

Fundamentdatenblatt

Foundation Data Sheet

E-126 EP3-MST-135-FB-C-01

Herausgezogene Tiefgründung ohne Auftrieb
Pulled-out deep foundation without buoyancy

WZ 3 GK I, GK II (DIBt-Richtlinie, Fassung Oktober 2012)
WTC IIA (IEC 61400-1, 3rd Edition, 2005-08)

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: Hans-Dieter Kettwig, Simon-Hermann Wobben Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411 Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360
Urheberrechtshinweis	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.</p> <p>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.</p>
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: Hans-Dieter Kettwig, Simon-Hermann Wobben Local court: Aurich ▪ Company registration number: HRB 411 VAT ID no.: DE 181 977 360
Copyright notice	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>The user is prohibited from registering any industrial property rights in the know-how reproduced in this document, or for parts thereof.</p> <p>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.</p>
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.

Dokumentinformation / Document details

Dokument-ID Document ID	D0775945-2
Vermerk Note	Originaldokument Original document

Datum Date	Sprache Language	DCC	Werk / Abteilung Plant / Department
2019-03-15	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:	Villada Gonzalez, J. / 2018-12-11	Übersetzt/Datum: Translated/Date:	
Geprüft/Datum: Checked/Date:	Behrns, M. / 2018-12-11	Geprüft/Datum: Checked/Date:	

Revisionen / Revisions

Rev.	Datum/Date	Änderung/Change	Erstellt/Created
0	2018-12-11	Dokument erstellt Document created	JAV
1	2019-03-15	Vollständige Überarbeitung gemäß statischer Berechnung Complete revision according to structural calculation	KCY
2	2019-03-15	Stahlmenge eingefügt / <i>Reinforcement steel inserted</i>	JAV



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.

1 Allgemeine Angaben / General information

Typenstatik

ENERCON GmbH

Design-specific structural analysis

Herausgezogene Tiefgründung ohne Auftrieb

Ø 20,00 m

Pulled-out deep foundation without buoyancy

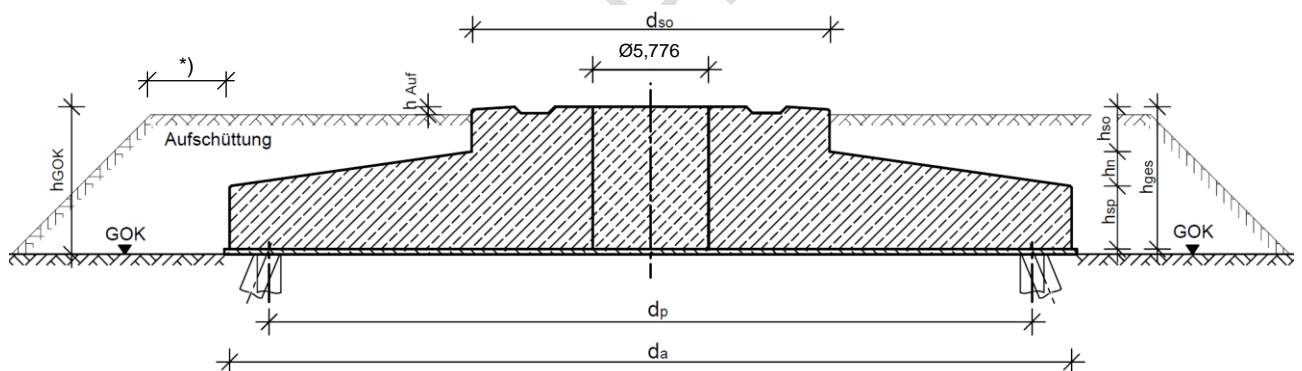
Datum

-

Date

2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

Außendurchmesser	d_a	20,00	m	Outer diameter
Sockeldurchmesser	d_{so}	11,60	m	Base diameter
Durchmesser Fundamentkern	d_i	5,776	m	Diameter of foundation core
Pfahlkreisdurchmesser Variante A, B	d_p	18,80	m	Pile ring diameter Option A, B
Pfahlkreisdurchmesser Variante C	d_p	18,40	m	Pile ring diameter Option C
Fundamenthöhe	h_{ges}	2,70	m	Foundation height
Sockelhöhe	h_{so}	0,70	m	Base height
Höhe Spornneigung	h_n	0,70	m	Spur incline height
Spornhöhe	h_{sp}	1,30	m	Spur height
Differenz Fundamentoberkante - Geländeoberkante GOK	h_{GOK}	2,80	m	Difference between foundation top edge and ground level
Differenz Fundamentoberkante - Oberkante Aufschüttung	h_{Auf}	0,15	m	Difference between foundation top edge and top edge of backfill
Betongüte und Volumen	C 30/37	619	m ³	Concrete quality and volume
Betonstahl und Gewicht Variante A	B 500B B 400B	81 101	t	Reinforcement steel and weight Option A
Betonstahl und Gewicht Variante B	B 500B B 400B	81 101	t	Reinforcement steel and weight Option B
Betonstahl und Gewicht Variante C	B 500B B 400B	81 101	t	Reinforcement steel and weight Option C



*)
 Der erforderliche Überstand der Aufschüttung über die Fundamentaßenkanten 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.

Pfähle / Piles:

Variante A / Option A:	48 Fertigteilrammpfähle vertikal und außen geneigt 48 prefabricated rammed piles vertical and inclined to the outside	a/b	45/45 cm
Variante B / Option B:	40 Ortbetonrammpfähle vertikal und außen geneigt 40 rammed in-situ concrete piles vertical and inclined to the outside	Ø	51 cm
Variante C / Option C:	30 Bohrpfähle vertikal 30 drilled piles vertical	Ø	80 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 $h=0,8\text{m}$ herzustellen. Etwaige Änderungen an Höhe oder Ausführungsebene sind vor der Ausführung mit ENERCON abzusprechen, und von ENERCON freizugeben.

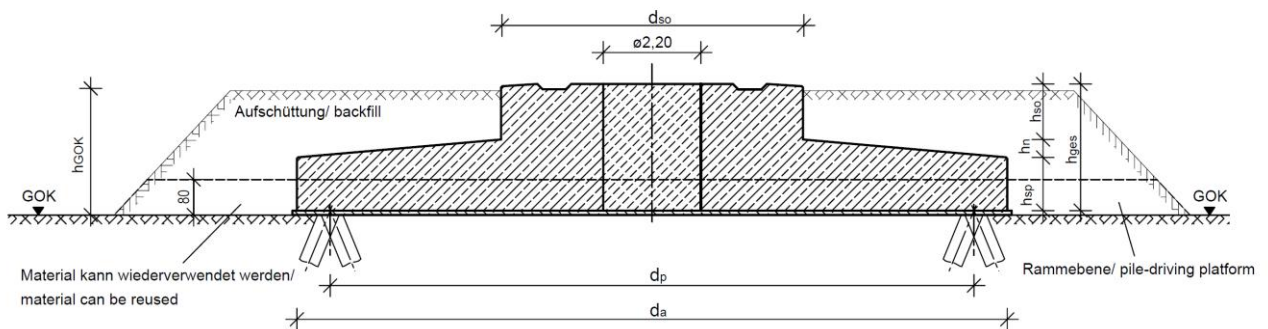
Die Planung der Rammebene obliegt dem verantwortlichen Baugrundgutachter. Dieser hat eine Aussage über das zu verwendende Material sowie über alle auf die Pfähle einwirkenden Zusatzbelastungen, z. B. durch Seitendruck oder Schrägauflast, zu treffen.

For all deep foundations with pre-cast or cast-in-situ concrete piles, a pile-driving platform according to the following illustrations must be prepared before piling works.

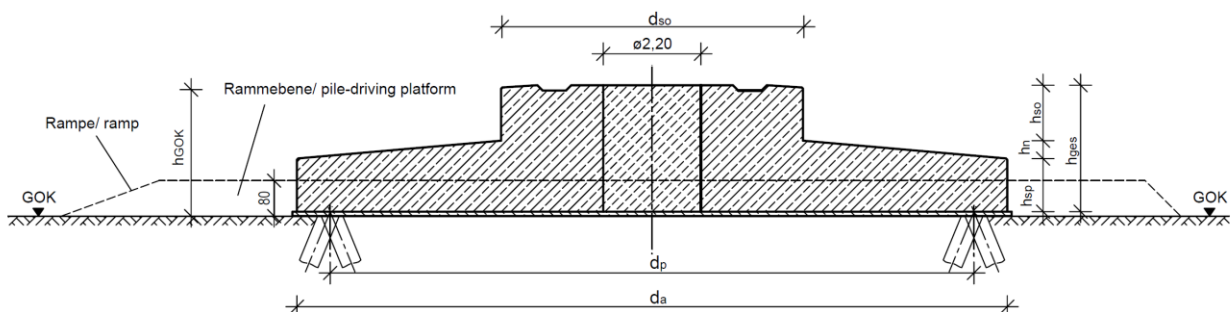
The pile-driving platform must be executed with a height $h=0.80\text{m}$ on top ground level. Possible changes of the height or the level of execution must be agreed with ENERCON before execution, and must be approved by ENERCON.

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



Tiefgründung ohne Bodenaufschüttung / deep foundation without backfill



3 Mindestreh- 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 20000 [MNm/rad]
Gesamtsystem / Total system (Turm und Gründung / Tower and foundation)	kϕ,dyn 160000 [MNm/rad]
Min. Bodenwegfederkonstante / Min. value of translational spring	kF,dyn 185 [MN/m]

Es gelten folgende Beziehungen:

The following relations apply:

$$\frac{1}{k_{\phi, \text{Gesamt}}} = \frac{1}{k_{\phi, \text{Fundament}}} + \frac{1}{k_{\phi, \text{Pfählsyste m}}}$$

$$\frac{1}{k_{\phi, \text{Total}}} = \frac{1}{k_{\phi, \text{Foundation}}} + \frac{1}{k_{\phi, \text{Pile system}}}$$

4 Zulässige Schiefstellung / Allowed misalignment

Maximal zulässige Schiefstellung infolge Bau-
grundsetzung in 25 Jahren bezogen auf den
Pfahlkreisdurchmesser.

Maximum allowed misalignment due to subsoil
settlement within 25 years, related to the pile
ring diameter.

$$\Delta s \leq 3 \text{ mm/m}$$

5 Pfahlkräfte / Pile loads

Für den Nachweis der Pfahltragsicherheit sind
sowohl Tragfähigkeitsnachweise wie auch Ge-
brauchstauglichkeitsnachweise zu führen.

Documented evidence of the structural safety of
piles requires load-carrying analyses and proof
of serviceability.

Die Pfähle sollten aufgrund der Zugbeanspru-
chung mindestens 5,0 m in den tragfähigen Bau-
grund ($q_c > 7,5 \text{ MN/m}^2$) einbinden.

Due to tensile loads, the piles should bond with
the load-bearing subsoil for a minimum of 5.0 m
($q_c > 7.5 \text{ MN/m}^2$).

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.

5.1 Variante A: Fertigteilrammpfähle / Option A: Prefabricated rammed piles

Querschnitt a/b	45/45 cm	Cross section a/b
Anzahl	48	Quantity
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m	Pile length (proof length in static calculation)
Anzahl Neigung nach außen	24x 4:1	Quantity outward inclination
Anzahl vertikal	24x	Quantity vertical

Charakteristische axiale Pfahllasten / Characteristic axial pile loads

Lastfall / Load case Gruppe / Group N/A/T	(γ_F/γ_G)	F_{Gk} in kN ohne Auftrieb without buoyancy	F_{Gk} in kN ohne Auftrieb without buoyancy	F_{Qk} in kN	ΣF_k in kN
Druck / Compression	(1.00/1.00)	-534	-	-913	-1447
Zug / Tension	(1.00/1.00)	-	-518	881	363

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte
($\gamma_F = 1,0$)

Loads do not include partial safety factors
($\gamma_F = 1.0$)

Bemessungswerte der axialen Pfahllasten / Axial Pile load design values

Lastfall / Load case Gruppe / Group N/T Gruppe / Group N/A/T	(γ_F/γ_G)	F_{Gd} in kN ohne Auftrieb without buoyancy	F_{Gd} in kN ohne Auftrieb without buoyancy	F_{Qd} in kN	ΣF_d in kN
Druck / Compression	(1.10/1.35)	-683	-	-935	-1618
Zug / Tension	(0.90/0.90)	-	-466	930	464

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte
($\gamma_{\text{Auftrieb}} = 1,10$)

All loads include partial safety factors
($\gamma_{\text{buoyancy}} = 1.10$)

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

5.2 Variante B: Ortbetonrammpfähle / Option B: Rammed in-situ concrete piles

Querschnitt Durchmesser	51 cm	Cross section diameter
Anzahl	40	Quantity
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m	Pile length (proof length in static calculation)
Anzahl Neigung nach außen	20x 4:1	Quantity outward inclination
Anzahl vertikal	20x	Quantity vertical

Charakteristische axiale Pfahllasten / Characteristic axial pile loads

Lastfall / Load case Gruppe / Group N/A/T	(γ_F/γ_G)	F_{Gk} in kN ohne Auftrieb without buoyancy	F_{Gk} in kN ohne Auftrieb without buoyancy	F_{Qk} in kN	ΣF_k in kN
Druck / Compression	(1.00/1.00)	-641	-	-1096	-1737
Zug / Tension	(1.00/1.00)	-	-621	1058	437

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte
($\gamma_F = 1,0$)

Loads do not include partial safety factors
($\gamma_F = 1.0$)

Bemessungswerte der axialen Pfahllasten / Axial Pile load design values

Lastfall / Load case Gruppe / Group N/T Gruppe / Group N/A/T	(γ_F/γ_G)	F_{Gd} in kN ohne Auftrieb without buoyancy	F_{Gd} in kN ohne Auftrieb without buoyancy	F_{Qd} in kN	ΣF_d in kN
Druck / Compression	(1.10/1.35)	-820	-	-1121	-1941
Zug / Tension	(0.90/0.90)	-	-559	1116	557

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte
($\gamma_{\text{Auftrieb}} = 1,10$)

All loads include partial safety factors
($\gamma_{\text{buoyancy}} = 1.10$)

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

5.3 Variante C: Bohrpfähle / Option C: Drilled piles

Querschnitt Durchmesser	80 cm	Cross section diameter
Anzahl	30	Quantity
Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung)	20,0 m	Pile length (proof length in static calculation)
Anzahl vertikal	30	Quantity vertical

Charakteristische axiale Pfahllasten / Characteristic axial pile loads

Lastfall / Load case Gruppe / Group N/A/T	(γ_F/γ_G)	F_{Gk} in kN ohne Auftrieb without buoyancy	F_{Gk} in kN ohne Auftrieb without buoyancy	F_{Qk} in kN	ΣF_k in kN
Druck / Compression	(1.00/1.00)	-855	-	-1326	-2181
Zug / Tension	(1.00/1.00)	-	-828	1326	498

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte
($\gamma_F = 1,0$)

Loads do not include partial safety factors
($\gamma_F = 1.0$)

Bemessungswerte der axialen Pfahllasten / Axial Pile load design values

Lastfall / Load case Gruppe / Group N/T Gruppe / Group N/A/T	(γ_F/γ_G)	F_{Gd} in kN ohne Auftrieb without buoyancy	F_{Gd} in kN ohne Auftrieb without buoyancy	F_{Qd} in kN	ΣF_d in kN
Druck / Compression	(1.10/1.35)	-1093	-	-1461	-2554
Zug / Tension	(0.90/0.90)	-	-745	1495	750

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte
($\gamma_{\text{Auftrieb}} = 1,10$)

All loads include partial safety factors
($\gamma_{\text{buoyancy}} = 1.10$)

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

5.4 Bemessungswerte der Pfahlschnittgrößen/ Pile stress resultant design values

Anzahl Pfähle / number of piles		48	40	30
Horizontalkraft (Pfahloberkante) / Horizontal force (top edge of pile)	H_d	74 kN*	89 kN*	120 kN*
Einspannmoment in der Platte / Fixed-end moment in plate	M_d	213 kNm*	247 kNm*	486 kNm*
Max. Moment in Pfahlmitte / Max. moment at centre of pile	M_d	166 kNm*	194 kNm*	361 kNm*

* in Abhängigkeit 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.

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 Pfahlssystemen“ 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.

6 Lasten an der Fundamentunterkante Loads at the bottom edge of the foundation

Die hier angegebenen F_Z -Lasten enthalten ein Fundamenteigengewicht $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ und eine Bodenauflast $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$ im Trockenzustand.

The F_Z loads specified here include a dead weight of foundation $\gamma = 25 \text{ kN/m}^3$ and a soil weight $\gamma = 16 \text{ kN/m}^3$ in dry condition.

6.1 Charakteristische Lastfälle / Characteristic load cases

Lastfall Load case	$(\gamma_{G,\min}/\gamma_{G,\max})$	$F_{XY} \text{ [kN]}$	$F_{Z,\min} \text{ [kN]}$ ohne Auftrieb without buoyancy	$F_{Z,\max} \text{ [kN]}$ ohne Auftrieb without buoyancy	$M_{XY} \text{ [kNm]}$	$M_Z \text{ [kNm]}$
NTM DLC D.3	(1.00/1.00)	750	-25586	-24846	84875	-
N / T / DLC 8.2	(1.00/1.00)	1580	-25586	-24846	146216	-8950
N / A / T	(1.00/1.00)	1620	-25646	-24846	178324	-10150

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte
($\gamma_F = 1,00$)

Loads do not include partial safety factors
($\gamma_F = 1.00$)

6.2 Bemessungswerte der Lastfälle / Load case design values

Lastfall Load case	$(\gamma_{G,\min}/\gamma_{G,\max})$	$F_{XY} \text{ [kN]}$	$F_{Z,\min} \text{ [kN]}$ ohne Auftrieb without buoyancy	$F_{Z,\max} \text{ [kN]}$ ohne Auftrieb without buoyancy	$M_{XY} \text{ [kNm]}$	$M_Z \text{ [kNm]}$
N / A / T	(1.10/0.90)	2270	-28207	-22356	199229	-12100
N / T	(1.35/0.90)	2270	-32789	-22356	194479	-12100

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte
($\gamma_{\text{Auftrieb}} = 1,10$)

All loads include partial safety factors
($\gamma_{\text{Buoyancy}} = 1.10$)

7 Koordinatensystem / Coordinate system

