

Verfasser / Author:	 <small>Fortschritt baut man aus Ideen</small>	Proj.-Nr. / No.: 21683-E21
WEA / WT: Enercon E-160 EP5		NH / HH: 166,6 m
		Hybridturm / Hybrid tower: E21

TYPENPRÜFUNG Geltungsdauer

..5.Jahre/Wiedervorlage bis 12.10.2026

Fundamentdatenblatt / *Foundation datasheet*

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

E-160 EP5 E3-HT-166-FB-C-01Flachgründung 3443492-20

Durch Vergleichsrechnung geprüft

In bautechnischer Hinsicht geprüft.

Siehe Prüfbericht vom 13.10.2021

Projektnummer /
Project number: 21683-E21

München

TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit
von Windenergieanlagen

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

er Bearbeiter: Der Leiter:

Windenergieanlage /
Wind turbine: Enercon E-160 EP5

Nabenhöhe /
Hub height: 166,6 m

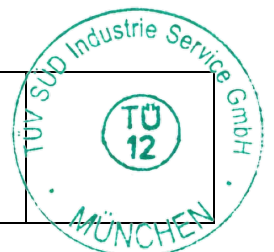
Bauteil /
Component: Fundament mit Teilauftrieb /
Foundation with partial buoyancy

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

Datum / *Date:* 04.10.2021

Revision / *Revision:* a

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



Verfasser / Author:		 <small>Fortschritt baut man aus Ideen</small>	Proj.-Nr. / No.:
WEA / WT: Enercon E-160 EP5			21683-E21
NH / HH: 166,6 m	Hybridturm / Hybrid tower: E21	Datum / Date:	
		04.10.2021	

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

Datum / Date: 04.10.2021

Aufgestellt /
Prepared by:

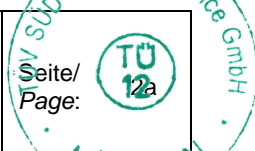

 i.A. Pablo-Angel Plou Nogueira

Geprüft /
Checked by:


 i.A. Christoph von Oesen

Geprüft und freigegeben /
Checked and approved by:


 i.A. Thorsten Betz

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

Verfasser / Author:		 <small>Fortschritt baut man aus Ideen</small>	Proj.-Nr. / No.:
			21683-E21
WEA / WT: Enercon E-160 EP5	NH / HH: 166,6 m	Hybridturm / Hybrid tower: E21	Datum / Date:
			04.10.2021

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

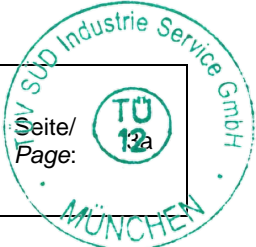
3.1 Eigengewicht, Erdüberschüttung und Auftrieb / *Own weight, soil cover and buoyancy*.....7

3.2 Turmlasten / *Tower loads*8

3.2.1 BS-P, BS-T und BS-A / *BS-P, BS-T and BS-A*.....8

3.2.2 GZT und GZG / *ULS and SLS*.....9

4 Anforderungen an den Baugrund / Soil requirements 10

Bauteil / Component:	Fundament / <i>Foundation</i>	
Block / Chapter:	Inhaltsverzeichnis / <i>Table of contents</i>	

Verfasser / Author:		 <small>Fortschritt baut man aus Ideen</small>	Proj.-Nr. / No.:
			21683-E21
WEA / WT: Enercon E-160 EP5	NH / HH: 166,6 m	Hybriddturm / Hybrid tower: E21	Datum / Date:
			04.10.2021

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_a.pdf

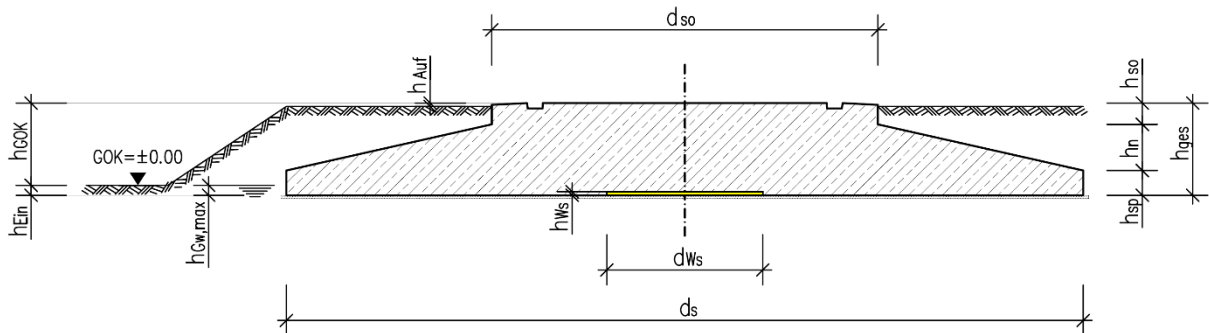
Bauteil / Component:	Fundament / Foundation	 Seite/ Page:
Block / Chapter:	1 Allgemeines / General	

Verfasser / Author:	 Fortschritt baut man aus Ideen	Proj.-Nr. / No.: 21683-E21
WEA / WT: Enercon E-160 EP5		NH / HH: 166,6 m
		Datum / Date: 04.10.2021

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.

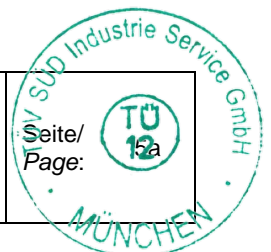


Geometrie / Geometry

Betonkörper / Concrete body

Außendurchmesser / Outer diameter	$d_s = 24,00$ 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 - 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
Block / Chapter:	2 Geometrie, Material und Massen / Geometry, material and dimensions



Verfasser / Author:		 <small>Fortschritt baut man aus Ideen</small>	Proj.-Nr. / No.:
			21683-E21
WEA / WT: Enercon E-160 EP5	NH / HH: 166,6 m	Hybridturm / Hybrid tower: E21	Datum / Date: 04.10.2021

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

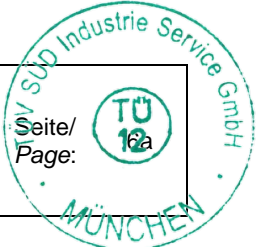
Volumen Plattenbereich / Volumen plate area $V_{BG2} = 691,5 \text{ m}^3$
 Betongüte Plattenbereich / Concrete strength plate area C30/37

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:		 <small>Fortschritt baut man aus Ideen</small>	Proj.-Nr. / No.: 21683-E21
WEA / WT: Enercon E-160 EP5			Datum / Date: 04.10.2021
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.

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.

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>	

Verfasser / Author:	 <small>Fortschritt baut man aus Ideen</small>	Proj.-Nr. / No.:
		21683-E21
WEA / WT: Enercon E-160 EP5	NH / HH: 166,6 m	Hybridturm / Hybrid tower: E21
		Datum / Date:
		04.10.2021

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]	164 311	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	 Seite/ Page:
Block / Chapter:	3 Belastung / Loading	

Verfasser / Author:	 <small>Fortschritt baut man aus Ideen</small>	Proj.-Nr. / No.:
		21683-E21
WEA / WT: Enercon E-160 EP5	NH / HH: 166,6 m	Hybridturm / Hybrid tower: E21
		Datum / Date:
		04.10.2021

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.

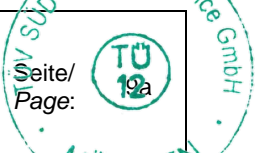
These are design loads at the foundation top. Foundation own weight, tower prestressing, soil cover, buoyancy and possible mounting parts are not included in these loads.

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 / Foundation	 Seite/ Page:
Block / Chapter:	3 Belastung / Loading	

Verfasser / Author:	 <small>Fortschritt baut man aus Ideen</small>	Proj.-Nr. / No.: 21683-E21
WEA / WT: Enercon E-160 EP5		NH / HH: 166,6 m
		Hybridturm / Hybrid tower: E21

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

Zulässige Schiefstellung / Allowed out-of-vertical deviation

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

Bodenpressung / Soil bearing pressure

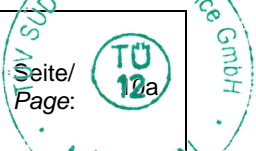
Erforderliche widerstand / *Required resistance*

Maximal zulässige Bodenpressung im BS-P / <i>Maximal allowed soil pressure in BS-P</i>	$\sigma_{max,BS-P}$	=	211	kN/m ²
--	---------------------	---	-----	-------------------

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

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

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

Bauteil / Component:	Fundament / <i>Foundation</i>	 Seite/ Page: 12a
Block / Chapter:	4 Anforderungen an den Baugrund / <i>Soil requirements</i>	