

Verfasser / Author:			 MAX BÖGL Fortschritt baut man aus Ideen	Proj.-Nr. / No.: 21683-E23
				Datum / Date: 13.07.2023
WEA / WT: Enercon E-175 EP5	NH / HH: 162 m	Hybridturm / Tower: DE-E23		

Fundamentdatenblatt / *Foundation datasheet*

Max Bögl Hybridturm DE-E23

E-175 EP5 HT-162-ES-C-01 Flachgründung

Projektnummer /
Project number: 21683-E23

Documentnummer /
Document number D00346347

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

Windenergieanlage /
Wind turbine: Enercon E-175 EP5

Nabenhöhe /
Hub height: 162 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:* 13.07.2023

Enercon Dokumentennr. /
 Enercon Document no.: D02784458-2

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>
00	23.12.2022	Erstausgabe / <i>First release</i>	J. Goycoolea
01	31.03.2023	Lasten 2023-02-13 hinzugefügt / <i>Loads from 2023-02-13 added</i>	J. Goycoolea
02	13.07.2023	Benennung der Windenergieanlage im Titel korrigiert / <i>Name of the wind turbine in the title corrected</i>	R. Braun

Datum / *Date*: 13.07.2023

Aufgestellt:



i.A. Joaquin Goycoolea Castillo

Aufgestellt /
Prepared by:



i.A. Roman Braun

Geprüft und freigegeben /
Checked and approved by:



i.A. Thorsten Betz

Bauteil /
Component: Fundament / *Foundation*

Block /
Chapter: Änderungsverzeichnis / *Table of revision*

Seite/
Page: 2

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 E23
Turbinenhersteller / Manufacturer	Enercon
Land / Country	DE
Leistung / Power	6.XX MW
WEA / Wind turbine	E-175 EP5 E1
Nabenhöhe / Hub height	162 m
System / System	RT 2.0

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

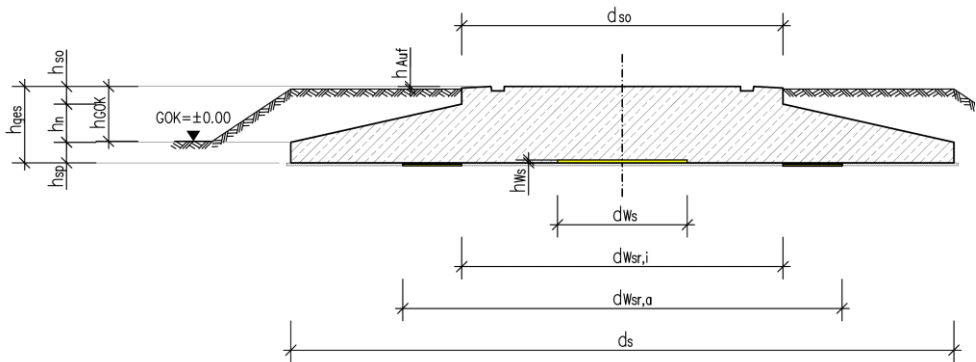
The tower geometry is defined in the following Max Bögl pre-design drawing:

Enercon_DE_X,XXMW_E-175_162,0m_RT2,0_a

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	=	25,50 m
Sockeldurchmesser / Base diameter	d_{so}	=	11,88 m
Äußere Weichschichtringdurchmesser / Soft layer ring outer diameter	$d_{wsr,a}$	=	15,88 m
Weichschichtdurchmesser / Soft layer diameter	d_{ws}	=	4,40 m
Fundamenthöhe / Foundation height	h_{ges}	=	2,90 m
Spornhöhe / Outer height	h_{sp}	=	0,70 m
Spornneigungshöhe / Nose incline height	h_n	=	1,60 m
Sockelhöhe / Base height	h_{so}	=	0,60 m
Abstand Fundamentoberkante - Grundoberkante / Separation foundation top edge - ground level	h_{GOK}	=	2,179 m
Abstand Fundamentoberkante - Überschüttungoberkante / 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 / Foundation	Seite/ Page:	5
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-175 EP5 Lastrechnung D02775088_1.0_en_Berechnung_E-175 EP5+_E1-HT-162-ES-C-01_LL03 WCII_TCA_7.8_2.0; Fatigue_and_Ultimate_Loads_Tower und D02833236_0.0_de-en_Calculation_E-175_EP5_-HT-162-ES-C-01; LL03 SC_WCII_TCA_7.8_2.0; fatigue and ultimate loads; tower.zip angesetzt.

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

The loads from the wind turbine were applied according to E-175 EP5 load calculation D02775088_1.0_en_Berechnung_E-175 EP5+_E1-HT-162-ES-C-01_LL03 WCII_TCA_7.8_2.0; Fatigue_and_Ultimate_Loads_Tower and D02833236_0.0_de-en_Calculation_E-175_EP5_-HT-162-ES-C-01; LL03 SC_WCII_TCA_7.8_2.0; fatigue and ultimate loads; tower.zip.

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

Betonvolumen / Concrete weight

Betonwichte / Concrete specific weight	γ_c	=	25,0 kN/m ³
Betongewicht / Concrete weight	G_c	=	22 041 kN

Überschüttung / Backfill

Höhe Erdüberschüttung innen / Inner thickness backfill	$t_{\text{MaxÜs,inn}}$	=	0,500 m
Höhe Erdüberschüttung außen / Outer thickness backfill	$t_{\text{MaxÜs,aus}}$	=	2,100 m
Bodenwichte / Soil specific weight	$\gamma_{\text{Üs}}$	=	18,0 kN/m ³
Gewicht Erdüberschüttung / Soil cover weight	$G_{\text{MaxÜs}}$	=	10 056 kN

Auftrieb / Buoyancy

Höhe Wassersäule / Buoyancy height	$h_{\text{Gw,max}}$	=	0,721 m
Auftriebskraft / Buoyancy force	$G_{\text{Gw,max}}$	=	-3 682 kN

Bauteil / Component:	Fundament / Foundation	Seite/ Page:	6
Block / Chapter:	3 Belastung / Loading		

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]	41 477	41 395	41 034
H_k [kN]	1 424	1 428	1 761
$M_{b,k}$ [kNm]	219 556	188 499	242 010

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 Teilsicherheitsbeiwerts an der Oberkante der Gründung. Fundamenteigengewicht, Turmvorspannung, Erdüberschüttung, Auftrieb und etwaige Anbauteile 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]	25 640	19 436
H_{Ed} [kN]	1 922	1 133
$M_{b,Ed}$ [kNm]	284 893	160 284
$M_{t,Ed}$ [kNm]	2 243	3 813
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/
Page: 8

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.

Wegen Anforderungen der Eigenfrequenzen musste die Bodendrehsteifigkeit erhöht werden.

Due to eigenfrequency requirements the soil rotational stiffness had to be increased.

Drehfedersteifigkeit / Rotation spring stiffness

Mindestwert / Minimal value

Statische Drehfeder / Static rotational spring
Dynamische Drehfeder / Dynamic rotational spring

$$\begin{aligned} k_{\phi, \text{stat}} &= 40\,000 \text{ MNm/rad} \\ k_{\phi, \text{dyn}} &= 200\,000 \text{ MNm/rad} \end{aligned}$$

Zulässige Schiefstellung / Allowed out-of-vertical deviation

Maximal zulässige Schiefstellung in 25 Jahren / Maximal allowed out-of-vertical inclination in 25 years

$$\Delta s_{\text{max}} = 3 \text{ mm/m}$$

Bodenpressung / Soil bearing pressure

Erforderlicher Widerstand / Required resistance

Maximale Randdruckspannung im BS-P / Maximal edge soil pressure in BS-P

$$\sigma_{\text{max, BS-P}} = 262 \text{ kN/m}^2$$

Maximale Randdruckspannung im BS-A / Maximal edge soil pressure in BS-A

$$\sigma_{\text{max, BS-A}} = 292 \text{ kN/m}^2$$

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

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