

Verfasser / Author:		 Fortschritt baut man aus Ideen	Proj.-Nr. / No.: 21683-E22
WEA / WT: Enercon E-138 EP3 E3	NH / HH: 160 m		Datum / Date: 11.11.2022
		Hybridturm / Tower: DE-E22	

Fundamentdatenblatt / *Foundation datasheet*

Max Bögl Hybridturm DE-E22

E-138 EP3 E3-HT-160-ES-C-01 Flachgründung

Projektnummer /
Project number: 21683-E22

Dokumentnummer /
Document number D00272545

Anlagenhersteller /
Turbine manufacturer: ENERCON GmbH
 Dreekamp 5
 DE-26605 Aurich

Windenergieanlage /
Wind turbine: Enercon E-138 EP3

Nabenhöhe /
Hub height: 160 m

Bauteil /
Component: Flachgründung mit Auftrieb
Flat foundation with Buoyancy

Verfasser / *Author:* Max Bögl Wind AG
 Max-Bögl-Str. 1
 DE-92369 Sengenthal

Datum / *Date:* 11.11.2022

Enercon Dokumentennr. /
 Enercon Document no.: D02653936-4

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

Änderungsverzeichnis / *Table of revision*

Revision / <i>Revision</i>	Datum / <i>Date</i>	Beschreibung / <i>Description</i>	Bearbeiter / <i>Author</i>
-	08.04.2022	Erstausgabe / <i>First release</i>	L. Planas
01	10.06.2022	ENO Kommentare angepasst / <i>ENO comments adjustment</i>	J. Goycoolea
02	22.09.2022	Lasten angepasst / <i>loads adjusted</i>	J. Goycoolea
03	22.09.2022	Revisionsnummer korrigiert / <i>revision number corrected</i>	Th. Betz
04	11.11.2022	Bodendrehsteifigkeit von 250 000 zu 310 000 MNm/rad erhöht / <i>Soil rotational stiffness from increased 250 000 to 310 000 MNm/rad</i>	J. Goycoolea

Datum / *Date*: 11.11.2022

Aufgestellt:



i.A. Joaquin Goycoolea Castillo

Aufgestellt /
Prepared by:



i.A. Pablo-Angel Plou Nogueira

Geprüft und freigegeben /
Checked and approved by:



i.A. Thorsten Betz

Bauteil /
Component: Fundament / *Foundation*

Block /
Chapter: Änderungsverzeichnis / *Table of revision*

Seite/
Page: 2
Rev04

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	6
3.1 Eigengewicht, Erdüberschüttung und Auftrieb / <i>Own weight, soil cover and buoyancy</i>	6
3.2 Turmlasten / <i>Tower loads</i>	7
3.2.1 BS-P, BS-T und BS-A / <i>BS-P, BS-T and BS-A</i>	7
3.2.2 GZT und GZG / <i>ULS and SLS</i>	8
4 Anforderungen an den Baugrund / Soil requirements.....	9

1 Allgemeines / General

In diesem Dokument werden die sich aus der Vorbemessung ergebende Kennwerte des Fundamentes für die nachfolgend angegebene Windenergieanlage zusammengefasst.

This document summarizes the properties of the foundation for the following wind turbine, which result of the preliminary design.

Turm / Tower

Beschreibung / Description

Turmtyp / Tower type	Max Bögl hybrid tower E22
Turbinenhersteller / Manufacturer	Enercon
Land / Country	DE
Leistung / Power	4.XX MW
WEA / Wind turbine	E-138 EP3 E3
Nabenhöhe / Hub height	160 m
System / System	RT 2.0

Die Turmgeometrie ist in der folgenden Entwurfszeichnung von Max Bögl angegeben:

The tower geometry is defined in the following Max Bögl pre-design drawing:

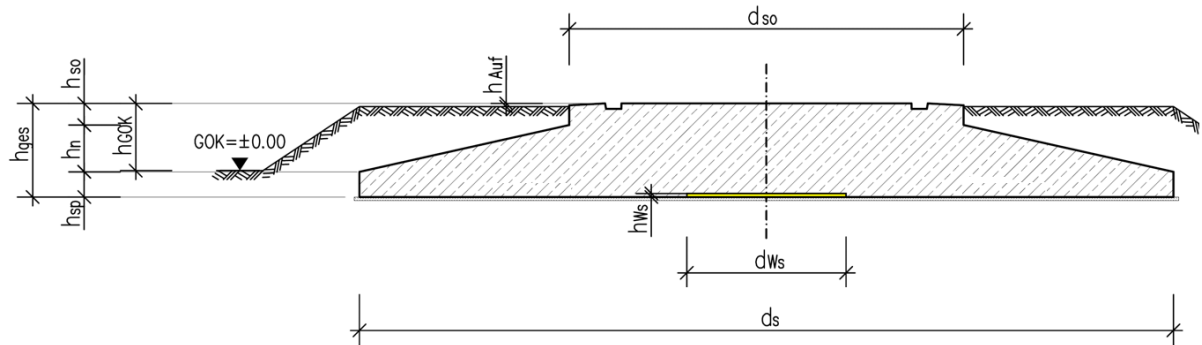
Enercon_DE_X,XXMW_E-138_160,0m_RT2,0_a

Bauteil / Component:	Fundament / Foundation	Seite/ Page:	4 Rev04
Block / Chapter:	1 Allgemeines / General		

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 for the foundation draft are defined in this chapter.



Geometrie / Geometry

Betonkörper / Concrete body

Außendurchmesser / Outer diameter	d_s	=	22,50 m
Sockeldurchmesser / Base diameter	d_{so}	=	10,90 m
Weichschichtdurchmesser / Soft layer diameter	d_{ws}	=	4,40 m
Fundamenthöhe / Foundation height	h_{ges}	=	2,60 m
Spornhöhe / Outer height	h_{sp}	=	0,70 m
Spornneigungshöhe / Nose incline height	h_n	=	1,30 m
Sockelhöhe / Base height	h_{so}	=	0,60 m
Abstand Fundamentoberkante - Grundoberkante / Separation foundation top edge - ground level	h_{GOK}	=	2,294 m
Abstand Fundamentoberkante - Überschüttungoberkante / Separation foundation top edge - soil cover top edge	h_{Auf}	=	0,10 m

Bauteil / Component:	Fundament / Foundation	Seite/ Page:	5 Rev04
Block / Chapter:	2 Geometrie, Material und Massen / Geometry, material and dimensions		

3 Belastung / Loading

Die folgenden Lasten wurden in der Fundamentvorbemessung angesetzt.

Die Belastung aus der Windenergieanlage wurden gemäß der E-138 EP3 E3 Lastrechnung *D02452262_0.3_en_Calculation_ E-138 EP3; LL03; E-138 EP3 E3-HT-160-ES-C-01; fatigue and ultimate loads; tower* angesetzt.

The followings loads were applied in the foundation pre-design.

The loads from the wind turbine were applied according to E-138 EP3 E3 load calculation *D02452262_0.3_en_Calculation_ E-138 EP3; LL03; E-138 EP3 E3-HT-160-ES-C-01; fatigue and ultimate loads; tower.*

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	=	15 744 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>	$t_{\text{MaxÜs,aus}}$	=	1,800 m
Bodenwichte / <i>Soil specific weight</i>	$\gamma_{\text{Üs}}$	=	18,0 kN/m ³
Gewicht Erdüberschüttung / <i>Soil cover weight</i>	$G_{\text{MaxÜs}}$	=	6 711 kN

Auftrieb / Buoyancy

Höhe Wassersäule / <i>Buoyancy height</i>	$h_{\text{Gw,max}}$	=	0,306 m
Auftriebskraft / <i>Buoyancy force</i>	$G_{\text{Gw,max}}$	=	-1 217 kN

Bauteil / Component:	Fundament / <i>Foundation</i>	Seite/ Page:	6 Rev04
Block / Chapter:	3 Belastung / <i>Loading</i>		

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]	33 036	33 036	32 507
H_k [kN]	1 404	881	1 495
$M_{b,k}$ [kNm]	171 153	124 207	193 357

Lasten an Fundamentunterkante / Loads at the foundation
bottom

Legende / Legend:

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

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.

Die Schnittgrößen beinhalten bereits den Einfluss nach Theorie II. Ordnung mit linear elastischem Tragverhalten einschließlich elastischer dynamischer Einspannung in den Baugrund.

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.

The internal forces consider already the influence of the II. order theory with linear elastic behaviour including elastic dynamic loading in the foundation soil

LF / LC	GZT / ULS	D.3
V_{Ed} [kN]	22 630	17 292
H_{Ed} [kN]	1 897	812
$M_{b,Ed}$ [kNm]	221 383	107 585
$M_{t,Ed}$ [kNm]	1 353	3 064
γ_E	1,35	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 / *Foundation*

Block /
Chapter: 3 Belastung / *Loading*

Seite/ 8
Page: Rev04

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	$k_{\varphi, \text{stat}}$	=	50 000	MNm/rad
Dynamische Drehfeder / Dynamic rotational spring	$k_{\varphi, \text{dyn}}$	=	310 000	MNm/rad

Zulässige Schiefstellung / Allowed out-of-vertical deviation

Maximal zulässige Schiefstellung in 25 Jahre / Maximal allowed out-of-vertical inclination in 25 years	Δs_{max}	=	3	mm/m
--	-------------------------	---	---	------

Bodenpressung / Soil bearing pressure

Erforderliche widerstand / Required resistance

Maximale Randdruckspannung im BS-P / Maximal edge soil pressure in BS-P	$\sigma_{\text{max, BS-P}}$	=	267	kN/m ²
Maximale Randdruckspannung im BS-A / Maximal edge soil pressure in BS-A	$\sigma_{\text{max, BS-A}}$	=	317	kN/m ²
Sohlleibungswinkel / Angle of base friction	δ_K	>	20°	

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

Bauteil / Component:	Fundament / Foundation	Seite/ Page:	9 Rev04
Block / Chapter:	4 Anforderungen an den Baugrund / Soil requirements		