

Windpark Schwalmtal I GmbH & Co.KG

Kirchstraße 10

50389 Wesseling

Datum: 25.10.2024

Baugrundgutachten

für den Bauvorentwurf

Windpark Schwalmtal - Dilkrath

1 Windenergieanlage des Typs E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01 (WEA 8)

Stellungnahme zu dem Datenblatt vom 24.07.2023

Sehr geehrte Damen und Herren,

es ist geplant, eine Windenergieanlagen des Typs Enercon E160 EP5 mit 166,6 m Nabenhöhe zu errichten. Das nunmehr vorgelegte Datenblatt (s. Anlage) wurde auf der Grundlage der Geländebefunde geprüft und die Stellungnahme hiermit vorgelegt:

Da die Anforderungen an den Baugrund (aufnehmbare Bodenpressung, Reibungswinkel, dynamische Drehfedersteifigkeit) und auch der Fundamentdurchmesser identisch sind, ist eine Neuberechnung im Rahmen eines Baugrundgutachtens nicht erforderlich. Die Gründung ist wie im Gutachten vom 22.01.2022 durchzuführen:


WEA 8:

Aufgrund der vorgefundenen Lage aus bindigen Bodenmaterial in einer Tiefe zwischen 2,0 und 2,8m unter derzeitiger GOK ist hier der Boden bis in eine Tiefe von 2,8m unter GOK auszukoffern. Der Aushub ist mit einem Kalk – Zementgemisch (ca. 20kg/m²) aufzubereiten und auf einem Geotextil (s. o.) bis 1,0 m unter GOK einzubauen. Anschließend wird eine Tragschicht bis auf die Sollhöhe, lagenweise verdichtet, auf einem Geotextil (GRK 4) eingebaut. Es wird auf der Tragschicht ein Ev2 Wert von 120 MN/m² und ein Verhältniswert von Ev2/Ev1 von < 2,2 gefordert.

Der Überstand der Bodenaufkast hat 1,5 m, der Winkel 45° zu betragen.

Nach Erstellung der Baugrube ist unmittelbar die Sauberkeitsschicht einzubauen, um ein witterungsbedingtes Auflockern der Gründungssohle zu verhindern.

Mit freundlichen Grüßen



Dipl. – Geol. Werner Gröblichhoff

Anlage Fundamentdatenblatt

Verfasser / Author:				Proj.-Nr. / No.: 21683-E21
WEA / WT: Enercon E-160 EP5 E3			NH / HH: 166,6 m	Datum / Date: 24.07.2023
			Hybridturm / Hybrid tower: E21	

Durch Vergleichsrechnung geprüft

Fundamentdatenblatt / *Foundation datasheet*

Enercon DE 5.5MW E-160 166,6m RT2.0 E21

E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01 Flachgründung

Projektnummer /
Project number:

21683-E21

Anlagenhersteller /
Turbine manufacturer:

Enercon GmbH
 Dreekamp 5
 DE-26605 Aurich

Windenergieanlage /
Wind turbine:

Enercon E-160 EP5 E3

Nabenhöhe /
Hub height:

166,6 m

TYPENPRÜFUNG Geltungsdauer
 5 Jahre/Wiedervorlage bis 12.10.2026

Bauteil /
Component:

Fundament mit Teilauftrieb /
*Foundation with partial
 buoyancy*

Verfasser / *Author:*

Max Bögl Wind AG
 Max-Bögl-Str. 1
 DE-92369 Langenloos
 3443492-20-d Rev.3
 in deutscher Hinsicht geprüft.
 12.10.2023
 Siehe Prüfbericht vom

Datum / *Date:*

24.07.2023

Revision / *Revision:*

d

Enercon Dokumentnummer
/ document number:

D02397376-4

München
 TÜV SÜD Industrie Service GmbH
 Prüfstelle für Standsicherheit
 von Windenergieanlagen

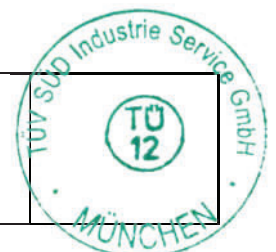
Der Bearbeiter:

Der Leiter:

C. Reuber

S. Mayer

Bauteil / <i>Component:</i>	Fundament / <i>Foundation</i>
Block / <i>Chapter:</i>	



Verfasser / Author:			 MAX BÖGL Fortschritt baut man aus Ideen	Proj.-Nr. / No.: 21683-E21
WEA / WT: Enercon E-160 EP5 E3 NH / HH: 166,6 m Hybridturm / Hybrid tower: E21				Datum / Date: 24.07.2023

Änderungsverzeichnis / Table of revision

Revision / Revision	Datum / Date	Beschreibung / Description	Bearbeiter / Author
-	04.06.2021	Erstausgabe / First release	Plou
a	04.10.2021	Lastenheft 24.06.2021 angesetzt / Load report 24-06-2021 considered	Plou
b	06.02.2023	Überarbeitung durch Lastrelease R1 (BS-P Lasten) / Update due to load release R1 (BS-P loads)	Plou
c	06.06.2023	Enercon-Dokumentennummer auf Titelblatt ergänzt	Braun
d	24.07.2023	Turmnamen auf dem Titelblatt korrigiert, „E3“ in WEA-Bezeichnung ergänzt	Braun

Datum / Date: 24.07.2023

Aufgestellt /
Prepared by:



 i.A. Pablo-Angel Plou Nogueira

Geprüft /
Checked by:


 i.A. Christoph von Oesen

Geprüft und freigegeben /
Checked and approved by:


 i.A. Thorsten Betz

Bauteil / Component:	Fundament / Foundation	 Seite/ Page:
Block / Chapter:	Änderungsverzeichnis / Table of revision	

Verfasser / Author:			Proj.-Nr. / No.: 21683-E21
			Datum / Date: 24.07.2023
WEA / WT: Enercon E-160 EP5 E3	NH / HH: 166,6 m	Hybriddturm / Hybrid tower: E21	

Inhaltsverzeichnis / Table of contents

Änderungsverzeichnis / Table of revision 2

Inhaltsverzeichnis / Table of contents..... 3

1 Allgemeines / General..... 4

2 Geometrie, Material und Massen / Geometry, material and dimensions 5

3 Belastung / Loading 7

3.1 Eigengewicht, Erdüberschüttung und Auftrieb / Own weight, soil cover and buoyancy8

3.2 Turmlasten / Tower loads9

3.2.1 BS-P, BS-T und BS-A / BS-P, BS-T and BS-A.....9

3.2.2 GZT und GZG / ULS and SLS10

4 Anforderungen an den Baugrund / Soil requirements 11

Bauteil / Component:	Fundament / Foundation	<div><div>Seite/ Page:</div><div><div>TÜ</div><div>13</div></div></div>
Block / Chapter:	Inhaltsverzeichnis / Table of contents	



Verfasser / Author:			 MAX BÖGL Fortschritt baut man aus Ideen	Proj.-Nr. / No.: 21683-E21
				Datum / Date: 24.07.2023
WEA / WT: Enercon E-160 EP5 E3	NH / HH: 166,6 m	Hybriddturm / Hybrid tower: E21		

1 Allgemeines / General

In diesem Dokument werden die Kennwerte des Fundamentes für die nachfolgend angegebene Windenergieanlage zusammengefasst.	This document summarizes the properties of the foundation for the following wind turbine.
---	---

Turm / Tower

Beschreibung / Description

Turmtyp / Tower type	Max Bögl hybrid tower E21
Hersteller / Manufacturer	Enercon
Land / Country	DE
Leistung / Power	5,50 MW
Rotor / Rotor	E-160
Nabenhöhe / Hub height	166,6 m
Turmsystem / Tower system	RT2.0

Die Turmgeometrie ist in der folgenden Zeichnung von Max Bögl angegeben:	The tower geometry is defined in the following Max Bögl drawing:
--	--

DE_E21_001_XX_X_Uebersicht

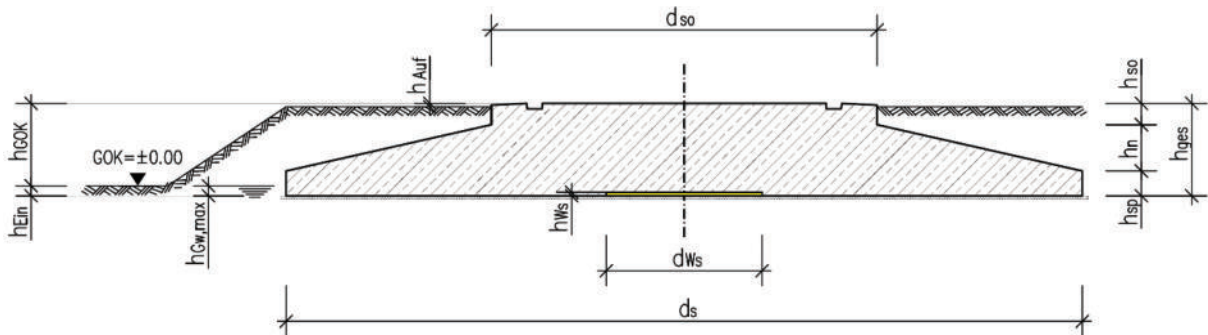
Bauteil / Component:	Fundament / Foundation	 Seite/ Page: 14c
Block / Chapter:	1 Allgemeines / General	

Verfasser / Author:				Proj.-Nr. / No.: 21683-E21
				Datum / Date: 24.07.2023
WEA / WT: Enercon E-160 EP5 E3	NH / HH: 166,6 m	Hybridenturm / Hybrid tower: E21		

2 Geometrie, Material und Massen / Geometry, material and dimensions

Die Geometrie, das Material und die Massen des Fundamententwurfes werden nachfolgend angegeben.


The geometry, material and dimensions are for the foundation draft are defined in this chapter.



Geometrie / Geometry

Betonkörper / Concrete body

Außendurchmesser / Outer diameter	d_s	=	24,00 m
Sockeldurchmesser / Base diameter	d_{so}	=	10,90 m
Weichschichtdurchmesser / Soft layer diameter	d_{ws}	=	4,40 m
Fundamenthöhe / Foundation height	h_{ges}	=	2,80 m
Spornhöhe / Outer height	h_{sp}	=	0,70 m
Spornneigungshöhe / Nose incline height	h_n	=	1,50 m
Sockelhöhe / Base height	h_{so}	=	0,60 m
Abstand Fundamentoberkante - Grundoberkante / Separation foundation top edge - ground level	h_{GOK}	=	2,299 m
Einbindetiefe / Embedment depth	h_{Ein}	=	0,501 m
Abstand Fundamentoberkante - Überschüttungsoberkante / Separation foundation top edge - soil cover top edge	h_{Auf}	=	0,10 m
Weichschichtsdicke / Soft layer thickness	h_{ws}	=	0,05 m

Bauteil / Component:	Fundament / <i>Foundation</i>	
Block / Chapter:	2 Geometrie, Material und Massen / Geometry, material and dimensions	

Verfasser / Author:				Proj.-Nr. / No.: 21683-E21
				Datum / Date: 24.07.2023
WEA / WT: Enercon E-160 EP5 E3	NH / HH: 166,6 m	Hybridturm / Hybrid tower: E21		

Material und Massen / Material and dimensions

Beton / Concrete

Gesamtvolumen / Total volume $V_c = 747,5 \text{ m}^3$

Volumen Sockelbereich / Volumen base area $V_{BG1} = 56,0 \text{ m}^3$
 Betongüte Sockelbereich / Concrete strength base area C40/50


Volumen Plattenbereich / Volumen plate area $V_{BG2} = 691,5 \text{ m}^3$
 Betongüte Plattenbereich / Concrete strength plate area C30/37

Betonstahl / Reinforcement steel

Betonstahlgüte / Reinforcement strength B 500B

Bewehrungsgehalt / Reinforcement ratio 116,8 kg/m³

Bewehrungstonnage / Reinforcement weight 87,3 t

Bauteil / Component:	Fundament / Foundation	
Block / Chapter:	2 Geometrie, Material und Massen / Geometry, material and dimensions	

Verfasser / Author: 			Proj.-Nr. / No.: 21683-E21
WEA / WT: Enercon E-160 EP5 E3			Datum / Date: 24.07.2023
NH / HH: 166,6 m		Hybridturm / Hybrid tower: E21	

3 Belastung / Loading


Die folgenden Lasten wurden in der Fundamentbemessung angesetzt.

The followings loads were applied in the foundation design.

Die Belastung aus der Windenergieanlage wurden gemäß der folgenden Lastrechnung angesetzt.

The loads from the wind turbine were applied according to the following load calculation.

1. GZT-, GZG- und Ermüdungslasten
 Enercon GmbH: Load report, Tower E-160 EP5 E3-HT-166-FB-C-01, Covering fatigue and ultimate loads for the tower E-160 EP5 E3-HT-166-FB-C-01 of the WEC E-160 EP5 E3 with the rotor blade LM783P_2P as per DIBt. Document-ID: D02406103-0.0. Rev. 0.0, 2021-06-24.
2. GZT- und GZG-Lasten R0 GenB-9,6
 Enercon: Excel-Datei „D02464861_2.1_de-en_Calculation_E-160 EP5 E3-HT-166-ES-C-01; LL01; fatigue and ultimate loads; Certification.xlsx“.
 erhalten am 14.09.2022
3. Ermüdungslasten R0 GenB-9,6
 Enercon: Ordner „D0246861_2.1_de-en_Berechnung_E-160 EP5 E3-HAT-166-ES-C-01“
 erhalten am 14.09.2022
4. GZT- und GZG-Lasten R1
 Enercon: Excel-Datei „D02773903_1.0_de-en_Calculation_E-160 EP5 E3R1-HT-166-ES-C-01; LL01; Certification.xlsx“
 erhalten am 29.11.2022
5. Ermüdungslasten R1
 Enercon: Zip-Datei „D02773903_1.0_de-en_Calculation_E-160 EP5 E3R1-HT-166-ES-C-01; LL01; Certification.zip“
 erhalten am 29.11.2022

Bauteil / Component:	Fundament / Foundation	
Block / Chapter:	3 Belastung / Loading	

Verfasser / Author:				Proj.-Nr. / No.: 21683-E21
WEA / WT: Enercon E-160 EP5 E3			NH / HH: 166,6 m	Datum / Date: 24.07.2023
			Hybridturm / Hybrid tower: E21	

3.1 Eigengewicht, Erdüberschüttung und Auftrieb / *Own weight, soil cover and buoyancy*

Betonvolumen / Concrete weight

Betonwichte / <i>Concrete specific weight</i>	γ_c	=	25,0 kN/m ³
Betongewicht / <i>Concrete weight</i>	G_c	=	18 687 kN

Überschüttung / Backfill

Höhe Erdüberschüttung innen / <i>Inner thickness backfill</i>	$t_{\text{MaxÜs,inn}}$	=	0,500 m
Höhe Erdüberschüttung außen / <i>Outer thickness backfill</i>	$t_{\text{MaxÜs,aus}}$	=	2,000 m
Bodenwichte / <i>Soil specific weight</i>	$\gamma_{\text{Üs}}$	=	18,0 kN/m ³
Gewicht Erdüberschüttung / <i>Soil cover weight</i>	$G_{\text{MaxÜs}}$	=	8 686 kN

Auftrieb / Buoyancy

Höhe Wassersäule / <i>Buoyancy height</i>	$h_{\text{Gw,max}}$	=	0,501 m
Auftriebskraft / <i>Buoyancy force</i>	$G_{\text{Gw,max}}$	=	-2 266 kN

Bauteil / Component:	Fundament / <i>Foundation</i>	
Block / Chapter:	3 Belastung / <i>Loading</i>	Seite/ Page:

Verfasser / Author: 			Proj.-Nr. / No.: 21683-E21
WEA / WT: Enercon E-160 EP5 E3			Datum / Date: 24.07.2023
NH / HH: 166,6 m		Hybridturm / Hybrid tower: E21	

3.2 Turmlasten / Tower loads

3.2.1 BS-P, BS-T und BS-A / BS-P, BS-T and BS-A

Die folgenden Lasten wurden für die Ermittlung der maximalen Kantenpressungen angesetzt.

Es handelt sich um charakteristische Werte an der Unterkante der Gründung. Erdüberschüttung und Auftrieb sind in den angegebenen Werten nicht enthalten und müssen entsprechend auf die Normalkraft addiert werden.

The next loads were applied for the calculation of the maximum soil edge pressure.

Those are characteristic values at the foundation bottom. Soil cover and buoyancy are not included in these values and must be added accordingly.

LF / LC	BS-P	BS-T	BS-A
V_k [kN]	36 717	36 717	36 717
H_k [kN]	1 611	822	1 475
$M_{b,k}$ [kNm]	171 768	115 980	217 140

Lasten an Fundamentunterkante ohne Erdüberschüttung und ohne Auftrieb / Loads at the foundation bottom without soil cover and without buoyancy

Legende / Legend:

- V_k : Normalkraft (vertikal) / Normal force (vertical)
- H_k : Querkraft (horizontal) / Shear force (horizontal)
- $M_{b,k}$: Biegemoment / Bending moment

Bauteil / Component:	Fundament / Foundation	
Block / Chapter:	3 Belastung / Loading	

Verfasser / Author:				Proj.-Nr. / No.: 21683-E21
				Datum / Date: 24.07.2023
WEA / WT: Enercon E-160 EP5 E3	NH / HH: 166,6 m	Hybridenturm / Hybrid tower: E21		

3.2.2 GZT und GZG / ULS and SLS

Die folgenden Turmlasten werden für die Berechnung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit des Fundaments benutzt.

Es handelt sich um Designlasten inkl. des angegebenen Teilsicherheitsbeiwert an der Oberkante der Gründung. Fundamenteigenwicht, Turmvorspannung, Erdüberschüttung, Auftrieb und etwaige Anbauteilen sind nicht in diesen Lasten enthalten.

The next loads are considered for the calculation of the resistance and serviceability of the foundation.

These are design loads at the foundation top. Foundation own weight, tower prestressing, soil cover, buoyancy and possible mounting parts are not included in these loads.

LF / LC	GZT / ULS	D.3
V_{Ed} [kN]	19 833	18 030
H_{Ed} [kN]	1 623	958
$M_{b,Ed}$ [kNm]	235 774	125 810
$M_{t,Ed}$ [kNm]	49	3 799
γ_E	1,10	1,00

Lasten an Fundamentoberkante / *Loads at the foundation top*

Legende / *Legend:*

- V_{Ed} : Normalkraft (vertikal) / *Normal force (vertical)*
- H_{Ed} : Querkraft (horizontal) / *Shear force (horizontal)*
- $M_{b,Ed}$: Biegemoment / *Bending moment*
- $M_{t,Ed}$: Torsionsmoment / *Torsional moment*
- γ_E : Sicherheitsfaktor / *Safety factor*

Bauteil / Component:	Fundament / <i>Foundation</i>	
Block / Chapter:	3 Belastung / <i>Loading</i>	

Verfasser / Author: <div style="text-align: center;">  MAX BÖGL <small>Fortschritt baut man aus Ideen</small> </div>			Proj.-Nr. / No.: 21683-E21
WEA / WT: Enercon E-160 EP5 E3	NH / HH: 166,6 m	Hybridturm / Hybrid tower: E21	Datum / Date: 24.07.2023

4 Anforderungen an den Baugrund / Soil requirements

Der Baugrund am geplanten Standort muss mindestens die nachfolgenden Anforderungen erfüllen. Die Eignung des geplanten Standorts ist durch den Bodengutachter nachzuweisen.

The soil at the planned site has to comply with the following requirements. The suitability of the planned site must be proven by the soil expert.

Drehfedersteifigkeit / Rotation spring stiffness

Mindestwert / Minimal value

Statische Drehfeder / Static rotational spring	$k_{\phi, \text{stat}}$	=	40 000	MNm/rad
Dynamische Drehfeder / Dynamic rotational spring	$k_{\phi, \text{dyn}}$	=	200 000	MNm/rad

Zulässige Schiefstellung / Allowed out-of-vertical deviation

Maximal zulässige Schiefstellung / Maximal allowed out-of-vertical inclination	Δs_{max}	=	3	mm/m
--	-------------------------	---	---	------

Bodenpressung / Soil bearing pressure


Erforderliche widerstand / Required resistance

Maximal zulässige Bodenpressung im BS-P / Maximal allowed soil pressure in BS-P	$\sigma_{\text{max, BS-P}}$	=	219	kN/m ²
---	-----------------------------	---	-----	-------------------

Maximal zulässige Bodenpressung im BS-A / Maximal allowed soil pressure in BS-A	$\sigma_{\text{max, BS-A}}$	=	284	kN/m ²
---	-----------------------------	---	-----	-------------------

Maximal zulässige Bodenpressung im BS-T / Maximal allowed soil pressure in BS-T	$\sigma_{\text{max, BS-T}}$	=	171	kN/m ²
---	-----------------------------	---	-----	-------------------

Diese Werte sind vom Bodengutachter zu bestätigen.
 / These values must be confirmed by the geotechnical expert.

Bauteil / Component: Fundament / Foundation	<div style="text-align: center;">  </div>
Block / Chapter: 4 Anforderungen an den Baugrund / Soil requirements	