.	WEA Bezeichnung	Nabenhöhe	Turmkonfiguration	Windzone (DIBt 2012)	Geländekategorie	Lasten spezifiziert in	Lasten geprüft in
1	E-138 EP3 E3	81 m	E-138 EP3 E3-ST-81-FB-C-01	S	S	[1.2.1]	[1.2.2]
2		111 m	E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01				
3		131 m	E-138 EP3 E3-HST-131-FB-C-01				
4		160 m	E-138 EP3 E3-HST-160-FB-C-01				

Tabelle 4.1: Lastannahmen

4.3 Baustoffe

Flansch

Kopfflansch: Stahl DIN EN 10025-3-S355N
R_{eH} = 265 MPa (nahtlos geschmiedet)

Schraubverbindung zwischen Kopfflansch und Azimutlager

Gewindestangen: DIN 976-1 M30x370-10.9 tZn
maximale Vorspannkraft $F_{M,max}$ = 432,3 kN
(drehmomentgesteuertes Anziehen)
Anziehfaktor α_A = 1,5

Scheiben: ISO 7089 - 30 - 300HV tZn

Muttern: ISO 4032 M30 - 10 tZn

Schraubverbindung zwischen Azimutlager und Maschinenträger

Gewindestangen:	DIN 976-1 M30x330-10.9 tZn maximale Vorspannkraft $F_{M,max}$ = 512,5 kN (drehwinkelgesteuertes Anziehen) Anziehfaktor α_A = 1,0
Scheiben:	ISO 7089 - 30 - 300HV tZn
Muttern:	ISO 4032 M30 - 10 tZn

5 Prüfung

5.1 Umfang und Methodik

Die Nachweise der Grenzzustände der Tragfähigkeit wurden in der eingereichten statischen Berechnung [1.1.1] für die Kopfflanschbaugruppe geführt und durch Vergleichsrechnung geprüft.

Die Prüfung umfasst die Kopfflanschbaugruppe, bestehend aus dem Flansch, der Schweißnaht zwischen Turmwand und Flansch, sowie den beiden Schraubenverbindungen zwischen Kopfflansch und Azimutlager und zwischen Azimutlager und Maschinenträger.

Die Prüfung befasst sich mit den Grenzzuständen der Tragfähigkeit der Kopfflanschbaugruppe für die in Tabelle 4.1 genannten Lastkonfigurationen.

Transportzustände sowie Zustände während der Montage sind nicht Bestandteil der Prüfung.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden nicht berücksichtigt.

5.2 Anmerkungen zur Prüfung

Für die Bemessung wurden die Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIBt 2012 ([2.1]) berücksichtigt. Der Materialteilsicherheitsbeiwert für die Ermüdung der Schweißverbindungen und der Schraubenverbindungen wurde mit γ_{Mf} = 1,25 angesetzt.

Für den Nachweis des Turmkopfflansches wurden in [1.1.1] nicht-lineare Übertragungsfunktionen mittels der Finite-Elemente-Methode hergeleitet. Der zugrunde liegende Aufbau des Turmkopfes kann [1.1.2], [1.2.3] und [1.2.4] entnommen werden.

Die Übertragungsfunktionen für den Ermüdungsnachweis berücksichtigen einen Vorspannkraftverlust von mehr als 70 % der nominalen Schraubenvorspannkraft gemäß Abschnitt 4.3. Die für den Flansch und die Schweißnaht verwendeten Wöhlerlinien sind DIN EN 1993-1-9 [2.4] entnommen; die für die Schraubverbindungen der VDI 2230 [2.6].

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

5.3 Ergebnis

Die geprüften Nachweise der Grenzzustände der Tragfähigkeit sind vollständig und in statischer Hinsicht korrekt.

5.4 Schnittstellen

Turm

5.4.1 Die Auslegungslasten des Turms müssen kleiner oder gleich den Lastannahmen zum Turm sein, die in [1.2.1] zitiert werden.

5.4.2 Die Anforderungen in [1.1.2] hinsichtlich der Ausführung der Schweißnaht, der Neigung der Turmwand und der zulässigen Einbauten an die Turmwand sind bei der Turmauslegung zu berücksichtigen.

5.4.3 Die an den Kopfflansch anschließende Turmwand muss mindestens aus Stahl EN10025-2-S355J2 sein.

Montage & Inbetriebnahme

5.4.4 Die Spezifikation [1.2.5] enthält Anweisungen bezüglich der Montage der Schraubenverbindungen.

6 Auflagen

6.1 Das für den Flansch verwendete Material soll eine minimale Streckgrenze R_{eH} 265 MPa aufweisen.

7 Zusammenfassung

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

Diese gutachtliche Stellungnahme gilt für die in Tabelle 4.1 aufgeführten Windenergieanlagenkonfigurationen.

Konstruktive Änderungen der Kopfflanschbaugruppe sind dem Prüfamt für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH mitzuteilen und einer Bewertung zu unterziehen. Ansonsten verliert diese gutachtliche Stellungnahme ihre Gültigkeit.

Prüfer:

Dr.-Ing. C. Fischer

Freigegeben:

M.Sc. / SFI R. Diewald

Diese gutachtliche Stellungnahme wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Eine Veröffentlichung oder Verbreitung ist nur nach vorheriger, schriftlicher Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist nicht gestattet.

Gutachtliche Stellungnahme

Windenergieanlage E-138 EP3 E3
IEC 61400-1 Ed. 3

- Diverse Komponenten -

TÜV NORD Bericht Nr.:	8119616205-100 D II Rev. 0
Gegenstand der Prüfung:	Prüfung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08 (IEC 61400-1 Ed. 3).
Anlagenhersteller (Antragsteller):	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland

Diese Gutachtliche Stellungnahme umfasst 7 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen	Sachverständiger
0	14.11.2022	Erste Fassung	Konstantin Konkel

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente 3
1.1 Geprüfte Dokumente 3
1.2 Dazugehörige Dokumente 3
2 Prüfgrundlagen 5
3 Einleitung 5
4 Durchgeführte Prüfungen 5
4.1 Prüfmethode 5
4.2 Anmerkungen 6
4.3 Prüfergebnis 6
4.4 Schnittstellen 6
5 Auflagen 6
6 Schlussfolgerung 6

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

[1.1.1] ENERCON GmbH:
Bestätigung nach IEC 61400-1 Ed. 3
“Stellungnahme Verwendbarkeit IEC ed.3 anstatt IEC ed.4 für ENERCON WEA”
Dokument-Nr.: D02759428/0.0
Rev. 0.0, Datum: 06.09.2022

1.2 Dazugehörige Dokumente

[1.2.1] DKE:
“Stellungnahme DIBt / IEC 61400-1 Ed. 4”
Dokument-Nr.: DKE/AK 383.0.1
Rev. -, Datum: 31.08.2020

[1.2.2] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Lastannahmen Turm und Fundament NH111m
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3, RB E-138 EP3-RB-02, NH 110.396 m (E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01), DIBt WZ S, GK S - Lastannahmen für Turm und Fundament -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-1 D I
Rev. 0, Datum: 06.09.2022

[1.2.3] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Lastannahmen Turm und Fundament NH131m
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3, RB E-138 EP3-RB-02, NH 130.639 m (E-138 EP3 E3-HST-131-FB-C-01), DIBt WZ S, GK S - Lastannahmen für Turm und Fundament -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-1 D II
Rev. 0, Datum: 03.02.2022

[1.2.4] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Lastannahmen Rotorblatt und Maschinenbau
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3, RB E-138 EP3-RB-02, Diverse NH, DIBt WZ S, GK S - Lastannahmen für Rotorblatt und Maschinenbau -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-1 D III
Rev. 1, Datum: 06.09.2022

[1.2.5] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Sicherheitssystem und Handbücher
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlagen ENERCON E-138 EP3 E3 Plattform nach DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen (2012) - Sicherheitssystem und Handbücher -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-2 D
Rev. 0, Datum: 22.09.2022

[1.2.6] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Rotorblatt
„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlage E-138 EP3 E2 und E-138 EP3 E3 unterschiedliche Konfigurationen und Nabenhöhen - Rotorblatt E-138 EP3-RB-02 -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8117142915-3 D
Rev. 6, Datum: 11.10.2022

[1.2.7] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Maschinenbauliche Komponenten
„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlage ENERCON E-138 EP3 E3 - Maschinenbauliche Komponenten -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-4 D
Rev. 0, Datum: 08.11.2022

[1.2.8] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Verkleidungen und Strukturen
„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlage ENERCON E-138 EP3 E3 und E-115 EP3 E4 - Verkleidungen & Strukturen -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-12 D
Rev. 0, Datum: 24.10.2022

[1.2.9] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Elektrische Komponenten und Blitzschutz
„Gutachtliche Stellungnahme ENERCON E-138 EP3 E3 – Elektrische Komponenten und Blitzschutz –„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-5 D
Rev. 1, Datum: 28.09.2022

[1.2.10] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Turmkopfflanschbaugruppe
„Gutachtliche Stellungnahme für die Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, verschiedene Konfigurationen, WZ S, GK S - Turmkopfflanschbaugruppe -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-11 D
Rev. 0, Datum: 07.02.2022

2 Prüfgrundlagen

[2.1] DIN EN 61400-1:2011-08:
„Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010 (Ed. 3)); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010“

[2.2] DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12:
„Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2019 (Ed. 4));
Deutsche Fassung EN IEC 61400-1:2019“

[2.3] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt:2015-03:
„Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“, korrigierte Fassung

3 Einleitung

Dieser Bericht attestiert die Evaluierung des vom Antragsteller getätigten Vergleiches der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08 [2.1] mit den Auslegungsanforderungen der DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12 [2.2] für die Windenergieanlage E-138 EP3 E3.

4 Durchgeführte Prüfungen

4.1 Prüfmethode

Die in [1.1.1] zur Prüfung eingereichten Informationen und Aussagen wurden hinsichtlich Plausibilität, technischer Richtigkeit und korrekter Referenz zu den zuvor genannten, technischen Standards geprüft.

Die Prüfungen und technischen Auslegungsanforderungen dieser gutachtlichen Stellungnahme und deren Übertragbarkeit beziehen sich auf die in der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [1.1], Kapitel 3, Buchstabe I, geforderten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie auf die bautechnischen Unterlagen für Turm und Gründung gemäß DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [1.1], Kapitel 3, Buchstaben E bis G.

4.2 Anmerkungen

Keine

4.3 Prüfergebnis

Die in [1.1.1] beschriebene Vorgehensweise und Dokumentation ist zur Bewertung der Frage, ob die Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 [2.1] erfüllt sind, geeignet.

4.4 Schnittstellen

Keine

5 Auflagen

5.1 Der Prüfung von Turm und Gründung liegen Einwirkungen nach DIN EN IEC 61400-1 [2.2] zu Grunde.

6 Schlussfolgerung

Unter Berücksichtigung der Auflagen in Kapitel 5 kann für die unter [1.2] aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die dazugehörige Prüfung von Turm und Gründung die Erfüllung der technischen Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.1] ebenfalls bestätigt werden.

Diese zusätzliche Bestätigung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.1] gilt jeweils nur für die gesamte Windenergieanlage. Die Prüfung der gesamten Windenergieanlage umfasst die gemäß [2.3], Kapitel 3, Buchstabe I, geforderten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die bautechnischen Unterlagen für Turm und Gründung gemäß [2.3], Kapitel 3, Buchstaben E bis G.

Die Übertragbarkeit einer einzelnen, gutachtlichen Stellungnahme gemäß DIN EN IEC 61400-1 Ed. 4 [2.2] auf die DIN EN 61400-1 Ed.3 [2.1], z.B. nur für die Lastannahmen, wird nicht bestätigt.

Sachverständiger:

M.Sc. Konstantin Konkel

Freigegeben:

Dipl.-Ing. Christian Hering

An der Prüfung beteiligte Sachverständige:

Dipl.-Ing. Lennart Klüppel
Dipl.-Ing. /IWE Ingo Jongschlager
Dipl.-Ing. (FH) Tomislav Ladišić
Dipl.-Ing. Martin Passow
Dr.-Ing. Werner Aldenhoff
M. Sc. Holger Grafe

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.

Zusammenstellung der typengeprüften Dokumentationen

ENERCON

E-160 EP5 E3-HST-120-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-7004/22-1 Rev. 0 vom 07.11.2022
Hybrid-Stahlturm E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01

1.1. Zusammenstellung Turm Statik D0993210-2

2. Flachgründung Ø 22,65m T-7004/22-2 Rev. 0 vom 07.11.2022

2.1. Schalplan D0956286-1
2.2. Bewehrungsplan 1 D0956287-1
2.3. Bewehrungsplan 2 D0956288-1
2.4. Bewehrungsplan 3 D0956289-1
2.5. Fundamentdatenblatt D0956329-1

3. Tiefgründung Ø 19,40m T-7004/22-3 Rev. 0 vom 07.11.2022

3.1. Schalplan Variante A D0956297-1
3.2. Schalplan Variante B D0956298-1
3.3. Schalplan Variante C D0956299-1
3.4. Schalplan Variante D D0956300-0
3.5. Bewehrungsplan 1 D0956301-0
3.6. Bewehrungsplan 2 D0956302-0
3.7. Bewehrungsplan 3 D0956303-0
3.8. Bewehrungsplan 4 D0956304-0
3.9. Bewehrungsplan 5 D0956306-1
3.10. Fundamentdatenblatt D0956331-1

4. Gutachterliche Stellungnahmen

4.1. Lastannahmen für Turm und Fundament
8119201822-1 D V Rev.1 vom 01.11.2022
4.2. Turmkopfflansch
8119616205-11 D Rev.1 vom 29.11.2021
4.3. Lastannahmen für Rotorblatt und Maschinenbau
8119201822-1 D IV Rev. 1 vom 09.08.2022

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

4.4. Maschinenbauliche Komponenten

8119201822-4 D Rev. 2 vom 21.09.2022

4.5. Diverse Komponenten

81199616205-100 D III Rev. 0 vom 02.11.2022

5. Revisionstabelle

Datum	Änderung
23.11.2022 Rev. 0	**1.Prüfbescheid zur Typenprüfung T-7004/22-1 Rev. 0 vom 07.11.2022** Hybrid-Stahlturm E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 1.1.Zusammenstellung Turm Statik D0993210-2 **2.Flachgründung Ø 22,65m T-7004/22-2 Rev. 0 vom 07.11.2022** 2.1.Schalplan D0956286-1 2.2.Bewehrungsplan 1 D0956287-1 2.3.Bewehrungsplan 2 D0956288-1 2.4.Bewehrungsplan 3 D0956289-1 2.5.Fundamentdatenblatt D0956329-1 **3.Tiefgründung Ø 19,40m T-7004/22-3 Rev. 0 vom 07.11.2022** 3.1.Schalplan Variante A D0956297-1 3.2.Schalplan Variante B D0956298-1 3.3.Schalplan Variante C D0956299-1 3.4.Schalplan Variante D D0956300-0 3.5.Bewehrungsplan 1 D0956301-0 3.6.Bewehrungsplan 2 D0956302-0 3.7.Bewehrungsplan 3 D0956303-0 3.8.Bewehrungsplan 4 D0956304-0 3.9.Bewehrungsplan 5 D0956306-1 3.10.Fundamentdatenblatt D0956331-1 **4.Gutachterliche Stellungnahmen** 4.1.Lastannahmen für Turm und Fundament 8119201822-1 D V Rev.1 vom 01.11.2022 4.2.Turmkopfflansch 8119616205-11 D Rev.1 vom 29.11.2021 4.3.Lastannahmen für Rotorblatt und Maschinenbau 8119201822-1 D IV Rev. 1 vom 09.08.2022 4.4.Maschinenbauliche Komponenten 8119201822-4 D Rev. 2 vom 21.09.2022 4.5.Diverse Komponenten 81199616205-100 D III Rev. 0 vom 02.11.2022

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 -

Prüfbescheid zur Typenprüfung

Windenergieanlage E-160 EP5 E3, Rotorblatt LM 78.3 P, DIBt Windzone S, Geländekategorie S

- Hybrid-Stahlturm E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 -

Prüfbescheid Nr.:	T-7004/22-1 Rev. 0
Gegenstand der Prüfung:	Standsicherheit des Hybrid-Stahlturms E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 für die oben genannte Windenergieanlage gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015)
Anlagenhersteller (Antragsteller):	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland
Dokumentation:	k2 E+C GmbH Ditmar-Koel-Str. 24 20459 Hamburg Deutschland ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland
Geltungsdauer bis:	30.11.2027

Dieser Prüfbescheid wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Eine Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Prüfbescheids ist nur nach vorheriger, schriftlicher Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Anlagenherstellers bzw. Antragstellers gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist nicht gestattet.

Der Prüfbescheid umfasst 17 Seiten und 12 Anlagen, die Bestandteil dieses Prüfbescheides sind.

Revision	Datum	Änderungen
0	07.11.2022	Erstausgabe

TÜV NORD Zertifizierung

Inhaltsverzeichnis

0 Allgemeine Bestimmungen 3
1 Dokumente 4
1.1 Geprüfte Dokumente 4
1.2 Dazugehörige Dokumente 5
2 Prüfgrundlagen 8
3 Einleitung 10
4 Beschreibung 10
4.1 Turm 10
4.2 Lastannahmen 11
4.3 Baustoffe 11
5 Prüfung 12
5.1 Methodik 12
5.2 Anmerkungen zur Prüfung 13
5.3 Ergebnisse 14
5.4 Schnittstellen 14
6 Auflagen 16
7 Zusammenfassung 17

0 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 1.1 aufgeführten Anlagen übereinstimmt.

Bei Abweichungen von diesem Prüfbescheid zur Typenprüfung oder seinen Anlagen 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.

Dieser Prüfbescheid zur Typenprüfung darf nur vollständig - nicht auszugsweise - und seine Anlagen (siehe 1.1) dürfen nur zusammen mit diesem Prüfbescheid zur Typenprüfung verwendet oder veröffentlicht werden.

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.

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Berechnungen

[1.1.1] k2 E+C GmbH:
„Turmstatik Stahlturm für die ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5-E3-HST-120-FB-C-01”,
Dokument-Nr.: D0961425, Rev. 3.0, Datum: 29.06.2022

[1.1.2] ENERCON GmbH:
„Certification Report ENERCON Wind Energy Converter Converter E- 160 EP5 E3 HST-120-FB-C-01 Tower transition piece SAP 1020246 Ultimate und Fatigue Strength for loads according to: IEC 61400-1 ed. 4, WC S, Normal and Icing Climate DIBt 2012, WZ S”,
Dokument-Nr.: D02684121, Rev. 1.0, Datum: 25.05.2022

Anlagen zum Prüfbescheid zur Typenprüfung

Fundamentlasten

[1.1.3] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Fundamentlasten”,
Dokument-Nr.: D02337207, Rev. 4.2, Datum: 11.11.2021

Zeichnungen

[1.1.4] ENERCON GmbH:
„E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Stahlturm - Zusammenfassung”,
Zeichnungs-Nr.: D0993210, Rev. 4.0, Datum: 28.06.2022

[1.1.5] ENERCON GmbH:
„E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Sektion 1”,
Zeichnungs-Nr.: D0993201, Rev. 2.0, Datum: 23.05.2022

[1.1.6] ENERCON GmbH:
„E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Sektion 2”,
Zeichnungs-Nr.: D0993202, Rev. 3.0, Datum: 28.06.2022

[1.1.7] ENERCON GmbH:
„E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Sektion 3”,
Zeichnungs-Nr.: D0993203, Rev. 4.0, Datum: 28.06.2022

[1.1.8] ENERCON GmbH:
„E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Sektion 4”,
Zeichnungs-Nr.: D0993204, Rev. 2.0, Datum: 18.05.2022

[1.1.9] ENERCON GmbH:
„E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Sektion 5”,
Zeichnungs-Nr.: D0993205, Rev. 2.0, Datum: 16.05.2022

[1.1.10] ENERCON GmbH:
„E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Sektion 6”,
Zeichnungs-Nr.: D0993206, Rev. 2.0, Datum: 16.05.2022

[1.1.11] ENERCON GmbH:
„E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Sektion 7”,
Zeichnungs-Nr.: D0993207, Rev. 2.0, Datum: 19.05.2022

[1.1.12] ENERCON GmbH:
„E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Sektion 8”,
Zeichnungs-Nr.: D0993208, Rev. 1.0, Datum: 12.01.2022

[1.1.13] ENERCON GmbH:
„E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Fundamentkorb”,
Zeichnungs-Nr.: D0993209, Rev. 1.0, Datum: 12.01.2022

Spannanweisung

[1.1.14] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage ENERCON E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Spannanweisung Fundamentkorb E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01”,
Dokument-Nr.: D02630078, Rev. 1.0, Datum: 27.06.2022

1.2 Dazugehörige Dokumente

Lastannahmen

[1.2.1] ENERCON GmbH:
„Load report Tower E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Envelope of fatigue and ultimate loads for the tower E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 of the WEC E-160 EP5 E3 with the rotor blade LM783P_2P as per DIBt and IEC ed. 4”,
Dokument-Nr.: D02527437, Rev. 0.2, Datum: 11.02.2022

[1.2.2] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-160 EP5 E3, RB LM 78.3 P NH 119.99 m (E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01) DIBt WZ S, GK S
- Lastannahmen für Turm und Fundament -”,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119201822-1 D V Rev.1, Datum: 01.11.2022

Kopfflansch

[1.2.3] ENERCON GmbH:
„Turmflansch Spezifikation-D3868-150xM30”,
Zeichnungs-Nr.: D02133917, Rev. 0.1, Datum: 05.02.2021

[1.2.4] ENERCON GmbH:
„Verification for Certification ENERCON Wind Energy Converter E-160 EP5 E3 Bolted Connection - Yaw Bearing and Tower Head Flange Statics und Fatigue Strength for Loads according to: IEC ed. 4, WC IIA, Normal Climate DIBt 2012, WZ S",
Dokument-Nr.: D02459007, Rev. 0.5, Datum: 25.08.2021

[1.2.5] ENERCON GmbH:
„Machine Loads E-160 EP5 E3 Fatigue and ultimate loads for the Machine E-160 EP5 E3",
Dokument-Nr.: D02435821, Rev. 0.0, Datum: 21.07.2021

[1.2.6] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme für die Windenergieanlage E-160 EP5 E3, verschiedene Nabenhöhen und Windzonen - Turmkopfflansch -",
TÜV NORD Bericht-Nr.: 8119616205-11 D Rev.1, Datum: 29.11.2021

Lastvergleich Kopfflansch

[1.2.7] ENERCON GmbH:
„Load report Machine E-160 EP5 E3 Covering fatigue and extreme loads for the E-160 EP5 E3 with the rotor blade LM783P_2P as per DIBt und IEC",
Dokument-Nr.: D02463290, Rev. 4.0, Datum: 08.07.2022

[1.2.8] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-160 EP5 E3, RB LM 78.3 P, verschiedene NH DIBt WZ S, GK S - Lastannahmen für Rotorblatt und Maschinenbau -",
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119201822-1 D IV Rev.1, Datum: 09.08.2022

[1.2.9] Lagerwey Wind BV:
„Load set comparison EP5 - E-160 E3 - t98m, t99m, t114m, t120m & t166m IIIA WZ S & IIB WZ S 25yr and Hor W40 + W110 25yr",
Dokument-Nr.: M00-C2-40-000875-R2, Rev. 2, Datum: 09.08.2022

[1.2.10] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlagen ENERCON EP5 - Maschinenbauliche Komponenten -",
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119201822-4 D Rev. 2, Datum: 21.09.2022

Experimentell ermittelte Wöhlerlinien

[1.2.11] Hochschule Wismar:
„Prüfbericht und Gutachten zur Beurteilung der Schwingfestigkeit des Konstruktionsdetails gelochte Bauteile für die Flugbefeuerungsöffnung in Türmen von Windenergieanlagen auf Basis experimenteller und numerischer Untersuchungen zur Erreichung der Kerbfallklasse 100/112",
Dokument-Nr.: D02533481, Rev. 3.0, Datum: 16.06.2022

Numerisch ermittelte Ermüdungsfestigkeit von vorgespannten Löchern

[1.2.12] k2 E+C GmbH:
„Untersuchung der Öffnungen für die Turmbefeuerung”,
Dokument-Nr.: D0961428, Rev. 1.0, Datum: 21.07.2022

[1.2.13] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme ENERCON Windenergieanlage, verschiedene Plattformen - Bemessungswöhlerlinie von vorgespannten Öffnungen für Flugbefeuerungen -”,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8120153430-6 D Rev. 0, Datum: 02.09.2022

Reibkoeffizienten und Setzungen von gleitfesten Schraubverbindungen

[1.2.14] Fraunhofer IGP:
„Ermittlung der Haftreibungszahl beschichteter Oberflächen in Anlehnung an EN 1090-2, Anhang G”,
Dokument-Nr.: D02596625, Rev. 0, Datum: 31.01.2022

[1.2.15] Stranghöner Ingenieure GmbH:
„Untersuchungen zur Erlangung einer aBG für gleitfeste Verbindungen mit HRC-Schrauben M27 in Turmbauteilen”,
Dokument-Nr.: D02733567, Rev. 0.0, Datum: 24.03.2022

Allgemeine Bauartgenehmigung

[1.2.16] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt:
„Allgemeine Bauartgenehmigung; Nummer: Z-30.6-78; Gegenstand dieses Bescheides: Schweißdetails mit spezifischen Kerbfallkategorien in Stahlrohrtürmen“, gültig vom 10.10.2022 bis 21.12.2026

Fundament

[1.2.17] Heinz Lunte GmbH:
„Bauforhaben: Neubau einer Winenergieanlage des Typ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Schalplan Flachgründung Auftag: 4505 - 21 Blatt-Nr. S01 Index: a“,
Zeichnungs-Nr.: D0956286, Rev. 1.0, Datum: 31.03.2022

Spezifikationen

[1.2.18] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Temporäre Teilvorspannung bei Fundamentkörben bzw. Verbindungsflanschen”,
Dokument-Nr.: D0193587, Rev. 2, Datum: 07.08.2014

[1.2.19] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Abstände zwischen Kerbdetails”,
Dokument-Nr.: D0985961, Rev. 1.2, Datum: 16.04.2021

[1.2.20] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Anbauteile an Turmwänden in Kerbfallklasse 100 für Stahlrohrtürme”,
Dokument-Nr.: D0935173, Rev. 3, Datum: 25.03.2021

[1.2.21] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Stumpfnähte bei ENERCON Stahlrohrtürmen”,
Dokument-Nr.: D0973115, Rev. 2, Datum: 16.04.2021

[1.2.22] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Verschrauben von Ringflanschen”,
Dokument-Nr.: D0215476, Rev. 2, Datum: 05.01.2017

[1.2.23] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Oberflächenbehandlung Stahlturm”,
Dokument-Nr.: D1005701, Rev. 9, Datum: 05.10.2021

Anlagenbeschreibung

[1.2.24] ENERCON GmbH:
„Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlage E-160 EP5 E3“,
Dokument-Nr.: D02225927, Rev. 6.1, Datum: 11.01.2022

Übersichtszeichnung

[1.2.25] ENERCON GmbH:
„Ansicht Hybrid-Stahlturm E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01“,
Zeichnungs-Nr.: EP5.00.008 - 3, Rev. 3, Datum: 04.05.2022

Prüfung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08

[1.2.26] ENERCON GmbH:
„Stellungnahme Verwendbarkeit IEC ed.3 anstatt IEC ed.4 für ENERCON WEA“,
Dokument-Nr.: D02759428, Rev. 0.0, Datum: 06.09.2022

[1.2.27] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-160 EP5 E3 IEC 61400-1 Ed. 3 - Diverse Komponenten -”,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119616205-100 D III Rev. 0, Datum: 02.11.2022

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 1992-1-1:2011-01 + A1:2015-03 + DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 + NA/A1:2015-12: „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau"

[2.5] DIN EN 1993-1-1:2010-12 + DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12:
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“

[2.6] DIN EN 1993-1-5:2019-10 + Berichtigung 1:2020-07 +
DIN EN 1993-1-5/NA:2018-11:
„Eurocode 3 - Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-5: Plattenförmige Bauteile“

[2.7] 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“

[2.8] 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“

[2.9] 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“

[2.10] 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“

[2.11] DIN EN 1998-1:2010-12 + DIN EN 1998-1/NA:2011-01:
„Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten“

[2.12] Verein Deutscher Ingenieure:
„Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen - Zylindrische Einschraubenverbindungen“, VDI 2230 Blatt 1, 11.2015

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

3 Einleitung

Gegenstand dieses Prüfbescheids ist die Typenprüfung des Hybrid-Stahlturms E-160 EP5 E3-HST-120-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 Turm hat eine Höhe von 115,176 m (OK Fundament bis OK Kopfflansch). Er besteht aus drei annähernd zylindrischen Sektionen, einer konischen Sektion, drei polygonalen Sektionen und einer kurzen unteren Sektion, die in einem T-Flansch endet. Bei den zylindrischen Sektionen handelt es sich um werksseitig geschweißte Stahlblechkonstruktionen. Die Sektionen werden mittels vorgespannter, innenliegender L-Ringflanschverbindungen auf der Baustelle zusammengeschraubt.

Die polygonalen Sektionen bestehen aus mehreren gekanteten Blechen, die mit axial verlaufenden Verbindungsblechen verschraubt werden. Benachbarte Polygonsektionen werden über horizontal angeordnete, zweischnittige Verbindungsbleche miteinander verschraubt. Die untere Sektion besteht aus mehreren Teilen, die durch Überlappungsbleche verbunden sind.

Der Turmanschluss an das Fundament erfolgt durch den unteren T-Flansch mit 2 x 96 vorgespannten Ankerbolzen M36 - 10.9.

Weitere Details können den geprüften Zeichnungen (siehe Abschnitt 1.1) entnommen werden.

Die folgende Anlagenkonfiguration wurde bei der Prüfung des Turms berücksichtigt:

Nr.	WEA Bezeichnung	Max. Nennleistung	Rotorblatt	Windzone (DIBt 2012)	Geländekategorie	Turmnachweise
1	E-160 EP5 E3	5560 kW	LM 78.3 P	WZ S	GK S	[1.1.1], [1.1.2]

Tabelle 4.1: Geprüfte Konfiguration für Turmnachweise

Die betrachtete Windenergieanlage hat folgende technische Basisdaten:

Nabenhöhe:	119,99 m
Gondelmasse (inkl. Rotor):	330,1 t
Rotordurchmesser:	160,0 m

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

f_0 = 0,176 Hz bei elastischer Einspannung ($k_{\varphi,dyn}$ = 100 000 MNm/rad)
f_0 = 0,183 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	Max. Nennleistung	Rotorblatt	Windzone (DIBt 2012)	Geländekategorie	spezifiziert in	geprüft in
1	E-160 EP5 E3	119,99 m	5560 kW	LM 78.3 P	WZ S	GK S	[1.2.1]	[1.2.2]

Tabelle 4.2: Lastannahmen

Die Lastannahmen sind für die in [1.2.1] angegebenen Turmeigenfrequenzen mit einem zulässigen Intervall von ± 5 %gültig.

Das in der Lastberechnung verwendete Modell hat eine ungekoppelte erste Eigenfrequenz von 0,177 Hz (Schwingungen in Schubrichtungen, elastische Einspannung).

Die Auslegungslebensdauer beträgt 20 bzw. 25 Jahre (je nach Windbedingungen, siehe [1.2.2]).

Falls die Auflage 6.2 nicht erfüllt wird, ist die Betriebsdauer der Windenergieanlage auf 10 Jahre zu begrenzen.

4.3 Baustoffe

In diesem Abschnitt werden die Hauptbaustoffe und -produkte der tragenden Bauteile aufgeführt. Weitere Details können den geprüften Anlagen (siehe Abschnitt 1.1) bzw. der Zeichnung [1.2.3] (Turmkopfflansch) entnommen werden.

<u>Turm</u>

Baustahl:	S355	DIN EN 10025-2 bis -3
L-Flanschschrauben:	HV-Garnituren Festigkeitsklasse 10.9	DASt-RiLi 021 DIN EN ISO 898-1
Gleitfeste Verbindungen:	HRC-Garnituren Festigkeitsklasse 10.9	DIN EN 14399 DIN EN ISO 898-1

Darüber hinaus basiert die Auslegung des Turms auf folgenden Annahmen:

Die Ringflansche werden nahtlos geschmiedet. Für die Ringflansche werden in [1.1.1] und [1.2.4] die folgenden Streckgrenzen angenommen:

- Kopfflansch: R_{eH} = 265 MPa
- übrige L-Flansche: R_{eH} = 295 MPa

Ankerkorb

Baustahl:	S235	DIN EN 10025-2
Ankerbolzen:	Festigkeitsklasse 10.9	DIN EN ISO 898-1
Gewinde, Muttern und Unterlegscheiben:	M36	DIN EN 1993-1-8, Bezugsnormengruppe 4
Fundamentbeton:	C35/45	DIN EN 206-1, DIN 1045-2

5 Prüfung

5.1 Methodik

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

Der Turm und die Windenergieanlage wurden zunächst mit Einwirkungen nach DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12 ausgelegt und geprüft. Gemäß der gutachtlichen Stellungnahme [1.2.27] kann für die dort unter [1.2] aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die dazugehörige Prüfung von Turm und Gründung die Erfüllung der technischen Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.2] ebenfalls bestätigt werden.

Die Prüfung umfasst den Hybrid-Stahlturm, den Ankerkorb, die Spannkraftverluste der Ankerbolzen und den mit den Stahlteilen in Verbindung stehenden Beton. Die Turmkopfflanschbaugruppe (Kopfflansch und Schrauben der Flanschverbindung zwischen dem Turmkopf und der Turbine) wurde separat in [1.2.6] geprüft.

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

Einwirkungen aus Erdbeben wurden in [1.1.1] berücksichtigt. Die Berechnung für Erdbebenzone 3, Untergrundverhältnisse A-R bis C-S, deckt alle Erdbebenzonen und Untergrundverhältnisse Deutschlands gemäß DIN EN 1998-1/NA ab.

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 Abstand zwischen dem Turm und den ausgelenkten Rotorblättern wurde in [1.2.2] geprüft.

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

Lageplan und Baugrundgutachten (s. [2.1], Kapitel 3, Buchstaben B und H) sind nicht Bestandteil der Prüfung, Transportzustände ebenfalls nicht.

Die angesetzten Lasten aus der Windturbine werden in den gutachtlichen Stellungnahmen [1.2.2], [1.2.8] und [1.2.27] bestätigt.

Die Bewertung des Sicherheitssystems und der Handbücher, des Rotorblatts, der maschinenbaulichen Komponenten, der Maschinenhausverkleidung sowie der elektrischen Komponenten und des Blitzschutzes erfolgt in den in [1.2.27] unter [1.2] aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen für die Windenergieanlage E-160 EP5 E3.

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 der Schweiß- und Schraubverbindungen wurde mit γ_{Mf} = 1,15 angesetzt.

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 $k_{\varphi,stat}$ = 12 500 MNm/rad wurde ebenfalls berücksichtigt.

Das Auftreten wirbelerregter Querschwingungen bei wartungsbedingten Stillstandszeiten (Turm inklusive Gondel und Rotor) wurde für einen Zeitraum von 1,25 Jahren berücksichtigt.

Der Nachweis der gleitfesten Schraubenverbindungen berücksichtigt 90 % der nominalen Vorspannung der HRC- Schrauben. Diese Annahme wird in [1.2.15] bestätigt.

Der Haftreibungskoeffizient μ = 0,52 für thermisch gespritztes Aluminium mit Ethylzinksilikat-Versiegelung wird in [1.2.14] experimentell bestätigt.

Der Kopfflansch einschließlich der Schweißnahtverbindung mit dem Turm wurde mittels der FE-Berechnung in [1.2.4] und des Lastvergleichs in [1.2.9] nachgewiesen und in [1.2.6] und [1.2.10] geprüft.

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

5.3 Ergebnisse

Die geprüften Standsicherheitsnachweise sind vollständig und in statischer Hinsicht korrekt.

Der Lastvergleich [1.2.9] zeigt keine Lastüberschreitungen.

5.4 Schnittstellen

Maschinenbauliche Komponenten

5.4.1 Die in der gutachtlichen Stellungnahme [1.2.6] enthaltene Auflage 6.2 wurde berücksichtig und ist erfüllt.

Einbauten

5.4.2 Für den Ermüdungsnachweis der Turmwand wurden die Kerbfallklassen 112, 100 und 71 nach [1.2.11], [1.2.12] und [1.2.16] gemäß DIN EN 1993-1-9 berücksichtigt.

5.4.3 Schweißnähte an Buchsen mit einem Außendurchmesser ≤ 45 mm, wie in [1.2.20] definiert, die für Einbauten verwendet werden sowie die umlaufenden Stumpfnähte der Turmschale wurden mit der Kerbfallklasse 100 geprüft. Die Anwendbarkeit dieser Kerbfallklasse bei einer spezifischen Schweißnahtvorbereitung bzw. -nachbehandlung wurde in [1.2.16] bewertet. Für die Durchführung der Schweißarbeiten sind die Anforderungen der allgemeinen Bauartgenehmigung [1.2.16] einzuhalten.

5.4.4 Der Ermüdungsnachweis der Turmwand wurde teilweise mit Ermüdungsfestigkeiten aus Versuchen nach [1.2.11] geführt. Hierzu ist noch ein Verwendbarkeitsnachweis in Form einer allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung oder Bauartgenehmigung vorzulegen. Solange ein solches Dokument noch nicht vorliegt, ist die Betriebsdauer der Windenergieanlage auf 10 Jahre zu begrenzen (s. Auflage 6.2).

Fundament

5.4.5 Die Anforderungen an das Fundament sind in [1.1.3], die Anforderungen an die geometrischen Abmessungen und das Vorspannen der Ankerstangen in [1.1.14] spezifiziert. Das in [1.1.3] definierte Kollektiv für ΔMXY deckt die Einwirkung, die sich sowohl aus den in Querrichtung wirkenden als auch aus Querschwingungen resultierenden Lasten zusammensetzt, ab.

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.

5.4.7 Der Nachweis des T-Flansches am Turmfuß basiert auf den Annahmen in [1.1.13], [1.1.14] und [1.2.17].

Montage & Inbetriebnahme

5.4.8 Das Auftreten wirbelerregter Querschwingungen während der Errichtung wurde für die folgenden Zeiträume berücksichtigt:

Turm mit Gondel, Generator und Nabe:	24 Tage
Turm mit Gondel, Generator:	24 Tage
Turm mit Gondel:	21 Tage
Turm ohne Gondel und Rotor:	12 Tage

5.4.9 Falls die unter 5.4.8 genannten Zeiträume nicht eingehalten werden, darf die jeweils am oberen Turmende gemessene Windgeschwindigkeit einen Wert von 0,8 x v_{crit} nicht überschreiten. Die maximal zulässigen Windgeschwindigkeiten betragen somit:

Turm mit Gondel, Generator und Nabe:	3,6 m/s
Turm mit Gondel und Generator:	3,9 m/s
Turm mit Gondel:	5,4 m/s
Turm ohne Gondel und Rotor:	8,5 m/s
Turm ohne die oberste Sektion:	15,2 m/s
Turm ohne die oberen zwei Sektionen:	25,8 m/s
Turm ohne die oberen drei Sektionen:	47,4 m/s

Bei Bauzuständen, die oben nicht aufgeführt sind, gibt es keine Einschränkungen in Bezug auf die Windgeschwindigkeit.

5.4.10 Die in [1.1.14] definierten Anforderungen an das Vorspannen der Ankerstangen sind einzuhalten.

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

Wiederkehrende Prüfungen / Wartungen

5.4.12 Innerhalb des 1. Halbjahres nach der Montage (jedoch nicht unmittelbar nach Inbetriebnahme) ist die planmäßige Vorspannung der Schrauben in den L-Flanschverbindungen durch Nachspannen sicherzustellen.

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

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

5.4.15 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.

Weiterbetrieb

5.4.16 Ist nach Ablauf der Auslegungslebensdauer ein Weiterbetrieb der Windenergieanlage geplant, so ist hierzu Kapitel 17 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] aufgeführten Auslegungsparameter für die Windzone S zu Grunde liegen.

6.2 Der Ermüdungsnachweis wurde teilweise mit Ermüdungsfestigkeiten aus Versuchen nach [1.2.11] geführt. Gemäß DIN EN 1993-1-9/NA:2010-12, NA 2.2, NDP zu 2(4), bedarf die Anwendung von Ermüdungsfestigkeiten aus Versuchen eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises. Ein solcher Nachweis ist spätestens zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der Windenergieanlage durch eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder Bauartgenehmigung zu erbringen. Sollte ein entsprechendes Dokument zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme nicht vorliegen, ist die Betriebsdauer der Windenergieanlage auf zunächst 10 Jahre zu begrenzen. Wird dann innerhalb der Betriebsdauer von 10 Jahren eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung oder Bauartgenehmigung der zuvor beschriebenen, versuchsbasierten Ermüdungsfestigkeiten vorgelegt, kann die Betriebsdauer der Windenergieanlage auf 20 bzw. 25 Jahre verlängert werden (siehe Abschnitt 4.2).

6.3 Die Auflagen in den gutachtlichen Stellungnahmen (s. [1.2.2], [1.2.6], [1.2.8], [1.2.10], [1.2.13] und [1.2.27]) sind zu beachten. Die gutachtlichen Stellungnahmen sind zur Bauakte zu nehmen.

6.4 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 dem Prüfbescheid zur Typenprüfung errichtet worden ist. Diese Herstellererklärung ist der Bauaufsichtsbehörde vorzulegen und zur Bauakte zu nehmen.

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

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

Stahlteil

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

6.8 Die Spezifikationen [1.2.18] bis [1.2.23] sowie die Spannanweisung [1.1.14] sind ist zu beachten.

6.9 Die Streckgrenze des für die Flansche verwendeten Materials muss mindestens den in Kapitel 4.3 genannten Werten entsprechen.

6.10 Die in der allgemeinen Bauartgenehmigung [1.2.16] aufgeführten Anforderungen an die Fertigung sind zu erfüllen.

7 Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Schnittstellen und Auflagen erfüllen der hier geprüfte Hybrid-Stahlturm E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 und der zugehörige Ankerkorb die Anforderungen der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [2.1].

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

Die in diesem Prüfbescheid aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sind hinsichtlich der DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015), Kapitel 3, Abschnitt I, vollständig und können für diese Windenergieanlagen verwendet werden.

Alle relevanten Schnittstellen (Maschine/Turm) wurden überprüft.

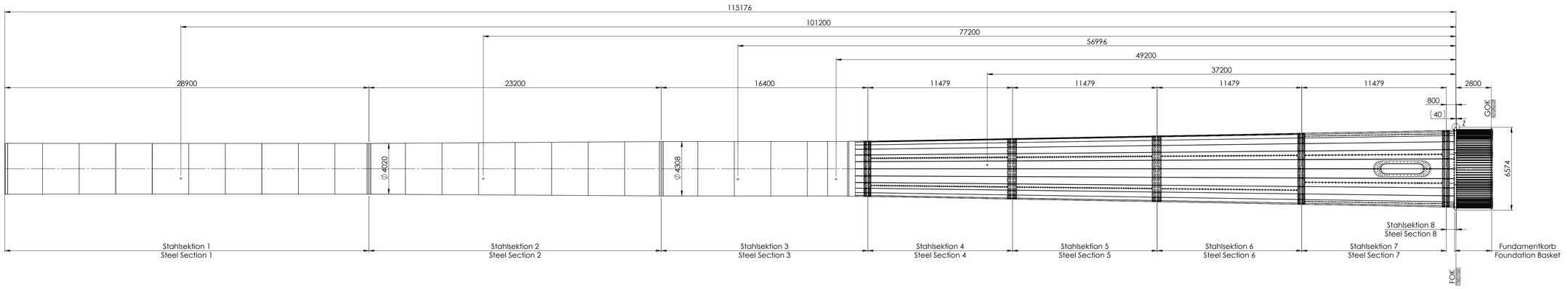
Statisch relevante, konstruktive Änderungen am Turm oder am Ankerkorb sind dem Prüfamt für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH mitzuteilen und einer Bewertung zu unterziehen. Ansonsten verliert dieser Prüfbescheid seine Gültigkeit.

Der Leiter

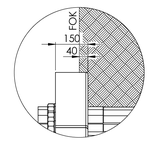
Dipl.-Ing. T. Krause

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN TÜV NORD CERT

An der Prüfung beteiligt:
Dr.-Ing. T. Rutkowski



Z
1 : 10



Stahlsektion Steel Section	Zeichnungs-Nr. Drawing - No.	Rev.
1	D0993201	2.0
2	D0993202	3.0
3	D0993203	4.0
4	D0993204	2.0
5	D0993205	2.0
6	D0993206	2.0
7	D0993207	2.0
8	D0993208	1.0
Fundamentkorb Foundation Basket	D0993209	1.0

Turmhöhe über OK Fundament Tower height above TOP foundation	115.176 m
Nabenhöhe über OK Fundament Hub height above TOP foundation	117.027 m
Nabenhöhe über OK Gelände Hub height above TOP ground	117.976 m

811920822-6 E III Rev.1
Structural Design Evaluated
T. Rutkowski
Expert
TÜV NORD CERT GmbH
2022-09-16

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-1 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

FREIGABE FÜR BAUSTELLE
TÜV NORD CERT
ENTWURFSNACHWEIS

FOK: Fundamentoberkante / TOP foundation
GOK: Geländeoberkante / TOP ground

Allgemeintoleranz nach / *General tolerances acc. to* DIN ISO 2768 vL
Oberfläche nach / *surface acc. to* DIN EN ISO 1302

© This drawing is owned by ENERCON GmbH, Rl. It is copyright and of the same force. A trade secret within the meaning of § 17 UWG. Any use by third parties requires our consent.
Diese Zeichnung ist Eigentum der Firma ENERCON GmbH. Sie ist urheberrechtlich geschützt und inhalt zugleich ein Betriebsgeheimnis im Sinne des § 17 UWG-Ges.

Drawn / Gezeichnet: Checked / Geprüft:
Scale / Maßstab: 1:125
Weight / Gewicht: 377542.08 kg
Document Type / Dokumentart: Statikzeichnung / *Structural drawing*
DCC:

REV.	Change	Date	Name
4.0	Update revision numbers	28.04.2022	KD
3.0	Update revision numbers	18.05.2022	KD
2.0	Update obstacle light	03.02.2022	KD
1.0	Adaption material properties	12.01.2022	KD
0.0	Drawing created	25.11.2021	KD

	date / Datum	first / last name
created / erstellt	25.11.2021	K. Dunker
last modified by / zuletzt geändert durch	28.06.2022	K. Dunker

released at rev. / freigegeben ab. rev.

ENERCON
ENERGY FOR THE WORLD

Erection / Installation / Service / Betreiberprojekt / Customer project

E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01
Stahlturm - Zusammenfassung
steeltower - summary

Assembly Number / Installationsnummer: D0993210
Drawing Number / Zeichnungsnummer:
Sheet / Blatt: 1/1

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 -

Prüfbescheid zur Typenprüfung

Windenergieanlage E-160 EP5 E3, Rotorblatt LM 78.3 P, Hybrid-Stahlturm E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01, DIBt Windzone S, Geländekategorie S

- Flachgründung, D=22,65 m -

Prüfbescheid Nr.:	T-7004/22-2 Rev. 0
Gegenstand der Prüfung:	Standsicherheit der Flachgründung für die oben genannte Windenergieanlage gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015)
Anlagenhersteller (Antragsteller):	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland
Dokumentation:	Heinz Lunte GmbH Burgstraße 49 49413 Dinklage Deutschland ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland
Geltungsdauer bis:	30.11.2027

Dieser Prüfbescheid wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Eine Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Prüfbescheids ist nur nach vorheriger, schriftlicher Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Anlagenherstellers bzw. Antragstellers gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist nicht gestattet. Dieser Prüfbescheid gilt nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung [1.2.1].

Der Prüfbescheid umfasst 11 Seiten und 6 Anlagen, die Bestandteil dieses Prüfbescheides sind.

Revision	Datum	Änderungen
0	07.11.2022	Erstausgabe

Inhaltsverzeichnis

0 Allgemeine Bestimmungen 3
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 7
4.3 Baustoffe 7
5 Prüfung 8
5.1 Umfang und Methodik 8
5.2 Anmerkungen zur Prüfung 8
5.3 Ergebnisse 8
5.4 Schnittstellen 9
6 Auflagen 9
7 Zusammenfassung 10

0 Allgemeine Bestimmungen

Dieser Prüfbescheid zur Typenprüfung beinhaltet als Ergänzung zum Prüfbescheid [1.2.1] die Flachgründung des Hybrid-Stahlturms E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01.

Es gelten die Allgemeinen Bestimmungen des Prüfbescheids [1.2.1].

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Berechnungen

[1.1.1] Heinz Lunte GmbH:
„Statische Berechnung Bauvorhaben: Neubau einer Windenergieanlage des Typs E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Flachgründung Auftrag: 4505 - 21“,
Dokument-Nr.: D0956327, Rev. 1.0, Datum: 28.03.2022

Anlagen zum Prüfbescheid zur Typenprüfung

Zeichnungen

[1.1.2] Heinz Lunte GmbH:
„Bauforhaben: Neubau einer Winenergieanlage des Typ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Schalplan Flachgründung Auftag: 4505 - 21 Blatt-Nr. S01 Index: a“,
Zeichnungs-Nr.: D0956286, Rev. 1.0, Datum: 31.03.2022

[1.1.3] Heinz Lunte GmbH:
„Bauforhaben: Neubau einer Winenergieanlage des Typ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Bewehrungsplan Flachgründung B 500B Auftag: 4505 - 21 Blatt-Nr. B02 Index: a“,
Zeichnungs-Nr.: D0956287, Rev. 1.0, Datum: 31.03.2022

[1.1.4] Heinz Lunte GmbH:
„Bauforhaben: Neubau einer Winenergieanlage des Typ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Bewehrungsplan Flachgründung B 500B Auftag: 4505 - 21 Blatt-Nr. B03 Index: a“,
Zeichnungs-Nr.: D0956288, Rev. 1.0, Datum: 31.03.2022

[1.1.5] Heinz Lunte GmbH:
„Bauforhaben: Neubau einer Winenergieanlage des Typ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Bewehrungsplan Flachgründung B 500B Auftag: 4505 - 21 Blatt-Nr. B04 Index: a“,
Zeichnungs-Nr.: D0956289, Rev. 1.0, Datum: 31.03.2022

[1.1.6] Heinz Lunte GmbH:
„Bauforhaben: Neubau einer Winenergieanlage des Typ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Bewehrungsplan Flachgründung B 500B Auftag: 4505 - 21 Blatt-Nr. B05 Index: -“,
Zeichnungs-Nr.: D0956290, Rev. 0, Datum: 27.01.2022

Spezifikationen

[1.1.7] ENERCON GmbH:
„Technisches Datenblatt E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Flachgründung WK S (DIBt- Richtlinie, Fassung Oktober 2012)“,
Dokument-Nr.: D0956329, Rev. 1, Datum: 31.03.2022

1.2 Dazugehörige Dokumente

Turm

[1.2.1] TÜV NORD CERT GmbH:
„Prüfbescheid zur Typenprüfung Windenergieanlage E-160 EP5 E3, Rotorblatt LM 78.3 P, DIBt Windzone S, Geländekategorie S
- Hybrid-Stahlturm E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 -“,
Prüfbescheid Nr.: T-7004/22-1 Rev. 0, Datum: 07.11.2022

[1.2.2] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Fundamentlasten”,
Dokument-Nr.: D02337207, Rev. 4.2, Datum: 11.11.2021

[1.2.3] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage Fundamentkorb E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01“,
Dokument-Nr.: D02481048, Rev. 3.0, Datum: 11.11.2021

[1.2.4] ENERCON GmbH:
„E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Fundamentkorb”,
Zeichnungs-Nr.: D0993209, Rev. 1.0, Datum: 12.01.2022

[1.2.5] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage ENERCON E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Spannanweisung Fundamentkorb E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01”,
Dokument-Nr.: D02630078, Rev. 1.0, Datum: 27.06.2022

Spezifikationen

[1.2.6] ENERCON GmbH:
„Hinweise zur Bauausführung Turmtypen: E-XX EX/XX/XX/XX/XX &
E-XX EX/XX/XX/XX/XX Für alle Fundamenttypen“,
Dokument-Nr.: D0748193, Rev. 0a, Datum: 12.09.2018

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

Prüfung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08

[1.2.8] ENERCON GmbH:
„Stellungnahme Verwendbarkeit IEC ed.3 anstatt IEC ed.4 für ENERCON WEA“,
Dokument-Nr.: D02759428, Rev. 0.0, Datum: 06.09.2022

[1.2.9] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-160 EP5 E3 IEC 61400-1 Ed. 3 - Diverse Komponenten -”,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119616205-100 D III Rev. 0, Datum: 02.11.2022

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 + A1:2015-03 + DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 + NA/A1:2015-12: „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“

[2.4] DIN EN 1997-1:2009-09 + 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] DIN EN 1998-1:2010-12 + DIN EN 1998-1/NA:2011-01:
„Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten“

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

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

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

3 Einleitung

Gegenstand dieses Prüfbescheids ist die Typenprüfung einer Flachgründung, 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 Hybrid-Stahlturms E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01, welcher in [1.2.1] geprüft wurde.

Das Kreisfundament weist einen Außendurchmesser von 22,65 m auf.

Unterhalb des Sockels befindet sich eine 50 cm dicke Fundamentvertiefung. Die Gesamthöhe des Sockels inkl. der Vertiefung beträgt 3,20 m. Die Fundamentsohle bzw. die Oberkante der Fundamentvertiefung liegen wegen der Sauberkeitsschicht 10 cm über der Oberkante des umgebenden Geländes.

Der Turm ist über einen Ankerkorb mit dem Fundament verbunden.

Weitere Details können dem Schalplan [1.1.2] und dem Fundamentdatenblatt [1.1.7] (siehe Abschnitt 1.1) entnommen werden.

Die folgende Anlagenkonfiguration wurde bei der Prüfung des Fundaments berücksichtigt:

Nr.	WEA Bezeichnung	Nabenhöhe	Max. Nennleistung	Rotorblatt	Windzone (DIBt 2012)	Geländekategorie	Fundamentnachweise
1	E-160 EP5 E3	119,99 m	5560 kW	LM 78.3 P	WZ S	GK S	[1.1.1]

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 worden:

Nr.	WEA Bezeichnung	Nabenhöhe	Max. Nennleistung	Rotorblatt	Windzone (DIBt 2012)	Geländekategorie	spezifiziert in	geprüft in
1	E-160 EP5 E3	119,99 m	5560 kW	LM 78.3 P	WZ S	GK S	[1.2.2]	[1.2.1]

Tabelle 4.2: Lastannahmen

Die Auslegungslebensdauer beträgt 20 bzw. 25 Jahre (je nach Windbedingungen, siehe [1.2.1]).

Einwirkungen aus Erdbeben wurden berücksichtigt (s. [1.2.1]).

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 $k_{\varphi,stat}$ = 12 500 MNm/rad wurde ebenfalls berücksichtigt.

Die dynamische Bodendrehfeder wurde mit $k_{\varphi,dyn}$ = 100 000 MNm/rad angesetzt.

Verkehrslasten auf der Fundamentplatte wurden nicht berücksichtigt.

Das Fundament wurde mit und ohne Belastung aus Auftrieb berechnet. In der statischen Berechnung wurde angenommen, dass der maximale Wasserstand aus Schichten- und Oberflächenwasser oder Grundwasser 2,80 m unter der Oberkante des Fundamentsockels und somit auf Höhe des umgebenden Geländes liegt.

Die Werte der Vorspannung wurden [1.2.5] entnommen und in [1.2.1] geprüft.

Zusätzlich zum Endzustand wurde der Montagezustand des Turms (Lastfall-Gruppe DLC 8.1/8.2/8.3) mit Gondel und Rotor vor der Aufbringung der verdichteten Bodenaufschüttung nachgewiesen (s. [1.1.2]).

4.3 Baustoffe

In diesem Abschnitt werden die Hauptbaustoffe und -produkte der tragenden Bauteile aufgeführt. Weitere Details können den geprüften Anlagen (siehe Abschnitt 1.1) bzw. der Spezifikation [1.2.7] entnommen werden.

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 der eingereichten statischen Berechnung geführt und durch Vergleichsrechnung geprüft.

Die Windenergieanlage, der Turm und die Fundamente und wurden zunächst mit Einwirkungen nach DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12 ausgelegt und geprüft. Gemäß der gutachtlichen Stellungnahme [1.2.9] kann für die dort unter [1.2] aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die dazugehörige Prüfung von Turm und Gründung die Erfüllung der technischen Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.2] ebenfalls bestätigt werden.

Die Prüfung umfasst das Fundament und die Bewehrungsnachweise im Bereich der Lasteinleitung.

Der Turm, der Ankerkorb, die Betonnachweise im Bereich der Lasteinleitung und die geotechnischen Nachweise sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Der Hybrid-Stahlturm, die Stahlbauteile des Ankerkorbs und die Betonnachweise im Bereich der Lasteinleitung wurden in [1.2.1] geprüft.

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 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 Prüfbescheid [1.2.1] spezifizierten Anforderungen erfüllt.

5.4.2 Es wurde geprüft, ob die für die Bewehrungsnachweise im Lasteinleitungsbereich angesetzten Geometrien mit den in [1.2.4] dargestellten Ankerkorb-Geometrien übereinstimmen.

Geotechnische Nachweise

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

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

Montage & Inbetriebnahme

5.4.5 Hinsichtlich der Vorspannung der Ankerbolzen gelten die Anforderungen des Prüfbescheids [1.2.1].

Wiederkehrende Prüfungen / Wartungen

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

5.4.7 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.

Weiterbetrieb

5.4.8 Ist nach Ablauf der Auslegungslebensdauer ein Weiterbetrieb der Windenergieanlage geplant, so ist hierzu Kapitel 17 der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

6 Auflagen

Allgemeines

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

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

Fundament

6.3 Bei der Herstellung und Ausführung des Fundaments sind die Bestimmungen der DIN EN 13670, der DIN 1045-3 und der Spezifikation [1.2.6] zu beachten. Für den Beton sind Eignungs- und Güteprüfungen gemäß DIN 1045-2 in Verbindung mit DIN EN 206-1 durchzuführen.

6.4 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.

Anforderungen an den Baugrund

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

7 Zusammenfassung

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

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

Alle relevanten Schnittstellen (Turm/Fundament) wurden überprüft.

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

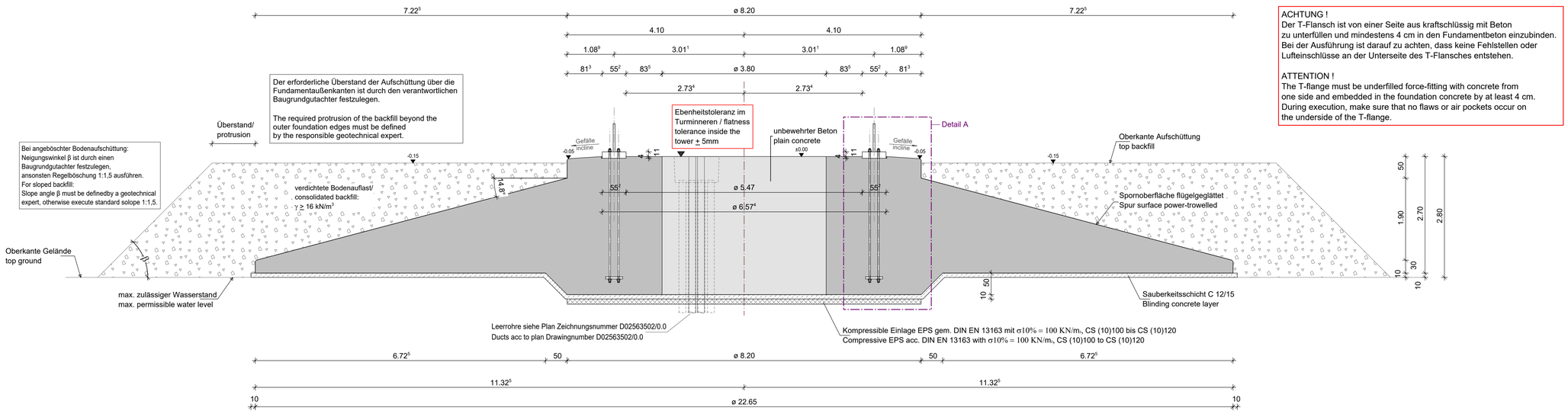
Dieser Prüfbescheid gilt nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung [1.2.1].

Der Leiter

Dipl.-Ing. T. Krause

An der Prüfung beteiligt:
M.Sc. E. Dottai

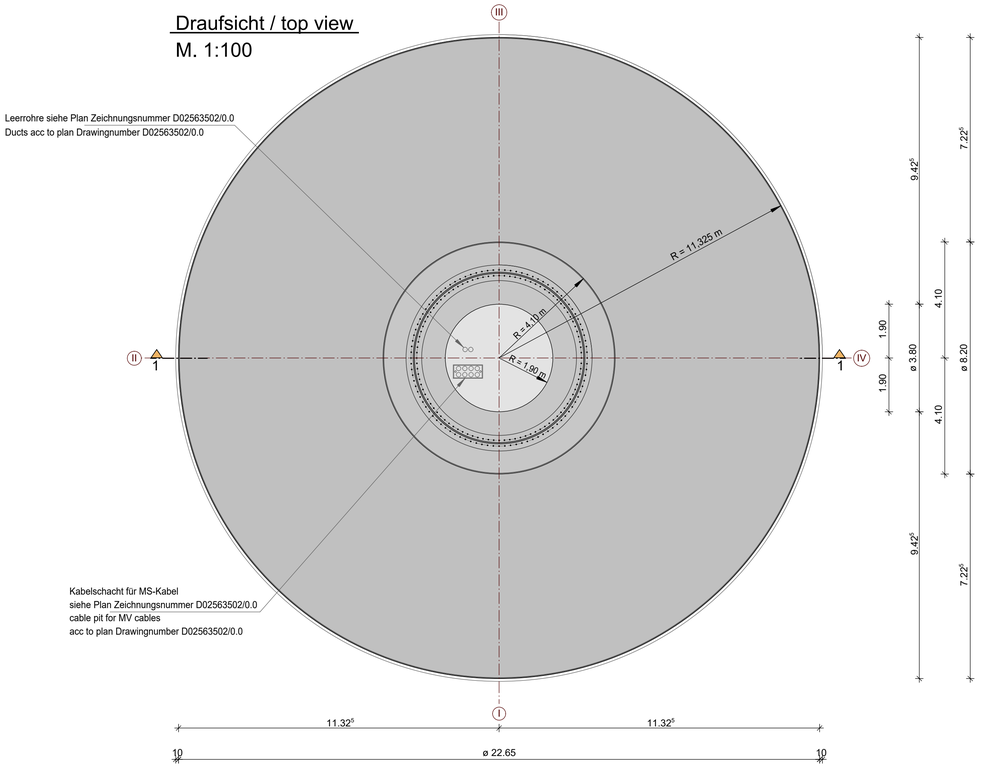
Schnitt 1 - 1 / section 1 - 1
M. 1:50



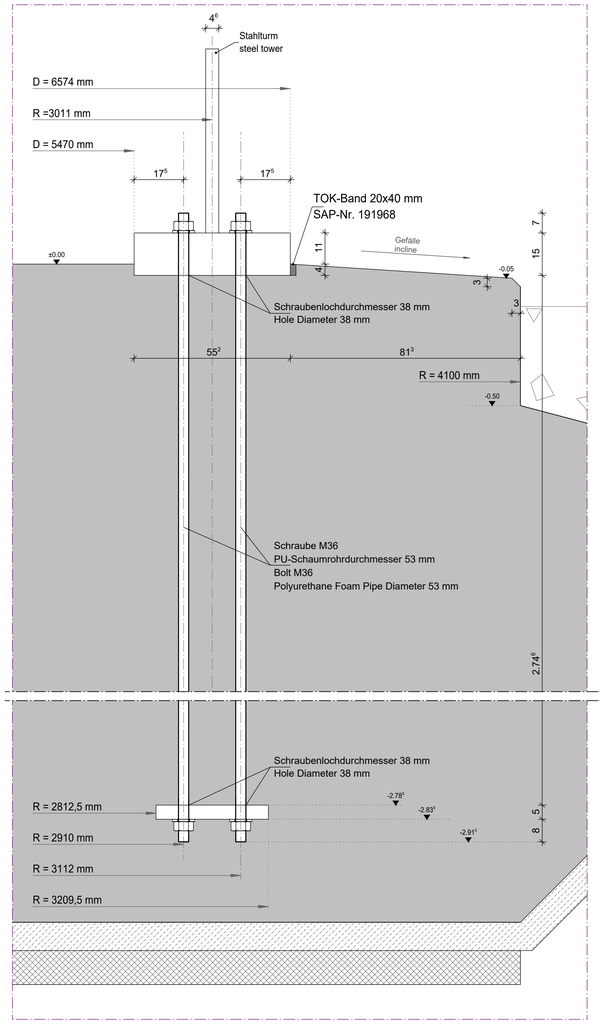
ACHTUNG !
Der T-Flansch ist von einer Seite aus kraftschlüssig mit Beton zu unterfüllen und mindestens 4 cm in den Fundamentbeton einzubinden. Bei der Ausführung ist darauf zu achten, dass keine Fehlstellen oder Lufteinschlüsse an der Unterseite des T-Flansches entstehen.

ATTENTION !
The T-flange must be underfilled force-fitting with concrete from one side and embedded in the foundation concrete by at least 4 cm. During execution, make sure that no flaws or air pockets occur on the underside of the T-flange.

Draufsicht / top view
M. 1:100



Detail A
M. 1:10



Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-2 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

8119201822-7 E I Rev. 0
Structural Design Evaluated
E. Dottai
Expert
TÜV NORD CERT GmbH
TÜV NORD 2022-07-22

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

Dokument-Nr.: D0956286-1

Die gesonderten Fundament-Spezifikationen der Fa. ENERCON sind zu beachten / ENERCON foundation specifications must be considered

Die statisch erforderliche, dauerhafte Aufschüttung ist zum frühestmöglichen Zeitpunkt auf das Fundament aufzubringen. Die Aufschüttung ist mit geeigneten Verfahren zu verdichten, um die angegebene Mindest-Bodenwichte im erdfeuchten Zustand zu erreichen.
Nach Beendigung des Turmaufbaus, spätestens jedoch nach Montage der Windenergieanlage, muss die verdichtete Aufschüttung auf dem Fundament vorhanden sein. Mit dem Aufbringen der Aufschüttung darf nicht bis zur Inbetriebnahme der Windenergieanlage gewartet werden. Bei prognostizierten extremen Windbedingungen ≥ 21 m/s (Beaufort 8) sind vorzeitig entsprechende Maßnahmen zu treffen.

The permanent backfill required for structural reasons must be applied to the foundation at the earliest possible time, and must be compacted by appropriate methods to obtain the specified minimum soil unit weight in earth-moist condition. After finishing the tower erection, but at the latest after the complete installation of the wind turbine, the compacted backfill must be on the foundation. It is not permitted to wait until the wind turbine is set in operation before applying the backfill. If extreme wind conditions ≥ 21 m/s (Beaufort 8) are predicted, appropriate measures must be taken in advance.

Bei Ausführung des Fundamentes gemäß des vorliegenden Schalplans einschließlich der zugehörigen Bewehrungspläne sind Betonierfugen im Fundament nicht zulässig. Falls eine Betonierfuge erforderlich ist, so ist hierfür rechtzeitig vor Baubeginn ein zusätzlicher Nachweis zu erbringen und eine Anpassung der Schubbewehrung zwingend erforderlich.
In diesem Fall ist die ENERCON GmbH zu informieren.

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

Fundamentarbeiten gemäß DIN EN 13670 mit den nationalen Anwendungsregeln
Foundation works according to DIN EN 13670 in with the national application

Maximal zulässiger Wasserstand bis Unterkante Sauberkeitsschicht
Maximum permissible water level at bottom blinding concrete layer

Sauberkeitsschicht:
Reibbeiwert gemäß Tabelle 3, Zeile 1 der DIN 18202.
Es wird keine Flügelgeglättete Sauberkeitsschicht ausgeführt.

Blinding layer:
Coefficient of friction acc. To Table 3, line 1 of DIN 18202.
Smoothing the surface with a power float will not be performed.

Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden (fcm 2 / fcm 28 ≤ 0,30).
Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einer Betontechnologin oder einem Betontechnologen festzulegen.

There is to apply a concrete with low hydration development (fcm 2 / fcm 28 ≤ 0,30).
The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.

Annahme in statischer Berechnung für Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme fct,eff = 0,7 x fctm.
Assumption in static calculatic for indirect action as a result of hydration heat fct,eff = 0,7 x fctm.

Betonfestigkeitsklasse / concrete strength class	C35/45
Betonmenge / concrete quantity	558 m³
Expositionsklassen / exposition classes	XC4, XF1
Feuchtigkeitsklasse / hymidity class	WF
Überwachungsklasse / monitoring class	ÜK 2

Konsistensklassen / Consistency Classes	
Sohlvertiefung und des unteren Ankerrings Bottom pit and the lower anchor ring	F4/S4
Restliches Fundament Rest of foundation	F3/S3

Größtkorn im Bereich der oberen und unteren Bewehrungslage / Nominal value of aggregates maximum grain size around bottom and top reinforcement	16 mm
Größtkorn im mittleren Fundamentbereich / Nominal value of aggregates maximum grain size in other parts of foundation	32 mm

Sauberkeitsschichts / Blinding Layer	
Betonfestigkeitsklasse / concrete strength class	C12/15
Betonmenge / concrete quantity	43 m³

Freigabe/ Release:			
a	31.03.2022	Schweizer	Prüfeintragungen übernommen
Index	Datum / Date	Name	Änderung / Change

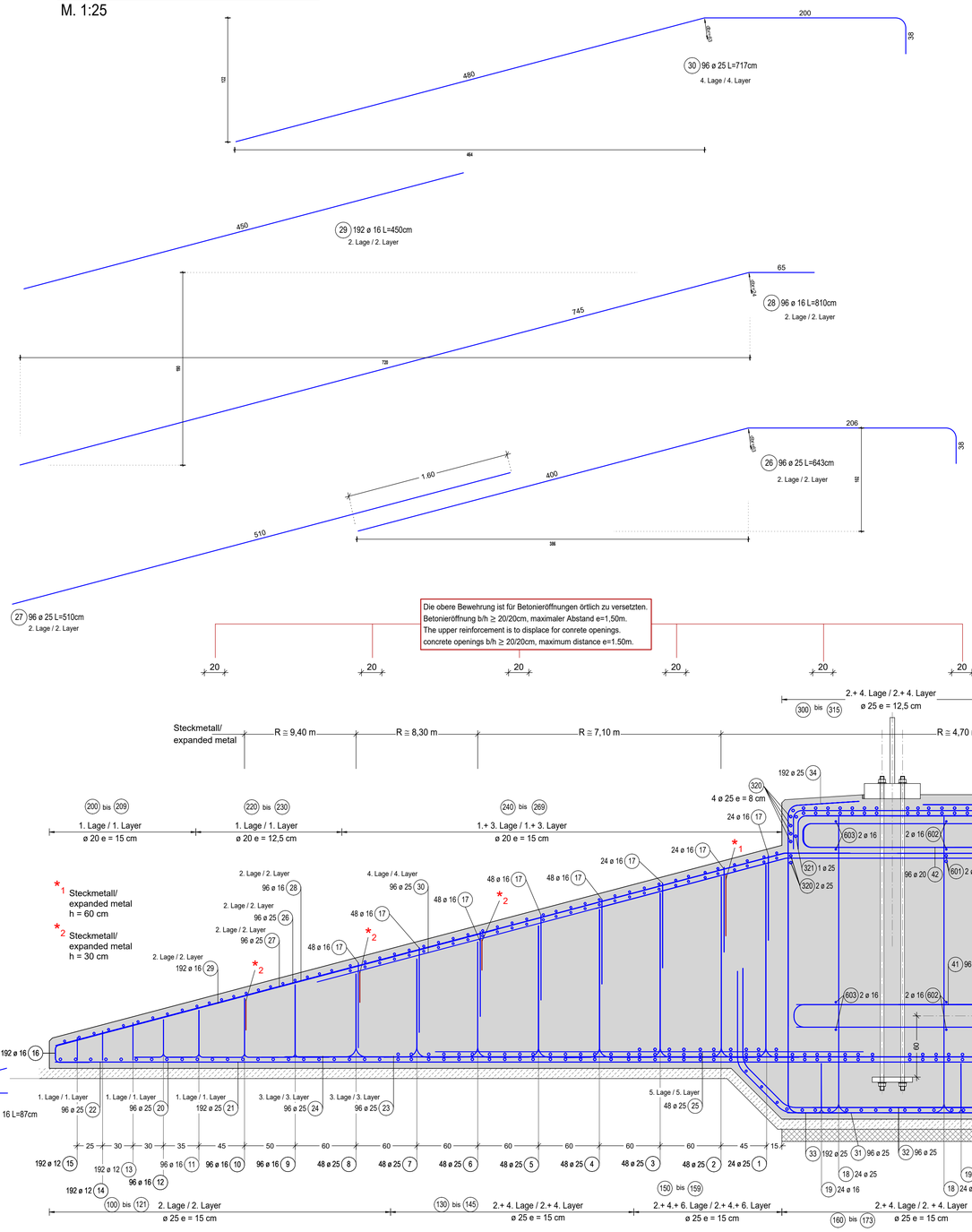
Heinz Lunte GmbH
Ingenieurbüro für Tragwerksplanung
49413 Dinklage - Burgstraße 49
Tel.: 04443/9638-0 E-Mail: lunte@lunte-statik.de

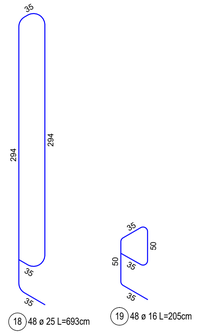
Bauvorhaben / Project :	Neubau einer Winenergieanlage des Typ Construction of a wind energy converter E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01
Auftraggeber / Customer:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 GmbH 26605 Aurich
Bauteil / Component:	Schalplan / Shuttering Plan Flachgründung / Flat foundation

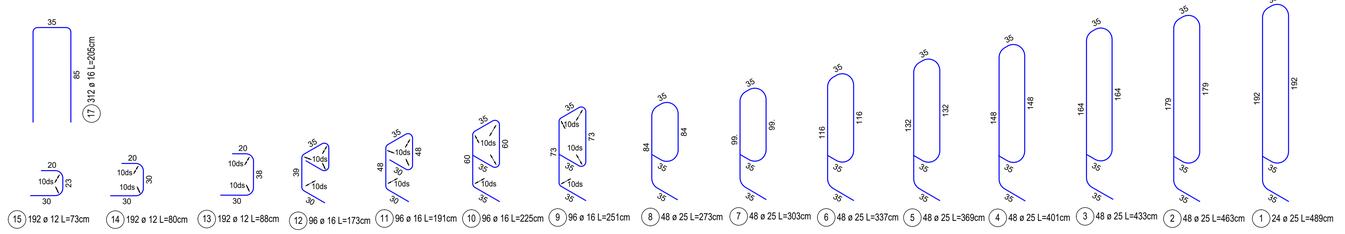
gezeichnet / drawn:		Plangrösse / Plan size:	Blatt-Nr / Sheet number	INDEX:
Schweizer			S01	a
Maßstab / Scale: 1:100; 50; 10	Datum / Date: 27.01.2022	Auftag / Order: 4505 - 21		

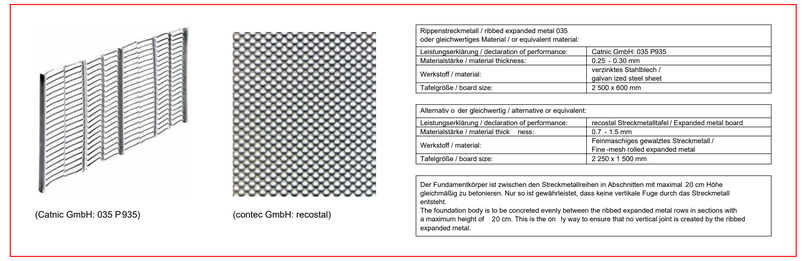
Schnitt 1 - 1 / section 1 - 1

M. 1:25









(Catnic GmbH: 035 P 935)

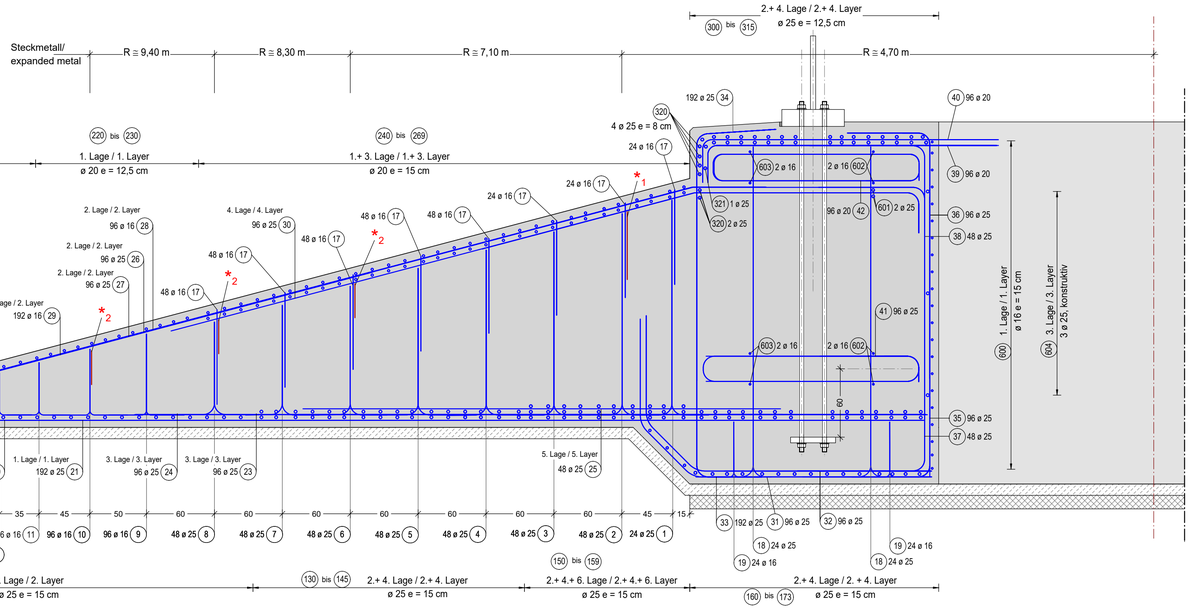
(contec GmbH: recostal)

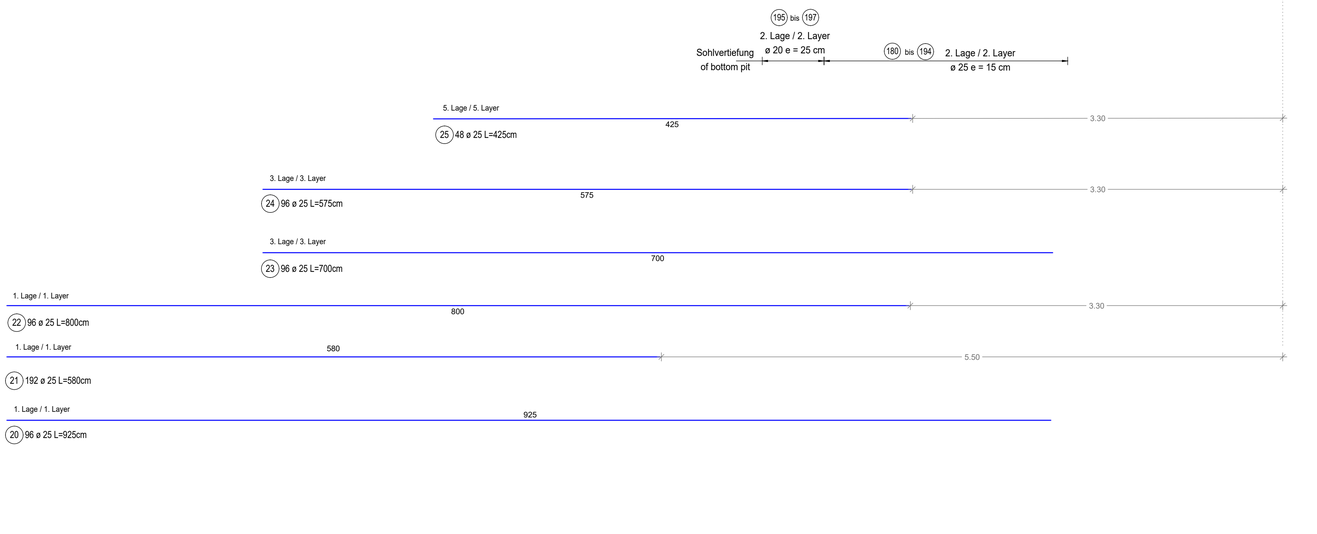
Rippenstreckmetall / ribbed expanded metal 035 oder gleichwertiges Material / or equivalent material:	
Leistungserklärung / declaration of performance:	Catnic GmbH: 035 P935
Materialstärke / material thickness:	0.25 - 0.30 mm
Werkstoff / material:	verzinktes Stahlblech / galvan ized steel sheet
Tafelgröße / board size:	2 500 x 600 mm

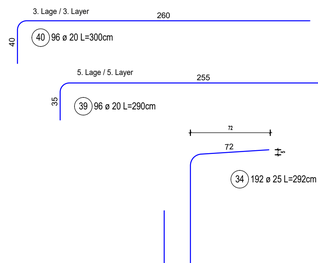
Alternativ o der gleichwertig / alternative or equivalent:	
Leistungserklärung / declaration of performance:	recostal Streckmetalltafel / Expanded metal board
Materialstärke / material thick ness:	0.7 - 1.5 mm
Werkstoff / material:	Feinmaschiges gewalztes Streckmetall / Fine-mesh rolled expanded metal
Tafelgröße / board size:	2 250 x 1 500 mm

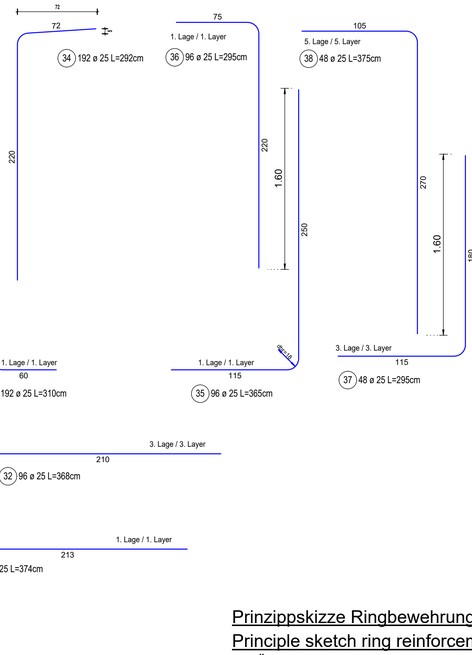
Der Fundamentkörper ist zwischen den Streckmetallreihen in Abschnitten mit maximal 20 cm Höhe gleichmäßig zu betonieren. Nur so ist gewährleistet, dass keine vertikale Fuge durch das Streckmetall entsteht.
The foundation body is to be concreted evenly between the ribbed expanded metal rows in sections with a maximum height of 20 cm. This is the on ly way to ensure that no vertical joint is created by the ribbed expanded metal.

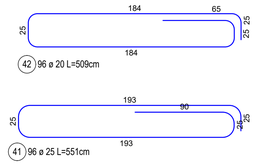
Die obere Bewehrung ist für Betonieröffnungen örtlich zu versetzten.
Betonieröffnung b/h ≥ 20/20cm, maximaler Abstand e=1,50m.
The upper reinforcement is to displace for conrete openings.
concrete openings b/h ≥ 20/20cm, maximum distance e=1,50m.











Dokument-Nr.: D0956287-1

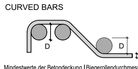
Rüttelöffnungen:
In Bereichen mit geringen Stababständen ist ein Rüttler mit kleinem Durchmesser (ca. 35-65 mm) zu verwenden. Mehrlagige Bewehrung vertikal übereinander einbauen, damit der Rüttler ohne hängen zu bleiben durch die Zwischenräume geführt werden kann.
Obere/untere Lage und Bewehrung der Schlvertiefung ohne Versatz übereinander einbauen, so dass die tiefsten Stellen im Fundament mit dem Rüttler erreicht werden können

Concrete vibration openings
Use a vibrator with smaller diameter (approx. 35-65 mm) in areas with small bar spacing. Install multi-layer reinforcement vertically on top of each other, so that the vibrator can be guided through the gaps without getting stuck. Install top and bottom l ayer and the bottom pit reinforcement on top of each other without offset so that the deepest points in the foundation can be reached with the vibrator.

Die gesonderten Fundament-Spezifikationen der Fa. ENERCON sind zu beachten / ENERCON foundation specifications must be considered

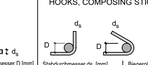
ABSTANDHALTER / BAR SPACER	nach DBV-Merkblatt "Abstandhalter" Verlegung nach DBV-Merkblatt " Betondeckung und Bewehrung " (Tab.4 Anordnung)
Mindestwerte des Biegerollendurchmessers / Minimum diameter of mandrel	nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01 Tabelle .8.1a

GEBOGENE STÄBE / CURVED BARS



Mindestwerte der Betondeckung rechtwinklig zur Biegeebene minimum concrete cover, rectangular to bending level	Biegerollendurchmesser D [mm] diameter of mandrel D [mm]
>100 mm und >7d_s	min D = 10d_s
> 50 mm und >3d_s	min D = 15d_s
= 50 mm und = 3d_s	min D = 20d_s

HAKEN, WINKELHAKEN, SCHLAUFEN / HOOKS, COMPOSING STICKS, LOOPS



Stabdurchmesser ds [mm] bar diameter	Biegerollendurchmesser D [mm] diameter of mandrel D [mm]	
6, 8, 10, 12	$4d_s$	min D = 40mm
14, 16	$4d_s$	min D = 64mm
20, 25, 28	$7d_s$	min D =175mm

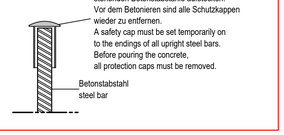
DIESE BIEGEROLLENDURCHMESSER GELTEN, SOFERN IN DER ZEICHNUNG KEINE ANDEREN WERTE ANGEGEBEN SIND
THESE DIAMETER OF MANDREL ARE VALID, IF OTHER VALUES ARE NOT STATED IN THE DRAWINGS

Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.

Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind nicht zulässig.
A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.

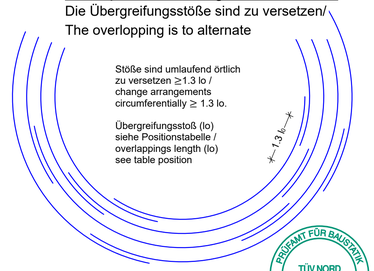
Betonstahlsorte / Reinforcement Grade:	Betonstabstahl / Reinforcing Bar B 500B	
Zugfestigkeit / tensile strength	f_t = 540 N/mm²	
Streckgrenze / Yield Strength	f_y = 500 N/mm²	
BETONDECKUNG / CONCRETE COVER CV	unten / bottom	50mm
	oben Sockel / top base	50mm
	oben Sporn / top spur	50mm
	seitlich / lateral	50mm

Detail
Schutzkappe / safety cap



Prinzippskizze Ringbewehrung
Principle sketch ring reinforcement

Die Übergreifungsstöße sind zu versetzen/
The overlopping is to alternate



Mark	ø	Number of pieces: Rings	Perring	total	Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
Position	ø	Stückzahlen: Ringe	pro Ring	gesamt	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
195	20	1	4	4	7.920	4.450	0.900
196	20	1	4	4	7.670	4.290	0.900
197	20	1	4	4	7.410	4.130	0.900
320	25	6	4	24	7.950	4.000	1.620
321	25	1	4	4	7.910	3.970	1.620

Mark	ø	Number of pieces: Rings	Perring	total	Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
Position	ø	Stückzahlen: Ringe	pro Ring	gesamt	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
600	16	21	3	63	4.870	1.950	0.750
601	25	2	3	6	5.720	2.470	0.500
602	16	4	3	12	5.710	2.470	0.500
603	16	4	3	12	7.990	3.560	0.500
604	25	3	3	9	4.710	1.990	0.500

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-2 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

8119201822-7 E I Rev. 0
Structural Design Evaluated
E. Dottai
Expert
TÜV NORD CERT GmbH
TÜV NORD 2022-07-22

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK FÜR WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

Freigabe/ Release:			
a	31.03.2022	Schweizer	Prüfeintragungen übernommen
Index	Datum / Date	Name	Änderung / Change

Heinz Lunte GmbH
Ingenieurbüro für Tragwerksplanung
49413 Dinklage - Burgstraße 49
Tel.: 04443/9638-0 E-Mail: lunte@lunte-statik.de

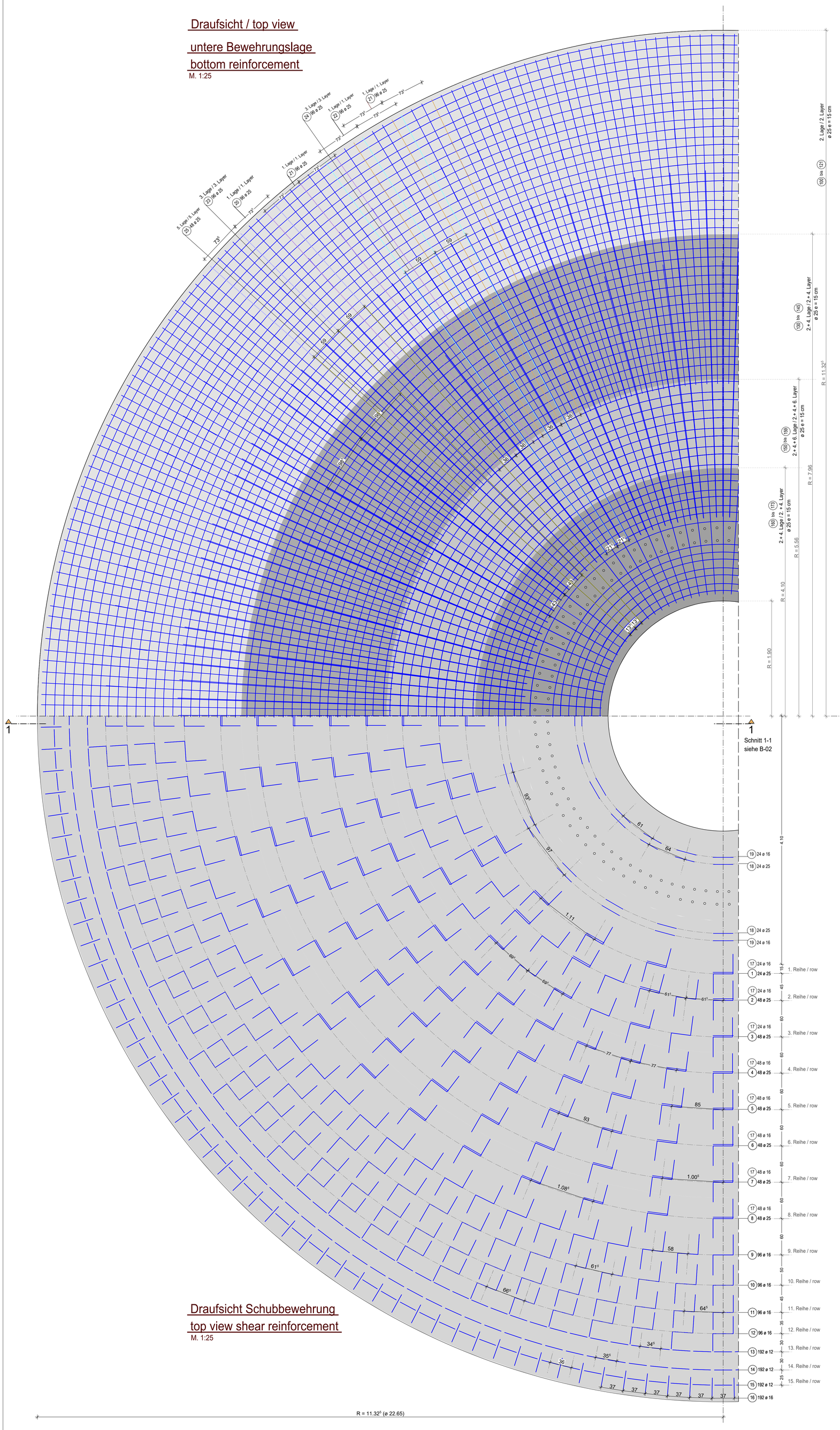
Bauvorhaben / Project :	Neubau einer Winenergieanlage des Typ Construction of a wind energy converter E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01
Auftraggeber / Customer:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 GmbH 26605 Aurich
Bauteil / Component:	Bewehrungsplan / Reinforcement drawing Flachgründung / Flat foundation

gezeichnet / drawn:	Plangrösse / Plan size:	Blatt-Nr / Sheet number	INDEX:
Schweizer	B 500B	B02	a
Maßstab / Scale: 1:25	Datum / Date: 27.01.2022	Auftag / Order: 4505 - 21	

Draufsicht / top view

untere Bewehrungslage
bottom reinforcement

M. 1:25



Bereich / *Area* R=7.96m bis R=11.325m

Mark	Number of pieces			Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
Position	Rings	Perring	total	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
	Stückzahlen					
100	1	7	7	11.210	11.200	1.130
101	1	7	7	11.070	11.050	1.130
102	1	7	7	10.940	10.900	1.130
103	1	7	7	10.810	10.750	1.130
104	1	7	7	10.670	10.600	1.130
105	1	7	7	10.540	10.450	1.130
106	1	6	6	11.950	10.300	1.130
107	1	6	6	11.790	10.150	1.130
108	1	6	6	11.630	10.000	1.130
109	1	6	6	11.480	9.850	1.130
110	1	6	6	11.320	9.700	1.130
111	1	6	6	11.160	9.550	1.130
112	1	6	6	11.000	9.400	1.130
113	1	6	6	10.850	9.250	1.130
114	1	6	6	10.690	9.100	1.130
115	1	6	6	10.530	8.950	1.130
116	1	6	6	10.380	8.800	1.130
117	1	6	6	10.220	8.650	1.130
118	1	5	5	11.850	8.500	1.130
119	1	5	5	11.660	8.350	1.130
120	1	5	5	11.470	8.200	1.130
121	1	5	5	11.280	8.050	1.130

Bereich / *Area* R=5.56m bis R=7.96m

Mark	Number of pieces			Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
Position	Rings	Perring	total	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
	Stückzahlen					
130	2	5	10	11.050	7.870	1.130
131	2	5	10	10.870	7.720	1.130
132	2	5	10	10.680	7.570	1.130
133	2	5	10	10.490	7.420	1.130
134	2	5	10	10.300	7.270	1.130
135	2	5	10	10.110	7.120	1.130
136	2	5	10	9.920	6.970	1.130
137	2	5	10	9.730	6.820	1.130
138	2	5	10	9.550	6.670	1.130
139	2	5	10	9.360	6.520	1.130
140	2	5	10	9.170	6.370	1.130
141	2	5	10	8.980	6.220	1.130
142	2	4	8	10.710	6.070	1.130
143	2	4	8	10.470	5.920	1.130
144	2	4	8	10.240	5.770	1.130
145	2	4	8	10.000	5.620	1.130

Bereich / *Area* R=4.10m bis R=5.56m

Mark	Number of pieces			Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
Position	Rings	Perring	total	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
	Stückzahlen					
150	3	4	12	9.800	5.490	1.130
151	3	4	12	9.560	5.340	1.130
152	3	4	12	9.330	5.190	1.130
153	3	4	12	9.090	5.040	1.130
154	3	4	12	8.860	4.890	1.130
155	3	4	12	8.620	4.740	1.130
156	3	4	12	8.390	4.590	1.130
157	3	4	12	8.150	4.440	1.130
158	3	4	12	7.910	4.290	1.130
159	3	4	12	7.680	4.140	1.130

Bereich / *Area* R=1.90m bis R=4.10m

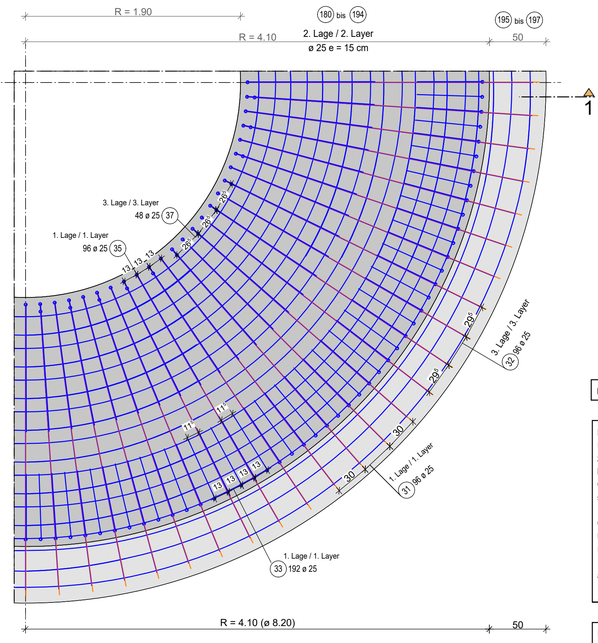
Mark	Number of pieces			Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
Position	Rings		total	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
	Stückzahlen					
160	2	4	8	7.920	3.980	1.620
161	2	4	8	7.720	3.850	1.620
162	2	4	8	7.510	3.720	1.620
163	2	4	8	7.310	3.590	1.620
164	2	4	8	7.100	3.460	1.620
165	2	4	8	6.900	3.330	1.620
166	2	4	8	6.700	3.200	1.620
167	2	3	6	7.600	2.830	1.620
168	2	3	6	7.330	2.700	1.620
169	2	3	6	7.050	2.570	1.620
170	2	3	6	6.780	2.440	1.620
171	2	3	6	6.510	2.310	1.620
172	2	3	6	6.240	2.180	1.620
173	2	3	6	5.970	2.050	1.620

Bereich / *Area* Sohlvertiefung / of bottom pit

Mark	Number of pieces			Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
Position	Rings	Perring	total	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
	Stückzahlen					
180	1	4	4	7.970	4.020	1.620
181	1	4	4	7.750	3.880	1.620
182	1	4	4	7.530	3.740	1.620
183	1	4	4	7.310	3.600	1.620
184	1	4	4	7.100	3.460	1.620
185	1	4	4	6.880	3.320	1.620
186	1	4	4	6.660	3.180	1.620
187	1	4	4	6.440	3.040	1.620
188	1	4	4	6.220	2.900	1.620
189	1	3	3	7.450	2.760	1.620
190	1	3	3	7.160	2.620	1.620
191	1	3	3	6.870	2.480	1.620
192	1	3	3	6.580	2.340	1.620
193	1	3	3	6.280	2.200	1.620
194	1	3	3	5.990	2.060	1.620
195	1	4	4	7.920	4.450	0.900
196	1	4	4	7.670	4.290	0.900
197	1	4	4	7.410	4.130	0.900

untere Bewehrungslage Sohlvertiefung
bottom reinforcement of bottom pit

M. 1:25



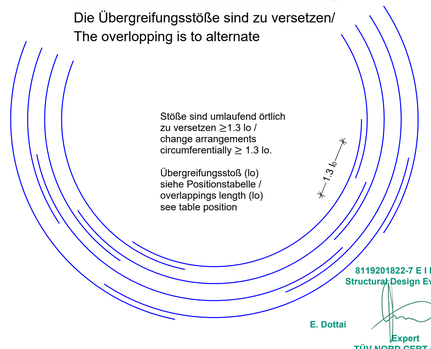
Draufsicht Schubbewehrung
top view shear reinforcement

M. 1:25

R = 11.32⁵ (ø 22.65)

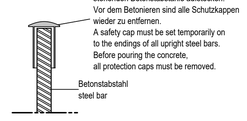
Prinzipskizze Ringbewehrung
Principle sketch ring reinforcement

Die Übergreifungsstöße sind zu versetzen/
The overlopping is to alternate



8119201822-7 E I Rev. 0
Structural Design Evaluated
E. Dottai
Expert
TÜV NORD CERT GmbH
TÜV NORD 2022-07-22

Detail
Schutzkappe / safety cap



Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-2 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

Dokument-Nr.: D0956288-1

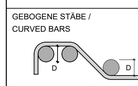
Rüttelöffnungen:
In Bereichen mit geringen Stababständen ist ein Rüttler mit kleinem Durchmesser (ca. 35-65 mm) zu verwenden. Mehrlagige Bewehrung vertikal übereinander einbauen, damit der Rüttler ohne hängen zu bleiben durch die Zwischenräume geführt werden kann.
Obere/untere Lage und Bewehrung der Sohlvertiefung ohne Versatz übereinander einbauen, so dass die tiefsten Stellen im Fundament mit dem Rüttler erreicht werden können

Concrete vibration openings
Use a vibrator with smaller diameter (approx. 35-65 mm) in areas with small bar spacing.
Install multi-layer reinforcement vertically on top of each other, so that the vibrator can be guided through the gaps without getting stuck. Install top and bottom l ayer and the bottom pit reinforcement on top of each other without offset so that the deepest points in the foundation can be reached with the vibrator.

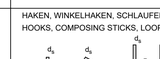
Die gesonderten Fundament-Spezifikationen der Fa. ENERCON sind zu beachten / ENEROCN foundation specifications must be considered

ABSTANDHALTER / BAR SPACER	nach DBV-Merkblatt "Abstandhalter" Verlegung nach DBV-Merkblatt " Betondeckung und Bewehrung " (Tab.4 Anordnung)
Mindestwerte des Biegerollendurchmessers / Minimum diameter of mandrel	nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01 Tabelle .8.1a

GEBOGENE STÄBE / CURVED BARS



HAKEN, WINKELHAKEN, SCHLAUFEN / HOOKS, COMPOSING STICKS, LOOPS



Mindestwerte des Betondeckung rechtwinklig zur Biegeebene minimum concrete cover rectangular to bending level	Biegerollendurchmesser D [mm] diameter of mandrel D [mm]	Stabdurchmesser ds [mm] bar diameter	Biegerollendurchmesser D [mm] diameter of mandrel D [mm]
>100 mm und >7d_s	min D = 10d_s	6, 8, 10, 12	4d_s min D = 40mm
> 50 mm und >3d_s	min D = 15d_s	14, 16	4d_s min D = 64mm
= 50 mm und = 3d_s	min D = 20d_s	20, 25, 28	7d_s min D =175mm

DIESE BIEGEROLLENDURCHMESSER GELTEN, SOFERN IN DER ZEICHNUNG KEINE ANDEREN WERTE ANGEGEBEN SIND
THESE DIAMETER OF MANDREL ARE VALID, IF OTHER VALUES ARE NOT STATED IN THE DRAWINGS

Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.

Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind nicht zulässig.
A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.

Betonstahlsorte / Reinforcement Grade:	Betonstabstahl / Reinforcing Bar B 500B	
Zugfestigkeit / tensile strength	f_s = 540 N/mm²	
Streckgrenze / Yield Strength	f_m = 500 N/mm²	
BETONDECKUNG / CONCRETE COVER CV	unten / bottom	50mm
	oben Sockel / top base	50mm
	oben Sporn / top spur	50mm
	seitlich / lateral	50mm

Freigabe/ Release:			
a	31.03.2022	Schweizer	Prüfeintragungen übernommen
Index	Datum / Date	Name	Änderung / Change

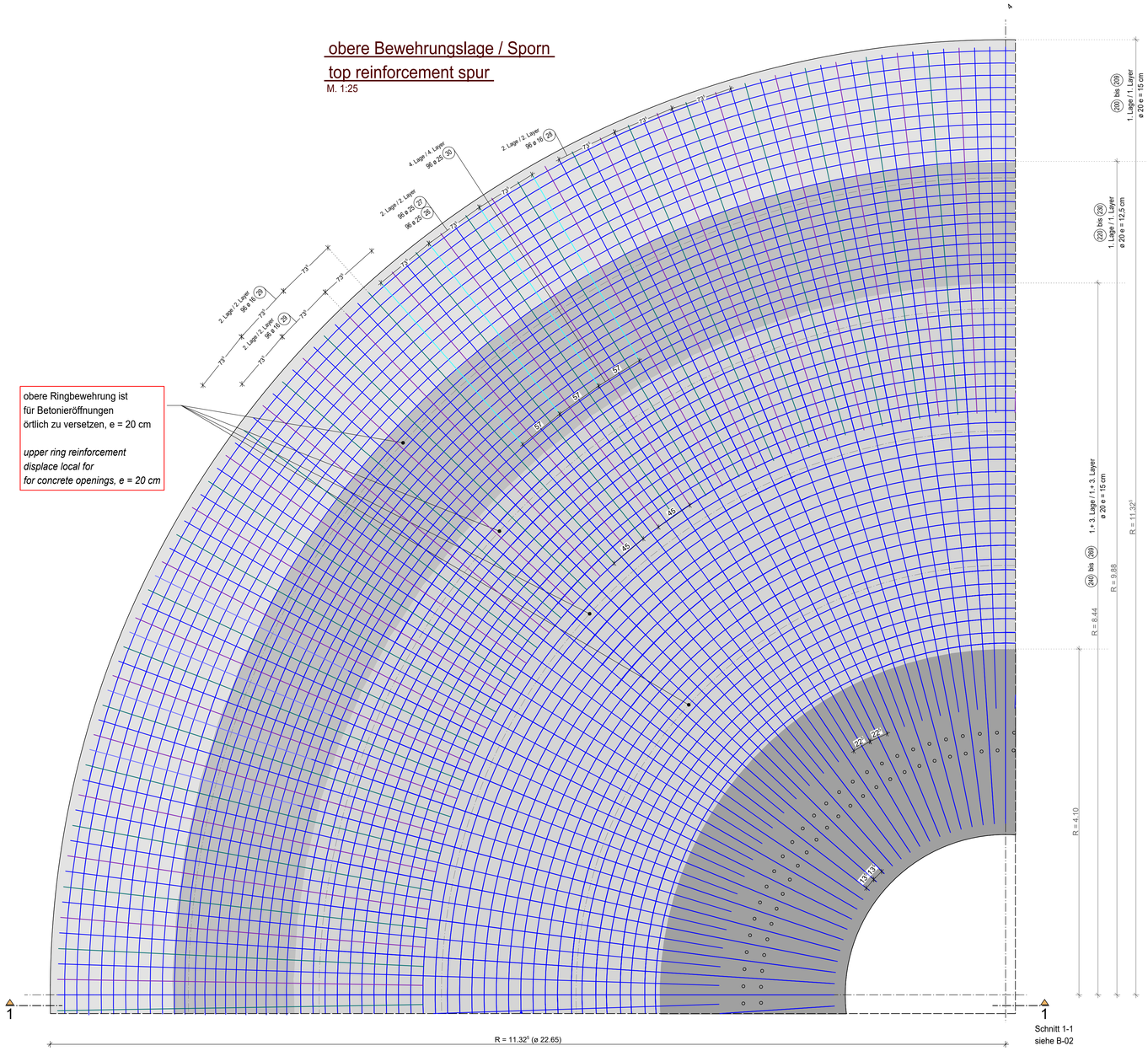
Heinz Lunte *GmbH*
Ingenieurbüro für Tragwerksplanung
49413 Dinklage - Burgstraße 49
Tel.: 04443/9638-0 E-Mail: lunte@lunte-statik.de

Bauvorhaben / Project :	Neubau einer Winenergieanlage des Typ Construction of a wind energy converter E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01
Auftraggeber / Customer:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 GmbH 26605 Aurich
Bauteil / Component:	Bewehrungsplan / Reinforcement drawing Flachgründung / Flat foundation

gezeichnet / drawn:		Plangrösse / Plan size:	Blatt-Nr / Sheet number	INDEX
Schweizer	B 500B		B03	a
Maßstab / Scale: 1:25	Datum / Date: 27.01.2022	Auftag / Order: 4505 - 21		

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

obere Bewehrungslage / Sporn
top reinforcement spur
M. 1:25



obere Ringbewehrung ist
für Betonieröffnungen
örtlich zu versetzen, e = 20 cm

upper ring reinforcement
displace local for
for concrete openings, e = 20 cm

Bereich / *Area* R=1.90m bis R=4.10m

Mark	Number of pieces				Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
		Rings	Pairing	total			
Position	Stückzahlen ø	Ringe	pro Ring	gesamt	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
300	25	2	4	8	8.620	3.990	2.300
301	25	2	4	8	8.430	3.870	2.300
302	25	2	4	8	8.240	3.750	2.300
303	25	2	4	8	8.050	3.630	2.300
304	25	2	4	8	7.870	3.510	2.300
305	25	2	4	8	7.680	3.390	2.300
306	25	2	4	8	7.490	3.270	2.300
307	25	2	4	8	7.300	3.150	2.300
308	25	2	4	8	6.790	2.830	2.300
309	25	2	4	8	6.600	2.710	2.300
310	25	2	4	8	6.400	2.580	2.300
311	25	2	4	8	6.210	2.460	2.300
312	25	2	4	8	6.010	2.330	2.300
313	25	2	4	8	5.820	2.210	2.300
314	25	2	3	6	6.720	2.080	2.300
315	25	2	3	6	6.480	1.960	2.300

Bereich / *Area* R=4.10m bis R=8.44m

Mark	Number of pieces				Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
		Rings	Pairing	total			
Position	Stückzahlen ø	Ringe	pro Ring	gesamt	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
240	20	2	6	12	10.380	8.350	1.620
241	20	2	5	10	11.950	8.200	1.620
242	20	2	5	10	11.770	8.060	1.620
243	20	2	5	10	11.590	7.910	1.620
244	20	2	5	10	11.410	7.770	1.620
245	20	2	5	10	11.220	7.620	1.620
246	20	2	5	10	11.040	7.480	1.620
247	20	2	5	10	10.860	7.330	1.620
248	20	2	5	10	10.680	7.190	1.620
249	20	2	5	10	10.500	7.040	1.620
250	20	2	5	10	10.310	6.900	1.620
251	20	2	5	10	10.130	6.750	1.620
252	20	2	5	10	9.950	6.610	1.620
253	20	2	5	10	9.770	6.460	1.620
254	20	2	5	10	9.580	6.320	1.620
255	20	2	5	10	9.400	6.170	1.620
256	20	2	5	10	9.220	6.030	1.620
257	20	2	5	10	9.040	5.880	1.620
258	20	2	5	10	8.860	5.740	1.620
259	20	2	5	10	8.670	5.590	1.620
260	20	2	5	10	8.490	5.450	1.620
261	20	2	4	8	9.980	5.300	1.620
262	20	2	4	8	9.750	5.160	1.620
263	20	2	4	8	9.530	5.010	1.620
264	20	2	4	8	9.300	4.870	1.620
265	20	2	4	8	9.070	4.720	1.620
266	20	2	4	8	8.840	4.580	1.620
267	20	2	4	8	8.610	4.430	1.620
268	20	2	4	8	8.390	4.290	1.620
269	20	2	4	8	8.160	4.140	1.620

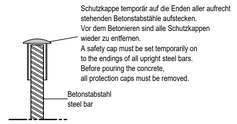
Bereich / *Area* R=8.44m bis R=9.88m

Mark	Number of pieces				Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
		Rings	Pairing	total			
Position	Stückzahlen ø	Ringe	pro Ring	gesamt	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
220	20	1	6	6	11.840	9.740	1.620
221	20	1	6	6	11.710	9.620	1.620
222	20	1	6	6	11.590	9.500	1.620
223	20	1	6	6	11.460	9.380	1.620
224	20	1	6	6	11.330	9.250	1.620
225	20	1	6	6	11.210	9.130	1.620
226	20	1	6	6	11.080	9.010	1.620
227	20	1	6	6	10.950	8.890	1.620
228	20	1	6	6	10.830	8.770	1.620
229	20	1	6	6	10.700	8.650	1.620
230	20	1	6	6	10.570	8.530	1.620

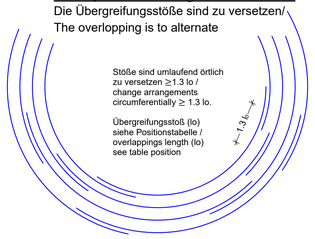
Bereich / *Area* R=9.88m bis R=11.325m

Mark	Number of pieces				Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
		Rings	Pairing	total			
Position	Stückzahlen ø	Ringe	pro Ring	gesamt	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
200	20	1	7	7	11.660	11.170	1.620
201	20	1	7	7	11.530	11.020	1.620
202	20	1	7	7	11.400	10.880	1.620
203	20	1	7	7	11.270	10.730	1.620
204	20	1	7	7	11.140	10.590	1.620
205	20	1	7	7	11.010	10.440	1.620
206	20	1	7	7	10.880	10.300	1.620
207	20	1	7	7	10.750	10.150	1.620
208	20	1	7	7	10.620	10.010	1.620
209	20	1	6	6	11.970	9.860	1.620

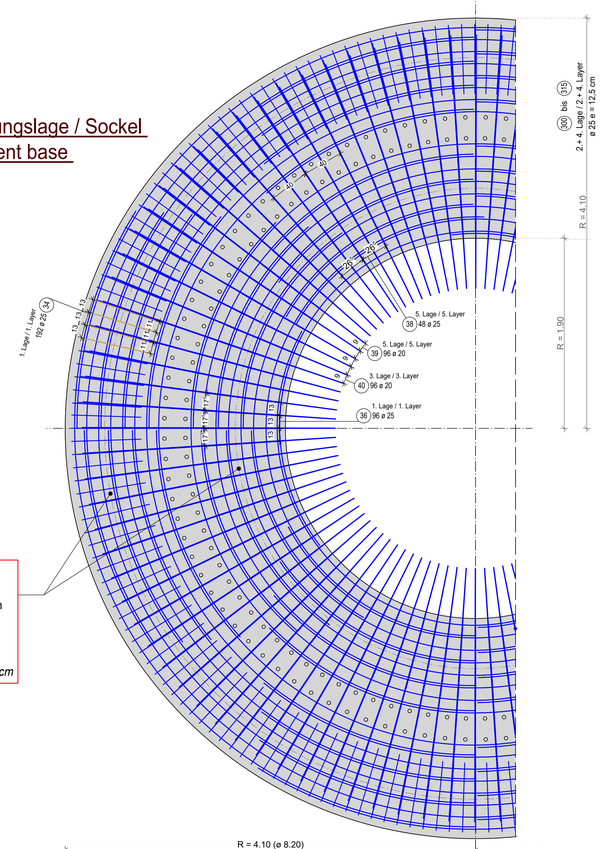
Detail
Schutzkappe / safety cap



Prinzippskizze Ringbewehrung
Principle sketch ring reinforcement
Die Übergreifungsstöße sind zu versetzen/
The overlopping is to alternate



obere Bewehrungslage / Sockel
top reinforcement base
M. 1:25



obere Ringbewehrung ist
für Betonieröffnungen
örtlich zu versetzen, e = 20 cm

upper ring reinforcement
displace local for
for concrete openings, e = 20 cm

Dokument-Nr.: D0956289-1

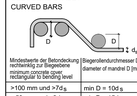
Rüttelöffnungen:
In Bereichen mit geringen Stababständen ist ein Rüttler mit kleinem Durchmesser (ca. 35-65 mm) zu verwenden. Mehrlagige Bewehrung vertikal übereinander einbauen, damit der Rüttler ohne hängen zu bleiben durch die Zwischenräume geführt werden kann.
Obere/untere Lage und Bewehrung der Schlverlefung ohne Versatz übereinander einbauen, so dass die tiefsten Stellen im Fundament mit dem Rüttler erreicht werden können

Concrete vibration openings
Use a vibrator with smaller diameter (approx. 35-65 mm) in areas with small bar spacing.
Install multi-layer reinforcement vertically on top of each other, so that the vibrator can be guided through the gaps without getting stuck. Install top and bottom l ayer and the bottom pit reinforcement on top of each other without offset so that the deepest points in the foundation can be reached with the vibrator.

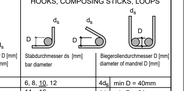
Die gesonderten Fundament-Spezifikationen der Fa. ENERCON sind zu beachten / ENEROCN foundation specifications must be considered

ABSTANDHALTER / BAR SPACER	nach DBV-Merkblatt "Abstandhalter" / Verlegung nach DBV-Merkblatt " Betondeckung und Bewehrung " (Tab.4 Anordnung)
Mindestwerte des Biegerollendurchmessers / Minimum diameter of mandrel	nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01 Tabelle .8.1a

GEBOGENE STÄBE / CURVED BARS



HAKEN, WINKELHAKEN, SCHLAUFEN / HOOKS, COMPOSING STICKS, LOOPS



Mindestwerte der Betondeckung rechtwinklig zur Biegeebene / minimum concrete cover rectangular to bending level	Biegerollendurchmesser D [mm] / diameter of mandrel D [mm]	Stabdurchmesser ds [mm] / bar diameter	Biegerollendurchmesser D [mm] / diameter of mandrel D [mm]
>100 mm und >7d_s	min D = 10d $_s$	6, 8, 10, 12	4d_s min D = 40mm
> 50 mm und >3d_s	min D = 15d $_s$	14, 16	4d_s min D = 64mm
= 50 mm und = 3d_s	min D = 20d $_s$	20, 25, 28	7d_s min D =175mm

DIESE BIEGEROLLENDURCHMESSER GELTEN, SOFERN IN DER ZEICHNUNG KEINE ANDEREN WERTE ANGEGEBEN SIND / THESE DIAMETER OF MANDREL ARE VALID, IF OTHER VALUES ARE NOT STATED IN THE DRAWINGS

Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.

Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind nicht zulässig.
A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.

Betonstahlsorte / Reinforcement Grade:	Betonstabstahl / Reinforcing Bar B 500B	
Zugfestigkeit / tensile strength	f_t = 540 N/mm²	
Streckgrenze / Yield Strength	f_y = 500 N/mm²	
BETONDECKUNG / CONCRETE COVER CV	unten / bottom	50mm
	oben Sockel / top base	50mm
	oben Sporn / top spur	50mm
	seitlich / lateral	50mm

Freigabe/ Release:			
a	31.03.2022	Schweizer	Prüfeintragungen übernommen
Index	Datum / Date	Name	Änderung / Change

Heinz Lunte GmbH
Ingenieurbüro für Tragwerksplanung
49413 Dinklage - Burgstraße 49
Tel. 04443/9638-0 E-Mail: lunte@lunte-statik.de

Bauvorhaben / Project :	Neubau einer Winenergieanlage des Typ Construction of a wind energy converter E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01
Auftraggeber / Customer:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 GmbH 26605 Aurich
Bauteil / Component:	Bewehrungsplan / Reinforcement drawing Flachgründung / Flat foundation

gezeichnet / drawn: Schweizer	B 500B	Plangrösse / Plan size:	Blatt-Nr / Sheet number	INDEX:
Maßstab / Scale: 1:25	Datum / Date: 27.01.2022	Auftag / Order: 4505 - 21	B04	a

8119201822-7 E I Rev. 0
Structural Design Evaluated

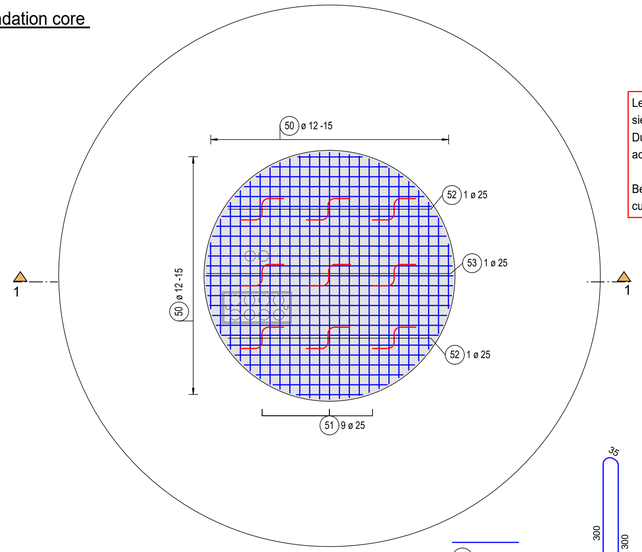
TÜV NORD CERT PRÜFAMT FÜR BAUTECHNIK WINDENERGIEANLAGEN

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-2 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

E. Dottai
Expert
TÜV NORD CERT GmbH
TÜV NORD 2022-07-22

Draufsicht Fundamentkern / top view of foundation core

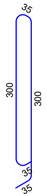
M. 1:50



Leerrohre + Kabelschacht für MS-Kabel
siehe Plan Zeichnungsnummer D02563502/0.0
Ducts + cable pit for MV cables
acc to plan Drawingnumber D02563502/0.0

Bewehrung örtlich trennen
cut reinforcement on site

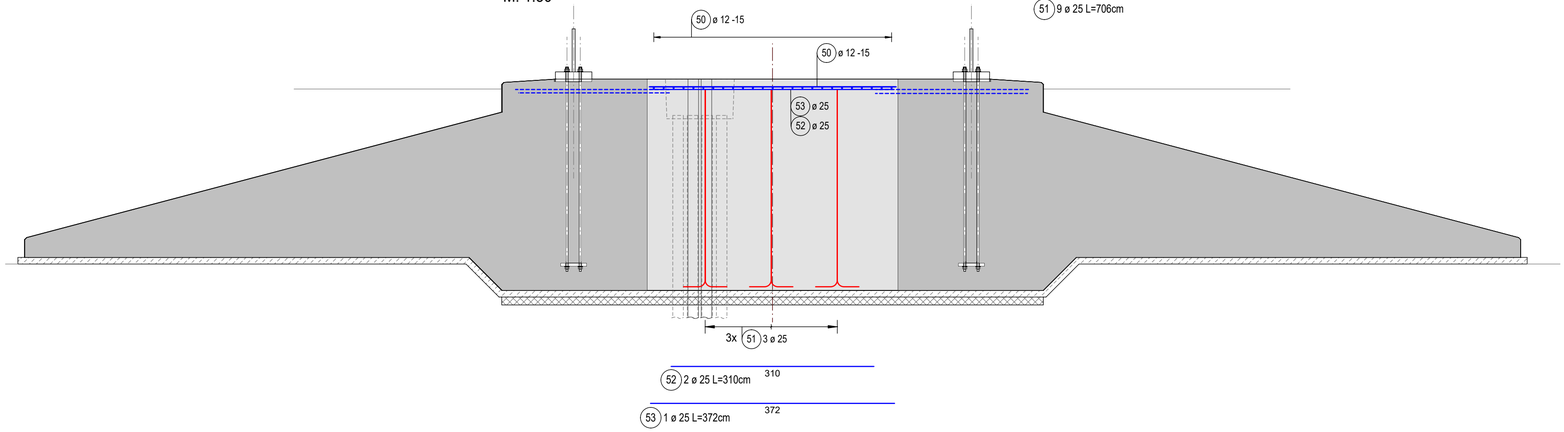
50 ø 12 / LfdM = 162.00m



51 9 ø 25 L=706cm

Schnitt 1 - 1 / section 1 - 1

M. 1:50



52 2 ø 25 L=310cm 310

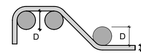
53 1 ø 25 L=372cm 372

Dokument-Nr.: D0956290

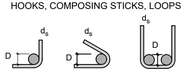
Die gesonderten Fundament-Spezifikationen der Fa. ENERCON sind zu beachten / ENEROCN foundation specifications must be considered

ABSTANDHALTER / BAR SPACER	nach DBV-Merkblatt "Abstandhalter"
	Verlegung nach DBV-Merkblatt " Betondeckung und Bewehrung " (Tab.4:Anordnung)
Mindestwerte des Biegerollendurchmessers / Minimum diameter of mandrel	nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01 Tabelle .8.1a

GEBOGENE STÄBE / CURVED BARS



HAKEN, WINKELHAKEN, SCHLAUFEN / HOOKS, COMPOSING STICKS, LOOPS



Mindestwerte der Betondeckung rechtwinklig zur Biegeebene minimum concrete cover rectangular to bending level	Biegerollendurchmesser D [mm] diameter of mandrel D [mm]	Stabdurchmesser ds [mm] bar diameter	Biegerollendurchmesser D [mm] diameter of mandrel D [mm]
>100 mm und >7ds	min D = 10ds	6, 8, 10, 12	4ds min D = 40mm
> 50 mm und >3ds	min D = 15ds	14, 16	4ds min D = 64mm
= 50 mm und = 3ds	min D = 20ds	20, 25, 28	7ds min D =175mm

DIESE BIEGEROLLENDURCHMESSER GELTEN, SOFERN IN DER ZEICHNUNG KEINE ANDEREN WERTE ANGEGEBEN SIND
THESE DIAMETER OF MANDREL ARE VALID. IF OTHER VALUES ARE NOT STATED IN THE DRAWINGS

Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.

Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind nicht zulässig.
A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.

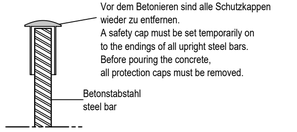
Betonstahlsorte / Reinforcement Grade:	Betonstabstahl / Reinforcing Bar B 500B	
Zugfestigkeit / tensile strength	f_s = 540 N/mm²	
Streckgrenze / Yield Strength	f_{sk} = 500 N/mm²	
BETONDECKUNG / CONCRETE COVER CV	unten / bottom	50mm
	oben Sockel / top base	50mm
	oben Sporn / top spur	50mm
	seitlich / lateral	50mm

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-2 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

8119201822-7 E I Rev. 0
Structural Design Evaluated
E. Dottai
Expert
TÜV NORD CERT GmbH
TÜV NORD
2022-07-22

Detail
Schutzkappe / safety cap



Rüttelöffnungen:
In Bereichen mit geringen Stababständen ist ein Rüttler mit kleinem Durchmesser (ca. 35-65 mm) zu verwenden. Mehrlagige Bewehrung vertikal übereinander einbauen, damit der Rüttler ohne hängen zu bleiben durch die Zwischenräume geführt werden kann.
Obere/untere Lage und Bewehrung der Sohlvertiefung ohne Versatz übereinander einbauen, so dass die tiefsten Stellen im Fundament mit dem Rüttler erreicht werden können

Concrete vibration openings
Use a vibrator with smaller diameter (approx. 35-65 mm) in areas with small bar spacing.
Install multi-layer reinforcement vertically on top of each other, so that the vibrator can be guided through the gaps without getting stuck. Install top and bottom l ayer and the bottom pit reinforcement on top of each other without offset so that the deepest points in the foundation can be reached with the vibrator.

Freigabe/
Release:

Index	Datum / Date	Name	Änderung / Change

Heinz Lunte GmbH
Ingenieurbüro für Tragwerksplanung
49413 Dinklage - Burgstraße 49
Tel.: 04443/9638-0 E-Mail: lunte@lunte-statik.de

Bauvorhaben / Project :	Neubau einer Winenergieanlage des Typ Construction of a wind energy converter E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01
Auftraggeber / Customer:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 GmbH 26605 Aurich
Bauteil / Component:	Bewehrungsplan / Reinforcement drawing Flachgründung / Flat foundation

gezeichnet / drawn: Schweizer	B 500B	Plangrösse / Plan size:	Blatt-Nr. / Sheet number: B05	INDEX:
Maßstab / Scale: 1:25	Datum / Date: 27.01.2022	Auftag / Order: 4505 - 21		

Technisches Datenblatt
Technical Data Sheet

E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01

Flachgründung
Flat Foundation

WK S **(DIBt- Richtlinie, Fassung Oktober 2012)**
WC IIIA **(IEC 61400-1, 4rd Edition, 2019)**
WC IIB **(IEC 61400-1, 4rd Edition, 2019)**

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

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-2 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

8119201822-7 E I Rev. 0
Evaluated
E. Dottai
Expert
TÜV NORD CERT GmbH
TÜV NORD
2022-07-22

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

ENERCON
ENERGY FOR THE WORLD

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: Momme Janssen, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, 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: Momme Janssen, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, 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.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

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.

TÜV NORD
2022-07-22

Dokumentinformation / Document details

Dokument-ID Document ID	D0956329-1
Vermerk Note	Originaldokument Original document

Datum Date	**Sprache** Language	**DCC**	**Werk / Abteilung** Plant / Department
2020-08-13	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:	Heinz Lunte GmbH / 2022-01-25	Übersetzt/Datum: Translated/Date:	
Geprüft/Datum: Checked/Date:	Heinz Lunte GmbH / 2022-01-25	Geprüft/Datum: Checked/Date:	

Revisionen / Revisions

Rev.	Datum/Date	Änderung/Change	Erstellt/Created
0	2022-01-25	Dokument erstellt Document created	Heinz Lunte GmbH
1	2022-03-31	Stahlmassen geändert / changed steel weigth	Heinz Lunte GmbH

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.

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

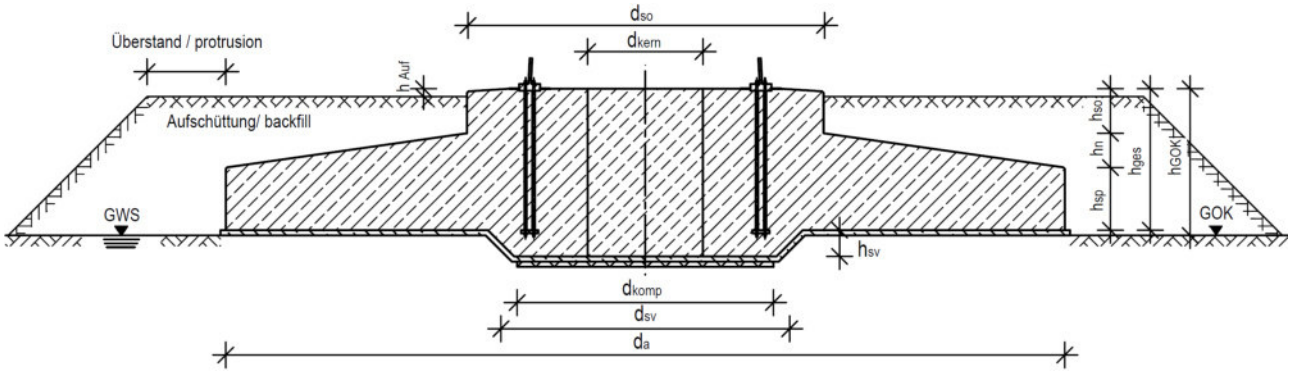
1 Allgemeine Angaben / General information

Statische Berechnung	Heinz Lunte GmbH	*Structural analysis*
Flachgründung	Ø 22,65 m	*Flat foundation*
Dokument ID	D0956327	*Document ID*

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT
TÜV NORD 2022-07-22

2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

Außendurchmesser	d_a	22,65	m	***Outer diameter***
Sockeldurchmesser	d_{so}	8,20	m	***Base diameter***
Durchmesser Fundamentkern	d_{kern}	3,80	m	***Diameter of foundation core***
Durchmesser kompressible Einlage	d_{komp}	8,20	m	***Compressible layer diameter***
Fundamenthöhe	h_{ges}	2,70	m	***Foundation height***
Sockelhöhe	h_{so}	0,50	m	***Base height***
Höhe Spornneigung	h_n	1,90	m	***Spur incline height***
Spornhöhe	h_{sp}	0,30	m	***Spur height***
Höhe OK Fundament bis OK Aufschüttung	h_{Auf}	0,15	m	***Height from top of foundation to top of backfill***
Höhe OK Fundament bis OK Gelände	h_{GOK}	2,80	m	***Height from top of foundation to ground level***
Mittlerer Durchmesser Sohlvertiefung	d_{sv}	8,70	m	***Average diameter of bottom pit***
Höhe Sohlvertiefung	h_{sv}	0,50	m	***Height of bottom pit***
Höhe maximal zulässiger Grundwasserstand GWS über Sohlvertiefung	h_{GWS}	0,40	m	***Height of maximum permissible groundwater level GWL above bottom pit***
Fundamentvariante DIBt: Betongüte und Volumen	C 35/45	558	m³	***Foundation option DIBt: Concrete quality and volume***
Stahlgewicht	B 500B	87,3	t	***Steel weight***
Fundamentvariante IEC: Betongüte und Volumen	C 35/45	558	m³	***Foundation option IEC: Concrete quality and volume***
Stahlgewicht	B 500B B 400B	87,3 91,3	t t	***Steel weight***



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.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT
TÜV NORD
2022-07-22

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:

Min. Bodendrehfederkonstante / Min. value of rotational spring	**$k_{\varphi,stat}$ = 12500 MNm/rad**
	$k_{\varphi,dyn}$ = 100000 MNm/rad

Die erforderlichen dynamischen Steifemodule $E_{oed,dyn}$ ergeben sich für Kreisfundamente wie folgt:

The required dynamic stiffness moduli $E_{oed,dyn}$ result for circular foundations as follows:

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

Unter Berücksichtigung von:

Under consideration of:

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

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 (WC IIIA) und 25 Jahren (WC IIB), bezogen auf den Außendurch-messer:

Maximum allowed misalignment due to subsoil settlement within 20 (WC IIIA) years and 25 Years (WC IIB), related to the outer foundation 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:

max σ_k = 230 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
TÜV NORD
2022-07-22

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

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 = 16 kN/m³ (Boden) im erdfeuchten Zustand.

The F_Z loads specified here include a dead weight of foundation γ = 25 kN/m³ and a backfill weight γ = 16 kN/m³ (soil) in earth-moist condition.

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**
NTM DLC D.3	(1.00/1.00)	800	-29468	-28358	89560	3950
N / T / DLC 8.2	(1.00/1.00)	1060	-29468	-28358	125312	-12550
N / A / T	(1.00/1.00)	1310	-29478	-28358	147937	-15250

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,00)

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

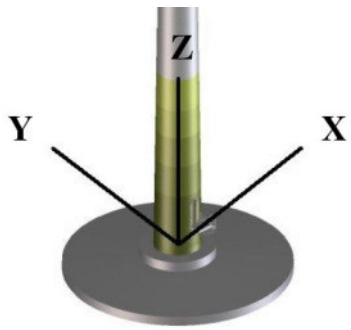
7.2 Bemessungswerte der Lastfälle / Load case design values

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)	1440	-37928	-25263	171738	-16950

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

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

8 Koordinatensystem / Coordinate system



PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT
TÜV NORD
2022-07-22

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

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 -

Prüfbescheid zur Typenprüfung

Windenergieanlage E-160 EP5 E3, Rotorblatt LM 78.3 P, Hybrid-Stahlturm E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01, DIBt Windzone S, Geländekategorie S

- Tiefgründung, D=19,40 m -

Prüfbescheid Nr.:	T-7004/22-3 Rev. 0
Gegenstand der Prüfung:	Standsicherheit der Tiefgründung für die oben genannte Windenergieanlage gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015)
Anlagenhersteller (Antragsteller):	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland
Dokumentation:	Heinz Lunte GmbH Burgstraße 49 49413 Dinklage Deutschland ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland
Geltungsdauer bis:	30.11.2027

Dieser Prüfbescheid wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Eine Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Prüfbescheids ist nur nach vorheriger, schriftlicher Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Anlagenherstellers bzw. Antragstellers gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist nicht gestattet. Dieser Prüfbescheid gilt nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung [1.2.1].

Der Prüfbescheid umfasst 12 Seiten und 10 Anlagen, die Bestandteil dieses Prüfbescheides sind.

Revision	Datum	Änderungen
0	07.11.2022	Erstausgabe

Inhaltsverzeichnis

0 Allgemeine Bestimmungen 3
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 7
4.3 Baustoffe 8
5 Prüfung 8
5.1 Umfang und Methodik 8
5.2 Anmerkungen zur Prüfung 9
5.3 Ergebnisse 9
5.4 Schnittstellen 9
6 Auflagen 10
7 Zusammenfassung 11

0 Allgemeine Bestimmungen

Dieser Prüfbescheid zur Typenprüfung beinhaltet als Ergänzung zum Prüfbescheid [1.2.1] die Tiefgründung des Hybrid-Stahlturms E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01.

Es gelten die Allgemeinen Bestimmungen des Prüfbescheids [1.2.1].

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Berechnungen

[1.1.1] Heinz Lunte GmbH:
„Statische Berechnung Bauvorhaben: Neubau einer Windenergieanlage des Typs E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Tiefgründung Auftrag: 4506 - 21“,
Dokument-Nr.: D0956330, Rev. 1.0, Datum: 06.07.2022

Anlagen zum Prüfbescheid zur Typenprüfung

Zeichnungen

[1.1.2] Heinz Lunte GmbH:
„Bauforhaben: Neubau einer Winenergieanlage des Typ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Schalplan Tiefgründung Variante A Auftag: 4506 - 21 Blatt-Nr. S01 Index: a“,
Zeichnungs-Nr.: D0956297, Rev. 1.0, Datum: 07.07.2022

[1.1.3] Heinz Lunte GmbH:
„Bauforhaben: Neubau einer Winenergieanlage des Typ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Schalplan Tiefgründung Variante B Auftag: 4506 - 21 Blatt-Nr. S02 Index: a“,
Zeichnungs-Nr.: D0956298, Rev. 1.0, Datum: 07.07.2022

[1.1.4] Heinz Lunte GmbH:
„Bauforhaben: Neubau einer Winenergieanlage des Typ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Schalplan Tiefgründung Variante C Auftag: 4506 - 21 Blatt-Nr. S03 Index: a“,
Zeichnungs-Nr.: D0956299, Rev. 1.0, Datum: 07.07.2022

[1.1.5] Heinz Lunte GmbH:
„Bauforhaben: Neubau einer Winenergieanlage des Typ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Schalplan Tiefgründung Variante D Auftag: 4506 - 21 Blatt-Nr. S04 Index: -“,
Zeichnungs-Nr.: D0956300, Rev. 0, Datum: 22.03.2022

[1.1.6] Heinz Lunte GmbH:
„Bauforhaben: Neubau einer Winenergieanlage des Typ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Bewehrungsplan Tiefgründung B 500B Auftag: 4506-21 Blatt-Nr. B05 Index: -“,
Zeichnungs-Nr.: D0956301, Rev. 0, Datum: 23.03.2022

[1.1.7] Heinz Lunte GmbH:
„Bauforhaben: Neubau einer Winenergieanlage des Typ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Bewehrungsplan Tiefgründung B 500B Auftag: 4506-21 Blatt-Nr. B06 Index: -“,
Zeichnungs-Nr.: D0956302, Rev. 0, Datum: 23.03.2022

[1.1.8] Heinz Lunte GmbH:
„Bauforhaben: Neubau einer Winenergieanlage des Typ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Bewehrungsplan Tiefgründung B 500B Auftag: 4506-21 Blatt-Nr. B07 Index: -“,
Zeichnungs-Nr.: D0956303, Rev. 0, Datum: 23.03.2022

[1.1.9] Heinz Lunte GmbH:
„Bauforhaben: Neubau einer Winenergieanlage des Typ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Bewehrungsplan Tiefgründung B 500B Auftag: 4506-21 Blatt-Nr. B08 Index: -“,
Zeichnungs-Nr.: D0956304, Rev. 0, Datum: 23.03.2022

[1.1.10] Heinz Lunte GmbH:
„Bauforhaben: Neubau einer Winenergieanlage des Typ E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Bauteil: Bewehrungsplan Tiefgründung Zusatzbewehrung bei Betonierfuge B 500B Auftag: 4506-21 Blatt-Nr. B10 Index: a“,
Zeichnungs-Nr.: D0956306, Rev. 1.0, Datum: 07.07.2022

Spezifikationen

[1.1.11] ENERCON GmbH:
„Technisches Datenblatt E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Tiefgründung WK S (DIBt- Richtlinie, Fassung Oktober 2012)“,
Dokument-Nr.: D0956331, Rev. 1, Datum: 12.07.2022

1.2 Dazugehörige Dokumente

Turm

[1.2.1] TÜV NORD CERT GmbH:
„Prüfbescheid zur Typenprüfung Windenergieanlage E-160 EP5 E3, Rotorblatt LM 78.3 P, DIBt Windzone S, Geländekategorie S
- Hybrid-Stahlturm E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 -“,
Prüfbescheid Nr.: T-7004/22-1 Rev. 0, Datum: 07.11.2022

[1.2.2] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Fundamentlasten”,
Dokument-Nr.: D02337207, Rev. 4.2, Datum: 11.11.2021

[1.2.3] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage Fundamentkorb E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01“,
Dokument-Nr.: D02481048, Rev. 3.0, Datum: 11.11.2021

[1.2.4] ENERCON GmbH:
„E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Fundamentkorb”,
Zeichnungs-Nr.: D0993209, Rev. 1.0, Datum: 12.01.2022

[1.2.5] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage ENERCON E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 Spannanweisung Fundamentkorb E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01”,
Dokument-Nr.: D02630078, Rev. 1.0, Datum: 27.06.2022

Spezifikationen

[1.2.6] ENERCON GmbH:
„Hinweise zur Bauausführung Turmtypen: E-XX EX/XX/XX/XX/XX & E-XX EX/XX/XX/XX/XX Für alle Fundamenttypen“,
Dokument-Nr.: D0748193, Rev. 0a, Datum: 12.09.2018

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

Prüfung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08

[1.2.8] ENERCON GmbH:
„Stellungnahme Verwendbarkeit IEC ed.3 anstatt IEC ed.4 für ENERCON WEA“,
Dokument-Nr.: D02759428, Rev. 0.0, Datum: 06.09.2022

[1.2.9] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-160 EP5 E3 IEC 61400-1 Ed. 3 - Diverse Komponenten -”,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119616205-100 D III Rev. 0, Datum: 02.11.2022

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 + A1:2015-03 + DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 + NA/A1:2015-12: „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“

[2.4] DIN EN 1997-1:2009-09 + 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] DIN EN 1998-1:2010-12 + DIN EN 1998-1/NA:2011-01:
„Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten“

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

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

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

3 Einleitung

Gegenstand dieses Prüfbescheids ist die Typenprüfung einer Tiefgründung, 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 Hybrid-Stahlturms E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01, welcher in [1.2.1] geprüft wurde.

Das Kreisfundament weist einen Außendurchmesser von 19,40 m auf und ist für die folgenden Pfahlvarianten ausgelegt:.

Variante A: 40 Fertigteilrammpfähle mit 45/45 cm
Variante B: 34 Ortbetonrammpfähle mit Ø 51 cm
Variante C: 28 Ortbetonrammpfähle mit Ø 56 cm
Variante D: 16 Bohrpfähle mit Ø 100 cm

Unterhalb des Sockels befindet sich eine 50 cm dicke Fundamentvertiefung. Die Gesamthöhe des Sockels inkl. der Vertiefung beträgt 3,20 m. Die Fundamentsohle bzw. die Oberkante der Fundamentvertiefung liegen wegen der Sauberkeitsschicht 10 cm über der Oberkante des umgebenden Geländes.

Der Turm ist über einen Ankerkorb mit dem Fundament verbunden.

Weitere Details können den Schalplänen [1.1.2] bis [1.1.5] und dem Fundamentdatenblatt [1.1.11] (siehe Abschnitt 1.1) entnommen werden.

Die folgende Anlagenkonfiguration wurde bei der Prüfung des Fundaments berücksichtigt:

Nr.	WEA Bezeichnung	Nabenhöhe	Max. Nennleistung	Rotorblatt	Windzone (DIBt 2012)	Geländekategorie	Fundamentnachweise
1	E-160 EP5 E3	119,99 m	5560 kW	LM 78.3 P	WZ S	GK S	[1.1.1]

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 worden:

Nr.	WEA Bezeichnung	Nabenhöhe	Max. Nennleistung	Rotorblatt	Windzone (DIBt 2012)	Geländekategorie	spezifiziert in	geprüft in
1	E-160 EP5 E3	119,99 m	5560 kW	LM 78.3 P	WZ S	GK S	[1.2.2]	[1.2.1]

Tabelle 4.2: Lastannahmen

Die Auslegungslebensdauer beträgt 20 bzw. 25 Jahre (je nach Windbedingungen, siehe [1.2.1]).

Einwirkungen aus Erdbeben wurden berücksichtigt (s. [1.2.1]).

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 $k_{\varphi,stat}$ = 16 250 MNm/rad wurde ebenfalls berücksichtigt.

Die dynamische Bodendrehfeder wurde mit $k_{\varphi,dyn}$ = 130 000 MNm/rad angesetzt.

Verkehrslasten auf der Fundamentplatte wurden nicht berücksichtigt.

Das Fundament wurde mit und ohne Belastung aus Auftrieb berechnet. In der statischen Berechnung wurde angenommen, dass der maximale Wasserstand aus Schichten- und Oberflächenwasser oder Grundwasser 2,80 m unter der Oberkante des Fundamentsockels und somit auf Höhe des umgebenden Geländes liegt.

Die Werte der Vorspannung wurden [1.2.5] entnommen und in [1.2.1] geprüft.

Zusätzlich zum Endzustand wurde der Montagezustand des Turms (Lastfall-Gruppe DLC 8.1/8.2/8.3) mit Gondel und Rotor vor der Aufbringung der verdichteten Bodenaufschüttung nachgewiesen. Des Weiteren wurde ein Bauzustand mit Belastung aus Frischbetoneigengewicht und einer Verkehrslast von 2 kN/m² untersucht (s. [1.1.2] bis [1.1.5]).

4.3 Baustoffe

In diesem Abschnitt werden die Hauptbaustoffe und -produkte der tragenden Bauteile aufgeführt. Weitere Details können den geprüften Anlagen (siehe Abschnitt 1.1) bzw. der Spezifikation [1.2.7] entnommen werden.

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 der eingereichten statischen Berechnung geführt und durch Vergleichsrechnung geprüft.

Die Windenergieanlage, der Turm und die Fundamente und wurden zunächst mit Einwirkungen nach DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12 ausgelegt und geprüft. Gemäß der gutachtlichen Stellungnahme [1.2.9] kann für die dort unter [1.2] aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die dazugehörige Prüfung von Turm und Gründung die Erfüllung der technischen Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.2] ebenfalls bestätigt werden.

Die Prüfung umfasst das Fundament und die Bewehrungsnachweise im Bereich der Lasteinleitung.

Der Turm, der Ankerkorb, die Betonnachweise im Bereich der Lasteinleitung, die innere Tragfähigkeit der Pfähle und die geotechnischen Nachweise (inklusive der äußeren Tragfähigkeit der Pfähle) sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Der Hybrid-Stahlturm, die Stahlbauteile des Ankerkorbs und die Betonnachweise im Bereich der Lasteinleitung wurden in [1.2.1] geprüft.

Bei der Prüfung wurde ein Bauzustand berücksichtigt (s. [1.1.2] bis [1.1.5]).

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 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 Prüfbescheid [1.2.1] spezifizierten Anforderungen erfüllt.

5.4.2 Es wurde geprüft, ob die für die Bewehrungsnachweise im Lasteinleitungsbereich angesetzten Geometrien mit den in [1.2.4] dargestellten Ankerkorb-Geometrien übereinstimmen.

Geotechnische Nachweise und Pfähle

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

5.4.4 Der Baugrund und das Pfahlsystem müssen die in [1.1.11] spezifizierten Anforderungen erfüllen.

5.4.5 Das Pfahlsystem wurde für eine Absetztiefe von 20 m berechnet, bezogen auf die Unterkante der Fundamentplatte. Die Pfahllänge kann je nach Baugrundbeurteilung und nach den örtlichen Bohr- bzw. Rammbedingungen variieren.

5.4.6 Für den Nachweis der äußeren Tragfähigkeit der Pfähle sind die in [1.1.11] angegebenen Bemessungslasten zu verwenden.

Montage & Inbetriebnahme

5.4.7 Hinsichtlich der Vorspannung der Ankerstangen gelten die Anforderungen des Prüfbescheids [1.2.1].

Wiederkehrende Prüfungen / Wartungen

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

5.4.9 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.

Weiterbetrieb

5.4.10 Ist nach Ablauf der Auslegungslebensdauer ein Weiterbetrieb der Windenergieanlage geplant, so ist hierzu Kapitel 17 der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

6 Auflagen

Allgemeines

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

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

Fundament und Pfähle

6.3 Bei der Herstellung und Ausführung des Fundaments sind die Bestimmungen der DIN EN 13670, der DIN 1045-3, der DIN 1045-4 und der Spezifikation [1.2.6] zu beachten. Für den Beton sind Eignungs- und Güteprüfungen gemäß DIN 1045-2 in Verbindung mit DIN EN 206-1 durchzuführen.

6.4 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.

6.5 Bei einer Ausführung der in [1.1.2] bis [1.1.5] dargestellten Arbeitsfuge ist die zusätzliche Querkraftbewehrung gemäß [1.1.10] einzubauen.

Anforderungen an den Baugrund

6.6 Die innere Tragfähigkeit der Pfähle muss für jeden Standort nachgewiesen werden. Die in [1.1.1] ermittelten und in [1.1.11] aufgeführten Pfahlbiegemomente und -querkräfte dienen lediglich der Vorbemessung und dürfen nicht für die Auslegung von Pfahlgründungen verwendet werden.

6.7 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 die Anforderungen der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [2.1].

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

Alle relevanten Schnittstellen (Turm/Fundament) wurden überprüft.

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

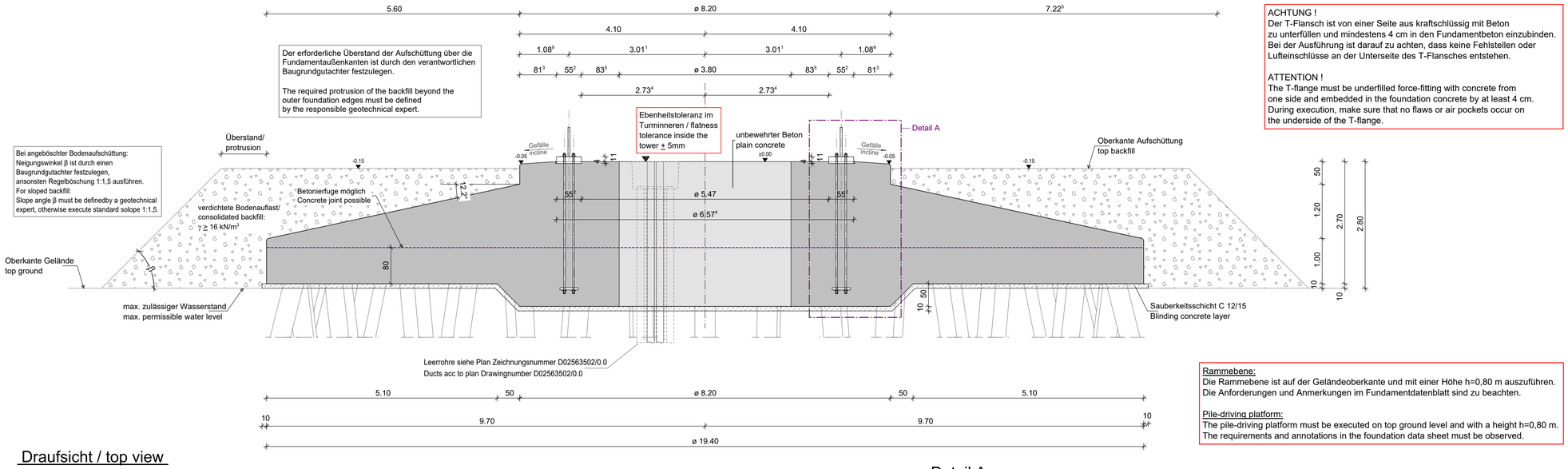
Dieser Prüfbescheid gilt nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung [1.2.1].

Der Leiter

Dipl.-Ing. T. Krause

An der Prüfung beteiligt:
M.Sc. E. Dottai

Schnitt 1 - 1 / section 1 - 1
M. 1:50



ACHTUNG !
Der T-Flansch ist von einer Seite aus kraftschlüssig mit Beton zu unterfüllen und mindestens 4 cm in den Fundamentbeton einzubinden. Bei der Ausführung ist darauf zu achten, dass keine Fehlstellen oder Lufteinschlüsse an der Unterseite des T-Flansches entstehen.

ATTENTION !
The T-flange must be underfilled force-fitting with concrete from one side and embedded in the foundation concrete by at least 4 cm. During execution, make sure that no flaws or air pockets occur on the underside of the T-flange.

Rammebene:
Die Rammebene ist auf der Geländeoberkante und mit einer Höhe h=0,80 m 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=0,80 m.
The requirements and annotations in the foundation data sheet must be observed.

Draufsicht / top view
M. 1:100

Variante A
40 Fertigteilrammpfähle a/b = 45/45 cm

option A
40 pre-cast driven piles a/b = 45/45 cm

Detail A
M. 1:10

Schnitt 2 - 2 / section 2 - 2
M. 1:50

Falls erforderlich, ist die Anschlussbewehrung an den Pfahlköpfen baustellenseitig anzupassen oder abzuschneiden.
If required, the connecting reinforcement of the pile heads must be adapted or cut at site.

Die Pfahlanschlussbewehrung ist durch den Pfahlhersteller standortbezogen zu bestimmen.
The pile connecting reinforcement must de determined site-specific by the pile manufacturer.

Schnitt 3 - 3 / section 3 - 3
M. 1:50

Dokument-Nr.: D0956297-1

Die gesonderten Fundament-Spezifikationen der Fa. ENERCON sind zu beachten / ENERCON foundation specifications must be considered

Die äußere- und innere Pfahltragfähigkeit ist an jedem Standort gesondert nachzuweisen
The pile length and pile design must be calculated for each location

Die statisch erforderliche, dauerhafte Aufschüttung ist zum frühestmöglichen Zeitpunkt auf das Fundament aufzubringen. Die Aufschüttung ist mit geeigneten Verfahren zu verdichten, um die angegebene Mindest-Bodenwichte im erdfeuchten Zustand zu erreichen.
Nach Beendigung des Turmaufbaus, spätestens jedoch nach Montage der Windenergieanlage, muss die verdichtete Aufschüttung auf dem Fundament vorhanden sein. Mit dem Aufbringen der Aufschüttung darf nicht bis zur Inbetriebnahme der Windenergieanlage gewartet werden. Bei prognostizierten extremen Windbedingungen ≥ 21 m/s (Beaufort 8) sind vorzeitig entsprechende Maßnahmen zu treffen.

The permanent backfill required for structural reasons must be applied to the foundation at the earliest possible time, and must be compacted by appropriate methods to obtain the specified minimum soil unit weight in earth-moist condition. After finishing the tower erection, but at the latest after the complete installation of the wind turbine, the compacted backfill must be on the foundation. It is not permitted to wait until the wind turbine is set in operation before applying the backfill. If extreme wind conditions ≥ 21 m/s (Beaufort 8) are predicted, appropriate measures must be taken in advance.

Fundamentarbeiten gemäß DIN EN 13670 mit den nationalen Anwendungsregeln
Foundation works according to DIN EN 13670 in with the national application

Maximal zulässiger Wasserstand bis Unterkante Sauberkeitsschicht
Maximum permissible water level at bottom blinding concrete layer

Sauberkeitsschicht:
Reibbeiwert gemäß Tabelle 3, Zeile 1 der DIN 18202.
Es wird keine Flügelgeglättete Sauberkeitsschicht ausgeführt.

Blinding layer:
Coefficient of friction acc. To Table 3, line 1 of DIN 18202.
Smoothing the surface with a power float will not be performed.

Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden (fcm 2 / fcm 28 ≤ 0,30).
Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einer Betontechnologin oder einem Betontechnologen festzulegen.

There is to apply a concrete with low hydration development (fcm 2 / fcm 28 ≤ 0,30).
The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.

Annahme in statischer Berechnung für Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme fct,eff = 0,7 x fctm.
Assumption in static calculatic for indirect action as a result of hydration heat fct,eff = 0,7 x fctm.

Betonfestigkeitsklasse / concrete strength class	C35/45
Betonmenge / concrete quantity	541 m³
Expositionsklassen / exposition classes	XC4, XF1
Feuchtigkeitsklasse / hymidity class	WF
Überwachungsklasse / monitoring class	ÜK 2

Betonierfuge / concrete joint	
Rauhigkeit gem. DIN EN 1992-1-1 / Roughness acc. DIN EN 1992-1-1	glatt / slick

Konsistensklassen / Consistency Classes	
Schlvertiefung und des unteren Ankerrings Bottom pit and the lower anchor ring	F4/S4
Restliches Fundament Rest of foundation	F3/S3

Größkorn im Bereich der oberen und unteren Bewehrungslage / Nominal value of aggregates maximum grain size around bottom and top reinforcement	16 mm
Größkorn im mittleren Fundamentbereich / Nominal value of aggregates maximum grain size in other parts of foundation	32 mm

Sauberkeitsschichts / Blinding Layer	
Betonfestigkeitsklasse / concrete strength class	C12/15
Betonmenge / concrete quantity	35 m³

TÜV NORD CERT PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK FÜR WINDENERGIEANLAGEN

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-3 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

8119201822-7 E II Rev. 0
Structural Design Evaluated
E. Dottai
Expert
TÜV NORD CERT GmbH
TÜV NORD 2022-07-22

Freigabe/ Release:

Index	Datum / Date	Name	Änderung / Change
a	07.07.22	Schweizer	Anzahl der Steckbügel korrigiert

Heinz Lunte GmbH
Ingenieurbüro für Tragwerksplanung
49413 Dinklage - Burgstraße 49
Tel.: 04443/9638-0 E-Mail: lunte@lunte-statik.de

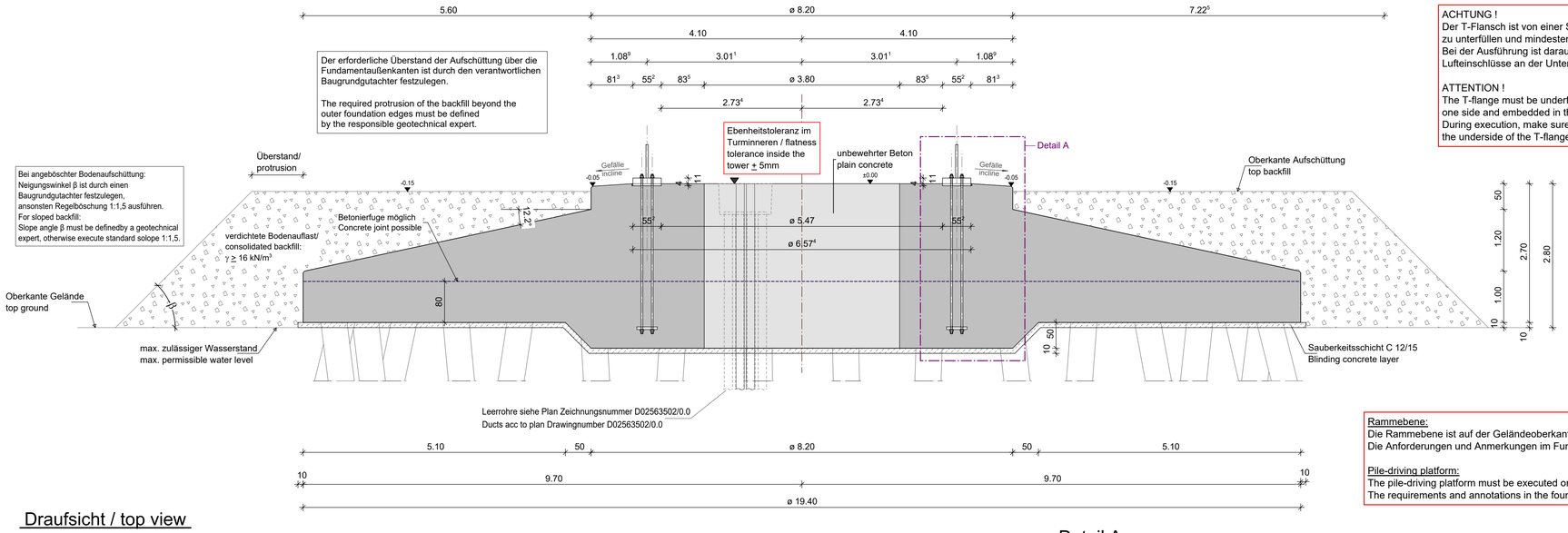
Bauforhaben / Project: Neubau einer Winenergieanlage des Typ Construction of a wind energy converter E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01

Auftraggeber / Customer: ENERCON GmbH Dreekamp 5 GmbH 26605 Aurich

Bauteil / Component: Schalplan / Shuttering Plan Tiefgründung / Pile foundation

gezeichnet / drawn:	Variante A / option A	Plangrösse / Plan size:	Blatt-Nr / Sheet number	INDEX:
Schweizer			S01	a
Maßstab / Scale: 1:100; 50; 10	Datum / Date: 22.03.2022	Auftag / Order: 4506 - 21		

Schnitt 1 - 1 / section 1 - 1
M. 1:50



ACHTUNG !
Der T-Flansch ist von einer Seite aus kraftschlüssig mit Beton zu unterfüllen und mindestens 4 cm in den Fundamentbeton einzubinden. Bei der Ausführung ist darauf zu achten, dass keine Fehlstellen oder Lufteinschlüsse an der Unterseite des T-Flansches entstehen.

ATTENTION !
The T-flange must be underfilled force-fitting with concrete from one side and embedded in the foundation concrete by at least 4 cm. During execution, make sure that no flaws or air pockets occur on the underside of the T-flange.

Rammebene:
Die Rammebene ist auf der Geländeoberkante und mit einer Höhe h=0,80 m 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=0,80 m.
The requirements and annotations in the foundation data sheet must be observed.

Draufsicht / top view
M. 1:100

Variante B
34 Ortbetonrammpfähle ø 51 cm

option B
34 cast-in-situ driven piles ø 51 cm

Detail A
M. 1:10

Schnitt 2 - 2 / section 2 - 2
M. 1:50

17x mit 8:1 nach innen geneigt /
17x with 8:1 inclined inwards

Falls erforderlich, ist die Anschlussbewehrung an den Pfahlköpfen baustellenseitig anzupassen oder abzuschneiden.
If required, the connecting reinforcement of the pile heads must be adapted or cut at site.

Die Pfahlanschlussbewehrung ist durch den Pfahlhersteller standortbezogen zu bestimmen.
The pile connecting reinforcement must de determined site-specific by the pile manufacturer.

Schnitt 3 - 3 / section 3 - 3
M. 1:50

17x mit 4:1 nach außen geneigt /
17x with 4:1 inclined outwards

Dokument-Nr.: D0956298-1

Die gesonderten Fundament-Spezifikationen der Fa. ENERCON sind zu beachten / ENERCON foundation specifications must be considered

Die äußere- und innere Pfahltragfähigkeit ist an jedem Standort gesondert nachzuweisen
The pile length and pile design must be calculated for each location

Die statisch erforderliche, dauerhafte Aufschüttung ist zum frühestmöglichen Zeitpunkt auf das Fundament aufzubringen. Die Aufschüttung ist mit geeigneten Verfahren zu verdichten, um die angegebene Mindest-Bodenwichte im erdfeuchten Zustand zu erreichen.
Nach Beendigung des Turmaufbaus, spätestens jedoch nach Montage der Windenergieanlage, muss die verdichtete Aufschüttung auf dem Fundament vorhanden sein. Mit dem Aufbringen der Aufschüttung darf nicht bis zur Inbetriebnahme der Windenergieanlage gewartet werden. Bei prognostizierten extremen Windbedingungen ≥ 21 m/s (Beaufort 8) sind vorzeitig entsprechende Maßnahmen zu treffen.

The permanent backfill required for structural reasons must be applied to the foundation at the earliest possible time, and must be compacted by appropriate methods to obtain the specified minimum soil unit weight in earth-moist condition. After finishing the tower erection, but at the latest after the complete installation of the wind turbine, the compacted backfill must be on the foundation. It is not permitted to wait until the wind turbine is set in operation before applying the backfill. If extreme wind conditions ≥ 21 m/s (Beaufort 8) are predicted, appropriate measures must be taken in advance.

Fundamentarbeiten gemäß DIN EN 13670 mit den nationalen Anwendungsregeln
Foundation works according to DIN EN 13670 in with the national application

Maximal zulässiger Wasserstand bis Unterkante Sauberkeitsschicht
Maximum permissible water level at bottom blinding concrete layer

Sauberkeitsschicht:
Reibbeiwert gemäß Tabelle 3, Zeile 1 der DIN 18202.
Es wird keine Flügelgeglättete Sauberkeitsschicht ausgeführt.

Blinding layer:
Coefficient of friction acc. To Table 3, line 1 of DIN 18202.
Smoothing the surface with a power float will not be performed.

Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden (fcm 2 / fcm 28 ≤ 0,30).
Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einer Betontechnologin oder einem Betontechnologen festzulegen.

There is to apply a concrete with low hydration development (fcm 2 / fcm 28 ≤ 0,30).
The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.

Annahme in statischer Berechnung für Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme fct,eff = 0,7 x fctm.
Assumption in static calculatic for indirect action as a result of hydration heat fct,eff = 0,7 x fctm.

Betonfestigkeitsklasse / concrete strength class	C35/45
Betonmenge / concrete quantity	541 m³
Expositionsklassen / exposition classes	XC4, XF1
Feuchtigkeitsklasse / hymidity class	WF
Überwachungsklasse / monitoring class	ÜK 2

Betonierfuge / concrete joint	
Rauhigkeit gem. DIN EN 1992-1-1 / Roughness acc. DIN EN 1992-1-1	glatt / slick

Konsistensklassen / Consistency Classes	
Schlvertiefung und des unteren Ankerrings Bottom pit and the lower anchor ring	F4/S4
Restliches Fundament Rest of foundation	F3/S3

Größkorn im Bereich der oberen und unteren Bewehrungslage / Nominal value of aggregates maximum grain size around bottom and top reinforcement	16 mm
Größkorn im mittleren Fundamentbereich / Nominal value of aggregates maximum grain size in other parts of foundation	32 mm

Sauberkeitsschichts / Blinding Layer	
Betonfestigkeitsklasse / concrete strength class	C12/15
Betonmenge / concrete quantity	35 m³

TÜV NORD CERT PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK FÜR WINDENERGIEANLAGEN

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-3 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

8119201822-7 E II Rev. 0
Structural Design Evaluated
E. Dottai
Expert
TÜV NORD CERT GmbH
TÜV NORD 2022-07-22

Freigabe/ Release:

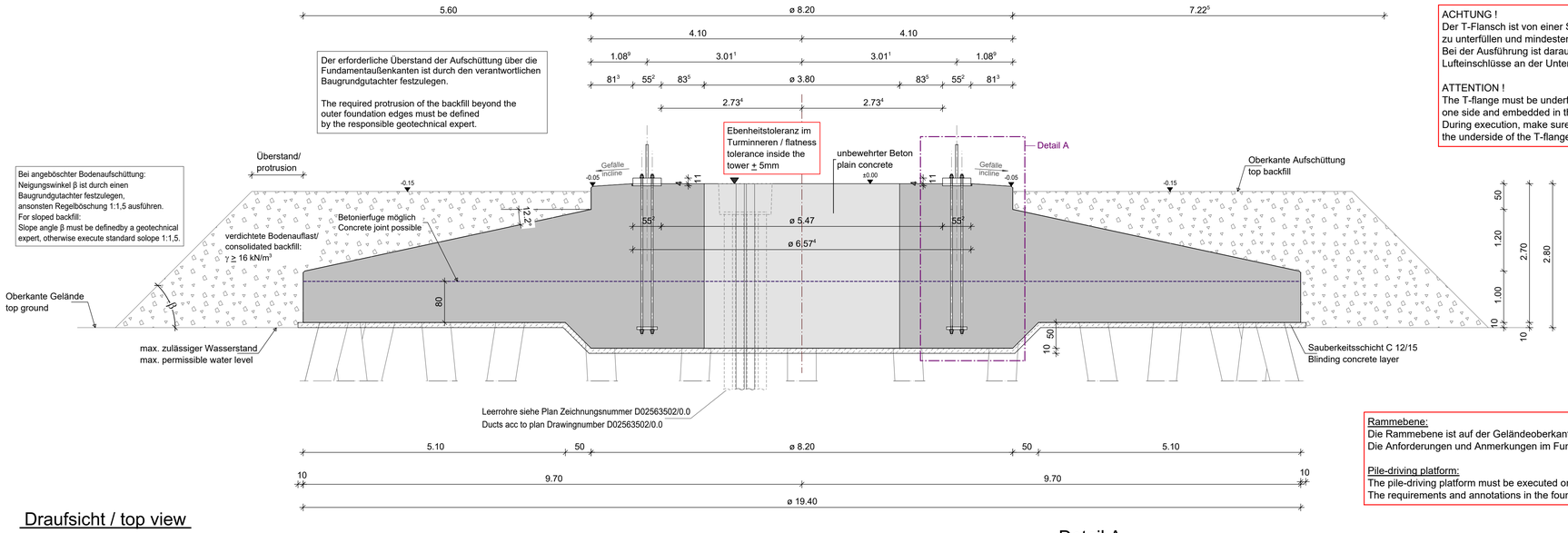
Index	Datum / Date	Name	Änderung / Change
a	07.07.22	Schweizer	Anzahl der Steckbügel korrigiert

Heinz Lunte GmbH
Ingenieurbüro für Tragwerksplanung
49413 Dinklage - Burgstraße 49
Tel.: 04443/9638-0 E-Mail: lunte@lunte-statik.de

Bauvorhaben / Project :	Neubau einer Winenergieanlage des Typ Construction of a wind energy converter E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01
Auftraggeber / Customer:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 GmbH 26605 Aurich
Bauteil / Component:	Schalplan / Shuttering Plan Tiefgründung / Pile foundation

gezeichnet / drawn: Schweizer	**Variante B / option B**	Plangrösse / Plan size:	Blatt-Nr / Sheet number	INDEX:
Maßstab / Scale: 1:100; 50; 10	Datum / Date: 22.03.2022	Auftag / Order: 4506 - 21	S02	a

Schnitt 1 - 1 / section 1 - 1
M. 1:50



ACHTUNG !
Der T-Flansch ist von einer Seite aus kraftschlüssig mit Beton zu unterfüllen und mindestens 4 cm in den Fundamentbeton einzubinden. Bei der Ausführung ist darauf zu achten, dass keine Fehlstellen oder Lufteinschlüsse an der Unterseite des T-Flansches entstehen.

ATTENTION !
The T-flange must be underfilled force-fitting with concrete from one side and embedded in the foundation concrete by at least 4 cm. During execution, make sure that no flaws or air pockets occur on the underside of the T-flange.

Rammebene:
Die Rammebene ist auf der Geländeoberkante und mit einer Höhe h=0,80 m 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=0,80 m.
The requirements and annotations in the foundation data sheet must be observed.

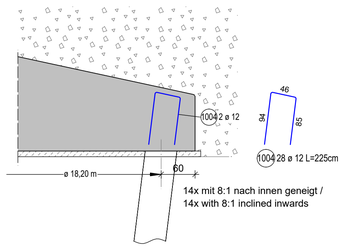
Draufsicht / top view
M. 1:100

Variante C
28 Ortbetonrammpfähle ø 56 cm

option C
28 cast-in-situ driven piles ø 56 cm

Detail A
M. 1:10

Schnitt 2 - 2 / section 2 - 2
M. 1:50

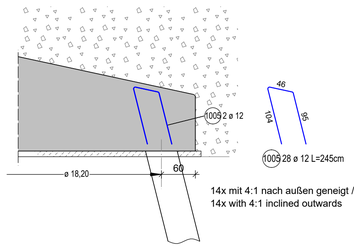


14x mit 8:1 nach innen geneigt /
14x with 8:1 inclined inwards

Falls erforderlich, ist die Anschlussbewehrung an den Pfahlköpfen baustellenseitig anzupassen oder abzuschneiden.
If required, the connecting reinforcement of the pile heads must be adapted or cut at site.

Die Pfahlanschlussbewehrung ist durch den Pfahlhersteller standortbezogen zu bestimmen.
The pile connecting reinforcement must be determined site-specific by the pile manufacturer.

Schnitt 3 - 3 / section 3 - 3
M. 1:50



14x mit 4:1 nach außen geneigt /
14x with 4:1 inclined outwards

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-3 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

8119201822-7 E II Rev. 0
Structural Design Evaluated
E. Dottai
Expert
TÜV NORD CERT GmbH
TÜV NORD 2022-07-22

Dokument-Nr.: D0956299-1

Die gesonderten Fundament-Spezifikationen der Fa. ENERCON sind zu beachten / ENERCON foundation specifications must be considered

Die äußere- und innere Pfahltragfähigkeit ist an jedem Standort gesondert nachzuweisen
The pile length and pile design must be calculated for each location

Die statisch erforderliche, dauerhafte Aufschüttung ist zum frühestmöglichen Zeitpunkt auf das Fundament aufzubringen. Die Aufschüttung ist mit geeigneten Verfahren zu verdichten, um die angegebene Mindest-Bodenwichte im erdfeuchten Zustand zu erreichen.
Nach Beendigung des Turmaufbaus, spätestens jedoch nach Montage der Windenergieanlage, muss die verdichtete Aufschüttung auf dem Fundament vorhanden sein. Mit dem Aufbringen der Aufschüttung darf nicht bis zur Inbetriebnahme der Windenergieanlage gewartet werden. Bei prognostizierten extremen Windbedingungen ≥ 21 m/s (Beaufort 8) sind vorzeitig entsprechende Maßnahmen zu treffen.

The permanent backfill required for structural reasons must be applied to the foundation at the earliest possible time, and must be compacted by appropriate methods to obtain the specified minimum soil unit weight in earth-moist condition. After finishing the tower erection, but at the latest after the complete installation of the wind turbine, the compacted backfill must be on the foundation. It is not permitted to wait until the wind turbine is set in operation before applying the backfill. If extreme wind conditions ≥ 21 m/s (Beaufort 8) are predicted, appropriate measures must be taken in advance.

Fundamentarbeiten gemäß DIN EN 13670 mit den nationalen Anwendungsregeln
Foundation works according to DIN EN 13670 in with the national application

Maximal zulässiger Wasserstand bis Unterkante Sauberkeitsschicht
Maximum permissible water level at bottom blinding concrete layer

Sauberkeitsschicht:
Reibbeiwert gemäß Tabelle 3, Zeile 1 der DIN 18202.
Es wird keine Flügelgeglättete Sauberkeitsschicht ausgeführt.

Blinding layer:
Coefficient of friction acc. To Table 3, line 1 of DIN 18202.
Smoothing the surface with a power float will not be performed.

Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden (fcm 2 / fcm 28 ≤ 0,30).
Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einer Betontechnologin oder einem Betontechnologen festzulegen.

There is to apply a concrete with low hydration development (fcm 2 / fcm 28 ≤ 0,30).
The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.

Annahme in statischer Berechnung für Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme fct,eff = 0,7 x fctm.
Assumption in static calculatic for indirect action as a result of hydration heat fct,eff = 0,7 x fctm.

Betonfestigkeitsklasse / concrete strength class	C35/45
Betonmenge / concrete quantity	541 m³
Expositionsklassen / exposition classes	XC4, XF1
Feuchtigkeitsklasse / hymidity class	WF
Überwachungsklasse / monitoring class	ÜK 2

Betonierfuge / concrete joint	
Rauhigkeit gem. DIN EN 1992-1-1 / Roughness acc. DIN EN 1992-1-1	glatt / slick

Konsistensklassen / Consistency Classes	
Schlvertiefung und des unteren Ankerrings Bottom pit and the lower anchor ring	F4/S4
Restliches Fundament Rest of foundation	F3/S3

Größkorn im Bereich der oberen und unteren Bewehrungslage / Nominal value of aggregates maximum grain size around bottom and top reinforcement	16 mm
Größkorn im mittleren Fundamentbereich / Nominal value of aggregates maximum grain size in other parts of foundation	32 mm

Sauberkeitsschichts / Blinding Layer	
Betonfestigkeitsklasse / concrete strength class	C12/15
Betonmenge / concrete quantity	35 m³

Freigabe/ Release:

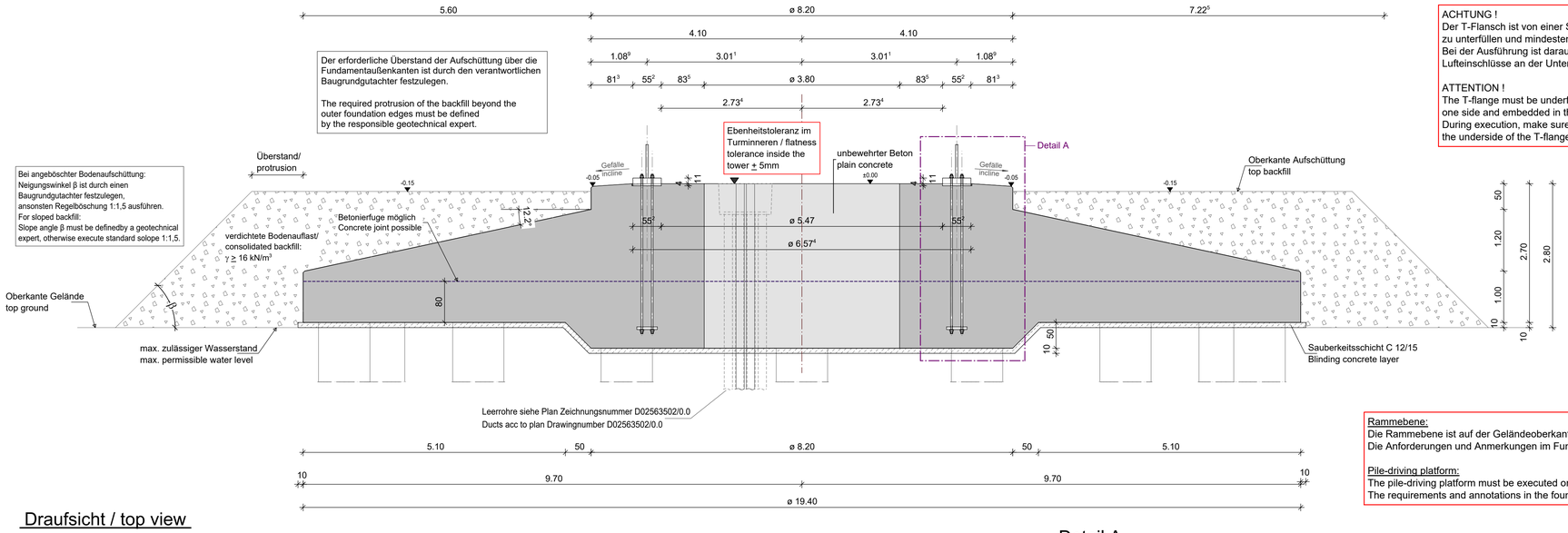
Index	Datum / Date	Name	Änderung / Change
a	07.07.22	Schweizer	Anzahl der Steckbügel korrigiert

Heinz Lunte GmbH
Ingenieurbüro für Tragwerksplanung
49413 Dinklage - Burgstraße 49
Tel.: 04443/9638-0 E-Mail: lunte@lunte-statik.de

Bauforhaben / Project :	Neubau einer Winenergieanlage des Typ Construction of a wind energy converter E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01
Auftraggeber / Customer:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 GmbH 26605 Aurich
Bauteil / Component:	Schalplan / Shuttering Plan Tiefgründung / Pile foundation

gezeichnet / drawn:	Variante C / option C	Plangrösse / Plan size:	Blatt-Nr / Sheet number	INDEX:
Schweizer			S03	a
Maßstab / Scale: 1:100; 50; 10	Datum / Date: 22.03.2022	Auftag / Order: 4506 - 21		

Schnitt 1 - 1 / section 1 - 1
M. 1:50



ACHTUNG !
Der T-Flansch ist von einer Seite aus kraftschlüssig mit Beton zu unterfüllen und mindestens 4 cm in den Fundamentbeton einzubinden. Bei der Ausführung ist darauf zu achten, dass keine Fehlstellen oder Lufteinschlüsse an der Unterseite des T-Flansches entstehen.

ATTENTION !
The T-flange must be underfilled force-fitting with concrete from one side and embedded in the foundation concrete by at least 4 cm. During execution, make sure that no flaws or air pockets occur on the underside of the T-flange.

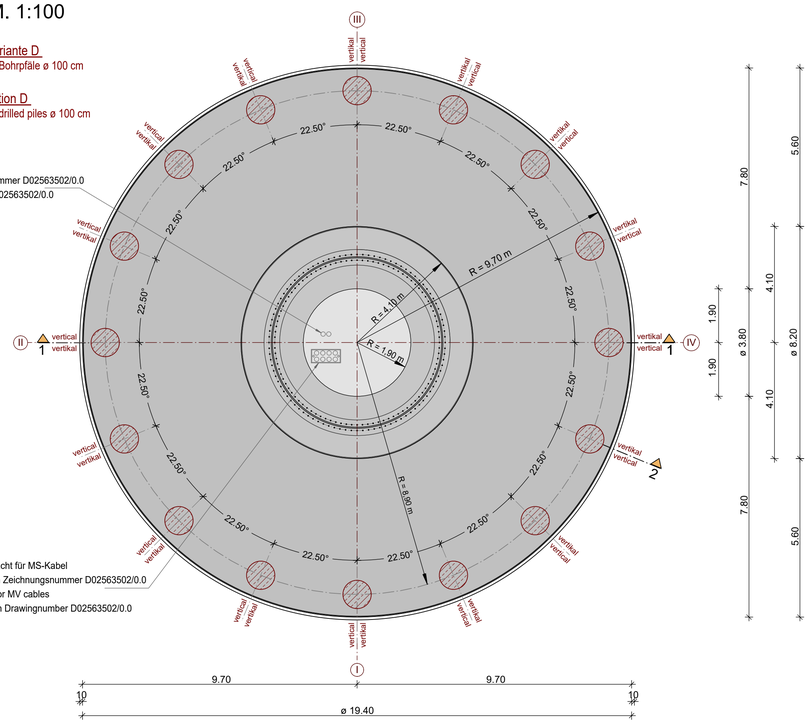
Rammebene:
Die Rammebene ist auf der Geländeoberkante und mit einer Höhe h=0,80 m auszuführen.
Die Anforderungen und Anmerkungen im Fundamentdatenblatt sind zu beachten.

Pile-driving platform:
The pile-driving platform must be executed on top ground level and with a height h=0,80 m.
The requirements and annotations in the foundation data sheet must be observed.

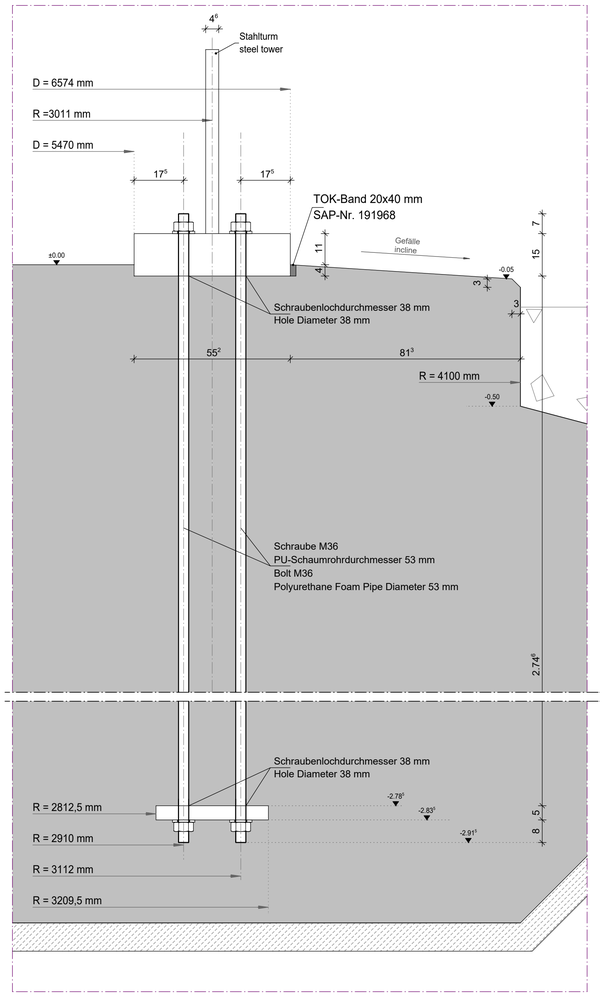
Draufsicht / top view
M. 1:100

Variante D
16 Bohrpfähle ø 100 cm

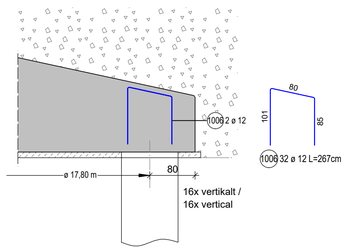
option D
16 drilled piles ø 100 cm



Detail A
M. 1:10



Schnitt 2 - 2 / section 2 - 2
M. 1:50



Falls erforderlich, ist die Anschlussbewehrung an den Pfahlköpfen baustellenseitig anzupassen oder abzuschneiden.
If required, the connecting reinforcement of the pile heads must be adapted or cut at site.

Die Pfahlanschlussbewehrung ist durch den Pfahlhersteller standortbezogen zu bestimmen.
The pile connecting reinforcement must be determined site-specific by the pile manufacturer.

Dokument-Nr.: D0956300

Die gesonderten Fundament-Spezifikationen der Fa. ENERCON sind zu beachten / ENERCON foundation specifications must be considered

Die äußere- und innere Pfahltragfähigkeit ist an jedem Standort gesondert nachzuweisen
The pile length and pile design must be calculated for each location

Die statisch erforderliche, dauerhafte Aufschüttung ist zum frühestmöglichen Zeitpunkt auf das Fundament aufzubringen. Die Aufschüttung ist mit geeigneten Verfahren zu verdichten, um die angegebene Mindest-Bodenwichte im erdfeuchten Zustand zu erreichen.
Nach Beendigung des Turmaufbaus, spätestens jedoch nach Montage der Windenergieanlage, muss die verdichtete Aufschüttung auf dem Fundament vorhanden sein. Mit dem Aufbringen der Aufschüttung darf nicht bis zur Inbetriebnahme der Windenergieanlage gewartet werden. Bei prognostizierten extremen Windbedingungen ≥ 21 m/s (Beaufort 8) sind vorzeitig entsprechende Maßnahmen zu treffen.

The permanent backfill required for structural reasons must be applied to the foundation at the earliest possible time, and must be compacted by appropriate methods to obtain the specified minimum soil unit weight in earth-moist condition. After finishing the tower erection, but at the latest after the complete installation of the wind turbine, the compacted backfill must be on the foundation. It is not permitted to wait until the wind turbine is set in operation before applying the backfill. If extreme wind conditions ≥ 21 m/s (Beaufort 8) are predicted, appropriate measures must be taken in advance.

Fundamentarbeiten gemäß DIN EN 13670 mit den nationalen Anwendungsregeln
Foundation works according to DIN EN 13670 in with the national application

Maximal zulässiger Wasserstand bis Unterkante Sauberkeitsschicht
Maximum permissible water level at bottom blinding concrete layer

Sauberkeitsschicht:
Reibbeiwert gemäß Tabelle 3, Zeile 1 der DIN 18202.
Es wird keine Flügelgeglättete Sauberkeitsschicht ausgeführt.

Blinding layer:
Coefficient of friction acc. To Table 3, line 1 of DIN 18202.
Smoothing the surface with a power float will not be performed.

Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden (fcm 2 / fcm 28 ≤ 0,30).
Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einer Betontechnologin oder einem Betontechnologen festzulegen.

There is to apply a concrete with low hydration development (fcm 2 / fcm 28 ≤ 0,30).
The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.

Annahme in statischer Berechnung für Zwang aus Abfließen der Hydratationswärme fct,eff = 0,7 x fctm.
Assumption in static calculatic for indirect action as a result of hydration heat fct,eff = 0,7 x fctm.

Betonfestigkeitsklasse / concrete strength class	C35/45
Betonmenge / concrete quantity	541 m³
Expositionsklassen / exposition classes	XC4, XF1
Feuchtigkeitsklasse / hymidity class	WF
Überwachungsklasse / monitoring class	ÜK 2

Betonerfuge / concrete joint	
Rauhigkeit gem. DIN EN 1992-1-1 / Roughness acc. DIN EN 1992-1-1	glatt / slick

Konsistensklassen / Consistency Classes	
Schlvertiefung und des unteren Ankerrings Bottom pit and the lower anchor ring	F4/S4
Restliches Fundament Rest of foundation	F3/S3

Größkorn im Bereich der oberen und unteren Bewehrungslage / Nominal value of aggregates maximum grain size around bottom and top reinforcement	16 mm
Größkorn im mittleren Fundamentbereich / Nominal value of aggregates maximum grain size in other parts of foundation	32 mm

Sauberkeitsschichts / Blinding Layer	
Betonfestigkeitsklasse / concrete strength class	C12/15
Betonmenge / concrete quantity	35 m³

TÜV NORD CERT PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK FÜR WINDENERGIEANLAGEN

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-3 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

8119201822-7 E II Rev. 0
Structural Design Evaluated
E. Dottal
Expert
TÜV NORD CERT GmbH
TÜV NORD 2022-07-22

Freigabe/ Release:

Index	Datum / Date	Name	Änderung / Change

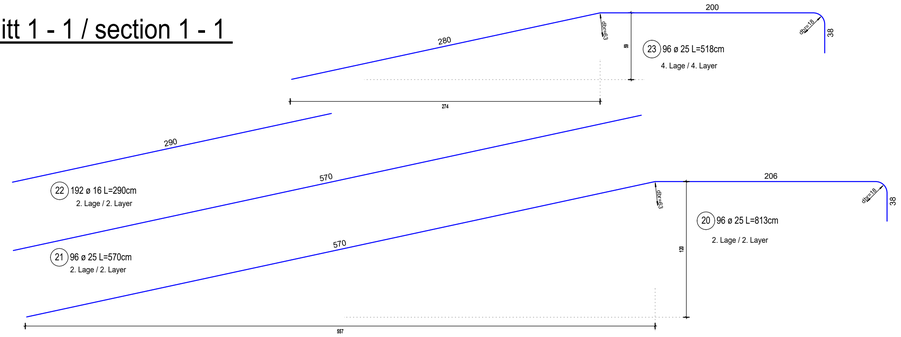
Heinz Lunte GmbH
Ingenieurbüro für Tragwerksplanung
49413 Dinklage - Burgstraße 49
Tel.: 04443/9638-0 E-Mail: lunte@lunte-statik.de

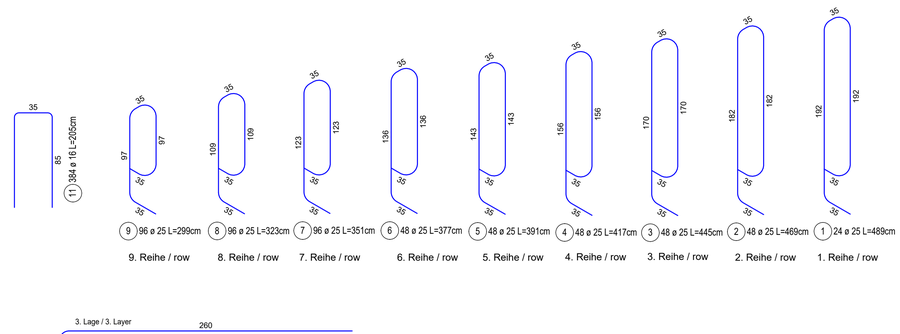
Bauforhaben / Project :	Neubau einer Winenergieanlage des Typ Construction of a wind energy converter E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01
Auftraggeber / Customer:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 GmbH 26605 Aurich
Bauteil / Component:	Schalplan / Shuttering Plan Tiefgründung / Pile foundation

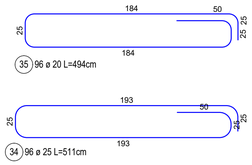
gezeichnet / drawn: Schweizer	**Variante D / option D**	Plangrösse / Plan size:	Blatt-Nr / Sheet number	INDEX:
Maßstab / Scale: 1:100; 50; 10	Datum / Date: 22.03.2022	Auftag / Order: 4506 - 21	S04	

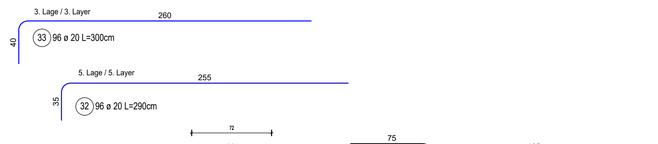
Schnitt 1 - 1 / section 1 - 1

M. 1:25

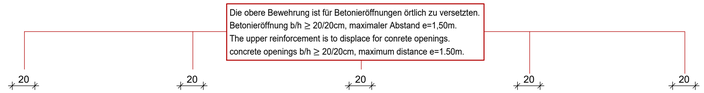


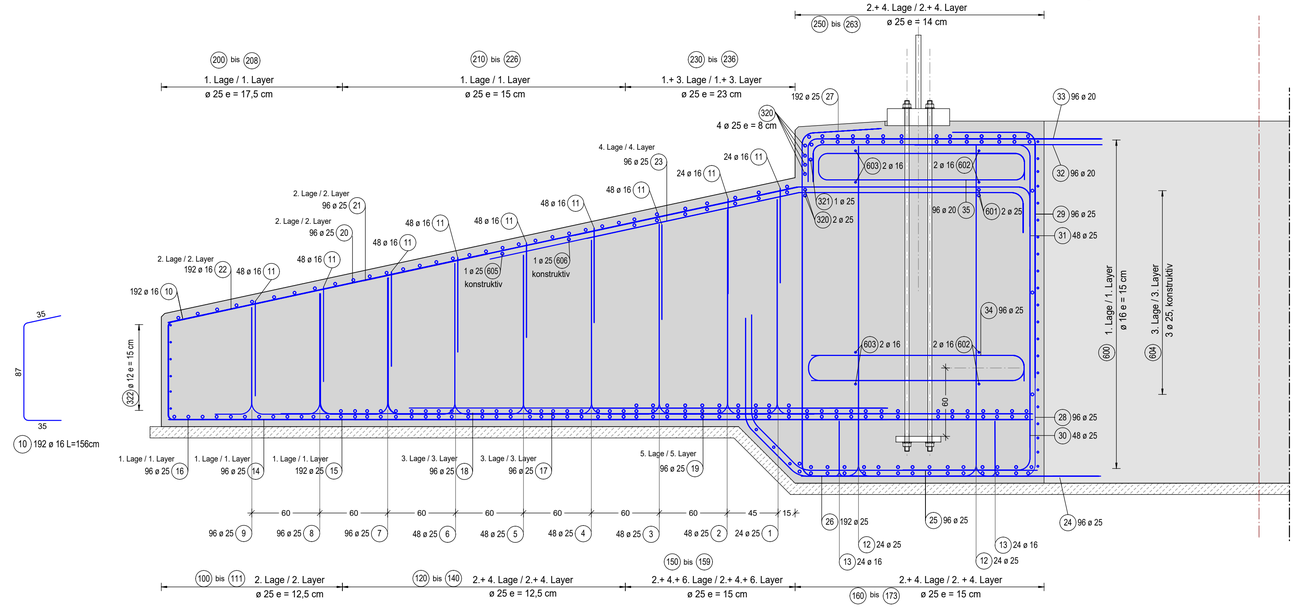


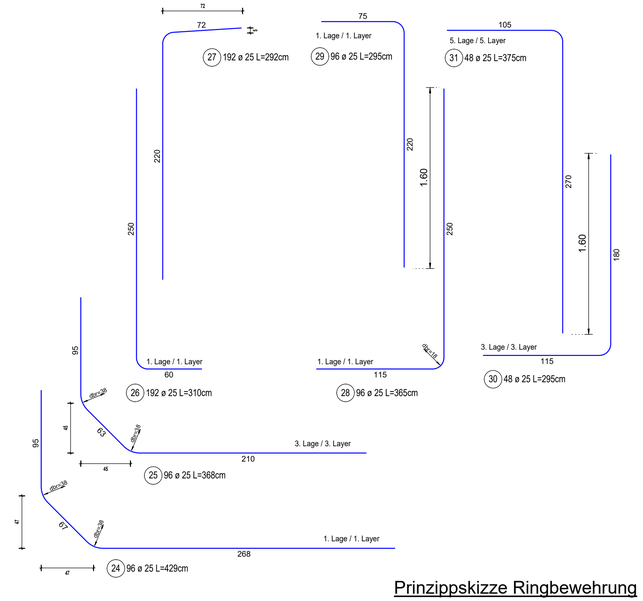


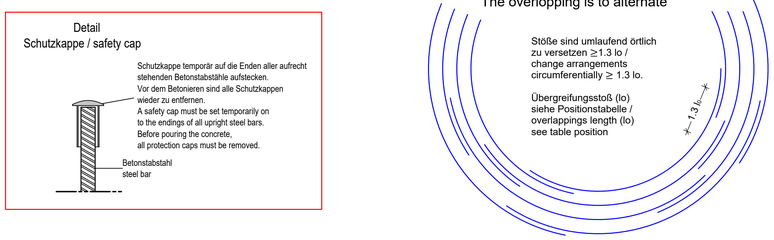


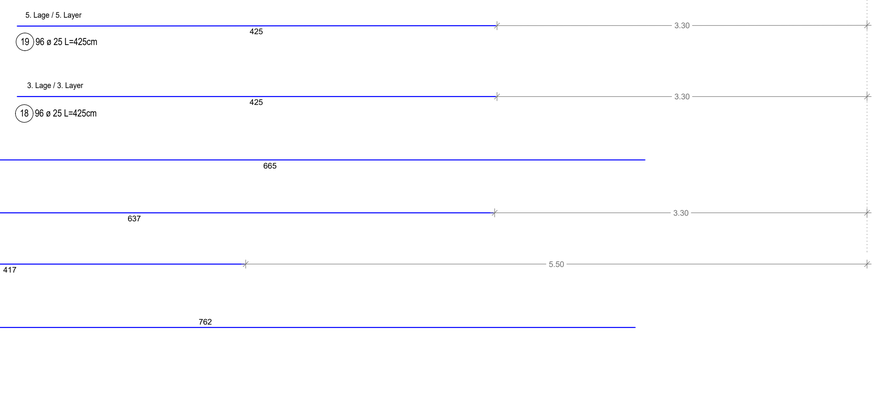
Die obere Bewehrung ist für Betonieröffnungen örtlich zu versetzten.
Betonieröffnung b/h ≥ 20/20cm, maximaler Abstand e=1,50m.
The upper reinforcement is to displace for conrete openings.
concrete openings b/h ≥ 20/20cm, maximum distance e=1.50m.











Mark	ø	Number of pieces: Rings	Number of pieces: Pairing	Number of pieces: total	Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
Position	ø	Stückzahlen: Ringe	Stückzahlen: pro Ring	Stückzahlen: gesamt	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
195	20	1	4	4	7.920	4.450	0.900
196	20	1	4	4	7.670	4.290	0.900
197	20	1	4	4	7.410	4.130	0.900
320	25	6	4	24	7.950	4.000	1.620
321	25	1	4	4	7.910	3.970	1.620
322	12	6	6	36	10.580	9.610	0.500

Mark	ø	Number of pieces: Rings	Number of pieces: Pairing	Number of pieces: total	Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
Position	ø	Stückzahlen: Ringe	Stückzahlen: pro Ring	Stückzahlen: gesamt	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
600	16	21	3	63	4.870	1.950	0.750
601	25	2	3	6	5.720	2.470	0.500
602	16	4	3	12	5.710	2.470	0.500
603	16	4	3	12	7.990	3.560	0.500
604	25	3	3	9	4.710	1.990	0.500
605	25	1	4	4	11.020	6.670	0.500
606	25	1	4	4	10.100	6.080	0.500

Dokument-Nr.: D0956301

Rüttelöffnungen:
In Bereichen mit geringen Stababständen ist ein Rüttler mit kleinem Durchmesser (ca. 35-65 mm) zu verwenden. Mehrlagige Bewehrung vertikal übereinander einbauen, damit der Rüttler ohne hängen zu bleiben durch die Zwischenräume geführt werden kann.
Obere/untere Lage und Bewehrung der Sohlvertiefung ohne Versatz übereinander einbauen, so dass die tiefsten Stellen im Fundament mit dem Rüttler erreicht werden können

Concrete vibration openings
Use a vibrator with smaller diameter (approx. 35-65 mm) in areas with small bar spacing.
Install multi-layer reinforcement vertically on top of each other, so that the vibrator can be guided through the gaps without getting stuck. Install top and bottom l ayer and the bottom pit reinforcement on top of each other without offset so that the deepest points in the foundation can be reached with the vibrator.

Die gesonderten Fundament-Spezifikationen der Fa. ENERCON sind zu beachten / ENERCON foundation specifications must be considered

ABSTANDHALTER / BAR SPACER	nach DBV-Merkblatt "Abstandhalter" / Verlegung nach DBV-Merkblatt " Betondeckung und Bewehrung " (Tab.4:Anordnung)
Mindestwerte des Biegerollendurchmessers / Minimum diameter of mandrel	nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01 Tabelle .8.1a

GEBOGENE STÄBE / CURVED BARS



HAKEN, WINKELHAKEN, SCHLAUFEN / HOOKS, COMPOSING STICKS, LOOPS



Mindestwerte der Betondeckung rechtwinklig zur Biegeebene minimum concrete cover rectangular to bending level	Biegerollendurchmesser D [mm] diameter of mandrel D [mm]	Stabdurchmesser ds [mm] bar diameter	Biegerollendurchmesser D [mm] diameter of mandrel D [mm]
>100 mm und >7 d_s	min D = 10 d_s	6, 8, 10, 12	$4d_s$ min D = 40mm
> 50 mm und >3 d_s	min D = 15 d_s	14, 16	$4d_s$ min D = 64mm
= 50 mm und = 3 d_s	min D = 20 d_s	20, 25, 28	$7d_s$ min D =175mm

DIESE BIEGEROLLENDURCHMESSER GELTEN, SOFERN IN DER ZEICHNUNG KEINE ANDEREN WERTE ANGEGEBEN SIND
THESE DIAMETER OF MANDREL ARE VALID, IF OTHER VALUES ARE NOT STATED IN THE DRAWINGS

Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.

Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind nicht zulässig.
A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.

Betonstahlsorte / Reinforcement Grade:	Betonstabstahl / Reinforcing Bar B 500B	
Zugfestigkeit / tensile strength	f_s = 540 N/mm²	
Streckgrenze / Yield Strength	f_{sk} = 500 N/mm²	
BETONDECKUNG / CONCRETE COVER CV	unten / bottom	50mm
	oben Sockel / top base	50mm
	oben Sporn / top spur	50mm
	seitlich / lateral	50mm

Freigabe/ Release:

Index	Datum / Date	Name	Änderung / Change

Heinz Lunte *GmbH*
Ingenieurbüro für Tragwerksplanung
49413 Dinklage - Burgstraße 49
Tel.: 04443/9638-0 E-Mail: lunte@lunte-statik.de

Bauvorhaben / Project :	Neubau einer Winenergieanlage des Typ Construction of a wind energy converter E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01
Auftraggeber / Customer:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 GmbH 26605 Aurich
Bauteil / Component:	Bewehrungsplan / Reinforcement drawing Tiefgründung / Pile foundation

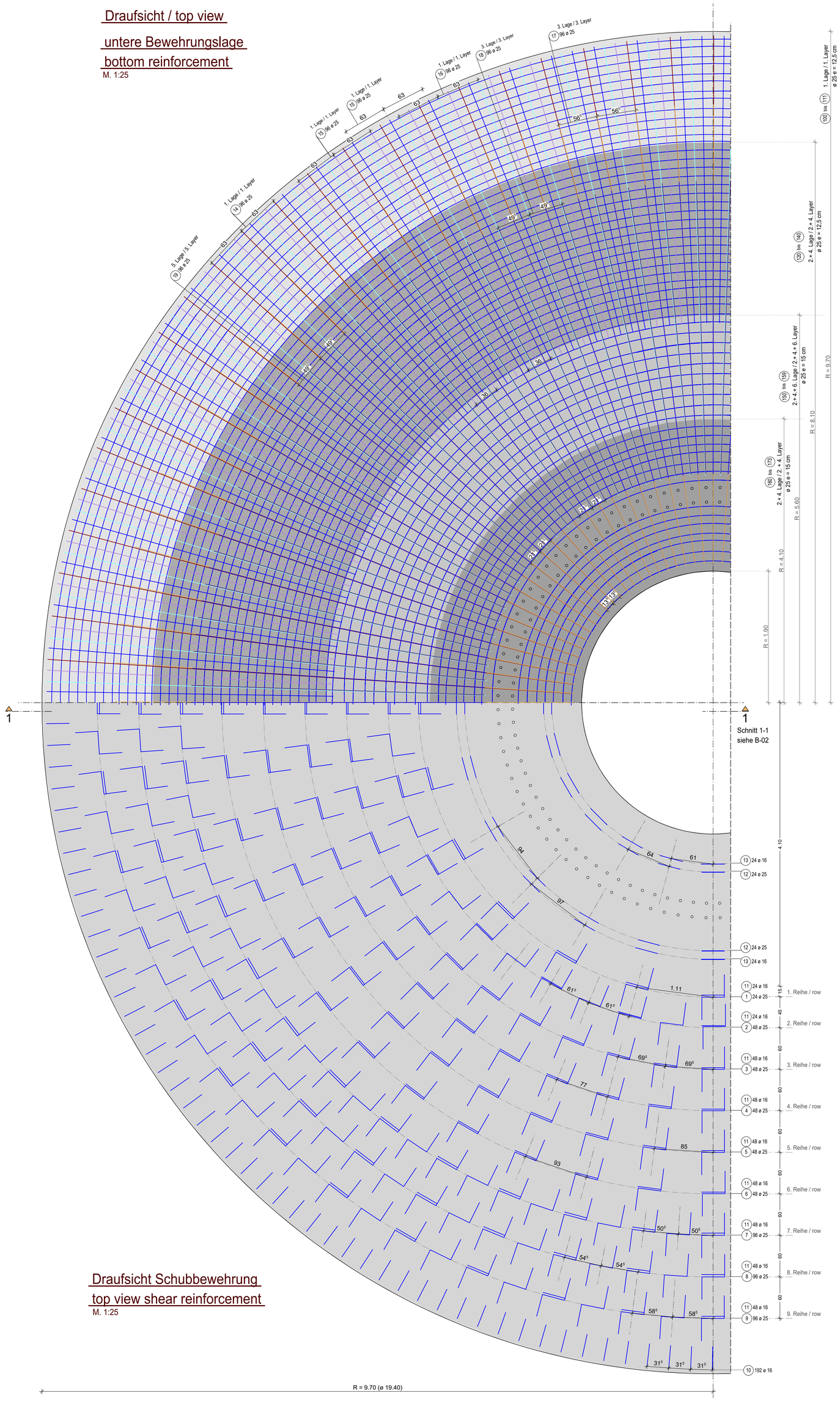
gezeichnet / drawn: Schweizer	B 500B	Plangrösse / Plan size:	Blatt-Nr. / Sheet number: B05 / INDEX:
Maßstab / Scale: 1:25	Datum / Date: 23.03.2022	Auftag / Order: 4506-21	

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK TÜV NORD CERT VON WINDENERGIEANLAGEN

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-3 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

8119201822-7 E II Rev. 0
Structural Design Evaluated
E. Dottai
Expert
TÜV NORD CERT GmbH
TÜV NORD 2022-07-22

Draufsicht / top view
untere Bewehrungslage
bottom reinforcement
M. 1:25



Draufsicht Schubbewehrung
top view shear reinforcement
M. 1:25

Bereich / *Area* R=8.10m bis R=9.70m

Mark	Number of pieces			Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
	Rings	Perring	total			
Position	Stückzahlen			Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
ø	Ringe	pro Ring	gesamt			
100	25	1	6	6	11.180	9.570	1.130
101	25	1	6	6	11.050	9.450	1.130
102	25	1	6	6	10.920	9.320	1.130
103	25	1	6	6	10.790	9.200	1.130
104	25	1	6	6	10.660	9.070	1.130
105	25	1	6	6	10.530	8.950	1.130
106	25	1	6	6	10.400	8.820	1.130
107	25	1	6	6	10.270	8.700	1.130
108	25	1	5	5	11.940	8.570	1.130
109	25	1	5	5	11.780	8.450	1.130
110	25	1	5	5	11.620	8.320	1.130
111	25	1	5	5	11.470	8.200	1.130

Bereich / *Area* R=5.60m bis R=8.10m

Mark	Number of pieces			Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
	Rings	Perring	total			
Position	Stückzahlen			Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
ø	Ringe	pro Ring	gesamt			
120	25	2	5	10	11.340	8.100	1.130
121	25	2	5	10	11.190	7.980	1.130
122	25	2	5	10	11.030	7.850	1.130
123	25	2	5	10	10.870	7.730	1.130
124	25	2	5	10	10.710	7.600	1.130
125	25	2	5	10	10.560	7.480	1.130
126	25	2	5	10	10.400	7.350	1.130
127	25	2	5	10	10.240	7.230	1.130
128	25	2	5	10	10.090	7.100	1.130
129	25	2	5	10	9.930	6.980	1.130
130	25	2	5	10	9.770	6.850	1.130
131	25	2	5	10	9.620	6.730	1.130
132	25	2	5	10	9.460	6.600	1.130
133	25	2	5	10	9.300	6.480	1.130
134	25	2	5	10	9.150	6.350	1.130
135	25	2	5	10	8.990	6.230	1.130
136	25	2	5	10	8.830	6.100	1.130
137	25	2	4	8	10.560	5.980	1.130
138	25	2	4	8	10.360	5.850	1.130
139	25	2	4	8	10.170	5.730	1.130
140	25	2	4	8	9.970	5.600	1.130

Bereich / *Area* R=4.10m bis R=5.60m

Mark	Number of pieces			Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
	Rings	Perring	total			
Position	Stückzahlen			Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
ø	Ringe	pro Ring	gesamt			
150	25	3	4	12	9.800	5.490	1.130
151	25	3	4	12	9.560	5.340	1.130
152	25	3	4	12	9.330	5.190	1.130
153	25	3	4	12	9.090	5.040	1.130
154	25	3	4	12	8.860	4.890	1.130
155	25	3	4	12	8.620	4.740	1.130
156	25	3	4	12	8.390	4.590	1.130
157	25	3	4	12	8.150	4.440	1.130
158	25	3	4	12	7.910	4.290	1.130
159	25	3	4	12	7.680	4.140	1.130

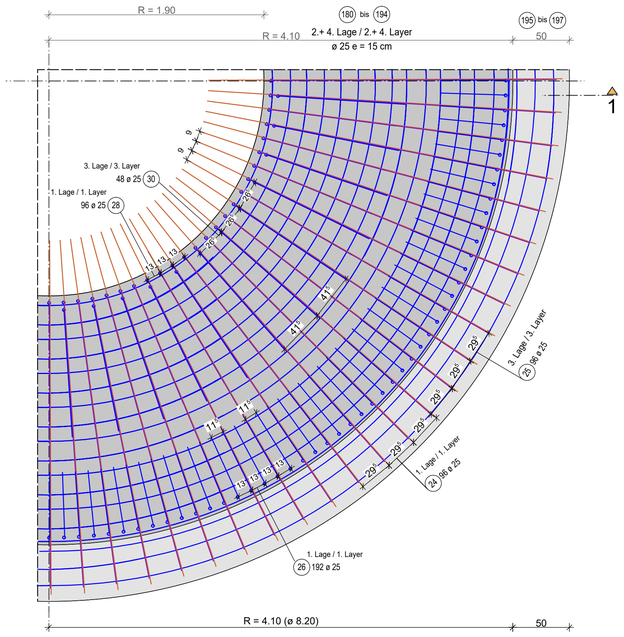
Bereich / *Area* R=1.90m bis R=4.10m

Mark	Number of pieces			Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
	Rings	Perring	total			
Position	Stückzahlen			Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
ø	Ringe	pro Ring	gesamt			
160	25	2	4	8	7.920	3.980	1.620
161	25	2	4	8	7.720	3.850	1.620
162	25	2	4	8	7.510	3.720	1.620
163	25	2	4	8	7.310	3.590	1.620
164	25	2	4	8	7.100	3.460	1.620
165	25	2	4	8	6.900	3.330	1.620
166	25	2	4	8	6.700	3.200	1.620
167	25	2	3	6	7.600	2.830	1.620
168	25	2	3	6	7.330	2.700	1.620
169	25	2	3	6	7.050	2.570	1.620
170	25	2	3	6	6.780	2.440	1.620
171	25	2	3	6	6.510	2.310	1.620
172	25	2	3	6	6.240	2.180	1.620
173	25	2	3	6	5.970	2.050	1.620

Bereich / *Area* Sohlvertiefung / of bottom pit

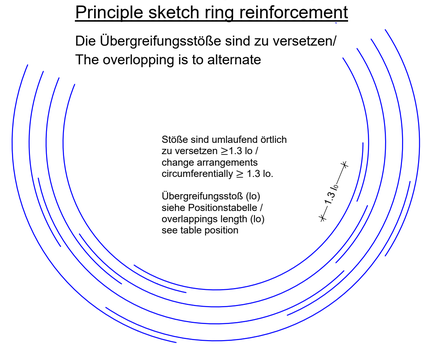
Mark	Number of pieces			Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
	Rings	Perring	total			
Position	Stückzahlen			Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
ø	Ringe	pro Ring	gesamt			
180	25	2	4	8	8.060	4.070	1.620
181	25	2	4	8	7.820	3.920	1.620
182	25	2	4	8	7.590	3.770	1.620
183	25	2	4	8	7.350	3.620	1.620
184	25	2	4	8	7.120	3.470	1.620
185	25	2	4	8	6.880	3.320	1.620
186	25	2	4	8	6.650	3.170	1.620
187	25	2	4	8	6.410	3.020	1.620
188	25	2	3	6	7.690	2.870	1.620
189	25	2	3	6	7.380	2.720	1.620
190	25	2	3	6	7.070	2.570	1.620
191	25	2	3	6	6.750	2.420	1.620
192	25	2	3	6	6.440	2.270	1.620
193	25	2	3	6	6.130	2.120	1.620
194	25	2	3	6	5.810	1.970	1.620
195	20	1	4	4	7.920	4.450	0.900
196	20	1	4	4	7.670	4.290	0.900
197	20	1	4	4	7.410	4.130	0.900

untere Bewehrungslage Sohlvertiefung
bottom reinforcement of bottom pit
M. 1:25



Prinzippskizze Ringbewehrung
Principle sketch ring reinforcement

Die Übergreifungsstöße sind zu versetzen/
The overlopping is to alternate



Dokument-Nr.: D0956302

Rüttelöffnungen:
In Bereichen mit geringen Stababständen ist ein Rüttler mit kleinem Durchmesser (ca. 35-65 mm) zu verwenden. Mehrlagige Bewehrung vertikal übereinander einbauen, damit der Rüttler ohne hängen zu bleiben durch die Zwischenräume geführt werden kann.
Obere/untere Lage und Bewehrung der Sohlvertiefung ohne Versatz übereinander einbauen, so dass die tiefsten Stellen im Fundament mit dem Rüttler erreicht werden können

Concrete vibration openings
Use a vibrator with smaller diameter (approx. 35-65 mm) in areas with small bar spacing. Install multi-layer reinforcement vertically on top of each other, so that the vibrator can be guided through the gaps without getting stuck. Install top and bottom l ayer and the bottom pit reinforcement on top of each other without offset so that the deepest points in the foundation can be reached with the vibrator.

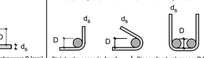
Die gesonderten Fundament-Spezifikationen der Fa. ENERCON sind zu beachten / ENERCON foundation specifications must be considered

ABSTANDHALTER / BAR SPACER	nach DBV-Merkblatt "Abstandhalter"
	Verlegung nach DBV-Merkblatt " Betondeckung und Bewehrung " (Tab.4 Anordnung)
Mindestwerte des Biegerollendurchmessers / Minimum diameter of mandrel	nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01 Tabelle .8.1a

GEBOGENE STÄBE / CURVED BARS



HAKEN, WINKELHAKEN, SCHLAUFEN / HOOKS, COMPOSING STICKS, LOOPS



Mindestwerte der Betondeckung rechtwinklig zur Biegebene / minimum concrete cover reclangular to bending level	Biegerollendurchmesser D [mm] / diameter of mandrel D [mm]	Stabdurchmesser ds [mm] / bar diameter	Biegerollendurchmesser D [mm] / diameter of mandrel D [mm]
>100 mm und >7d_s	min D = 10d_s	6, 8, 10, 12	4d_s min D = 40mm
> 50 mm und >3d_s	min D = 15d_s	14, 16	4d_s min D = 64mm
= 50 mm und = 20d_s	min D = 20d_s	20, 25, 28	7d_s min D =175mm

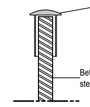
DIESE BIEGEROLLENDURCHMESSER GELTEN, SOFERN IN DER ZEICHNUNG KEINE ANDEREN WERTE ANGEGEBEN SIND
THESE DIAMETER OF MANDREL ARE VALID, IF OTHER VALUES ARE NOT STATED IN THE DRAWINGS

Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.

Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind nicht zulässig.
A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.

Betonstahlsorte / Reinforcement Grade:	Betonstabstahl / Reinforcing Bar B 500B	
Zugfestigkeit / tensile strength	f_s = 540 N/mm²	
Streckgrenze / Yield Strength	f_s = 500 N/mm²	
BETONDECKUNG / CONCRETE COVER CV	unten / bottom	50mm
	oben Sockel / top base	50mm
	oben Sporn / top spur	50mm
	seitlich / lateral	50mm

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

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK TÜV NORD CERT TEXTWINDENERGIEANLAGEN

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-3 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

8119201822-7 E II Rev. 0
Structural Design Evaluated
E. Dottai
Expert
TÜV NORD CERT GmbH
TÜV NORD 2022-07-22

Freigabe/ Release:			
Index	Datum / Date	Name	Änderung / Change

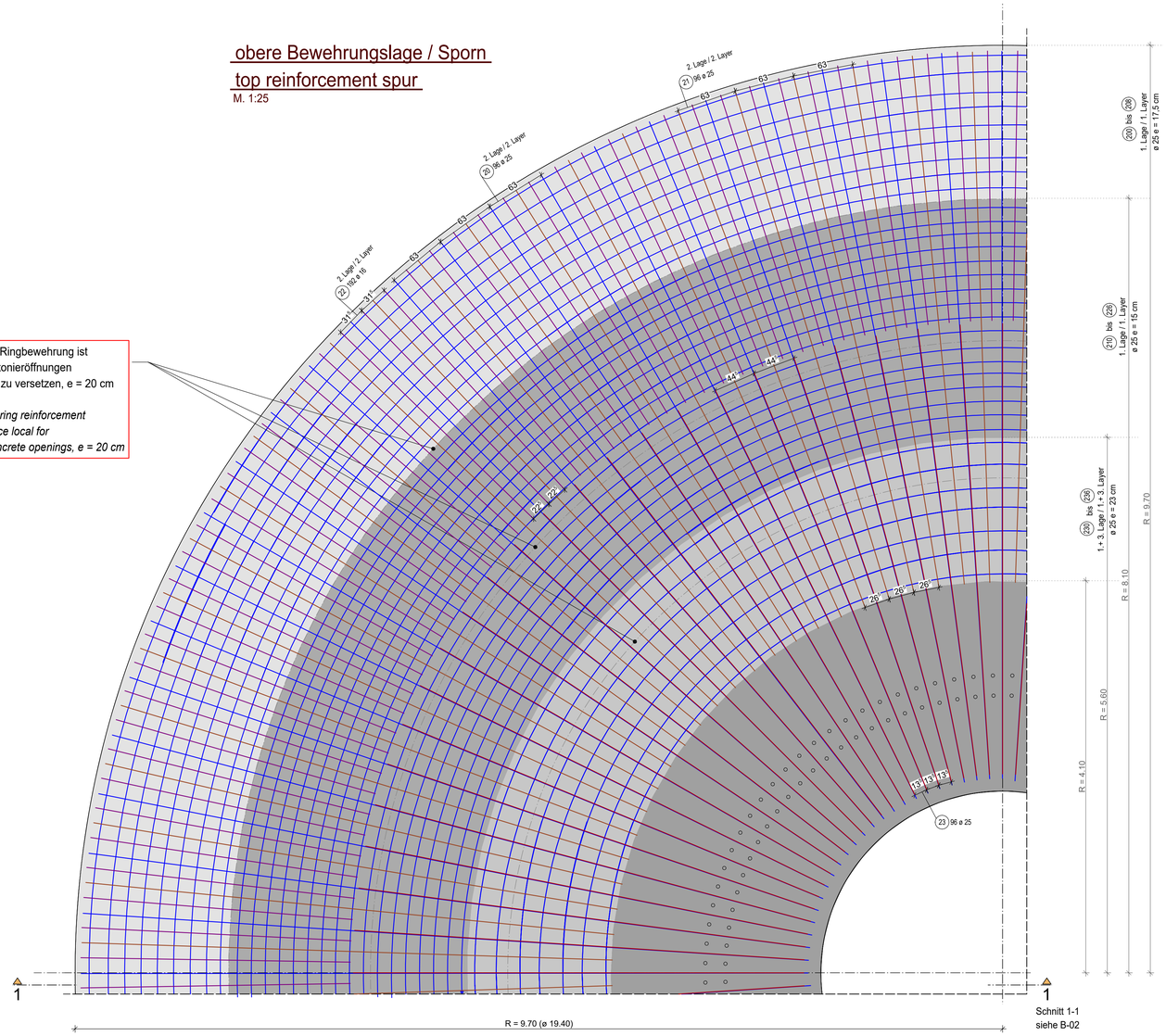
Heinz Lunte GmbH
Ingenieurbüro für Tragwerksplanung
49413 Dinklage - Burgstraße 49
Tel.: 04443/9638-0 E-Mail: lunte@lunte-statik.de

Bauvorhaben / Project :	Neubau einer Winenergieanlage des Typ Construction of a wind energy converter E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01
Auftraggeber / Customer:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 GmbH 26605 Aurich
Bauteil / Component:	Bewehrungsplan / Reinforcement drawing Tiefgründung / Pile foundation

gezeichnet / drawn: Schweizer	B 500B	Plangrösse / Plan size:	Blatt-Nr / Sheet number: B06	INDEX:
Maßstab / Scale: 1:25	Datum / Date: 23.03.2022	Auftag / Order: 4506-21		

obere Bewehrungslage / Sporn
top reinforcement spur

M. 1:25



Schnitt 1-1
siehe B-02

obere Ringbewehrung ist
für Betonieröffnungen
örtlich zu versetzen, e = 20 cm

upper ring reinforcement
displace local for
for concrete openings, e = 20 cm

Bereich / *Area* R=8.10m bis R=9.70m

Mark	ø	Number of pieces: Rings	Perring	total	Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
Position	ø	Stückzahlen: Ringe	pro Ring	gesamt	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
200	25	1	6	6	11.640	9.540	1.620
201	25	1	6	6	11.460	9.370	1.620
202	25	1	6	6	11.280	9.200	1.620
203	25	1	6	6	11.100	9.020	1.620
204	25	1	6	6	10.920	8.850	1.620
205	25	1	6	6	10.740	8.680	1.620
206	25	1	6	6	10.560	8.510	1.620
207	25	1	6	6	10.380	8.340	1.620
208	25	1	5	5	11.920	8.170	1.620

Bereich / *Area* R=5.60m bis R=8.10m

Mark	ø	Number of pieces: Rings	Perring	total	Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
Position	Übergreifung [m]	Stückzahlen: Ringe	pro Ring	gesamt	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
210	25	1	5	5	11.700	7.990	1.620
211	25	1	5	5	11.510	7.850	1.620
212	25	1	5	5	11.330	7.700	1.620
213	25	1	5	5	11.140	7.550	1.620
214	25	1	5	5	10.960	7.410	1.620
215	25	1	5	5	10.770	7.260	1.620
216	25	1	5	5	10.590	7.110	1.620
217	25	1	5	5	10.410	6.970	1.620
218	25	1	5	5	10.220	6.820	1.620
219	25	1	5	5	10.040	6.670	1.620
220	25	1	5	5	9.850	6.530	1.620
221	25	1	5	5	9.670	6.380	1.620
222	25	1	5	5	9.490	6.230	1.620
223	25	1	5	5	9.300	6.090	1.620
224	25	1	5	5	9.120	5.940	1.620
225	25	1	5	5	8.930	5.790	1.620
226	25	1	5	5	8.750	5.650	1.620

Bereich / *Area* R=4.10m bis R=5.60m

Mark	ø	Number of pieces: Rings	Perring	total	Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
Position	ø	Stückzahlen: Ringe	pro Ring	gesamt	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
230	25	2	5	10	8.580	5.510	1.620
231	25	2	4	8	9.960	5.280	1.620
232	25	2	4	8	9.810	5.060	1.620
233	25	2	4	8	9.250	4.830	1.620
234	25	2	4	8	8.900	4.610	1.620
235	25	2	4	8	8.550	4.380	1.620
236	25	2	4	8	8.200	4.160	1.620

Bereich / *Area* R=1.90m bis R=4.10m

Mark	ø	Number of pieces: Rings	Perring	total	Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
Position	ø	Stückzahlen: Ringe	pro Ring	gesamt	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
250	25	2	4	8	8.610	3.990	2.300
251	25	2	4	8	8.390	3.850	2.300
252	25	2	4	8	8.170	3.710	2.300
253	25	2	4	8	7.950	3.570	2.300
254	25	2	4	8	7.730	3.430	2.300
255	25	2	4	8	7.510	3.290	2.300
256	25	2	4	8	7.290	3.150	2.300
257	25	2	4	8	6.810	2.840	2.300
258	25	2	4	8	6.590	2.700	2.300
259	25	2	4	8	6.370	2.560	2.300
260	25	2	4	8	6.150	2.420	2.300
261	25	2	4	8	5.930	2.280	2.300
262	25	2	3	6	6.840	2.140	2.300
263	25	2	3	6	6.550	2.000	2.300

obere Bewehrungslage / Sockel
top reinforcement base

M. 1:25

obere Ringbewehrung ist
für Betonieröffnungen
örtlich zu versetzen, e = 20 cm

upper ring reinforcement
displace local for
for concrete openings, e = 20 cm

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

Prinzippskizze Ringbewehrung
Principle sketch ring reinforcement

Die Übergreifungsstöße sind zu versetzen/
The overlopping is to alternate

Dokument-Nr.: D0956303

Rüttelöffnungen:
In Bereichen mit geringen Stababständen ist ein Rüttler mit kleinem Durchmesser (ca. 35-65 mm) zu verwenden. Mehrlagige Bewehrung vertikal übereinander einbauen, damit der Rüttler ohne hängen zu bleiben durch die Zwischenräume geführt werden kann.
Obere/untere Lage und Bewehrung der Sohlvertiefung ohne Versatz übereinander einbauen, so dass die tiefsten Stellen im Fundament mit dem Rüttler erreicht werden können

Concrete vibration openings
Use a vibrator with smaller diameter (approx. 35-65 mm) in areas with small bar spacing.
Install multi-layer reinforcement vertically on top of each other, so that the vibrator can be guided through the gaps without getting stuck. Install top and bottom l ayer and the bottom pit reinforcement on top of each other without offset so that the deepest points in the foundation can be reached with the vibrator.

Die gesonderten Fundament-Spezifikationen der Fa. ENERCON sind zu beachten / ENEROCN foundation specifications must be considered

ABSTANDHALTER / BAR SPACER	nach DBV-Merkblatt "Abstandhalter" Verlegung nach DBV-Merkblatt " Betondeckung und Bewehrung " (Tab.4:Anordnung)
Mindestwerte des Biegerollendurchmessers / Minimum diameter of mandrel	nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01 Tabelle .8.1a

GEBOGENE STÄBE / CURVED BARS

HAKEN, WINKELHAKEN, SCHLAUFEN / HOOKS, COMPOSING STICKS, LOOPS

Mindestwerte der Betondeckung rechtwinklig zur Biegeebene minimum concrete cover rectangular to bending level	Biegerollendurchmesser D [mm] diameter of mandrel D [mm]	Stabdurchmesser ds [mm] bar diameter	Biegerollendurchmesser D [mm] diameter of mandrel D [mm]
>100 mm und >7 d_s	min D = 10 d_s	6, 8, 10, 12	$4d_s$ min D = 40mm
> 50 mm und >3 d_s	min D = 15 d_s	14, 16	$4d_s$ min D = 64mm
= 50 mm und = 3 d_s	min D = 20 d_s	20, 25, 28	$7d_s$ min D =175mm

DIESE BIEGEROLLENDURCHMESSER GELTEN, SOFERN IN DER ZEICHNUNG KEINE ANDEREN WERTE ANGEGEBEN SIND
THESE DIAMETER OF MANDREL ARE VALID, IF OTHER VALUES ARE NOT STATED IN THE DRAWINGS

Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.

Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind nicht zulässig.
A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.

Betonstahlsorte / Reinforcement Grade:	Betonstabstahl / Reinforcing Bar B 500B	
Zugfestigkeit / tensile strength	f_t = 540 N/mm²	
Streckgrenze / Yield Strength	f_y = 500 N/mm²	
BETONDECKUNG / CONCRETE COVER CV	unten / bottom	50mm
	oben Sockel / top base	50mm
	oben Sporn / top spur	50mm
	seitlich / lateral	50mm

Freigabe/
Release:

Index	Datum / Date	Name	Änderung / Change

Heinz Lunte GmbH
Ingenieurbüro für Tragwerksplanung
49413 *Dinklage - Burgstraße 49*
Tel.: 04443/9638-0 E-Mail: lunte@lunte-statik.de

Bauvorhaben / Project :	Neubau einer Winenergieanlage des Typ Construction of a wind energy converter E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01
Auftraggeber / Customer:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 GmbH 26605 Aurich
Bauteil / Component:	Bewehrungsplan / Reinforcement drawing Tiefgründung / Pile foundation

gezeichnet / drawn: Schweizer	B 500B	Plangrösse / Plan size:	Blatt-Nr./ Sheet number	INDEX:
Maßstab / Scale: 1:25	Datum / Date: 23.03.2022	Auftag / Order: 4506-21	B07	

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VORWINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

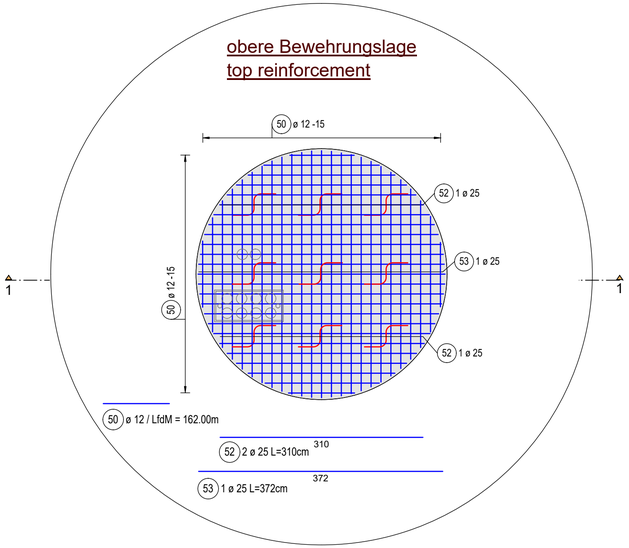
Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-3 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

E. Dottai

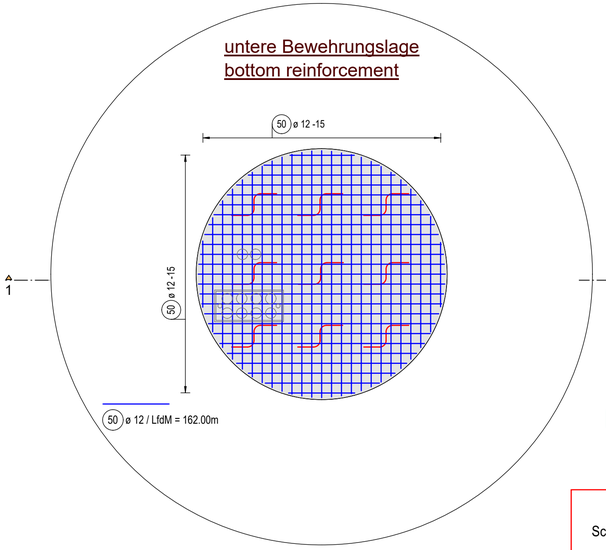
811920822-7 E II Rev. 0
Structural Design Evaluated
Expert
TÜV NORD CERT GmbH
TÜV NORD 2022-07-22

Draufsicht Fundamentkern / top view of foundation core
M. 1:50

obere Bewehrungslage
top reinforcement



untere Bewehrungslage
bottom reinforcement



Leerrohre + Kabelschacht für MS-Kabel
siehe Plan Zeichnungsnummer D02563502/0.0
Ducts + cable pit for MV cables
acc to plan Drawingnumber D02563502/0.0

Bewehrung örtlich trennen
cut reinforcement on site

Dokument-Nr.: D0956304

Die gesonderten Fundament-Spezifikationen der Fa. ENERCON sind zu beachten / ENEROCN foundation specifications must be considered

ABSTANDHALTER / BAR SPACER	nach DBV-Merkblatt "Abstandhalter"
	Verlegung nach DBV-Merkblatt " Betondeckung und Bewehrung " (Tab.4:Anordnung)

Mindestwerte des Biegerollendurchmessers / Minimum diameter of mandrel	nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01 Tabelle .8.1a	
GEBOGENE STÄBE / CURVED BARS	HAKEN, WINKELHAKEN, SCHLAUFEN / HOOKS, COMPOSING STICKS, LOOPS	
Mindestwerte der Betondeckung rechtwinklig zur Biegeebene minimum concrete cover rectangular to bending level	Biegerollendurchmesser D [mm] diameter of mandrel D [mm]	Stabdurchmesser ds [mm] bar diameter / Biegerollendurchmesser D [mm] diameter of mandrel D [mm]
>100 mm und >7d_s	min D = 10d_s	6, 8, 10, 12 / 4d_s min D = 40mm
> 50 mm und >3d_s	min D = 15d_s	14, 16 / 4d_s min D = 64mm
= 50 mm und = 3d_s	min D = 20d_s	20, 25, 28 / 7d_s min D =175mm

DIESE BIEGEROLLENDURCHMESSER GELTEN, SOFERN IN DER ZEICHNUNG KEINE ANDEREN WERTE ANGEGEBEN SIND
THESE DIAMETER OF MANDREL ARE VALID. IF OTHER VALUES ARE NOT STATED IN THE DRAWINGS

Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.

Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind nicht zulässig.
A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.

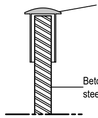
Betonstahlsorte / Reinforcement Grade:	Betonstabstahl / Reinforcing Bar B 500B	
Zugfestigkeit / tensile strength	f_{tk} = 540 N/mm²	
Streckgrenze / Yield Strength	f_{yk} = 500 N/mm²	
BETONDECKUNG / CONCRETE COVER CV	unten / bottom	50mm
	oben Sockel / top base	50mm
	oben Sporn / top spur	50mm
	seitlich / lateral	50mm

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-3 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

8119201822-7 E II Rev. 0
Structural Design Evaluated
E. Dottai
Expert
TÜV NORD CERT GmbH
TÜV NORD 2022-07-22

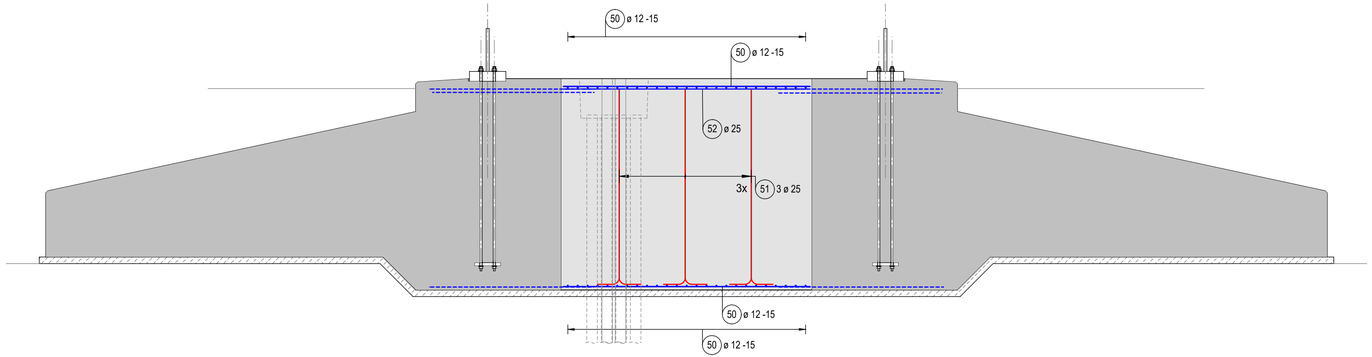
Detail
Schutzkappe / safety cap



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

Schnitt 1 - 1 / section 1 - 1
M. 1:50





51 9 ø 25 L=699cm

Rüttelöffnungen:
In Bereichen mit geringen Stababständen ist ein Rüttler mit kleinem Durchmesser (ca. 35-65 mm) zu verwenden. Mehrlagige Bewehrung vertikal übereinander einbauen, damit der Rüttler ohne hängen zu bleiben durch die Zwischenräume geführt werden kann.
Obere/untere Lage und Bewehrung der Sohlvertiefung ohne Versatz übereinander einbauen, so dass die tiefsten Stellen im Fundament mit dem Rüttler erreicht werden können

Concrete vibration openings
Use a vibrator with smaller diameter (approx. 35-65 mm) in areas with small bar spacing.
Install multi-layer reinforcement vertically on top of each other, so that the vibrator can be guided through the gaps without getting stuck. Install top and bottom l ayer and the bottom pit reinforcement on top of each other without offset so that the deepest points in the foundation can be reached with the vibrator.

Freigabe/
Release:

Index	Datum / Date	Name	Änderung / Change

Heinz Lunte GmbH
Ingenieurbüro für Tragwerksplanung
49413 Dinklage - Burgstraße 49
Tel.: 04443/9638-0 E-Mail: lunte@lunte-statik.de

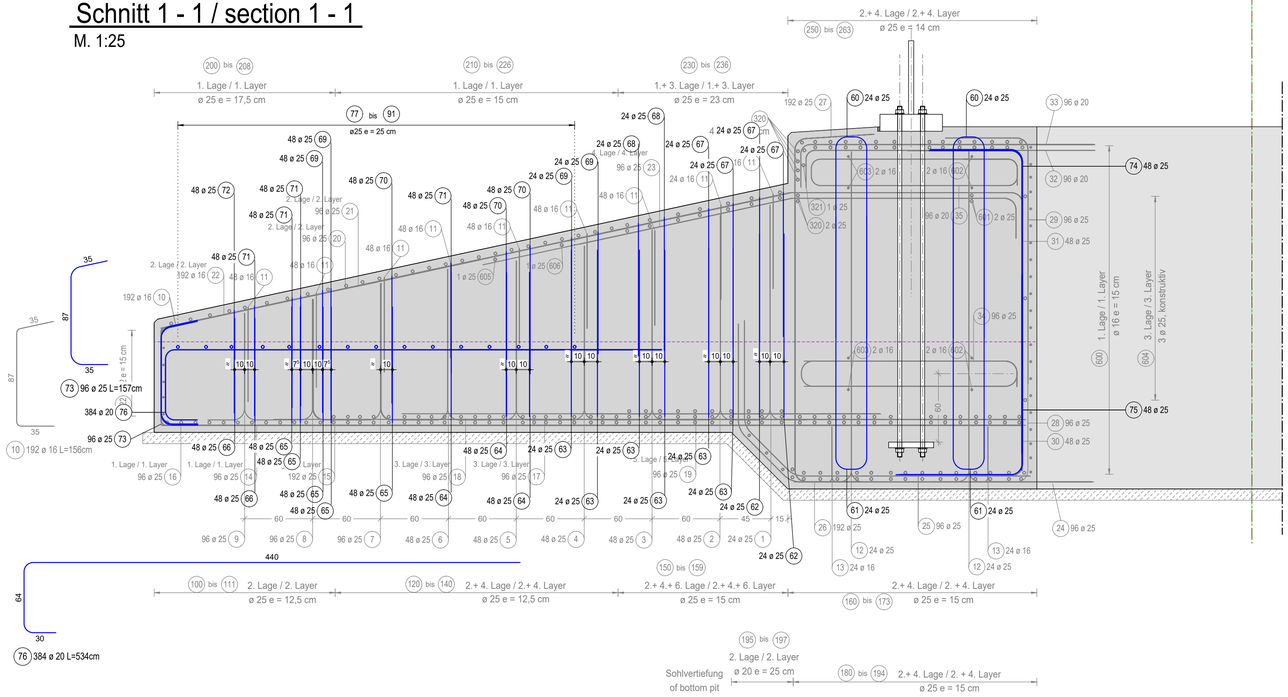
Bauvorhaben / Project :	Neubau einer Winenergieanlage des Typ Construction of a wind energy converter E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01
Auftraggeber / Customer:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 GmbH 26605 Aurich
Bauteil / Component:	Bewehrungsplan / Reinforcement drawing Tiefgründung / Pile foundation

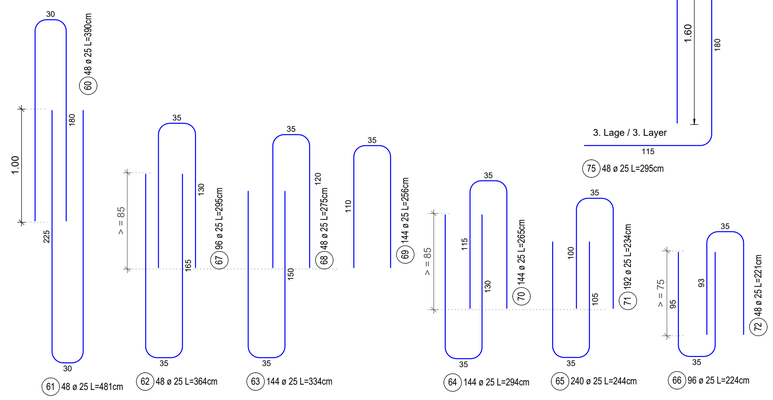
gezeichnet / drawn:		Plangrösse / Plan size:	Blatt-Nr. / Sheet number	INDEX:
Schweizer	B 500B		B08	
Maßstab / Scale: 1:25	Datum / Date: 23.03.2022	Auftag / Order: 4506-21		

Die obere Bewehrung ist für Betonieröffnungen örtlich zu versetzten.
Betonieröffnung b/h ≥ 20/20cm, maximaler Abstand e=1,50m.
The upper reinforcement is to displace for conrete openings.
concrete openings b/h ≥ 20/20cm, maximum distance e=1.50m.

Schnitt 1 - 1 / section 1 - 1

M. 1:25





Bar schedule

Mark	Pcs	ø [mm]	Single length [m]	Total length [m]	Mass [kg]

Stabliste

Pos.	Stck	ø [mm]	Einzel Länge [m]	Gesamt Länge [m]	Masse [kg]
60	48	25	3.90	187.20	720.72
61	48	25	4.81	230.88	888.89
62	48	25	3.64	174.72	672.67
63	144	25	3.34	480.96	1851.70
64	144	25	2.94	423.36	1629.94
65	240	25	2.44	585.60	2254.56
66	96	25	2.24	215.04	827.90
67	96	25	2.95	283.20	1090.32
68	48	25	2.75	132.00	508.20
69	144	25	2.56	368.64	1419.26
70	144	25	2.65	381.60	1469.16
71	192	25	2.34	449.28	1729.73
72	48	25	2.21	106.08	408.41
73	96	25	1.57	150.72	580.27
74	48	25	3.55	170.40	656.04
75	48	25	2.95	141.60	545.16
76	384	20	5.34	2050.56	5064.88
77	6	25	11.59	69.54	267.73
78	6	25	11.32	67.92	261.49
79	6	25	11.06	66.36	255.49
80	6	25	10.80	64.80	249.48
81	6	25	10.54	63.24	243.47
82	5	25	12.01	60.05	231.19
83	5	25	11.69	58.45	225.03
84	5	25	11.38	56.90	219.06
85	5	25	11.07	55.35	213.10
86	5	25	10.75	53.75	206.94
87	5	25	10.44	52.20	200.97
88	5	25	10.12	50.60	194.81
89	5	25	9.81	49.05	188.84
90	5	25	9.50	47.50	182.88
91	5	25	9.18	45.90	176.72

Gesamtmasse : 25635.01 kg
Total mass :

Draufsicht Schubbewehrung
top view shear reinforcement

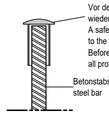
M. 1:25

untere Bewehrungslage Sohlvertiefung
bottom reinforcement of bottom pit

M. 1:25

Mark	ø	Number of pieces: Rings	Pairing	total	Arc [m]	Radius [m]	Overlap [m]
Position	ø	Stückzahlen: Ringe	pro Ring	gesamt	Bogen [m]	Radius [m]	Übergreifung [m]
77	25	1	6	6	11.580	9.490	1.620
78	25	1	6	6	11.320	9.240	1.620
79	25	1	6	6	11.060	8.990	1.620
80	25	1	6	6	10.800	8.740	1.620
81	25	1	6	6	10.540	8.490	1.620
82	25	1	5	5	12.010	8.240	1.620
83	25	1	5	5	11.690	7.990	1.620
84	25	1	5	5	11.380	7.740	1.620
85	25	1	5	5	11.060	7.490	1.620
86	25	1	5	5	10.750	7.240	1.620
87	25	1	5	5	10.440	6.990	1.620
88	25	1	5	5	10.120	6.740	1.620
89	25	1	5	5	9.810	6.490	1.620
90	25	1	5	5	9.500	6.240	1.620
91	25	1	5	5	9.180	5.990	1.620

Detail
Schutzkappe / safety cap

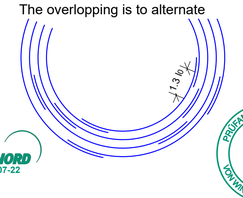


Schutzkappe temporär auf die Enden aller aufrecht stehenden Betonstabstähle aufstecken.
Vor dem Betonieren sind alle Schutzkappen wieder zu entfernen.
A safety cap must be set temporarily on to the endings of all upright steel bars.
Before pouring the concrete, all protection caps must be removed.

Betonstabstahl
steel bar

Prinzippskizze Ringbewehrung
Principle sketch ring reinforcement

Die Übergreifungsstöße sind zu versetzen/
The overlopping is to alternate



Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-3 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

8119201822-7 E II Rev. 0
Structural Design Evaluated
E. Dottai
Expert
TÜV NORD CERT GmbH

TÜV NORD 2022-07-22

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

Dokument-Nr.: D0956306-1

Rüttelöffnungen:
In Bereichen mit geringen Stababständen ist ein Rüttler mit kleinem Durchmesser (ca. 35-65 mm) zu verwenden. Mehrlagige Bewehrung vertikal übereinander einbauen, damit der Rüttler ohne hängen zu bleiben durch die Zwischenräume geführt werden kann.
Obere/untere Lage und Bewehrung der Sohlvertiefung ohne Versatz übereinander einbauen, so dass die tiefsten Stellen im Fundament mit dem Rüttler erreicht werden können

Concrete vibration openings
Use a vibrator with smaller diameter (approx. 35-65 mm) in areas with small bar spacing.
Install multi-layer reinforcement vertically on top of each other, so that the vibrator can be guided through the gaps without getting stuck. Install top and bottom l ayer and the bottom pit reinforcement on top of each other without offset so that the deepest points in the foundation can be reached with the vibrator.

Die gesonderten Fundament-Spezifikationen der Fa. ENERCON sind zu beachten / ENERCON foundation specifications must be considered

ABSTANDHALTER / BAR SPACER	nach DBV-Merkblatt "Abstandhalter" / Verlegung nach DBV-Merkblatt " Betondeckung und Bewehrung " (Tab.4 Anordnung)
Mindestwerte des Biegerollendurchmessers / Minimum diameter of mandrel	nach DIN EN 1992-1-1/NA:2011-01 Tabelle .8.1a

GEBOGENE STÄBE / CURVED BARS

HAKEN, WINKELHAKEN, SCHLAUFEN / HOOKS, COMPOSING STICKS, LOOPS

Mindestwerte der Betondeckung rechtwinklig zur Biegeebene minimum concrete cover rectangular to bending level	Biegerollendurchmesser D [mm] diameter of mandrel D [mm]	Stabdurchmesser ds [mm] bar diameter	Biegerollendurchmesser D [mm] diameter of mandrel D [mm]
>100 mm und >7 d_s	min D = 10 d_s	6, 8, 10, 12	$4d_s$ min D = 40mm
> 50 mm und >3 d_s	min D = 15 d_s	14, 16	$4d_s$ min D = 64mm
= 50 mm und = 3 d_s	min D = 20 d_s	20, 25, 28	$7d_s$ min D = 175mm

DIESE BIEGEROLLENDURCHMESSER GELTEN, SOFERN IN DER ZEICHNUNG KEINE ANDEREN WERTE ANGEGEBEN SIND
THESE DIAMETER OF MANDRELS ARE VALID, IF OTHER VALUES ARE NOT STATED IN THE DRAWINGS

Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.

Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind nicht zulässig.
A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.

Betonstahlsorte / Reinforcement Grade:	Betonstabstahl / Reinforcing Bar B 500B	
Zugfestigkeit / tensile strength	f_s = 540 N/mm²	
Streckgrenze / Yield Strength	f_y = 500 N/mm²	
BETONDECKUNG / CONCRETE COVER CV	unten / bottom	50mm
	oben Sockel / top base	50mm
	oben Sporn / top spur	50mm
	seitlich / lateral	50mm

Freigabe/ Release:			
a	07.07.22	Schweizer	Prüfeintragungen übernommen
Index	Datum / Date	Name	Änderung / Change

Heinz Lunte GmbH
Ingenieurbüro für Tragwerksplanung
49413 Dinklage - Burgstraße 49
Tel.: 04443/9638-0 E-Mail: lunte@lunte-statik.de

Bauvorhaben / Project :	Neubau einer Winenergieanlage des Typ Construction of a wind energy converter E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01
Auftraggeber / Customer:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 GmbH 26605 Aurich
Bauteil / Component:	Bewehrungsplan / Reinforcement drawing Tiefgründung / Pile foundation Zusatzbewehrung bei Betonierfuge / additional reinforcement construction joint

gezeichnet / drawn: Schweizer	B 500B	Plangrösse / Plan size:	Blatt-Nr. / Sheet number: B10	INDEX: a
Maßstab / Scale: 1:25	Datum / Date: 23.03.2022	Auftag / Order: 4506-21		

Technisches Datenblatt
Technical Data Sheet

E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01

Tiefgründung
Deep Foundation

WK S **(DIBt- Richtlinie, Fassung Oktober 2012)**
WC IIIA **(IEC 61400-1, 4rd Edition, 2019)**
WC IIB **(IEC 61400-1, 4rd Edition, 2019)**

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

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7004/22-3 Rev. 0
vom 07. Nov. 2022

8119201822-7 E II Rev. 0
Evaluated
E. Dottai
Expert
TÜV NORD CERT GmbH

TÜV NORD
2022-07-22

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

ENERCON
ENERGY FOR THE WORLD

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: Momme Janssen, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, 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: Momme Janssen, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, 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.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

TÜV NORD
2022-07-22

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

Dokumentinformation / Document details

Dokument-ID Document ID	D0956331-1
Vermerk Note	Originaldokument Original document

Datum Date	**Sprache** Language	**DCC**	**Werk / Abteilung** Plant / Department
2022-03-25	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:	Heinz Lunte GmbH / 2022-03-25	Übersetzt/Datum: Translated/Date:	
Geprüft/Datum: Checked/Date:	Heinz Lunte GmbH / 2022-03-25	Geprüft/Datum: Checked/Date:	

Revisionen / Revisions

Rev.	Datum/Date	Änderung/Change	Erstellt/Created
0	2022-03-25	Dokument erstellt (Vorabzug) Document created (preliminary)	Heinz Lunte GmbH
1	2022-07-12	Prüfanmerkungen eingearbeitet/ Verification notes added	Heinz Lunte GmbH

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.

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

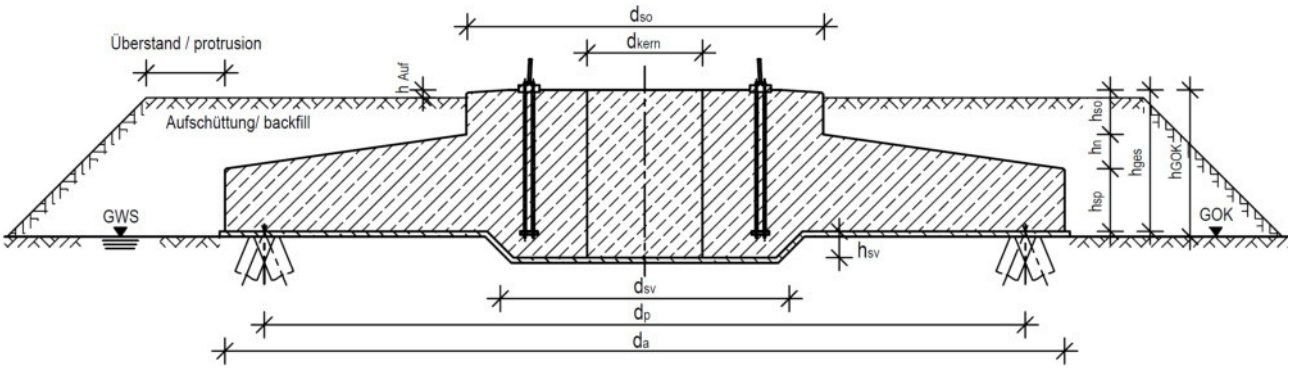
1 Allgemeine Angaben / General information

Statische Berechnung	Heinz Lunte GmbH	*Structural analysis*
Tiefgründung	Ø 19,40 m	*Deep foundation*
Dokument ID	D0956331	*Document ID*

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT
TÜV NORD 2022-07-22

2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

Außendurchmesser	d_a	19,40 m	***Outer diameter***
Sockeldurchmesser	d_{so}	8,20 m	***Base diameter***
Durchmesser Fundamentkern	d_{kern}	3,80 m	***Diameter of foundation core***
Pfahlkreisdurchmesser Variante A, B, C	d_p	18,20 m	***Pile ring diameter option A, B, C***
Pfahlkreisdurchmesser Variante D	d_p	17,80 m	***Pile ring diameter option D***
Fundamenthöhe	h_{ges}	2,70 m	***Foundation height***
Sockelhöhe	h_{so}	0,50 m	***Base height***
Höhe Spornneigung	h_n	1,20 m	***Spur incline height***
Spornhöhe	h_{sp}	1,00 m	***Spur height***
Höhe OK Fundament bis OK Aufschüttung	h_{Auf}	0,15 m	***Height from top of foundation to top of backfill***
Höhe OK Fundament bis OK Gelände	h_{GOK}	2,80 m	***Height from top of foundation to ground level***
Mittlerer Durchmesser Sohlvertiefung	d_{sv}	8,70 m	***Average diameter of bottom pit***
Höhe Sohlvertiefung	h_{sv}	0,50 m	***Height of bottom pit***
Höhe maximal zulässiger Grundwasserstand GWS über Sohlvertiefung	h_{GWS}	0,40 m	***Height of maximum permissible groundwater level GWL above bottom pit***
Fundamentvariante DIBt: Betongüte und Volumen	C 35/45	541 m³	***Foundation option DIBt: Concrete quality and volume***
Stahlgewicht	B 500B	82,7 t	***Steel weight***
Stahlgewicht mit Betonierfuge	B 500B	25,5 t	***Steel weight with concrete joint***
Fundamentvariante IEC: Betongüte und Volumen	C 35/45	541 m³	***Foundation option IEC: Concrete quality and volume***
Stahlgewicht	B 500B	82,7 t	***Steel weight option***
Stahlgewicht mit Betonierfuge	B 500B	25,5 t	***Steel weight with concrete joint***
Stahlgewicht	B 400B	84,9 t	***Steel weight option***
Stahlgewicht mit Betonierfuge	B 400B	25,3 t	***Steel weight with concrete joint***



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.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

TÜV NORD
2022-07-22

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

Pfähle / Piles:		
Variante A / Option A:	**40 Fertigteilrammpfähle nach außen und innen geneigt 40 pre-cast driven piles inclined to the outside and inside**	a/b 45/45 cm
Variante B / Option B:	**34 Ortbetonrammpfähle nach außen und innen geneigt 34 cast-in-situ driven piles inclined to the outside and inside**	Ø 51 cm
Variante C / Option C:	**28 Ortbetonrammpfähle nach außen und innen geneigt 28 cast-in-situ driven piles inclined to the outside and inside**	Ø 56 cm
Variante D / Option D:	**16 Bohrpfähle vertikal 16 drilled piles vertical**	Ø 100 cm

2.1 Ergänzende Anforderungen / Additional requirements

Bei allen Tiefgründungen auf Geländeoberkante, mit Fertigteil- oder Ortbetonpfählen, ist vor Beginn der Pfahlarbeiten eine Rammebene gemäß der folgenden Abbildungen vorzubereiten.

Die Rammebene ist auf der Geländeoberkante mit einer Höhe h=0,8m herzustellen. Etwaige Änderungen an Höhe oder Ausführungsebene sind vor der Ausführung mit ENERCON abzusprechen, und von ENERCON freizugeben.

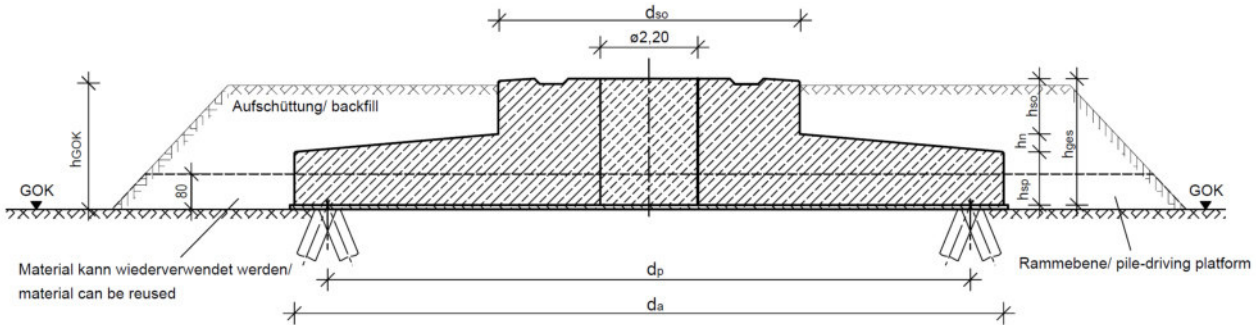
Die Planung der Rammebene obliegt dem verantwortlichen Baugrundgutachter. Dieser hat eine Aussage über das zu verwendende Material und über alle auf die Pfähle einwirkenden Zusatzbelastungen, z. B. durch Seitendruck oder Schrägauflast, zu treffen.

For all deep foundations on ground level, with pre-cast or cast-in-situ driven piles, a pile-driving platform according to the following illustrations must be prepared before piling works.

The pile-driving platform must be executed with a height h=0.80m on top ground level. Possible changes of the height or the level of execution must be agreed with ENERCON before execution, and must be approved by ENERCON.

The geotechnical expert is responsible for planning the pile-driving platform. A statement about the material to be used for the platform, and also about additional loadings onto the piles, e.g. lateral pressure or sloped backfill, must be made by the geotechnical expert.

Tiefgründung mit Bodenaufschüttung / *deep foundation with backfill*:



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

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT
TÜV NORD
2022-07-22

3 Mindestdreh- und -wegfedersteifigkeiten
Minimum rotational and translational spring stiffness

Folgende Mindestwerte sind einzuhalten: *Observe the following minimum values:*

Min. Bodendrehfederkonstante / Min. value of rotational spring	**$k_{\varphi,stat}$ = 16250 MNm/rad**
	$k_{\varphi,dyn}$ = 130000 MNm/rad
Min. Bodenwegfederkonstante / Min. value of translational spring	**$k_{F,dyn}$ = 250 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 25 Jahren, bezogen auf den Pfahlkreisdurchmesser:

Maximum allowed misalignment due to subsoil settlement within 25 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.

Documented evidence of the structural safety of piles requires load-carrying analyses and proof of serviceability.

Aufgrund der Zugbeanspruchung sollten die Pfähle 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.

Due to tensile loads, the piles should be embedded into the load-bearing subsoil for a minimum of 5.0 m (q_c > 7.5 MN/m²). This embedment 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 of the pile without considering the pile's dead load.*

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

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT
TÜV NORD
2022-07-22

5.1 Variante A: Fertigteilrammpfähle / Option A: pre-cast driven piles

Querschnitt Breite/Breite	45/45 cm		*Cross section width/width*
Anzahl Pfähle	40		*Quantity of piles*
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m		*Pile length (proof length in static calculation)*
Anzahl Neigung nach außen	20	4:1	*Quantity outward inclination*
Anzahl Neigung nach innen	20	8:1	*Quantity inward inclination*

Charakteristische axiale Pfahllasten / Characteristic axial pile loads

Lastfall / *Load case* **N / A / T**	**($\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max}$)**	**$F_{Gk,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Gk,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qk} in kN**	**ΣF_k in kN**
Druck / *Compression*	(1.00/1.00)	-619	-	-930	**-1549**
Zug / *Tension*	(1.00/1.00)	-	-613	913	**300**

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,00)

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

Bemessungswerte der axialen Pfahllasten / Axial Pile load design values

Lastfall / *Load case* **N / T** **N / A / T**	**($\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max}$)**	**$F_{Gd,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Gd,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qd} in kN**	**ΣF_d in kN**
Druck / *Compression*	(1.35/0.90)	-836	-	-1036	**-1872**
Zug / *Tension*	(1.10/0.90)	-	-552	1060	**508**

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
TÜV NORD 2022-07-22

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

5.2 Variante B: Ortbetonrammpfähle / Option B: cast-in-situ driven piles

Querschnitt Durchmesser	51 cm		*Cross section diameter*
Anzahl Pfähle	34		*Quantity of piles*
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m		*Pile length (proof length in static calculation)*
Anzahl Neigung nach außen	17	4:1	*Quantity outward inclination*
Anzahl Neigung nach innen	17	8:1	*Quantity inward inclination*

Charakteristische axiale Pfahllasten / Characteristic axial pile loads

Lastfall / *Load case* **N / A / T**	**($\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max}$)**	**$F_{Gk,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Gk,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qk} in kN**	**ΣF_k in kN**
Druck / *Compression*	(1.00/1.00)	-728	-	-1094	**-1822**
Zug / *Tension*	(1.00/1.00)	-	-721	1074	**353**

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,00)

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

Bemessungswerte der axialen Pfahllasten / Axial Pile load design values

Lastfall / *Load case* **N / T** **N / A / T**	**($\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max}$)**	**$F_{Gd,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Gd,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qd} in kN**	**ΣF_d in kN**
Druck / *Compression*	(1.35/0.90)	-983	-	-1218	**-2201**
Zug / *Tension*	(1.10/0.90)	-	-649	1247	**598**

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
TÜV NORD 2022-07-22

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

5.3 Variante C: Ortbetonrammpfähle / Option C: cast-in-situ driven piles

Querschnitt Durchmesser	56 cm		*Cross section diameter*
Anzahl Pfähle	28		*Quantity of piles*
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m		*Pile length (proof length in static calculation)*
Anzahl Neigung nach außen	14	4:1	*Quantity outward inclination*
Anzahl Neigung nach innen	14	8:1	*Quantity inward inclination*

Charakteristische axiale Pfahllasten / Characteristic axial pile loads

Lastfall / *Load case* **N / A / T**	**($\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max}$)**	**$F_{Gk,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Gk,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qk} in kN**	**ΣF_k in kN**
Druck / *Compression*	(1.00/1.00)	-884	-	-1329	**-2213**
Zug / *Tension*	(1.00/1.00)	-	-876	1305	**429**

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,00)

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

Bemessungswerte der axialen Pfahllasten / Axial Pile load design values

Lastfall / *Load case* **N / T** **N / A / T**	**($\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max}$)**	**$F_{Gd,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Gd,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qd} in kN**	**ΣF_d in kN**
Druck / *Compression*	(1.35/0.90)	-1193	-	-1481	**-2674**
Zug / *Tension*	(1.10/0.90)	-	-788	1514	**726**

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
TÜV NORD 2022-07-22

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

5.4 Variante D: Bohrpfähle / Option D: drilled piles

Querschnitt Durchmesser	100 cm	*Cross section diameter*
Anzahl Pfähle	16	*Quantity of piles*
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**	**($\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max}$)**	**$F_{Gk,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Gk,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qk} in kN**	**ΣF_k in kN**
Druck / *Compression*	(1.00/1.00)	-1539	-	-2098	**-3637**
Zug / *Tension*	(1.00/1.00)	-	-1524	2128	**604**

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,00)

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

Bemessungswerte der axialen Pfahllasten / Axial Pile load design values

Lastfall / *Load case* **N / T** **N / A / T**	**($\gamma_{G,min}/\gamma_{G,max}$)**	**$F_{Gd,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy*	**$F_{Gd,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy*	**F_{Qd} in kN**	**ΣF_d in kN**
Druck / *Compression*	(1.35/0.90)	-2078	-	-2322	**-4400**
Zug / *Tension*	(1.10/0.90)	-	-1372	2460	**1088**

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
TÜV NORD
2022-07-22

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

6 Bemessungswerte der Pfahlschnittgrößen/ Pile stress resultant design values

Pfahlvariante / *Pile option*		**A**	**B**	**C**	**D**
Anzahl Pfähle / *Number of piles*		**40**	**34**	**28**	**16**
Horizontalkraft (Pfahloberkante) / *Horizontal force (top edge of pile)*	**H_d**	**83 kN***	**97 kN***	**118 kN***	**209 kN***
Einspannmoment in der Platte / *Fixed-end moment in plate*	**M_d**	**-233 kNm***	**-271 kNm***	**-356 kNm***	**-1079 kNm***
Max. Moment in Pfahlmitte / *Max. moment at centre of pile*	**M_d**	**184 kNm***	**214 kNm***	**277 kNm***	**748 kNm***

* in Abhängigkeit von der anstehenden Bettung / *depending on subgrade reaction*

Die Bemessungswerte der Pfahlschnittgrößen dürfen für eine Vorbemessung verwendet werden und sind mit den Bemessungswerten der Pfahlkräfte ungünstig zu kombinieren.

The design values of the pile stress resultants may be used for a preliminary design and must be combined unfavourably with the design values of the pile loads.

Der Nachweis der inneren Tragfähigkeit ist für jeden Standort unter Berücksichtigung der ENERCON-Spezifikation "Nachweisführung der inneren Tragfähigkeit von Pfahlsystemen" zu führen.

The proof of the internal load-bearing capacity must be carried out for each site in accordance with the ENERCON specification document "Verification of internal pile capacity".

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

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT
TÜV NORD
2022-07-22

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 = 16 kN/m³ (Boden) im erdfeuchten Zustand.

The F_Z loads specified here include a dead weight of foundation γ = 25 kN/m³ and a backfill weight γ = 16 kN/m³ (soil) in earth-moist condition.

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**
NTM DLC D.3	(1.00/1.00)	800	-24936	-23588	89560	3950
N / T / DLC 8.2	(1.00/1.00)	1060	-24936	-23588	125312	-12550
N / A / T	(1.00/1.00)	1310	-24946	-23588	147937	-15250

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte (γ_F = 1,00)

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

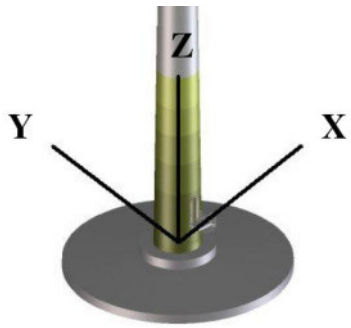
7.2 Bemessungswerte der Lastfälle / Load case design values

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	(1.10/0.90)	1440	-31809	-21185	171738	-16950

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.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT
TÜV NORD
2022-07-22

TÜV NORD CERT GmbH

Gutachtliche Stellungnahme

Windenergieanlage E-160 EP5 E3, RB LM 78.3 P NH 119.99 m (E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01) DIBt WZ S, GK S

- Lastannahmen für Turm und Fundament -

TÜV NORD Bericht Nr.:	8119201822-1 D V Rev.1
Gegenstand der Prüfung:	Lastannahmen für die Windenergieanlage E-160 EP5 E3, Rotorblatt LM 78.3 P, Nabenhöhe 119.99 m (E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01) bezüglich der DIBt (2012) Windzone S, Geländekategorie S
Anlagenhersteller:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland

Diese Gutachtliche Stellungnahme umfasst 12 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen	Sachverständiger
0	10.06.2022	Erste Fassung	Volker Smith-Nebe
0	01.11.2022	Tabelle 4.1, Tabelle 4.3 aktualisiert und Schnittstelle 5.4.10 hinzugefügt	Volker Smith-Nebe

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente 3
1.1 Geprüfte Dokumente 3
1.2 Dazugehörige Dokumente 3
2 Prüfgrundlagen 4
3 Einleitung 4
4 Beschreibung der Windenergieanlage 6
4.1 Umgebungsbedingungen 6
4.2 Sicherheitsklasse 7
4.3 Beschreibung des Anlagenmodells 7
5 Durchgeführte Prüfungen 10
5.1 Prüfmethode 10
5.2 Anmerkungen 10
5.3 Prüfergebnis 10
5.4 Schnittstellen 10
6 Auflagen 11
7 Schlussfolgerung 12

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

[1.1.1] ENERCON GmbH:
Zertifizierungslastbericht Turm
“Lastenbericht, Turm E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01, Abdeckende Betriebs- und Extremlasten für den Turm E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 der WEA E-160 EP5 E3 mit dem Rotorblatt LM783P_2P nach DIBt und IEC ed.4”
Dokument Nr.: D02527437-0.2
Rev. 0.2, Datum: 11.02.2022

[1.1.2] ENERCON GmbH:
Lastfallbeschreibung (elektronisch empfangen)
Datei Name: D1004865_5.0_de_Technical report_Loadcase description EP5.zip
Hash sum (MD5): 4ED1C8BDD8359FC026E1CB25EB2BA9D3
Rev. 5.0, Datum: 18.10.2021

1.2 Dazugehörige Dokumente

Design Basis

[1.2.1] ENERCON GmbH:
Design Basis
“Design Basis LP4 / EP5 Turbine Configurations”
Dokument Nr.: D02274524 (ehemals M00-C2-30-10480)
Rev. 2.4, Datum: 28.02.2022

Begleitende Dokumentation zur Lastsimulation

[1.2.2] ENERCON GmbH:
Zeitreihen, Windfelder, Controller (elektronisch erhalten)
Dateiname: wind, time-series, controller.zip
(MD5-Prüfsumme: 7f2cd8c0366dbbddbb7b7100807a1c48)
Eingangsdatum: 14.02.2022

[1.2.3] ENERCON GmbH:
Technischer Bericht verteilte Turbulenzen
“Technical report Application and interpretation of the distributed turbulences method according to IEC 61400-1”
Dokument Nr.: D02385954/0.4
Rev. 0.4, Datum: 22.06.2021

[1.2.4] ENERCON GmbH:
Betriebsführungs- und Sicherheitssystem
“Reglerbeschreibung, E-160 EP5 E3”
Dokument Nr.: D02342195-3.0
Rev. 3.0, Datum: 14.02.2022

[1.2.5] ENERCON GmbH:
Stellungnahme zu Rotordrehzahlen
“Stellungnahme Abteilung Lastensimulation, Drehzahlbereiche”
Dokument Nr.: D02484125-0 / ED
Rev. 0, Datum: 20.09.2021

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] International Standard IEC 61400 1:
"Wind energy generation systems - Part 1: Design requirements", Edition 4.0, 2019-02

3 Einleitung

Dieser Bericht beschreibt die Vorgehensweise und die Ergebnisse der Prüfung der typenspezifischen Lastberechnung der Windenergieanlage (WEA) E-160 EP5 E3, welche im folgenden Kapitel genauer beschrieben ist.

Die Berechnung der Lasten wurde anhand von DIBt (2012) [2.1] - [2.2] in Kombination mit IEC 61400-1 Ed. 4 [2.3] durchgeführt.

Mit der Rev. 1 dieser Gutachtlichen Stellungnahme wurde die Tabelle 4.1 aktualisiert.

Abweichend von den in der DIBt (2012) [2.1] genannten technischen Anforderungen IEC 61400-1 Ed. 2 oder 3, wurde hier IEC 61400-1 Ed. 4 [2.3] verwendet. Des Weiteren abweichend von den in DIBt (2012) [2.1] und IEC 61400-1 Ed. 4 [2.3] vordefinierten Standardwindklassen, Turbulenzkategorien, Umgebungsbedingungen sowie der Standardsicherheitsklasse, wurde eine Klasse S mit speziellen Parametern definiert, welche in Kapitel 4.1 und Kapitel 4.2 aufgeführt sind.

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.

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.
- Änderungen sowie Abweichungen an der Auslegung des Rotorblattes, sofern folgende Bedingungen eingehalten werden:
    - Abweichungen der ersten Rotorblatteigenfrequenz um bis zu ±5 %.
    - Abweichungen des Massenmoments um bis zu ±3 %.

[1] Ausgehend von den ausgewiesenen Werten der hier vorliegenden Lastannahmen

4 Beschreibung der Windenergieanlage

4.1 Umgebungsbedingungen

Die folgenden Tabellen fassen alle relevanten klimatischen sowie weitere zum Design der Anlage relevanten Umgebungsbedingungen zusammen:

	DIBt 2012 WZ S GK S	IEC IIIA	DIBt 2012 WZ S GK S	IEC S
Mittlere Jahreswindgeschwindigkeit V_{ave}	7.50 m/s		8.50 m/s	
Formparameter der Weibull-Funktion k	2		-	
Extreme 1-Jahres-Windgeschwindigkeit V_1 (10 Minuten Mittelwert)	30.00 m/s		-	
Extreme 50-Jahres-Windgeschwindigkeit V_{50} (10 Minuten Mittelwert)	37.50 m/s		-	
Erwartungswert der longitudinalen Turbulenzintensität bei 15 m/s I_{ref}	16 %		14 %	
Angenommener c-Faktor zur Bestimmung des extremen Turbulenzmodells (ETM)	2 m/s		-	
Höhenexponent α (für EWM)	0.2 (0.16)	0.2 (0.11)	0.2 (-)	
Upflow	8°			

Tabelle 4.1: Windbedingungen auf Nabenhöhe 119.99 m

In der Lastberechnung wurde eine Weibullverteilung der Turbulenzintensität pro Windgeschwindigkeit angenommen, siehe [1.2.1].

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 4.3 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:

Umweltbedingungen	normales Klima
Temperaturbereich im Produktionsbetrieb	-10 °C bis +40 °C
Extremer Temperaturbereich	-20 °C bis +50 °C
Netzausfälle	20 Ausfälle/Jahr
Betrieb mit vereisten Blättern	31.25 Tage/Jahr Betrieb unter Vereisungsbedingungen
Low Voltage Ride Through (LVRT)	berücksichtigt durch Chopper für Events bis 2 Sekunden
Auslegungslebensdauer	DIBt 2012 WZ S GK S, IEC IIIA: 20 Jahre DIBt 2012 WZ S GK S, IEC S: 25 Jahre

Tabelle 4.3: Klimatische und weitere Umgebungsbedingungen

Alle weiteren Umgebungsbedingungen werden mit den in [2.1] - [2.3] angegebenen Standardwerten angenommen.

4.2 Sicherheitsklasse

Die WEA ist entsprechend der in [2.3] definierten Normal-Sicherheitsklasse ausgelegt.

4.3 Beschreibung des Anlagenmodells

Bei der WEA E-160 EP5 E3 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.

Elektrische Nennleistung	5560 kW
Turmtyp	E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01
Turmhöhe	118.139 m
Nabenhöhe	119.99 m
Rotorblatt	LM 78.3 P
Rotorblattlänge (entlang der Pitch-Achse)	78.38322 m
Rotorblattmasse (inkl. Bolzen)	24753 kg
Massenmoment des Rotorblatts (gemessen vom Blattanschluss, inkl. Bolzen)	601304 kgm
Blattanbauteile	Serrations (TES) Vortex-Generatoren (VG) T-Spoiler
Nominaler Rotordurchmesser	160.024 m
Rotorachsneigung	6°
Rotor-Konuswinkel	5° upwind
Rotornenndrehzahl n_r	9.6 U/min

Rotorsolldrehzahl n_s[2]	9.6 U/min
Rotordrehzahl im Produktionsbetrieb $n_1 – n_3$	4.4 – 11.02 U/min
Getriebeübersetzung	direktgetrieben
Netzfrequenz	irrelevant
Windgeschwindigkeitsbereich im Produktionsbetrieb $V_{in} – V_{out}$[3]	2.5 – 28.0 m/s
Nennwindgeschwindigkeit v_r	12.0 m/s

Tabelle 4.4: Technische Hauptdaten der WEA E-160 EP5 E3, Windgeschwindigkeiten bezogen auf Nabenhöhe

	Dateiname
Rotorblattstruktur	powprod.$PJ (1.1_w20110) MD5-Prüfsumme: f605c454a4905c7ced4bcd82cd03c0a9
Aerodynamische Profile	powprod.$PJ (1.1_w20110) MD5-Prüfsumme: f605c454a4905c7ced4bcd82cd03c0a9
Turmstruktur	weich: powprod.$PJ (1.1_w20110) MD5-Prüfsumme: f605c454a4905c7ced4bcd82cd03c0a9 starr: powprod.$PJ (1.2c_s01302) MD5-Prüfsumme: af2c146556f9e9e9552305f1b37b0633
Controller	DLL-Controller: Regler.dll MD5-Prüfsumme: 111852804FBDC6C8AC6ABF5DAA2C2820 Controller Input: EP5_E160_E3__E-160_EP5_E3_HST_120_FB_C_01__0.5.24.2.Daten MD5-Prüfsumme: 111852804fbdc6c8ac6abf5daa2c2820

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 4.7 angegebenen Werte angenommen.

Massenexzentrizität des Rotors	1000 kgm
Fehler des Blattanstellwinkels (Blatt 1; Blatt 2; Blatt 3)	0°; +0.3°; -0.3°

Tabelle 4.6: Angenommene Asymmetrien

[2] Drehzahl auf die im Volllastbetrieb geregelt wird
[3] Beginn der Sturmregelung bei 22 m/s

Zur adäquaten Berücksichtigung der elastischen Einspannung des Turmfußes am Aufstellort wird eine repräsentative Bodenfederung entsprechend der in Tabelle 4.8 angegebenen Werte angenommen.

Translationsfeder: $k_{x,dyn}$	starr
Horizontale Drehfeder: $k_{\varphi,dyn}$	100000 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 4.9 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 Bauteileigen-frequenzen keine Interaktion mit weiteren im System befindlichen, schwingungsfähigen Komponenten statt. Die angegebenen Eigenfrequenzen des Turmes berücksichtigen eine elastische (Tabelle 4.8) und eine starre Bodenfeder sowie die Masse des Turmkopfes.

Komponente		**Randbedingungen**	**Frequenz**
Blatt, Biegung flapwise	1. EF	fest eingespannt - frei	0.462 Hz
Blatt, Biegung flapwise	2. EF	fest eingespannt - frei	1.259 Hz
Blatt, Biegung edgewise	1. EF	fest eingespannt - frei	0.763 Hz
Blatt, Biegung edgewise	2. EF	fest eingespannt - frei	2.290 Hz
Turm, Biegung fore-aft	1. EF	flexibel - frei, inkl. Turmkopfmasse	0.177 Hz
Turm, Biegung fore-aft	2. EF	flexibel - frei, inkl. Turmkopfmasse	1.176 Hz
Turm, Biegung side-side	1. EF	flexibel - frei, inkl. Turmkopfmasse	0.176 Hz
Turm, Biegung side-side	2. EF	flexibel - frei, inkl. Turmkopfmasse	1.009 Hz
Turm, Biegung fore-aft	1. EF	fest eingespannt - frei, inkl. Turmkopfmasse	0.184 Hz
Turm, Biegung fore-aft	2. EF	fest eingespannt - frei, inkl. Turmkopfmasse	1.211 Hz
Turm, Biegung side-side	1. EF	fest eingespannt - frei, inkl. Turmkopfmasse	0.182 Hz
Turm, Biegung side-side	2. EF	fest eingespannt - frei, inkl. Turmkopfmasse	1.034 Hz

Tabelle 4.8: Komponenten-Eigenfrequenzen der WEA E-160 EP5 E3, LM 78.3 P, NH 119.99 m (E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01)

Die gekoppelten Eigenfrequenzen sind grafisch im Campbell-Diagramm in [1.1.1] dargestellt.

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 wurden auf Plausibilität geprüft und im Übrigen als richtig vorausgesetzt.

Die Definition der Designlastfälle wurde unter Berücksichtigung des Betriebs- und Sicherheitssystems [1.2.3] und der Design Basis [1.2.1] auf Vollständigkeit sowie auf Konformität mit den Richtlinien [2.1] - [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 [1.1.1] 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, Reglerparameter kann eine Neuberechnung der Lasten erforderlich sein.

5.2.2. Es wurde kein Lastfall für LVRT gemäß [2.3] berücksichtigt, weil die Anlage mit einem elektrischen Widerstand (Chopper) ausgelegt worden ist.

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] - [1.2.5] zu entnehmen.

5.4.2. Die Lasten sind in den in [1.1.1] beschriebenen Berechnungskoordinatensystemen ausgewertet worden.

5.4.3. Diese Prüfung beinhaltet die Überprüfung des Turmfreigangs nach [2.3].

5.4.4. Die Gierbewegung der Anlage wurde in der Lastsimulation nicht berücksichtigt.

5.4.5. Lastrelevante Einflüsse aus Erdbeben wurden nicht berücksichtigt.

5.4.6. In Übereinstimmung mit der Design Basis [1.2.1] wurde diese Lastrechnung unter Berücksichtigung der Blattanbauteile in Tabelle 4.5 durchgeführt. Eine Berechnung ohne diese Anbauten ist nicht Teil dieses Berichtes.

5.4.7. Eine Temperaturabhängigkeit der Materialkennwerte wurde nicht in der Lastberechnung 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 nicht berücksichtigt.

5.4.9. Die Lastrechnung wurde unter der Annahme durchgeführt, dass die Anlage mit einem elektrischen Widerstand (Chopper) ausgestattet ist, der mindestens 2 s bei Nennleistung kompensieren kann (11.12 MJ).

5.4.10. Die bereits mit Revision 0 und mit Datum 10.06.2022 geprüften Unterlagen behalten weiterhin ihre Gültigkeit.

6 Auflagen

6.1 Bei Abweichungen von mehr als ±5 % von der 1. Turmeigenfrequenz (siehe Tabelle 4.9 zum Abgleich ungekoppelter Eigenfrequenzen bzw. [1.1.1] zum Abgleich gekoppelter Eigenfrequenzen) des in der Lastberechnung verwendeten Modells sind zusätzliche Untersuchungen unter Berücksichtigung der tatsächlichen Turmeigenfrequenzen erforderlich.

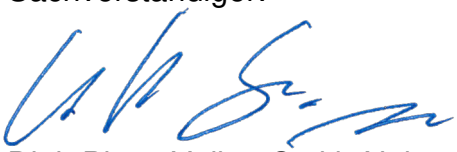
6.2 Die Anlage ist mit einem elektrischen Widerstand (Chopper) auszustatten, der mindestens eine Kapazität von 11.12 MJ aufweist.

6.3 Es ist gesondert nachzuweisen, dass die gerechneten Fehlerzustände der Lastfälle DLC 2.1 - DLC 2.5 [1.2.1] den identifizierten Szenarien der anlagenspezifischen FMEA entsprechen.

7 Schlussfolgerung

Die in [1.1.1] - [1.1.2] aufgeführten Lastannahmen für die Windenergieanlage E-160 EP5 E3, LM 78.3 P, NH 119.99 m (E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01) sind unter Berücksichtigung der Auflagen in Punkt 6 konform zur Richtlinie [2.1] berechnet worden.

Sachverständiger:



Dipl.-Phys. Volker Smith-Nebe

Freigegeben:



Dipl.-Ing. (FH) Gunnar Ewald

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.

TÜV NORD CERT GmbH

Gutachtliche Stellungnahme

für die Windenergieanlage E-160 EP5 E3,

verschiedene Nabenhöhen und Windzonen

- Turmkopfflansch -

TÜV NORD Bericht-Nr.:	8119616205-11 D Rev.1
Gegenstand der Stellungnahme:	Turmkopfflanschbaugruppe gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015)
Anlagenhersteller: **(Antragssteller)**	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland

Diese gutachtliche Stellungnahme wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Eine Veröffentlichung oder Verbreitung dieser gutachtlichen Stellungnahme ist nur nach vorheriger, schriftlicher Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist nicht gestattet.

Die Gutachtliche Stellungnahme umfasst 6 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen	Prüfer
0	01.10.2021	Erstausgabe	R. Diewald
1	29.11.2021	[2.1] korrigiert; editorische Korrekturen	R. Diewald

Inhaltsverzeichnis

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

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Statische Berechnungen für E-160 EP5 E3

[1.1.1] ENERCON GmbH:
„Verification for Certification ENERCON Wind Energy Converter E-160 EP5 E3 Bolted Connection - Yaw Bearing and Tower Head Flange Statics und Fatigue Strength for Loads according to: IEC ed. 4, WC IIA, Normal Climate DIBt 2012, WZ S",
Dokument Nr.: D02459007/0.1-en,
Rev. 0, Datum: 25.08.2021

Anlagen

[1.1.2] ENERCON GmbH:
„Turmflansch Spezifikation-D3868-150xM30",
Zeichnungs-Nr.: D02133917/0.1-de/en,
Rev. -, Datum: 05.02.2021

1.2 Dazugehörige Dokumente

Lastannahmen

[1.2.1] ENERCON GmbH:
„Machine Loads E-160 EP5 E3 Fatigue and ultimate loads for the Machine E-160 EP5 E3",
Dokument Nr.: D02435821,
Rev. 0, Datum: 21.07.2021

Zeichnungen des Azimutlagers und Maschinenträgers

[1.2.2] ENERCON GmbH:
„EP5-MC-01 Maschinenträger",
Zeichnungs-Nr.: D02163255/0.0-de/en,
Rev. 0, Datum: 29.03.2021

[1.2.3] ENERCON GmbH:
„Azimutlager 2KD-m22-z168i-b210",
Zeichnungs-Nr.: D02134927/0.0-de/en,
Rev. 0, Datum: 20.01.2021

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 1993-1-1 (12.2010) mit DIN EN 1993-1-1/NA (08.2015):
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“

[2.3] DIN EN 1993-1-9 (12.2010) mit DIN EN 1993-1-9/NA (12.2010):
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung“

[2.4] 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“

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

3 Einleitung

Gegenstand dieser Stellungnahme ist die Prüfung der Turmkopfflanschbaugruppe (Kopfflansch und Schrauben der Verbindung zwischen Kopfflansch und Azimutlager beziehungsweise Azimutlager und Maschinenträger) hinsichtlich struktureller Integrität im Sinne von [2.1] für die in [1.2.1] aufgeführten Lastkonfigurationen.

4 Beschreibung

4.1 Turmkopfflansch

Der Turmkopfflansch ist ein innenliegender L-Flansch mit einem Innendurchmesser von 3966 mm an der anschließenden Turmwand. Die Gesamthöhe beträgt 225 mm. Der Flansch wird mit dem in [1.2.3] gezeigtem Azimutlager mittels 150 Schrauben M30 verbunden. Die Verbindung zwischen dem Azimutlager und dem Maschinenträger [1.2.2] wird durch 178 Schrauben M30 hergestellt.

Der Turmkopfflansch soll für die Windenergieanlage E-160 EP5 E3 verwendet werden.

4.2 Lastannahmen

<u>Konfigurationen</u>

Die Turmkopfflanschbaugruppe wurde für die in [1.2.1] aufgeführten Lastannahmen nachgewiesen, siehe [1.1.1]. Die Ermüdungslasten beziehen sich auf eine Lebensdauer von 25 Jahren.

4.3 Baustoffe

Kopfflansch:	Stahl DIN EN 10025-3-S355N (nahtlos geschmiedet) R_{eH} = 265 MPa
Maschinenträger:	Stahlguss EN-GJS-400-18-LT+EN-JS1025+EN1562
Azimutlager:	Stahl 42CrMo4+QT

Schraubverbindung zwischen Kopfflansch und Azimutlager

Schrauben:	DIN 976-1 – M30 – 10.9 tZn nominelle Vorspannkraft $F_{V,nom}$ = 432,3 kN (Drehmomentverfahren) Anziehfaktor α_A = 1,5
Scheiben:	ISO 7089 - A30 - 300 HV tZn
Muttern:	ISO 4032 - M30 - 10 tZn

Schraubverbindung zwischen Azimutlager und Maschinenträger

Schrauben:	DIN 976-1 - M30 - 10.9 tZn nominelle Vorspannkraft $F_{V,nom}$ = 512,5 kN (Drehwinkelverfahren) Anziehfaktor α_A = 1,0
Scheiben:	ISO 7089 - A36 - 300 HV tZn
Muttern:	ISO 4032 - M30 - 10 tZn

5 Prüfung

5.1 Methodik

Die Standsicherheitsnachweise (Grenzzustand der Tragfähigkeit) wurden in der eingereichten statischen Berechnung für die Kopfflanschbaugruppe geführt und durch Vergleichsrechnung geprüft.

Der Flansch und die Schrauben zweier Verbindungen – Flansch mit Azimutlager und Azimutlager mit Maschinenträger – werden als eine Baugruppe betrachtet und sind Gegenstand dieser gutachtlichen Stellungnahme.

5.2 Anmerkungen zur Prüfung

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

Der Materialteilsicherheitsbeiwert für die Ermüdung der Schweiß- und Schraubverbindung mit γ_{Mf} = 1,25 angesetzt.

Für den Nachweis des Turmkopfflansches wurden von ENERCON GmbH in [1.1.1] FE-Berechnungen durchgeführt. Der zugrunde liegende Aufbau des Turmkopfes kann [1.1.2], [1.2.2] und [1.2.3] entnommen werden. Für die Vergleichsrechnung wurde eine minimale Schraubenvorspannkraft $F_{v,min}$ = 288,2 kN für die Verbindung von Turmkopf und Azimutlager sowie $F_{v,min}$ = 307,5 kN für die Verbindung des Lagers mit dem Maschinenträger angesetzt.

Die unter 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

keine

6 Auflagen

6.1 Das für den Kopfflansch verwendete Material muss mindestens eine Streckgrenze R_{eH} = 265 MPa aufweisen.

6.2 Die Auslegungslasten des Turms müssen kleiner oder gleich den Lastannahmen in [1.2.1] sein.

7 Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung der oben aufgeführten Schnittstellen und Auflagen erfüllt die geprüfte Turmkopfflanschbaugruppe die Anforderungen der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [2.1].

Diese gutachtliche Stellungnahme verliert ihre Gültigkeit mit konstruktiven Änderungen der Turmflanschbaugruppe sowie des Maschinenträgers und des Azimutlagers.

Prüfer:

M.Sc. / SFI R. Diewald

Freigegeben:

Dr.-Ing. C. Fischer

Gutachtliche Stellungnahme

Windenergieanlage E-160 EP5 E3, RB LM 78.3 P, verschiedene NH DIBt WZ S, GK S

- Lastannahmen für Rotorblatt und Maschinenbau -

TÜV NORD Bericht Nr.:	8119201822-1 D IV Rev.1
Gegenstand der Prüfung:	Lastannahmen für die Windenergieanlage E-160 EP5 E3, Rotorblatt LM 78.3 P, verschiedene Nabenhöhen, bezüglich der DIBt (2012) Windzone S, Geländekategorie S
Anlagenhersteller (Antragsteller):	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Germany

Diese Gutachtliche Stellungnahme umfasst 13 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen	Sachverständiger
0	29.10.2021	Erste Fassung	Nils Kägeler
1	09.08.2022	HST-120m und ST-99m Türme hinzugefügt, Referenzen angepasst	Tim Kaczynski

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente 3
1.1 Geprüfte Dokumente 3
1.2 Dazugehörige Dokumente 3
2 Prüfgrundlagen 4
3 Einleitung 5
4 Beschreibung der Windenergieanlage 6
4.1 Umgebungsbedingungen 6
4.2 Sicherheitsklasse 8
4.3 Beschreibung des Anlagenmodells 8
5 Durchgeführte Prüfungen 10
5.1 Prüfmethode 10
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:
Zertifizierungslastbericht Maschinenbaulasten,
“Load report, Machine E-160 EP5 E3, Covering fatigue and extreme loads for the E-160 EP5 E3 with the rotor blade LM783P_2P as per DIBt and IEC”
Dokument-Nr.: D02463290_4.0
Rev. 4.0, Datum: 08.07.2022

[1.1.2] ENERCON GmbH:
Zertifizierungslastbericht Rotorblattlasten,
“Load report, Rotor blade LM783P_2p, Covering operating and extreme loads for the Rotor blade LM783P_2P with Machine E-160 EP5 E3 as per DIBt and IEC”
Dokument-Nr.: D02463292_3.0
Rev. 3.0, Datum: 08.07.2022

1.2 Dazugehörige Dokumente

Design Basis

[1.2.1] ENERCON GmbH:
Design Basis,
„Design Basis LP4 / EP5 Turbine Configurations”
Document No.: D02274524 (ehemals M00-C2-30-10480)
Rev. 3.0, Datum: 29.03.2022

Begleitende Dokumentation zur Lastsimulation

[1.2.2] TÜV NORD:
Gutachtliche Stellungnahme Turmlasten E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01,
“Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-160 EP5 E3, RB LM 78.3 P, NH 166.66 m (E-160 EP5-E3-HT-166-ES-C-01), DIBt WZ S, GK S
- Lastannahmen für Turm und Fundament - “
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119201822-1 D I
Rev. 1, Datum: 05.10.2021

[1.2.3] TÜV NORD:
Gutachtliche Stellungnahme Turmlasten E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01,
“Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-160 EP5 E3, RB LM 78.3 P, NH 119.99 m (E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01) DIBt WZ S, GK S
- Lastannahmen für Turm und Fundament - “
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119201822-1 D V
Rev. 0, Datum: 10.06.2022

[1.2.4] TÜV NORD:
Gutachtliche Stellungnahme Turmlasten E-160 EP5 E3 -ST-99-FB-C-01/02,
“Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-160 EP5 E3, RB LM 78.3 P, NH 99.001 m (E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01/02), DIBt WZ S, GK S
- Lastannahmen für Turm und Fundament - “
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119201822-1 D IX
Rev. 0, Datum: 08.08.2022

[1.2.5] ENERCON GmbH:
Stellungnahme für die Rotor-Drehzahlen E160 EP5 E3-HT-166-FB-C-01,
“Stellungnahme Abteilung Lastensimulation, Drehzahlbereiche”
Dokument-Nr: D02487099-0
Rev. 0, Datum: 23.09.2020

[1.2.6] ENERCON GmbH:
Lastfallbeschreibung E-160 EP5 E3,
“Loadcase description EP5”
Dokument-Nr.: D1004865_6.0
Rev. 6, Datum: 03.06.2022

[1.2.7] ENERCON GmbH:
Stellungnahme für die verteilten Turbulenzintensitäten,
“Technical report, Application and interpretation of the distributed turbulences method according to IEC 61400-1”
Dokument-Nr: D02385954/0.4
Rev. 0.4, Datum: 22.06.2021

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] International Standard IEC 61400-1:
"Wind energy generation systems - Part 1: Design requirements", Edition 4.0, 2019-02

3 Einleitung

Dieser Bericht beschreibt die Vorgehensweise und die Ergebnisse der Prüfung der typenspezifischen Lastberechnung für Maschinenbau- und Rotorblattlasten der Windenergieanlage (WEA) E-160 EP5 E3, welche im folgenden Kapitel und den Gutachtlichen Stellungnahmen der Turmlasten [1.2.2] - [1.2.4] genauer beschrieben sind.

Mit Rev. 1 dieser Gutachtlichen Stellungnahme wurden die Türme HST-120m und ST-99m hinzugefügt.

Die geprüften Unterlagen [1.1.1] - [1.1.2] beinhalten hierbei die Lasten verschiedener Nabenhöhen. Eine genaue Beschreibung der WEA inkl. Turm und Fundament ist jeweils der Gutachtlichen Stellungnahme der Turmlasten [1.2.2] - [1.2.4] zu entnehmen. Die diesem Bericht zugrundeliegenden Nabenhöhen basieren auf unterschiedlichen Umgebungsbedingungen. Die entsprechenden Werte sind hierfür den Gutachtlichen Stellungnahmen [1.2.2] - [1.2.4] zu entnehmen.

Die Berechnung der Lasten wurde anhand der DIBt [2.1] - [2.2] in Kombination mit der IEC 61400-1 ed.4 [2.3] durchgeführt. Spezielle Vereisungsbedingungen (Icing climate) wurden anhand der Anforderungen der IEC 61400-1 ed.4 [2.3] für die Nabenhöhen in [1.2.2] - [1.2.4] berücksichtigt.

Abweichend von den in der DIBt (2012) [2.1] und IEC 61400-1 ed.4 [2.3] vordefinierten Standardwindklassen, Turbulenzkategorien, Umgebungsbedingungen sowie der Standardsicherheitsklasse, wurde eine Klasse S mit speziellen Parametern definiert, welche in Kapitel 4.1 und Kapitel 4.2 aufgeführt sind. Abweichend von den in der DIBt (2012) [2.1] genannten technischen Anforderungen IEC 61400-1 Edition 2 oder 3, wurde hier IEC 61400-1 Edition 4 [2.3] verwendet.

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 Ergebnisse für Rotorblatt und Maschinenbau - referenziert in [1.1] - werden lediglich für die Nabenhöhen und Windbedingungen referenziert in [1.2] bestätigt.

Zusätzlich zu der durch die unabhängige Analyse der Lasten betrachteten Anlagen-konfiguration 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.
- Änderungen sowie Abweichungen an der Auslegung des Rotorblattes, sofern folgende Bedingungen eingehalten werden:
    - Abweichungen der ersten Rotorblatteigenfrequenz um bis zu ±5%
    - Abweichungen des Massenmoments um bis zu ±3%
    -

4 Beschreibung der Windenergieanlage

4.1 Umgebungsbedingungen

Die folgenden Tabellen fassen alle relevanten klimatischen sowie weitere zum Design der Anlage relevanten Umgebungsbedingungen zusammen:

[1] Ausgehend von den in den hier vorliegenden Lastannahmen ausgewiesenen Werten.

	DIBt WZ S GK S and IEC ed.4 class S
Mittlere Jahreswindgeschwindigkeit V_{ave}	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Formparameter der Weibull-Funktion k	2
Extreme 1-Jahres-Windgeschwindigkeit V_1 (10 Minuten Mittelwert)	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Extreme 50-Jahres-Windgeschwindigkeit V_{50} (10 Minuten Mittelwert)	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Erwartungswert der longitudinalen Turbulenzintensität bei 15 m/s I_{ref}	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Angenommener c-Faktor zur Bestimmung des extremen Turbulenzmodells (ETM)	2 m/s
Höhenexponent α (für EWM)	0.2 (0.11)
Upflow	8°

Tabelle 4.1: Windbedingungen auf Nabenhöhe

In der Lastberechnung wurde eine Weibullverteilung der Turbulenzintensität pro Windgeschwindigkeit angenommen.

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 und Anlagendaten zu Grunde gelegt:

Umgebungsbedingungen	
Umweltbedingungen	Normales Klima Kaltes Klima (Vereisungsklima)
Normaler Temperaturbereich	-10 °C bis +40 °C
Extremer Temperaturbereich	-20 °C bis +50 °C
Anlagendaten	
Betriebs-Temperaturbereich	-10 °C bis +40 °C
Überlebens-Temperaturbereich	-20 °C bis +50 °C
Annahmen für Vereisungsklima	Berücksichtigt nach DIBt [2.1] - [2.2] und IEC ed.4 Vereisungsklima [2.3] für [1.2.2] - 31.25 Tage/Jahr für [1.2.3]- [1.2.4]
Netzausfälle	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Low Voltage Ride Through	Berücksichtigt durch Chopper für Events bis 2 Sekunden

Auslegungslebensdauer	siehe [1.2.2] - [1.2.4]

Tabelle 4.3: Klimatische und weitere Umgebungsbedingungen und dazugehörige Anlagendaten

Alle weiteren Umgebungsbedingungen werden mit den in [2.1] - [2.3] angegebenen Standardwerten angenommen.

4.2 Sicherheitsklasse

Die WEA ist entsprechend der in [2.3] definierten Normal-Sicherheitsklasse ausgelegt.

4.3 Beschreibung des Anlagenmodells

Bei der WEA E-160 EP5 E3 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.

Elektrische Nennleistung	5560 kW
Turmtyp	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Turmhöhe	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Nabenhöhe	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Rotorblatt	LM 78.3 P
Rotorblattlänge (exkl. Blattadapter, entlang der Pitch-Achse)	78.18 m
Rotorblattmasse (inkl. Bolzen, exkl. Blattadapter)	24753 kg
Massenmoment des Rotorblatts (gemessen vom Blattanschluss, inkl. Bolzen, exkl. Blattadapter)	601304 kgm
Blattanbauten	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Nominaler Rotordurchmesser	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Rotordurchmesser (inkl. Konus)	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Rotorachsneigung	6°
Rotor-Konuswinkel	5° upwind
Rotornenndrehzahl n_r	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Rotorsolldrehzahl n_s[2]	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Rotordrehzahl im Produktionsbetrieb $n_1 – n_3$	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Getriebeübersetzung	direktgetrieben
Netzfrequenz	irrelevant
Windgeschwindigkeitsbereich im Produktionsbetrieb $V_{in} – V_{out}$[3]	2.5 - 28 m/s
Nennwindgeschwindigkeit v_r	siehe [1.2.2] - [1.2.4]

[2] Drehzahl auf die im Volllastbetrieb der Windenergieanlage geregelt wird
[3] Beginn der Sturmregelung bei 22 m/s

Reglerfunktionen	Sturmabschaltung, Turm Schwingungsüberwachung (EP5-CS-03)
Identifikationsnummer: Anlage	siehe [1.2.2] - [1.2.4]

Tabelle 4.4: Technische Hauptdaten der WEA E-160 EP5 E3

	Dateiname	
Rotorblattstruktur	D02407195_0.0_de_Berechnung_Bladed model.zip (siehe [1.2.2]) MD5-Prüfsumme: 778ca632db7393543787d193ee9516e1	
Aerodynamische Profile	Profilname	t/c-Verhältnis [%]
	D02407195_0.0_de_Berechnung_Bladed model.zip (siehe [1.2.2]) MD5-Prüfsumme: 778ca632db7393543787d193ee9516e1	18.1% - 100 %
Turmstruktur	siehe [1.2.2] - [1.2.4]	
Controller	siehe [1.2.2] - [1.2.4]	

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	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
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 und Änderungen der Aerodynamik der Rotorblätter werden gemäß den Anforderungen der DIBt [2.1] und IEC ed.4 [2.3] zusätzlich konservativ für die Lastannahmen 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: $k_{x,dyn}$	starr
Horizontale Drehfeder: $k_{\varphi,dyn}$	siehe [1.2.2] - [1.2.4]

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 Bauteileigen-frequenzen keine Interaktion mit weiteren im System befindlichen, schwingungsfähigen Komponenten statt. Die angegebenen Eigenfrequenzen des Turmes berücksichtigen eine elastische und starre Bodenfeder (Tabelle 4.7) sowie die Masse des Turmkopfes.

Komponente		Randbedingungen	Frequenz
Blatt, Biegung flapwise	1. EF	fest eingespannt - frei	0.462 Hz
Blatt, Biegung flapwise	2. EF	fest eingespannt - frei	1.259 Hz
Blatt, Biegung edgewise	1. EF	fest eingespannt - frei	0.763 Hz
Blatt, Biegung edgewise	2. EF	fest eingespannt - frei	2.290 Hz
Turm, Biegung fore-aft	1. EF	flexibel - frei, inkl. Turmkopfmasse	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Turm, Biegung fore-aft	2. EF	flexibel - frei, inkl. Turmkopfmasse	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Turm, Biegung side-side	1. EF	flexibel - frei, inkl. Turmkopfmasse	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Turm, Biegung side-side	2. EF	flexibel - frei, inkl. Turmkopfmasse	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Turm, Biegung fore-aft	1. EF	flexibel 6P - frei, inkl. Turmkopfmasse	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Turm, Biegung fore-aft	2. EF	flexibel 6P - frei, inkl. Turmkopfmasse	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Turm, Biegung side-side	1. EF	flexibel 6P - frei, inkl. Turmkopfmasse	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Turm, Biegung side-side	2. EF	flexibel 6P - frei, inkl. Turmkopfmasse	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Turm, Biegung fore-aft	1. EF	fest eingespannt – frei, inkl. Turmkopfmasse	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Turm, Biegung fore-aft	2. EF	fest eingespannt – frei, inkl. Turmkopfmasse	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Turm, Biegung side-side	1. EF	fest eingespannt – frei, inkl. Turmkopfmasse	siehe [1.2.2] - [1.2.4]
Turm, Biegung side-side	2. EF	fest eingespannt – frei, inkl. Turmkopfmasse	siehe [1.2.2] - [1.2.4]

Tabelle 4.8: Komponenten-Eigenfrequenzen der WEA E-160 EP5 E3, LM 78.3 P

Die gekoppelten Eigenfrequenzen sind grafisch im Campbell-Diagramm in [1.1.1] dargestellt.

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 wurden auf Plausibilität geprüft und im Übrigen als richtig vorausgesetzt.

Die Definition der Designlastfälle wurde auf Konformität mit der Richtlinie [2.1] - [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 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, Reglerparameter kann eine Neuberechnung der Lasten erforderlich sein.

5.2.2. Lasten während des Transports oder der Montage wurden nicht berücksichtigt.

5.2.3. Zusätzlich zu der durch unabhängige Nachrechnung geprüften Anlage, schließt diese Gutachtliche Stellungnahme auch Änderungen an der Anlage mit ein, die den Bedingungen aus Kapitel 3 entsprechen.

5.2.4. Die Ergebnisse für Rotorblatt und Maschinenbau - referenziert in [1.1] - werden lediglich für die Nabenhöhen und Windbedingungen referenziert in [1.2] bestätigt.

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] - [1.2.7] 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 konservative berücksichtigt nach [2.1] - [2.3].

5.4.5. Eine Temperaturabhängigkeit der Materialkennwerte wurde nicht in der Lastbe-rechnung berücksichtigt.

5.4.6. Diese Prüfung beinhaltet keine Überprüfung des Turmfreigangs nach [2.1]. Dies erfolgte bereits in der Prüfung der Turmlasten [1.2.2] - [1.2.4].

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 nicht berücksichtigt.

5.4.9. Bei Verwendung der Lastannahmen [1.1.1] für eine modifizierte Turmhöhe, wie in Kapitel 3 beschrieben, müssen Turm- und Fundamentlasten extrapoliert werden.

5.4.10. Die Bezeichnungen E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01 und E-160 EP5 E3-HT-166-FB-C-01 sind als gleichbedeutend zu verstehen. Siehe dazu auch [1.2.2].

6 Auflagen

6.1 Bei Abweichungen von mehr als ±5 % von der 1. Turmeigenfrequenz (siehe Tabelle 4.8 zum Abgleich ungekoppelter Eigenfrequenzen bzw. [1.1.1] zum Abgleich gekoppelter Eigenfrequenzen) des in der Lastberechnung verwendeten Modells sind zusätzliche Untersuchungen unter Berücksichtigung der tatsächlichen Turmeigenfrequenzen erforderlich.

6.2 Es ist gesondert nachzuweisen, dass die gerechneten Fehlerzustände der Lastfälle DLC 2.1 - DLC 2.5 [1.2.6] den in der anlagenspezifischen FMEA identifizierten Szenarien entsprechen.

6.3 Es ist gesondert nachzuweisen, dass ein Chopper verbaut ist, der die überschüssige Energie bei einem Low Voltage Ride Through für mindestens 2 Sekunden aufnehmen kann.

7 Schlussfolgerung

Die in [1.1.1] und [1.1.2] aufgeführten Lastannahmen für die Windenergieanlage E-160 EP5 E3, LM 78.3 P, verschiedene NH, beschrieben in den Kapiteln 3, 4 und 5, sind unter Berücksichtigung der Auflagen in Kapitel 6 konform zu den Richtlinien [2.1] - [2.3] berechnet worden.

Die Anforderungen der Richtlinien [2.3] bzgl. Icing Climate wurden für die Nabenhöhen in [1.2.2] - [1.2.4] zusätzlich berücksichtigt.

Sachverständiger:

M.Sc. Tim Kaczynski

Freigegeben:

Dipl.-Technomath. Katja Götz

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.

TÜV NORD CERT GmbH

Gutachtliche Stellungnahme

für die Typenprüfung der Windenergieanlagen ENERCON EP5

- Maschinenbauliche Komponenten -

TÜV NORD Bericht Nr.:	8119201822-4 D Rev. 2	
Anlagenspezifikation:	Bezeichnung:	E-160 EP5 E3
	Varianten:	siehe Tab. 4.2
	Anlagenparameter:	siehe Tab. 4.2
Anlagenhersteller:	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland	
Prüfumfang:	Auslegungsanforderungen für maschinenbauliche Komponenten gem. DIN EN IEC 61400-1:2019-12 inkl. deren Verwendung in Windenergieanlagen	
Auslegungslasten:	Geprüfte Lastannahmen	

Dieser Prüfbericht umfasst 19 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen	Sachverständige/r
0	26.11.2021	- Erstausgabe	R. Sommerfeld
1	04.08.2022	- Bezeichnung Rotorblatt aktualisiert - Schnittstelle zum Turm aktualisiert - Blattverstellgetriebe 4.3.2.2 aktualisiert - Maschinenträger 4.3.9.1 aktualisiert - Rotorrahmen Varianten 4.3.10.2 & 4.3.10.1 (Var.2) aufgenommen - Stator Tragstruktur 4.3.11.1 aktualisiert - Azimutlager 4.3.14.1 & 4.3.14.2 aktualisiert - Azimutgetriebe 4.3.15.1 & 4.3.15.2 aktualisiert - Rotorarretierung 4.3.13.2 hinzugefügt	C. Burges
2	21.09.2022	- Lastannahmen aktualisiert - Design Basis aktualisiert - Bericht Turmkopfflansch aktualisiert - WEA Varianten Nr. 2-3 hinzugefügt - Bedingung 7.2 aktualisiert	R. Sommerfeld

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente 4
1.1 Geprüfte Dokumente 4
1.2 Dazugehörige Dokumente 6
1.3 Lastannahmen 7
1.4 Zugehörige Prüfberichte 7
1.5 Hauptzeichnung 8
2 Prüfgrundlagen 8
3 Einleitung 8
4 Beschreibung der Windenergieanlage 8
4.1 Anlagenkonzept 8
4.2 Umgebungsbedingungen 9
4.3 Geprüfte mechanische Komponenten und Strukturen 9
4.3.1 Blattlager 9
4.3.2 Blattverstellgetriebe 10
4.3.3 Blattarretierung 10
4.3.4 Rotornabe 10
4.3.5 Hauptlager 11
4.3.6 Achszapfen 11
4.3.7 Rotorträger 11
4.3.8 Achsdeckel 12

4.3.9 Maschinenträger 12
4.3.10 Rotorrahmen 12
4.3.11 Stator Tragstruktur 12
4.3.12 Wartungsbremse 13
4.3.13 Rotorarretierung 13
4.3.14 Azimutlager 13
4.3.15 Azimutgetriebe 14
4.3.16 Hydrauliksystem 15
4.3.17 Leitschaufeln Generatorkühlung (optional) 15
4.4 Verwendung in Windenergieanlagen 15
5 Durchgeführte Prüfungen 15
5.1 Prüfmethoden 15
5.2 Mechanische Komponenten und Antriebe 16
5.3 Haupttragende Strukturen und Schraubenverbindungen 16
5.4 Hinweise und Annahmen 17
5.5 Prüfergebnis 17
5.6 Schnittstellen zum Rotorblatt und Turm 18
6 Ausstehende Nachweise 18
7 Bedingungen 18
8 Schlussfolgerungen 19

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

Blattlager

[1.1.1] Liebherr Components Biberach GmbH:
Technical data sheet - Lagerwey Blade Bearing EP5; E160 - 12960552
Dokument Nr.: pKUD03355-080WJ18-001_en_00_20210322_Lagerwey_EP5E160_PiB, Rev. 00, vom 08.03.2021

[1.1.2] Liebherr Components Biberach GmbH:
Report FEA - Blade Bearing 12960552
Dokument Nr.: 20210319_fea03355-080WJ018-001_rev1_Lagerwey_EP5_E160_PiB, Rev. 1, vom 19.03.2021

[1.1.3] Thyssenkrupp rothe erde Germany GmbH:
Technical Data Sheet - Blade Bearing E-160 EP5 E2 - 83850080
Dokument Nr.: 19772_02, Rev. 02, vom 30.06.2021

Maschinenträger

[1.1.4] Lagerwey Wind BV:
FEA of the EP5-E160-E3 nacelle casting
Dokument Nr.: M02-C2-40-000863-R0, Rev. R0, dated 20.08.2021

[1.1.5] Lagerwey Wind BV:
SA of the EP5-E160-E3 nacelle casting
Dokument Nr.: M02-C2-40-000865-R0, Rev. R0, vom 20.08.2021

Stator Tragstruktur

[1.1.6] Lagerwey Wind BV:
FEA of the EP5-E160-E3 stator base frame
Dokument Nr.: M03-C2-40-000858-R0, Rev. R0, vom 10.08.2021

[1.1.7] Lagerwey Wind BV:
SA of the EP5-E160-E3 stator base frame
Dokument Nr.: M03-C2-40-000859-R0, Rev. R0, vom 10.08.2021

Azimutlager

[1.1.8] Thyssenkrupp rothe erde Germany GmbH:
Technical Data Sheet rothe erde Large Diameter Slewing Bearing - Yaw bearing E-160 EP5 E3
Dokument Nr.: 19934_00, Rev. 00, vom 23.03.2021

[1.1.9] Tianma (Chengdu) Precision Machinery Co., Ltd.:
TMB Slewing Bearing Calculation Report - E-160 EP5 E3 Yaw Bearing
Dokument Nr.: CR2020-12-14/2, Rev. 2, vom 19.02.2021

[1.1.10] Thyssenkrupp rothe erde Germany GmbH:
Technical Data Sheet rothe erde Large Diameter Slewing Bearing - Yaw bearing E-160 EP5 E3
Dokument Nr.: 20406_00 , Rev. 00, vom 23.12.2021

[1.1.11] Tianma (Chengdu) Precision Machinery Co., Ltd.:
TMB Slewing Bearing Calculation Report - E-160 EP5 E3 Yaw Bearing
Dokument Nr.: CR2021-11-29/1, Rev. 1, vom 29.11.2021

Azimutgetriebe

[1.1.12] Bonfiglioli Trasmital:
Technical Report - Yaw Drive E-160 EP5 E3
Dokument Nr.: I21027D_D_rev2, Rev. 2, vom 06.12.2021

[1.1.13] Liebherr Components Biberach GmbH:
Calculation Yaw gearbox ENERCON EP5 E3
Dokument Nr.: 2021-003-3, Rev. 3, vom 03.12.2021

Azimutarretierung

[1.1.14] ENERCON GmbH:
Berechnung Azimutmotor und -bremse E-160 EP5 E3
Dokument Nr.: D02235469, Rev. 3.1, vom 07.02.2022

Leitschaufeln Generatorkühlung

[1.1.15] Lagerwey Wind BV:
Strength analysis distortion vanes for generator cooling
Dokument Nr.: M03-C2-40-000881-R0, Rev. R0, vom 24.09.2021

Schraubverbindungen

[1.1.16] Lagerwey Wind BV:
FEA of the EP5-E160-E3 nacelle bolted connections (nacelle to generator)
Dokument Nr.: M02-C2-40-000872-R0, Rev. R0, vom 20.08.2021

[1.1.17] Lagerwey Wind BV:
SA of the EP5-E160-E3 nacelle bolted connections (nacelle to generator)
Dokument Nr.: M02-C2-40-000873-R0, Rev. R0, vom 20.08.2021

Lastvergleich und Restsicherheitsbetrachtung

[1.1.18] Lagerwey Wind BV:
Load set comparison EP5 - E-160 E3 - t98m, t99m, t114m, t120m & t166m IIIA WZ S & IIB WZ S 25yr and Hor W40 + W110 25yr
Dokument Nr.: M00-C2-40-000875-R2, Rev. R2, vom 09.08.2022

[1.1.19] Lagerwey Wind BV:
RSA EP5 Mach Components on basis of comparison 40-00875 - EP5 E-160 E3
Dokument Nr.: M00-C2-40-000876-R0, Rev. R0, vom 02.09.2021

[1.1.20] ENERCON GmbH:
Load comparison yaw adjustment system E-160 EP5 E3
Dokument Nr.: D02744311, Rev. 0, vom 04.08.2022

Zeichnungsvergleich

[1.1.21] ENERCON GmbH:
Drawing Comparison E-160 EP5 E3
Dokument Nr.: D02690592, Rev. 0.0, vom 19.05.2022

1.2 Dazugehörige Dokumente

Azimutlager

[1.2.1] ENERCON GmbH:
Specification Yaw bearing E-160 EP5 E3
Dokument Nr.: D0971357-4.0, Rev. 4, vom 14.12.2020

[1.2.2] ENERCON GmbH:
Lastaufbereitung Azimutverstellsystem E-160 EP5 E3
Dokument Nr.: D0969770-7.0, Rev. 7.0, vom 28.10.2021

[1.2.3] ENERCON GmbH:
Specification Yaw bearing E-160 EP5 E3
Dokument Nr.: D02537769-0.1, Rev. 0.1, vom 14.12.2020

[1.2.4] ENERCON GmbH:
Lastaufbereitung Azimutverstellsystem E-160 EP5 E3
Dokument Nr.: D02537776-0.1, Rev. 0.1, vom 16.11.2021

Azimutgetriebe

[1.2.5] ENERCON GmbH:
Technical specification Yaw gear E-160 EP5 E3
Dokument Nr.: D0971019, Rev. 5, vom 16.11.2021

Hydrauliksystem

[1.2.6] Lagerwey Wind BV:
Hydraulic power unit EP5-E3 - design specification
Dokument Nr.: M02-C5-30-10953-R3, Rev. R3, vom 14.04.2021

Spezifikation Sphärogussteile

[1.2.7] Enercon GmbH:
Spezifikation MK 02 004 – Qualitätssicherung Sphärogussteile
Dokument Nr.: D0246506-2, Rev. 2, vom 28.06.2017

1.3 Lastannahmen

[1.3.1] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme - Windenergieanlage E-160 EP5 E3, RB LM 78.3 P, verschiedene NH, DIBt WZ S, GK S - Lastannahmen für Rotorblatt und Maschinenbau -
Bericht Nr.: 8119201822-1 D IV, Rev. 1, vom 09.08.2022

1.4 Zugehörige Prüfberichte

[1.4.1] TÜV NORD CERT GmbH:
Evaluation Report - Wind Turbine Platform LP4 / EP5
- Machinery Components -
Bericht Nr.: 8114242475-4 E, Rev. 12, vom 28.09.2021

[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 NORD CERT GmbH:
Evaluation Report - Wind Turbine Platform ENERCON EP5 - Design Basis -
Bericht Nr.: 8114242475-0 E I, Rev. 11, vom 14.09.2022

[1.4.5] DNV GL Energy Renewable Certification:
Evaluation Report - Allowable Gear Stress Numbers acc. to ISO 6336-5, Liebherr Components Biberach GmbH
Bericht Nr.: ER-DE-ISO6336-04848-1, Rev. 1, vom 02.05.2019

[1.4.6] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme für die Windenergieanlage E-160 EP5 E3, verschiedene Nabenhöhen und Winzonen - Turmkopfflansch -
Bericht Nr.: 8119616205-11 D, Rev. 1, vom 29.11.2021

1.5 Hauptzeichnung

[1.5.1] ENERCON GmbH:
Gondel E-160 EP5 E3
Zeichnung Nr.: D02399059/0.1-de/en, Rev. -, vom 17.06.2021

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 IEC 61400-1:2019-12
Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2019)
Deutsche Fassung EN IEC 61400-1:2019

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 [1.4.4] zu entnehmen. Nachfolgend sind die wichtigsten Kenngrößen aufgeführt:

Antriebskonzept:	Direktantrieb
Auslegungslebensdauer WEA Variante Nr. 1-3:	20 Jahre (I_{ref} = 0.16, V_{ave} = 7.5 m/s); 25 Jahre (I_{ref} = 0.14, V_{ave} = 8.5 m/s)
Blattverstellsystem:	Verstellgetriebe mit Motor
Windrichtungsnachführung:	Verstellgetriebe mit Motor
Arretierung der Windrichtungsnachführung:	Motorbremsen der Verstellgetriebe
Generatortyp:	Permanent-magnet synchron
Generatorbezeichnung:	E-160 E2 EP5-GU-01
Generatorhersteller:	ENERCON GmbH

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.

Einige der maschinenbaulichen Komponenten sind identisch mit denen der Windenergieanlagen E-160 EP5 E1/E2 und wurden den Prüfberichten [1.4.1] bzw. [1.4.2]/[1.4.3] entnommen.

4.3.1 Blattlager

4.3.1.1 *Komponentenspezifikation*

Hersteller:	Liebherr Components Biberach GmbH
Typ:	Doppelreihige Kugeldrehverbindung
Handelsbezeichnung:	12960552
Material:	42CrMo4+QT
Hauptzeichnung Nr.:	KUD03355-080WJ18-001-000, Rev. 00.2, vom 02.12.2019
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.1.2 *Alternative Komponente*

Hersteller:	Thyssenkrupp rothe erde Germany GmbH
Typ:	Doppelreihige Kugeldrehverbindung
Handelsbezeichnung:	83850080
Material:	42CrMo4 V / Q+T
Hauptzeichnung Nr.:	092.80.3355.100.48.140D, Rev. F, vom 02.06.2021
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.2 Blattverstellgetriebe

4.3.2.1 *Komponentenspezifikation*

Hersteller:	Bonfiglioli Trasmital
Typ:	Dreistufiges Planetengetriebe
Handelsbezeichnung:	711 T3N
Produktcode:	JB00009089
Getriebeübersetzung:	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. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.2.2 *Alternative Komponente*

Hersteller:	Liebherr Components Biberach GmbH
Typ:	Dreistufiges Planetengetriebe
Handelsbezeichnung:	DAT 400/3460
Produktcode:	12865698
Getriebeübersetzung:	175
Hauptzeichnung Nr.:	368 460 4000 99 0, Rev. 04.3, vom 07.09.2020
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. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.3 Blattarretierung

4.3.3.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Stahlbauteil
Material:	S355J2+N/ S690QL
Hauptzeichnung Nr.:	20-902797, Rev. D, vom 03.05.2018
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (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
Guss Zeichnung Nr.:	20-040884, Rev. A, vom 06.03.2020
Bearbeitung Zeichnung Nr.:	20-040916, Rev. B, vom 29.03.2021
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (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
Hauptzeichnung Nr.:	EDD F-621876.TR1-WPOS 000, Rev. AD, vom 08.05.2020
Hinweis:	Zwei Kegelrollenlager 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
Hauptzeichnung Nr.:	PSL612-402-PV_3, Rev. 3, vom 21.04.2020
Hinweis:	Zwei Kegelrollenlager in O-Anordnung
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.6 Achszapfen

4.3.6.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Gussbauteil
Material:	EN-GJS-400-18-LT
Guss Zeichnung Nr.:	20-031733, Rev. B, vom 26.03.2020
Bearbeitung Zeichnung Nr.:	20-031732, Rev. D, vom 18.09.2020
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.7 Rotorträger

4.3.7.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Gussbauteil
Material:	EN-GJS-400-18-LT
Guss Zeichnung Nr.:	20-031731, Rev. B, vom 26.03.2020
Bearbeitung Zeichnung Nr.:	20-031730, Rev. D, vom 18.09.2020
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.8 Achsdeckel

4.3.8.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Stahlbauteil
Material:	S355J2+N
Hauptzeichnung Nr.:	20-031514, Rev. B, vom 15.09.2020
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.9 Maschinenträger

4.3.9.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	ENERCON GmbH
Typ:	Gussteil
Material:	EN-GJS-400-18-LT
Hauptzeichnung Nr.:	D02163255/1.0-de/en, Rev. 1, vom 17.11.2021
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.10 Rotorrahmen

4.3.10.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Stahlbauteil
Material:	S235JR/S355J2
Hauptzeichnung Nr. (Var.1):	20-031743, Rev. D, vom 08.01.2021
Hauptzeichnung Nr. (Var.2):	20-032181, Rev. A, dated 2020-11-26
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.10.2 *Alternative Komponente*

Auslegung:	Enercon GmbH
Typ:	Steel part
Material:	S355J2
Hauptzeichnung Nr.:	D02484152/0.0, Rev. 0.0, dated 2022-02-01
Verwendung:	WEA Variante No. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.11 Stator Tragstruktur

4.3.11.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Stahlbauteil
Material:	S235JR/S355J2/S355J2+N
Hauptzeichnung Nr.:	20-032148, Rev. B, vom 26.08.2021
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.12 Wartungsbremse

4.3.12.1 *Komponentenspezifikation*

Hersteller:	Trebu Technology B.V.
Typ:	Hydraulische Scheibenbremse
Handelsbezeichnung:	AB-2-90
Hauptzeichnung Nr.:	200-290-100, Rev. 0, vom 12.02.2019
Anzahl der Bremsen:	6
Reibbelag:	TR-F14
Hinweis:	siehe 7.2
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.13 Rotorarretierung

4.3.13.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Typ:	Stahlbauteil
Material:	34CrNiMo6
Hauptzeichnung Nr.:	20-030787, Rev. B, vom 30.01.2017
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.13.2 *Alternative Komponente*

Auslegung:	Trebu Technology B.V.
Typ:	Stahlbauteil
Material:	34CrNiMo6+QT
Hauptzeichnung Nr.:	20-1349, Rev. C, vom 26.07.2022
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.14 Azimutlager

4.3.14.1 *Komponentenspezifikation*

Hersteller:	Thyssenkrupp rothe erde Germany GmbH
Typ:	Doppelreihige Kugeldrehverbindung
Handelsbezeichnung:	37030990
Material:	42CrMo4 V / Q+T
Hauptzeichnung Nr.:	092.55.3996.001.48.150D, Rev. B, vom 23.12.2021
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.14.2 *Alternative Komponente*

Hersteller:	Tianma (Chengdu) Precision Machinery Co., Ltd.
Typ:	Doppelreihige Kugeldrehverbindung
Handelsbezeichnung:	Y033.60.3993K
Material:	42CrMo4 + QT
Hauptzeichnung Nr.:	Y033.60.3993K3, Rev. -, vom 26.11.2021
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.15 Azimutgetriebe

4.3.15.1 *Komponentenspezifikation*

Hersteller:	Bonfiglioli Trasmital
Typ:	Vierstufiges Planetengetriebe
Handelsbezeichnung:	714 T4W
Produktcode:	JZ00002756 (Prototyp) JB00018601 (Serie)
Getriebeübersetzung:	1865
Hauptzeichnung Nr.:	I7140T017101, Rev. F, vom 19.07.2021 (Prototyp) I7140T016402, Rev. C, vom 17.03.2022 (Serie)
Schnittzeichnung Nr.:	A7140T011701, Rev. A, vom 24.03.2021 (Prototyp) A7140T011402, Rev. A, vom 24.08.2021 (Serie)
Ritzelwelle Zeichnung Nr.:	YZ00004307, Rev. D, vom 23.03.2021 (Prototyp) YP00021351, Rev. -, vom 03.05.2021 (Serie)
Motorbezeichnung:	Getriebebau NORD 132SP/4 BRE60 PT1000
Anzahl Antriebe:	10
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.15.2 *Alternative Komponente*

Hersteller:	Liebherr Components Biberach GmbH
Typ:	Vierstufiges Planetengetriebe
Handelsbezeichnung:	DAT 450/4405
Produktcode:	13434316
Getriebeübersetzung:	1857,69
Hauptzeichnung Nr.:	13434316-99, Rev. 04.2, vom 03.12.2021
Schnittzeichnung Nr.:	468 405 4000 00 0, Rev. 03.2, vom 28.04.2021
Ritzelwelle Zeichnung Nr.:	468 405 4000 10 0, Rev. 03.1, vom 28.06.2021
Motorbezeichnung:	Getriebebau NORD 132SP/4 BRE60 PT1000
Anzahl Antriebe:	10
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.16 Hydrauliksystem

4.3.16.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Hydraulikschema Nr.:	20-022649, Rev. D, vom 31.03.2021
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (siehe Tabelle 4.2)

4.3.17 Leitschaufeln Generatorkühlung (optional)

4.3.17.1 *Komponentenspezifikation*

Auslegung:	Lagerwey Wind BV
Material:	Diverse, siehe Hauptzeichnung
Hauptzeichnung Nr.:	20-032379, Rev. A, vom 18.02.2021
Hinweis:	Optionale Komponente (s. a. Kapitel 5.4)
Verwendung:	WEA Variante Nr. 1-3 (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 ENERCON GmbH 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 (Turm)	DIBt Windzone	Gelände-kategorie	Prüfbericht Lasten
1	E-160 EP5 E3*	5.56 MW	LM 78.3 P Gen C	166.66 m (E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01)	WZ S	GK S	[1.3.1]
2	E-160 EP5 E3*	5.56 MW	LM 78.3 P Gen C	120 m (E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01)	WZ S	GK S	[1.3.1]
3	E-160 EP5 E3*	5.56 MW	LM 78.3 P Gen C	99 m (E-160 EP5 E3-ST-99-FB-C-01)	WZ S	GK S	[1.3.1]

*Vereisungsklima berücksichtigt

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 im Dokument [1.3.1] aufgeführten Extrem- und Betriebslasten 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.

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, Generatorstruktur 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 wurde 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.

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.

Soweit redaktionelle und technische Abweichungen oder Fehler keinen Einfluss auf die Konstruktion haben, wurde keine Korrektur der unter Punkt 1 geprüften Unterlagen gefordert.

Das Azimutsystem (Azimutlager, Azimutgetriebe, Azimutarretierung) wurde auf Grundlage der Lasten D02458028_2.2 (AUR) aus dem Lastbericht D02463290_3.0, geprüft mit der Gutachtlichen Stellungnahme [1.3.1], ausgelegt und geprüft. Für alle weiteren Komponenten wurden die Lasten D02455948_3.0 (BV) zugrunde gelegt.

Die zulässigen Zahnfuß- sowie Zahnflankenspannungen des Azimutgetriebes 4.3.15.2 wurden dem Prüfbericht [1.4.5] entnommen.

Die Windenergieanlagen gem. Tabelle 4.2 können optional mit Leitschaufeln für die Generatorkühlung (s. 4.3.17) ausgestattet werden.

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:	Geprüft
Spezifikation des Rotorblatts:	LM 78.3 P Gen C
Max./min. Vorspannkraft der Schrauben:	450 kN / 321 kN

Schraubverbindung Azimutlager zum Turmkopfflansch und Maschinenträger:
Nicht Bestandteil der maschinenbaulichen Prüfung, siehe Gutachtliche Stellungnahme [1.4.6]

Turmkopfflansch: Nicht Bestandteil der maschinenbaulichen Prüfung

6 Ausstehende Nachweise

6.1 keine

7 Bedingungen

7.1 Um einen ordnungsgemäßen Betrieb der Komponenten sicherzustellen, sind die Anweisungen der Komponentenhersteller hinsichtlich Montage und Instandhaltung zu beachten.

7.2 Die Wartungsbremse unter 4.3.12.1 dient nur zu Wartungszwecken und ist nicht als Rotorbremsen ausgelegt. Die Wartungsbremse kann ausschließlich manuell bedient werden und unterliegt keinen Automatismen.

7.3 Die Hinweise und Auflagen in den Prüfberichten [1.4.1] - [1.4.6] sind zu berücksichtigen.

8 Schlussfolgerungen

Die im Rahmen dieses Gutachtens geprüften maschinenbaulichen Komponenten und Strukturen erfüllen die Anforderungen der DIN EN IEC 61400-1:2019 in Bezug auf Tragfähigkeit und Auslegung für die zugrunde gelegten Annahmen, unter Beachtung der geforderten Lebensdauer von 20 bzw. 25 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 Einhaltung der unter Punkt 7 genannten Bedingungen bestehen gegen die Auslegung und den Betrieb der Komponenten, sowie deren Verwendung in Windenergieanlagen gem. Tabelle 4.2, keine Bedenken.

Änderungen in der Konstruktion müssen von der Zertifizierungsstelle Windenergie zugelassen werden. Anderenfalls verliert diese Gutachtliche Stellungnahme ihre Gültigkeit.

Der Sachverständige:

M.Eng. R. Sommerfeld

Freigegeben:

Dr.-Ing. W. Aldenhoff

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.

Gutachtliche Stellungnahme

Windenergieanlage E-160 EP5 E3
IEC 61400-1 Ed. 3

- Diverse Komponenten -

TÜV NORD Bericht Nr.:	8119616205-100 D III Rev. 0
Gegenstand der Prüfung:	Prüfung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08 (IEC 61400-1 Ed. 3)
Anlagenhersteller (Antragsteller):	ENERCON GmbH Dreekamp 5 26605 Aurich Deutschland

Diese Gutachtliche Stellungnahme umfasst 6 Seiten.

Revision	Datum	Änderungen	Sachverständiger
0	02.11.2022	Erste Fassung	Konstantin Konkel

Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente 3
1.1 Geprüfte Dokumente 3
1.2 Dazugehörige Dokumente 3
2 Prüfgrundlagen 4
3 Einleitung 5
4 Durchgeführte Prüfungen 5
4.1 Prüfmethode 5
4.2 Anmerkungen 5
4.3 Prüfergebnis 5
4.4 Schnittstellen 5
5 Auflagen 5
6 Schlussfolgerung 5

1 Dokumente

1.1 Geprüfte Dokumente

[1.1.1] ENERCON GmbH:
Bestätigung nach IEC 61400-1 Ed. 3
“Stellungnahme Verwendbarkeit IEC ed.3 anstatt IEC ed.4 für ENERCON WEA”
Dokument-Nr.: D02759428/0.0
Rev. 0.0, Datum: 06.09.2022

1.2 Dazugehörige Dokumente

[1.2.1] DKE:
“Stellungnahme DIBt / IEC 61400-1 Ed. 4”
Dokument-Nr.: DKE/AK 383.0.1
Rev. -, Datum: 31.08.2020

[1.2.2] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Lastannahmen Turm und Fundament
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-160 EP5 E3, RB LM 78.3 P NH 119.99 m (E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01) DIBt WZ S, GK S - Lastannahmen für Turm und Fundament -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119201822-1 D V
Rev. 1, Datum: 01.11.2022

[1.2.3] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Lastannahmen Rotorblatt und Maschinenbau
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-160 EP5 E3, RB LM 78.3 P, verschiedene NH DIBt WZ S, GK S - Lastannahmen für Rotorblatt und Maschinenbau -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119201822-1 D IV
Rev. 1, Datum: 09.08.2022

[1.2.4] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Sicherheitssystem und Handbücher
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlagen ENERCON EP5 Plattform nach DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen (2012) - Sicherheitssystem und Handbücher -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119201822-2 D
Rev. 1, Datum: 11.10.2022

[1.2.5] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Rotorblatt
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage ENERCON EP5 Unterschiedliche Konfigurationen und Nabenhöhen - Rotorblatt LM 78.3 P -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8118796497-3 D
Rev. 5, Datum: 01.11.2022

[1.2.6] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Maschinenbauliche Komponenten
„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlagen ENERCON EP5 - Maschinenbauliche Komponenten - „
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119201822-4 D
Rev. 2, Datum: 21.09.2022

[1.2.7] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Verkleidung und Strukturen
„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlage ENERCON EP5 - Verkleidungen & Strukturen - „
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119201822-12 D
Rev. 2, Datum: 21.09.2022

[1.2.8] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Elektrische Komponenten und Blitzschutz
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage ENERCON EP5 Plattform - Elektrische Komponenten und Blitzschutz -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8114242475-5 D
Rev. 8, Datum: 03.08.2022

[1.2.9] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Turmkopfflanschbaugruppe
„Gutachtliche Stellungnahme für die Windenergieanlage E-160 EP5 E3, verschiedene Nabenhöhen und Windzonen - Turmkopfflansch -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119616205-11 D
Rev. 1, Datum: 29.11.2021

2 Prüfgrundlagen

[2.1] DIN EN 61400-1:2011-08:
„Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010 (Ed. 3)); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010“

[2.2] DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12:
„Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen
(IEC 61400-1:2019 (Ed. 4));
Deutsche Fassung EN IEC 61400-1:2019“

[2.3] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt:2015-03:
„Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“, korrigierte Fassung

3 Einleitung

Dieser Bericht attestiert die Evaluierung des vom Antragsteller getätigten Vergleiches der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08 [2.1] mit den Auslegungsanforderungen der DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12 [2.2] für die Windenergieanlage E-160 EP5 E3.

4 Durchgeführte Prüfungen

4.1 Prüfmethode

Die in [1.1.1] zur Prüfung eingereichten Informationen und Aussagen wurden hinsichtlich Plausibilität, technischer Richtigkeit und korrekter Referenz zu den zuvor genannten, technischen Standards geprüft.

Die Prüfungen und technischen Auslegungsanforderungen dieser gutachtlichen Stellungnahme und deren Übertragbarkeit beziehen sich auf die in der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [2.3], Kapitel 3, Buchstabe I, geforderten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie auf die bautechnischen Unterlagen für Turm und Gründung gemäß DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [2.3], Kapitel 3, Buchstaben E bis G.

4.2 Anmerkungen

Keine

4.3 Prüfergebnis

Die in [1.1.1] beschriebene Vorgehensweise und Dokumentation ist zur Bewertung der Frage, ob die Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 [2.1] erfüllt sind, geeignet.

4.4 Schnittstellen

Keine

5 Auflagen

5.1 Der Prüfung von Turm und Gründung liegen Einwirkungen nach DIN EN IEC 61400-1 [2.2] zu Grunde.

6 Schlussfolgerung

Unter Berücksichtigung der Auflagen in Kapitel 5 kann für die unter [1.2] aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die dazugehörige Prüfung von Turm und Gründung die Erfüllung der technischen Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.1] ebenfalls bestätigt werden.

Diese zusätzliche Bestätigung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.1] gilt jeweils nur für die gesamte Windenergieanlage. Die Prüfung der gesamten Windenergieanlage umfasst die gemäß [2.3], Kapitel 3, Buchstabe I, geforderten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die bautechnischen Unterlagen für Turm und Gründung gemäß [2.3], Kapitel 3, Buchstaben E bis G. Die Übertragbarkeit einer einzelnen, gutachtlichen Stellungnahme gemäß DIN EN IEC 61400-1 Ed. 4 [2.2] auf die DIN EN 61400-1 Ed.3 [2.1], z.B. nur für die Lastannahmen, wird nicht bestätigt.

Sachverständiger:

M.Sc. Konstantin Konkel

Freigegeben:

Dipl.-Ing. Christian Hering

An der Prüfung beteiligte Sachverständige:

Dipl.-Ing. Lennart Klüppel
Dipl.-Ing. /IWE Ingo Jongschlager
Dipl.-Ing. (FH) Tomislav Ladišić
Dipl.-Ing. Martin Passow
Dr.-Ing. Werner Aldenhoff
M. Sc. Holger Grafe

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.

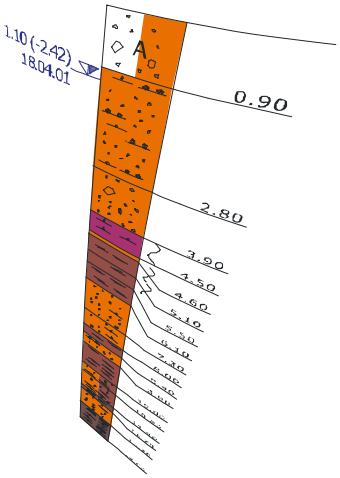
BWP BB WIND ERWEITERUNG, ERRICHTUNG VON 3 WINDENERGIEANLAGEN IM WINDPARK WEESBY BÖXLUND

IN

24994 WEESBY

Auftraggeber:

BWP BB Wind GmbH & Co. KG



BAUGRUNDGUTACHTEN

(AU 0685-24-001 / 29.04.2025)

GSB GRUNDBAUINGENIEURE GMBH • BOVENAUER STR. 4 • 24796 BREDENBEK • TEL (04334) 18168-0

**BWP BB WIND ERWEITERUNG
VON 3 WEA IM
WP WEESBY BÖXLUND
WEA 1, WEA 2 UND WEA 3
WEESBYDAMM
24994 WEESBY**

BAUGRUNDGUTACHTEN

ANLAGEN

- Bodenprofildarstellung	0685-24-001 / 1.1 - 1.7
- Körnungslinien	0685-24-001 / 2.1 - 2.3
- Erdwiderstandsmessungen	0685-24-001 / 3.1 - 3.3
- Grundwasseranalysen	0685-24-001 / 4.1
- Schichtenverzeichnisse	0685-24-001 / 5.1

1. VERANLASSUNG
2. PLANUNTERLAGEN
3. BAUWERK UND BAUGELÄNDE
   Errichtung und Betrieb von drei Windenergieanlagen vom Typ Enercon E-160 EP5 E3 NH 120,00 m (WEA 1 + 2) und Enercon E-138 EP3 E2 NH 111,00 m (WEA 3)
4. BAUGRUND
   Unterhalb humoser Deckschichten (Mutter-/Oberböden) wurden ausschließlich Sande erbohrt. In der WEA 1 BS 1 und WEA 2 BS 1 standen ab 12,0 m Geschiebemergel an.
5. WASSER
   Im Zuge der Feldarbeiten wurden Wasserstände zwischen rd. 0,60 m und rd. 1,60 m unter Geländeoberfläche bzw. zwischen rd. 18,58 mNHN und rd. 16,26 mNHN eingemessen. Mit Schwankungen und Aufstaus sowie lokalen und temporären Überflutungen des Geländes ist zu rechnen.
6. GRÜNDUNG
   Für Flachgründungen werden baugrundverbessernde Maßnahmen mit einem Verfahren des Spezialtiefbaus erforderlich.
7. KRANSTELLFLÄCHEN / ZUWEGUNGEN
8. TROCKEN-/ WASSERHALTUNG
9. ZUSAMMENFASSUNG

GSB
GrundbauINGENIEURE GmbH

Sitz der Gesellschaft Bredenbek
ein Unternehmen der
KIRCHNER INGENIEURE

Amtsgericht Kiel
HRB 25925 KI

Geschäftsführer
Jasper Strauß,
Jan Quente,
Stefan Kindt

Baugrunduntersuchungen
Geoelektrische Messungen
Laboranalysen
Baugrundgutachten
Geotechnische Nachweise
Baugrubenplanung
Bodenschutzkonzepte und
bodenkundliche Baubegleitg.
Bodenmanagement
Umweltgeotechnik
Fachbauleitung
Beweissicherung
Kontrollprüfungen
Prüfstelle nach RAP Stra
Flüssigboden

Bovenauer Straße 4
24796 Bredenbek

04334 / 18 168 0 Fon
04334 / 18 168 22 Fax

www.gsb.sh
info@gsb.sh

1. VERANLASSUNG

In Schleswig-Holstein im Kreis Schleswig-Flensburg, Weesbydamm, 24994 Weesby, nördlich der Betonstraße und südlich der dänischen Grenze, ist die Errichtung von 3 Windenergieanlagen vom Typ Enercon E-160 EP5 E3 NH 120,00 m (WEA 1 + 2) und Enercon E-138 EP3 E2 NH 111,00 m (WEA 3) mit zugehörigen Kranstellflächen und Zuwegungen geplant.

Wir wurden beauftragt, für das o.g. Bauvorhaben Baugrunduntersuchungen, Untersuchungen des Grundwassers und geoelektrische Messungen vorzunehmen sowie eine Baugrundbewertung und Gründungsempfehlungen abzugeben.

2. PLANUNTERLAGEN

Für die Bearbeitung standen uns u.a. folgende Planunterlagen zur Verfügung:

2.1 erhaltene Planunterlagen

- Auflistung der Gemeinden mit bekannten Bombenabwürfen (5-seitig), Stand: 06.04.2016
- Technische Spezifikation Geotechnischer Entwurfsbericht (23-seitig), Stand: 02.06.2021
- Übersichtsplan, M 1:8.000, Stand: 26.08.2024
- Top. Karte, M 1:25.000
- Schalplan Flachgründung E-160 EP5 e3-HAST-120-FB-C-01 Ø 22,4 m, D02658442-1 vom 25.08.22 (freigegeben), Enercon GmbH
- Schalplan Flachgründung E-138 EP3 E3-HST-1211-FB-C-01 Ø 22,4 m, D02658442-1 vom 09.02.22 (freigegeben), Enercon GmbH
- Technisches Datenblatt E-160 EP5 E3-HST-120-FB-C-01 vom 02.08.2023 (Rev. 4), Enercon GmbH
- Technisches Datenblatt E-138 EP3 E3-HST-1211-FB-C-01 vom 24.06.2022 (Rev. 2.0), Enercon GmbH

2.2 von Baugrundaufschlüssen

- Schichtenverzeichnisse und 92 gestörte Bodenproben von 16 Kleinrammbohrungen, ausgeführt vom 03.02. – 05.02.2025

3. BAUGELÄNDE UND BAUWERK

Die Lage der geplanten Windenergieanlagen (WEA 1, WEA 2 und WEA 3), der Kranstellflächen und der Zuwegungen ist aus dem Übersichtsplan, den Lageplänen der Anl. 0685-24-001 / 1.1 - 1.7 und der Abbildung 1 ersichtlich.

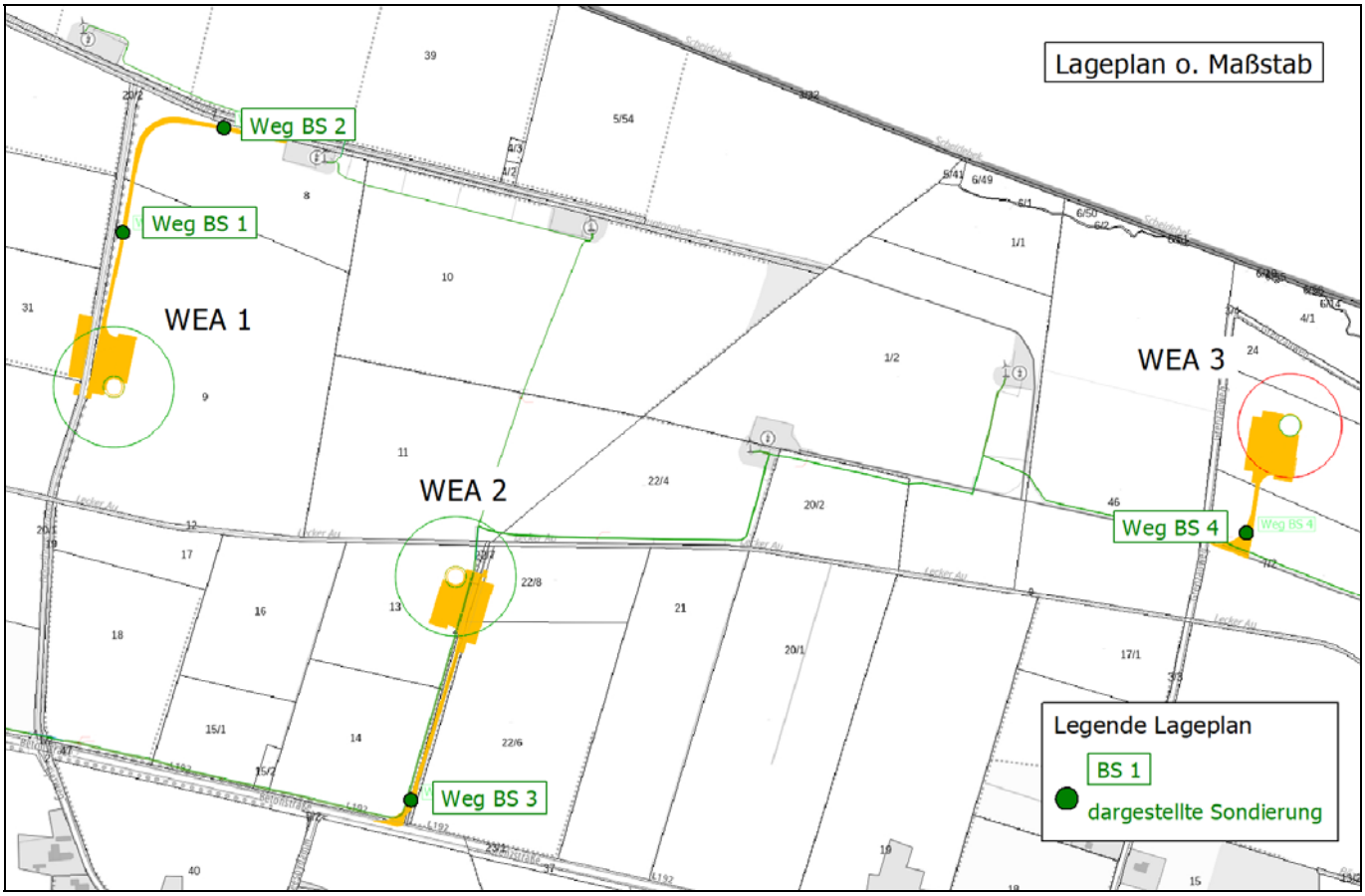


Abb. 1: Lageplan, s. Anl. 1.7, o. M.

Die Lage und die Höhe der Sondieransatzpunkte wurden auf der Grundlage eines georeferenzierten Lageplans mit einem GNSS-Gerät eingemessen (Genauigkeit der Lage ±2 cm, Höhe ±4 cm).

Nach den höhenmäßig eingemessenen Ansatzpunkten der Sondierungen wurde ein max. Höhenunterschied von Δh = 2,46 m (Weg BS 4 = 19,68 mNHN; Weg BS 1 = 17,22 mNHN) festgestellt.

Bei den zu errichtenden Windenergieanlagen handelt es sich um Anlagen des Typs Enercon E-160 EP5 E3 NH 120,00 m (WEA 1 + 2) und Enercon E-138 EP3 E2 NH 111,00 m (WEA 3).

Das Gelände im Bereich der geplanten WEA 1, WEA 2 und WEA 3 wird derzeit landwirtschaftlich genutzt.


Abb. 2: Digitalfotografie vom 03.02.2025


Abb. 3: Digitalfotografie vom 03.02.2025

4. BAUGRUND

4.1 Allgemeines

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse und zur Einstufung der Lagerungsdichte/Konsistenz anstehender Böden wurden im Bereich der projektierten Windenergieanlagenstandorte, der Kranstellflächen und der Zuwegungen insgesamt 16 Kleinrammbohrungen gemäß DIN EN ISO 22475-1 bis in eine Tiefe von max. 16,00 m ab Geländeoberfläche und 9 Drucksondierungen gemäß DIN EN ISO 22476 -1 bis in eine Tiefe von max. 20,40 m ab Geländeoberfläche niedergebracht.

Die Ansatzpunkte der Sondierungen können den Lageplänen (Anlage 1.1 bis 1.7) entnommen werden.

Die Bodenschichtung und der Verlauf der Drucksondierungen wurden höhengerecht auf den Anlagen 1.1, 1.3 und 1.5 aufgetragen.

4.2 Bodenschichtung

Unterhalb humoser Deckschichten (Mutter-/Oberböden), die Mächtigkeiten zwischen rd. 0,40 m und rd. 0,80 m aufweisen, wurden vorwiegend Sande erbohrt. In der WEA 1 BS 1 und WEA 2 BS 1 wurden ab 12 m Geschiebemergel angetroffen.

Nach den Ergebnissen der Drucksondierungen ist auf der Grundlage des Reibungsverhältnisses ($r_f \leq 1$ % bis $r_f \cong 5$ %) unterhalb der Aufschlusstiefen der Rammkernsondierbohrungen von gemischt-/grobkörnigen Böden (Sande, Kiese) und teil-/schichtweise von feinkörnigen Böden (Geschiebeboden, Schluff/Ton) auszugehen.

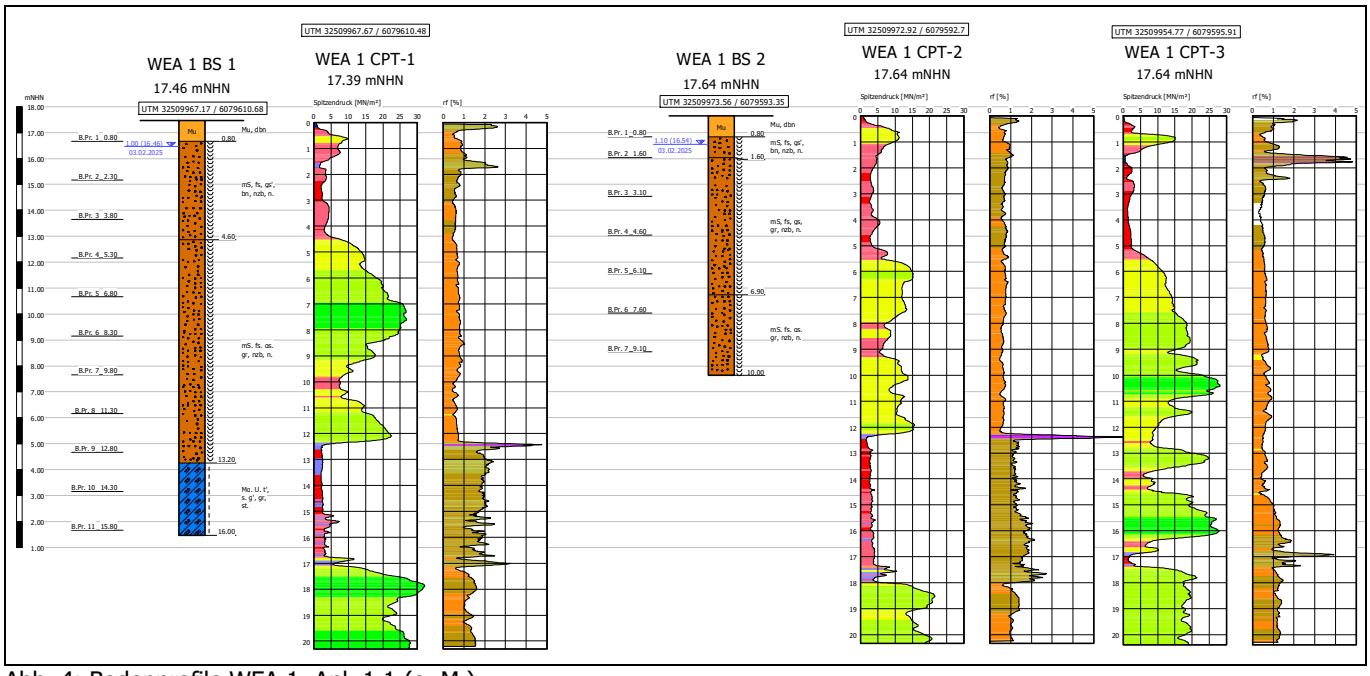


Abb. 4: Bodenprofile WEA 1, Anl. 1.1 (o. M.)

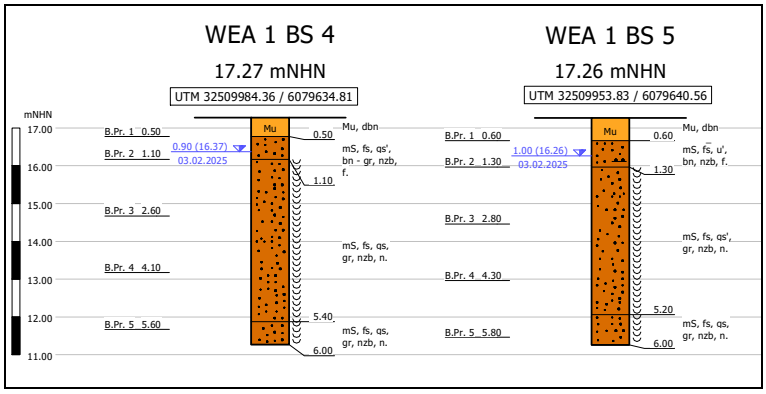


Abb. 5: Bodenprofile WEA 1 Kran, Anl. 1.2 (o. M.)

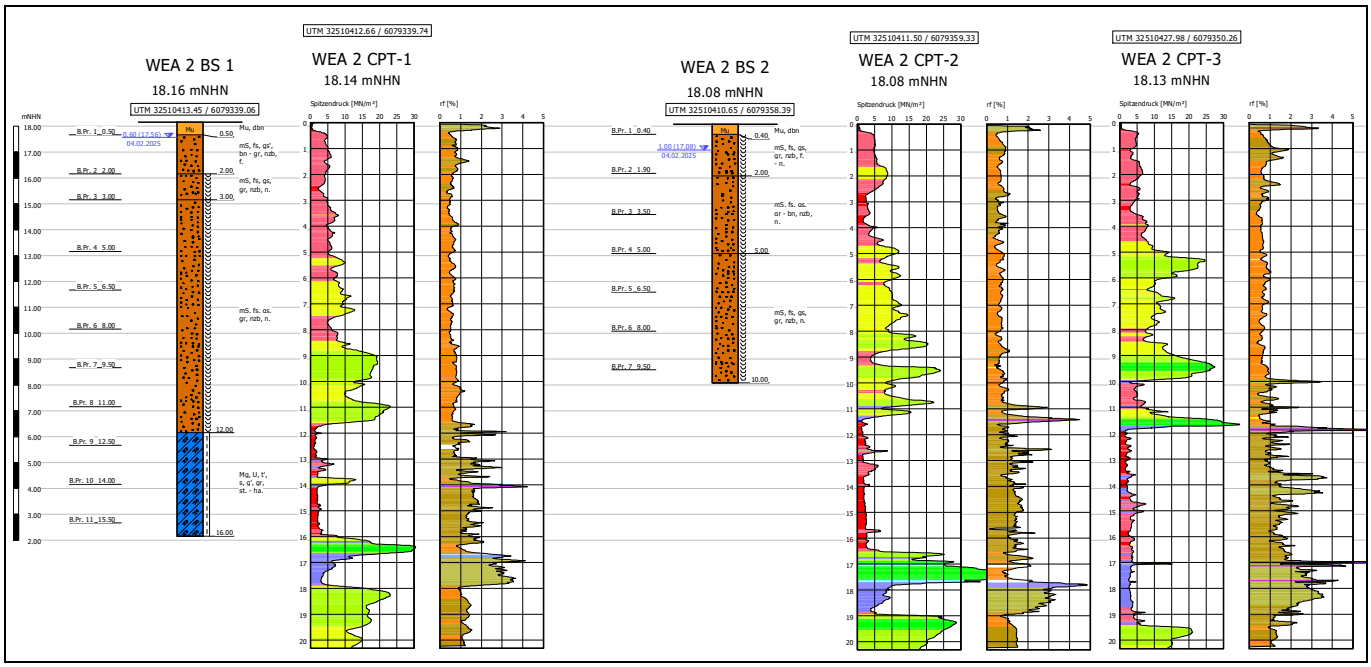


Abb. 6: Bodenprofile WEA 2, Anl. 1.3 (o. M.)

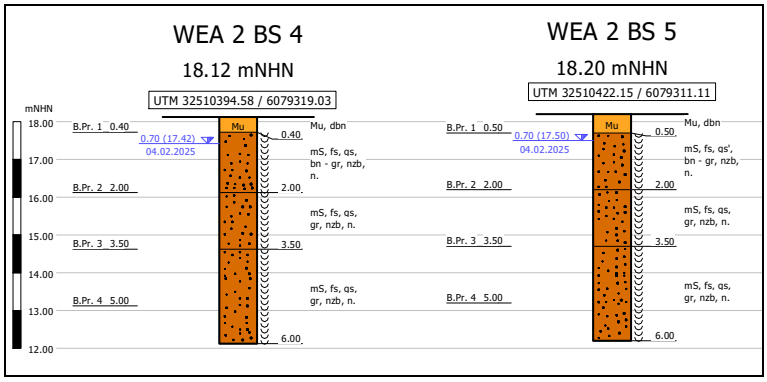


Abb. 7: Bodenprofile WEA 2 Kran, Anl. 1.4 (o. M.)

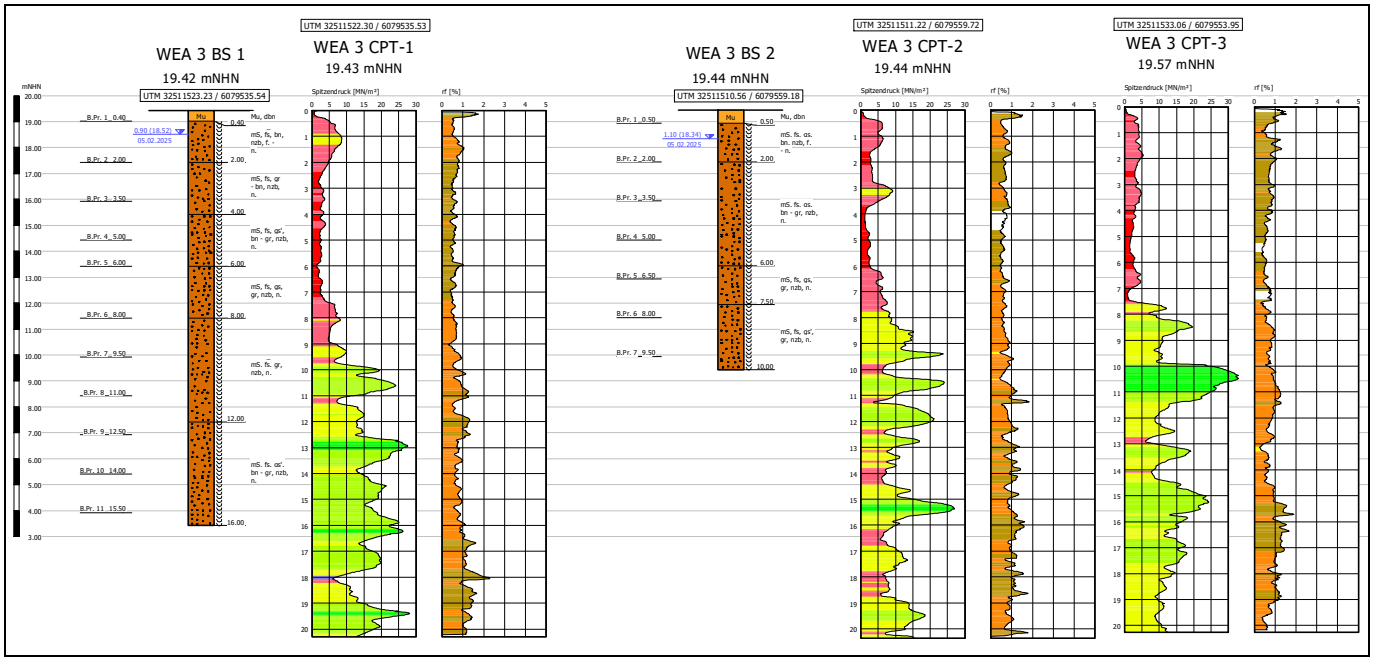


Abb. 8: Bodenprofile WEA 3, Anl. 1.5 (o. M.)

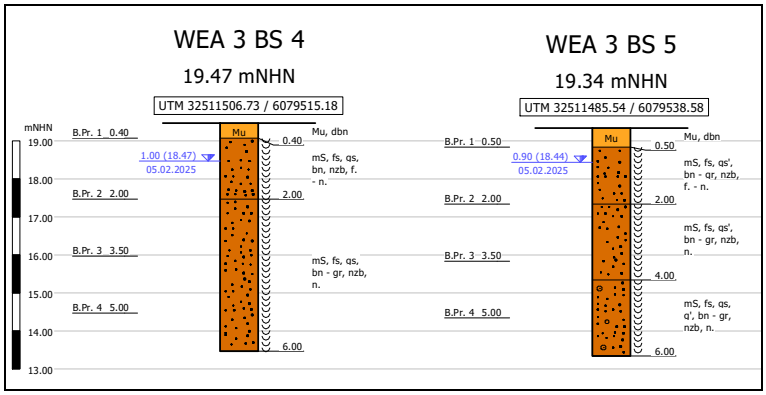


Abb. 9: Bodenprofile WEA 3 Kran, Anl. 1.6 (o. M.)

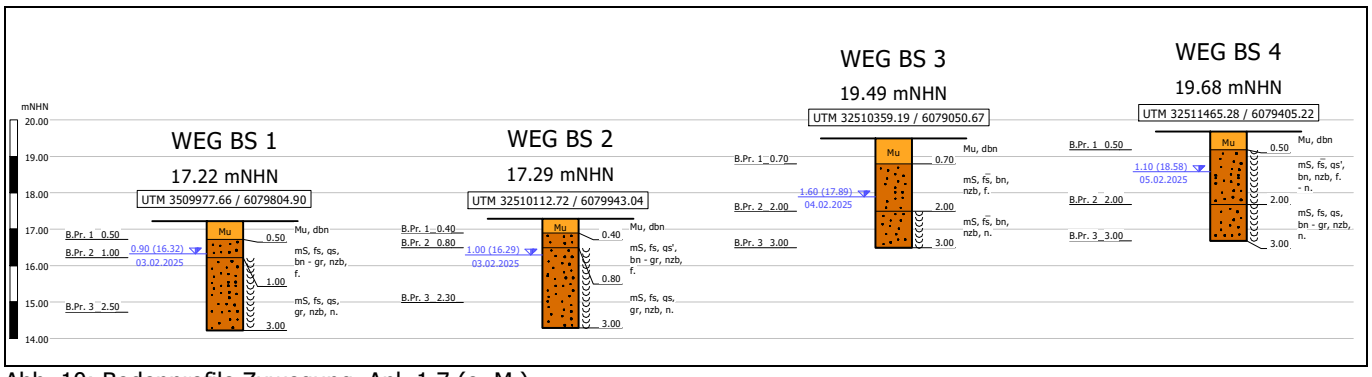


Abb. 10: Bodenprofile Zuwegung, Anl. 1.7 (o. M.)

4.3 Baugrundeigenschaften

4.3.1 Allgemeines

Zur bodenmechanischen Kennwertbestimmung standen Bodenproben der Güteklasse 3 – 5 aus den Kleinrammbohrungen ∅ 80 – 40 mm zur Verfügung. Im Erdbaulabor wurden Kornfraktionen gemäß DIN EN ISO 17892-4 bestimmt. Einzelergebnisse sind den Anlagen 2.1 bis 2.3 zu entnehmen.

Die Einstufung der Durchlässigkeitsbeiwerte rolliger Böden erfolgte auf der Grundlage der Kornanalysen durch eine Auswertung nach Hazen.

Die Bodenkennwerte der im Folgenden behandelten Böden sind Abs. 4.5 zu entnehmen.

4.3.2 Mutter-/Oberboden

Die Mutter-/Oberböden sind als setzungsverursachend und nur sehr bedingt tragfähig anzusehen; eine Überbauung durch WEA / Kräne darf nicht erfolgen.

4.3.3 Sand

Bei den Sanden handelt es sich um Fein- und Mittelsande, die unterschiedlich hohe Anteile an Kies, Grobsand und Schluff aufweisen.

Die Körnungslinien der Anlagen 2.1 – 2.3 stellen den Kornaufbau in den Sondierungen WEA 1 BS 1 (Probe 2), WEA 1 BS 2 (Probe 3), WEA 2 BS 1 (Probe 2), WEA 2 BS 2 (Probe 3), WEA 3 BS 1 (Probe 2) und WEA 3 BS 2 (Probe 3) dar. Die aus den Körnungslinien hervorgehenden Schlämmkorngehalte betragen zwischen 1,3 und 5,2 Gew%.

Entsprechend dem Bohrfortschritt und nach den Ergebnissen der Drucksondierungen mit Spitzendruckwiderständen von $q_c \leq 1$ MN/m² bis $q_c > 30$ MN/m² werden die Sande in sehr lockere, lockere, mitteldichte, dichte und sehr dichte Lagerung eingestuft.

Die Sande stellen grundsätzlich einen tragfähigen Baugrund dar. Aufgrund der teilweise sehr lockeren und lockeren Lagerung ist allerdings mit einer eingeschränkten Lastabtragungsfähigkeit bzw. einem erhöhten Setzungsverhalten zu rechnen.

4.3.4 Geschiebemergel

Bei dem Geschiebemergel handelt es sich um tonige Schluff-/Sand-/Kiesgemische, die vorwiegend unterschiedlich hohe Anteile an Sand aufwiesen.

Die Konsistenz wurde mit steif und steif-halbfest angesprochen.

In ungestörtem Zustand, der angetroffenen Tiefenlage und der vorherrschenden Konsistenz wird dem Geschiebelehm eine ausreichende Tragfähigkeit zugeordnet. Von einem erhöhten Setzungsverhalten ist auszugehen.

In Geschiebeböden ist allgemein aufgrund ihrer geologischen Entstehung mit eingelagerten Sandstreifen und dem Vorkommen von Steinen und Blöcken, die örtlich bis zur Findlingsgröße reichen können, zu rechnen.

4.5 Bodenmechanische Rechenwerte

Aufgrund der Laboransprache, der Laboranalysen sowie den Erfahrungen an vergleichbaren Verhältnissen können folgende bodenmechanische Kennziffern (charakteristisch) in Ansatz gebracht werden:

Bodenart	**Scherfestigkeit**		**Wichte**		**Steifemodul** (2)	**Bodenklasse**(1)
	φ [^{0}]	c' [KN/m^2]	γ [KN/m^3]	γ' [KN/m^3]	E_s [MN/m^2]	nach DIN 18300
Mutter-/Oberböden	Aushub erforderlich					1
Sand (sehr locker bis mitteldicht gel.)	28,0 – 34,0	0	17,0 – 18,0	10,0 – 11,0	15 – 40	3, 4
Sand (mitteldicht bis sehr dicht gel.)	34,0 – 38,0	0	18,0 – 19,0	11,0 – 12,0	60 – 100	3, 4
Geschiebemergel	27,0 – 28,0	10,0 – 12,0	21,0 – 22,0	11,0 – 12,0	35 - 45	4

(1) Bodenklassen gemäß DIN 18300 Ausgabe 2012; ist die Angabe von Homogenbereichen gemäß DIN 18300 Ausgabe 2019 gewünscht, sind weiterführende Feld- und Laborversuche erforderlich
(2) die Steifemoduli insbesondere der bindigen Böden sind auf Basis der Laborversuche und der Bodenansprache aufgrund von Erfahrungen abgeschätzt. Eine genauere Bestimmung kann nur anhand ungestörter Bodenproben und entsprechender Druck-Setzungs-Versuche erfolgen, bzw. bei rolligen Böden über eine Bestimmung der genauen Lagerungsdichte

Nach den vorgenommenen Untersuchungen werden die Böden gemäß DIN 18 300: 2019-09 in Homogenbereiche wie folgt eingestuft:

Homogenbereich A: Mutter-/Oberboden
Homogenbereich B: Sand*
Homogenbereich C: Geschiebemergel
** ggf. Unterteilung in B-1: nicht wassergesättigt und B-2: wassergesättigt*

5. WASSER

5.1 Wasserstände

Im Zuge der Feldarbeiten wurden Wasserstände zwischen rd. 0,60 m und rd. 1,60 m unter Geländeoberfläche bzw. zwischen rd. 18,58 mNHN und rd. 16,26 mNHN eingemessen. Hierbei handelt es sich um Grundwasser, das sich in den Sanden relativ frei einpendeln kann.

Schwankungen um mehrere Dezimeter sowie lokale Aufstaus über ggf. schluffigeren Sandzonen und eine temporäre/lokale Überflutung des Geländes in Bereichen von „Senken", jahreszeitlich-/witterungsbedingt, sind zu erwarten.

Ohne die Auswertung langfristiger Pegeldaten sollten Bemessungswasserstände bis in Geländeoberfläche in Ansatz gebracht werden.

5.2 Wasserqualität/Bodenqualität

Zur Untersuchung des Grundwassers in Hinsicht auf Betonaggressivität sowie die Parameter $Eisen_{gesamt}$, $Eisen_{2+}$ und Mangan wurden in den Bereichen der projektierten Windenergieanlagen Wasserproben aus einem temporären Grundwasserbeobachtungspegeln entnommen. Die Wasserproben wurden zur Analytik an die Eurofins Umwelt Nord GmbH, Schwentinental, überstellt.

Für das Wasser wurden folgende chemische Parameter ermittelt:

Standort	$Eisen_{gesamt}$ [mg/l]	$Eisen_{(2+)}$ [mg/l]	Mangan [mg/l]	Expositionsklasse gem. 4030-1
WEA 1	14,8	1,19	0,607	XA 0
WEA 2	25,8	13,3	0,906	XA 0
WEA 3	25,8	13,3	0,906	XA 0

Sämtliche Einzelergebnisse sind der Anlage 4.1 zu entnehmen.

Grenzwerte für die Ab-/Einleitung geförderten Wassers liegen derzeit noch nicht vor. Erfahrungsgemäß werden entsprechend zu dimensionierende Behandlungsanlagen bzw. zusätzliche Maßnahmen (z. B. offene Gerinne und Absetzbecken) für die Wasserhaltungen, zur Einhaltung des geförderten Wassers in bestehende Gewässer, notwendig.

Eine Grundwasseranalytik für die Einleitgewässer in Bezug auf das „Verschlechterungsgebot" sollte erwogen werden.

6. GRÜNDUNG

Nach den vorliegenden Schalplänen und den vorliegenden Technischen Datenblättern (s. Kap. 2.1) ist die Gründung der projektierten Windenergieanlagen in Höhe der Geländeoberfläche mit einer Überschüttung der Fundamente vorgesehen. Im „mittleren Bereich" schneiden die Fundamente, mit der Sohlvertiefung 0,50 m (zzgl. Sauberkeitsschicht) in den Untergrund ein.

6.1 Gründungsböden

In den Gründungsebenen der projektierten Windenergieanlagen sind Mutter-/Oberböden und Sande in lockerer Lagerung zu erwarten.

6.2 Anforderungen

Nach den vorliegenden Unterlagen sind für eine Flachgründung im Wesentlichen folgende Forderungen einzuhalten:

Windenergieanlage Typ E-160 EP5 HST-120-FB-C-01 (WEA 1 + WEA 2)

Fundament Ø = 22,40 m

- Kantenpressung σ_k = 235 kN/m²
- Mindestreibungswinkel des Baugrundes unterhalb des Fundamentes $\varphi \geq 20°$
- Wichte des Bodens der Überschüttung $\gamma \geq 18$ kN/m³
- dynamische Drehfederkonstante $k_{\varphi,dyn.} \geq$ 121.015 MNm/rad
- statische Drehfederkonstante $k_{\varphi,stat.} \geq$ 13.120 MNm/rad
- Schiefstellung $\Delta s \leq 3$ mm/m
- max. Wasserstand bis in Geländeoberfläche

Windenergieanlage Typ E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 (WEA 3)

Fundament Ø = 19,80 m

- Kantenpressung σ_k = 280 kN/m²
- Mindestreibungswinkel des Baugrundes unterhalb des Fundamentes $\varphi \geq 20°$
- Wichte des Bodens der Überschüttung $\gamma \geq 16$ kN/m³
- dynamische Drehfederkonstante $k_{\varphi,dyn.} \geq$ 150.000 MNm/rad
- statische Drehfederkonstante $k_{\varphi,stat.} \geq$ 18.750 MNm/rad
- Schiefstellung $\Delta s \leq 3$ mm/m
- max. Wasserstand bis in Geländeoberfläche

6.3 Gründungsempfehlung/Gründungsmaßnahmen

Die o. g. Anforderungen werden durch die anstehenden Sande in teilweise sehr lockerer und lockerer Lagerung nicht durchweg eingehalten. Bei einer Flachgründung ohne zusätzliche Maßnahmen wäre mit Setzungen und Schiefstellungen über die o.g. Grenzen hinaus zu rechnen.

Im vorliegenden Fall ist für die oberflächliche und oberflächennahe Verdichtung der rolligen Böden bspw. der Einsatz einer **Impulsverdichtung** (z. B. TERRA-MIX Bodenstabilisierungs GmbH) an allen drei WEA-Standorten möglich.

Durch die Impulsverdichtung entstehende Absenktrichter werden abschließend mit vorhandenem bzw. anzufahrendem Material verfüllt und mittels Vibrationsplatte verdichtet.

Alternativ kann das **Rütteldruckverfahren** (z. B. Keller Grundbau GmbH oder Bauer Spezialtiefbau GmbH) eingesetzt werden. Hierbei dringt der vibrierende Rüttler unterstützt durch die Wasserspülung bis in die vorgesehene Tiefe in den Baugrund ein.

Im Anschluss hieran erfolgt die Verdichtung stufenweise von unten nach oben, wobei durch die Vibration das im Boden vorhandene Porenvolumen und damit die Zusammendrückbarkeit vermindert wird. Das Korngerüst wird dabei in eine wenigstens mitteldichte, überwiegend auch dichte Lagerung umgelagert.

Nach dem Ziehen des Rüttlers entstehende Absenktrichter werden – analog zum Impulsverfahren - mit vorhandenem bzw. anzufahrendem Material verfüllt und mittels Vibrationsplatte verdichtet.

Die ausreichend hohe, wenigstens mitteldichte Lagerung der Sande ist nach Durchführung der eines o.g. Verfahren durch Spitzendrucksondierungen (bspw. 3 CPT je Standort) zu prüfen.

Für die Überschüttungen der Fundamente ist geeigneter Boden lagenweise bei entsprechender Verdichtung einzubauen und durch Maßnahmen (z. B. schnell wurzelnde Bepflanzung, Erosionsschutzmatten, o. ä.) gegen witterungsbedingte Erosion zu schützen. Die Aushubböden aus Sanden können für den Wiedereinbau verwendet werden. Von einem erhöhten Verdichtungsaufwand aufgrund der teilweise „einkörnigen" Sande (Bodengruppe SE) ist auszugehen.

6.4 Fundamentherstellung

Unter Berücksichtigung der o. g. Maßnahmen bestehen gegen die Lastabtragung des Frischbeton-gewichts für einen Betonierabschnitt aus geotechnischer Sicht keine Bedenken. Mit „üblichen" Verfor-mungen in Größenordnungen von s ≤ 1,0 cm ist zu rechnen.

7. ZUWEGUNGEN UND KRANSTELLFLÄCHEN

Für die Zuwegungen, die Kranstellflächen sowie die Hilfs-/Montage- und Lagerflächen werden zusätzliche Maßnahmen durch stabilisierende „Polster" mit Geokunststoffen zum Ausschluss von Standsicherheits-gefährdungen empfohlen.

Erfahrungsgemäß wird für die **Zuwegungen** ein „Polster", vorzugsweise aus scharfkantigem Schotter oder auch aus RC-Material (0/32 mm – 0/45 mm) in einer Mächtigkeit zwischen rd. 0,40 m und rd. 0,60 m, mit einer unteren Lage Geogitter/Vlies (z. B. Tensar TriAx TX 150-GD) notwendig.

Im Bereich der **Kranstellflächen** wird erfahrungsgemäß ein 0,60 m bis 0,80 m mächtiges „Polster", vorzugsweise aus scharfkantigem Schotter oder auch aus RC-Material (0/32 mm – 0/45 mm), mit einer unteren Lage Geogitter/Vlies (z. B. Tensar TriAx TX 150-GD) und ggf. einer mittleren Lage Geogitter (z. B. Tensar TriAx TX 150) erforderlich.

Die Hilfs-/Montage- und Lagerflächen können analog dem Aufbau für die Zuwegungen hergestellt werden.

Sämtliche Mutter-/Oberböden müssen ausgeräumt und durch Kiessandboden ersetzt werden. Für die Sande sollte eine Nachverdichtung von der Oberfläche her mit entsprechend tiefwirkendem Gerät erfolgen.

Für eine Nutzung/Verbreiterung bestehender Wege/Straßen sollten entsprechende Recherchen sowie Schürfe zur Feststellung des vorhandenen Aufbaus erfolgen.

In Bereichen vorhandener Gräben werden, je nach Abstand der Zuwegungen, Kranstell- und befestigten Flächen, ggf. noch Böschungs-/Grundbruchberechnungen notwendig. Hierzu muss bei Bedarf eine Abstimmung erfolgen.

Richtlinien für die Verlegung der Geotextilien, u. a. nach Herstellervorgaben (z. B. Überlappung, etc.), sind einzuhalten.

Der Einsatz von lastverteilenden Aluminiumplatten, insbesondere im Bereich von „Hilfsflächen" und Lagerflächen, ist möglich. Eine Abstimmung hierzu sollte dann noch erfolgen.

Auch bei den o. g. Maßnahmen sind Verformungen zu erwarten. Die Maßnahmen bzw. Polster/Geokunststoffe werden Setzungen vergleichmäßigen und Standsicherheitsgefährdungen ausschließen. Die Verformungen müssen ggf. im Bauablauf ausgeglichen bzw. nachjustiert werden. Bei Auffälligkeiten/Besonderheiten im Zuge der Kranaufstellung bzw. nach Aufbringen der entsprechenden Stützdrücke sind wir unverzüglich hinzuzuziehen. Eine entsprechende Kontrolle der Kranstützen bzw. der Lastverteilungsplatten durch die Bauleitung und den Kranführer muss erfolgen.

Auf die Notwendigkeit einer fachgerechten Verdichtung der eingebauten Materialien mit entsprechend tiefwirkendem und abschließend mit „kleinem Gerät" wird hingewiesen. Die Verdichtungsenergie ist auf die anstehenden, teilweise „empfindlichen" Böden, das Grundwasser, die Einbaulagen und das zu verdichtende Material abzustimmen.

Auf den „Tragschichten" sollten erfahrungsgemäß Verformungsmoduli von $E_{V2} \geq 80$ MN/m² (Zuwegungen) und $E_{V2} \geq 100$ MN/m² (Kranstellflächen) mittels statischer Plattendruckversuche nachgewiesen werden (Verhältniswert $E_{V2}/E_{V1} \leq 2{,}3$). Nachträgliche „Aufschotterungen" bei Nichterreichen der geforderten Werte sind nicht auszuschließen. Gegebenenfalls sollten Probefelder angelegt und Plattendruckversuche vorgenommen werden. Die Termine für Verdichtungskontrollen sind uns rechtzeitig bekannt zu geben.

Eine endgültige Dimensionierung der „Polster" und der Geokunststoffe, im Wesentlichen nach Festlegung der zum Einsatz kommenden Krane, wird noch notwendig. Lastverteilungskonstruktionen und Randabstände müssen noch festgelegt werden. Grundbruchberechnungen werden notwendig. Eine Anpassung der o. g. Maßnahmen wird ggf. erforderlich.

Zur Trockenhaltung sollten in Bereichen von „Senken" Drainagen eingebaut werden, die eine rückstausichere Entwässerung gewährleisten. Die Ausbildung der Drainagen ist in Anlehnung an die DIN 4095 vorzunehmen. Die Ausbauhöhen der Zuwegungen und Baustellflächen sollten unter Berücksichtigung möglicher Überflutungen des Geländes festgelegt werden.

8. TROCKEN-/WASSERHALTUNG

Die Gründungsebenen der geplanten Windenergieanlagen sind unter Einhaltung der Anforderungen entsprechend festzulegen.

Für die fachgerechte Durchführung der Tiefbauarbeiten werden bedingt durch den aktuell ca. unterhalb der Mutterbodenschicht ggf. Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich. Die Dimensionierung der Wasserhaltungen muss entsprechend dem anfallenden Wasserdargebot vor Ort während des Baugrubenaushubes vorgenommen werden. Die Wasserhaltungen müssen so dimensioniert werden, dass eine Absenkung bis mind. 0,50 m unter geplanter Aushubebene gewährleistet wird. Bei der Bemessung sind die zu erstellenden Leerrohrgräben, die rd. 0,70 m unter der Fundamentsohle verlaufen, zu berücksichtigen.
Erfahrungsgemäß lässt sich die Trockenhaltung der Baugruben für die projektierten Windenergieanlagenfundamente mit eingefrästen und verkieselten Horizontaldrainagen oder ggf. mit eng gestaffelten, ummantelten Kleinfiltern (Vakuum) in Kombination mit offenen Wasserhaltungen (Pumpensümpfe und Drainagen) durchführen.

Vor Beginn der Gründungsarbeiten sollten an jedem WEA-Standort Baggerschurfe angelegt werden, um den zu diesem Zeitpunkt vorherrschenden Grundwasserflurabstand zu erkunden. Ggf. kann dann auf die o.g. Maßnahmen verzichtet werden. Durch unser Büro kann hierzu bei Bedarf Stellung genommen werden bzw. die Schurfe können in Gegenwart des Unterzeichners vorgenommen werden.

Bei einer Ausführung von eingefrästen Drainagen wird eine Abstimmung hinsichtlich der Rüttelstopfverdichtung notwendig. Nachverdichtungsmaßnahmen sind zu erwarten.

Für den Einsatz einer geschlossenen Wasserhaltung sind leichte Einflüsse auf „die Umgebung" nicht vollständig auszuschließen. Die Wasserhaltungen erfordern behördliche Zustimmungen, u. a. auch mit entsprechender Genehmigung zur Wassereinleitung. Den Anforderungen des WHG (Wasserhaushaltsgesetz) ist zu entsprechen.

9. ZUSAMMENFASSUNG

	STICHWORT	***ABSCHNITT***
Unterhalb humoser Deckschichten (Mutter-/Oberböden), die Mächtigkeiten zwischen rd. 0,40 m und rd. 0,80 m aufweisen, wurden vorwiegend Sande erbohrt. In der WEA 1 BS 1 und WEA 2 BS 1 wurden ab 12 m Geschiebemergel angetroffen.	BODENSCHICHTUNG	4.2
Im Zuge der Feldarbeiten wurden Wasserstände zwischen rd. 0,60 m und rd. 1,60 m unter Geländeoberfläche bzw. zwischen rd. 18,58 mNHN und rd. 16,26 mNHN eingemessen. Mit Schwankungen und Aufstaus sowie lokalen und temporären Überflutungen des Geländes ist zu rechnen.	WASSER	5
Für Flachgründungen werden baugrundverbessernde Maßnahmen mit einem Verfahren des Spezialtiefbaus empfohlen.	GRÜNDUNG	6
Die Standsicherheit für „Großgeräte" und die Krane ist unbedingt zu gewährleisten. Entsprechende Maßnahmen und Nachweise sowie eine endgültige Abstimmung müssen noch erfolgen.	ZUWEGUNGEN UND KRANSTELLFLÄCHEN	7
	STICHWORT	***ABSCHNITT***
Für eine fachgerechte Durchführung der Tiefbauarbeiten werden ggf. Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich. Der Grundwasserflurabstand an jedem Standort ist kurz vor Baubeginn mittels Baggerschurfen zu prüfen.	TROCKEN-/WASSERHALTUNG	8



Dipl.-Geol. Stefan Kindt

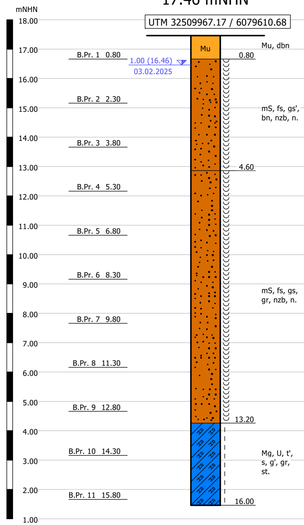
GSB GrundbauINGENIEURE GmbH

Datei: H:\Auftraege\2024\0685-24\0685-24-001-WP\Zeichnungen\0685-24-001-Profile-01_WEA1.bop

WEA 1 BS 1

17.46 mNHN

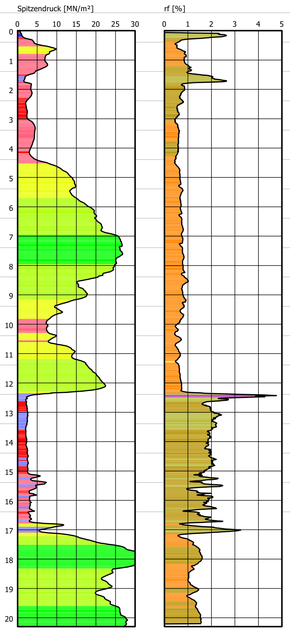
UTM 32509967.17 / 6079610.68



WEA 1 CPT-1

17.39 mNHN

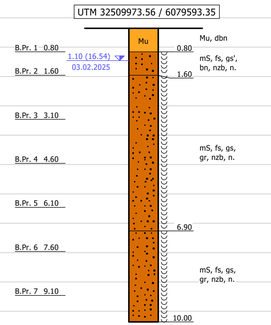
UTM 32509967.67 / 6079610.48



WEA 1 BS 2

17.64 mNHN

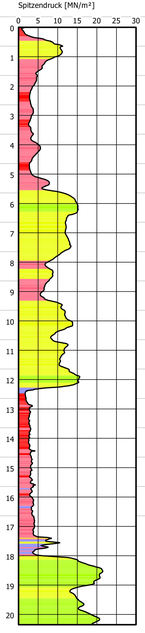
UTM 32509973.56 / 6079593.35



WEA 1 CPT-2

17.64 mNHN

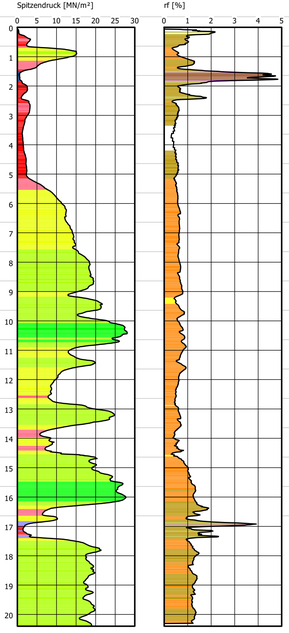
UTM 32509972.92 / 6079592.7



WEA 1 CPT-3

17.64 mNHN

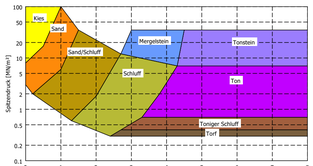
UTM 32509954.77 / 6079595.91



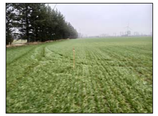
Legende Spitzendruck

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht
- breiig
- breiig - weich
- steif
- halbfest
- fest

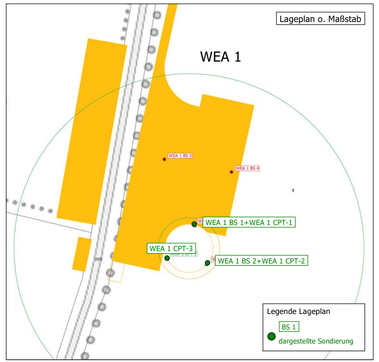
Bodenidentifikations-Diagramm











Legende Bodenarten und Konsistenzen, Auszug aus DIN 4023

steif / nass

- Mu (Mutterboden)
- A (Auffüllung)
- G (Kies)
- fG (Feinkies)
- mG (Mittelkies)
- gG (Grobkies)
- S (Sand)
- fS (Feinsand)
- mS (Mittelsand)
- gS (Grobsand)
- U (Schluff)
- T (Ton)
- H (Torf)
- F (Mudde)
- HF (Torfmudde)
- Klei (Klei)
- Lg (Geschiebelehm)
- Mg (Geschiebemergel)

Legende allgemein + Grundwasser

- Aufbewahrungszeit der Proben mind. 3 Monate
- Geländelinien geradlinig interpoliert
- Grundwasserstände sind nicht ausgepegelt !
- 2,45 30.05.00 GW Bohrende

Bohrpunktlagen in UTM/ETRS89-Koordinaten (Genauigkeit: Lage +/-2 cm; Höhe +/-4 cm). Die angegebenen Koordinaten sind maßgeblich. Die tatsächliche Lage der Bohrpunkte ist aus den UTM-Werten herzuleiten. Die Lage der Bohrpunkte ist nur skizzenhaft aufgetragen. Unsere Höheneinmessung ersetzt nicht das Einmessen durch den Vermesser.

GSB GrundbauINGENIEURE GmbH
Bovenauer Straße 4
24796 Bredenbek
www.gsb.sh
info@gsb.sh
04334 / 18 168 0
04334 / 18 168 22

BODENPROFILE gem. DIN 4023

Auftraggeber:
BWP BB Wind GmbH & Co. KG

Bauvorhaben:
BWP BB Wind Erweiterung
Errichtung von 3 Windenergieanlagen - hier: WEA 1
im WP Weesby Böxlund
24994 Weesby, Weesbydamm

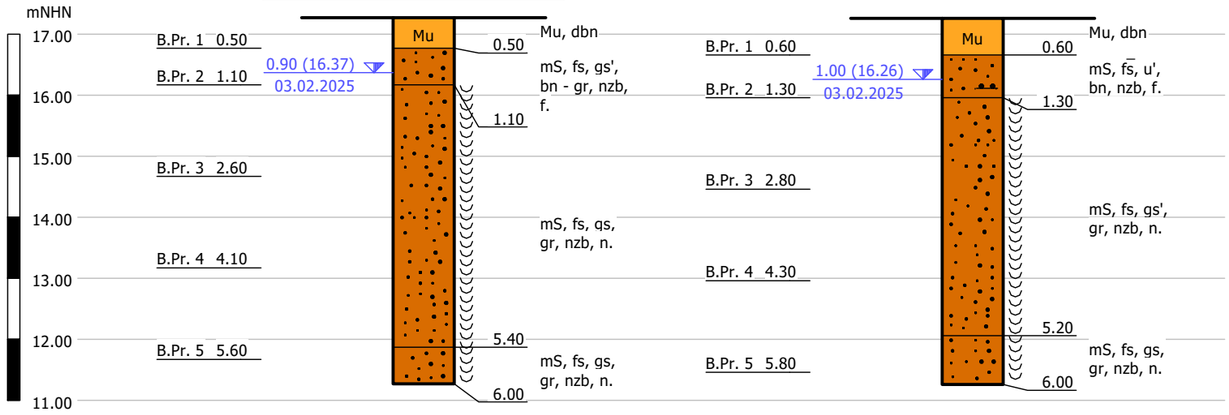
Auftragsnummer:	0685-24-001
Anlage:	1.1
Maßstab:	1:100, Lageplan o. Maßstab
Bearbeiter:	KL/tr,ha
Erstellungsdatum:	10.02.2025
Bohrdatum/Bohrtruppführer:	03.02. - 05.02.2025/ru

Datei: H:\Auftraege\2024\0685-24\0685-24-001-WP\Zeichnungen\0685-24-001-Profile-02_WEA1_Kran.bop

WEA 1 BS 4

17.27 mNHN

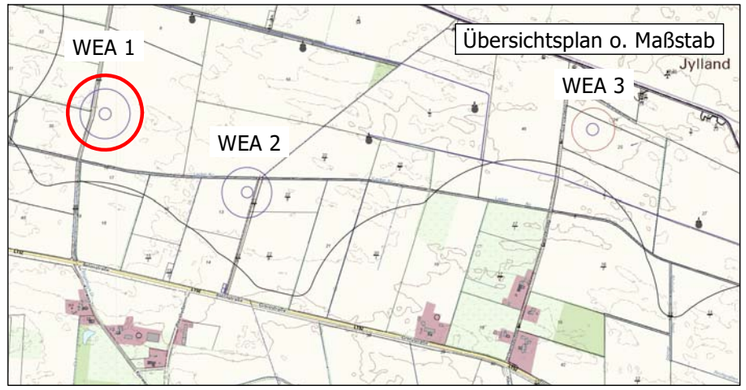
UTM 32509984.36 / 6079634.81

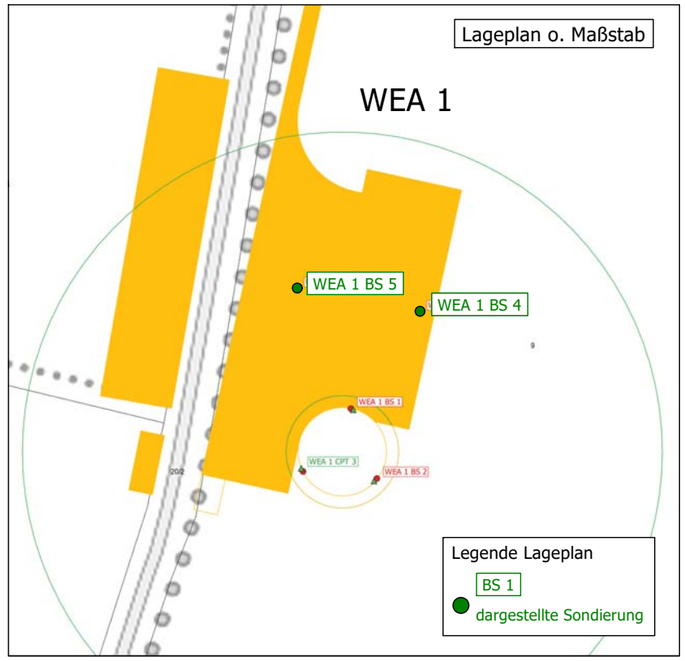


WEA 1 BS 5

17.26 mNHN

UTM 32509953.83 / 6079640.56









Legende allgemein + Grundwasser

- Aufbewahrungszeit der Proben mind. 3 Monate
- Geländelinien geradlinig interpoliert
- Grundwasserstände sind nicht ausgepegelt !
- 2,45 / 30.05.00 GW Bohrende

Bohrpunktlagen in UTM/ETRS89-Koordinaten (Genauigkeit: Lage +/-2 cm; Höhe +/-4 cm). Die angegebenen Koordinaten sind maßgeblich. Die tatsächliche Lage der Bohrpunkte ist aus den UTM-Werten herzuleiten. Die Lage der Bohrpunkte ist nur skizzenhaft aufgetragen. Unsere Höheneinmessung ersetzt nicht das Einmessen durch den Vermesser.

Legende Bodenarten und Konsistenzen, Auszug aus DIN 4023

nass	Mu (Mutterboden)	S (Sand)	H (Torf)
	A (Auffüllung)	fS (Feinsand)	F (Mudde)
	G (Kies)	mS (Mittelsand)	HF (Torfmudde)
	fG (Feinkies)	gS (Grobsand)	Klei (Klei)
	mG (Mittelkies)	U (Schluff)	Lg (Geschiebelehm)
	gG (Grobkies)	T (Ton)	Mg (Geschiebemergel)

GSB GrundbauINGENIEURE GmbH
Bovenauer Straße 4
24796 Bredenbek
www.gsb.sh
info@gsb.sh
04334 / 18 168 0
04334 / 18 168 22

BODENPROFILE gem. DIN 4023

Auftraggeber:
BWP BB Wind GmbH & Co. KG

Bauvorhaben:
BWP BB Wind Erweiterung
Errichtung von 3 Windenergieanlagen - hier: WEA 1
im WP Weesby Böxlund, Weesbydamm
24994 Weesby

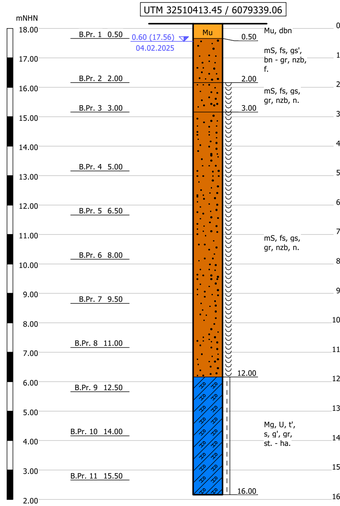
Auftragsnummer:	0685-24-001
Anlage:	1.2
Maßstab:	1:100, Lageplan o. Maßstab
Bearbeiter:	KI/tr,ha
Erstellungsdatum:	10.02.2025
Bohrdatum/Bohrtruppführer:	03.02. - 05.02.2025/ru

Datei: H:\Auftraege\2024\0685-24\0685-24-001-WP\Zeichnungen\0685-24-001-Profile-03_WEA2.bop

WEA 2 BS 1

18.16 mNHN

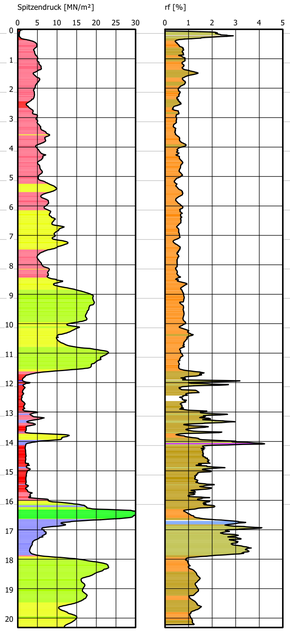
UTM 32510413.45 / 6079339.06



WEA 2 CPT-1

18.14 mNHN

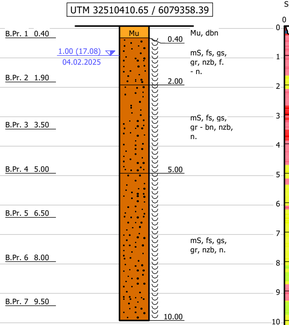
UTM 32510412.66 / 6079339.74



WEA 2 BS 2

18.08 mNHN

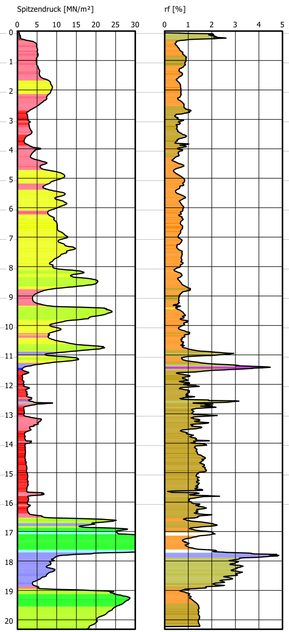
UTM 32510410.65 / 6079358.39



WEA 2 CPT-2

18.08 mNHN

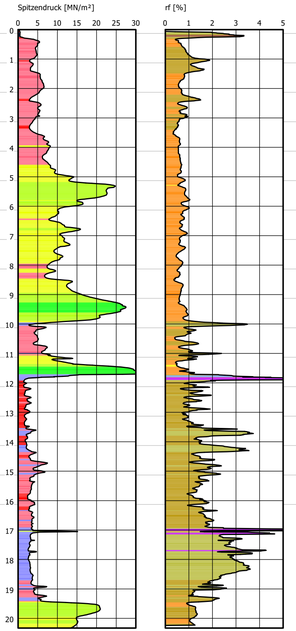
UTM 32510411.50 / 6079359.33



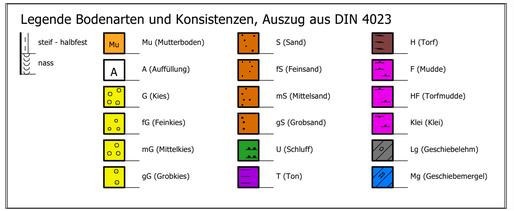
WEA 2 CPT-3

18.13 mNHN

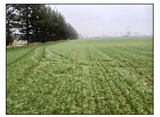
UTM 32510427.98 / 6079350.26



Legende Bodenarten und Konsistenzen, Auszug aus DIN 4023



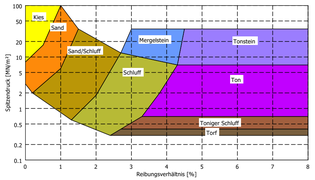




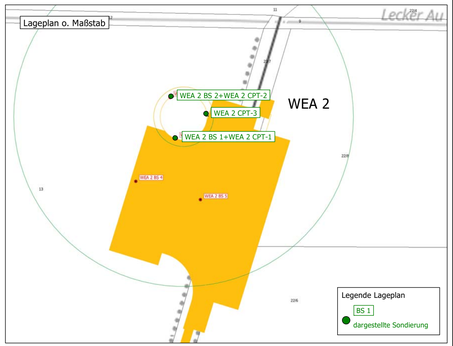
Legende Spitzendruck

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht
- breiig
- breiig - weich
- steif
- halbfest
- fest

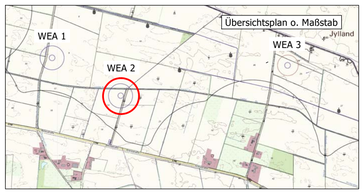
Bodenidentifikations-Diagramm



Lageplan o. Maßstab



Übersichtsplan o. Maßstab



Legende allgemein + Grundwasser

- Aufbewahrungszeit der Proben mind. 3 Monate
- Geländelinien geradlinig interpoliert
- Grundwasserstände sind nicht ausgepegelt !
- 2,45 ▽ 30.05.00 GW Bohrende

Bohrpunktlagen in UTM/ETRS89-Koordinaten (Genauigkeit: Lage +/-2 cm; Höhe +/-4 cm). Die angegebenen Koordinaten sind maßgeblich. Die tatsächliche Lage der Bohrpunkte ist aus den UTM-Werten herzuleiten. Die Lage der Bohrpunkte ist nur skizzenhaft aufgetragen. Unsere Höheneinmessung ersetzt nicht das Einmessen durch den Vermesser.

GSB GmbH
Grundbauingenieure
Ravensaer Straße 4
24796 Bredenbek
www.gsb.sh
info@gsb.sh
04334 / 18 168 0
04334 / 18 168 22

BODENPROFILE gem. DIN 4023

Auftraggeber:
BWP BB Wind GmbH & Co. KG

Bauvorhaben:
BWP BB Wind Erweiterung
Errichtung von 3 Windenergieanlagen - hier: WEA 2
im WP Weesby Böxlund
24994 Weesby, Weesbydamm

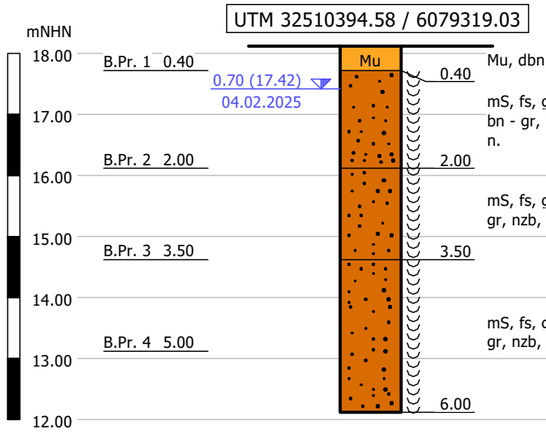
Auftragsnummer:	0685-24-001
Anlage:	1.3
Maßstab:	1:100, Lageplan o. Maßstab
Bearbeiter:	KI/tr,ha
Erstellungsdatum:	10.02.2025
Bohrdatum/Bohrtruppführer:	03.02. - 05.02.2025/ru

Datei: H:\Auftraege\2024\0685-24\0685-24-001-WP\Zeichnungen\0685-24-001-Profile-04_WEA2_Kran.bop

WEA 2 BS 4

18.12 mNHN

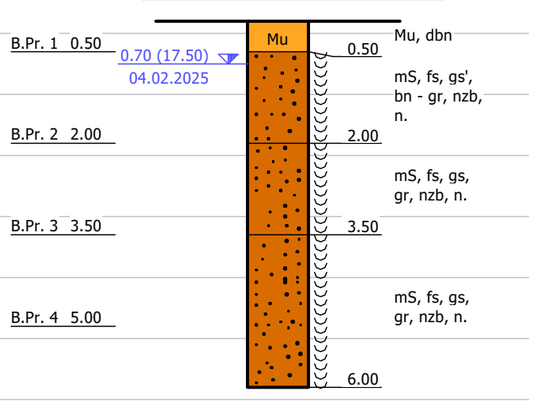
UTM 32510394.58 / 6079319.03

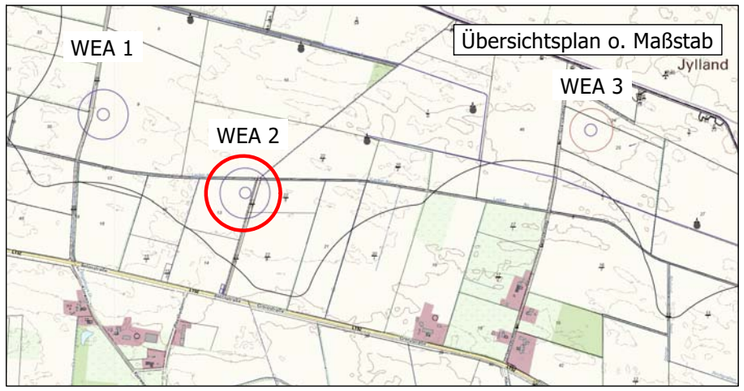


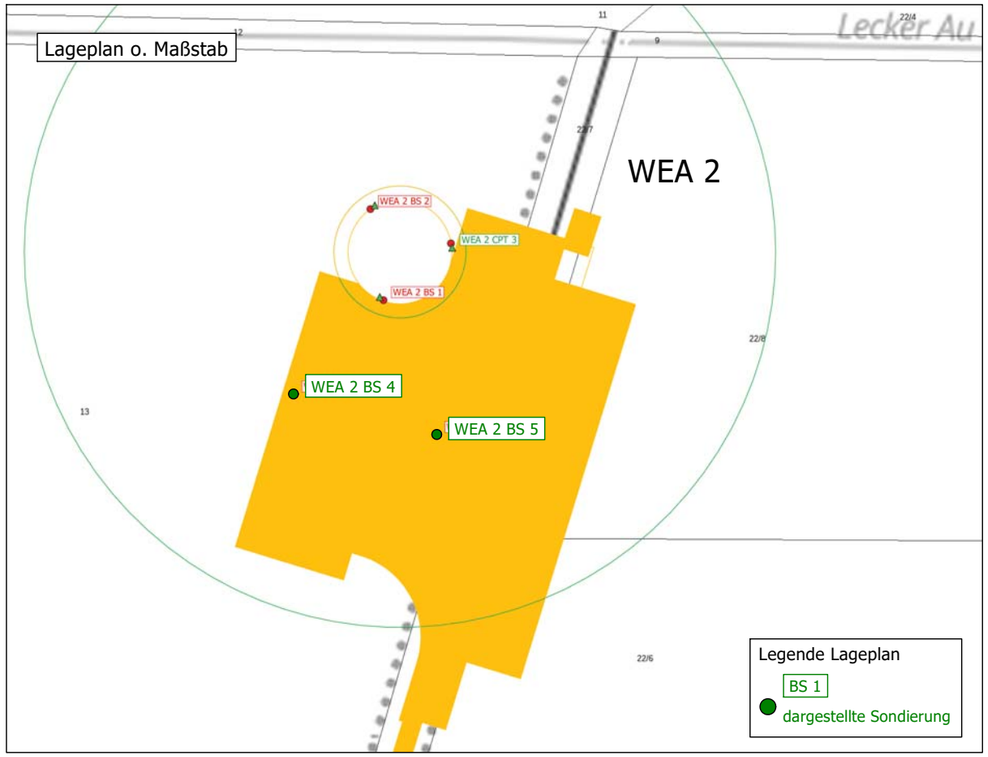
WEA 2 BS 5

18.20 mNHN

UTM 32510422.15 / 6079311.11







Legende allgemein + Grundwasser

- Aufbewahrungszeit der Proben mind. 3 Monate
- Geländelinien geradlinig interpoliert
- Grundwasserstände sind nicht ausgepegelt !
- 2,45 / 30.05.00 GW Bohrende



Bohrpunktlagen in UTM/ETRS89-Koordinaten (Genauigkeit: Lage +/-2 cm; Höhe +/-4 cm). Die angegebenen Koordinaten sind maßgeblich. Die tatsächliche Lage der Bohrpunkte ist aus den UTM-Werten herzuleiten. Die Lage der Bohrpunkte ist nur skizzenhaft aufgetragen. Unsere Höheneinmessung ersetzt nicht das Einmessen durch den Vermesser.



Legende Bodenarten und Konsistenzen, Auszug aus DIN 4023

nass	Mu	Mu (Mutterboden)	S (Sand)	H (Torf)	
	A	A (Auffüllung)	fS (Feinsand)	F (Mudde)	
	G	G (Kies)	mS (Mittelsand)	HF (Torfmudde)	
	fG	fG (Feinkies)	gS (Grobsand)	Klei (Klei)	
	mG	mG (Mittelkies)	U (Schluff)	Lg (Geschiebelehm)	
	gG	gG (Grobkies)	T (Ton)	Mg (Geschiebemergel)	

GSB GrundbauINGENIEURE GmbH
Bovenauer Straße 4
24796 Bredenbek
www.gsb.sh
info@gsb.sh
04334 / 18 168 0
04334 / 18 168 22

BODENPROFILE gem. DIN 4023

Auftraggeber:
BWP BB Wind GmbH & Co. KG

Bauvorhaben:
BWP BB Wind Erweiterung
Errichtung von 3 Windenergieanlagen - hier: WEA 2
im WP Weesby Böxlund, Weesbydamm
24994 Weesby

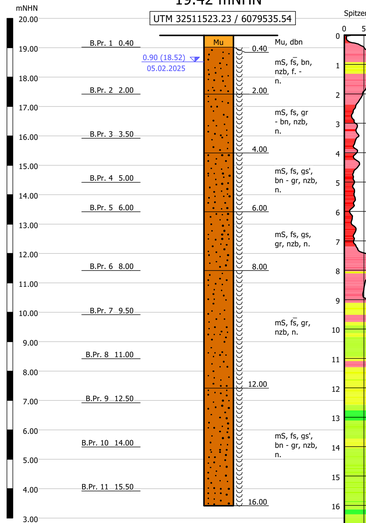
Auftragsnummer:	0685-24-001
Anlage:	1.4
Maßstab:	1:100, Lageplan o. Maßstab
Bearbeiter:	KI/tr,ha
Erstellungsdatum:	10.02.2025
Bohrdatum/Bohrtruppführer:	03.02. - 05.02.2025/ru

Datei: H:\Auftraege\2024\0685-24\0685-24-001-WP\Zeichnungen\0685-24-001-Profile-05_WEA3.bop

WEA 3 BS 1

19.42 mNHN

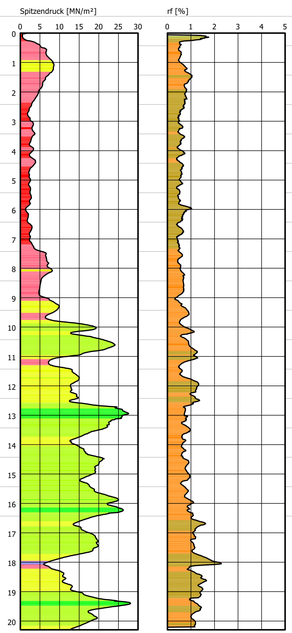
UTM 32511523.23 / 6079535.54



WEA 3 CPT-1

19.43 mNHN

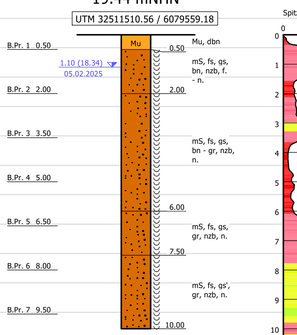
UTM 32511522.30 / 6079535.53



WEA 3 BS 2

19.44 mNHN

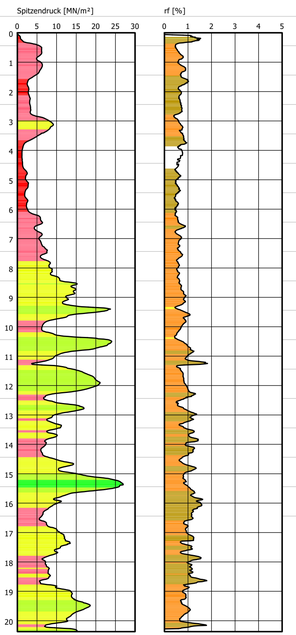
UTM 32511510.56 / 6079559.18



WEA 3 CPT-2

19.44 mNHN

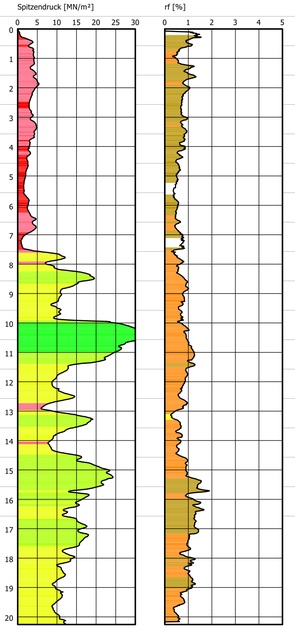
UTM 32511511.22 / 6079559.72



WEA 3 CPT-3

19.57 mNHN

UTM 32511533.06 / 6079553.95

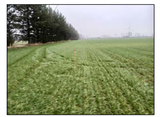


Legende Bodenarten und Konsistenzen, Auszug aus DIN 4023

nass

Mu	Mu (Mutterboden)	S (Sand)	H (Torf)
A	A (Auffüllung)	fS (Feinsand)	F (Mudde)
G (Kies)		mS (Mittelsand)	HF (Torfmudde)
fG (Feinkies)		gS (Grobsand)	Klei (Klei)
mG (Mittelkies)		U (Schluff)	Lg (Geschiebelehm)
gG (Grobkies)		T (Ton)	Mg (Geschiebemergel)

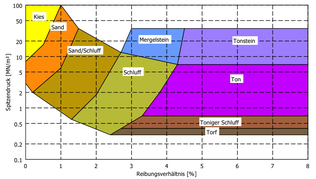


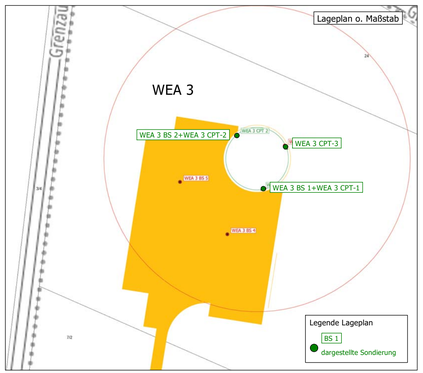


Legende Spitzendruck

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht
- breiig
- breiig - weich
- steif
- halbfest
- fest

Bodenidentifikations-Diagramm







Legende allgemein + Grundwasser

- Aufbewahrungszeit der Proben mind. 3 Monate
- Geländelinien geradlinig interpoliert
- Grundwasserstände sind nicht ausgepegelt !
- 2.45 30.05.00 GW Bohrende

Bohrpunktlagen in UTM/ETRS89-Koordinaten (Genauigkeit: Lage +/-2 cm; Höhe +/-4 cm). Die angegebenen Koordinaten sind maßgeblich. Die tatsächliche Lage der Bohrpunkte ist aus den UTM-Werten herzuleiten. Die Lage der Bohrpunkte ist nur skizzenhaft aufgetragen. Unsere Höheneinmessung ersetzt nicht das Einmessen durch den Vermesser.

GSB GmbH
GrundbauINGENIEURE
Bovenauer Straße 4
24796 Bredenbek
www.gsb.sh
info@gsb.sh
04334 / 18 168 0
04334 / 18 168 22

BODENPROFILE gem. DIN 4023

Auftraggeber:
BWP BB Wind GmbH & Co. KG

Bauvorhaben:
BWP BB Wind Erweiterung
Errichtung von 3 Windenergieanlagen - hier: WEA 3
im WP Weesby Böxlund, Weesbydamm
24994 Weesby

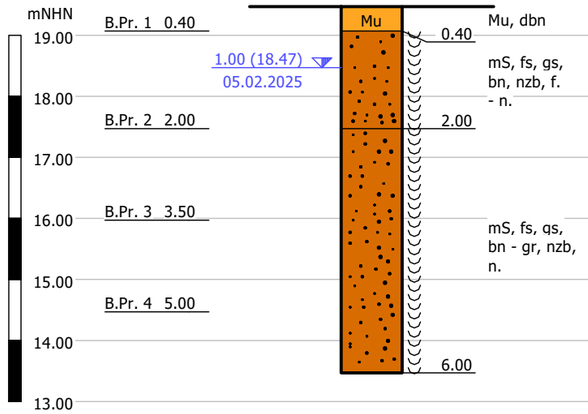
Auftragsnummer:	0685-24-001
Anlage:	1.5
Maßstab:	1:100, Lageplan o. Maßstab
Bearbeiter:	KI/tr,ha
Erstellungsdatum:	10.02.2025
Bohrdatum/Bohrtruppführer:	03.02. - 05.02.2025/ru

Datei: H:\Auftraege\2024\0685-24\0685-24-001-WP\Zeichnungen\0685-24-001-Profile-06_WEA3_Kran.bop

WEA 3 BS 4

19.47 mNHN

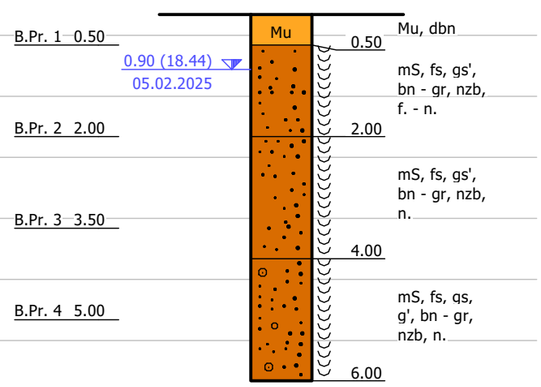
UTM 32511506.73 / 6079515.18

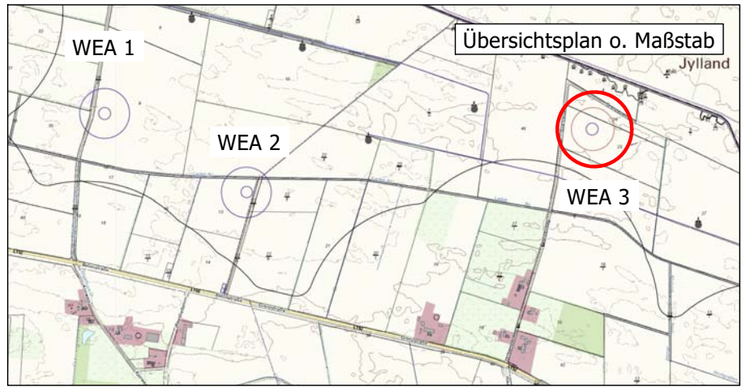


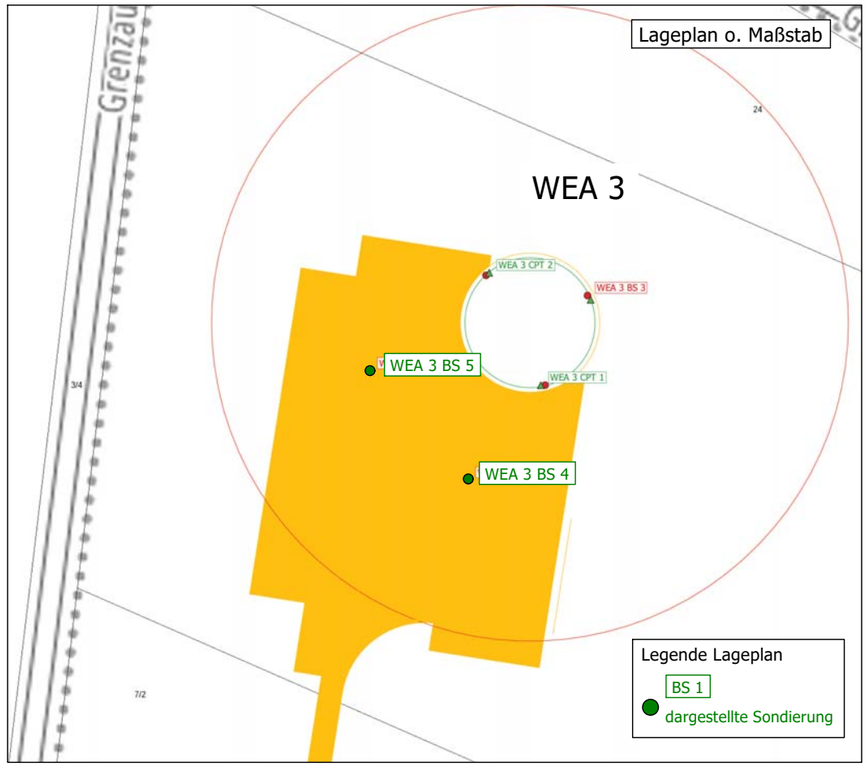
WEA 3 BS 5

19.34 mNHN

UTM 32511485.54 / 6079538.58







Legende allgemein + Grundwasser

- Aufbewahrungszeit der Proben mind. 3 Monate
- Geländelinien geradlinig interpoliert
- Grundwasserstände sind nicht ausgepegelt !
- 2,45 / 30.05.00 GW Bohrende





Bohrpunktlagen in UTM/ETRS89-Koordinaten (Genauigkeit: Lage +/-2 cm; Höhe +/-4 cm). Die angegebenen Koordinaten sind maßgeblich. Die tatsächliche Lage der Bohrpunkte ist aus den UTM-Werten herzuleiten. Die Lage der Bohrpunkte ist nur skizzenhaft aufgetragen. Unsere Höheneinmessung ersetzt nicht das Einmessen durch den Vermesser.

Legende Bodenarten und Konsistenzen, Auszug aus DIN 4023

nass	Mu	Mu (Mutterboden)	S (Sand)	H (Torf)	
	A	A (Auffüllung)	fS (Feinsand)	F (Mudde)	
	G	G (Kies)	mS (Mittelsand)	HF (Torfmudde)	
	fG	fG (Feinkies)	gS (Grobsand)	Klei (Klei)	
	mG	mG (Mittelkies)	U (Schluff)	Lg (Geschiebelehm)	
	gG	gG (Grobkies)	T (Ton)	Mg (Geschiebemergel)	

GSB GrundbauINGENIEURE GmbH
Bovenauer Straße 4
24796 Bredenbek
www.gsb.sh
info@gsb.sh
04334 / 18 168 0
04334 / 18 168 22

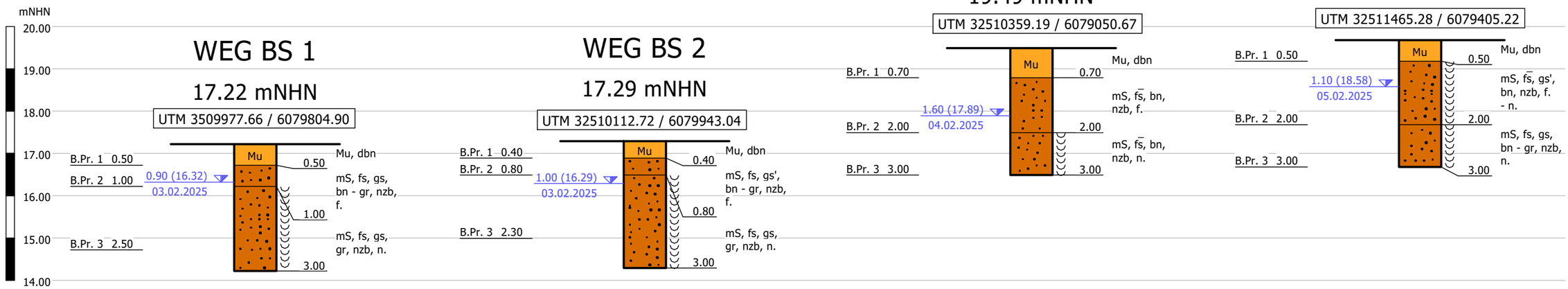
BODENPROFILE gem. DIN 4023

Auftraggeber:
BWP BB Wind GmbH & Co. KG

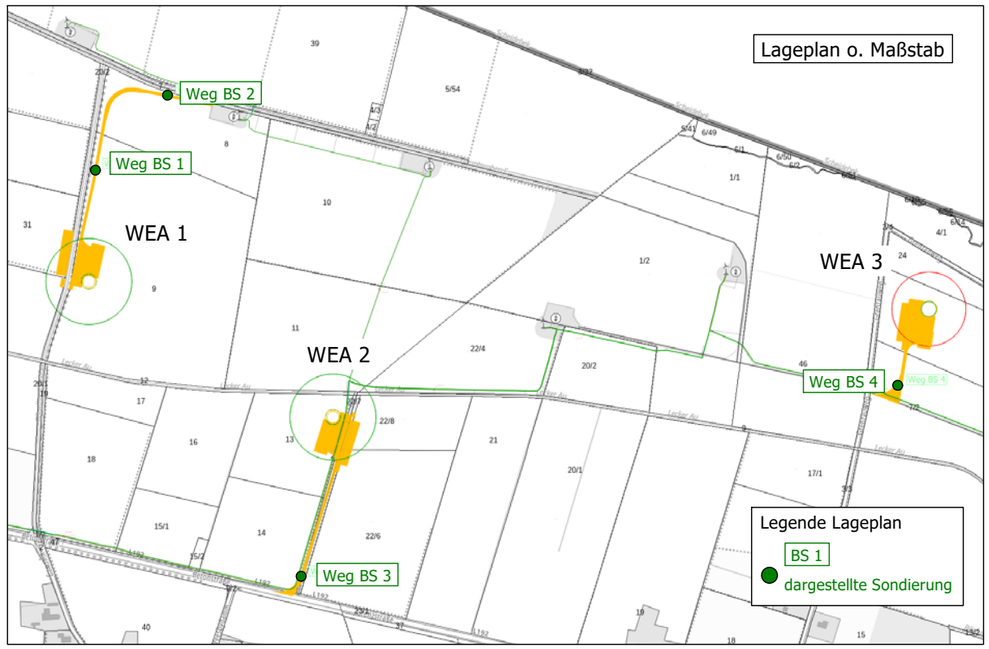
Bauvorhaben:
BWP BB Wind Erweiterung
Errichtung von 3 Windenergieanlagen - hier: WEA 3
im WP Weesby Böxlund, Weesbydamm
24994 Weesby

Auftragsnummer:	0685-24-001
Anlage:	1.6
Maßstab:	1:100, Lageplan o. Maßstab
Bearbeiter:	KI/tr,ha
Erstellungsdatum:	10.02.2025
Bohrdatum/Bohrtruppführer:	03.02. - 05.02.2025/ru

Datei: H:\Auftraege\2024\0685-24\0685-24-001-WP\Zeichnungen\0685-24-001-Profile-07_Weg.bop



Lageplan o. Maßstab



Legende allgemein + Grundwasser

- Aufbewahrungszeit der Proben mind. 3 Monate
- Geländelinien geradlinig interpoliert
- Grundwasserstände sind nicht ausgepegelt !
- 2,45 / 30.05.00 GW Bohrende





Bohrpunktlagen in UTM/ETRS89-Koordinaten (Genauigkeit: Lage +/-2 cm; Höhe +/-4 cm). Die angegebenen Koordinaten sind maßgeblich. Die tatsächliche Lage der Bohrpunkte ist aus den UTM-Werten herzuleiten. Die Lage der Bohrpunkte ist nur skizzenhaft aufgetragen. Unsere Höheneinmessung ersetzt nicht das Einmessen durch den Vermesser.

Legende Bodenarten und Konsistenzen, Auszug aus DIN 4023

nass	Mu (Mutterboden)	S (Sand)	H (Torf)
	A (Auffüllung)	fS (Feinsand)	F (Mudde)
	G (Kies)	mS (Mittelsand)	HF (Torfmudde)
	fG (Feinkies)	gS (Grobsand)	Klei (Klei)
	mG (Mittelkies)	U (Schluff)	Lg (Geschiebelehm)
	gG (Grobkies)	T (Ton)	Mg (Geschiebemergel)

GSB GmbH
GrundbauINGENIEURE
Bovenauer Straße 4
24796 Bredenbek
www.gsb.sh
info@gsb.sh
04334 / 18 168 0
04334 / 18 168 22

BODENPROFILE gem. DIN 4023

Auftraggeber:
BWP BB Wind GmbH & Co. KG

Bauvorhaben:
BWP BB Wind Erweiterung
Errichtung von 3 Windenergieanlagen - hier: Weg
im WP Weesby Böxlund, Weesbydamm
24994 Weesby

Auftragsnummer:	0685-24-001
Anlage:	1.7
Maßstab:	1:100, Lageplan o. Maßstab
Bearbeiter:	KI/tr,ha
Erstellungsdatum:	10.02.2025
Bohrdatum/Bohrtruppführer:	03.02. - 05.02.2025/ru

GrundbauINGENIEURE GmbH

Bovenauer Straße 4 24796 Bredenbek

04334 / 18168-0 Fon www.gsb.sh web

04334 / 18168-22 Fax info@gsb.sh mail

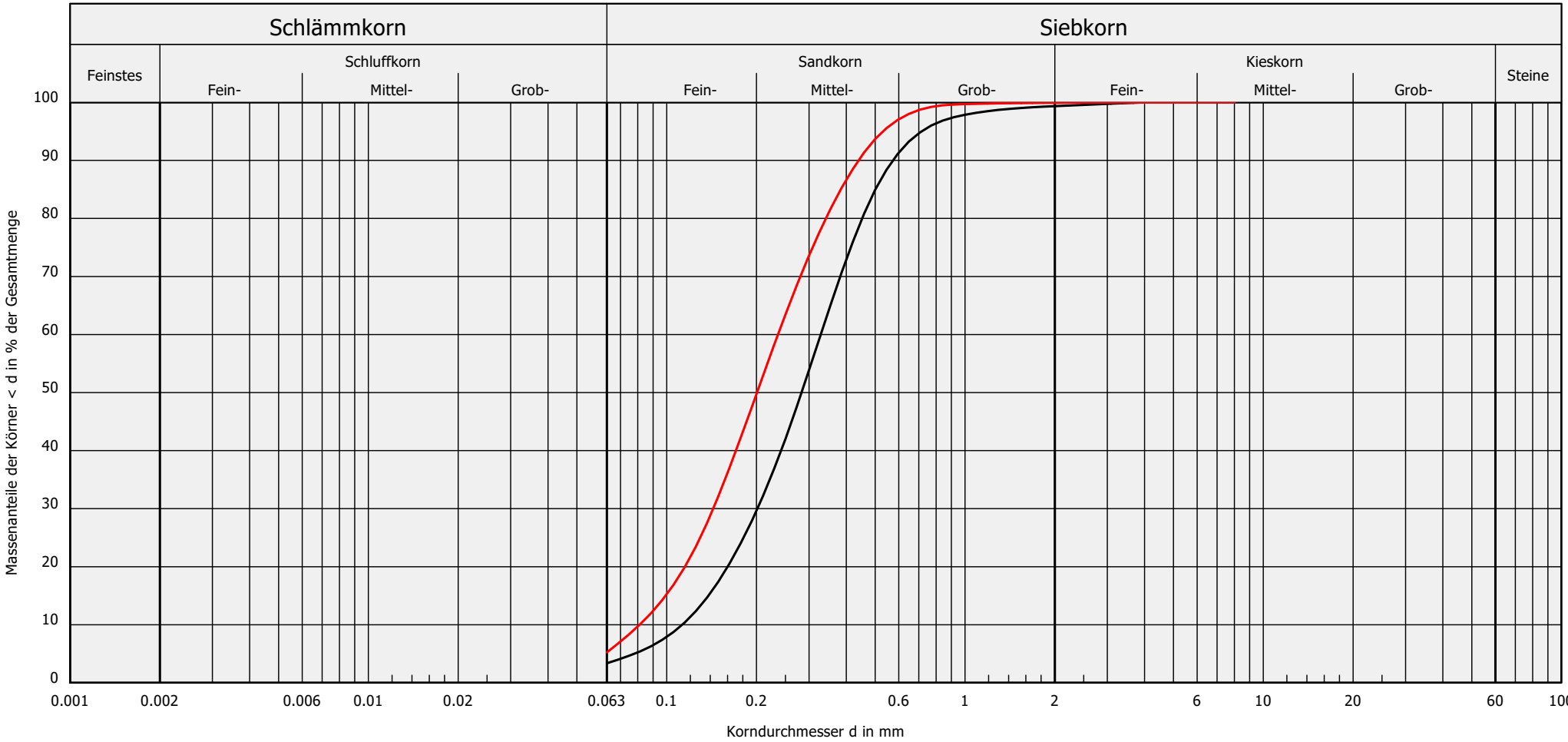
Körnungslinie

DIN EN ISO 17892-4

BV: BWP BB Wind Erweiterung - Errichtung von 3 Windenergieanlagen
Windpark Weesby Böxlund, 24994 Weesby, -WEA 1-

AG: BWP BB Wind GmbH & Co. KG

Arbeitsweise: Nassabsiebung



Signatur:	Bezeichnung:	Tiefe:	Bodenart:	U/Cc	T/U/S/G [%]:	k [m/s] (Hazen):	Frostsicherheit:	Bodengruppe:
———	WEA 1 / BS 1	2,30 m	mS, fs, gs'	2.9/1.1	- /3.4/96.0/0.7	$1.5 \cdot 10^{-4}$	F1	SE
———	WEA 1 / BS 2	3,10 m	fS, mS, u'	2.9/1.1	- /5.2/94.7/0.1	$7.6 \cdot 10^{-5}$	F1	SU

Bemerkungen:
h:\Auf_2024\0685-24\
Labor\KVS\
0685-24-KVS-01



Bearbeiter: tr Datum: 18.02.2025

Auftragsnummer: 0685-24-001

Anlage: 2.1

GrundbauINGENIEURE GmbH

Bovenauer Straße 4 24796 Bredenbek

04334 / 18168-0 Fon www.gsb.sh web

04334 / 18168-22 Fax info@gsb.sh mail

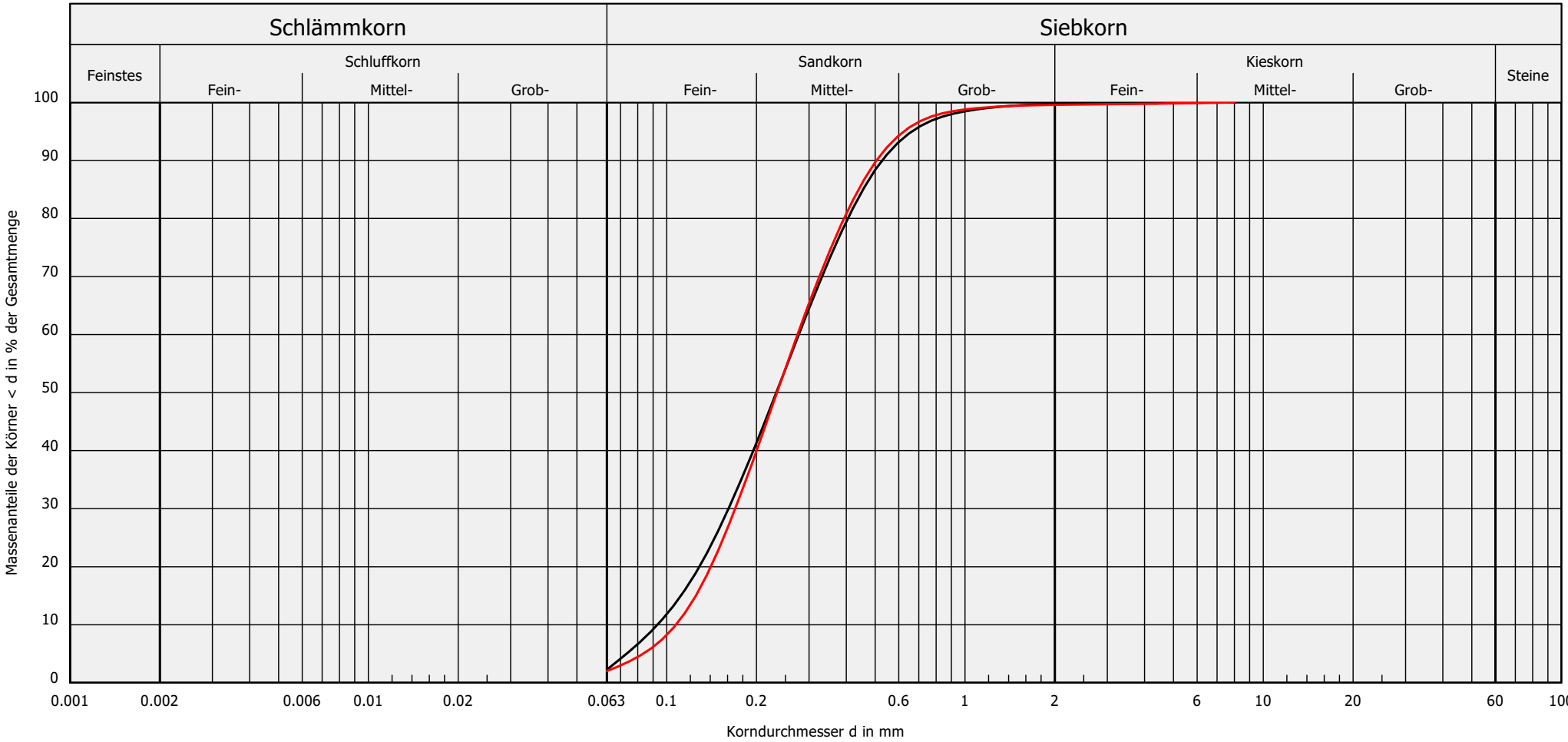
Körnungslinie

DIN EN ISO 17892-4

BV: BWP BB Wind Erweiterung - Errichtung von 3 Windenergieanlagen
Windpark Weesby Böxlund, 24994 Weesby, -WEA 2-

AG: BWP BB Wind GmbH & Co. KG

Arbeitsweise: Nassabsiebung



Signatur:	Bezeichnung:	Tiefe:	Bodenart:	U/Cc	T/U/S/G [%]:	k [m/s] (Hazen):	Frostsicherheit:	Bodengruppe:
———	WEA 2 / BS 1	2,00 m	mS, fs̄, gs'	3.0/1.0	- /2.3/97.4/0.3	$1.0 \cdot 10^{-4}$	F1	SE
———	WEA 2 / BS 2	3,50 m	mS, fs̄, gs'	2.6/1.0	- /2.0/97.5/0.4	$1.3 \cdot 10^{-4}$	F1	SE

Bemerkungen:
h:\Auf_2024\0685-24\
Labor\KVS\
0685-24-KVS-02



Bearbeiter: tr Datum: 18.02.2025

Auftragsnummer: 0685-24-001
Anlage: 2.2

GrundbauINGENIEURE GmbH

Bovenauer Straße 4 24796 Bredenbek

04334 / 18168-0 Fon www.gsb.sh web

04334 / 18168-22 Fax info@gsb.sh mail

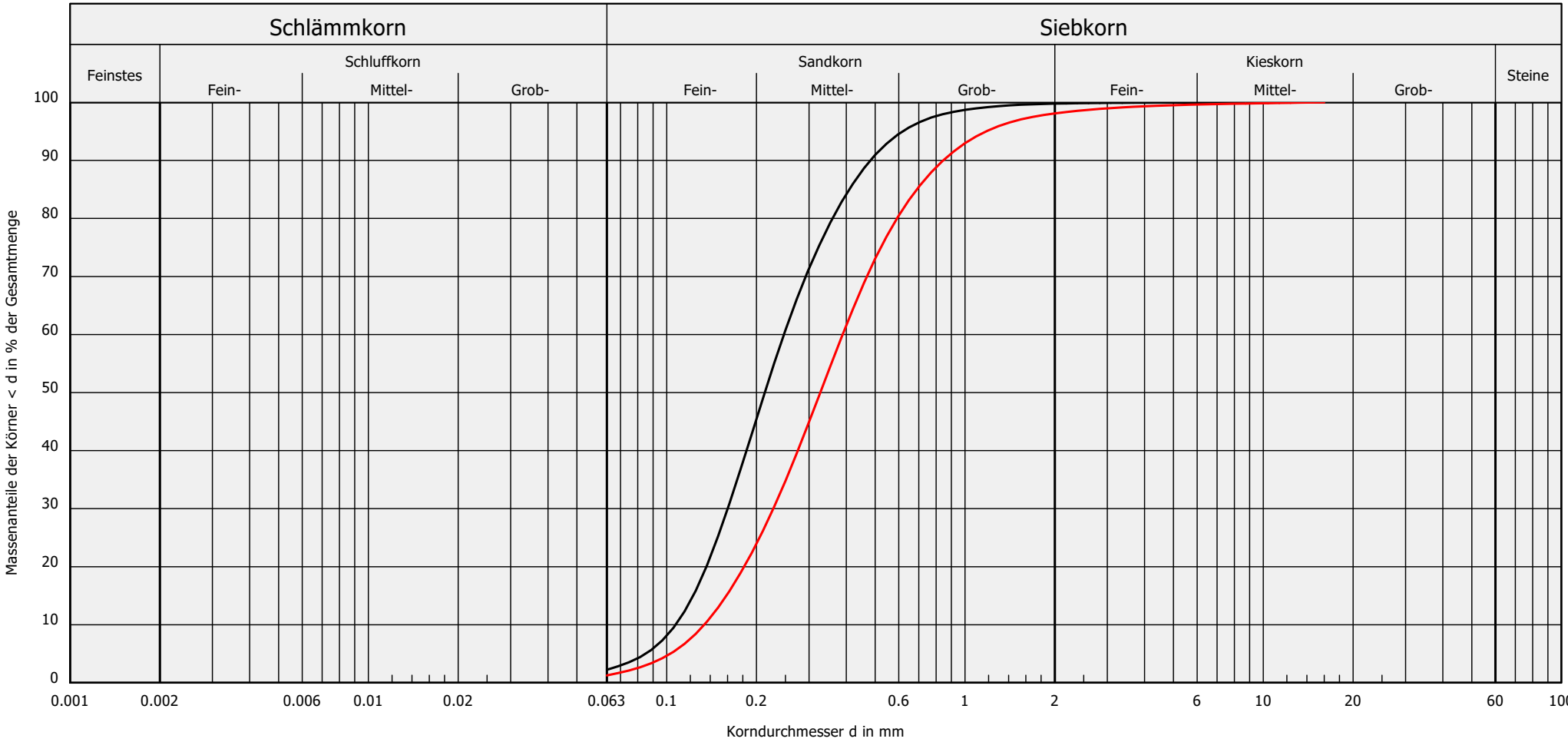
Körnungslinie

DIN EN ISO 17892-4

BV: BWP BB Wind Erweiterung - Errichtung von 3 Windenergieanlagen
Windpark Weesby Böxlund, 24994 Weesby, -WEA 3-

AG: BWP BB Wind GmbH & Co. KG

Arbeitsweise: Nassabsiebung



Signatur:	Bezeichnung:	Tiefe:	Bodenart:	U/Cc	T/U/S/G [%]:	k [m/s] (Hazen):	Frostsicherheit:	Bodengruppe:
———	WEA 3 / BS 1	2,00 m	mS, fS, gs'	2.3/1.0	- /2.3/97.5/0.2	$1.3 \cdot 10^{-4}$	F1	SE
———	WEA 3 / BS 2	3,50 m	mS, fs, gs	2.9/1.0	- /1.3/96.8/1.9	$2.1 \cdot 10^{-4}$	F1	SE

Bemerkungen:
h:\Auf_2024\0685-24\
Labor\KVS\
0685-24-KVS-03



Bearbeiter: tr Datum: 18.02.2025

Auftragsnummer: 0685-24-001

Anlage: 2.3

Anlage 3.1

Prüfprotokoll für die Messung des Spezifischen Erdwiderstandes nach WENNER

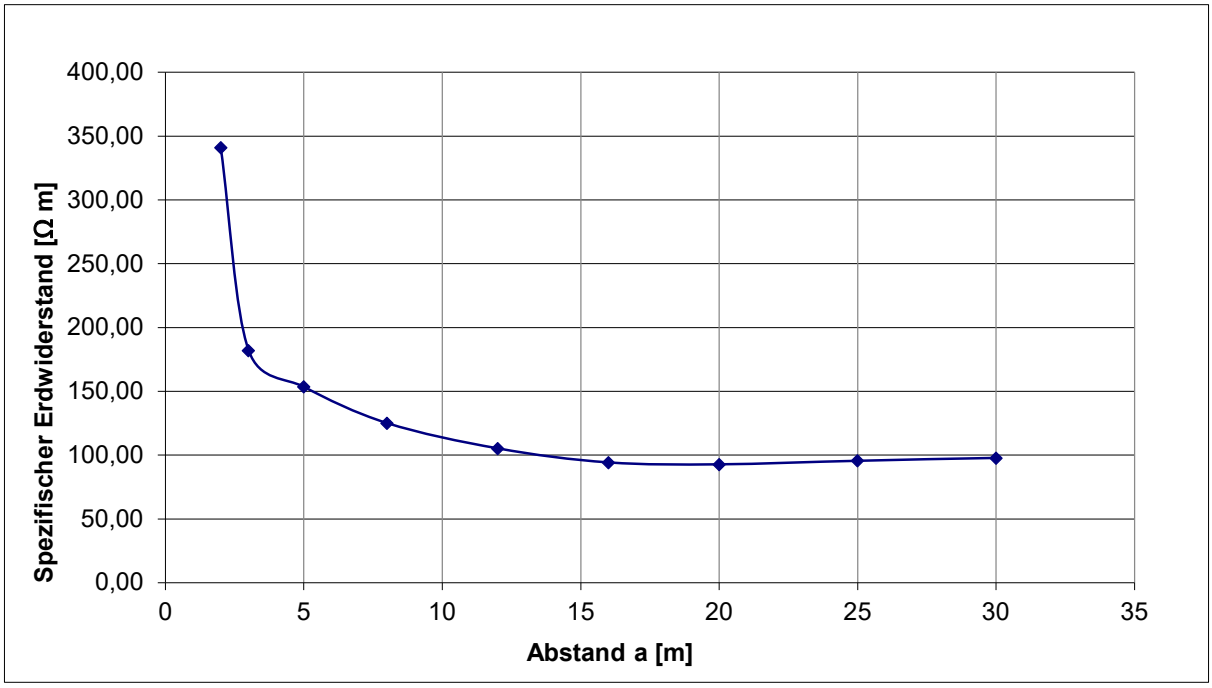
Projekt-Nr.: 0685-24-001 Datum: 03.02.2025

Projekt: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund, 24994 Weesby

GSB GrundbauINGENIEURE GmbH
Bovenauer Straße 4
24796 Bredenbek
info@gsb.sh
04334 / 18 168 0 Fon
04334 / 18 168 22 Fax

Standort Messung:	WEA 1	Referenz (ggf. Koordinaten):	0
Wetter:	neblig	Messgerät Typ, S/N:	GEOHM 5, 22100739
Bodenfeuchte:	feucht	kalibriert bis:	01.06.2024

a [m]	ρEarth [Ωm]	Bemerkung
2	341,00	1,0 m und 3,0 m
3	182,00	1,5 m und 4,5 m
5	153,50	2,5 m und 7,5 m
8	125,00	4,0 m und 12,0 m
12	105,20	6,0 m und 18,0 m
16	94,20	8,0 m und 24,0 m
20	92,70	10,0 m und 30,0 m
25	95,60	12,5 m und 37,5 m
30	97,70	15,0 m und 45,0 m



Bredenbek, 03.02.2025

Ort, Datum, Verantwortlicher Mitarbeiter

Anlage 3.2

Prüfprotokoll für die Messung des Spezifischen Erdwiderstandes nach WENNER

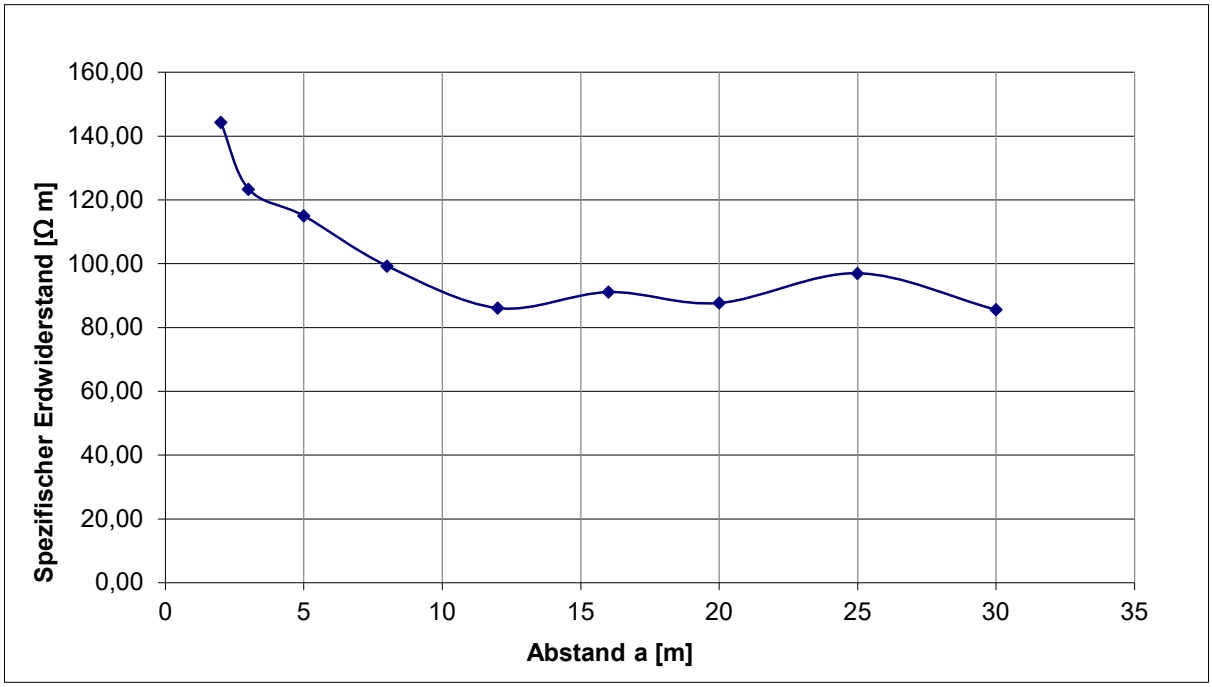
Projekt-Nr.: 0685-24-001 Datum: 03.02.2025

Projekt: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund, 24994 Weesby

GSB GrundbauINGENIEURE GmbH
Bovenauer Straße 4
24796 Bredenbek
info@gsb.sh
04334 / 18 168 0 Fon
04334 / 18 168 22 Fax

Standort Messung:	WEA 2	Referenz (ggf. Koordinaten):	0
Wetter:	neblig	Messgerät Typ, S/N:	GEOHM 5, 22100739
Bodenfeuchte:	feucht	kalibriert bis:	01.06.2024

a [m]	ρEarth [Ωm]	Bemerkung
2	144,30	1,0 m und 3,0 m
3	123,40	1,5 m und 4,5 m
5	115,00	2,5 m und 7,5 m
8	99,30	4,0 m und 12,0 m
12	86,10	6,0 m und 18,0 m
16	91,10	8,0 m und 24,0 m
20	87,70	10,0 m und 30,0 m
25	97,00	12,5 m und 37,5 m
30	85,60	15,0 m und 45,0 m



Bredenbek, 03.02.2025 A. Mardins

Ort, Datum, Verantwortlicher Mitarbeiter

Anlage 3.3

Prüfprotokoll für die Messung des Spezifischen Erdwiderstandes nach WENNER

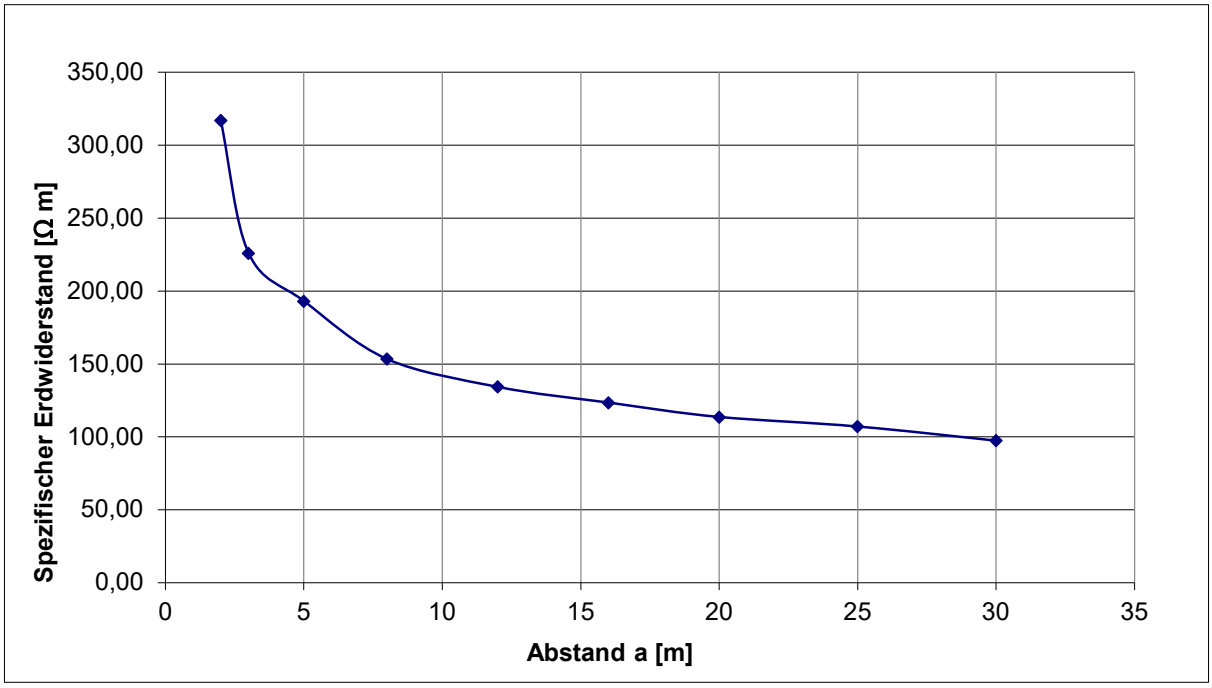
Projekt-Nr.: 0685-24-001 Datum: 03.02.2025

Projekt: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund, 24994 Weesby

GSB GrundbauINGENIEURE GmbH
Bovenauer Straße 4
24796 Bredenbek
info@gsb.sh
04334 / 18 168 0 Fon
04334 / 18 168 22 Fax

Standort Messung:	WEA 3	Referenz (ggf. Koordinaten):	0
Wetter:	neblig	Messgerät Typ, S/N:	GEOHM 5, 22100739
Bodenfeuchte:	gefroren	kalibriert bis:	01.06.2024

a [m]	ρEarth [Ωm]	Bemerkung
2	317,00	1,0 m und 3,0 m
3	226,00	1,5 m und 4,5 m
5	193,10	2,5 m und 7,5 m
8	153,40	4,0 m und 12,0 m
12	134,30	6,0 m und 18,0 m
16	123,40	8,0 m und 24,0 m
20	113,60	10,0 m und 30,0 m
25	107,10	12,5 m und 37,5 m
30	97,40	15,0 m und 45,0 m



Bredenbek, 03.02.2025 A. Mardins

Ort, Datum, Verantwortlicher Mitarbeiter

Anlage 4.1

Eurofins Umwelt Nord GmbH - Lise-Meitner-Straße 1-7 - D-24223 Schwentinental

GSB GrundbauINGENIEURE GmbH
Bovenauer Straße 4
24796 Bredenbek

Titel:	**Prüfbericht zu Auftrag 32504474**
Prüfberichtsnummer:	**AR-25-XF-000982-01**
Auftragsbezeichnung:	**0685-24-001 Err. 3 WEA im WP Weesby Böxlund,Weesby**
Anzahl Proben:	**3**
Probenart:	**Wasser**
Probenehmer:	**keine Angabe, Probe(n) wurde(n) an das Labor ausgehändigt**
Probeneingangsdatum:	**07.02.2025**
Prüfzeitraum:	**07.02.2025 - 24.02.2025**
Kommentar:	WDH Fe und Fe-II in 325020444, BBU4, 17.02.2025

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür sowie für die Kundenangaben oder darauf basierende Berechnungsergebnisse keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse gelten dann für die Probe, wie erhalten. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx einsehen.

Anhänge:
XML_Export_AR-25-XF-000982-01.xml

Dr. Martin Jacobsen

Prüfleitung
+ 494307 900352

Digital signiert, 24.02.2025
Dr. Martin Jacobsen
Prüfleitung

								Probenbezeichnung		WEA 1	WEA 2	WEA 3
				Vergleichswerte				Probennummer		325020444	325020445	325020446
Parameter	**Lab.**	**Akkr.**	**Methode**	X0	XA1	XA2	XA3	**BG**	**Einheit**			
Physikalisch-chemische Kenngrößen												
Färbung qualit.	FR/u	F5	DIN EN ISO 7887 (C1): 2012-04							leicht braun	braun	leicht braun
Trübung (qualitativ)	FR	F5	qualitativ							stark	stark	stark
Geruch (qualitativ)	FR/u	F5	DEV B 1/2: 1971							ohne	ohne	ohne
Geruch, angesäuert (qualitativ)	FR/f	F5	DEV B 1/2: 1971							ohne	ohne	ohne
pH-Wert	FR/u	F5	DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04	> 6,5	> 5,5	> 4,5	> 4			6,9 [1)]	7,7 [1)]	7,5 [1)]
Temperatur pH-Wert	FR/u	F5	DIN 38404-4 (C4): 1976-12						°C	22,1 [1)]	21,8 [1)]	22,1 [1)]
Anorganische Summenparameter												
Säurekapazität pH 4,3 (m-Wert)	FR/u	F5	DIN 38409-7 (H7-2): 2005-12					0,1	mmol/l	4,6	2,3	2,4
Temperatur Säurekapazität pH 4,3	FR/u	F5	DIN 38404-4 (C4): 1976-12						°C	22,1	21,8	22,1
Säurekapazität nach CaCO3-Zugabe	FR/f	F5	DIN 38404-10 (C10): 2012-12					0,1	mmol/l	4,5	2,1	2,5
Säurekapazität pH 8,2 (p-Wert)	FR/u	F5	DIN 38409-7 (H7-1): 2005-12					0,1	mmol/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Temperatur Säurekapazität pH 8,2	FR/u	F5	DIN 38404-4 (C4): 1976-12						°C	22,1	21,8	22,1
Kalkaggressives Kohlendioxid	FR/f	F5	DIN 38404-10 (C10): 2012-12	15	40	100		5,0	mg/l	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Hydrogencarbonathärte	FR/f		DEV D 8: 1971					3	mg CaO/l	130	66	68
Nichtcarbonathärte	FR/f		DEV D 8: 1971						mg CaO/l	25	-3	4
Anorganische Summenparameter aus der filtrierten Probe												
Gesamthärte	FR/f	F5	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01					0,002	mmol/l	2,77	1,13	1,29
Gesamthärte	FR/f	F5	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01					0,1	mg CaO/l	155	63,4	72,3

								Probenbezeichnung		WEA 1	WEA 2	WEA 3
				Vergleichswerte				Probennummer		325020444	325020445	325020446
Parameter	**Lab.**	**Akkr.**	**Methode**	X0	XA1	XA2	XA3	**BG**	**Einheit**			
Anionen												
Hydrogencarbonat (HCO3)	FR/f		DEV D 8: 1971					0,1	mmol/l	4,6	2,3	2,4
Chlorid (Cl)	FR/f	F5	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07					1,0	mg/l	31	15	8,1
Sulfat (SO4)	FR/f	F5	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	200	600	3000	6000	1,0	mg/l	43	9,0	6,9
Sulfid, leicht freisetzbar	FR/f	F5	DIN 38405-27 (D27): 2017-10					0,04	mg/l	< 0,04	< 0,04	< 0,04
Kationen												
Ammonium	FR/f	F5	DIN EN ISO 11732 (E23): 2005-05					0,06	mg/l	0,38	0,20	0,64
Ammonium-Stickstoff	FR/f	F5	DIN EN ISO 11732 (E23): 2005-05					0,05	mg/l	0,29	0,16	0,50
Elemente aus der Originalprobe												
Eisen (Fe)	FR/f	F5	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01					0,005	mg/l	6,72	5,94	2,23
Eisen (Fe2+)	FR/f	F5	DIN 38406-E1: 1983-05					0,01	mg/l	5,28	0,02	0,80
Mangan (Mn)	FR/f	F5	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01					0,001	mg/l	0,963	1,69	0,605
Elemente aus der filtrierten Probe												
Calcium (Ca)	FR/f	F5	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01					0,02	mg/l	96,8	38,8	38,8
Magnesium (Mg)	FR/f	F5	DIN EN ISO 17294-2 (E29): 2017-01	300	1000	3000		0,02	mg/l	8,58	3,91	7,71
Organische Summenparameter												
Permanganat-Verbrauch [KMnO4]	FR/f	F5	DIN EN ISO 8467: 1995-05					2,0	mg KMnO4/l	140	13	83

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akkr. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

[1)] Die Analyse erfolgte nach Probentransport ins Labor. Das Ergebnis kann aufgrund einer erhöhten Messunsicherheit von dem gegebenenfalls bei der Probenahme ermittelten Wert abweichen.

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt Ost GmbH (Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert. Die Bestimmung der mit F5 gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14081-01-00 akkreditiert.

/u - Die Analyse des Parameters erfolgte in Untervergabe.

/f - Die Analyse des Parameters erfolgte in Fremdvergabe.

Erläuterungen zu Vergleichswerten

Untersuchung nach Betonaggressivität (DIN 4030-1, Expositionsklassen) Grundwasser.

Bei der Darstellung von Vergleichswerten im Prüfbericht handelt es sich um eine Serviceleistung der EUROFINS UMWELT. Die zitierten Vergleichswerte (Grenz-, Richt- oder sonstige Zuordnungswerte) sind teilweise vereinfacht dargestellt und berücksichtigen nicht alle Kommentare, Nebenbestimmungen und/oder Ausnahmeregelungen des entsprechenden Regelwerkes.

Abgleich mit Vergleichswerten

Der Abgleich bezieht sich ausschließlich auf die in AR-25-XF-000982-01 aufgeführten Ergebnisse und erfolgt auf Basis eines rein numerischen Vergleichs des erhaltenen Messwertes mit den entsprechenden Vergleichswerten. Die Messunsicherheit des entsprechenden Verfahrens wird hierbei nicht berücksichtigt.

Die im Prüfbericht AR-25-XF-000982-01 enthaltenen Proben weisen keine Überschreitung bzw. Verletzung eines Vergleichswertes der Liste Betonaggressivität (DIN 4030-1, Expositionsklassen) Grundwasser auf. Der Untersuchungsstelle obliegt nicht die Festlegung der aus dem Vergleichswertabgleich abzuleitenden Maßnahmen.

Bemerkung GSB GrundbauINGENIEURE:

nicht angreifend

Schichtenverzeichnis

für Kleinrammbohrungen
mit durchgehender Gewinnung von Bodenproben
nach DIN EN ISO 22475-1

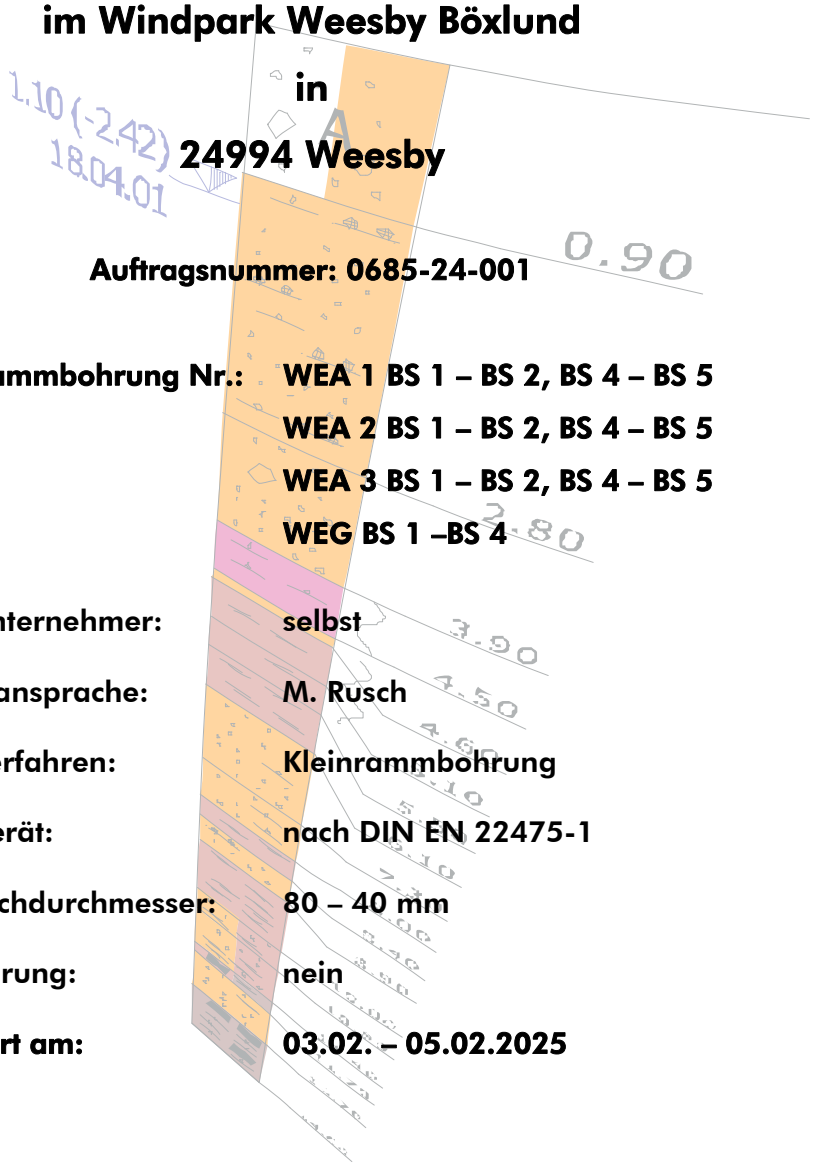
BWP BB Wind Erweiterung,

Errichtung von 3 Windenergieanlagen

im Windpark Weesby Böxlund

in

24994 Weesby



Auftragsnummer: 0685-24-001

Kleinrammbohrung Nr.:	**WEA 1 BS 1 – BS 2, BS 4 – BS 5**
	WEA 2 BS 1 – BS 2, BS 4 – BS 5
	WEA 3 BS 1 – BS 2, BS 4 – BS 5
	WEG BS 1 –BS 4
Bohrunternehmer:	**selbst**
Bodenansprache:	**M. Rusch**
Bohrverfahren:	**Kleinrammbohrung**
Bohrgerät:	**nach DIN EN 22475-1**
Bohrlochdurchmesser:	**80 – 40 mm**
Verrohrung:	**nein**
Gebohrt am:	**03.02. – 05.02.2025**

Auftraggeber:

BWP BB Wind GmbH & Co. KG

GSB GRUNDBAUINGENIEURE GMBH • BOVENAUER STR. 4 • 24796 BREDENBEK • TEL (04334) 18168-0

GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1
Seite 1

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEA 1 BS 1 / Blatt: 1 Höhe: 17.46 mNHN Datum: 03.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkung [1] c) Beschaffenheit nach Bohrgut f) Übliche Benennung	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang g) Geologische Benennung [1]	e) Farbe h) [1] Gruppe	i) Kalkgehalt	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
0.80	a) Mutterboden b) c) f) Mutterboden	d) g)	e) dunkelbraun h)	i)		B.Pr.	1	0.80
4.60	a) Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig b) c) f) Mittelsand	d) nzb g)	e) braun h)	i)	nass	B.Pr. B.Pr.	2 3	2.30 3.80
13.20	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) f) Mittelsand	d) nzb g)	e) grau h)	i) ++	nass	B.Pr. B.Pr. B.Pr. B.Pr. B.Pr.	4 5 6 7 8 9	5.30 6.80 8.30 9.80 11.30 12.80
16.00	a) Schluff, schwach tonig, sandig, schwach kiesig b) c) steif f) Geschiebemergel	d) g)	e) grau h)	i) ++	GW (1.00), nach Beendigung der Sondierung	B.Pr. B.Pr.	10 11	14.30 15.80
	a) b) c) f)	d) g)	e) h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEA 1 BS 2 / Blatt: 1 Höhe: 17.64 mNHN Datum: 03.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkung [1] c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1] / h) [1] Gruppe / i) Kalkgehalt				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben: Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
0.80	a) Mutterboden b) c) / d) / e) dunkelbraun f) Mutterboden / g) / h) / i)					B.Pr.	1	0.80
1.60	a) Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig b) c) / d) nzb / e) braun f) Mittelsand / g) / h) / i)				nass	B.Pr.	2	1.60
6.90	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) / d) nzb / e) grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				nass	B.Pr. B.Pr. B.Pr.	3 4 5	3.10 4.60 6.10
10.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) / d) nzb / e) grau f) Mittelsand / g) / h) / i) ++				nass, GW (1.10), nach Beendigung der Sondierung	B.Pr. B.Pr.	6 7	7.60 9.10
	a) b) c) / d) / e) f) / g) / h) / i)							

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1
Seite 3

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEA 1 BS 4 / Blatt: 1 Höhe: 17.27 mNHN Datum: 03.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkung [1] c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1] / h) [1] Gruppe / i) Kalkgehalt				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben: Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
0.50	a) Mutterboden b) c) / d) / e) dunkelbraun f) Mutterboden / g) / h) / i)					B.Pr.	1	0.50
1.10	a) Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig b) c) / d) nzb / e) braun - grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				feucht	B.Pr.	2	1.10
5.40	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) / d) nzb / e) grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				nass	B.Pr. B.Pr.	3 4	2.60 4.10
6.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) / d) nzb / e) grau f) Mittelsand / g) / h) / i) ++				nass, GW (0.90), nach Beendigung der Sondierung	B.Pr.	5	5.60
	a) b) c) / d) / e) f) / g) / h) / i)							

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1
Seite 4

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEA 1 BS 5 / Blatt: 1 Höhe: 17.26 mNHN Datum: 03.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkung [1] c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1] / h) [1] Gruppe / i) Kalkgehalt				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben: Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
0.60	a) Mutterboden					B.Pr.	1	0.60
	b)							
	c)	d)	e) dunkelbraun					
	f) Mutterboden	g)	h)	i)				
1.30	a) Mittelsand, stark feinsandig, schwach schluffig				feucht	B.Pr.	2	1.30
	b)							
	c)	d) nzb	e) braun					
	f) Mittelsand	g)	h)	i)				
5.20	a) Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig				nass	B.Pr. B.Pr.	3 4	2.80 4.30
	b)							
	c)	d) nzb	e) grau					
	f) Mittelsand	g)	h)	i)				
6.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig				nass, GW (1.00), nach Beendigung der Sondierung	B.Pr.	5	5.80
	b)							
	c)	d) nzb	e) grau					
	f) Mittelsand	g)	h)	i) ++				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1
Seite 5

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEA 2 BS 1 / Blatt: 1 Höhe: 18.16 mNHN Datum: 04.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkung [1)] c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1)] / h) [1)] Gruppe / i) Kalkgehalt				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben: Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
0.50	a) Mutterboden b) c) / d) / e) dunkelbraun f) Mutterboden / g) / h) / i)					B.Pr.	1	0.50
2.00	a) Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig b) c) / d) nzb / e) braun - grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				feucht	B.Pr.	2	2.00
3.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) / d) nzb / e) grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				nass	B.Pr.	3	3.00
12.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) / d) nzb / e) grau f) Mittelsand / g) / h) / i) ++				nass	B.Pr. B.Pr. B.Pr. B.Pr. B.Pr.	4 5 6 7 8	5.00 6.50 8.00 9.50 11.00
16.00	a) Schluff, schwach tonig, sandig, schwach kiesig b) c) steif - halbfest / d) / e) grau f) Geschiebemergel / g) / h) / i) ++				GW (0.60), nach Beendigung der Sondierung	B.Pr. B.Pr. B.Pr.	9 10 11	12.50 14.00 15.50

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEA 2 BS 2 / Blatt: 1 Höhe: 18.08 mNHN Datum: 04.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkung [1] c) Beschaffenheit nach Bohrgut f) Übliche Benennung	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang g) Geologische Benennung [1]	e) Farbe h) [1] Gruppe	i) Kalkgehalt	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
0.40	a) Mutterboden b) c) f) Mutterboden	d) g)	e) dunkelbraun h)	i)		B.Pr.	1	0.40
2.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) f) Mittelsand	d) nzb g)	e) grau h)	i)	feucht - nass	B.Pr.	2	1.90
5.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) f) Mittelsand	d) nzb g)	e) grau - braun h)	i)	nass	B.Pr. B.Pr.	3 4	3.50 5.00
10.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) f) Mittelsand	d) nzb g)	e) grau h)	i) ++	nass, GW (1.00), nach Beendigung der Sondierung	B.Pr. B.Pr. B.Pr.	5 6 7	6.50 8.00 9.50
	a) b) c) f)	d) g)	e) h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GSB GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEA 2 BS 4 / Blatt: 1 Höhe: 18.12 mNHN Datum: 04.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkung [1] c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1] / h) [1] Gruppe / i) Kalkgehalt				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben: Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
0.40	a) Mutterboden b) c) / d) / e) dunkelbraun f) Mutterboden / g) / h) / i)					B.Pr.	1	0.40
2.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) / d) nzb / e) braun - grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				nass	B.Pr.	2	2.00
3.50	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) / d) nzb / e) grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				nass	B.Pr.	3	3.50
6.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) / d) nzb / e) grau f) Mittelsand / g) / h) / i) ++				nass, GW (0.70), nach Beendigung der Sondierung	B.Pr.	4	5.00
	a) b) c) / d) / e) f) / g) / h) / i)							

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEA 2 BS 5 / Blatt: 1 Höhe: 18.20 mNHN Datum: 04.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkung [1] c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1] / h) [1] Gruppe / i) Kalkgehalt				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben: Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
0.50	a) Mutterboden b) c) / d) / e) dunkelbraun f) Mutterboden / g) / h) / i)					B.Pr.	1	0.50
2.00	a) Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig b) c) / d) nzb / e) braun - grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				nass	B.Pr.	2	2.00
3.50	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) / d) nzb / e) grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				nass	B.Pr.	3	3.50
6.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) / d) nzb / e) grau f) Mittelsand / g) / h) / i) ++				nass, GW (0.70), nach Beendigung der Sondierung	B.Pr.	4	5.00
	a) b) c) / d) / e) f) / g) / h) / i)							

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEA 3 BS 1 / Blatt: 1 Höhe: 19.42 mNHN Datum: 05.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkung [1] c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1] / h) [1] Gruppe / i) Kalkgehalt				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben: Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
0.40	a) Mutterboden b) c) / d) / e) dunkelbraun f) Mutterboden / g) / h) / i)					B.Pr.	1	0.40
2.00	a) Mittelsand, stark feinsandig b) c) / d) nzb / e) braun f) Mittelsand / g) / h) / i)				feucht - nass	B.Pr.	2	2.00
4.00	a) Mittelsand, feinsandig b) c) / d) nzb / e) grau - braun f) Mittelsand / g) / h) / i)				nass	B.Pr.	3	3.50
6.00	a) Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig b) c) / d) nzb / e) braun - grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				nass	B.Pr. B.Pr.	4 5	5.00 6.00
8.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) / d) nzb / e) grau f) Mittelsand / g) / h) / i) ++				nass	B.Pr.	6	8.00

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEA 3 BS 1 / Blatt: 2 Höhe: 19.42 mNHN Datum: 05.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkung [1] c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1] / h) [1] Gruppe / i) Kalkgehalt				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben: Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
12.00	a) Mittelsand, stark feinsandig				nass	B.Pr. B.Pr.	7 8	9.50 11.00
	b)							
	c)	d) nzb	e) grau					
	f) Mittelsand	g)	h)	i) ++				
16.00	a) Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig				nass, GW (0.90), nach Beendigung der Sondierung	B.Pr. B.Pr. B.Pr.	9 10 11	12.50 14.00 15.50
	b)							
	c)	d) nzb	e) braun - grau					
	f) Mittelsand	g)	h)	i) ++				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEA 3 BS 2 / Blatt: 1 Höhe: 19.44 mNHN Datum: 05.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung 1)					Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung 1)	h) 1) Gruppe	i) Kalkgehalt				
0.50	a) Mutterboden					B.Pr.	1	0.50
	b)							
	c)	d)	e) dunkelbraun					
	f) Mutterboden	g)	h)	i)				
2.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig				feucht - nass	B.Pr.	2	2.00
	b)							
	c)	d) nzb	e) braun					
	f) Mittelsand	g)	h)	i)				
6.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig				nass	B.Pr. B.Pr.	3 4	3.50 5.00
	b)							
	c)	d) nzb	e) braun - grau					
	f) Mittelsand	g)	h)	i)				
7.50	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig				nass	B.Pr.	5	6.50
	b)							
	c)	d) nzb	e) grau					
	f) Mittelsand	g)	h)	i)				
10.00	a) Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig				nass, GW (1.10), nach Beendigung der Sondierung	B.Pr. B.Pr.	6 7	8.00 9.50
	b)							
	c)	d) nzb	e) grau					
	f) Mittelsand	g)	h)	i) ++				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEA 3 BS 4 / Blatt: 1 Höhe: 19.47 mNHN Datum: 05.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkung [1] c) Beschaffenheit nach Bohrgut f) Übliche Benennung	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang g) Geologische Benennung [1]	e) Farbe h) [1] Gruppe	i) Kalkgehalt	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
0.40	a) Mutterboden b) c) f) Mutterboden	d) g)	e) dunkelbraun h)	i)		B.Pr.	1	0.40
2.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) f) Mittelsand	d) nzb g)	e) braun h)	i)	feucht - nass	B.Pr.	2	2.00
6.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) f) Mittelsand	d) nzb g)	e) braun - grau h)	i)	nass, GW (1.00), nach Beendigung der Sondierung	B.Pr. B.Pr.	3 4	3.50 5.00
	a) b) c) f)	d) g)	e) h)	i)				
	a) b) c) f)	d) g)	e) h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEA 3 BS 5 / Blatt: 1 Höhe: 19.34 mNHN Datum: 05.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkung [1] c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1] / h) [1] Gruppe / i) Kalkgehalt				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben: Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
0.50	a) Mutterboden b) c) / d) / e) dunkelbraun f) Mutterboden / g) / h) / i)					B.Pr.	1	0.50
2.00	a) Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig b) c) / d) nzb / e) braun - grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				feucht - nass	B.Pr.	2	2.00
4.00	a) Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig b) c) / d) nzb / e) braun - grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				nass	B.Pr.	3	3.50
6.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig, schwach kiesig b) c) / d) nzb / e) braun - grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				nass, GW (0.90), nach Beendigung der Sondierung	B.Pr.	4	5.00
	a) b) c) / d) / e) f) / g) / h) / i)							

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEG BS 1 / Blatt: 1 Höhe: 17.22 mNHN Datum: 03.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkung [1] c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1] / h) [1] Gruppe / i) Kalkgehalt				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben: Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
0.50	a) Mutterboden b) c) / d) / e) dunkelbraun f) Mutterboden / g) / h) / i)					B.Pr.	1	0.50
1.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) / d) nzb / e) braun - grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				feucht	B.Pr.	2	1.00
3.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) / d) nzb / e) grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				nass, GW (0.90), nach Beendigung der Sondierung	B.Pr.	3	2.50
	a) b) c) / d) / e) f) / g) / h) / i)							
	a) b) c) / d) / e) f) / g) / h) / i)							

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEG BS 2 / Blatt: 1 Höhe: 17.29 mNHN Datum: 03.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkung [1] c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1] / h) [1] Gruppe / i) Kalkgehalt				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben: Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
0.40	a) Mutterboden b) c) / d) / e) dunkelbraun f) Mutterboden / g) / h) / i)					B.Pr.	1	0.40
0.80	a) Mittelsand, feinsandig, schwach grobsandig b) c) / d) nzb / e) braun - grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				feucht	B.Pr.	2	0.80
3.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig b) c) / d) nzb / e) grau f) Mittelsand / g) / h) / i)				nass, GW (1.00), nach Beendigung der Sondierung	B.Pr.	3	2.30
	a) b) c) / d) / e) f) / g) / h) / i)							
	a) b) c) / d) / e) f) / g) / h) / i)							

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEG BS 3 / Blatt: 1 Höhe: 19.49 mNHN Datum: 04.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen b) Ergänzende Bemerkung [1] c) Beschaffenheit nach Bohrgut f) Übliche Benennung	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang g) Geologische Benennung [1]	e) Farbe h) [1] Gruppe	i) Kalkgehalt	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben: Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
0.70	a) Mutterboden b) c) f) Mutterboden	d) g)	e) dunkelbraun h)	i)		B.Pr.	1	0.70
2.00	a) Mittelsand, stark feinsandig b) c) f) Mittelsand	d) nzb g)	e) braun h)	i)	feucht	B.Pr.	2	2.00
3.00	a) Mittelsand, stark feinsandig b) c) f) Mittelsand	d) nzb g)	e) braun h)	i)	nass, GW (1.60), nach Beendigung der Sondierung	B.Pr.	3	3.00
	a) b) c) f)	d) g)	e) h)	i)				
	a) b) c) f)	d) g)	e) h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

GrundbauINGENIEURE GmbH

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Auftrags-Nr.: 0685-24-001

Anlage: 5.1

Vorhaben: BWP BB Wind Erweiterung, Errichtung von 3 Windenergieanlagen im Windpark Weesby Böxlund

Bohrung WEG BS 4 / Blatt: 1 Höhe: 19.68 mNHN Datum: 05.02.2025

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung 1)					Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung 1)	h) 1) Gruppe	i) Kalkgehalt				
0.50	a) Mutterboden					B.Pr.	1	0.50
	b)							
	c)	d)	e) dunkelbraun					
	f) Mutterboden	g)	h)	i)				
2.00	a) Mittelsand, stark feinsandig, schwach grobsandig				feucht - nass	B.Pr.	2	2.00
	b)							
	c)	d) nzb	e) braun					
	f) Mittelsand	g)	h)	i)				
3.00	a) Mittelsand, feinsandig, grobsandig				nass, GW (1.10), nach Beendigung der Sondierung	B.Pr.	3	3.00
	b)							
	c)	d) nzb	e) braun - grau					
	f) Mittelsand	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

EG/EU-Konformitätserklärung

Der Hersteller

ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Deutschland

erklärt hiermit, dass die Maschine

Windenergieanlage:	E-138 EP3 E3
	(Maschine zur Umwandlung kinetischer Energie des Windes in elektrische Energie)
Seriennummer	1390000 – 1391000

konform ist mit den Bestimmungen der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG und konform ist mit den Bestimmungen der EMV-Richtlinie 2014/30/EU.

Hinsichtlich der elektrischen Gefahren werden gemäß Anhang I Nr. 1.5.1 der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG die Schutzziele der Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU eingehalten.

Folgende harmonisierte Normen wurden angewendet:

EN ISO 12100:2010	Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung [ISO 12100:2010]
EN ISO 13849-1:2015	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze [ISO 13849-1:2015]
EN ISO 14122-1:2016	Sicherheit von Maschinen – Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen – Teil 1: Wahl eines ortsfesten Zugangs zwischen zwei Ebenen [ISO 14122-1:2016]
EN ISO 14122-2:2016	Sicherheit von Maschinen – Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen – Teil 2: Arbeitsbühnen und Laufstege [ISO 14122-2:2016]
EN ISO 14122-3:2016	Sicherheit von Maschinen – Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen – Teil 3: Treppen, Treppenleitern und Geländer [ISO 14122-3:2016]
EN ISO 14122-4:2016	Sicherheit von Maschinen – Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen – Teil 4: Ortsfeste Steigleitern [ISO 14122-4:2016]
EN ISO 13850:2015	Sicherheit von Maschinen – Not-Halt – Gestaltungsleitsätze [ISO 13850:2015]

© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

EN 60204-1:2018	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen [IEC 60204-1:2016 (modifiziert)]
EN IEC 60204-11:2019	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 11: Anforderungen an Ausrüstung für Spannungen über 1 000 V Wechselspannung oder 1 500 V Gleichspannung, aber nicht über 36 kV [IEC 60204-11:2018]

Folgende weitere Normen wurden angewendet:

EN IEC 61400-1:2019	Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen [IEC 61400-1:2019]
EN 61400-23:2014	Windenergieanlagen – Teil 23: Rotorblätter – Experimentelle Strukturprüfung [IEC 61400-23:2014]
EN IEC 61400-24:2019	Windenergieanlagen – Teil 24: Blitzschutz [IEC 61400-24:2019]

Bevollmächtigter des Herstellers für die Zusammenstellung der technischen Unterlagen:

Werner Bohlen, ENERCON Global GmbH, Dreekamp 5, 26605 Aurich, Deutschland

Ort, Datum: Aurich, 2023-10-25

Eric Unger
Head of Program Management

© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

EG/EU-Konformitätserklärung

Der Hersteller

ENERCON Global GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Deutschland

erklärt hiermit, dass die Maschine

Windenergieanlage:	E-160 EP5 E3 R1
	(Maschine zur Umwandlung kinetischer Energie des Windes in elektrische Energie)
Seriennummer	1604000 – 1605000

konform ist mit den Bestimmungen der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG und konform ist mit den Bestimmungen der EMV-Richtlinie 2014/30/EU.

Hinsichtlich der elektrischen Gefahren werden gemäß Anhang I Nr. 1.5.1 der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG die Schutzziele der Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU eingehalten.

Folgende harmonisierte Normen wurden angewendet:

EN ISO 12100:2010	Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung [ISO 12100:2010]
EN ISO 13849-1:2015	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen – Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze [ISO 13849-1:2015]
EN ISO 14122-1:2016	Sicherheit von Maschinen – Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen – Teil 1: Wahl eines ortsfesten Zugangs zwischen zwei Ebenen [ISO 14122-1:2016]
EN ISO 14122-2:2016	Sicherheit von Maschinen – Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen – Teil 2: Arbeitsbühnen und Laufstege [ISO 14122-2:2016]
EN ISO 14122-3:2016	Sicherheit von Maschinen – Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen – Teil 3: Treppen, Treppenleitern und Geländer [ISO 14122-3:2016]
EN ISO 14122-4:2016	Sicherheit von Maschinen – Ortsfeste Zugänge zu maschinellen Anlagen – Teil 4: Ortsfeste Steigleitern [ISO 14122-4:2016]
EN ISO 13850:2015	Sicherheit von Maschinen – Not-Halt – Gestaltungsleitsätze [ISO 13850:2015]

© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

EN 60204-1:2018	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 1: Allgemeine Anforderungen [IEC 60204-1:2016 (modifiziert)]
EN IEC 60204-11:2019	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen – Teil 11: Anforderungen an Ausrüstung für Spannungen über 1 000 V Wechselspannung oder 1 500 V Gleichspannung, aber nicht über 36 kV [IEC 60204-11:2018]

Folgende weitere Normen wurden angewendet:

EN IEC 61400-1:2019	Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen [IEC 61400-1:2019]
EN 61400-23:2014	Windenergieanlagen – Teil 23: Rotorblätter – Experimentelle Strukturprüfung [IEC 61400-23:2014]
EN IEC 61400-24:2019	Windenergieanlagen – Teil 24: Blitzschutz [IEC 61400-24:2019]

Bevollmächtigter des Herstellers für die Zusammenstellung der technischen Unterlagen:

Werner Bohlen, ENERCON Global GmbH, Dreekamp 5, 26605 Aurich, Deutschland

Ort, Datum: Aurich, 2024-08-23

Eric Unger
Head of Program Management

© ENERCON Global GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

Bauvorhaben :	Errichtung und Betrieb von 3 Windkraftanlagen 2x Enercon E-160 EP5 E3 / 5560 KW - NH 119,83 GH 199,83 1x Enercon E-138 EP3 E3 / 4260 KW - NH 110,24 GH 179,40
Bauort :	24994 Weesby / Böxlund, nördl. der L192
Bauherr :	Bürgerwindpark BB Wind GmbH & Co. KG Erlenweg 5, 24994 Böxlund

Beauftragung Baugrunduntersuchung

Die Bürgerwind BB Wind GmbH & Co. KG hat ein Baugrundgutachten bei einer Fachfirma (GSB Grundbauingenieure, Bovenauer Straße 4, 24796 Bredenbek) beauftragt, welches zeitnah fertiggestellt wird. Dies wird spätestens vor Baubeginn der Behörde vorgelegt.

Böxlund, den 07.04.2025
Ort, Datum

Bauherr

Technische Spezifikation

Geotechnischer Entwurfsbericht

ENERCON
ENERGIE FÜR DIE WELT

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: Momme Janssen, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, 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.

Dokumentinformation

Dokument-ID	D02109818/7.0-de
Vermerk	Originaldokument
Vertraulichkeit	NUR ZUR PROJEKT-INTERNEN VERWENDUNG

Datum	**Sprache**	**DCC**	**Werk / Abteilung**
2021-06-02	de	EC	ENERCON PLM GmbH / Civil Engineering

Mitgeltende Dokumente

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in Klammern. Die Titel von übergeordneten Normen und Richtlinien werden im Sprachoriginal oder in der englischen Übersetzung angegeben. Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments. Diese Liste enthält ggf. Dokumente zu optionalen Komponenten.

Übergeordnete Normen und Richtlinien

Dokument-ID	Dokument
DGGT EA-Pfähle	Empfehlungen des Arbeitskreises "Pfähle"
DIBt 2012	Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Fassung Oktober 2012, Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt), Berlin
DIN 4019:2015	Baugrund - Setzungsberechnungen
DIN 4023:2006	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen
DIN 4084:2009	Baugrund - Geländebruchberechnungen
DIN 4095:1990	Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausrüstung
DIN EN 1997-1:2014	Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln
DIN EN 1997-2:2010	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds; Deutsche Fassung EN 1997-2:2007 + AC:2010
DIN EN 1998-1:2010	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; Deutsche Fassung EN 1998-1:2004 + AC:2009
DIN EN 206:2017	Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität; Deutsche Fassung EN 206:2013+A1:2016
DIN EN ISO 22475-1:2007	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung (ISO 22475-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 22475-1:2006
DIN EN ISO 22476-1:2013	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 1: Drucksondierungen mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck (ISO 22476-1:2012 + Cor. 1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 22476-1:2012 + AC:2013
DIN EN ISO 22476-10:2018	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 10: Gewichtssondierung (ISO 22476-10:2017); Deutsche Fassung EN ISO 22476-10:2017
DIN EN ISO 22476-11:2017	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 11: Flachdilatometerversuch (ISO 22476-11:2017); Deutsche Fassung EN ISO 22476-11:2017

Dokument-ID	Dokument
DIN EN ISO 22476-12:2009	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 12: Drucksondierungen mit mechanischen Messwertaufnehmern (ISO 22476-12:2009); Deutsche Fassung EN ISO 22476-12:2009
DIN EN ISO 22476-2:2012	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 2: Rammsondierungen (ISO 22476-2:2005 + Amd 1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 22476-2:2005 + A1:2011
DIN EN ISO 22476-3:2012	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 3: Standard Penetration Test (ISO 22476-3:2005 + Amd 1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 22476-3:2005 + A1:2011
DIN EN ISO 22476-4:2013	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 4: Pressiometerversuch nach Ménard (ISO 22476-4:2012); Deutsche Fassung EN ISO 22476-4:2012
DIN EN ISO 22476-5:2013	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 5: Versuch mit dem flexiblen Dilatometer (ISO 22476-5:2012); Deutsche Fassung EN ISO 22476-5:2012
DIN EN ISO 22476-7:2013	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 7: Seitendruckversuch (ISO 22476-7:2012); Deutsche Fassung EN ISO 22476-7:2012
DIN EN ISO 22476-9:2021	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 9: Flügelscherversuche (FVT und FVT-F) (ISO 22476-9:2020); Deutsche Fassung EN ISO 22476-9:2020
EN ISO 14688-1:2018	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2017)
EN ISO 14688-2:2018	Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden - Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen (ISO 14688-2:2017)

Zugehörige Dokumente

Dokument-ID	Dokument
D02108181	Technische Beschreibung Messung des spezifischen Erdwiderstands
D02108194	Prüfprotokoll Messung des spezifischen Erdwiderstands
PM-CE-SP651	Spezifikation Anheben der Gründungsebene

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis 8

1 Geltungsbereich 9

2 Ausführung 10

2.1 Baugrunduntersuchungen 10

2.1.1 Planung der geotechnischen Untersuchungen 10
2.1.1.1 Zugang zum Baufeld 10
2.1.1.2 Historische Recherche 10
2.1.1.3 Ortsbesichtigung 10
2.1.1.4 Kampfmittelfreiheit 10
2.1.1.5 Medienfreiheit 11
2.1.1.6 Erdbebenzone 11
2.1.2 Felduntersuchungen 11
2.1.2.1 Baugrundaufschlussbohrungen 11
2.1.2.2 Sondierungen 12
2.1.2.3 Schürfe 12
2.1.2.4 Geophysikalische Messverfahren 13
2.1.2.5 Spezifischer Erdwiderstand 13
2.1.3 Bodenmechanische und chemische Laborversuche 13
2.1.3.1 Bodenmechanische Laborversuche 13
2.1.3.2 Betonaggressivität 14
2.1.3.3 Chemische Umweltuntersuchungen 14

2.2 Geotechnische Berechnungen 15

2.2.1 Vorbemerkungen 15
2.2.1.1 Flachgründung ohne Belastung aus Auftrieb 15
2.2.1.2 Flachgründung mit Belastung aus Auftrieb bzw. Teilauftrieb 15
2.2.1.3 Tiefgründung mit Belastung aus Auftrieb bzw. Teilauftrieb 16
2.2.2 Setzungsberechnungen 16
2.2.3 Drehfedersteifigkeit kφ 17
2.2.4 Standsicherheit von Böschungen und Hängen 18
2.2.5 Kippen, Gleiten und klaffende Fuge 18

2.3 Gründungsempfehlung 18

2.3.1 Flachgründung 18
2.3.1.1 Lastfall „ohne Auftrieb“ 19
2.3.1.2 Lastfall „mit Auftrieb“ bzw. „mit Teilauftrieb“ 19
2.3.2 Tiefgründung 19

2.4 Herstellung der Baugrube 20

2.5 Wasserhaltung 20

2.6 Drucklose Drainage 20

2.7 Erdarbeiten 20
2.7.1 Bodenaustausch 20
2.7.2 Baugrubenverfüllung 21
2.7.3 Erdauflast 21
2.7.4 Baugrundverbesserung 21
2.8 Auswirkungen des Frischbetoneigengewichts bei Tiefgründungen 21

3 Qualitätssicherung 22

4 Dokumentation 23
4.1 Darstellung der Untersuchungsergebnisse 23
4.2 Beizufügende Dokumentation 23

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzungen

CPT	Cone penetration test (Drucksondierung)
DIBt	Deutsches Institut für Bautechnik
DPH	Dynamic probing heavy (Rammsondierung mit schwerer Rammsonde)
DPL	Dynamic probing light (Rammsondierung mit leichter Rammsonde)
DPM	Dynamic probing medium (Rammsondierung mit mittelschwerer Rammsonde)
GK	Geotechnische Kategorie
GOK	Geländeoberkante
SKW	Schwerkraftwagen
WEA	Windenergieanlage

Größen, Einheiten, Formeln

Hz	Hertz

1 Geltungsbereich

Die vorliegende Spezifikation gilt für die geotechnische Untersuchung des Baufelds von ENERCON Windenergieanlagen und ergänzt und/oder erläutert die geltenden Normen und Richtlinien für die Erstellung eines geotechnischen Entwurfsberichts (im Folgenden „Gutachten“) für ENERCON Windenergieanlagen.

Für die Planung und Ausführung sind die nationalen und internationalen Normen und Regelwerke in ihrer jeweils gültigen Fassung zu beachten, insbesondere:

- Richtlinie für Windenergieanlagen des Deutschen Instituts für Bautechnik, (DIBt)
- DIN 4019
- DIN 4023
- DIN 4084
- DIN 4095
- DIN EN 1997
- DIN EN 1998-1
- DIN EN 206
- DIN EN ISO 22475-1
- DIN EN ISO 22476
- EN ISO 14688

Daneben sind die unter Mitgeltende Dokumente aufgeführten Dokumente heranzuziehen.

Die Anforderungen und Hinweise in der vorliegenden Spezifikation sind vom projektverantwortlichen geotechnischen Sachverständigen zu berücksichtigen. Die aufgeführten Punkte haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und sind im Einzelfall vom geotechnischen Sachverständigen zu bewerten.

In begründeten Fällen kann von dieser Spezifikation abgewichen werden. Dies ist im Vorfeld mit der entsprechenden ENERCON Fachabteilung abzustimmen und zusätzlich schriftlich im Gutachten zu begründen.

Schnittstellen zu Zuwegungen und Kranstellflächen

Der Einfluss der Herstellung und der Nutzung der Kranstellfläche auf die Gründung der WEA ist zu begutachten. Bei Auftreten von negativer Mantelreibung und Seitendruck auf Bauwerkspfähle sind entsprechende Vorgaben zur statischen Berücksichtigung zu geben.

Erforderliche Informationen zur Kranstellfläche sind den ENERCON Spezifikationen für Zuwegungen und Baustellenflächen für den entsprechenden WEA-Typ zu entnehmen.

2 Ausführung

2.1 Baugrunduntersuchungen

2.1.1 Planung der geotechnischen Untersuchungen

Die Planung und der Umfang der Baugrunduntersuchung müssen entsprechend der Erstellung eines geotechnischen Entwurfsberichts der Geotechnischen Kategorie 3 festgelegt und ausgeführt werden. Offene Fragen oder Hinweise für weitere Erkundungen sind im Gutachten zu vermeiden. Gegebenenfalls sind während der Erstellung weitere Erkundungen mit ENERCON und dem Auftraggeber abzustimmen und zeitnah durchzuführen.

2.1.1.1 Zugang zum Baufeld

Die auszuführenden Erkundungsarbeiten sind rechtzeitig mit der ENERCON Projektleitung abzustimmen, um den Zugang zum Erkundungsgebiet sicherzustellen. Es ist mit der Projektleitung abzustimmen, ob bzw. in welcher Weise eine Auspflockung (Markierung) des Baufelds erforderlich ist.

2.1.1.2 Historische Recherche

Der geotechnische Sachverständige hat sich mit Hilfe von Recherchearbeit über die Baugrundsituation im Untersuchungsgebiet im Vorfeld zu informieren.

Folgende Informationen sind mindestens einzuholen:

- Handelt es sich um natürlich gewachsenen Baugrund oder um anthropogene Auffüllung?
- Liegt der Standort auf umwelttechnisch vorbelastetem Gebiet bzw. wird er von Boden- oder Grundwasserverunreinigungen beeinflusst (Altlasten)?
- Liegt der Standort in einer Wasserschutzzone? Die Kategorie der Wasserschutzzone ist anzugeben.
- Liegt das Untersuchungsgebiet in einem Bergbaugebiet? Ist dies der Fall, sind aktive und stillgelegte Stollen im Fundamenteinflussbereich (≈2x Fundamentdurchmesser) im Schnitt und in der Draufsicht darzustellen. Der Einfluss der Stollen auf das Fundament ist zu beschreiben. Zu berücksichtigende Werte sind die prognostizierte Übertagesenkung, die Senkungsgeschwindigkeiten, die Senkungsdauer und die zu erwartenden Senkungsneigungen. Zusätzlich ist eine Stellungnahme des Bergbauamts einzuholen.

2.1.1.3 Ortsbesichtigung

Der geotechnische Sachverständige hat sich mit den örtlichen Gegebenheiten vertraut zu machen. Auf eine Ortsbesichtigung sollte nur in Ausnahmefällen verzichtet werden. Morphologisch anspruchsvolle Standorte sind zwingend vor Ort zu besichtigen.

2.1.1.4 Kampfmittelfreiheit

Im Vorfeld der Untersuchungen ist vom Bauherrn bei den zuständigen Stellen eine Kampfmittelfreigabe einzuholen und dem geotechnischen Sachverständigen zu übergeben.

Für den Fall, dass zur Erteilung einer Kampfmittelfreigabe weitere Untersuchungen (Bohrungen) zur Kampfmittelfreiheit notwendig werden, sind diese mit dem geotechnischen Sachverständigen abzustimmen, um Auswirkungen auf die Gründung der WEA abzuschätzen.

2.1.1.5 Medienfreiheit

Der geotechnische Sachverständige hat sich vor Durchführung der Erkundungsarbeiten über das Vorhandensein von erdverlegten Kabeln und Rohren bei den örtlichen und überregionalen Versorgungsträgern zu informieren.

2.1.1.6 Erdbebenzone

Der geotechnische Sachverständiger hat zu prüfen, ob der WEA-Standort in einem Erdbebengebiet liegt. Liegt der Standort gemäß DIN EN 1998-1 in einem Erdbebengebiet, so sind die Erdbebenzone, die Baugrundklasse, die Untergrundklasse sowie ggf. die maximal zu erwartende Horizontalbeschleunigung anzugeben.

2.1.2 Felduntersuchungen

2.1.2.1 Baugrundaufschlussbohrungen

Es sind direkte Baugrundaufschlüsse gemäß DIN EN ISO 22475-1 in ausreichender Anzahl auszuführen (siehe Tab. 1, S. 11). Das Bohrverfahren und der Bohrdurchmesser sind den erwarteten Baugrundverhältnisse anzupassen.

Die Tiefe der Bohrungen ist so zu wählen, dass alle setzungs- und standsicherheitsrelevanten Bodenschichten erfasst werden. Die geplante Aufschlusstiefe in Lockersedimenten darf jedoch nicht weniger als 10 m unter GOK betragen. Werden bei der Ausführung geringere Tiefen erreicht (Hindernisse, Geräteauslastung), ist zu prüfen, ob die erhaltenen Informationen ausreichen oder ob weitere Bohrungen ggf. mit Änderung des gewählten Verfahrens erforderlich sind.

Bei Festgestein kann die Bohrtiefe in das Gestein ebenfalls reduziert werden. Gegebenenfalls kann auf Festgesteinsbohrungen vollständig verzichtet werden. Dies gilt, sofern der geotechnische Sachverständige die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit plausibel nachweisen kann (z. B. durch indirekte Aufschlussverfahren, örtliche Erfahrung).

Die Mindestanzahl der Bohrungen richtet sich nach der Größe des Fundaments. Hierbei sollte zur besseren Kalibrierung mindestens eine Bohrung im Nahbereich (≈2 m Abstand) einer Drucksondierung abgeteuft werden. Der Abstand zum Fundamentrand sollte 2 m nicht überschreiten.

Tab. 1: Mindestanzahl und Anordnung der Bohrungen

Fundamentdurchmesser D	Anzahl	Anordnung
< 20 m	1	im Nahbereich einer CPT (≈2 m Abstand)
≥ 20 m	2	1x Fundamentrand Richtung Kranstellfläche 1x gegenüberliegender Fundamentrand
≥ 25 m	3	1x Fundamentrand Richtung Kranstellfläche restliche Bohrungen gleichmäßig über den Fundamentrand verteilen (120°)

Von den Baugrundaufschlussbohrungen sind farbige Bohrsäulenprofile gemäß DIN 4023 / EN ISO 14688 dem Gutachten beizufügen. Bei der Darstellung der Bohrergebnisse sind die Bodenarten voll ausgeschrieben anzuführen. Die Bodenfeuchte und die angetroffenen Grundwasserstände sind anzugeben. Die Hinweise der DIN EN ISO 22475-1 sind zu beachten.

2.1.2.2 Sondierungen

Ergänzend zu den direkten Baugrundaufschlussbohrungen sind an jedem Standort Sondierungen (indirekte Aufschlüsse) nach DIN EN ISO 22476 durchzuführen.

Drucksondierungen (CPT) sind aufgrund der größeren Aussagekraft gegenüber Rammsondierungen zu bevorzugen. Zur Dimensionierung von Pfahltragfähigkeiten oder Baugrundverbesserungen (z. B. Rüttelstopfsäulen) ist die Durchführung von Drucksondierungen zwingend erforderlich.

Die Tiefe der Drucksondierungen ist so zu wählen, dass alle setzungs- und standsicherheitsrelevanten Bodenschichten erfasst werden. Die geplante Aufschlusstiefe unter GOK darf jedoch nicht weniger als 1,5x Fundamentdurchmesser betragen. Werden bei der Ausführung geringere Tiefen erreicht (Hindernisse, Auslastung), ist zu prüfen, ob die erhaltenen Informationen ausreichen oder ob weitere Untersuchungen erforderlich sind.

Tab. 2: Mindestanzahl und Anordnung der Drucksondierungen

Fundamentdurchmesser D	Anzahl	Anordnung
< 20 m	3	1x Fundamentrand Richtung Kranstellfläche restliche Ansatzpunkte gleichmäßig über den Fundamentrand verteilen (120°)
≥ 20 m	4	1x Fundamentrand Richtung Kranstellfläche restliche Ansatzpunkte gleichmäßig über den Fundamentrand verteilen (90°)

Bei der Darstellung der Drucksondierungsergebnisse sind neben dem Spitzendruck auch die Mantelreibung, das Reibungsverhältnis sowie die Neigung anzugeben.

Bei der Planung der Baugrunduntersuchung ist zu prüfen, ob der Einsatz spezieller Drucksondierspitzen (z. B. CPT-U) sinnvoll ist.

In begründeten Fällen sind in Absprache mit ENERCON Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) nach DIN EN ISO 22476-2 durchzuführen. Leichte und mittelschwere Rammsondierungen (DPL und DPM) sind nicht zulässig.

Die Anzahl der Ansatzpunkte der Rammsondierungen (DPH) entsprechen den Angaben in Tab. 2, S. 12.

2.1.2.3 Schürfe

Bei geringmächtigen Bodenschichten über Festgestein oder zur Klärung der Grundwassersituation können Schürfe nach DIN EN 1997-2 und DIN EN ISO 22475-1 angelegt und ausgewertet werden. Dem Baugrundgutachten sind Fotos der Schürfe und des Baggerguts beizulegen.

Tab. 3: Mindestanzahl und Anordnung der Schürfe

Fundamentdurchmesser D	Anzahl	Anordnung
< 20 m	2	≈1 m vom Fundamentrand
≥ 20 m	3	≈1 m vom Fundamentrand

Von den Schürfen sind farbige Bohrsäulenprofile gemäß DIN 4023 / EN ISO 14688 dem Baugrundgutachten beizufügen. Bei der Darstellung der Ergebnisse sind die Bodenarten voll ausgeschrieben anzuführen. Die Bodenfeuchte und der angetroffene Grundwasserstand sind anzugeben. Die Hinweise der DIN EN ISO 22475-1 sind zu beachten.

2.1.2.4 Geophysikalische Messverfahren

Geophysikalische Messverfahren können ergänzend zu den Baugrundaufschlussbohrungen und den Sondierungen ausgeführt werden. Sie eignen sich besonders, um Aussagen über den Flächenaufbau des Untergrunds und über Inhomogenitäten zu erhalten.

Geophysikalische Messungen sollten in Betracht gezogen werden, wenn Verdacht auf folgende Fälle besteht:

- Verkarstungen, Dolinen, Hohlräumen, Erdfällen
- Störungs- und Kluftzonen im Festgestein
- Moorkörper oder Toteislöcher in Lockersedimenten

Sollen über geophysikalische Untersuchungen Steifemodule, Schubmodule und/oder Querdehnzahlen ermittelt werden, ist das angewandte Verfahren mit ENERCON abzustimmen. Die Eignung des Verfahrens für die jeweils anstehenden Böden ist nachzuweisen.

2.1.2.5 Spezifischer Erdwiderstand

Zur Auslegung der Erdungsanlage ist an allen Fundamentstandorten der spezifische Erdwiderstand ρ_s mittels Wenner-Verfahren zu messen. Die Messung des spezifischen Erdwiderstands ist gemäß den ENERCON Dokumenten D02108181 „Technische Beschreibung Messung des spezifischen Erdwiderstands“ und D02108194 „Prüfprotokoll Messung des spezifischen Erdwiderstands“ durchzuführen und zu protokollieren. Das Ergebnis ist dem Gutachten anzuhängen.

2.1.3 Bodenmechanische und chemische Laborversuche

2.1.3.1 Bodenmechanische Laborversuche

Aufgrund der Einstufung von WEA in die Geotechnische Kategorie 3 (GK 3) sind die für die Beurteilung und Berechnung erforderlichen Baugrundkenngrößen versuchstechnisch und/oder mit Hilfe von Korrelationen zu bestimmen. Eine Festlegung der Bodenkennwerte über Literaturangaben ist nicht zulässig.

Zur Bestimmung der Bodenkennwerte sind u. a. folgende Untersuchungen in den maßgebenden Bodenschichten vorzunehmen und zu dokumentieren, sofern keine Bodenkennwerte korreliert werden können.

Tab. 4: Laboruntersuchungen zu Ermittlung der Bodenkennwerte

Bodenkennwert	Untersuchung
Wichte γ/γ’	Dichtebestimmung
Reibungswinkel φ‘	Scherversuche, Triaxialversuche
Kohäsion c’	Scherversuche, Triaxialversuche
undrainierte Scherfestigkeit c_u	Flügelsondierungen, Triaxialversuche
stat. Steifemodul $E_{s,stat}$	Oedometerversuch, Triaxialversuche
dyn. Steifemodul $E_{s,dyn}$	Zyklische Triaxialversuche

Zur Festlegung der Bodenart sind ggf. folgende weiteren Untersuchungen erforderlich:

- Sieb- und Schlämmanalyse
- Ggf. Scherversuche
- Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen

- Bestimmung des natürlichen Wassergehaltes
- Bestimmung des organischen Anteils
- Einaxiale Druckversuche (Festgestein)

Die vorgenannten Untersuchungen haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit und sind bei Bedarf vom geotechnischen Sachverständigen projektspezifisch zu erweitern.

Die nachfolgend aufgeführten, geforderten Bodenkennwerte sind für alle Bodenschichten tabellarisch anzugeben.

- Wichte γ/γ' [kN/m^3]
- Reibungswinkel φ' [°]
- Kohäsion c' [kN/m^2]
- undrainierte Scherfestigkeit c_u [kN/m^2]
- Querdehnzahl v [-]
- stat. Steifemodul $E_{s,stat}$ [MN/m^2]
- dyn. Steifemodul $E_{s,dyn}$ [MN/m^2]

Die Boden- und Festgesteinsarten sind gemäß ihrer Lösbarkeit zu klassifizieren. Für die anstehenden Böden sind Homogenbereiche festzulegen. Die Anzahl der Homogenbereiche sollte so gering wie möglich gehalten werden. Die Homogenbereiche sind mit Tiefenangaben bezogen auf Meter unter GOK tabellarisch aufzuführen. Für die einzelnen Homogenbereiche sind Einsatzgeräte zum Lösen und Abbauen anzugeben.

2.1.3.2 Betonaggressivität

Das Grundwasser ist nach DIN 4030 / DIN EN 206 gemäß seiner Betonaggressivität für den Fundamentkörper und ggf. die Tiefgründung einzustufen.

Ferner ist eine Bestimmung des Eisengehalts im Grundwasser durchzuführen.

Die Beprobung ist an jedem Standort durchzuführen. Aufgrund örtlicher Gegebenheiten kann von dieser Regelung in Absprache mit der ENERCON Fachabteilung abgewichen werden.

In jedem Fall ist eine Aussage zur Betonaggressivität vom geotechnischen Sachverständigen zu treffen. Ohne eine entsprechende Angabe ist eine Freigabe der Betonrezeptur nicht möglich.

Die Ergebnisse der Grundwasseranalysen mit dem Probenahmeprotokoll sind dem geotechnischen Entwurfsbericht beizufügen.

2.1.3.3 Chemische Umweltuntersuchungen

Bei Verdacht auf kontaminierte Bodenschichten oder sulfatsaure Böden sind nach Rücksprache mit ENERCON ggf. weitere umweltschutztechnische Untersuchungen durchzuführen und geeignete Gegenmaßnahmen vorzuschlagen.

Die Ergebnisse von chemischen Analysen sind in einem separaten Bericht darzustellen. Die Probenahmeprotokolle und Prüfberichte der Laboranalysen sind dem Bericht beizufügen.

2.2 Geotechnische Berechnungen

2.2.1 Vorbemerkungen

ENERCON verfügt über typengeprüfte Fundamente. Über die Typenprüfung sind die Fundamentgeometrie sowie die auftretenden Lasten festgelegt. Die maßgebenden Fundamentlasten sind dem Fundamentdatenblatt des jeweiligen WEA-Typs zu entnehmen.

Bei den Fundamenten handelt es sich um Kreisringfundamente. Die geotechnischen Nachweise sind entsprechend für Kreisringfundamente zu führen. In den Fundamentdatenblättern ist jeweils der Außen- und Innendurchmesser angegeben. Bei Stahlturmfundamenten ist als Innendurchmesser der Durchmesser der kompressiblen Weichschicht anzusetzen.

Gründungsebene

Die Gründungsebene ist auf dem Fundamentdatenblatt angegeben. Sie ergibt sich aus der Fundamenthöhe abzüglich der Differenz Fundamentoberkante – GOK. Bei geneigter Baufläche ist die Geländehöhe im Mittelpunkt der WEA maßgebend anzusetzen. Ein Anheben der Gründungsebene kann bei in den Baugrund eingelassenen Fundamenten aus geotechnischer Sicht sinnvoll und ausführbar sein. Um die Gültigkeit der Typenprüfung und Baugenehmigung nicht zu verletzen und die Auswirkungen auf weitere Gewerke zu prüfen, darf eine Anhebung der Gründungsebene nur nach Freigabe durch ENERCON erfolgen. Weitere Hinweise zum Anheben der Gründungsebene gibt das Dokument PM-CE-SP651 „Spezifikation Anheben der Gründungsebene“.

Bei einer Veränderung der gemäß Typenprüfung angegebenen Höhe der Gründungsebene ist die Bezugsebene GOK für den Auftrieb nicht mehr gültig. Der zulässige Grundwasserstand für das Fundament ergibt sich dann aus dem Abstand der Fundamentoberkante zu der in der Typenprüfung festgelegten Geländeoberkante. Ein Herabsetzen der Gründungsebene innerhalb des Grundwassers über das in der Typenprüfung angegebene Maß hinaus ist nicht ohne Weiteres möglich. Hierzu sind weitere statische Nachweise zu führen.

Fundamenttypen gemäß Typenprüfung

Gemäß Typenprüfung werden folgende Fundamenttypen unterschieden:

1. Flachgründung ohne Belastung aus Auftrieb
2. Flachgründung mit Belastung aus Auftrieb bzw. Teilauftrieb
3. Tiefgründung mit Belastung aus Auftrieb bzw. Teilauftrieb

2.2.1.1 Flachgründung ohne Belastung aus Auftrieb

Eine Auftriebswirkung durch Grundwasser/Stauwasser ist gemäß Typenprüfung nicht zulässig. Der Bemessungswasserstand muss während der gesamten Lebensdauer der WEA dauerhaft unterhalb der Gründungsebene liegen.

Für die geotechnischen Nachweise sind die im Fundamentdatenblatt angegebenen charakteristischen Lastfälle bzw. die Bemessungswerte der Lastfälle heranzuziehen.

2.2.1.2 Flachgründung mit Belastung aus Auftrieb bzw. Teilauftrieb

Bei diesem Fundamenttyp ist eine Auftriebswirkung bis zu dem in den Fundamentplänen angegebenen Grundwasserstand nachgewiesen. Eine Auftriebswirkung muss jedoch nicht zwingend vorhanden sein.

In den Fundamentdatenblättern sind Vertikallasten F_z für die Lastfälle „ohne Auftrieb“ und „mit Auftrieb“ angeben. Bei dem Lastfall „ohne Auftrieb“ wurde ein Bemessungswasserstand unterhalb der Gründungsebene angesetzt. Bei dem Lastfall „mit Auftrieb“ wurde Auftrieb bis zur Geländeoberkante (GOK) angesetzt. Die geotechnischen Nachweise sind für jeweils beide Lastfälle zu führen. Bei einer Veränderung der gemäß Typenprüfung angegeben Höhe der Gründungsebene ist die Bezugsebene GOK für den Auftrieb nicht mehr gültig. Der zulässige Grundwasserstand für das Fundament ergibt sich dann aus dem Abstand der Fundamentoberkante zu der in der Typenprüfung festgelegten Geländeoberkante.

2.2.1.3 Tiefgründung mit Belastung aus Auftrieb bzw. Teilauftrieb

Bei dem Tiefgründungsfundament sind die unter Kap. 2.2.1.2, S. 15 beschriebenen Auftriebsbelastungen bereits durch die Fundamentstatik abgedeckt.

Für die Pfahlvorbemessung durch den geotechnischen Sachverständigen sind die im Fundamentdatenblatt für die verschiedenen Pfahlvarianten angegebenen Druck- und Zuglasten der Bemessungslasten zu verwenden. Die angegebenen Bemessungslasten beinhalten alle erforderlichen Teilsicherheitswerte. Aus diesem Grund sind bei der Vorbemessung die Teilsicherheitsbeiwerte für die Einwirkungen auf $\gamma_G = \gamma_Q = 1{,}0$ zu setzen.

Für alle Fundamenttypen sind in der Typenprüfung keine Verkehrslasten auf dem Fundament statisch berücksichtigt. Das Überfahren, das Parken, sowie das Lagern von Lasten ist somit nicht zulässig.

Die Erdüberdeckung auf dem Fundament ist in der Typenprüfung statisch berücksichtigt. Die geforderte Erdauflast ist dauerhaft herzustellen.

2.2.2 Setzungsberechnungen

Die Setzungsberechnungen sind für jeden im Fundamentdatenblatt aufgeführten Lastfall (charakteristische Werte maßgebend) durchzuführen. Bei Ausführung des Fundamenttyps „Flach mit Auftrieb“ sind die Berechnungen dabei jeweils für die Lastfälle „mit“ und „ohne Auftrieb“ durchzuführen. Für die Berechnung sind in allen betrachteten Lastfällen die statischen Bodenkennwerte anzusetzen.

Die auf dem Fundamentdatenblatt angegeben maximalen Setzungsdifferenzen beziehen sich auf Fundamentaußenkante.

Zur Berechnung der zulässigen Schiefstellung der WEA sind Steifemodulwerte zu verwenden. Eine Berechnung mit Elastizitätswerten und Querdehnzahl ist nicht empfehlenswert.

Ferner sind die in den Fundamentdatenblättern der WEA angegebenen Dimensionen und Lastangaben unverändert zu verwenden. Eine Reduzierung der Werte ist nicht zulässig. Sofern ein Herausziehen der WEA geplant ist, ist die geänderte Gründungsebene entsprechend zu berücksichtigen.

Bei der Berechnung der Setzungsdifferenzen ist inhomogener Baugrund sowie der Einfluss des auftretenden Moments zu berücksichtigen.

Extremlastfall

Bei dem Extremlastfall DLC 6.2 bzw. N/A/T handelt es sich um einen außergewöhnlichen Lastfall, der nur kurzzeitig wirkt (Windböen). Die nur kurzzeitige Einwirkung der Last kann bei der Ermittlung der Setzungsdifferenzen auf bindigem Boden berücksichtigt werden. Eine Zeit-Setzungs-Betrachtung führt zu einer deutlichen Reduzierung der Setzungswerte. Eine Reduzierung der im Extremlastfall nach DIN 4019 ermittelten Setzungswerte um 25 % kann aufgrund des kurzfristigen Ereignisses aus Sicht von ENERCON auch ohne aufwendige Zeit-Setzungs-Berechnung pauschal angesetzt werden.

Ob dieser pauschale Ansatz übernommen werden kann, ist abhängig vom Baugrund und liegt im Ermessen und in der Verantwortung des geotechnischen Sachverständigen. Im Bedarfsfall kann ENERCON eine Zeit-Setzungs-Berechnung vom geotechnischen Sachverständigen zur Bestätigung anfordern.

Bei rolligen Böden und den damit verbunden Sofortsetzung bei Lasterhöhung sind die im Extremlastfall 6.2 nach DIN 4019 ermittelten Setzungswerte ohne eine Zeit-Setzungs-Betrachtung nicht zu reduzieren. Berücksichtigt werden können hingegen die durch die Vertikallasten im Lastfall 1.0 bzw. DLC D.3 auftretenden Sofortsetzungen, ohne Berücksichtigung des auftretenden Momentes. Die ermittelten Setzungen im Extremlastfall können um den Betrag reduziert werden. Dieses Vorgehen ist ebenfalls projektspezifisch vom verantwortlichen geotechnischen Sachverständigen zu verifizieren.

2.2.3 Drehfedersteifigkeit kφ

Zur Vermeidung von Schwingungsresonanzen des Turms beim Zusammenwirken von Fundament und Baugrund darf die geforderte Drehfedersteifigkeit kφ nicht unterschritten werden. Die einzuhaltende Drehfedersteifigkeit ist dem jeweiligen Fundamentdatenblatt zu entnehmen. Der Nachweis ist bei geschichtetem Baugrund für alle relevanten Schichten nachvollziehbar zu führen.

Hinweis zur Berechnung der Drehfedersteifigkeit über die geschlossene Formel

Grundlage der Berechnungen ist die Formel auf dem Fundamentdatenblatt:

$$k_{phi} = E_s * \frac{4}{3} * r^3 * \frac{1 - \nu - 2 * \nu^2}{(1 + \nu) * (1 - \nu)^2}$$

Für tiefere Schichten wird r als der zugehörige Ersatzradius betrachtet. Die Vergrößerung des Ersatzradius ergibt sich aus dem Reibungswinkel über die Höhe der betrachteten Bodenschicht.

Die Nachweisführung der Drehfedersteifigkeit ist schichtenbezogen auszuwerten und tabellarisch aufzuführen.

Die Rechenansätze für die Berechnung der dynamischen Drehfedersteifigkeit bei ENERCON haben gezeigt, dass eine hohe Übereinstimmung mit den tatsächlichen Gegebenheiten vorliegt.

Bei einer Berechnung der dynamischen Drehfedersteifigkeit auf Grundlage des Schubmoduls G_{dyn} ist die dynamische Schubverzerrungsamplitude zu berücksichtigen. Der Abminderungsfaktor liegt im Bereich für $y=10^{-3}$ bei ≈0,3.

Hinweis zur Berechnung der Drehfedersteifigkeit über das Moment

Die Berechnung der Setzungsdifferenzen ist mit den statischen bzw. dynamischen Steifemodulwerten sowie unter Berücksichtigung des zugehörigen Moments durchzuführen. Alle setzungsempfindlichen Bodenschichten sind zu berücksichtigen.

Der für die Bemessung der Drehfedersteifigkeiten maßgebende Lastfall ist DLC D.3 (Produktion). Die Drehfedersteifigkeiten sind unter Berücksichtigung der wirkenden Vertikallast und dem wirkenden Moment zu bestimmen.

Grundlage der Berechnungen ist die Formel:

$$k_{phi} = \frac{M[\mathrm{kNm}]}{\alpha\ [\mathrm{rad}]}$$

$$\alpha = \frac{ds}{d}$$

M = Moment
ds = Setzungsdifferenz beim wirkenden Moment und Vertikallast
d = Fundamentdurchmesser

Die Laständerungen im Produktionsbetrieb einer Windenergieanlage liegt im Frequenzbereich < 2 Hz. Es handelt sich somit nicht um eine dynamische Belastung des Baugrunds, sondern um eine länger andauernde zyklische Belastung.

Die in der Literatur angebenden dynamische Steifemodulwerte, sowie die angebenden Erhöhungswerte zur Umrechnung von statischen Steifemodulwerten auf dynamische Steifemodulwerte sind für diese zyklischen Frequenzbereiche somit nicht gültig. Die für die Berechnung der dynamischen Drehfedersteifigkeit verwendeten Steifemodulwerte sind entsprechend vorsichtig zu wählen.

Der Nachweis der Drehfedersteifigkeit bei Tiefgründungen ist vom Aufsteller der Pfahlstatik am Gesamtsystem zu führen. Ein Nachweis durch den geotechnischen Sachverständigen ist nicht erforderlich.

2.2.4 Standsicherheit von Böschungen und Hängen

Bei Fundamenten im Einflussbereich oberhalb einer Böschung ist die Standsicherheit der Böschung nach DIN 4084 / DIN EN 1997-1 nachzuweisen.

2.2.5 Kippen, Gleiten und klaffende Fuge

Die geotechnischen Nachweise für Kippen, Gleiten und die klaffende Fuge sind bereits durch die Fundamentstatik abgedeckt. Um die Gültigkeit der geotechnischen Berechnung zu wahren, dürfen keine Maßnahmen ausgeführt werden, die zu einer Veränderung der Vertikal- und Horizontallasten führen.

Eine unzulässige Veränderung der Vertikallasen erfolgt z. B. bei Auftriebswirkung durch Wasser bei dem Fundamenttyp „ohne Auftrieb“ oder bei nicht ausreichender Erdauflast. Eine unzulässige Veränderung der Horizontallasten kann ebenfalls durch ein Anheben der Gründungsebene ohne Prüfung der Windgeschwindigkeiten und Turbulenzen erfolgen.

Der Nachweis für das Gleiten wurde mit einem Reibungswinkel von 20° geführt. Der geotechnische Sachverständige hat zu bestätigen, dass der Reibungswinkel von 20° nicht unterschritten wird.

2.3 Gründungsempfehlung

2.3.1 Flachgründung

Bei Flachgründungen sind grundsätzlich die rechnerischen Nachweise für die Standsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit zu führen. Die zulässigen Bodenpressungen sind auf den Datenblättern angegeben. Es sind grundsätzlich alle im Fundamentdatenblatt angegebenen Lastfälle zu untersuchen.

Die maximal zulässige Bodenpressung und die zu erwartenden Setzungen sind anzugeben und die setzungsbedingte Schiefstellung ist der maximal erlaubten Schiefstellung für die gesamte Lebensdauer von min. 20 Jahren gegenüberzustellen.

Bei nicht ausreichend tragfähigem Baugrund sind Vorschläge zu erforderlichen Bodenverbesserungs- oder Bodenaustauschmaßnahmen zu unterbreiten.

2.3.1.1 Lastfall „ohne Auftrieb“

Der Fundamenttyp „Flachgründung ohne Auftrieb“ darf nur ausgeführt werden, wenn eine ausreichende Durchlässigkeit in Gründungsebene gegeben ist, die Ausführung einer drucklosen Drainage möglich ist oder die Gründungsebene auf GOK und somit außerhalb des Grundwassereinflusses liegt. Andere Möglichkeiten zur Reduzierung des Wasseranfalls (z. B. Verfüllung des Arbeitsraums mit stark bindigem Material, Einbau von Folien und anderen Wassersperren) in Gründungsebene sind von ENERCON ausgeschlossen, können jedoch ergänzend ausgeführt werden.

Es ist sicherzustellen, dass der höchste anzunehmende Grundwasserstand die Gründungsebene nicht übersteigt. Insbesondere zu folgenden Punkten ist im Gutachten eine Aussage zu treffen:

- Innerhalb der Lebensdauer der WEA darf sich kein Stauwasserspiegel bilden (Badewanneneffekt).
- Der Durchlässigkeitsbeiwert k_f muss innerhalb der gesamten Gründungsebene ausreichend hoch sein, um eine sofortige Versickerung von anfallendem Niederschlagswasser gewährleisten zu können.
- Ausführungsmöglichkeit einer drucklosen Drainage. Die Drainage ist für die vollständige Lebensdauer der WEA wartungsfrei auszulegen.
- Bei Ausführung einer drucklosen Drainage: Topographische Gegebenheiten im Umfeld des Standorts.

2.3.1.2 Lastfall „mit Auftrieb“ bzw. „mit Teilauftrieb“

Bei Fundamenten im Lastfall „mit Auftrieb“ ist der max. Wasserstand (Bemessungswasserstand) anzugeben. Es ist zu beachten, dass Wasserstände über GOK nicht erlaubt sind.

2.3.2 Tiefgründung

Es sind alle auf dem Fundamentdatenblatt aufgeführten Pfahltypen zu untersuchen und vergleichend aufzuführen. Die Eignung und Nichteignung bzw. Gründungsrisiken der Pfahlsysteme sind zu erläutern. Abschließend ist eine Aussage über das favorisierte Pfahlsystem für den jeweiligen Standort zu treffen. Die in DGGT EA-Pfähle angegebenen Einbindetiefen für die Pfahlsysteme sind zu berücksichtigen. Abweichungen sind zu begründen.

Nachfolgend sind die erforderlichen Angaben aufgeführt:

- Pfahlquerschnitt
- Absetztiefe, anzugeben in Meter unter GOK
- Einbringverfahren
- Abschätzung der Ausführbarkeit (z. B. Einschätzung der Rammarbeit, Gesteinsblöcke im Untergrund)
- Ermittelte, aufnehmbare Pfahllasten (Druck- und Zuglasten)
- Horizontaler Bettungsverlauf entlang des Pfahls (Regelprofil)
- Negative Mantelreibung
- Seitendruck und Auflast auf geneigte Pfähle

2.4 Herstellung der Baugrube

Für die Herstellung der Baugrube sind standortbezogene Hinweise zu geben. Der für die anstehenden Böden max. zulässige Böschungswinkel ist anzugeben. Es sind zudem Angaben zur Sicherung der Böschung und der Baugrubensohle zu machen. Bei bereits aufgeweichten Böden oder unregelmäßiger Baugrubensohle sind Maßnahmen vor Einbringen der Sauberkeitsschicht vorzuschlagen.

2.5 Wasserhaltung

Wird eine Wasserhaltung zur Trockenhaltung der Baugrube während des Fundamentbaus erforderlich, so sind geeignete Verfahren anzugeben und zu beschreiben. Die zu erwartende Wassermenge ist abzuschätzen.

Bei gespanntem Grundwasser ist ein hydraulischer Grundbruchnachweis zu führen. Besteht Gefahr eines hydraulischen Grundbruchs in der Baugrube sind geeignete Gegenmaßnahmen anzugeben.

2.6 Drucklose Drainage

Bei Fundamenten ohne Auftriebswirkung kann ggf. temporär anfallendes Schichten- und Oberflächenwasser mittels einer drucklosen Drainage (ohne Pumpe) entwässert werden. Bei der Planung und Ausführung der Drainage ist die DIN 4095 zu berücksichtigen. Die Drainage hat sicherzustellen, dass zu keiner Zeit eine Auftriebswirkung durch Schichtenwasser und Stauwasser auf das Fundament wirkt. Aktive Drainagen sind nicht zulässig.

Bei Ausführung einer drucklosen Drainage ist eine Dränschicht unterhalb des Fundaments einzuplanen. Diese muss so hergestellt werden, dass sie keinen Einfluss auf die Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit der Windenergieanlage hat. Der Auslauf muss frostfrei enden.

Die Planung und Sicherstellung der dauerhaften Funktionalität der Drainageanlage ist durch den Eigentümer der Windenergieanlage sicherzustellen. Die Ausführung der Drainage ist schriftlich durch den Ausführungsplaner freizugeben.

2.7 Erdarbeiten

In der Baugrubensohle anstehende, nicht tragfähige bzw. aufgeweichte bindige Bodenschichten sind gegen kornabgestuftes Material auszutauschen. Lockere rollige Bodenschichten sind nachzuverdichten. Die Baugrubensohle ist vor dem weiteren Verfüllen von einem geotechnischen Sachverständigen abzunehmen und schriftlich freizugeben.

Im Bodengutachten ist eine erste Einschätzung über die Eignung der Aushubböden zum Wiedereinbau als Baugrubenverfüllung bzw. als Erdauflast anzugeben. Insbesondere ist eine Aussage über die Eignung zum verdichteten Wiedereinbau im Bereich zwischen Kranstellfläche und Fundament zu treffen. Die Einschätzungen sind bei der Abnahme der Baugrubensohle zu verifizieren und schriftlich freizugeben.

2.7.1 Bodenaustausch

Ist ein Bodenaustausch erforderlich, sind Empfehlungen zum Austauschmaterial, Verdichtungsgrad und zur Ausführung anzugeben. Grundsätzlich ist das Bodenaustauschmaterial lagenweise verdichtet einzubauen. Ein Einbau von Ziegelbruch (Rotstein-Material) und anderem mürben Material unterhalb des Fundaments ist unzulässig. Weitere Hinweise können der entsprechenden ENERCON Spezifikation entnommen werden.

2.7.2 Baugrubenverfüllung

Hinweise zur Baugrubenverfüllung können der entsprechenden ENERCON Spezifikation entnommen werden. Die Baugrube muss mit verdichtbarem Bodenmaterial aufgefüllt werden.

Zwischen Kranstellfläche und Fundament ist im Verfüllbereich des Fundaments die SKW-Befahrbarkeit während der gesamten Betriebszeit sicherzustellen.

2.7.3 Erdauflast

Die Erdauflast auf dem Fundamentsporn ist dauerhaft und erosionssicher mit einer gemäß Typenprüfung festgelegten Wichte herzustellen. Die erforderliche Mindestwichte für die Erdauflast ist auf den Fundamentdatenblättern und auf den Schalplänen angegeben. Bei einer erhöhten Auflast (z. B. durch Aufbau der Kranstellfläche auf dem Fundament) ist eine gesonderte Stellungnahme seitens ENERCON erforderlich (siehe auch Kap. 2.2.1.2, S. 15).

Die Auflast ist statisch erforderlich. Die Eignung des verwendeten Materials ist vom geotechnischen Sachverständigen sicherzustellen und schriftlich zu bestätigen.

Bei herausgezogenen Fundamenten hat der geotechnische Sachverständige den erforderlichen Abstand der Böschungsoberkante zum Fundamentrand anzugeben. Bei erosionsanfälligen Bodenmaterial ist ggf. ein Überstand erforderlich, um die vollständige Auflast auf dem Fundament zu gewährleisten.

2.7.4 Baugrundverbesserung

Zur nachträglichen Prüfung einer Baugrundverbesserung sind die Art der Prüfung, die zu kontrollierenden Kenngrößen, die Prüfpositionen, die Prüfhäufigkeit und die Annahmekriterien vor Ausführung der Prüfungen durch den geotechnischen Sachverständigen festzulegen und im Gutachten zu vermerken. Weitere Hinweise sind der entsprechenden ENERCON Spezifikation zu entnehmen.

2.8 Auswirkungen des Frischbetoneigengewichts bei Tiefgründungen

Der Baugrund darf während der Betonage keine Muldenbildung (Setzungsdifferenz > 1 cm) erfahren. Bei der Ermittlung der Setzungen ist die Vorbelastung durch den Erdaushub zu berücksichtigen. Die zulässigen Betonierhöhen bei abschnittsweiser Betonage sind gemäß Fundamentstatik vorgegeben und den ENERCON Schalplänen zu entnehmen.

3 Qualitätssicherung

Die Baugrubensohle sowie etwaige weitere Bodenverbesserungs- bzw. Austauschmaßnahmen (insbesondere die zugehörigen statischen Nachweise und Herstellprotokolle) sind vom verantwortlichen geotechnischen Sachverständigen abzunehmen und schriftlich freizugeben.

Bei der Ausführung besonderer Maßnahmen wie z. B. dem Verfüllen von Hohlräumen sind die Arbeiten vom geotechnischen Sachverständigen zu überwachen und nach Abschluss gesondert schriftlich freizugeben.

Bei Tiefgründungen sind die Ramm-/Herstellprotokolle der Bauwerkspfähle auf Übereinstimmung mit dem Gutachten durch den geotechnischen Sachverständigen zu überprüfen. Die Rammprotokolle und die Integritätstestergebnisse sind zu beurteilen. Die Tiefgründung ist schriftlich freizugeben.

4 Dokumentation

4.1 Darstellung der Untersuchungsergebnisse

Der geotechnische Entwurfsbericht mit sämtlichen Anhängen ist ENERCON farbig und in digitaler Form als einzelne Datei zur Verfügung zu stellen. Die Dateigröße sollte 10 MB nicht überschreiten. Zur weiteren Bearbeitung ist das Baugrundgutachten frühzeitig zu erstellen und bei ENERCON einzureichen. Der Fertigstellungstermin wird im Liefervertrag geregelt. Unabhängig davon sollte das Baugrundgutachten möglichst 16 Wochen vor Baubeginn eingereicht werden.

Das Untersuchungsgebiet ist in einem Übersichtplan darzustellen, aus dem die überregionale Lage ersichtlich ist. Die Standortkoordinaten sind auf dem Plan oder im Berichtsteil anzugeben.

Die Ansatzpunkte der Bohrungen und Sondierungen sind auf einem gesonderten Lageplan kenntlich zu machen. Dies gilt für jeden Standort.

Die Ansatzpunkte sind höhenmäßig einzumessen und auf Höhe GOK im Fundamentmittelpunkt mit ± 0,0 m zu beziehen. Die Höhen sind auf den Bohr- bzw. Sondierprofilen anzugeben. Gegebenenfalls ist die Topographie in 1-2 Geländeschnitten graphisch darzustellen.

Eine aussagekräftige Fotodokumentation der örtlichen Gegebenheiten ist beizufügen.

Die angewendeten Untersuchungsverfahren und -geräte sind anzugeben, um mögliche Abweichungen und Fehlerquellen zu dokumentieren.

4.2 Beizufügende Dokumentation

Folgende Dokumentation ist dem Gutachten beizufügen:

- Farbige Bohrsäulenprofile gemäß DIN 4023 / EN ISO 14688 von Baugrundaufschlussbohrungen und Schürfen (Bodenarten sind voll auszuschreiben)
- Drucksondierungsergebnisse inkl. Spitzendruck, Mantelreibung, Reibungsverhältnis und Neigung
- Ausgefülltes Protokoll der Messung des Spezifischen Erdwiderstands
- Dokumentation über die Bestimmung der Bodenkennwerte
- Ergebnisse der Grundwasseranalysen inkl. Probenahmeprotokoll
- Ergebnisse chemischer Umweltuntersuchungen (als separater Bericht) sowie Probenahmeprotokolle und Prüfberichte der Laboranalysen (falls durchgeführt)
- Schriftliche Begründung bei Abweichungen von der Spezifikation (nur in begründeten Fällen und nach Abstimmung mit der ENERCON Fachabteilung)

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 7/2, Flur 1, Gemarkung Böxlund

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Böxlund Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Lamway
Fläche:	58.611 m²
Tatsächliche Nutzung:	2.395 m² Ackerland 54.527 m² Grünland 1.689 m² Weg

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück	
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Böxlund Grundbuchblatt 7 Laufende Nummer 7	
Eigentümer/-in:	2	Christiansen, Carsten Andreas

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 9, Flur 1, Gemarkung Böxlund

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Böxlund Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Lecker Au
Fläche:	8.699 m²
Tatsächliche Nutzung:	8.454 m² Bach 96 m² Grünland 51 m² Straßenverkehr 98 m² Weg
Klassifizierung:	Gewässer II. Ordnung

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück	
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Böxlund Grundbuchblatt 19 Laufende Nummer 9	
Eigentümer/-in:	1	Wasser- und Bodenverband Weesby 24994 Böxlund

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 22/4, Flur 1, Gemarkung Böxlund

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Böxlund Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Peterskjer
Fläche:	41.292 m²
Tatsächliche Nutzung:	40.500 m² Grünland 792 m² Kraftwerk

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück	
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Weesby Grundbuchblatt 21 Laufende Nummer 3	
Eigentümer/-in:	1	Koch, Karl Christian

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 22/5, Flur 1, Gemarkung Böxlund

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Böxlund Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Peterskjer
Fläche:	2.692 m²
Tatsächliche Nutzung:	2.692 m² Weg

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück	
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Weesby Grundbuchblatt 21 Laufende Nummer 3	
Eigentümer/-in:	1	Koch, Karl Christian

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 22/6, Flur 1, Gemarkung Böxlund

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Böxlund Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Peterskjer
Fläche:	60.190 m²
Tatsächliche Nutzung:	17.135 m² Ackerland 43.055 m² Grünland

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück	
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Böxlund Grundbuchblatt 56 Laufende Nummer 3	
Eigentümer/-in:	1.1	Brodal, Michael Grenzauweg 3 24994 Böxlund 1/2 Anteil
	1.2	Brodal, Marco Grenzauweg 3 24994 Böxlund 1/2 Anteil

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 22/7, Flur 1, Gemarkung Böxlund

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Böxlund Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Peterskjer
Fläche:	1.214 m²
Tatsächliche Nutzung:	1.214 m² Weg

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Weesby Grundbuchblatt 21 Laufende Nummer 3
Eigentümer/-in:	1 Koch, Karl Christian

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 22/8, Flur 1, Gemarkung Böxlund

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Böxlund Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Peterskjer
Fläche:	21.088 m²
Tatsächliche Nutzung:	21.088 m² Grünland

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück	
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Böxlund Grundbuchblatt 56 Laufende Nummer 3	
Eigentümer/-in:	1.1	Brodal, Michael Grenzauweg 3 24994 Böxlund 1/2 Anteil
	1.2	Brodal, Marco Grenzauweg 3 24994 Böxlund 1/2 Anteil

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 24, Flur 1, Gemarkung Böxlund

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Böxlund Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Lamway
Fläche:	15.282 m²
Tatsächliche Nutzung:	15.282 m² Grünland

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück	
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Jardelund Grundbuchblatt 53 Laufende Nummer 18	
Eigentümer/-in:	1	Dopatka, Werner Ostersteenberg 1 24994 Jardelund

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 25, Flur 1, Gemarkung Böxlund

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Böxlund Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Lamway
Fläche:	44.526 m²
Tatsächliche Nutzung:	4.435 m² Ackerland 40.091 m² Grünland

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück	
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Jardelund Grundbuchblatt 53 Laufende Nummer 28	
Eigentümer/-in:	1	Dopatka, Werner Ostersteenberg 1 24994 Jardelund

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 8, Flur 3, Gemarkung Weesby

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Weesby Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Osterheide
Fläche:	40.995 m²
Tatsächliche Nutzung:	35.514 m² Ackerland 3.574 m² Grünland 1.907 m² Kraftwerk

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück	
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Weesby Grundbuchblatt 77 Laufende Nummer 1	
Eigentümer/-in:	1	Hansen, Reinhard Weesbydamm 17 24994 Weesby

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 9, Flur 3, Gemarkung Weesby

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Weesby Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Osterheide
Fläche:	126.884 m²
Tatsächliche Nutzung:	52.118 m² Ackerland 74.766 m² Grünland

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück	
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Weesby Grundbuchblatt 77 Laufende Nummer 8	
Eigentümer/-in:	1	Hansen, Reinhard Weesbydamm 17 24994 Weesby

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 12, Flur 3, Gemarkung Weesby

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Weesby Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Lecker Au
Fläche:	6.652 m²
Tatsächliche Nutzung:	6.605 m² Bach 47 m² Weg
Klassifizierung:	Gewässer II. Ordnung

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück	
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Weesby Grundbuchblatt 125 Laufende Nummer 20	
Eigentümer/-in:	1	Wasser- und Bodenverband "Weesby" 24994 Weesby

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 13, Flur 3, Gemarkung Weesby

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Weesby Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Kjer
Fläche:	32.039 m²
Tatsächliche Nutzung:	32.039 m² Grünland

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück	
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Weesby Grundbuchblatt 49 Laufende Nummer 14	
Eigentümer/-in:	1	Hansen, Jens Christian 1/2 Anteil
	2	Hansen, Sylvia geb. Schäfer Kjerweg 4 24994 Weesby 1/2 Anteil

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 20/2, Flur 3, Gemarkung Weesby

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Weesby Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Osterheide
Fläche:	6.280 m²
Tatsächliche Nutzung:	6.280 m² Weg
Klassifizierung:	Sonstige öffentliche Straße

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Weesby Grundbuchblatt 108 Laufende Nummer 11
Eigentümer/-in:	1 Gemeinde Weesby

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 30, Flur 3, Gemarkung Weesby

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Weesby Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Norderkjer
Fläche:	35.300 m²
Tatsächliche Nutzung:	35.300 m² Grünland

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück	
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Weesby Grundbuchblatt 49 Laufende Nummer 13	
Eigentümer/-in:	1	Hansen, Jens Christian 1/2 Anteil
	2	Hansen, Sylvia geb. Schäfer Kjerweg 4 24994 Weesby 1/2 Anteil

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 31, Flur 3, Gemarkung Weesby

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Weesby Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Norderkjer
Fläche:	80.098 m²
Tatsächliche Nutzung:	42.128 m² Ackerland 37.970 m² Grünland

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück	
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Weesby Grundbuchblatt 7 Laufende Nummer 4	
Eigentümer/-in:	3.1	Petersen, Heike geb. Ehlers Alte Marktstraße 3 24994 Medelby
	3.2	Ehlers, Anke Grüner Weg 3 24994 Medelby
		3.1.0.0.0, 3.2.0.0.0 in Erbengemeinschaft

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Auszug aus dem Liegenschaftskataster

Flurstücks- und Eigentumsnachweis

Landesamt für
Vermessung und Geoinformation
Schleswig-Holstein

Erteilende Stelle: Katasteramt
Marienhofweg 84-86
25813 Husum
Telefon: 04841 996-0
E-Mail: Poststelle-Husum@LVermGeo.landsh.de

Erstellt am: 18.03.2025

Flurstück 3, Flur 9, Gemarkung Weesby

Gebietszugehörigkeit:	Gemeinde Weesby Kreis Schleswig-Flensburg
Lage:	Neulandweg 2
Fläche:	2.437 m²
Tatsächliche Nutzung:	2.437 m² Wohnbaufläche

Angaben zu Buchung und Eigentum

Buchungsart:	Grundstück	
Buchung:	Amtsgericht - Grundbuchamt Flensburg Grundbuchbezirk Weesby Grundbuchblatt 133 Laufende Nummer 1	
Eigentümer/-in:	3	Carstensen, Alena Christa Niehuuser Straße 4 24955 Harrislee

Dieser Auszug ist maschinell erstellt und wird nicht unterschrieben. Vervielfältigung, Umarbeitung, Veröffentlichung und Weitergabe an Dritte nur mit Zustimmung des Landesamtes für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein oder zum eigenen Gebrauch (§ 9 Vermessungs- und Katastergesetz in der jeweils geltenden Fassung).

Bauvorhaben : Errichtung und Betrieb von 3 Windkraftanlagen

2x Enercon E-160 EP5 E3 / 5560 KW - NH 119,83 GH 199,83
1x Enercon E-138 EP3 E3 / 4260 KW - NH 110,24 GH 179,40

Bauort : 24994 Weesby / Böxlund, nördl. der L192

Bauherr : Bürgerwindpark BB Wind GmbH & Co. KG
Erlenweg 5, 24994 Böxlund

Einverständniserklärung der Eigentümer

	Gemeinde	Gemarkung	Flur	Flurst.	Gel.höhe mNHN	OK mNHN
WEA 1	Weesby	1175	3	9	~ 16,00	~ 216,00
WEA 2	Weesby	1175	3	13	~ 18,00	~ 218,00
WEA 3	Böxlund	1169	1	25	~ 19,00	~ 199,00

WEA 1

UTM ETRS89	**509965**	**6079600**
Gauss-Kr. R/ H	*3510038.73*	*6081593*
Br.L.-grad, dezi.	*9.15525272*	*54.86338273*
Br.L.-grad.	*9° 9‘ 18.90979*	*54° 51‘ 48.17783*

WEA 2

UTM ETRS89	**510417**	**6079349**
Gauss-Kr. R/ H	*3510490.91*	*6081341.9*
Br.L.-grad, dezi.	*9.1622857*	*54.86111789*
Br.L.-grad.	*9° 9‘ 44.22852*	*54° 51‘ 40.0244*

WEA 3

UTM ETRS89	**511520**	**6079549**
Gauss-Kr. R/ H	*3511594.35*	*6081541.99*
Br.L.-grad, dezi.	*9.17947715*	*54.86289103*
Br.L.-grad.	*9° 10‘ 46.11774*	*54° 51‘ 46.40771*

Alle kursiv geschriebenen Werte wurden rechnerisch ermittelt und es können geringfügige Abweichungen auftreten. ***Es sind grundsätzlich die Original-UTM-ETRS89-Werte zu verwenden !!!***
https://gdz.bkg.bund.de/koordinatentransformation

(UTM-Abbildung in Zone 32 (Mittelmeridian 9 Grad) ohne führende Zonenangabe im Rechtswert, Ellipsoid GRS80, Datum ETRS89 oder kurz ETRS89
Reihenfolge der Koordinatenachsen: Rechtswert, Hochwert
Maßeinheit der Koordinaten: Meter)

Die Bürgerwind BB Wind GmbH & Co. KG erklärt für das oben genannte Bauvorhaben, dass mit den Landbesitzern gesprochen worden ist und seitens der Eigentümer gegenüber der Errichtung und dem Betrieb sowie der Erschließung keine Einwände erhoben worden sind. Alle erforderlichen Pachtverträge sind aktuell geschlossen und können bei der Betreibergesellschaft eingesehen werden.

Böxlund, den 07.04.2025
Ort, Datum

Bauherr

Behrendorf, den 07.04.2025
Ort, Datum

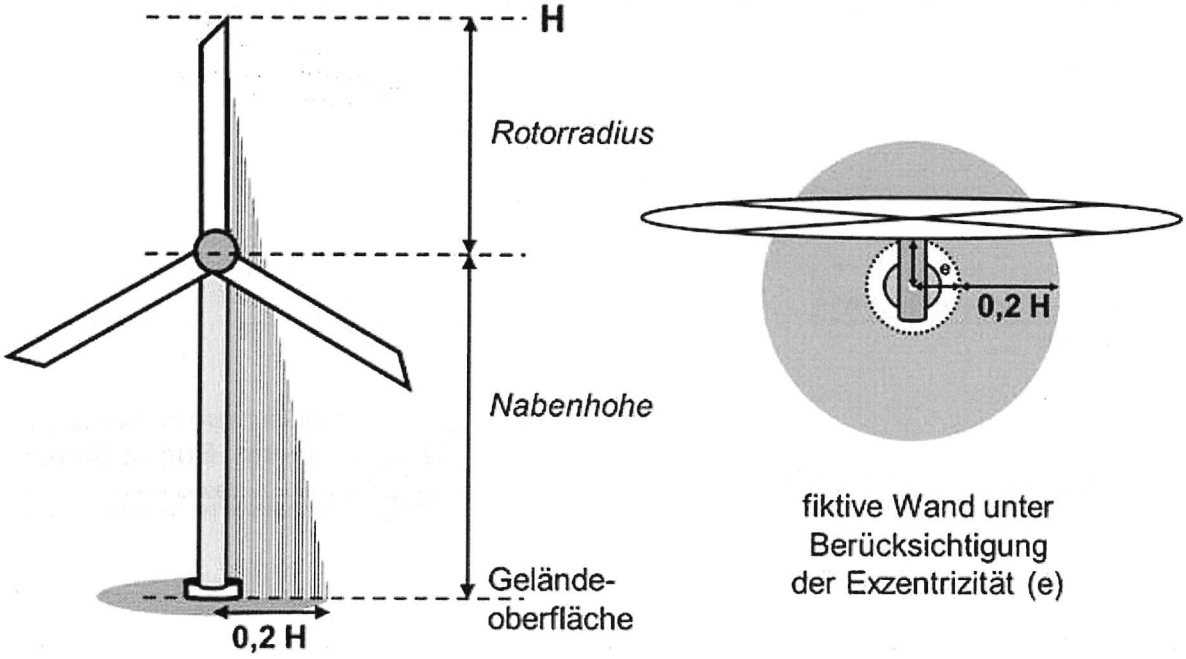
Ingenieurbüro für Bauwesen
Dipl.-Ing. Eugen Siefert
Norderdorf 7 · 25850 Behrendorf
Tel. 04843/20 50 50 · Fax 04843/20 50 520
Entwurfsverfasser

Bauvorhaben :	Errichtung und Betrieb von 3 Windkraftanlagen 2x Enercon E-160 EP5 E3 / 5560 KW - NH 119,83 GH 199,83 1x Enercon E-138 EP3 E3 / 4260 KW - NH 110,24 GH 179,40
Bauort :	24994 Weesby / Böxlund, nördl. der L192
Bauherr :	Bürgerwindpark BB Wind GmbH & Co. KG Erlenweg 5, 24994 Böxlund

Abstandsberechnung nach § 6 LBO

Auszug aus §6 Vollzugsbekanntmachung LBO:

18. Die Tiefe der bauordnungsrechtlichen Abstandsfläche von Windenergieanlagen bemisst sich nach der Gesamthöhe der Anlage als „Wandhöhe" i. S. des § 6 Absatz 4 Satz 1 (H). H ergibt sich dabei aus Nabenhöhe plus Rotorradius (d. h. die Höhe bei senkrecht nach obenstehendem Rotor). Der Kreis, auf dem sich die nach obenstehende Rotorblattspitze um die Windenergieanlage dreht (Exzentrizität), senkrecht projiziert auf die Geländeoberfläche, stellt die fiktive Außenwand der Windenergieanlage dar und bildet den Ausgangspunkt für die Abstandsflächenberechnung. Im Außenbereich beträgt die Abstandsflächentiefe 0,2 H, ausgenommen an den Grenzen des Innenbereichs. Entsprechendes gilt für Gewerbe- und Industriegebiete. Im Übrigen beträgt die Abstandsflächentiefe 0,4 H, mindestens aber 3 m (§ 6 Absatz 5 Satz 2).



WEA 1 + 2: (119,83m+80,00m) GH x 0,2 = 39,966m + 9,10m = 49,066 m Baulastradius

WEA 3: (110,24m+69,16m) GH x 0,2 = 35,880m + 3,25m = 39,130 m Baulastradius

Es wird um Eintragung einer Auflage in die Genehmigung gebeten, so dass die Eintragung der Baulasten bis Baubeginn vorzulegen sind. Nach Genehmigung werden alle Eigentümerangaben sowie Grundbuchauszüge direkt an den Kreis Schleswig-Flensburg gesandt.

EISWURF / EISFALL

Rechnerischer Nachweis gem. d. Technischen Baubestimmung S.H. Anlage A 1.2.8/6

Regel:
1,5 x (RD+NH)

WEA 1 + 2 Enercon E-160 EP5 E3 R1 / 5560 KW
NH 120 GH 200

1,5 x (160 + 120,00m) = 420,00m
(Nabenhöhen sind aufgerundet)

WEA 3 Enercon E-138 EP3 E3 / 4260 KW
NH 111 GH 180

1,5 x (138,25 + 111,00m) = 373,875m
(Nabenhöhen sind aufgerundet)

Hierzu wurde eine gutachterliche Stellungnahme zur Risikobeurteilung Eisabwurf / Eisabfall in Auftrag gegeben und bis zur Genehmigung nachgereicht.

Böxlund, den 07.04.2025
Ort, Datum

Bauherr

Behrendorf, den 07.04.2025
Ort, Datum

Ingenieurbüro für Bauwesen
Dipl.-Ing. Eugen Siefert
Norderdorf 7 · 25850 Behrendorf
Tel. 04843/20 50 50 · Fax 04843/20 50 520

Entwurfsverfasser

Auf Grundlage der Berechnungsformel der Landesbauordnung für das Land Schleswig-Holstein vom 05.07.2024 ergibt sich vom Turmmittelpunkt folgender

Grenzabstand **0,2 x (Nabenhöhe + Rotorradius) + Turmmitte bis höchste Blattposition = 39,12 m**

Eingangswerte der Berechnungsformel:

Nabenhöhe	=	110,24	Meter
Rotorradius	=	69,13	Meter
Turmmitte bis höchste Blattposition	=	3,25	Meter

© Copyright ENERCON GmbH. All rights reserved.

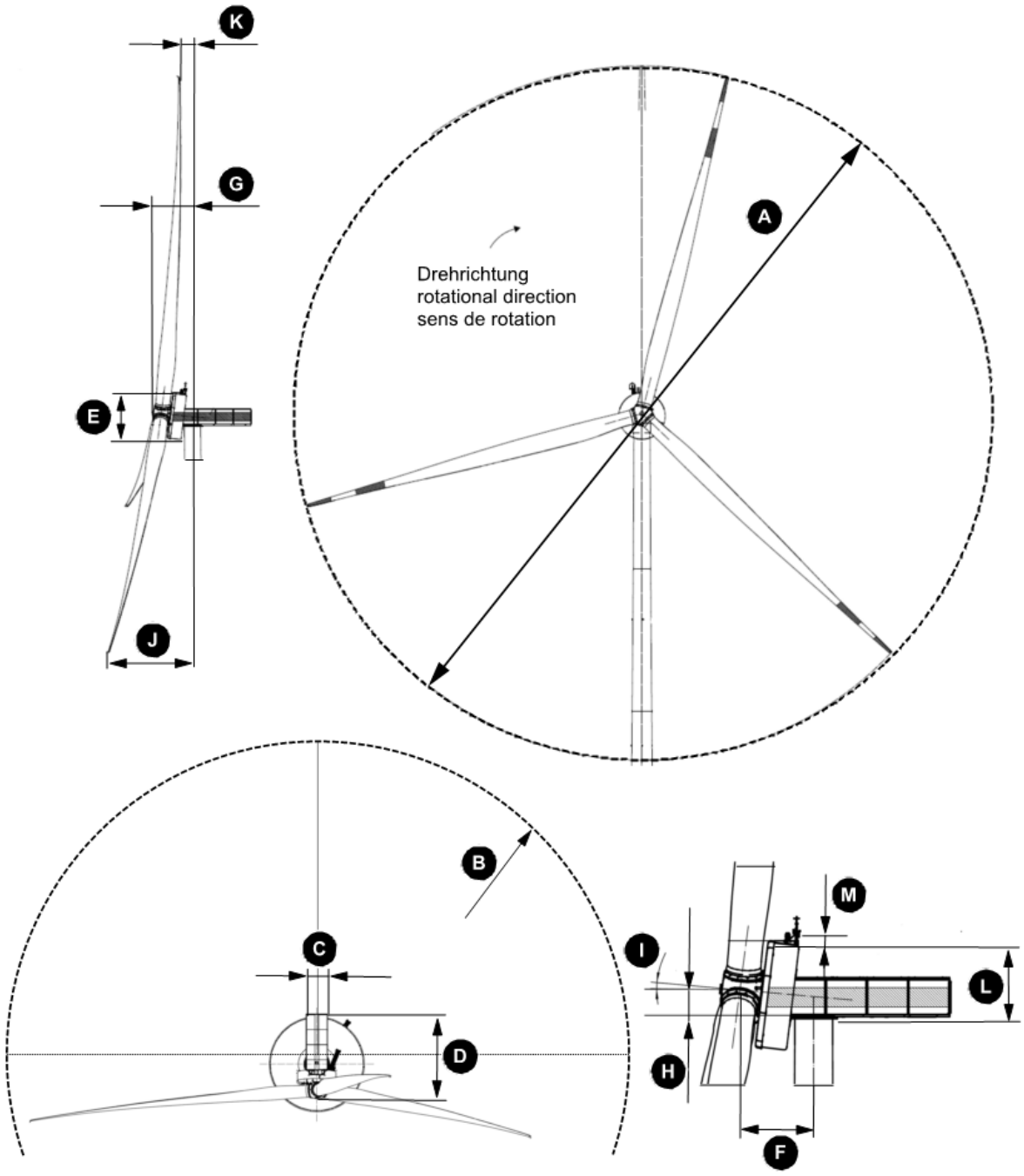


Abb. / Fig. 1: Schematische Darstellung der Gondel / Schematic diagram of the nacelle / Représentation schématique de la nacelle

Pos.	Bezeichnung Description Designation	Wert Value Valeur	Pos.	Bezeichnung Description Designation	Wert Value Valeur
A[1]	**Rotordurchmesser** Rotor diameter Diamètre du rotor	138,25 m	**H**	**Oberkante Turmkopfflansch bis Nabe** Top edge of top tower flange to hub Bord supérieur de la bride supérieure du mât jusqu'au moyeu	1,98 m
B[1]	**Exzentrizitätsfläche** Eccentric surface Surface excentrique	15 440 m^2	**I**	**Neigung** Incline Inclinaison	7°
C	**Gondelbreite** Nacelle width Largeur de la nacelle	4,99 m	**J**[1]	**Turmmitte bis tiefste Blattposition** Tower centre to bottom of blade Milieu du mât jusqu'à la position la plus basse de la pale	20,10 m
D	**Gondellänge** Nacelle length Longueur de la nacelle	19,75 m	**K**[1]	**Turmmitte bis höchste Blattposition** Tower centre to top position of blade Milieu du mât jusqu'à la position la plus haute de la pale	3,25 m
E	**Gondelhöhe** Nacelle height Hauteur de la nacelle	9,23 m	**L**	**Oberkante Turmkopfflansch bis Oberkante Gondel** Top edge of top tower flange to nacelle top edge Bord supérieur de la bride du sommet du mât jusqu'au bord supérieur de la nacelle	6,264 m
F	**Turmmitte bis Nabe horizontal** Tower centre to hub horizontal Milieu du mât vers le moyeu horizontalement	6,31 m	**M**	**Oberkante Gondel bis Oberkante Befeuerungsträger** Top nacelle edge to top beacon carrier edge Bord supérieur de la nacelle jusqu'au bord supérieur du support du balisage	- 0,025 m
G	**Turmmitte bis Gondelspitze** Tower centre to nacelle tip Milieu du mât vers l'extrémité de la nacelle	8,58 m		**Volumen der Gondel** Volume of the nacelle Volume de la nacelle	437 m^3

[1] Die Werte beziehen sich auf den Einbauzustand des Rotorblatts ohne Pitch und ohne jegliche Belastungen. / The values refer to the installation state of the rotor blade when not pitched and without any load. / Les valeurs se rapportent à l'état de montage de la pale du rotor sans pitch et sans charges.

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved. / Tous droits réservés.

Released: 2022-06-22 06:06

Auf Grundlage der Berechnungsformel der Landesbauordnung für das Land Schleswig-Holstein vom 05.07.2024 ergibt sich vom Turmmittelpunkt folgender

Grenzabstand **0,2 x (Nabenhöhe + Rotorradius) + Turmmitte bis höchste Blattposition = 49,07 m**

Eingangswerte der Berechnungsformel:

Nabenhöhe	=	119,83	Meter
Rotorradius	=	80,00	Meter
Turmmitte bis höchste Blattposition	=	9,10	Meter

© Copyright ENERCON GmbH. All rights reserved.

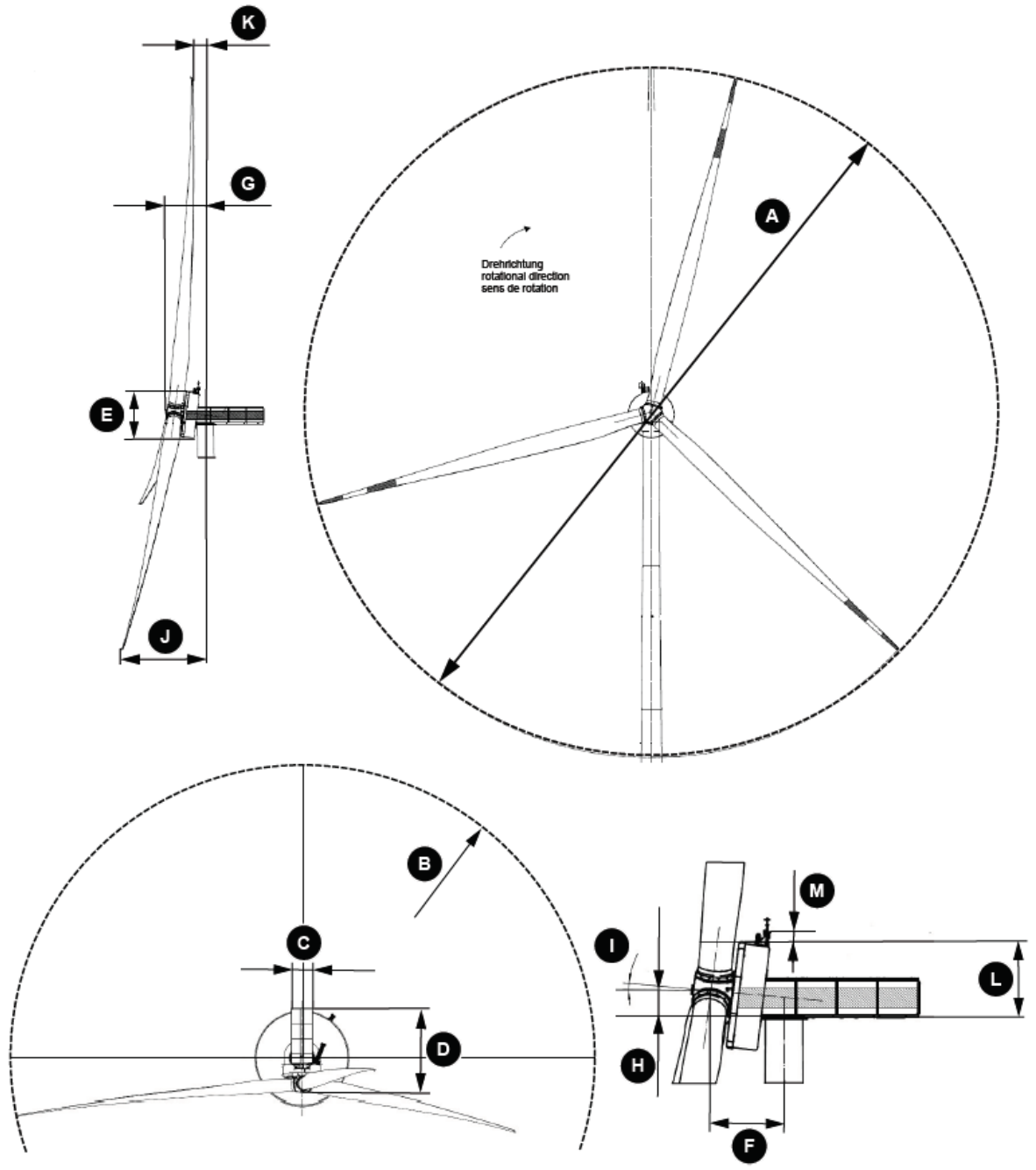


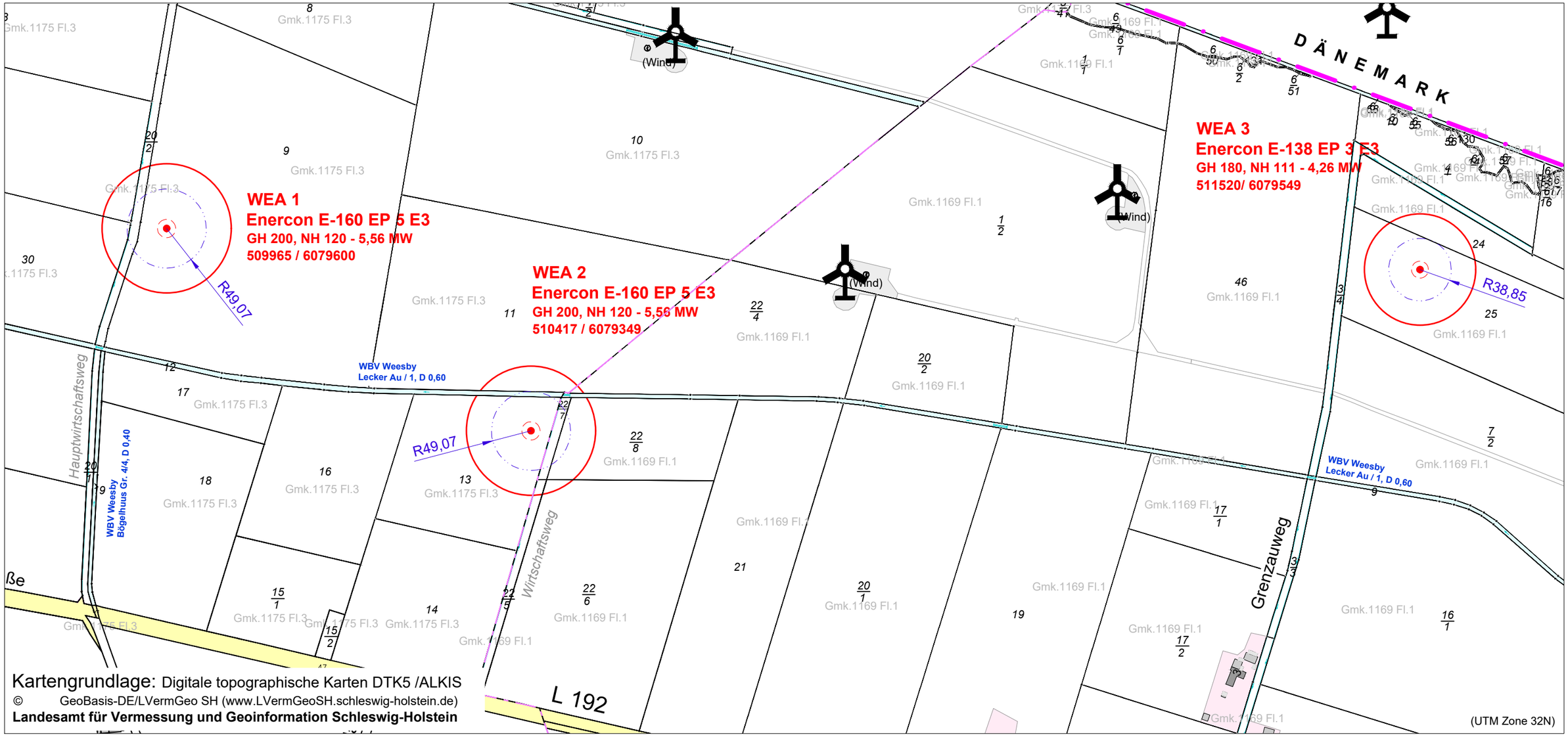
Abb. / Fig.: Schematische Darstellung der Gondel / Schematic diagram of the nacelle / Représentation schématique de la nacelle

Pos.	Bezeichnung Description Designation	Wert Value Valeur	Pos.	Bezeichnung Description Designation	Wert Value Valeur
A[1]	**Rotordurchmesser** Rotor diameter Diamètre du rotor	160 m	**H**	**Oberkante Turmkopfflansch bis Nabe** Top edge of top tower flange to hub Bord supérieur de la bride supérieure du mât jusqu'au moyeu	1,85 m
B[1]	**Exzentrizitätsfläche** Eccentric surface Surface excentrique	21064 m²	**I**	**Neigung** Incline Inclinaison	6°
C	**Gondelbreite** Nacelle width Largeur de la nacelle	4,99 m	**J**[1]	**Turmmitte bis tiefste Blattposition** Tower centre to bottom of blade Milieu du mât jusqu'à la position la plus basse de la pale	25,83 m
D	**Gondellänge** Nacelle length Longueur de la nacelle	19,80 m	**K**[1]	**Turmmitte bis höchste Blattposition** Tower centre to top position of blade Milieu du mât jusqu'à la position la plus haute de la pale	9,10 m
E	**Gondelhöhe einschließlich Generator** Nacelle height including generator Hauteur de la nacelle, y compris le générateur	6,10 m	**L**	**Oberkante Turmkopfflansch bis Oberkante Gondel** Top edge of top tower flange to nacelle top edge Bord supérieur de la bride du sommet du mât jusqu'au bord supérieur de la nacelle	4,60 m
F	**Turmmitte bis Nabe horizontal** Tower centre to hub horizontal Milieu du mât vers le moyeu horizontalement	6,10 m	**M**	**Oberkante Gondel bis Oberkante Befeuerungsträger** Top nacelle edge to top beacon carrier edge Bord supérieur de la nacelle jusqu'au bord supérieur du support du balisage	0,96 m
G	**Turmmitte bis Gondelspitze** Tower centre to nacelle tip Milieu du mât vers l'extrémité de la nacelle	8,30 m		**Volumen der Gondel** Volume of the nacelle Volume de la nacelle	303,32 m³

[1] Die Werte beziehen sich auf den Einbauzustand des Rotorblatts ohne Pitch und ohne jegliche Belastungen. / The values refer to the installation state of the rotor blade when not pitched and without any load. / Les valeurs se rapportent à l'état de montage de la pale du rotor sans pitch et sans charges.

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved. / Tous droits réservés.

Released: 2024-05-14 11:11



Kartengrundlage: Digitale topographische Karten DTK5 /ALKIS
© GeoBasis-DE/LVermGeo SH (www.LVermGeoSH.schleswig-holstein.de)
Landesamt für Vermessung und Geoinformation Schleswig-Holstein

(UTM Zone 32N)

	Gemeinde	Gemarkung	Flur	Flurst.	Gel.mNHN	OK mNHN
WEA 1	Weesby	1175	3	9	16,00	216,00
WEA 2	Weesby	1175	3	13	18,00	218,00
WEA 3	Böxlund	1169	1	25	19,00	199,00

WEA 1

UTM ETRS89	**509965**	**6079600**
Gauss-Kr. R/ H	*3510038.73*	*6081593*
Br.L.-grad, dezi.	*9.15525272*	*54.86338273*
Br.L.-grad.	*9° 9' 18.90979*	*54° 51' 48.17783*

WEA 2

UTM ETRS89	**510417**	**6079349**
Gauss-Kr. R/ H	*3510490.91*	*6081341.9*
Br.L.-grad, dezi.	*9.1622857*	*54.86111789*
Br.L.-grad.	*9° 9' 44.22852*	*54° 51' 40.0244*

WEA 3

UTM ETRS89	**511520**	**6079549**
Gauss-Kr. R/ H	*3511594.35*	*6081541.99*
Br.L.-grad, dezi.	*9.17947715*	*54.86289103*
Br.L.-grad.	*9° 10' 46.11774*	*54° 51' 46.40771*

Bestehende WEA

gepl. WEA

Baulastradius

Ingenieurbüro für Bauwesen
Dipl.-Ing. Eugen Siefert

Norderdorf 7 - 25850 Behrendorf
Tel. 04843 / 20 50 50 - Fax 04843 / 20 17 6
E-Mail: Eugen.Siefert@eugensiefert.de

Bauvorh.: Errichtung u. Betrieb von 3 Windkraftanlagen in der Gemeinde Weesby / Böxlund

Bauherr: BWP BB Wind GmbH & Co.KG
Erlenweg 5, 24994 Böxlund

Bauteil: Lageplan Baulast

Projekt-Nr.	25-0024
Blatt Nr.:	LP 12.9.2
Masstab:	1 : 5.000
gez.:	H.H.-A.
Dat.:	07.04.2025
geändert:	

Antrag