



Gesellschaft für Grundbau
und Umwelttechnik mbH

GGU mbH • In den Ungleichen 3 • 39171 Osterweddingen

mdp GmbH & Co. WEA Borne-Ost KG
Stau 91

26122 Oldenburg

Magdeburg

Telefon +49 (0)39205/4538-0

Telefax +49 (0)39205/4538-11

www.ggu.de

post-md@ggu.de

Baugrund

Grundwasser

Umwelttechnik / Altlasten

Damm- und Deichbau

Straßen- und Erdbau

Spezialtiefbau

Deponiebau

Kunststofftechnik

Software-Entwicklung

14.06.2021

Baugrunderkundung

Feldmesstechnik

Prüflabore für Boden

Prüflabor für Kunststoff

Inspektionsstelle

Braunschweig

Magdeburg

Öhringen

Schwerin

Windpark Borne
Errichtung der WEA Borne-Mitte, N21
Baugrunduntersuchung, Geotechnischer Bericht

Bericht: 5472/21

Verteiler: mdp GmbH

Bearbeiter:

- Reimund Woithe
- Dr.-Ing. Peter Grubert

Ausfertigung: digital

Beratende Ingenieure VBI,
BDB, DWA, DGGT, ITVA, BWK

Sachverständige für

Erd- und Grundbau

Vereidigte Sachverständige

Amtsgericht Braunschweig

HRB 9354

Geschäftsführer:

Prof. Dr.-Ing. Johann Buß,

Dr.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing.

Peter Grubert, M.Sc.,

Dr.-Ing. Carl Stoewahse

Dipl.-Ing. Birk Kröber

Dipl.-Ing. Axel Seilkopf



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-11147-01-00
D-IS-11147-01-00

(gilt nur für den akkreditierten Bereich)

Inhalt

1	Vorbemerkungen.....	4
2	Unterlagen	4
3	Geotechnische Untersuchungen	5
3.1	Standortbeschreibung	5
3.2	Geologie.....	7
3.3	Erkundung.....	8
3.4	Baugrund	8
3.5	Grundwasser.....	12
3.6	Homogenbereiche.....	12
3.7	Bodenkennwerte für erdstatische Nachweise.....	14
3.8	Betonaggressivität des Baugrundes	15
4	Grundbautechnische Bewertung	16
4.1	Anlagentyp, Baugrundanforderungen und Bemessungsparameter.....	16
4.2	Drehfedersteifigkeit	16
4.3	Erdstatische Nachweise	18
4.3.1	Fundamentnachweise (Gleiten, Kippen Grundbruch)	18
4.3.2	Setzung und Schiefstellung.....	18
4.3.3	Zusammenstellung der Ergebnisse	19
4.4	Gründungsvorschlag	19
4.5	Ausführungshinweise	20
4.5.1	Herstellung Baugrube.....	20
4.5.2	Erdbaumaßnahmen	21
4.6	Wasserhaltung	21
4.7	Arbeitsraumverfüllung / Fundamentüberschüttung	21
4.8	Kranstellfläche.....	22
4.9	Zuwegung	24
4.10	Weitere Hinweise	25
5	Zusammenfassung.....	26

Abbildungen

Abbildung 1:	Geländeschnitt West-Ost	5
Abbildung 2:	Geländeschnitt Nord-Süd	6
Abbildung 3:	Auszug aus Geologischer Karte, Blatt 4035 Atzendorf	7
Abbildung 4:	Böschungssicherung nach DIN 4124	20

Tabellen

Tabelle 1:	Absteckung Mittelpunkt der WEA-N21	5
Tabelle 2:	Laborergebnisse Oberboden (Schicht 1).....	9
Tabelle 3:	Laborergebnisse Löß (Schicht 2)	9
Tabelle 4:	Einschätzung der Baugrundfestigkeit aus Drucksondierdiagrammen	10
Tabelle 5:	Laborergebnisse Geschiebesand/-mergel (Schicht 3).....	10
Tabelle 6:	Homogenbereiche nach DIN 18300:2015-08, Lösen und Laden	13
Tabelle 7:	Homogenbereiche nach DIN 18300:2015-08, Einbau	13
Tabelle 8:	Betonaggressivität Boden	15
Tabelle 9:	Lastangaben aus Schalplan DE_T20_005_XX_X_Schalplan_a	16
Tabelle 10:	Ergebniszusammenstellung der Berechnungen	19

Anlagen

Anlage 1	Lageplan
Anlage 2	Bodenprofile, Drucksondierdiagramme
Anlage 3	Ergebnisse bodenmechanisches Labor
Anlage 4	Ergebnisse bodenchemisches Labor
Anlage 5	Erdstatische Berechnungen
Anlage 6	Grundwasserkarte
Anlage 7	Homogenbereiche

1 Vorbemerkungen

Im Windpark Borne (Salzlandkreis) wird die Errichtung der WEA Borne-Mitte mit der Bezeichnung „N21“ geplant. Die GGU GESELLSCHAFT FÜR GRUNDBAU UND UMWELTTECHNIK mbH, Osterweddingen wurde auf das Angebot vom 05.03.2021 vom Auftraggeber (AG) am 09.03.2021 mit der Erstellung eines Baugrundgutachtens beauftragt. Lagepläne mit den entsprechenden Standortkoordinaten wurden uns zur Verfügung gestellt.

In der 16. Kalenderwoche 2021 wurden die Bohr- und Sondierarbeiten zur Erkundung der Schichtenfolge und Grundwasserverhältnisse ausgeführt. Aus den Bohrungen wurden Bodenproben entnommen, die im Erdbaulabor der GGU untersucht wurden. An ausgewählten Proben wurden bodenmechanische Laborversuche durchgeführt. Für die Bewertung der Betonaggressivität wurde eine Bodenmischprobe im chemischen Labor eurofins, Peine analysiert.

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse der Untersuchungen zusammengestellt und bewertet. Die Baugrundverhältnisse werden beschrieben, es werden Kennwerte angegeben und Gründungsempfehlungen erarbeitet.

2 Unterlagen

Für die Bearbeitung wurden folgende Unterlagen hinzugezogen:

- [1] Übersichtsplan (AG)
- [2] Detaillageplan WEA Borne-Mitte, N21 (AG)
- [3] Geologische Karte, Blatt 4035 - Atzendorf
- [4] Fundamentalschalplan Vestas V162, 166 m Nabenhöhe, Durchmesser = 24,5 m vom 14.11.19, DE_T20_005_XX_X_Schalplan_a
- [5] Anforderungen an Transportwege und Kranstellflächen, Vestas, Dokument-Nr. 0040-4327 V10 vom 01.04.19
- [6] Diverse Baugrundgutachten und Nachträge zum WP Borne, Dr. Schleicher & Partner, Staßfurt, zwischen 2007 und 2015
- [7] WEA BO-Ost, Baugrunduntersuchung, GGU mbH, 08.04.2020

Vom Bauherrn wurden uns die Standortkoordinaten angegeben (Mittelpunkt WEA-N21). Die Absteckung in der Örtlichkeit erfolgte durch das Vermessungsbüro Specht, Oschersleben. Vom Vermesser wurden uns folgende Koordinaten für die Absteckungspunkte übergeben:

Tabelle 1: Absteckung Mittelpunkt der WEA-N21

WEA	Lagestatus 150 (Gauß-Krüger-Krassowski)	
	Rechtswert	Hochwert
WEA-N21	44 70 966,9	57 58 708,1

3 Geotechnische Untersuchungen

3.1 Standortbeschreibung

Die geplante WEA 21 liegt im Salzlandkreis, ca. 1 km nordöstlich der Ortschaft Borne. Die Geländemorphologie stellt sich wie folgt dar:

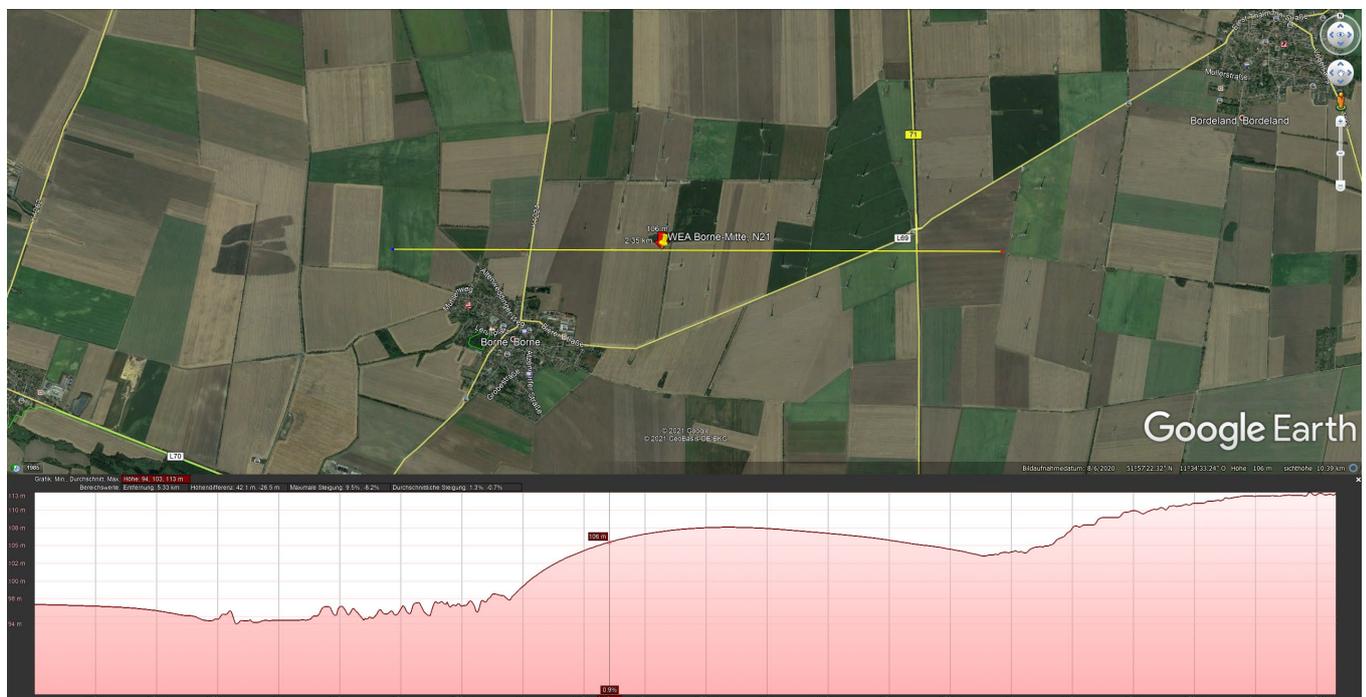


Abbildung 1: Geländeschnitt West-Ost

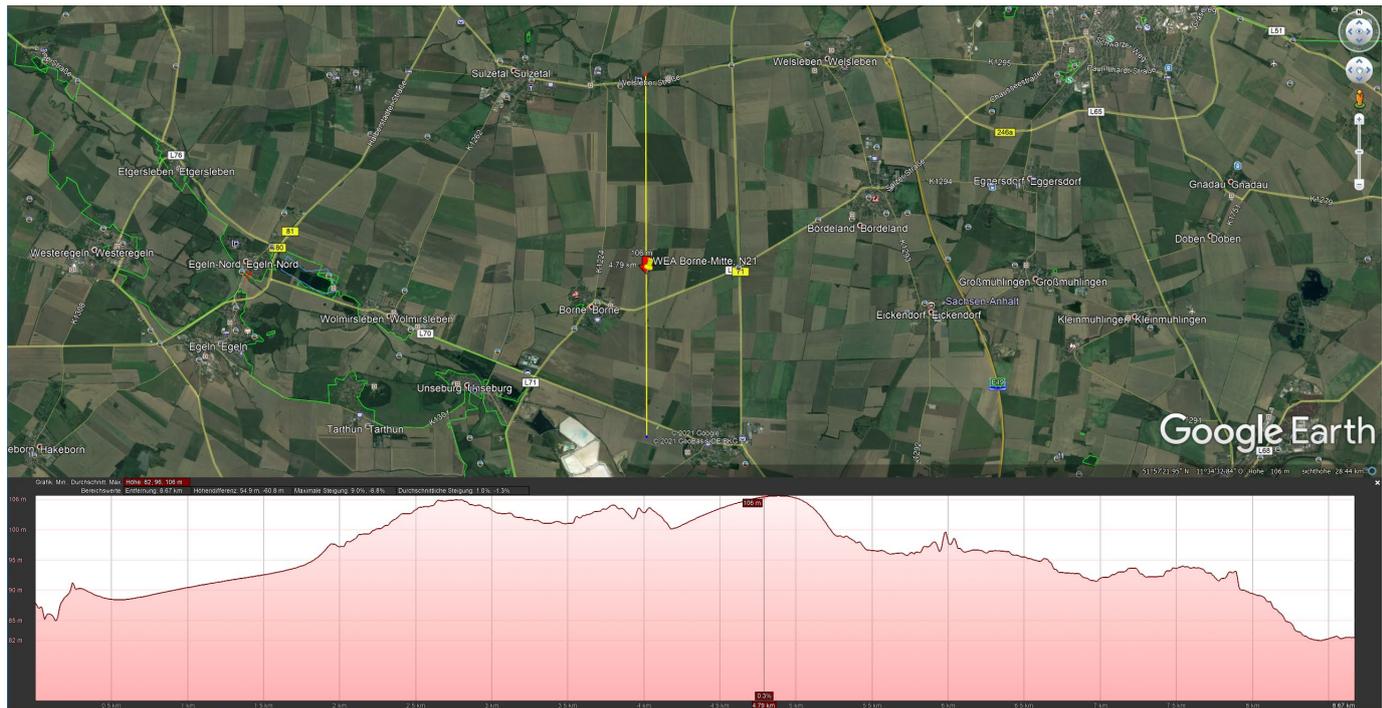


Abbildung 2: Geländeschnitt Nord-Süd



Foto 1: Mittelpunkt-WEA-N21 Blick nach Osten

Das Baufeld liegt nördlich der Landstraße L69 und im Bestandswindpark in einer Höhe von rd. 106 mNHN. Das Gelände weist am Standort keine auffälligen Höhenunterschiede auf. Insgesamt fällt dieses in Richtung Unseburg zum Vorfluter Bode um fast 40 m ab.

Die Fläche wird derzeit landwirtschaftlich genutzt. Auf der Ackerfläche sind keine Bodenveränderungen/-verfärbungen, Senken oder Tagesbrüche zu erkennen. Ein kleines Waldgebiet liegt rd. 60 m nördlich des Standortes.

3.2 Geologie

Die geologische Karte [3] weist für das Baufeld unter dem rd. 0,5 m starken Oberboden (verbreitet Tschernoseme bis Braunerde-Tschernoseme aus Löss) mächtige pleistozäne Geschiebemergel in Form von Schluffe, Tone und Sande aus. Hierbei handelt es sich um Bildungen der jüngsten (Weichsel-) Eiszeit.

Mit den Bohrungen/Sondierungen wurde am Standort der Geschiebemergel nicht durchteuft.

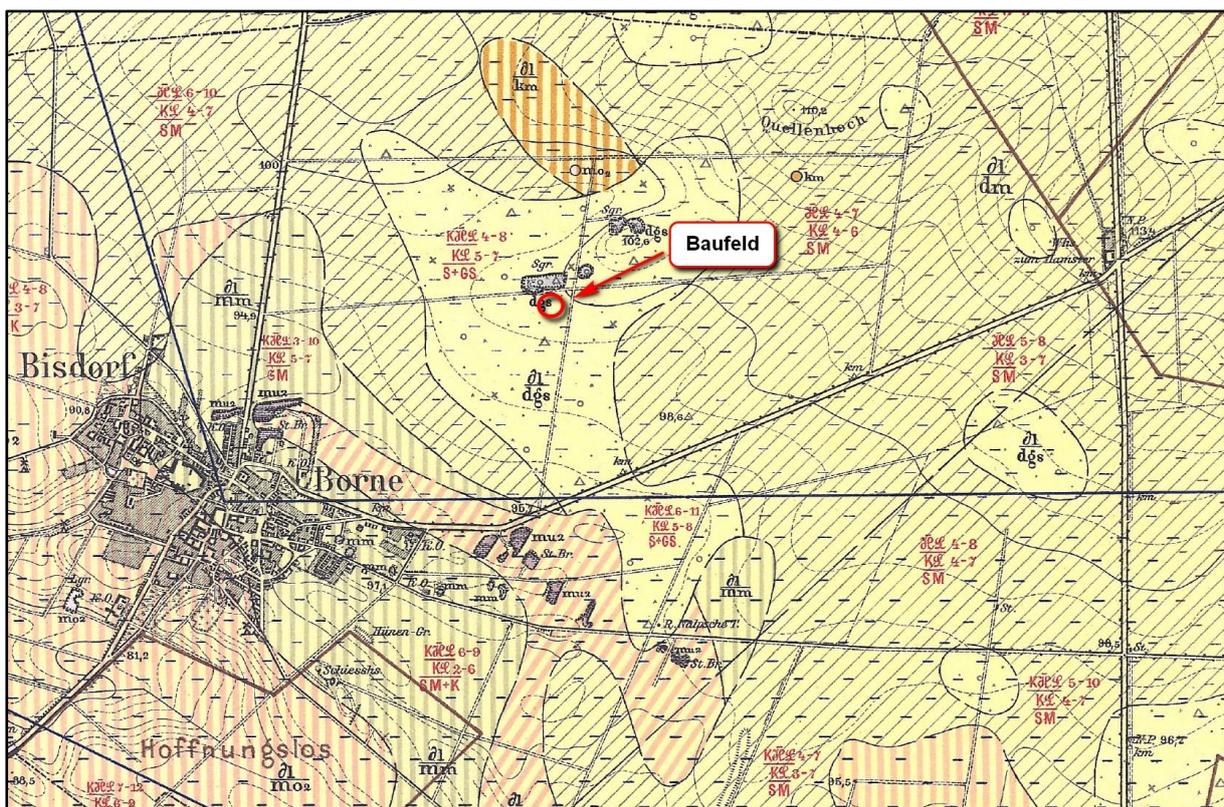


Abbildung 3: Auszug aus Geologischer Karte, Blatt 4035 Atzendorf

Nach Auswertung der durch das Landesamt für Geologie und Bergwesen (LAGB) zur Verfügung gestellten Kartenwerke, befindet sich die Baumaßnahme in keinem Gefährdungsgebiet, nach DIN 4149 in keiner Erdbebenzone und keiner Untergrundklasse.

3.3 Erkundung

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden in der 16. KW 2021 als direkte Aufschlüsse 2 Kleinrammbohrungen (BS 50 nach DIN EN ISO 22475-1) bis 10,00 m uGOK jeweils im Abstand von 12 m zum Anlagenmittelpunkt (in West- und Ostrichtung) abgeteuft. Die bei den Bohrarbeiten entnommenen Bodenproben wurden im eigenen Erdbaulabor auf ihre bodenmechanischen Eigenschaften untersucht.

Als indirekte Aufschlussmethode kamen am Anlagenstandort 3 Drucksondierungen (nach DIN EN ISO 22476-1) jeweils 12 m vom Anlagenmittelpunkt entfernt in NW-, NO- und SO-Richtung zur Ausführung. Auf Grund von Hindernissen mussten die Drucksondierungen DS 2 und 3 jeweils einmal umgesetzt werden. Die Bohr- und Sondiererergebnisse wurden im Zuge der Auswertung abgeglichen. Bei der Bodenansprache und Beurteilung bodenmechanischer Kenngrößen wurden im Zweifelsfalle die Ergebnisse der direkten Aufschlüsse vorrangig betrachtet.

Weiterhin wurden auf der geplanten Kranstellfläche 1 Kleinrammbohrung (BS 3) bis 5 m und eine Drucksondierung (DS 4) bis knapp 8 m Tiefe sowie im Bereich der Zuwegung 1 Kleinrammbohrung (BS 4) bis 3 m Tiefe ausgeführt. Mit diesen Ergebnissen werden im Bericht Aussagen zum weiteren Kranstellflächen- und Wegeaufbau gegeben.

Die bodenmechanischen Laborergebnisse liegen der Anlage 3 bei.

3.4 Baugrund

Die Schichtenfolge beginnt mit 0,4 bis 0,5 m mächtigem

Oberboden (Schicht 1)

als humoser bis stark humoser, schwach feinsandiger, toniger Schluff

mit dunkelbrauner bis schwarzer Färbung. Bei dem Oberboden handelt es sich um Tschernoseme bis Braunerde-Tschernoseme. An 2 ausgewählten Bodenmischproben wurde der Glühverlust mit rd. 4,9 Ma.-% bestimmt (s. Anl. 3.1). Demnach ist der Oberboden als stark humos einzustufen.

Die Korngrößenverteilung wurde an einer Probe aus den Kleinrammbohrungen wie folgt bestimmt:

Tabelle 2: Laborergebnisse Oberboden (Schicht 1)

Aufschluss	Entnahmetiefe [m uGOK]	Wassergehalt w_n [%]	Verhältnis T/U/S/G [%]	Bodenart [DIN 4022]	Bodenart [EN ISO 14 688-1]	Bodengruppe [DIN 18 196]
WEA-N21	0,00-0,50	18,6	16,4/70,3/13,2/0,1	U, t, fs', h*	clfsa'Si	OU

Unter dem Oberboden steht eine 0,5-1,1 m mächtige Schicht aus

Löß (Schicht 2)

*aus schwach feinsandigem, schwach tonigem, kalkhaltigem Schluff
in steifer Konsistenz*

bis max. 1,6 m Tiefe an. Der bindige Boden ist hellbraun bis braun gefärbt.

Die Korngrößenverteilung wurde an einer Probe aus den Kleinrammbohrungen wie folgt bestimmt:

Tabelle 3: Laborergebnisse Löß (Schicht 2)

Aufschluss	Entnahmetiefe [m uGOK]	Wassergehalt w_n [%]	Verhältnis T/U/S/G [%]	Bodenart [DIN 4022]	Bodenart [EN ISO 14 688-1]	Bodengruppe [DIN 18 196]
WEA-N21	0,50-1,60	16,9	12,7/70,7/14,7/1,9	U, t', fs'	cl'fsa'Si	UL

Aus der Bodenart kann für die Schicht 2 eine Wasserdurchlässigkeit von $k_f < 10^{-7}$ m/s abgeleitet werden. Der bindige Boden ist nach DIN 18130 als „*schwach durchlässig*“ zu bezeichnen.

Unter dem Löß folgt bis zur untersuchten Tiefe

Geschiebesand/-mergel (Schicht 3)

aus z.T. schwach schluffigem Sand

und stark schluffigem, tonigem Sand

mit Färbungen von gelbbraun bis dunkelgrau. Bis rd. 8,5 m Tiefe stehen überwiegend Geschiebesande mit Lagerungsdichten von mitteldicht bis sehr dicht an. Zwischen 8,5 bis 15 m Tiefe wurde eher Geschiebemergel aus gemischtkörnigen Bodenarten erkundet.

Mit den Drucksondierungen wurden im Geschiebesand überwiegend Spitzenwiderstände zwischen 15 bis 25 MPa gemessen. Das Reibungsverhältnis R_f (Quotient aus Mantelreibung f_s / Spitzenwiderstand q_c , weist auf die Bodenart hin) liegt für diese Böden zwischen 0,8 bis 2%. Für den Geschiebemergel (schluffige bis stark schluffige, tonige Sande) wurden Spitzenwiderstände zwischen 2,0 und 10,0 MPa gemessen. Das Reibungsverhältnis R_f lag für diese Böden zwischen 1,5 und 5,0 MPa.

Bei der Auswertung der Drucksondierdiagramme ist zu berücksichtigen, dass in bindigen und gemischtkörnigen Bodenarten der Spitzenwiderstand aufgrund der Plastizität dieser Böden generell niedriger ist als bei nichtbindigen Böden. Auf Grund des erhöhten Feinkornanteils ist daher bei der Bestimmung der Baugrundfestigkeit eher von Konsistenzen als von Lagerungsdichten auszugehen. Es gelten folgende empirische Abhängigkeiten.

Tabelle 4: Einschätzung der Baugrundfestigkeit aus Drucksondierdiagrammen

q_c [MPa]	Lagerungsdichte	q_c [MPa]	Konsistenz
< 2,5	sehr locker	< 1,0	breiig
2,5...7,5	locker	1,0...1,5	weich
7,5...15	mitteldicht	1,5...2,0	steif
15...25	dicht	2,0...5,0	halbfest
> 25	sehr dicht	> 5,0	fest

Aus der Schicht 3 wurden 3 Bodenmischproben bodenmechanisch untersucht. Hierbei wurde die Korngrößenverteilung wie folgt bestimmt:

Tabelle 5: Laborergebnisse Geschiebesand/-mergel (Schicht 3)

Geschiebesand						
Aufschluss	Entnahmetiefe [m uGOK]	Wassergehalt w_n [%]	Verhältnis T+U/S/G [%]	Bodenart [DIN 4022]	Bodenart [EN ISO 14 688-1]	Bodengruppe [DIN 18 196]
BS 1+2	1,00-10,00	-	2,5/96,4/1,1	mS,fs,gs	csafsaMSa	SE
BS 3+4	1,10-5,00	-	5,9/91,4/2,7	mS, fs*, u2, gs'	si'Sa	SU
Geschiebemergel						
Aufschluss	Entnahmetiefe [m uGOK]	Wassergehalt w_n [%]	Verhältnis T/U/S/G [%]	Bodenart [DIN 4022]	Bodenart [EN ISO 14 688-1]	Bodengruppe [DIN 18 196]
BS 1	9,30-10,00	35,9	15,7/33,3/49,2/1,8	S, u*, t	clsi*Sa	TL

Aus der Korngrößenverteilung kann für den Geschiebesand der Schicht 3 eine Wasserdurchlässigkeit im Bereich von $k_f \approx 1 \times 10^{-4}$ bis 1×10^{-5} m/s abgeleitet werden. Für den Geschiebemergel ist von einem Durchlässigkeitsbeiwert $k_f < 1 \times 10^{-6}$ m/s auszugehen. Der Geschiebesand ist nach DIN 18130 als „durchlässig“ und der Geschiebemergel als „*schwach durchlässig*“ zu bezeichnen. Je nach Kies- und Feinkornanteil muss bei Wasserhaltungsmaßnahmen ggf. auch von einem „stark durchlässigen“ Boden ausgegangen werden.

Erfahrungsgemäß sind in den glazialen Böden Einlagerungen von Sanden/Schluffen/Tonen als Linsen oder Bänderungen möglich. Ebenso muss mit eingelagerten Findlingen/Steinen gerechnet werden. Steine oder Steinlagen sind in den Drucksondierdiagrammen durch einen abrupten Anstieg mit unmittelbar gefolgtm Rückgang des Spitzenwiderstandes nach wenigen Dezimetern zu interpretieren. In den Drucksondierungen lassen die sog. „peaks“ in unterschiedlichen Tiefen darauf schließen (z.B. in DS 1 zwischen 15-17 m Tiefe). Auch die Abbrüche der DS 2 und 3 sind sicherlich auf eingelagerte Steine zurückzuführen.

Mit den Kleinrammbohrungen und Drucksondierungen wurde der Geschiebemergel nicht durchfahren. Die Drucksondierungen mussten jeweils auf Grund der Geräteauslastung zwischen rd. 10,8 und 20,8 m Tiefe in den sehr dicht gelagerten Sanden abgebrochen werden.

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse des Bestandwindparks [6] weisen ebenfalls Untersuchungstiefen bis 20 m auf. Die am untersuchten Standort angetroffenen Baugrundverhältnisse werden mit den Altuntersuchungen bestätigt. Auf eine tiefere Untersuchung mit Aufschlussbohrungen zum Nachweis der Schichtenfolge kann somit am Standort verzichtet werden.

Nachfolgend erfolgt eine Zusammenstellung der vereinfachten Baugrundverhältnisse unter Bezug des ungünstigsten Bohrprofils bzw. Drucksondierdiagramms (Drucksondierung WEA-NO):

WEA N21

Tiefe in m	Baugrund
0,0 – 0,5	Oberboden, steif
0,5 – 1,6	Löß, steif
1,6 – ca. 20	Geschiebesand/-mergel, mitteldicht bis sehr dicht gelagert mit eingelagerten gemischtkörnigen bis bindigen Schichten (vermutlich in Linsen und Bänderungen)

3.5 Grundwasser

Grund-/Schichtenwasser wurde im Rahmen der Baugrunderkundungen am Standort nicht angetroffen. Auch ein Oberflächenwasser-Anstrom ist am Standort auf Grund der sehr geringen Höhenunterschiede im Umfeld nicht gegeben.

Der Löß stellt einen GW-Stauer dar, so dass bei Niederschlägen von einem zeitverzögerten Abfluss des Oberflächenwassers und mit Vernässungen der oberen Bodenzone zu rechnen ist.

Der GW-Abstrom erfolgt vorrangig in südwestliche bis südliche Richtungen zum Vorfluter Bode (bei Unseburg).

Die unter dem Löß anstehenden Geschiebesande sind durchlässig. Mit Erstellung der Baugrube und dem Durchbrechen der GW-Stauerschicht, ist ein ungehinderter und zeitnaher Oberflächenwasser-Abfluss in den Untergrund gegeben.

Vor Beginn der Baugrubenerstellung sollten die aktuellen GW-Verhältnisse durch einzelne Sondierungen oder Baggerschürfe erkundet werden. Die geeigneten Wasserhaltungsmaßnahmen sind dann mit uns abzustimmen. Für den Zeitraum der Erdarbeiten ist vorerst bis zum vollständigen Bodenaushub der Lößschicht eine offene Wasserhaltung einzuplanen. Zulaufendes Schichten-/Oberflächenwasser ist über Drainagen oder Pumpensümpfe zu fassen und abzuleiten. Bei Starkregenereignissen sind die Baugrubenwände vor Erosion/Ausspülung mit Folien oder Drainmatten zu sichern. Vorhandene Ackerdrainagen sind vor Baugrubenerstellung umzuverlegen.

Eine Überflutungsgefährdung ist für das Baufeld nicht gegeben.

3.6 Homogenbereiche

Gemäß VOB 2016-04 bzw. DIN 18300:2016-09 sind Boden und Fels entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist ein Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist.

Zur Festlegung von Homogenbereichen ist daher zwingend die Kenntnis der geplanten Bautechnologie sowie -geräte erforderlich. Diese liegt derzeit nicht vor. Zur vorläufigen Festlegung von Homogenbereichen wird daher die Verwendung von mittleren Baggern für Erdarbeiten unterstellt. Mit dieser Annahme können folgende Homogenbereiche gemäß DIN 18300: 2016-09 eingeteilt werden:

Tabelle 6: Homogenbereiche nach DIN 18300:2015-08, Lösen und Laden

Homogenbereich	Schicht	Benennung	Beschreibung
HB EA-L I	Schicht 1	Oberboden	leicht lösbar
HB EA-L II	Schichten 2+3	Löß Geschiebesand/ -mergel	- leicht bis mittelschwer lösbar - bei Steinen/Findlingen schwer lösbar

Für abweichende Bautechnologien und -verfahren sind ergänzende Einteilungen in entsprechende Homogenbereiche erforderlich. Diese sind mit dem geotechnischen Sachverständigen abzustimmen. Bei anfallenden Aushubböden im Homogenbereich HB II mit hohem Steinanteil oder fester Konsistenz sind ggf. schwere Bagger bzw. Baggerschaufeln mit Reißzähnen einzuplanen.

Die Abrasivität der Lockergesteine ist als „nicht abrasiv“ und bei hohem Kies- und Steinanteil bis „extrem abrasiv“ mit einem CAI-Index zwischen 0 und 6 einzustufen.

Tabelle 7: Homogenbereiche nach DIN 18300:2015-08, Einbau

Homogenbereiche	Schicht	Benennung	Beschreibung des Einbaus
HB EA-E I	Schicht 1	Oberboden	zur Andeckung, landwirtschaftliche Nutzung (Kulturboden)
HB EA-E II	Schicht 2	Löß	- für Wiedereinbau nur bedingt geeignet - stark witterungsempfindlich, nicht bzw. nur mit bodenstabilisierenden Maßnahmen verdichtbar
HB EA-E II	Schicht 3	Geschiebesand	- für Baugrubenverfüllung gut geeignet; Verdichtungsgeräte sind an die Bodenverhältnisse anzupassen

3.7 Bodenkennwerte für erdstatische Nachweise

Für erdstatische und geotechnische Bemessungsaufgaben werden für die erkundeten Schichten die folgenden Bemessungswerte auf der Grundlage der bodenmechanischen Laborversuche sowie eigener Erfahrungswerte angegeben:

Schicht 1	Oberboden	
Bodengruppe nach DIN 18196	OU	(humoser Schluff)
Bodengruppe nach ATV A 127	G4	
Frostempfindlichkeit	F3	(sehr frostempfindlich)
Wichte	γ_k	= 19 bis 20/9 bis 10 kN/m ³
Reibungswinkel	φ_k'	= 25 bis 27,5°
Kohäsion	c_k'	= 0,0 bis 2,0 kN/m ²
Steifemodul	cal E _s	= 4,0 bis 8,0 MN/m ²
Durchlässigkeit	k _f	= 10 ⁻⁸ bis 10 ⁻⁹ m/s
Schicht 2	LÖß	
Bodengruppe nach DIN 18 196	UL	feinsandiger, toniger Schluff
Bodenklasse nach DIN 18 300:2012-09 nur informativ	4	(mittelschwer lösbar)
Bodengruppe nach ATV A 127	G3	
Frostempfindlichkeit	F3	(stark frostempfindlich)
Wichte	γ_k	= 20 bis 21/10 bis 11 kN/m ³
Reibungswinkel	φ_k'	= 27,5°
Kohäsion	c_k'	= 2-5 kN/m ²
Steifemodul	cal E _s	= 8-20 MN/m ²
Durchlässigkeit	k _f	= < 10 ⁻⁶ m/s

Schicht 3

Bodengruppe nach DIN 18 196

Geschiebesand/-mergel

SE-SU

Sande, z.T. schwach schluffig

TL

leicht plastische Tone

Bodengruppe nach ATV A 127

G1-4

Frostempfindlichkeit

F1-3

(nicht bis sehr frostempfindlich)

Wichte

γ_k

= 18,0 bis 21,0/10,0 bis 12,0 kN/m³

Reibungswinkel

φ_k'

= 27,5 bis 37,5°

Kohäsion

c_k'

= 0,0 bis 5,0 kN/m²

Kohäsion, undränert

c_u

= 0,0 bis 50,0 kN/m²

Steifemodul (tiefenabhängig)

cal E_s

= 50,0 bis 150,0 MN/m²

(für mitteldicht bis sehr dicht
gelagerten Geschiebesand)

= 8,0 - 12,0 MN/m² (steif)

= 14,0 - 25,0 MN/m² (halbfest)

Durchlässigkeit

k_f

= 10⁻⁴ bis 10⁻⁹ m/s

3.8 Betonaggressivität des Baugrundes

Grundwasser

Eine Grundwasserführung war bis zur untersuchten Tiefe nicht vorhanden.

Boden

Es wurde eine Bodenmischprobe aus dem Tiefenbereich 0,40-3,50 m (aus Kleinrammbohrungen am WEA-Standort) zusammengestellt und auf ihre Betonaggressivität nach DIN 4030 bei der Eurofins GmbH, Peine untersucht. Die Ergebnisse der Bodenanalyse werden in der folgenden Tabelle den Grenzwerten der DIN 4030 gegenübergestellt:

Tabelle 8: Betonaggressivität Boden

Parameter	WEA BO-Ost	Expositionsklasse nach DIN 4030		
	Boden 0,00-1,60 m	XA1	XA2	XA3
Sulfid, gesamt (mg/kg TS)	12,0			
Säuregrad n. Baumann-Gully (ml/kg TS)	16	> 200	In der Praxis nicht anzutreffen	
Sulfat (mg/kg TS)	490	> 2.000 und ≤ 3.000	> 3.000 und ≤ 12.000	> 12.000 und ≤ 24.000
Chlorid (mg/kg TS)	87			

Der Boden ist als nicht betonangreifend (Expositionsklasse < XA1) einzustufen.

4 Grundbautechnische Bewertung

4.1 Anlagentyp, Baugrunderfordernisse und Bemessungsparameter

Für die WEA Borne-Ost wird die Errichtung einer Anlage des Types „Vestas 162“ mit 166 m Nabhöhe“ vorgesehen. Vom Planer wurde mit [4] der Schalplan mit folgenden Daten vorgelegt:

Fundament (mit Auftriebssicherung)

- Fundamentaußendurchmesser $d_a = 24,50$ m
- maximale charakteristische Kantenpressung (Lastfall BS-P) $\sigma_{R,k} = 286,6$ kN/m²
- maximale charakteristische Kantenpressung (Lastfall BS-A) $\sigma_{R,k} = 360,3$ kN/m²
- Mindestwert für statische Drehfedersteifigkeit $k_{\phi,stat} = 40.000$ MNm/rad
- Mindestwert dynamische Drehfedersteifigkeit $k_{\phi,dyn} = 200.000$ MNm/rad
- max. zulässiger GW-Spiegel = GOK
- Gründungssohle unter GOK = 0,24 m
- max. Fundamentschiefstellung infolge Baugrundsetzung = 3 mm/m \cong 7,4 cm
- Wichte der Fundamentdeckung $\gamma = 18$ kN/m³

Die Lastangaben ergeben sich nach mit [4] wie folgt:

Tabelle 9: Lastangaben aus Schalplan DE_T20_005_XX_X_Schalplan_a

Maximale charakteristische Lasten ($Y_E=1,00$) in der Sohlfläche der Gründung (exkl. Erdüberschüttung, Auftrieb und etwaiger Anbauteile) Maximum characteristic loads ($Y_E=1,00$) in the joint between bottom of foundation and soil (excl. earth cover fill, hydrostatic uplift and possible mounting parts)			
	BS-P (DIN 1054:2010)	BS-T (DIN 1054:2010)	BS-A (DIN 1054:2010)
Vk [kN]	38107	-	38147
Hk [kN]	1375	-	1650
Mk [kNm]	218788	-	262685

Zusätzlich ist als ständige Last die Masse der Überschüttung mit 954,5 t angegeben. Diese wird zusätzlich berücksichtigt.

4.2 Drehfedersteifigkeit

Aus dem angegebenen Mindestwert der dynamischen Drehfedersteifigkeit ergibt sich der erforderliche dynamische Steifemodul $E_{s,dyn}$ bei homogenem Baugrund zunächst wie folgt:

$$\text{erf. } E_{s,\text{dyn}} = k_{\varphi,\text{dyn}} \cdot 3/4 \cdot 1/r^3 \cdot (1 + \nu) \cdot (1 - \nu)^2 : (1 - \nu - 2 \cdot \nu^2)$$

$r = \text{Ersatzfundamentradius} = 12,25 \text{ m}$

Für rollige Böden gilt:

$\nu = \text{Poisson-Zahl} = 0,30$

$$\text{erf. } E_{s,\text{dyn}} = 200.000 \cdot 3/4 \cdot 1/12,25^3 \cdot (1 + 0,30) \cdot (1 - 0,30)^2 : (1 - 0,30 - 2 \cdot 0,30^2)$$

$$\text{erf. } E_{s,\text{dyn}} = 100 \text{ MN/m}^2$$

Für gemischtkörnige Böden gilt:

$\nu = \text{Poisson-Zahl} = 0,35$

$$\text{erf. } E_{s,\text{dyn}} = 200.000 \cdot 3/4 \cdot 1/12,25^3 \cdot (1 + 0,35) \cdot (1 - 0,35)^2 : (1 - 0,35 - 2 \cdot 0,35^2)$$

$$\text{erf. } E_{s,\text{dyn}} = 115 \text{ MN/m}^2$$

Für bindige Böden gilt:

$\nu = \text{Poisson-Zahl} = 0,4$

$$\text{erf. } E_{s,\text{dyn}} = 200.000 \cdot 3/4 \cdot 1/12,25^3 \cdot (1 + 0,4) \cdot (1 - 0,4)^2 : (1 - 0,4 - 2 \cdot 0,4^2)$$

$$\text{erf. } E_{s,\text{dyn}} = 147 \text{ MN/m}^2$$

Der erforderliche dynamische Steifemodul $E_{s,\text{dyn}}$ setzt für den anstehenden Baugrund in der Gründungssohle mind. eine halb feste/feste Konsistenz für bindige bzw. eine mind. halb feste Konsistenz für gemischtkörnige Böden oder eine mind. mitteldichte Lagerung von rolligen Böden voraus. Bei bindigen Böden wäre für einen Spitzendruck von mind. $q_c \geq 5 \text{ MN/m}^2$ bzw. bei gemischtkörnigen Böden von mind. $q_c \geq 2 \text{ MN/m}^2$ der Nachweis erbracht. Für rollige Böden ist ein Spitzendruck von mind. $q_c \geq 7,5 \text{ MN/m}^2$ erforderlich.

Die Auswertung der Bohr- und Sondierergebnisse zeigt am Standort in der geplanten Gründungsebene (0,24 m unter GOK) einen bindigen, schwach durchlässigen Boden (Löß) mit hoher Witterungsempfindlichkeit. Dieser Boden ist zur Lastabtragung nicht geeignet. Die Baugrube ist bis zum darunter folgenden Geschiebesand (in rd. 1,6 m Tiefe) auszukoffern. Der Bodenaustausch erfolgt mit lagenweise verdichtet eingebautem Schotter.

Da die wasserstauende Schicht 2 (Löß) mit den Erdarbeiten durchbrochen wird, ist von einer ausreichenden Versickerungsleistung von Niederschlagswasser im Baugrubenhinterfüllungsbereich bei einer Verfüllung mit schwach schluffigem Sand/Kiessand auszugehen. Das Fundament kann somit auftriebssicher gegründet werden. Das vorgesehene Fundament erfüllt mit der entsprechenden Erdauflast diese Anforderung.

4.3 Erdstatische Nachweise

4.3.1 Fundamentnachweise (Gleiten, Kippen Grundbruch)

Es wurden erdstatische Berechnungen zur Fundamentbemessung einer Kreisplatte nach DIN EN 1997-1, DIN 4019 und DIN 4017 durchgeführt.

- Betrachtung für die Einwirkungskombination DLC D.2 in der Bemessungssituation BS-P nach EC-7
 - Die Nachweise ausreichender Gleit-, Kipp- und Grundbruchsicherheit gelingen
- Betrachtung für den Extremlastfall in der Bemessungssituation BS-A nach EC-7
 - Die Nachweise ausreichender Gleit-, Kipp- und Grundbruchsicherheit gelingen (siehe Anlagen 5.1)

Mit diesen Nachweisen sind auch die Anforderungen an die maximal zulässigen Kantenpressung erfüllt.

4.3.2 Setzung und Schiefstellung

Es wurden Berechnungen nach DIN 4018 für eine biegesteife Kreisplatte nach dem Steifemodulverfahren durchgeführt (siehe Anlagen 5.2). Aus den Berechnungsergebnissen können zuverlässig die Setzungen und Schiefstellungen sowie daraus abgeleitet die Drehfedersteifigkeit des Fundaments angegeben werden. Dabei wurden Betrachtungen für statische und auch für dynamische Bodenkennwerte für den Berechnungsfall mit Lasten aus BS-P und BS-A durchgeführt.

In den Berechnungen wird von folgenden Angaben ausgegangen:

- Höhe OK Gelände = $\pm 0,00$ m relative Höhe
- Höhe Gründungssohle $\hat{=}$ UK Fundament = $-0,24$ m unter GOK
- zulässige Schiefstellung = $7,4$ cm (3 mm/m * $24,5$ m)

4.3.3 Zusammenstellung der Ergebnisse

Für die Berechnungen wurden die Ergebnisse aller 3 Drucksondierungen einbezogen. Die Nachweisführung erfolgte zunächst für ein rd. 1,3 m starkes Lastverteilungspolster unter der Sauberkeitsschicht. Eine Zusammenstellung ist in Tabelle 10 gegeben.

Tabelle 10: Ergebniszusammenstellung der Berechnungen

Anlage	Lastfall	Kennwerte	$k_{\varphi,stat}$ [MNm/rad]	$k_{\varphi,dyn}$ [MNm/rad]	Schiefstellung Δs [cm]	Eignung Verfahren
Betrachtung mit Lastverteilungspolster bis 1,6 m Tiefe						ja
5.1.1	BS-P	stat.	361902			
5.1.2	BS-P	dyn.		1056895		
5.1.3	BS-A	stat.	367457			
5.1.4	BS-A	dyn.		1073574		
5.2.1	BS-P	stat.	115762		3,3	
5.2.2	BS-P	dyn.		264230	0,6	
5.2.3	BS-A	stat.	100360		3,7	
5.2.4	BS-A	dyn.		262685	0,7	

Den Berechnungen zufolge werden die Anforderungen an die zulässige Schiefstellung sowie die statische und dynamische Drehfedersteifigkeit mit dem rd. 1,3 m starken Lastverteilungspolster erfüllt.

4.4 Gründungsvorschlag

Der unter dem Fundament anstehende Baugrund (Löß) erfüllt nicht die Anforderung an die zulässige Schiefstellung. Folgende baugrundverbessernde Maßnahmen werden daher empfohlen:

- Vollständiger Bodenaushub bis zum mind. mitteldicht gelagerten Geschiebesand (in rd. 1,6 m Tiefe).
- Aufbau eines rd. 1,3 m starken Lastverteilungspolsters aus Kiessand, Schotter oder zertifiziertem Beton-RC-Material
- Einbau der 0,10 m starken Sauberkeitsschicht

Die Gründung kann anschließend als Flachgründung mit dem auftriebssicheren Fundament ausgeführt werden.

4.5 Ausführungshinweise

4.5.1 Herstellung Baugrube

Die Herstellung der Baugrube erfolgt unter Beachtung der DIN 4124. Ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit dürfen folgende Böschungswinkel ab einer Ausschachtungstiefe von 1,25 m nicht überschritten werden:

- bei nichtbindigen oder weichen bindigen Böden $\beta = 45^\circ$
- bei mindestens steifen bindigen Böden $\beta = 60^\circ$

Bei dem vorgeschlagenen Bodenaushub bis rd. 1,6 m unter GOK ist nach DIN 4124 der Bodenaushub wie in der folgenden Abbildung auszuführen.

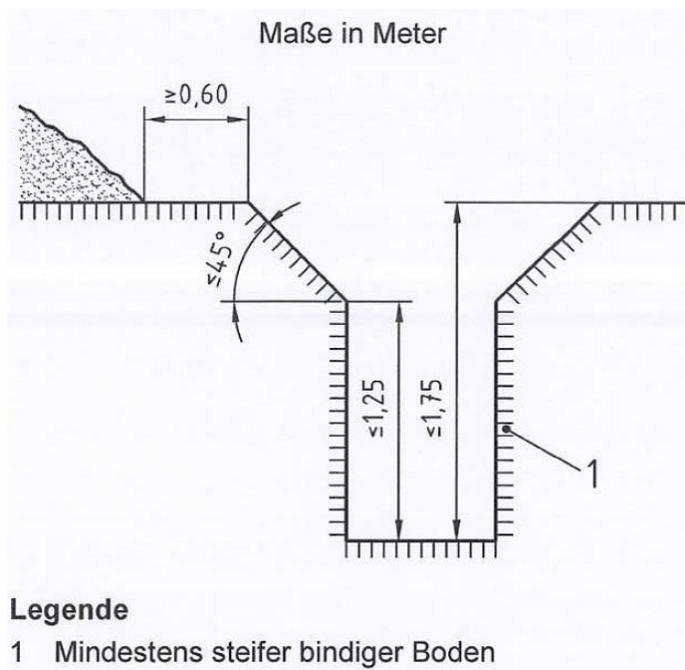


Abbildung 4: Bösungssicherung nach DIN 4124

Weiterhin sind Abstandsflächen um die Baugrube für Baufahrzeuge wie folgt einzuhalten:

- bis 12 t Gesamtgewicht = mind. 1 m Abstand zum Baugrubenrand
- über 12 t Gesamtgewicht = mind. 2 m Abstand zum Baugrubenrand

Der Löß ist vollständig bis zum Geschiebesand auszukoffern. Die Fläche des Bodenaustauschs muss unter Beachtung des Lastausbreitungswinkels unter dem Fundament

(einfache Annahme: Lastausbreitung erfolgt unter 45°) konzipiert und somit der entsprechende Überstand auch beim Gründungspolster berücksichtigt werden.

Die Baugrube ist vom Baugrundgutachter abzunehmen.

4.5.2 Erdbaumaßnahmen

Der Erdbau beginnt am WEA-Standort sowie den Stell- und Wegeflächen mit dem Oberbodenabtrag. Dieser ist zur weiteren Verwertung zu sichern und separat in Bodenmieten zwischenzulagern (nach DIN 19731).

Das Tragschichtmaterial ist lagenweise verdichtet (in Lagenstärken von max. 0,3 m) aufzubauen. Als Tragschichtmaterial eignet sich ein Brechkorngemisch mit den Körnungen 0/32mm oder 0/45mm. Der Feinkornanteil sollte dabei im Lieferzustand 5 Ma.-% nicht überschreiten. Das Materialprüfzeugnis ist vom Tiefbauunternehmen dem Baugrundgutachter zur Überprüfung der Einbaufähigkeit und Umweltverträglichkeit (gilt für RC-Material) vorzulegen.

Als Verformungsmodul ist abschließend ein E_{v2} -Wert $\geq 100 \text{ MN/m}^2$ mit Plattendruckversuchen nachzuweisen. Zum Nachweis der gleichmäßigen Verdichtung sollte der Verformungsmodul nach jeweils 2 eingebauten Lagen des Tragschichtmaterials erfolgen.

4.6 Wasserhaltung

Grund- bzw. Schichtenwasser wurde zum Untersuchungszeitpunkt im bodenaushubrelevanten Bereich nicht angetroffen. Mit dem Durchstoßen der Lössschicht ist der darunter folgende, durchlässige Geschiebesand mit einem Feinkornanteil zwischen 2-6 Ma.-% in der Lage, anfallendes Oberflächenwasser zeitnah aufzunehmen und in den Untergrund abzuleiten.

Vorhandene Ackerdrainagen sind vor der Baugrubenerstellung umzuverlegen. Für den Zeitraum der Erd-/Fundamentarbeiten ist eine offene Wasserhaltung vorzuhalten. Bei Bedarf kann dann anfallendes Wasser in der Baugrube über Drainagen/Pumpensümpfe abgeführt werden.

4.7 Arbeitsraumverfüllung / Fundamentüberschüttung

Nach Abschluss des Fundamentbaus ist der Arbeitsbereich zu verfüllen. Hierfür eignen sich Aushubböden mit mind. steifer Konsistenz. Die Eignung der Aushubböden für den Wiedereinbau ist durch den Baugrundgutachter zu prüfen. Aufgeweichte Böden sind für die Arbeitsraumverfüllung nicht geeignet. Der Einbau ist in Schüttilagen $\leq 30 \text{ cm}$ vorzunehmen. Die Verdichtung ist mittels Schaffußwalze auszuführen. Schlecht verdichtungsfähige Böden können ggf.

mittels einem Kalk-Zement-Substrat verbessert/verfestigt und für die weitere Verwertung als Füllboden aufbereitet werden.

Im Anschlussbereich zur Kranstellfläche ist wegen der Tragfähigkeitsanforderungen der Einbau des bindigen/gemischtkörnigen Aushubbodens nicht zu empfehlen. Die Arbeitsraumverfüllung sollte in diesem Abschnitt mit Schotter, Kiessand oder Beton-RC-Material vorgenommen werden (max. Schüttilagen von 0,3 m). Als Verdichtungsziel ist in diesem Bereich in Höhe UK Schottertragschicht der Kranstellfläche ein E_{v2} -Wert $\geq 80 \text{ MN/m}^2$ mit Plattendruckversuchen nachzuweisen.

Bei der abschließenden Überschüttung des Fundamentes mit Boden (statisch erforderliche Auflast) kann verdichtungsfähiger Bodenaushub mit mindestens steifer Konsistenz verwendet werden. Der Einbau muss lagenweise verdichtet erfolgen, um die geforderte Wichte einzuhalten (kleine Schafffußwalze). Das für den Wiedereinbau vorgesehene Aushubmaterial ist bei nasser Witterung vor Niederschlagswasser und vor Frosteinwirkung zu schützen. Größere Steine sind vor dem Bodeneinbau auszulesen.

4.8 Kranstellfläche

Im Zuge der Baugrunduntersuchung wurden die Baugrundverhältnisse im Bereich der Kranstellfläche mit 1 Kleinrammbohrung bis 5 m Tiefe sowie mit einer Drucksondierung bis 7,7 m Tiefe untersucht. Das Schichtenprofil ist der Anlage 2.1.2 und die Drucksondierung der Anlage 2.1.8 zu entnehmen.

Die Oberbodenstärke liegt bei rd. 0,5 m. Der Oberboden sollte „vor Kopf“ ausgekoffert und zur Wiederverwertung in separaten Oberbodenmieten gelagert werden. Darunter folgt bis rd. 1,6 m Tiefe Löß (feinsandiger, schwach toniger, kalkhaltiger Schluff), der als stark witterungsempfindlich und gering tragfähig einzustufen ist. Da die Schottertragschicht der Kranstellfläche ungebunden ausgeführt wird, ist nach Niederschlägen ein Aufweichen des Lößbodens gegeben. Bei einem Lasteintrag besteht somit eine Setzungsgefährdung. Der Löß sollte aus diesem Grunde mit einer Bodenverbesserungs-/verfestigungsmaßnahme mittels hydraulischen Bindemitteln stabilisiert werden.

Die Anforderungen an die Kranstellfläche und Zuwegung werden in [5] geregelt:

- Die Geotechnische Kategorie 2.1 (nach [5], Tabelle 2) ist auf Grund der anstehenden Böden zu berücksichtigen. Demnach ist von schwierigen Verhältnissen auszugehen.
- Die Flächenpressung auf der Kranstellfläche muss mind. 350 kN/m^2 betragen (gilt für eine Nabenhöhe $\geq 152 \text{ m}$ der WEA).

- Im Arbeitsbereich des Montagekrans ist die Kranstellfläche für eine Achslast von 21 t auszulegen.
- Transportwege, Montage- und Hilfsflächen sind für mind. 12 t Achslasten auszulegen.
- Auf dem Planum ist ein Verformungsmodul E_{v2} -Wert $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ mit Plattendruckversuchen nachzuweisen.
- Verdichtungsziel: $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ (Verhältniswert $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,5$)

Wir empfehlen vorerst folgende Bauweise für die Kranstellfläche und die Zuwegung:

- Vollständiger Abtrag des Oberbodens (bis zu rd. 0,5 m Tiefe).
- Abnahme des Planums durch den Baugrundgutachter, Tragfähigkeitsnachweis mit Plattendruckversuchen und Festlegung der Aufbaustärke bzw. eines ggf. erforderlichen tieferen Aushubs (bei Weichschichten). Der Einsatz der Bodenverbesserungs-/verfestigungsmaßnahme mittels hydraulischen Bindemitteln ist zu prüfen. Die Eignungsfähigkeit dieser Maßnahme sollte ggf. vor Ausführung in Prüffeldern kontrolliert werden.
- Verdichteter lagenweiser Einbau von mind. 0,6 m Mineralgemisch (Schotter 0/45 oder 0/56 mit einem Feinkornanteil $\leq 5 \text{ Ma.-%}$ im Lieferzustand; Lagenstärken bis max. 0,3 m sind einzuhalten).
- Nachweis des Verdichtungsziels mit Plattendruckversuchen.
- Auf der Kranstellfläche soll durch das Verlegen von Lastverteilungsplatten (Baggermatten) der Sohldruck auf 150 kN/m^2 begrenzt werden.

Die Erdarbeiten sind an die Witterungsverhältnisse anzupassen. Der im Planum anstehende bindige Baugrund (Löß) ist gegenüber Wasserzutritt sehr empfindlich, so dass die Arbeiten nur vor Kopf auszuführen sind. Eine Befahrung der Böden durch Radfahrzeuge ist auszuschließen. Das Planum sollte nur in Form einer Tagesleistung ausgekoffert und sofort überbaut werden. Aufgeweichter Boden ist vorsorglich bis zum mind. steifen Boden tiefer auszukoffern und durch verdichtungsfähiges Material zu ersetzen.

Die OK Schottertragschicht sollte geringfügig über OK Gelände errichtet werden, um den Zufluss bzw. Anstrom von Oberflächenwasser zu unterbinden (Vermeidung von Materialausspülungen und Vernässungen auf der Stellfläche).

Hinweis:

Der Grundbruch- und Setzungsnachweis erfolgt durch uns nach Vorlage der kranstanzspezifischen Kennwerte sowie der umgesetzten Maßnahmen zum Aufbau der Kranstellfläche.

4.9 Zuwegung

Nach [5] ist die Zuwegung für Achslasten bis mind. 12 t auszulegen. Es wird ein Tragschichtaufbau von mind. 0,6 m empfohlen.

Die Oberbodenstärke ist mit 0,4-0,5 m anzunehmen. Darunter folgt bis 1,1 m Tiefe steifer Löß, der vom Geschiebesand unterlagert wird.

Der Oberboden (als Schutzgut) ist vollständig auszukoffern. Die Lagerung kann zunächst in Oberbodenmieten erfolgen und sollte anschließend auf die umliegenden Ackerflächen verteilt bzw. als Andeckboden für die WEA genutzt werden. Da der im Planum anstehende Löß stark witterungsempfindlich ist, sollten die Auskofferungsarbeiten nur bei trockener Witterung und „vor Kopf“ jeweils in Form von Tagesleistungen ausgeführt werden. Das Planum ist zur Wasserabführung und Trockenhaltung mit Querneigung anzulegen. Randlich ist der Einbau einer Drainageleitung zur Wasserableitung zu empfehlen.

Das Planum ist statisch abzuwalzen. Nach [5] ist im Planum ein Verformungsmodul E_{v2} -Wert $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ mit Plattendruckversuchen nachzuweisen. Beim Nichterreichen der Vorgabe ist ein rd. 0,2 m tieferer Bodenaushub und somit die Verstärkung der Schottertragschicht vorzusehen. Danach ist flächendeckend ein Geokunststoffprodukt (Geogitter+Vlies) mit mind. 300g/m^2 Flächengewicht zur Aufnahme von Zugkräften zu verlegen. Dadurch wird die Gefahr des Verdrückens des Tragschichtmaterials in den bindigen Baugrund verringert und eine optimale Verdichtungsfähigkeit gewährleistet.

Als Tragschichtmaterial ist ein Brechkorngemisch (Natursteinschotter mit den Körnungen 0/32 oder 0/45) oder zertifiziertes Beton-RC-Material mit einem Feinkornanteil $\leq 5\%$ (im Lieferzustand) für den Einbau vorzusehen. Der Einbau der mind. 0,6 m starken Schottertragschicht erfolgt in Lagenstärken bis zu 0,3 m. Die Verdichtung ist an die bindigen Baugrundverhältnisse anzupassen. Die erste Lage ist ggf. nur statisch zu verdichten. Zur Abführung von Oberflächenwasser ist nach [5] auf der OK Schottertragschicht ein Quergefälle bis 3% zulässig.

Abschließend sind nach [5] auf der Schottertragschicht ein Verformungsmodul E_{v2} -Wert $\geq 80 \text{ MN/m}^2$ sowie ein Verhältniswert $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,5$ mit Plattendruckversuchen nachzuweisen.

4.10 Weitere Hinweise

Der bei der Baumaßnahme anfallende Oberboden ist zu separieren und sollte für die abschließenden Andeckarbeiten genutzt werden. Überschüssiger Mutterboden ist, in Absprache mit umliegenden Grundstückseigentümern/-bewirtschaftern, auf angrenzenden Flächen zu verteilen bzw. sollte z.B. zum Ausgleich von Senken/Mulden genutzt werden.

Die Böden der einzelnen Homogenbereiche sind nicht zu vermischen.

Für die Zwischenlagerung ausgekoffelter Mutterböden sind Lagerungshöhen einzuhalten (Oberboden max. 2 m Höhe nach DIN 19731, Unterbodenmieten sollten auf 4 m Höhe begrenzt werden). Die Einrichtung der Bodenmieten und Festlegung der Lagerungshöhen für den Unterboden sind in Abhängigkeit der Bodenzusammensetzung mit dem Baugrundgutachter bzw. Verantwortlichen der bodenkundlichen Baubegleitung abzustimmen. Je nach gewählter Bodenverbesserungsmaßnahme sollte die ggf. erforderliche Entsorgung von Aushubböden vorab geplant werden. Dazu sind ergänzende Untersuchungen der Verwertungsklassen nach LAGA sinnvoll. Das Bodenmanagement ist gemeinsam mit dem Bauherrn, dem Projektsteuerer und uns abzustimmen und im Zuge der Bauausführung mit den Baufirmen umzusetzen und zu überwachen.

Für zusätzlich benötigte Erdstoffe und Tragschichtmaterialien, sind uns vor Anlieferung Prüfzeugnisse und LAGA-Analysen zur Kontrolle vorzulegen (sind vom Baustofflieferanten abzufordern). Die Vorsorgewerte der BBodSchV sind einzuhalten.

Arbeitsbereiche sowie Tabuflächen sind mit der Planung festzulegen.

Der Einsatz der Baugeräte ist an die Bodenverhältnisse anzupassen, d.h. im Vorfeld ist die Befahrbarkeit der Flächen zu prüfen. Nach Möglichkeit ist der Einsatz von Kettenfahrzeugen vorzusehen, ggf. ist auch der Einsatz von Fahrzeugen mit Niederdruckreifen möglich.

Vorhandene Zuwegungen sind auf ihre Eignung zu überprüfen und ggf. durch einen verstärkten Aufbau (z.B. zusätzliche Schottertragschicht) auszulegen. Vor der Befahrung vorhandener Wege sollte eine Beweissicherung erfolgen. Eine Baugrunduntersuchung im Bereich der vorhandenen Zuwegungen war nicht Gegenstand der Untersuchung.

Um unzulässige Bodenverdichtungen zu vermeiden, sind Lasteintragungen bei den einzelnen Maßnahmen zu prüfen und ggf. durch Unterlage von Lastverteilerplatten (Baggermatratzen oder Plattensysteme) oder temporären Lastverteilungspolster (aus Schotter oder Kiessand) zu unterbinden.

Zur Umsetzung/Einhaltung von Auflagen hinsichtlich des Umwelt- und Bundesbodenschutzes empfehlen wir eine bodenkundliche Baubegleitung.

5 Zusammenfassung

Durch die GGU mbH wurde für diese Baumaßnahme eine Baugrunduntersuchung am Standort der WEA Borne-Mitte, N21 im Windpark Borne durchgeführt. Die anstehenden Böden wurden durch Kleinrammbohrungen und Drucksondierungen erkundet und nachfolgend bodenmechanisch sowie bodenchemisch untersucht.

Demnach steht unterhalb des bis zu 0,5 m mächtigen Oberbodens bis 1,6 m Tiefe witterungsempfindlicher Löß an. Bis zur untersuchten Tiefe (bis max. 21 m) stehen \pm schluffige Sande und schluffig-tonige Sande an. Die Aufschlusstiefe wurde in dem glazialen Boden durch die hohe Baugrundfestigkeit (dichte bis sehr dichte Lagerung) der schluffigen Sande begrenzt. Da weitere vergleichbare Bodenaufschlüsse aus dem angrenzenden Bestandswindpark vorliegen, konnte auf die Ausführung von ergänzenden Aufschlussbohrungen am untersuchten Standort verzichtet werden.

Im Zuge der Baugrubenerstellung werden leicht bis mittelschwer lösbar Bodenarten anfallen (überwiegend bindige bis gemischtkörnige Böden). Durch die glaziale Prägung wird der Geschiebesand/-mergel erfahrungsgemäß durch Einlagerung verschiedener Bodenarten in Form von Linsen und Bänderungen durchzogen. Mit Steinen und Findlingen muss gerechnet werden. Die bindigen/gemischtkörnigen Böden können Konsistenzen zwischen weich bis fest aufweisen. Auf die Witterungsempfindlichkeit dieser Böden wurde hingewiesen. Die Wahl der Geräte zum Lösen und Auskoffern der Böden ist daran auszurichten.

Grund- oder Schichtenwasser wurde bis zur untersuchten Tiefe nicht angetroffen. Da die oberflächlich anstehenden Böden geringdurchlässig sind, muss auf dem Gelände zeitweise mit Vernässungen und Staunässe gerechnet werden. Für den Zeitraum der Erdarbeiten ist eine offene Wasserhaltung einzuplanen.

Erst der unter dem Löß anstehende Baugrund erfüllt die Tragfähigkeitsanforderungen, so dass der Aufbau eines Lastverteilungspolster unter dem Fundament erforderlich wird.

Die geotechnischen Nachweise der Tragfähigkeit und Drehfedersteifigkeit mit diesem vorgeschlagenen Aufbau gelingen. Die Gründung kann somit als Flachgründung mit dem auftriebssicheren Fundament auf einem Lastverteilungspolster ausgeführt werden.

Der Oberboden ist am Standort wiederzuverwerten. Ausgekoffelter bindiger Boden ist gegen Wasserzutritt zu schützen und für den Wiedereinbau (für Arbeitsraumverfüllung und als Andeckmaterial) unter Auflagen und Kontrolle geeignet.

Für den Kranstellflächen- und Wegebau wurden im Bericht Empfehlungen für den Aufbau der Flächen gegeben.

Baugrunduntersuchungen für weitere Hilfs- und Montageflächen erfolgten nicht. Die Baugrundverhältnisse sind im Zuge der geotechnischen Baubegleitung zu erkunden.

Vor Baubeginn sollten die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse an der Aushubsohle stichprobenartig (z.B. mit Baggerschürfen) kontrolliert und mit den vorliegenden Ergebnissen abgeglichen werden.

Die Ergebnisse der Baugrunduntersuchung wurden für die geplante Baumaßnahme am Anlagenstandort bewertet. Es wurden erforderliche Maßnahmen aufgezeigt. Hinweise zur weiteren Planung sowie zur Bauausführung wurden erarbeitet.

Für weiterführende Arbeiten/Untersuchungen sowie der Geotechnischen/Bodenkundlichen Baubegleitung stehen wir nach Absprache zur Verfügung. Weitere erdstatische Nachweise (z.B. am Kranaufstellort) können nach Vorlage der jeweiligen Statik/Kennwerte oder Typenprüfungen von uns ausgeführt werden.


Dr.-Ing. P. Grubert

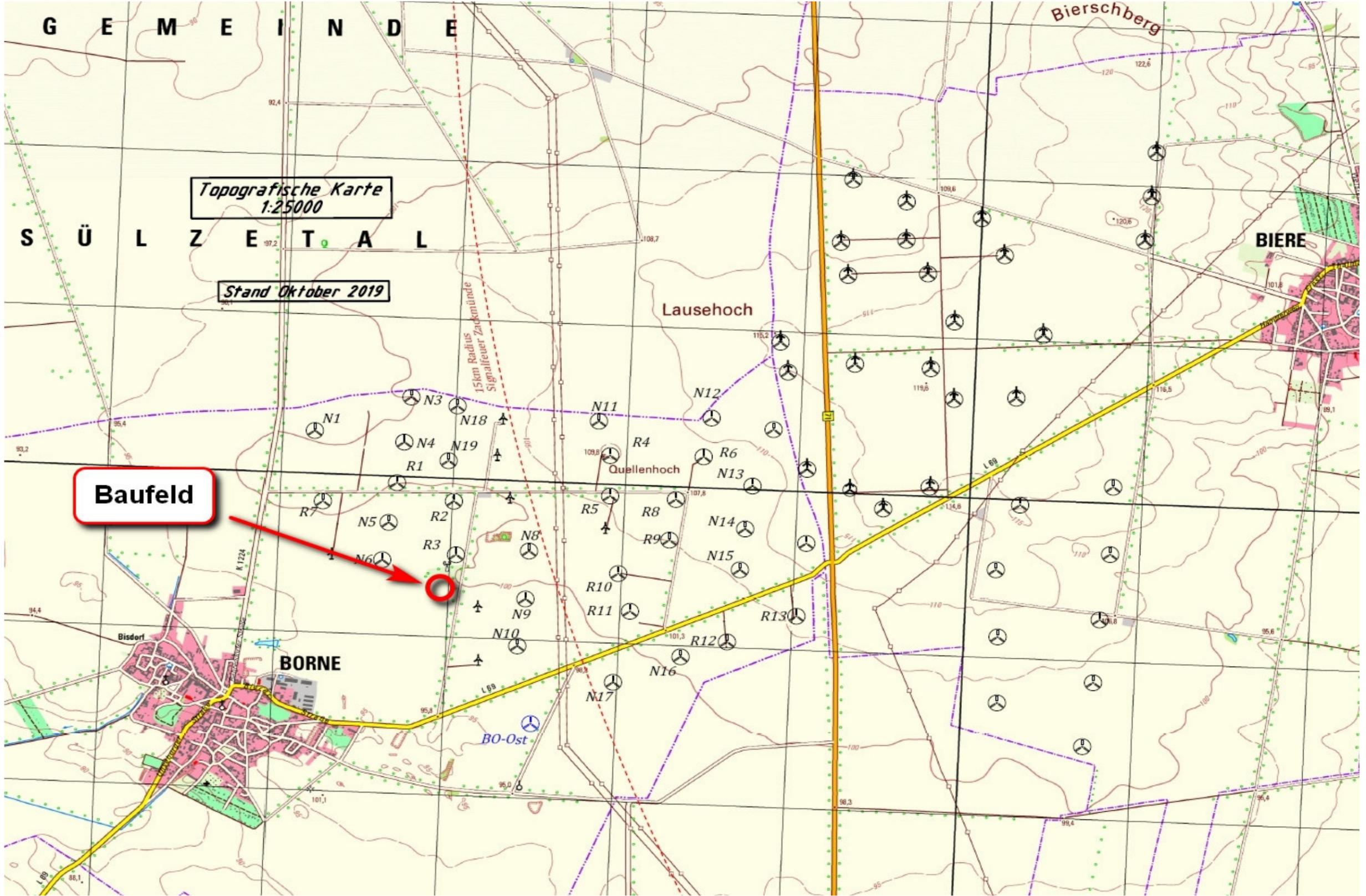



Dipl.-Ing. R. Woithe

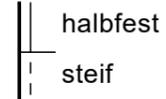


Übersichtslageplan

Maßstab: ohne



Konsistenzen:



Abkürzungen:

BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
 BP = Bodenprobe

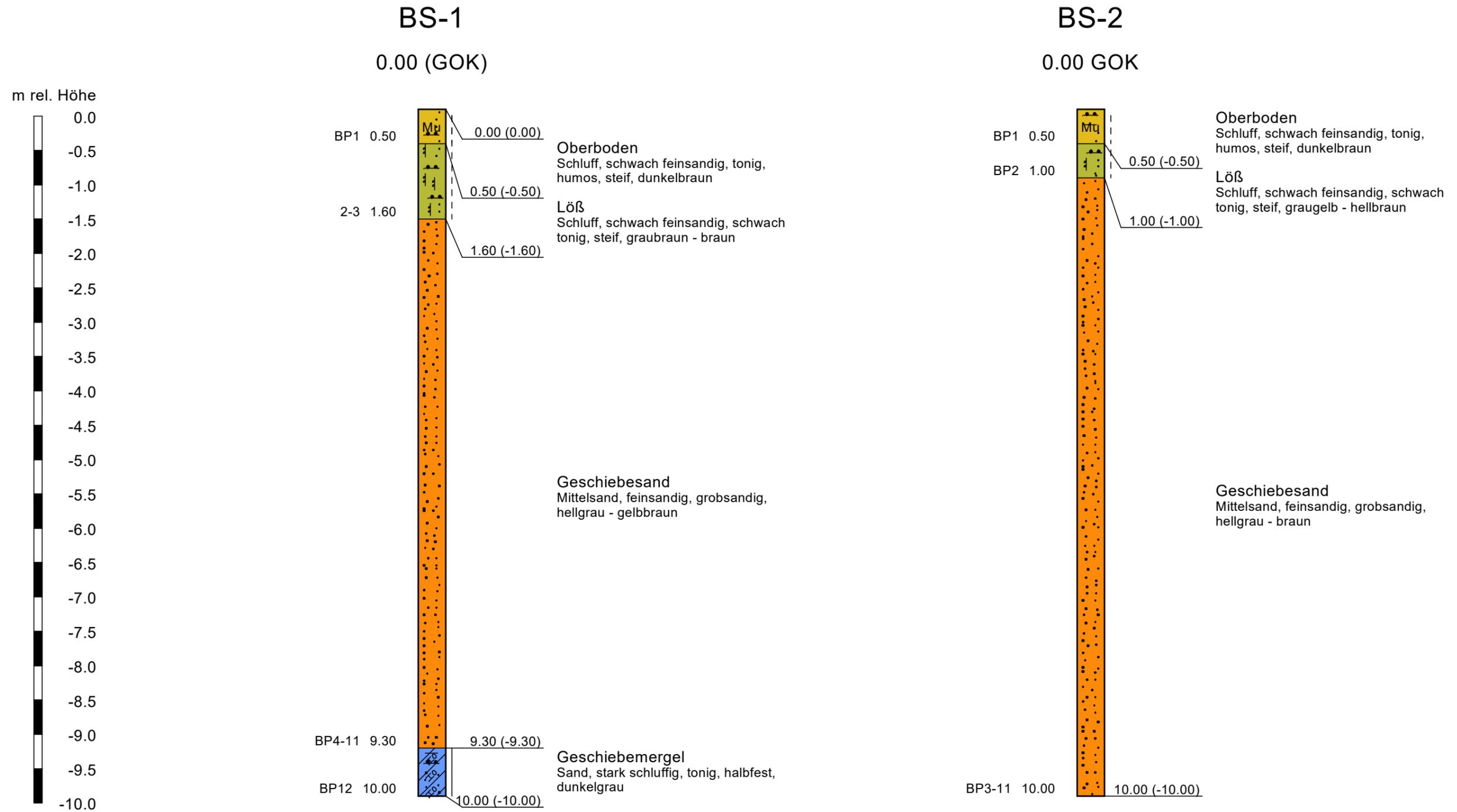
GGU
 In den Ungleichen 3
 39171 Osterweddingen
 Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

WEA Borne-Mitte
 Errichtung WEA-N21
 Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5472/21
 Anlage Nr. 2.1.1

Baugrundschnitt, WEA-N21, Baugrube

Maßstab d. H. 1 : 60 (bei A3-Format)



Konsistenzen:

steif

Abkürzungen:

BS = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1

BP = Bodenprobe

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

WEA Borne-Mitte
Errichtung WEA-N21
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5472/21

Anlage Nr. 2.1.2

Baugrundschnitt, WEA-N21, KSF-Weg

Maßstab d. H. 1 : 30 (bei A3-Format)

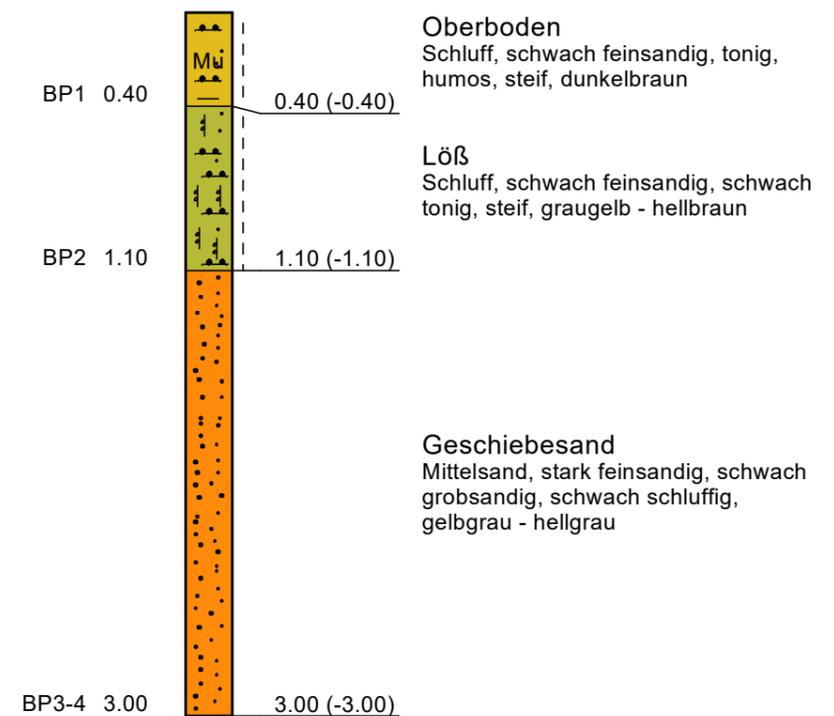
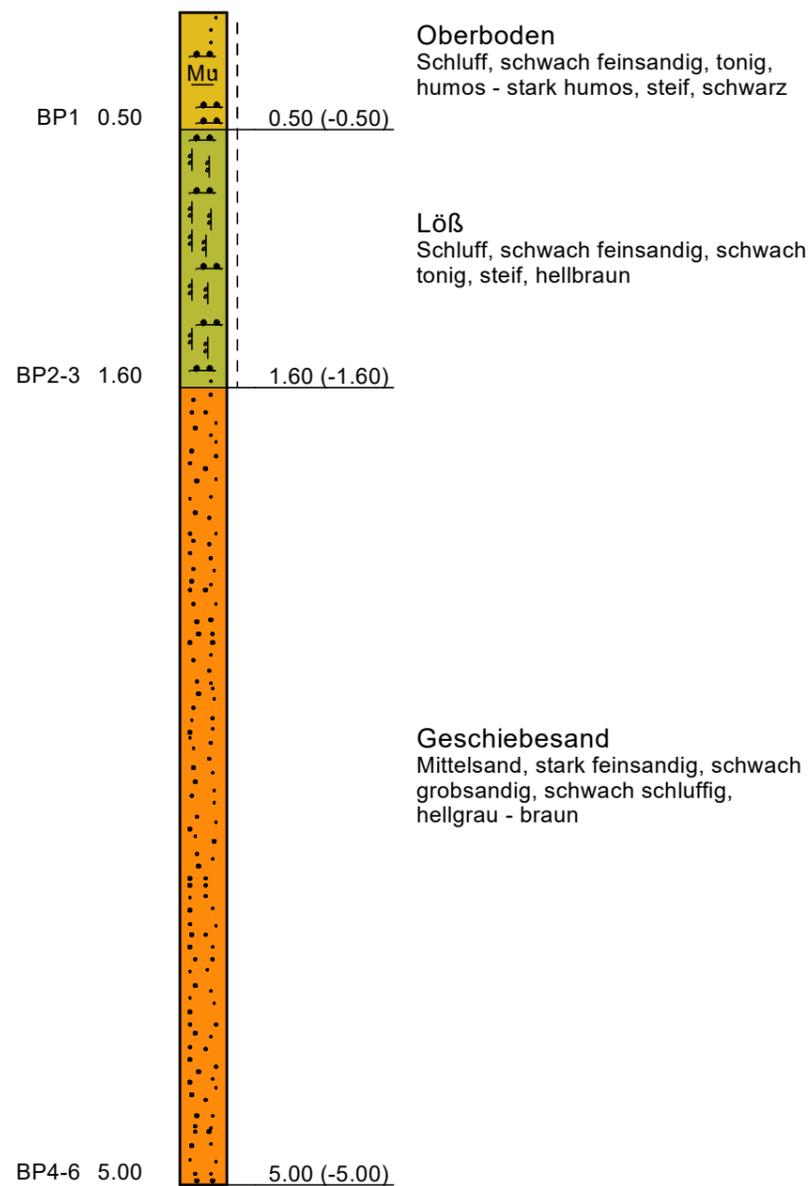
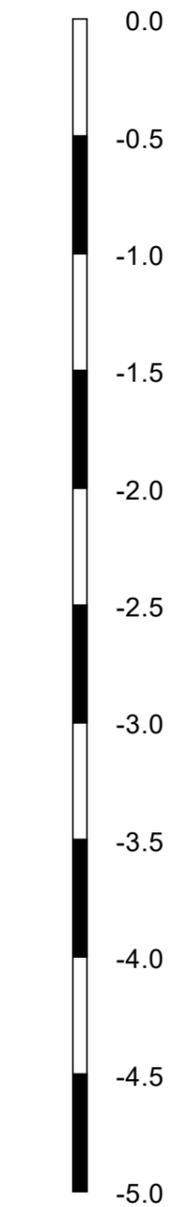
BS-3 (KSF)

0.00 (GOK)

BS-4 (Zuwegung)

0.00 GOK

m rel. Höhe



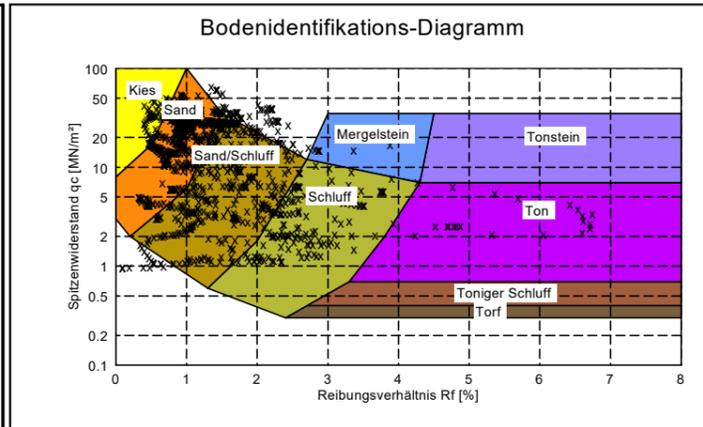
Legende Spitzenwiderstand

Lagerungsdichte ($R_f < 2.00$)

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

Konsistenz ($R_f \geq 2.00$)

- breiig
- weich
- steif
- halbfest
- fest



GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

WEA Borne-Mitte
Errichtung WEA-N21
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5472/21

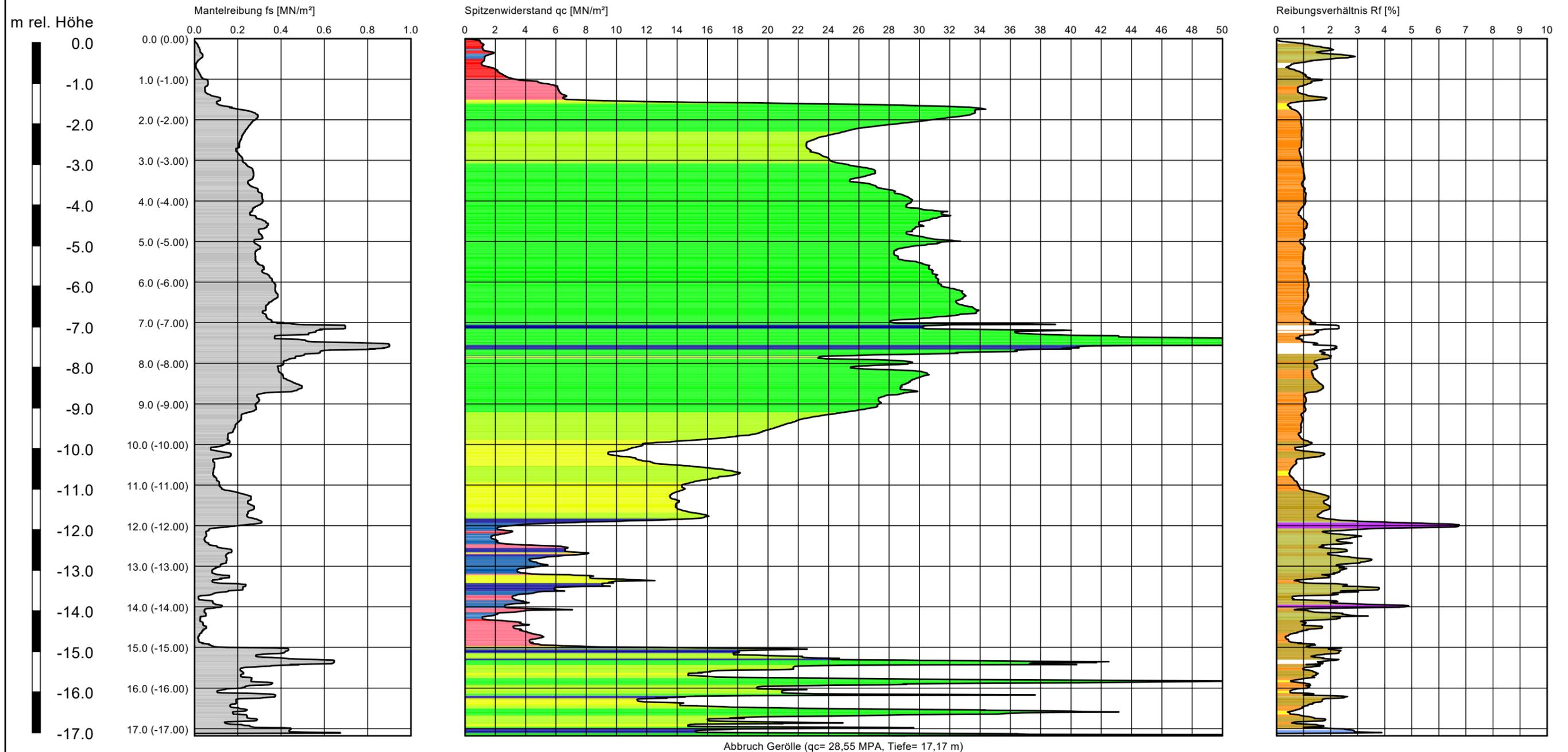
Anlage Nr. 2.1.3

Drucksondierung WEA-N21-1

DS = Drucksondierung gemäß DIN EN ISO 22476-1

Maßstab d. H. 1 : 100 (bei A3-Format)

DS 1 0,00 m (GOK)



Abbruch Gerölle ($q_c = 28,55$ MPA, Tiefe = 17,17 m)

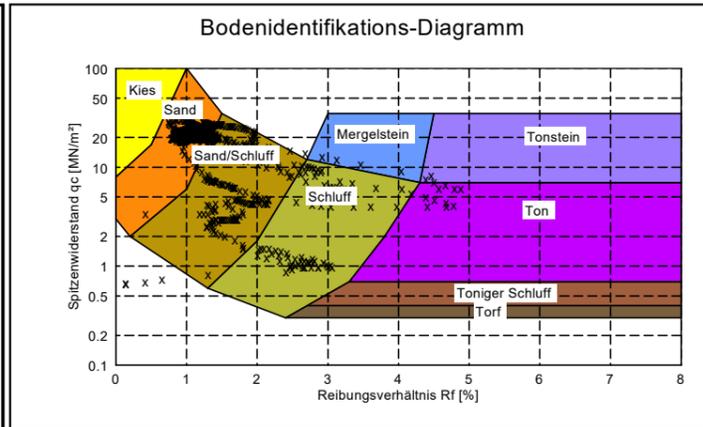
Legende Spitzenwiderstand

Lagerungsdichte ($R_f < 2.00$)

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

Konsistenz ($R_f \geq 2.00$)

- breiig
- weich
- steif
- halbfest
- fest



GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

WEA Borne-Mitte
Errichtung WEA-N21
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5472/21

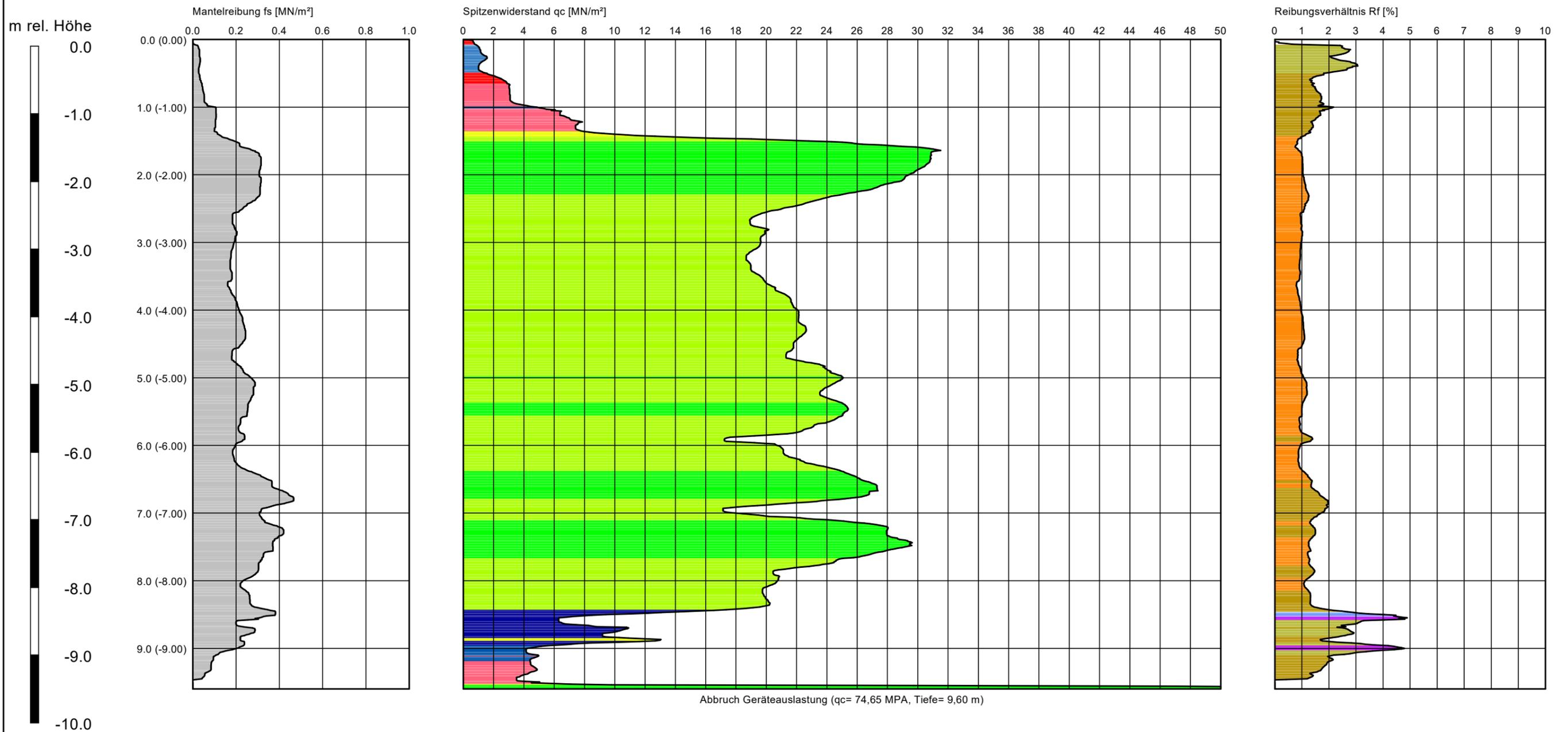
Anlage Nr. 2.1.4

Drucksondierung WEA-N21-2

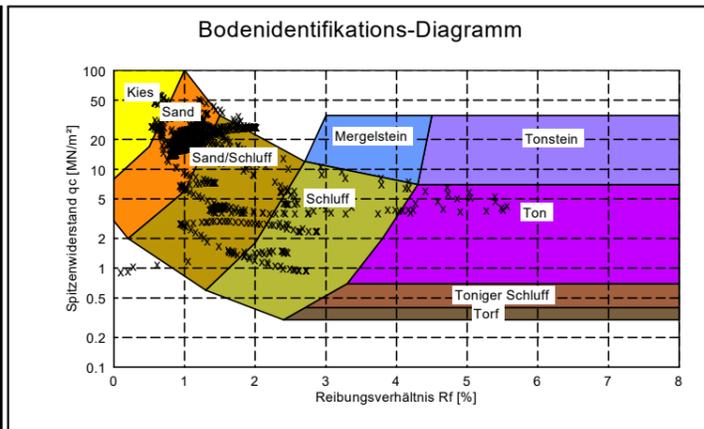
DS = Drucksondierung gemäß DIN EN ISO 22476-1

Maßstab d. H. 1 : 60 (bei A3-Format)

DS 2 0,00 m (GOK)



Legende Spitzenwiderstand Lagerungsdichte ($R_f < 2.00$)	
■	sehr locker
■	locker
■	mitteldicht
■	dicht
■	sehr dicht
Konsistenz ($R_f \geq 2.00$)	
■	breiig
■	weich
■	steif
■	halbfest
■	fest



GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

WEA Borne-Mitte
Errichtung WEA-N21
Geotechnischer Bericht

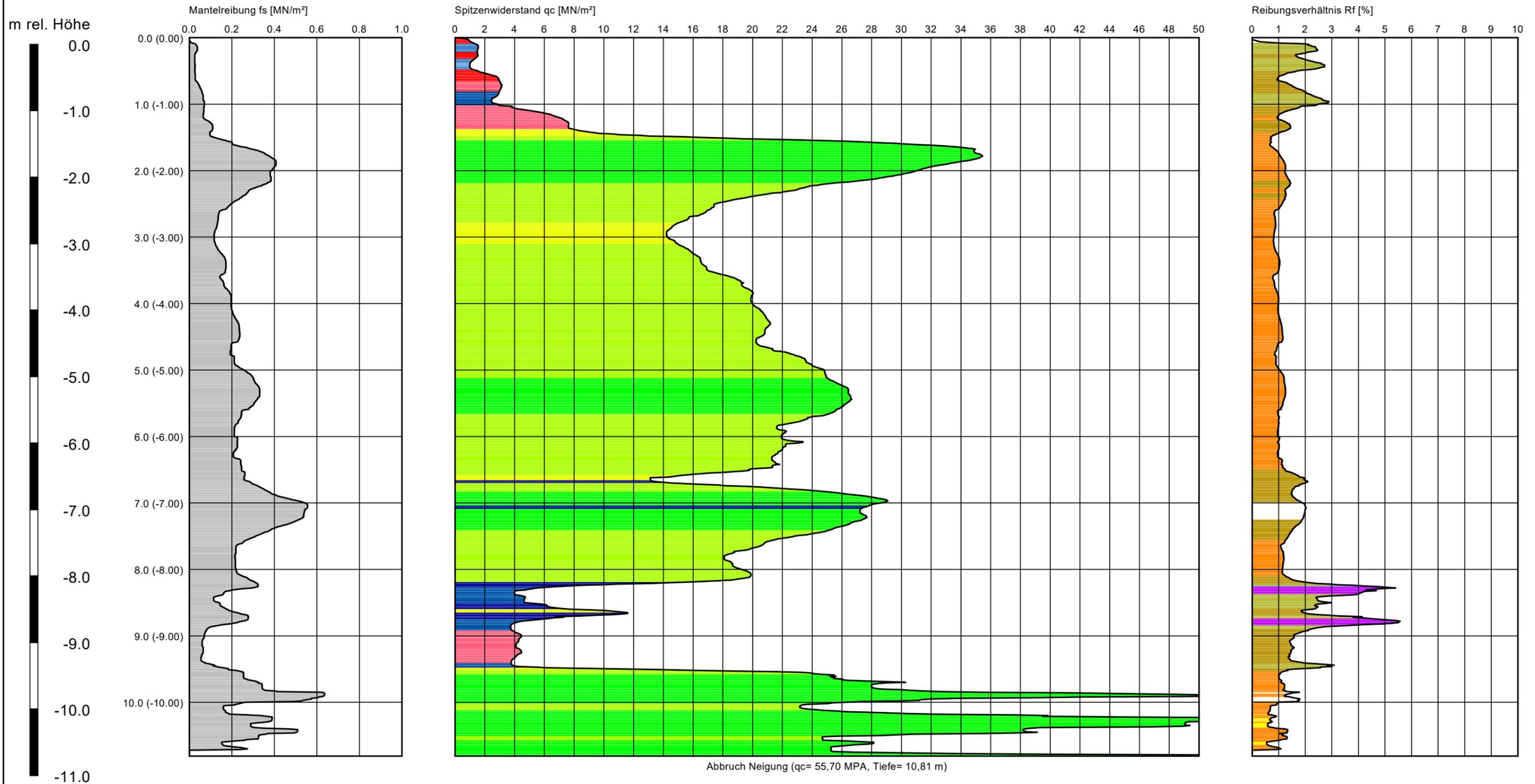
Bericht Nr. 5472/21
Anlage Nr. 2.1.5

Drucksondierung WEA-N21-2a

DS = Drucksondierung gemäß DIN EN ISO 22476-1

Maßstab d. H. 1 : 60 (bei A3-Format)

DS 2a 0,00 m (GOK)

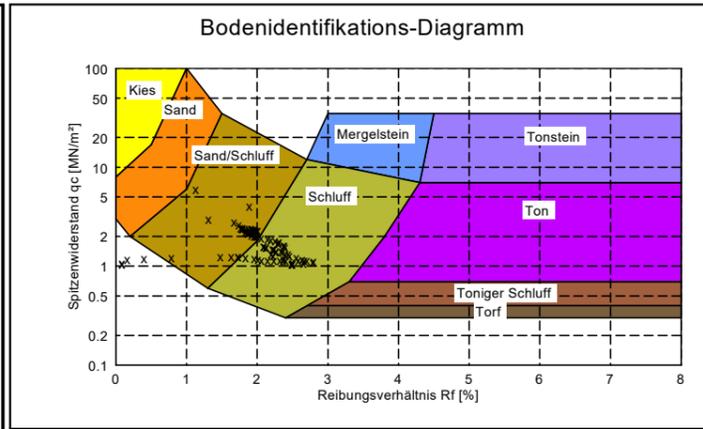


Legende Spitzenwiderstand
Lagerungsdichte ($R_f < 2.00$)

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

Konsistenz ($R_f \geq 2.00$)

- breiig
- weich
- steif
- halbfest
- fest



GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

WEA Borne-Mitte
Errichtung WEA-N21
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5472/21

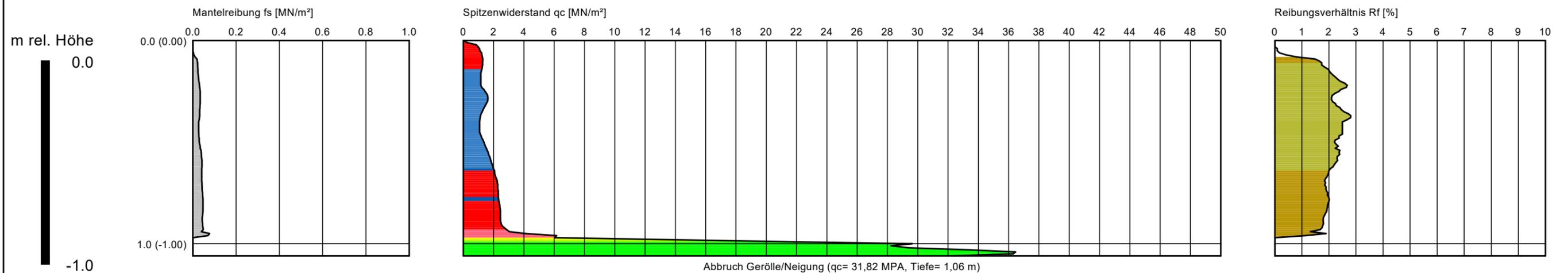
Anlage Nr. 2.1.6

Drucksondierung WEA-N21-3

DS = Drucksondierung gemäß DIN EN ISO 22476-1

Maßstab d. H. 1 : 20 (bei A3-Format)

DS 3 0,00 m (GOK)

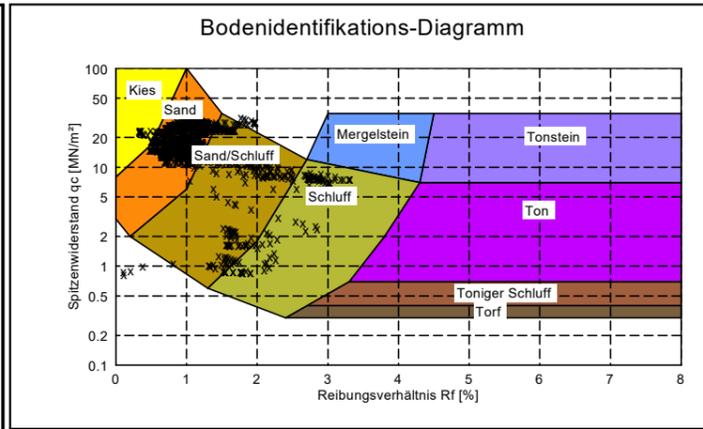


Legende Spitzenwiderstand
Lagerungsdichte (Rf < 2.00)

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

Konsistenz (Rf ≥ 2.00)

- breiig
- weich
- steif
- halbfest
- fest



GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

WEA Borne-Mitte
Errichtung WEA-N21
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5472/21

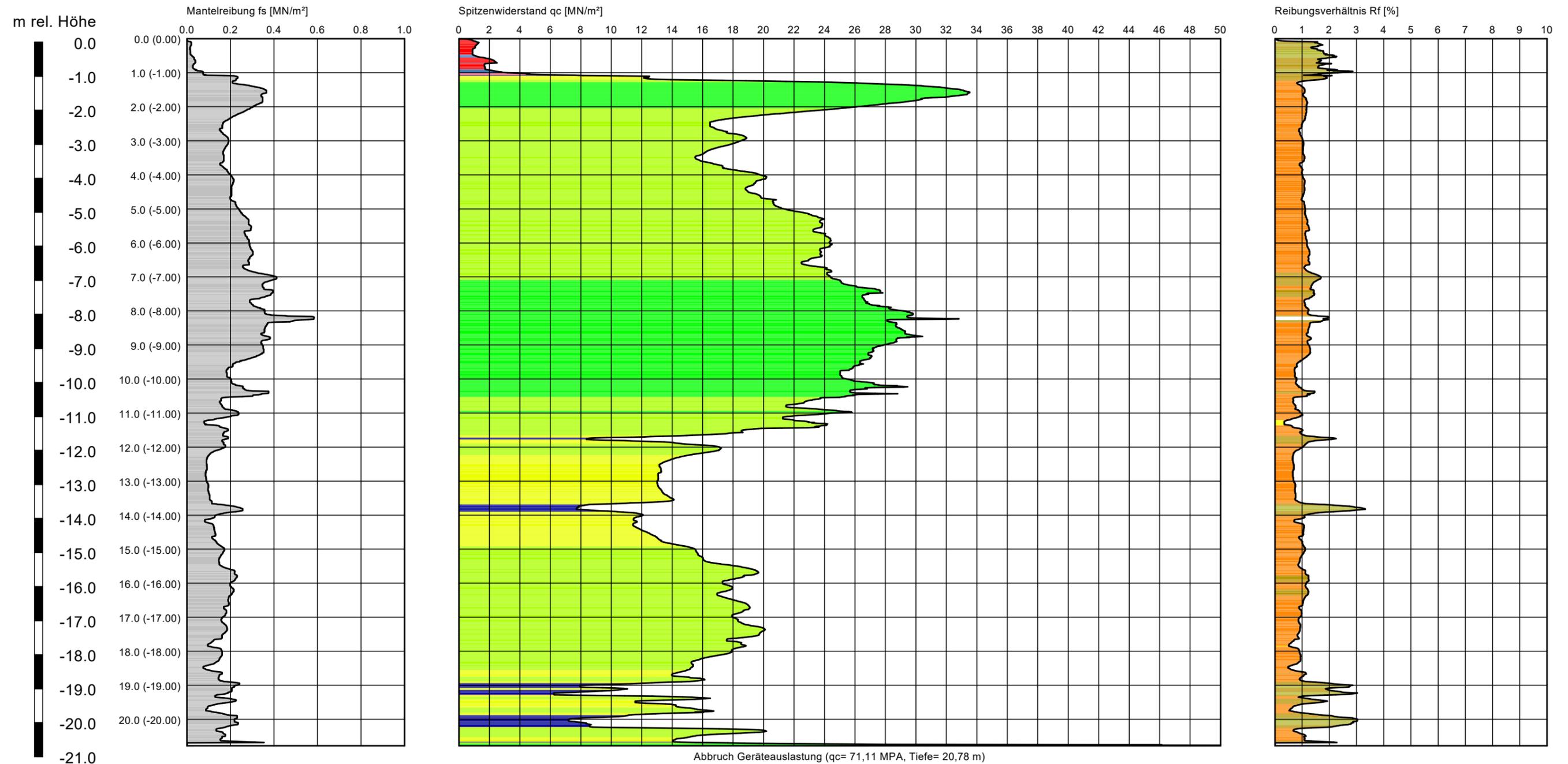
Anlage Nr. 2.1.7

Drucksondierung WEA-N21-3a

DS = Drucksondierung gemäß DIN EN ISO 22476-1

Maßstab d. H. 1 : 120 (bei A3-Format)

DS 3a 0,00 m (GOK)



Abbruch Geräteauslastung (qc= 71,11 MPA, Tiefe= 20,78 m)

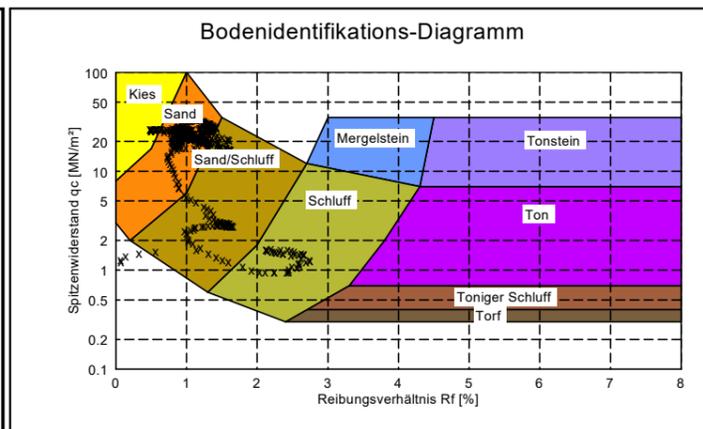
Legende Spitzenwiderstand

Lagerungsdichte ($R_f < 2.00$)

- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht

Konsistenz ($R_f \geq 2.00$)

- breiig
- weich
- steif
- halbfest
- fest



GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

WEA Borne-Mitte
Errichtung WEA-N21
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5472/21

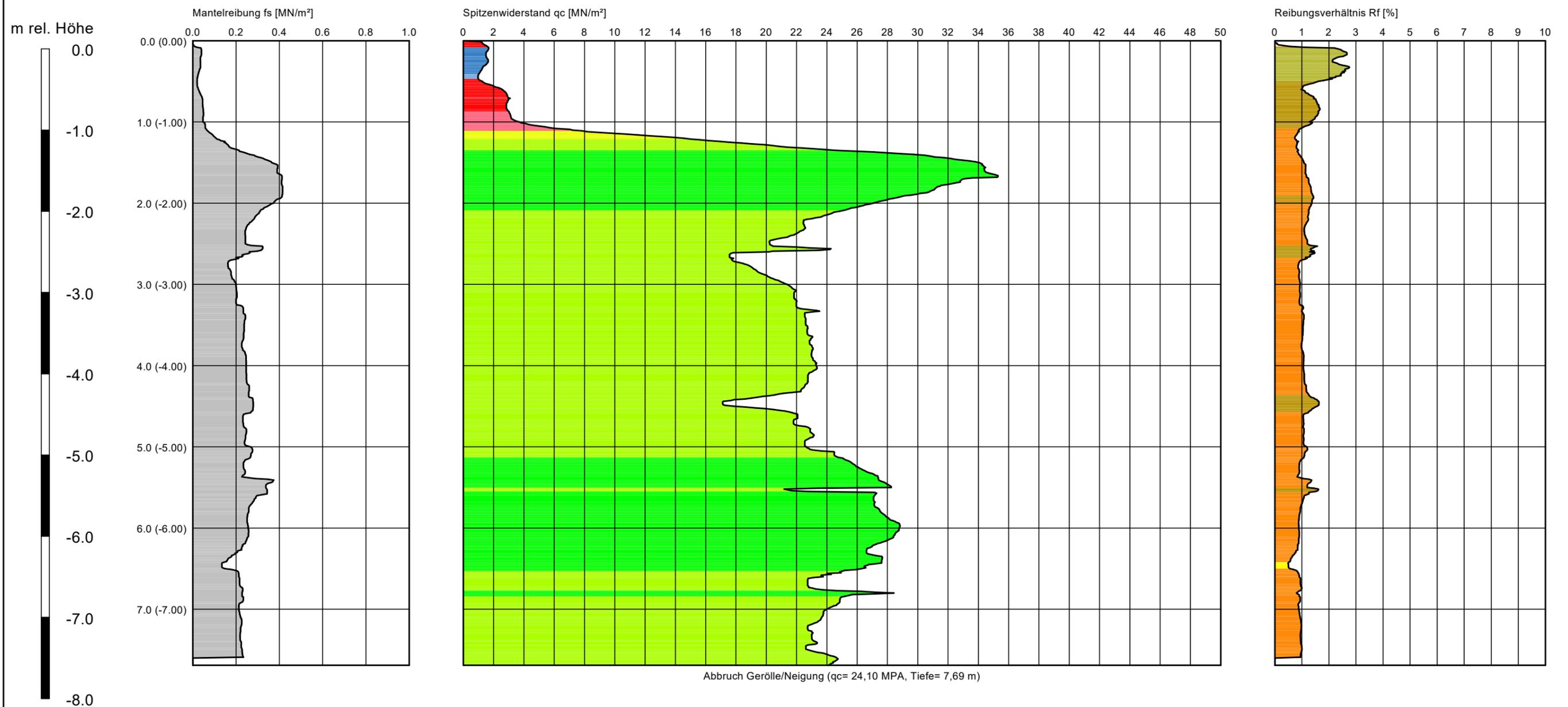
Anlage Nr. 2.1.8

Drucksondierung WEA-N21-4

DS = Drucksondierung gemäß DIN EN ISO 22476-1

Maßstab d. H. 1 : 50 (bei A3-Format)

DS 4 0,00 m (GOK)



GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bericht: 5472/21

Anlage: 3.1

Glühverlust nach DIN 18 128

WEA Borne-Mitte
Errichtung WEA-N21
Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: RW

Datum: 25.05.2021

Prüfungsnummer: 51676, 51677

Entnahmestelle: siehe Probenbezeichnung

Probe entnommen am: 22.04.2021

Probenbezeichnung	BS 1+2/1	BS 3+4/1
Tiefe [m]	0,00-0,50	0,00-0,50
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	40.52	40.74
Geglühte Probe + Behälter [g]	39.42	39.70
Behälter [g]	18.05	19.60
Massenverlust [g]	1.10	1.04
Trockenmasse vor Glühen [g]	22.47	21.14
Glühverlust [%]	4.90	4.92

GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bearbeiter: HP / TK

Datum: 28.04.21

Körnungslinie

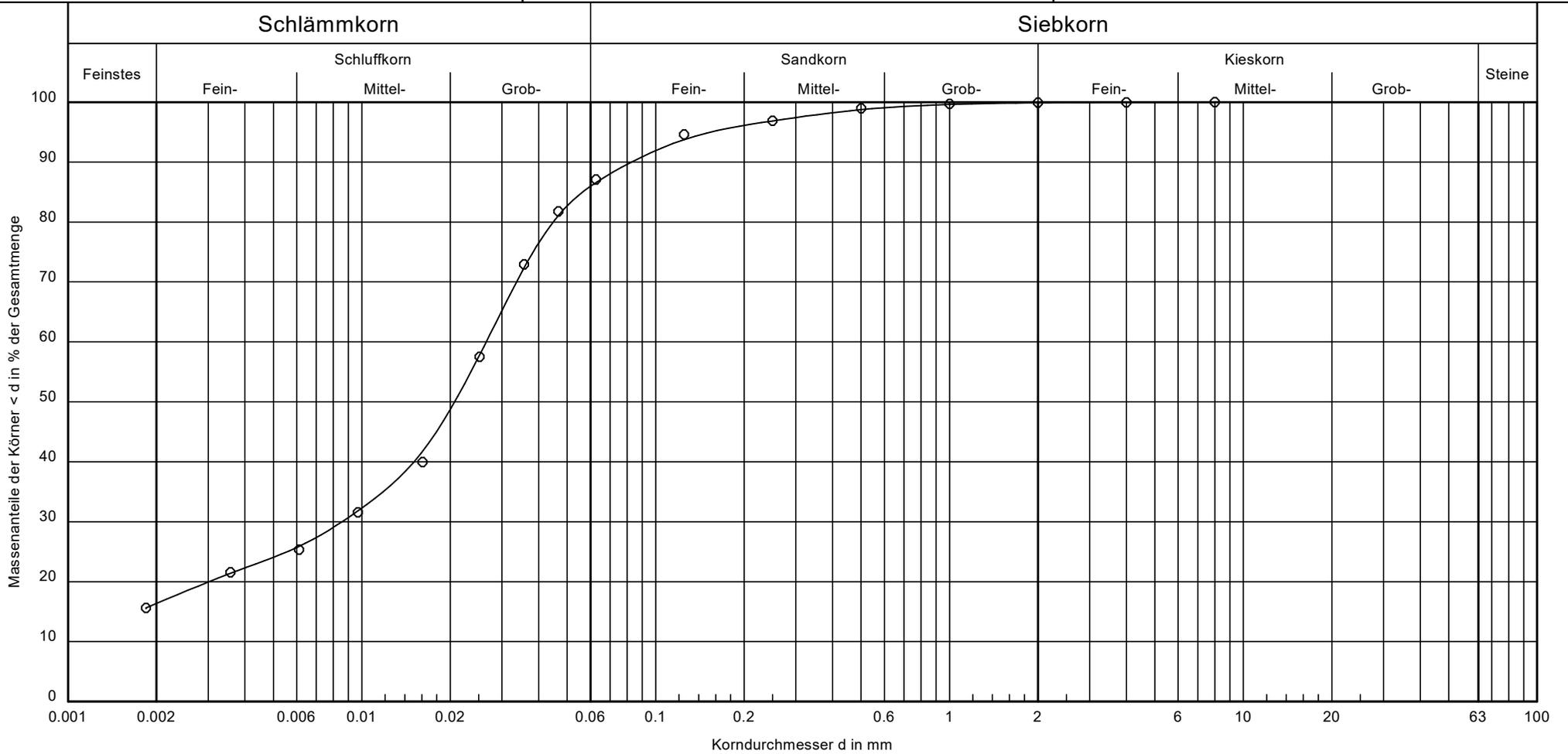
WEA Borne-Mitte
Errichtung WEA-N21
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 51676

Probe entnommen am: 22.04.21

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: nach DIN 18 123 - 5



Bezeichnung:	○—○
Entnahmenstelle:	BS 1+2/1
Tiefe:	0,00-0,50
Bodenart (DIN):	U, t, fs'
Bodenart (neu):	fsa'clSi
T/U/S/G [%]:	16.4/70.3/13.2/0.1
Bodengruppe:	OU

Bemerkungen:
Oberboden

Bericht: 5472/21
Anlage: 3.2

GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bearbeiter: HP / TK

Datum: 28.04.21

Körnungslinie

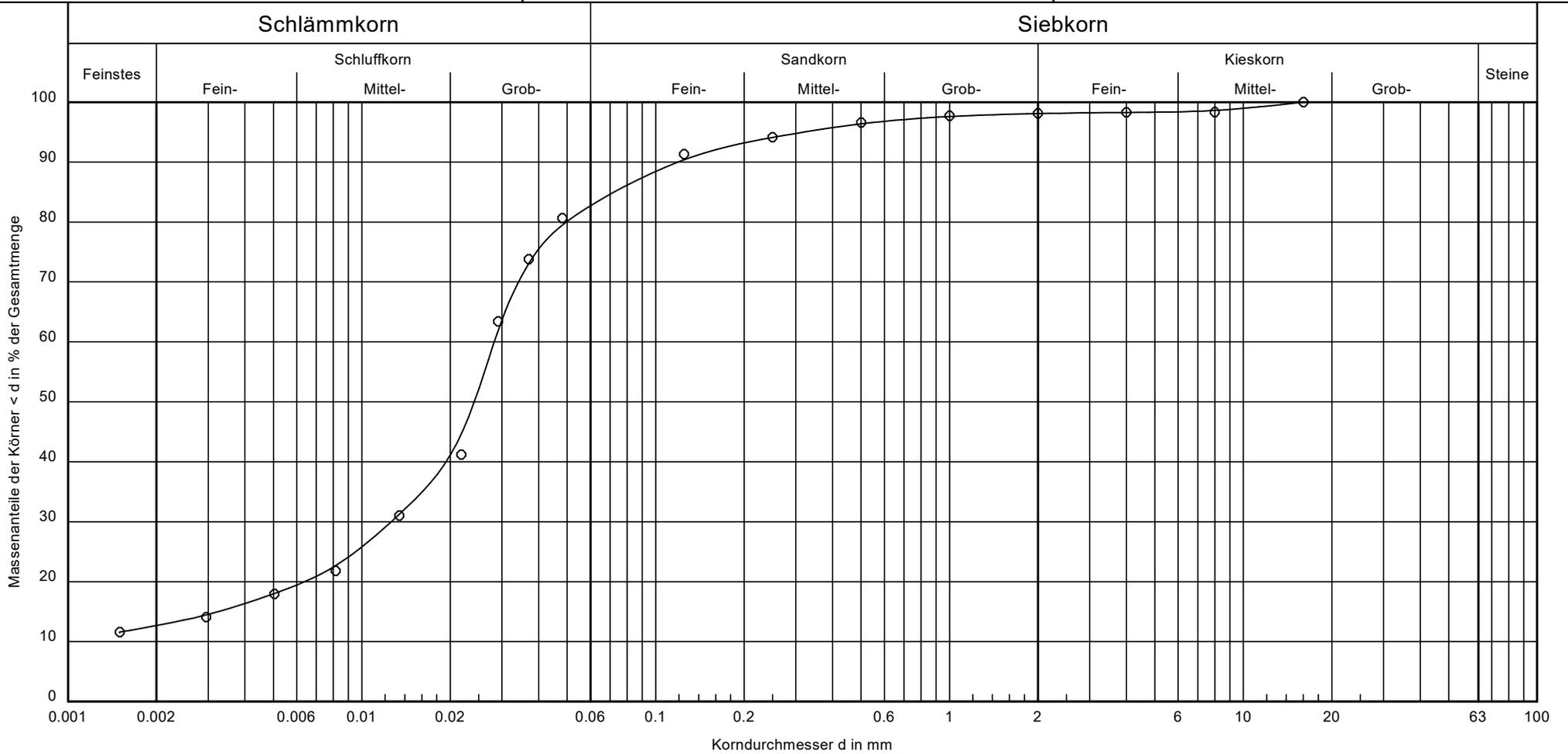
WEA Borne-Mitte
Errichtung WEA-N21
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 51678

Probe entnommen am: 22.04.21

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: nach DIN 18 123 - 5



Bezeichnung:	○—○
Entnahmenstelle:	BS 1/2-3 + 2/2 + 3/2 + 4/2
Tiefe:	0,50-1,60
Bodenart (DIN):	U, t', fs'
Bodenart (neu):	fsi'fsa'cl'msiCSi
T/U/S/G [%]:	12.7/70.7/14.7/1.9
Bodengruppe:	UL

Bemerkungen:
Löß

Bericht:
5472/21
Anlage:
3.3

GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bearbeiter: HP / TK

Datum: 28.04.21

Körnungslinie

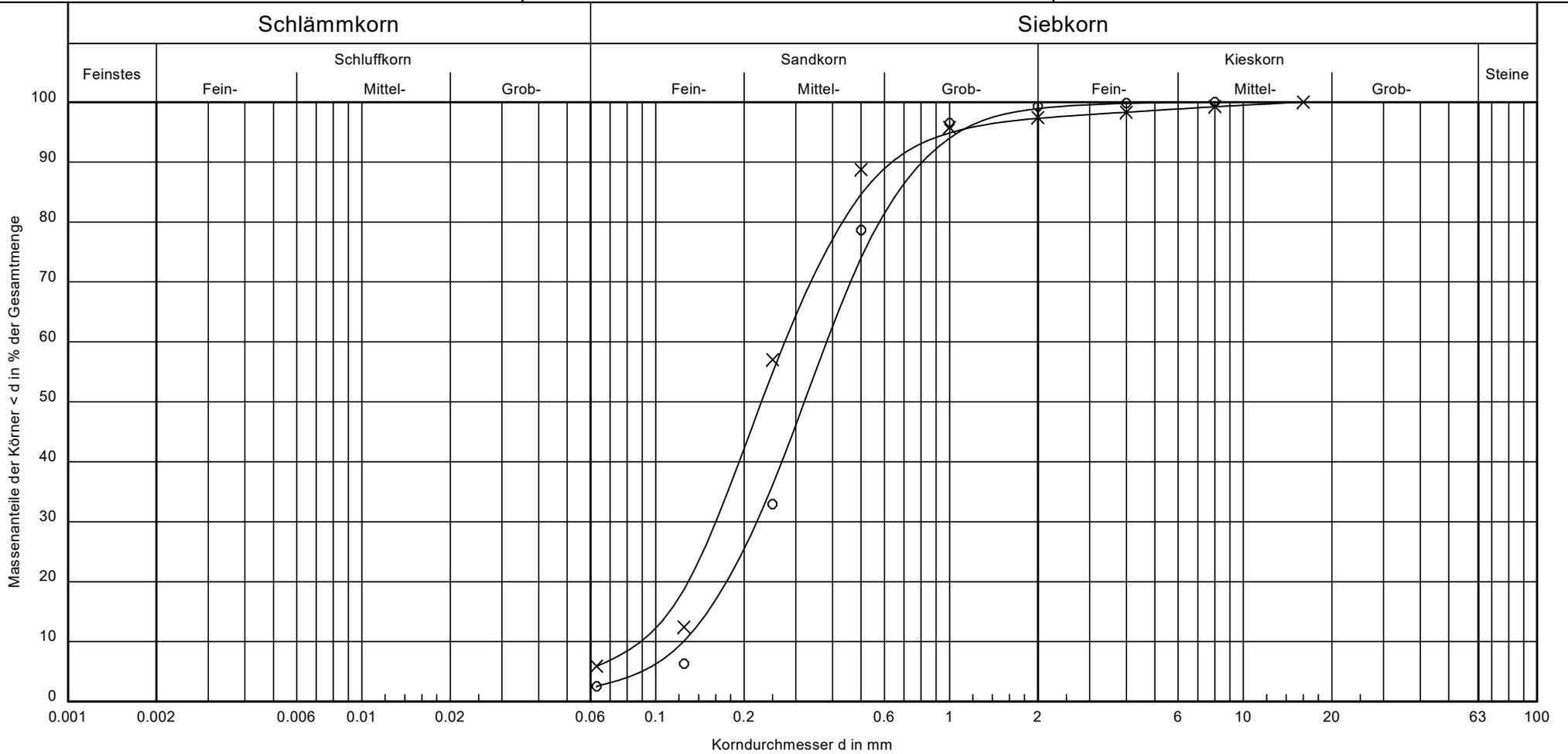
WEA Borne-Mitte
Errichtung WEA-N21
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 51679, 51681

Probe entnommen am: 22.04.21

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: nach DIN 18 123 - 5



Bezeichnung:	○ — ○	× — ×
Entnahmestelle:	BS 1/4-11 + 2/3-11	BS 3/4-6 + 4/3-4
Tiefe:	1,00-10,00	1,10-5,00
Bodenart (DIN):	mS, fs, gs	mS, fs, u', gs'
Bodenart (neu):	csafsaMSa	csi'csa'fsa*MSa
T/U/S/G [%]:	- /2.5/96.4/1.1	- /5.9/91.4/2.7
Durchlässigkeit [m/s]:	$1.4 \cdot 10^{-4}$	$7.1 \cdot 10^{-5}$
Bodengruppe:	SE	SU

Bemerkungen:
Geschiebesand

Bericht: 5472/21
Anlage: 3.4

GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bearbeiter: HP / TK

Datum: 28.04.21

Körnungslinie

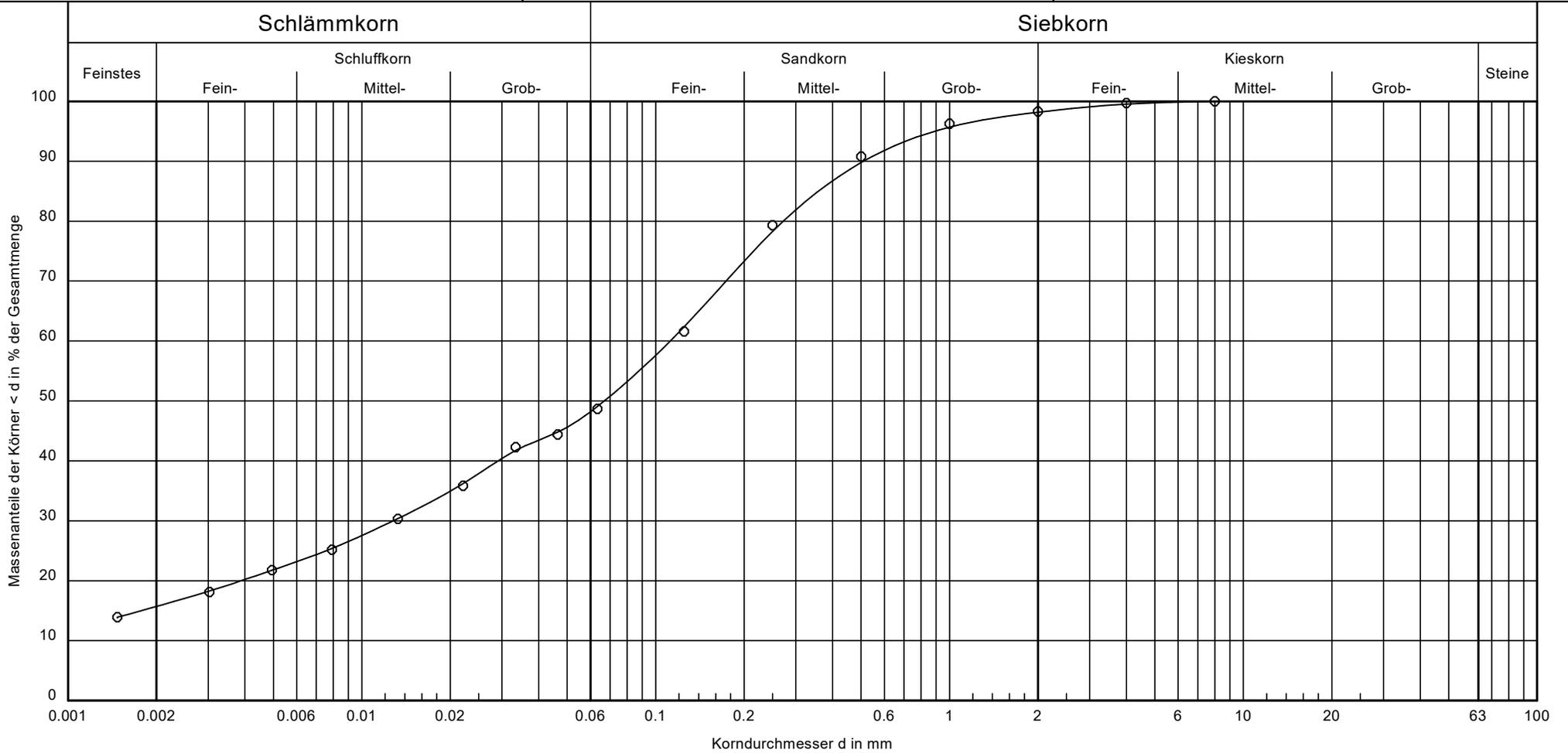
WEA Borne-Mitte
Errichtung WEA-N21
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 51680

Probe entnommen am: 22.04.21

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: nach DIN 18 123 - 5



Bezeichnung:	○ — ○
Entnahmestelle:	BS 1/12
Tiefe:	9,30-10,0
Bodenart (DIN):	S, ū, t
Bodenart (neu):	fsi'msi'csi'clSa
T/U/S/G [%]:	15.7/33.3/49.2/1.8
Bodengruppe:	TL

Bemerkungen:
Geschiebemergel

Bericht: 5472/21
Anlage: 3.5

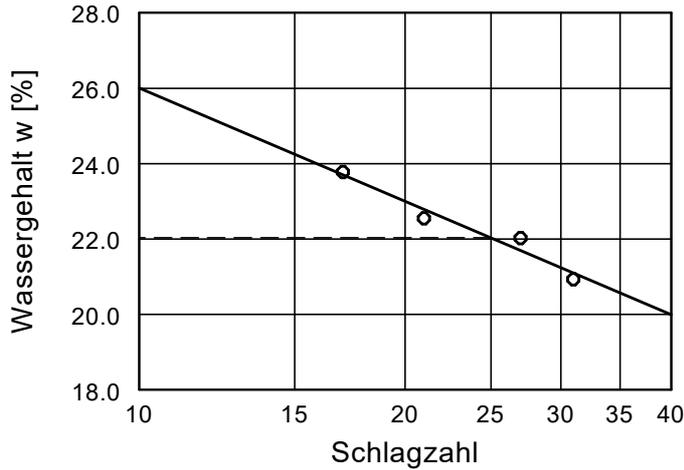
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

WEA Borne-Mitte
 Errichtung WEA-N21
 Geotechnischer Bericht

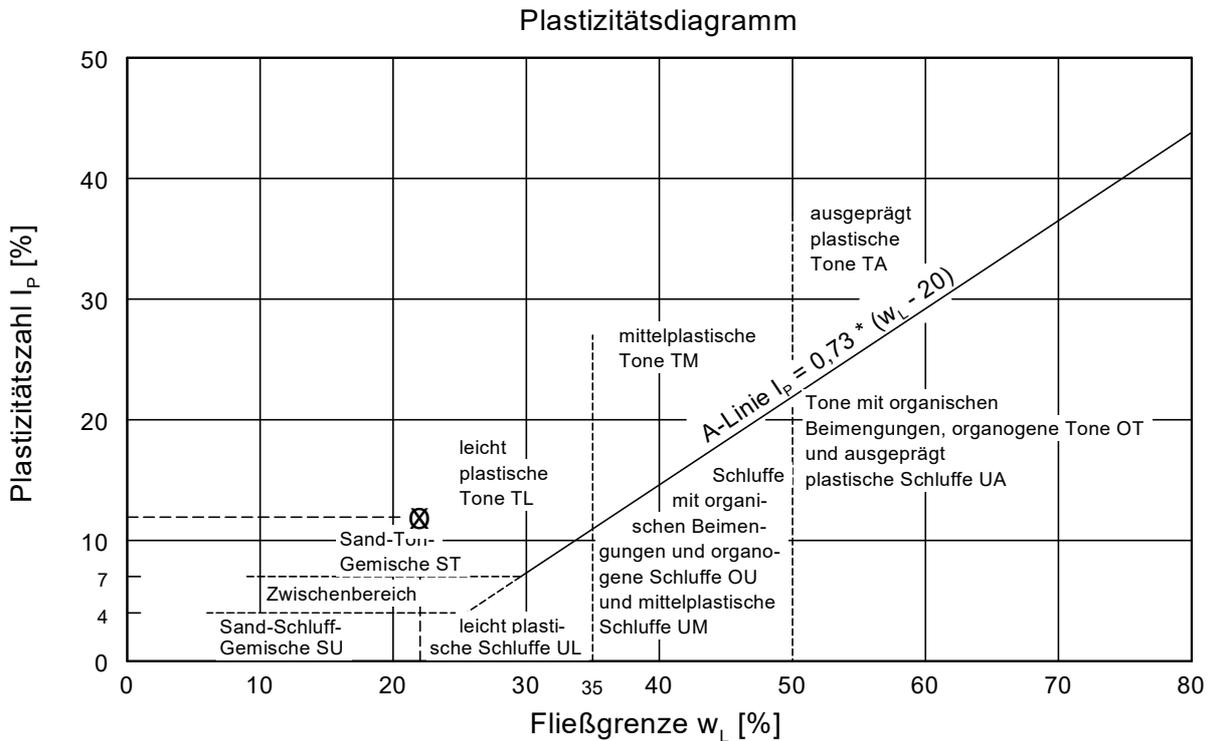
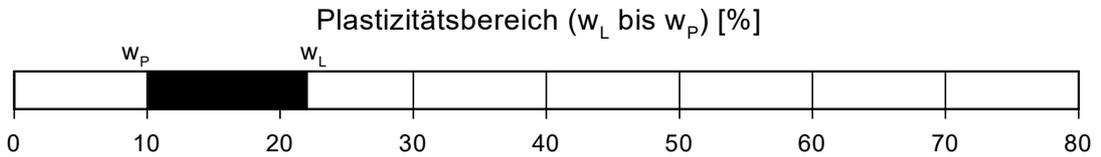
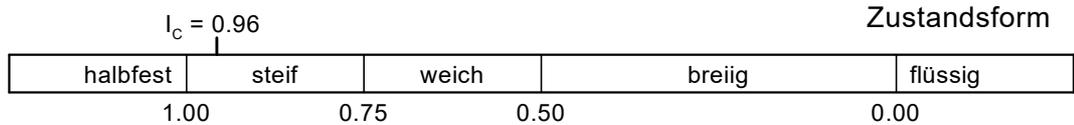
Bearbeiter: RW

Datum: 30.04.21

Prüfungsnummer: 51680
 Entnahmestelle: BS 1/12
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 22.04.21



Wassergehalt $w = 10.6 \%$
 Fließgrenze $w_L = 22.0 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 10.1 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 11.9 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.96$



**Chemische Analyse von Bodenproben hinsichtlich der Betonaggressivität
 Parameterumfang nach DIN 4030-1 (Tabelle 4, Boden) - Juni 2008**

Probenahme: 22.04.2021

Probenahme durch: GGU mbH

angewendete Vergleichstabelle: Betonaggressivität DIN 4030-1 (Tabelle 4, Boden) - Juni 2008

Bezeichnung	Einheit	BG	Methode	MP1	nicht angreifend	schwach angreifend	stark angreifend	sehr stark angreifend
Probennummer				121048844				
Überschreitung für:								
Prüfungen auf Betonaggressivität von Böden								
Säuregrad nach Baumann Gully	ml/kg TS	4	DIN 4030-2: 2008-06	16	200			
Sulfat (SO4)	mg/kg TS	20	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	490	< 2000	3000	12000	24000
Sulfid, gesamt	mg/kg TS	5,0	DIN 4030-2: 2008-06	12				
Chlorid (Cl)	mg/kg TS	25	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	87				
Zusätzliche Messungen: Probenvorbereitung Feststoffe								
Fraktion > 2 mm	%	0,1	DIN 19747: 2009-07	24,3				
Fraktion < 2 mm	%	0,1	DIN 19747: 2009-07	75,7				
Fraktion < 5 mm (feucht)	Ma.-%	0,1	DIN 50929-3: 2018-03	24,9				
Zusätzliche Messungen: Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz								
Trockenmasse	Ma.-%	0,1	DIN EN 14346: 2007-03	87,2				
Wasser	Ma.-%	0,1	DIN EN 14346: 2007-03	12,8				
pH-Wert			DIN ISO 10390: 2005-12	8,7				
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	5	DIN ISO 11265: 1997-06	132				
Zusätzliche Messungen: Anorganische Summenparameter aus der Originalsubstanz								
Säurekapazität pH 4,3 (m-Wert)	mmol/kg TS	0,5	DIN 50929-3: 2018-03	133				
Basekapazität pH 7,0	mmol/kg TS	0,5	DIN 50929-3: 2018-03	< 0,5				
Zusätzliche Messungen: Anionen aus der Originalsubstanz								
Sulfid	mg/kg TS	5,0	DIN 50929-3: 2018-03	< 5,0				
Zusätzliche Messungen: Anionen aus dem Salzsäureauszug nach DIN 50929-3: 2018-03								
Sulfat (SO4)	mmol/kg TS	0,1	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	3,8				
Zusätzliche Messungen: Anionen aus dem wässrigen Auszug								
Chlorid (Cl)	mmol/kg TS	0,03	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	0,50				
Sulfat (SO4)	mmol/kg TS	0,03	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	0,50				
Neutralsalze, berechnet	mmol/kg TS		DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	1,5				

n.b. : nicht berechenbar

n.u. : nicht untersucht

Detaillierte Informationen zu den verwendeten Grenz-, Zuordnungs-, Parameter-,
 Maßnahme- oder Richtwerten sind dem Original-Regelwerk zu entnehmen

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	18.5	10.5	32.5	0.0	60.0	0.30	Lastverteilungspolster
	20.0	12.0	37.5	0.0	150.0	0.30	Sand, d*
	19.0	11.0	35.0	0.0	80.0	0.30	Sand, d
	20.0	12.0	37.5	0.0	150.0	0.30	Sand, d*
	18.5	10.5	32.5	0.0	60.0	0.30	Sand, m/d
	20.5	10.5	27.5	3.0	12.0	0.35	Gmg, Schluff, s/h
	18.0	10.0	35.0	0.0	50.0	0.30	Sand, d

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

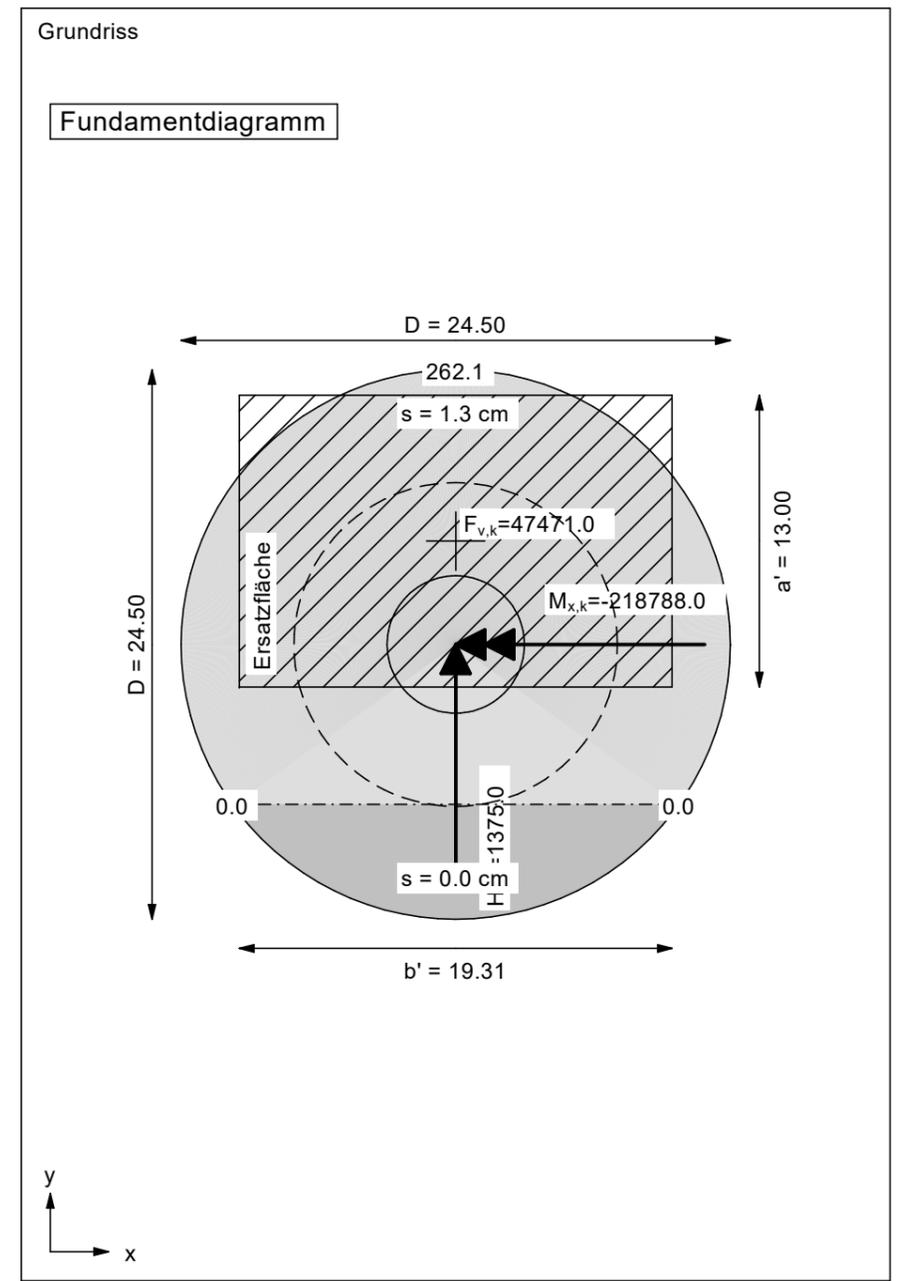
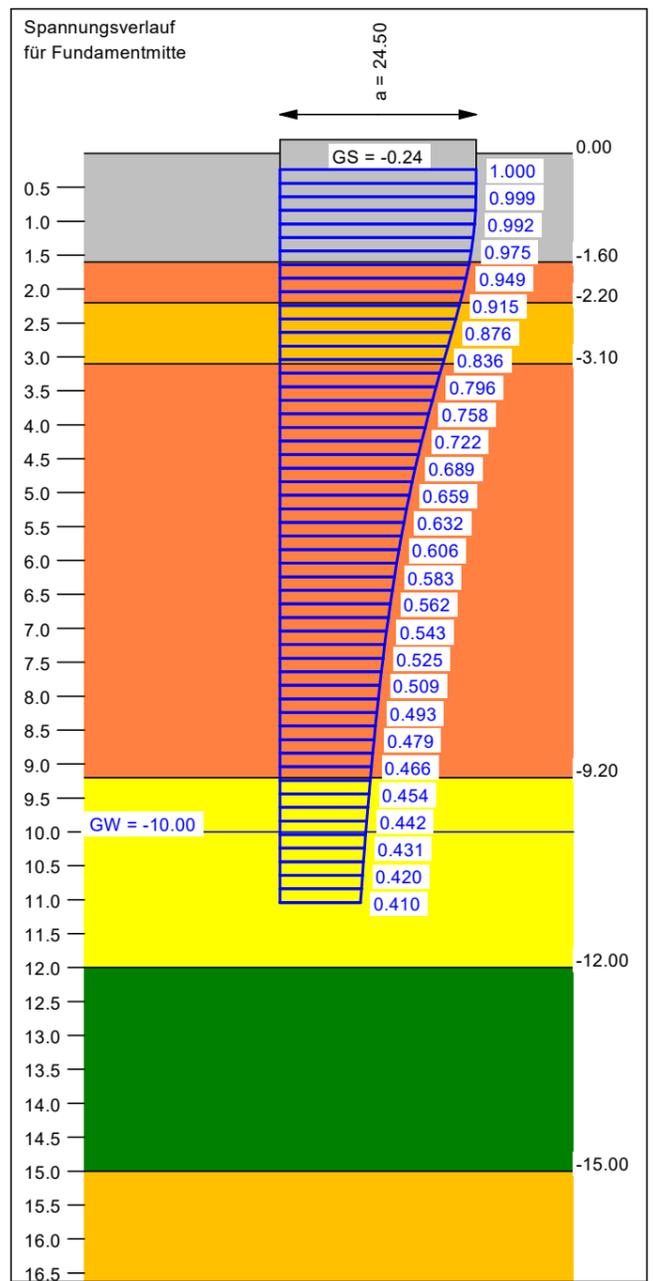
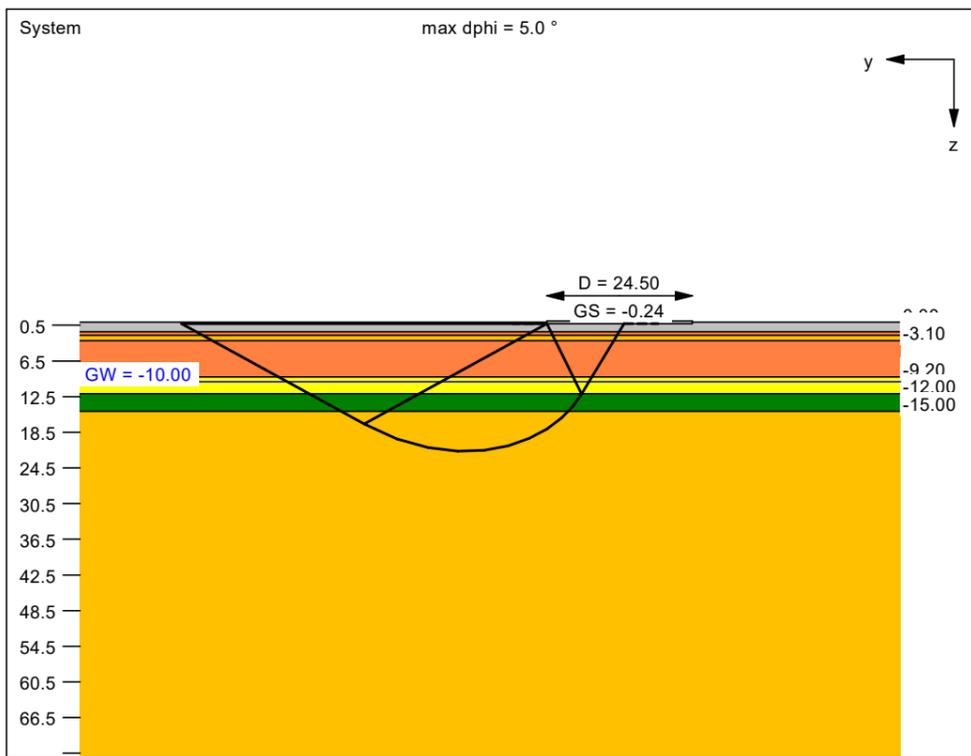
Windpark Borne
WEA Borne-Mitte, N21

Bericht Nr. 5472/21
Anlage Nr. 5.1.1

Berechnungsgrundlagen:
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$
Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
Durchstanznachweis (Winkel = 7.0 °)
Oberkante Gelände = 0.00 m
Gründungssohle = -0.24 m
Grundwasser = -10.00 m
Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
— 1. Kernweite
- - - 2. Kernweite

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Bemessungssituation BS-P nach EC 7
statische Kennwerte
Baugrund nach DS WEA Borne-Mitte, N21



Ergebnisse Einzelfundament:
Lasten = ständig / veränderlich
Vertikallast $F_{v,k} = 47471.00 / 0.00$ kN
Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 1375.00$ kN
Moment $M_{x,k} = 0.00 / -218788.00$ kN·m
Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
Durchmesser $D = 24.500$ m
Unter ständigen Lasten:
Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
Resultierende im 1. Kern (= 3.063 m)
 $a' = 21.713$ m
 $b' = 21.713$ m
Unter Gesamtlasten:
Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
Exzentrizität $e_y = 4.609$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.216 m)
 $a' = 13.001$ m
 $b' = 19.311$ m
Grundbruch:
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 2452.5 / 1751.81$ kN/m²
 $R_{n,k} = 615702.59$ kN
 $R_{n,d} = 439787.57$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 47471.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 64085.85$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.146
 $cal \varphi = 32.5^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 $cal c = 0.34$ kN/m²
 $cal \gamma_2 = 15.92$ kN/m³
 $cal \sigma_u = 4.44$ kN/m²
UK log. Spirale = 21.68 m u. GOK
Länge log. Spirale = 89.48 m
Fläche log. Spirale = 1006.63 m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 36.99$; $N_{d0} = 24.55$; $N_{b0} = 15.00$
Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.377$; $v_d = 1.362$; $v_b = 0.798$
Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.952$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.926$
Gleitwiderstand:
Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47471.00 \cdot \tan(32.5^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27493.06$ kN
 $T_d = 2062.50$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.075$
Setzung infolge Gesamtlasten:
Grenztiefe $t_g = 11.04$ m u. GOK
Setzung (Mittel aller KPs) = 0.65 cm
Setzungen der KPs:
oben = 1.27 cm
unten = 0.02 cm
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 1654.1
Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 361902.5$ MN·m/rad
Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 47471.0 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 523367.8$
 $M_{dst} = 218788.0 \cdot 1.50 = 328182.0$
 $\mu_{EQU} = 328182.0 / 523367.8 = 0.627$

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	18.5	10.5	32.5	0.0	220.0	0.30	Lastverteilungspolster
	20.0	12.0	37.5	0.0	350.0	0.30	Sand, d*
	19.0	11.0	35.0	0.0	250.0	0.30	Sand, d
	20.0	12.0	37.5	0.0	350.0	0.30	Sand, d*
	18.5	10.5	32.5	0.0	220.0	0.30	Sand, m/d
	20.5	10.5	27.5	3.0	90.0	0.35	Gmg, Schluff, s/h
	18.0	10.0	35.0	0.0	180.0	0.30	Sand, d

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

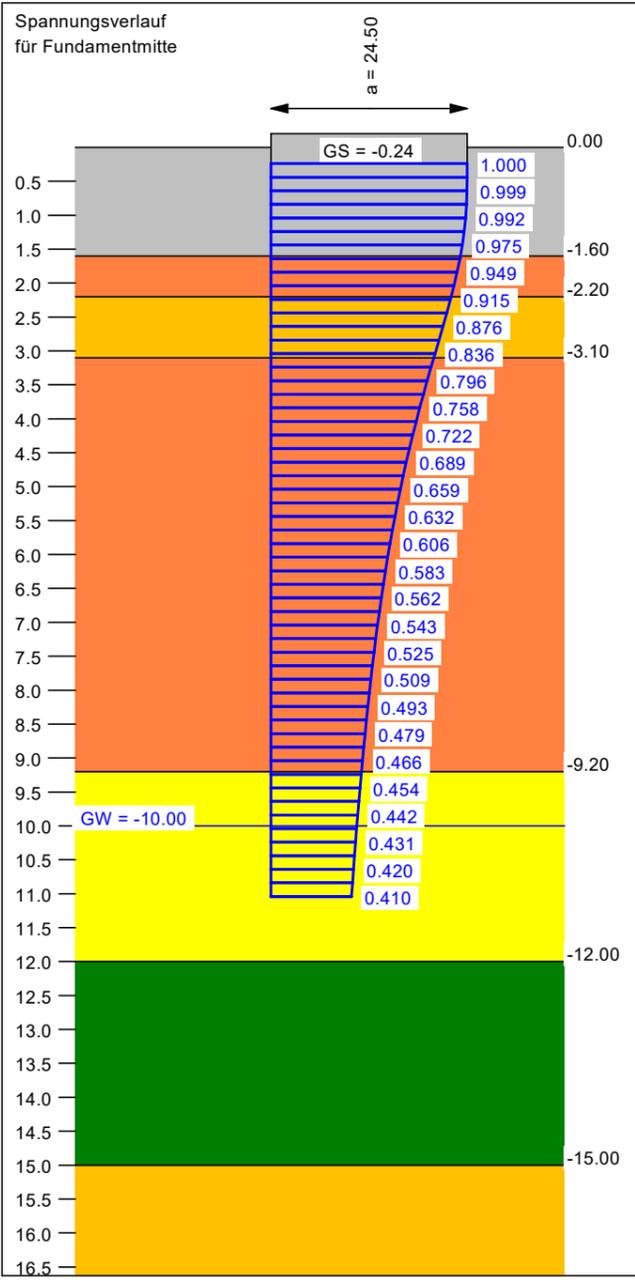
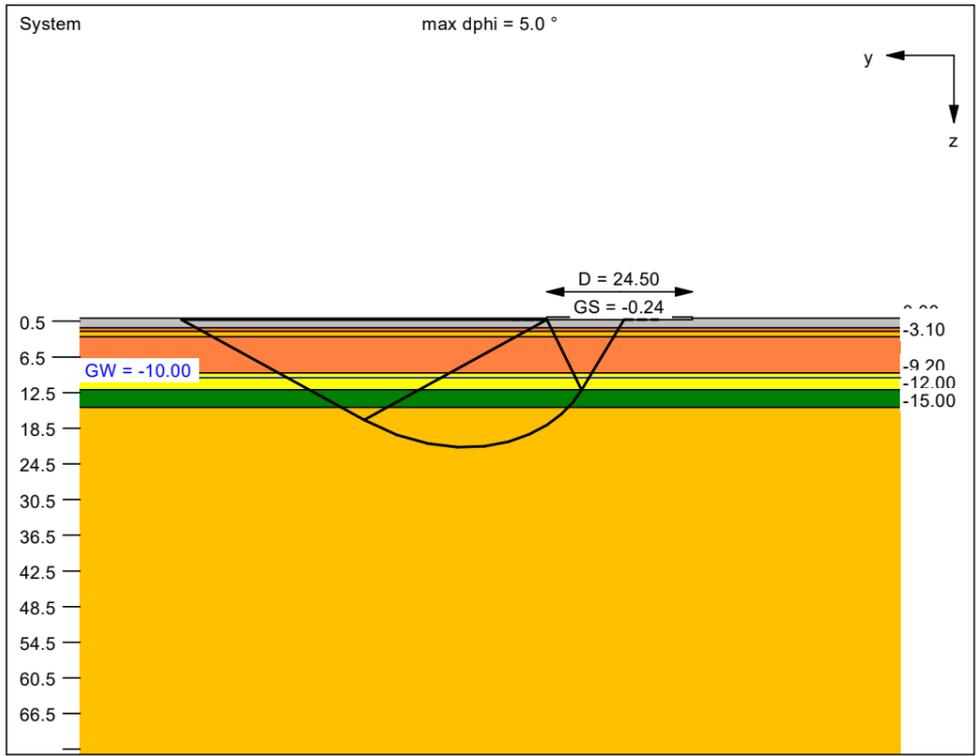
Windpark Borne
WEA Borne-Mitte, N21

Bericht Nr. 5472/21
Anlage Nr. 5.1.2

Berechnungsgrundlagen:
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$
Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
Durchstanznachweis (Winkel = 7.0 °)
Oberkante Gelände = 0.00 m
Gründungssohle = -0.24 m
Grundwasser = -10.00 m
Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
— 1. Kernweite
- - - 2. Kernweite

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Bemessungssituation BS-P nach EC 7
dynamische Kennwerte
Baugrund nach DS WEA Borne-Mitte, N21



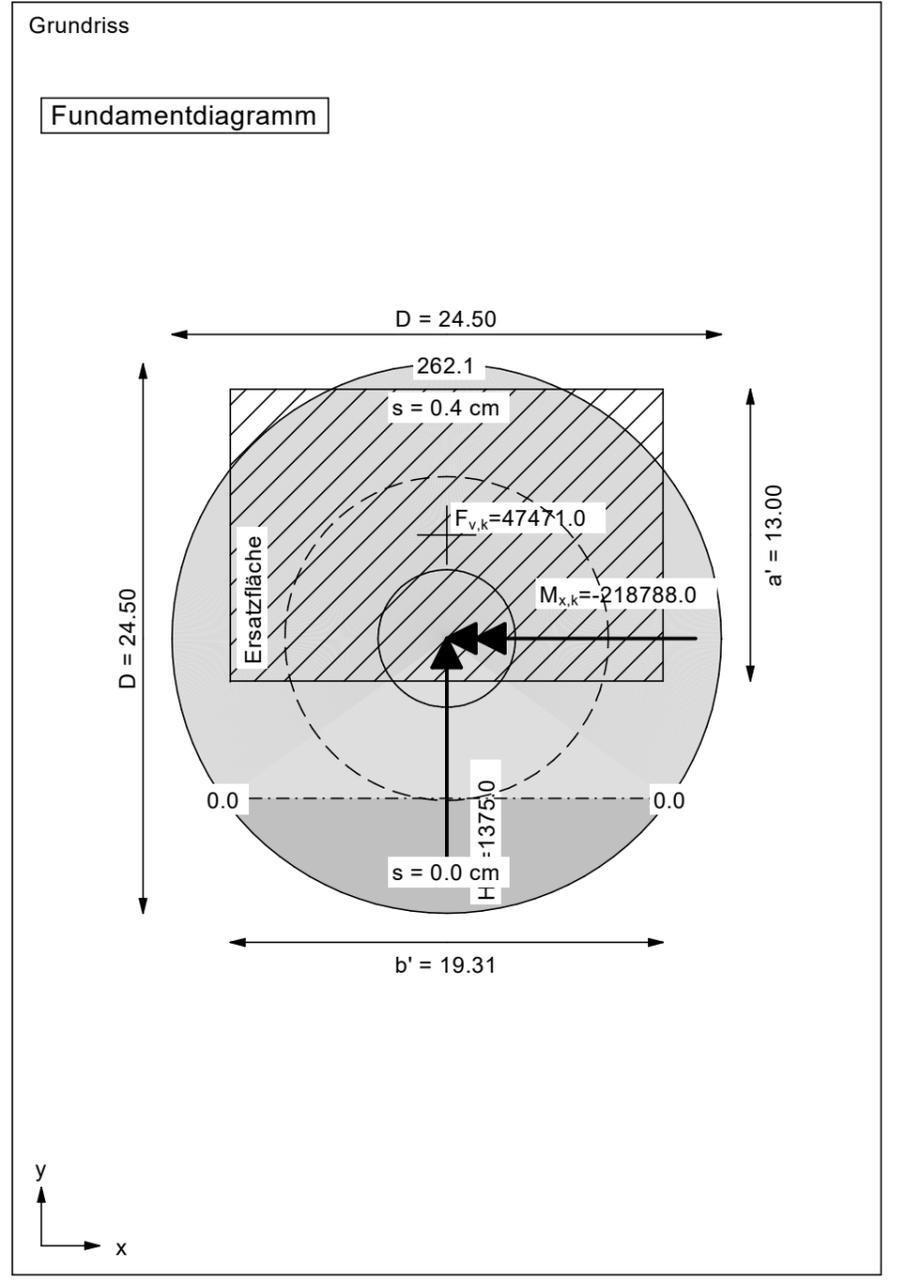
Ergebnisse Einzelfundament:
Lasten = ständig / veränderlich
Vertikallast $F_{v,k} = 47471.00 / 0.00$ kN
Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 1375.00$ kN
Moment $M_{x,k} = 0.00 / -218788.00$ kN·m
Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
Durchmesser $D = 24.500$ m
Unter ständigen Lasten:
Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
Resultierende im 1. Kern (= 3.063 m)
 $a' = 21.713$ m
 $b' = 21.713$ m
Unter Gesamtlasten:
Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
Exzentrizität $e_y = 4.609$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.216 m)
 $a' = 13.001$ m
 $b' = 19.311$ m

cal $\sigma_u = 4.44$ kN/m²
UK log. Spirale = 21.68 m u. GOK
Länge log. Spirale = 89.48 m
Fläche log. Spirale = 1006.63 m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 36.99$; $N_{d0} = 24.55$; $N_{b0} = 15.00$
Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.377$; $v_d = 1.362$; $v_b = 0.798$
Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.952$; $i_d = 0.954$; $i_b = 0.926$

Gleitwiderstand:
Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47471.00 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27493.06$ kN
 $T_d = 2062.50$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.075$

Setzung infolge Gesamtlasten:
Grenztiefe $t_g = 11.04$ m u. GOK
Setzung (Mittel aller KPs) = 0.22 cm
Setzungen der KPs:
oben = 0.43 cm
unten = 0.01 cm
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 4830.7
Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 1056894.6$ MN·m/rad
Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 47471.0 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 523367.8$
 $M_{dst} = 218788.0 \cdot 1.50 = 328182.0$
 $\mu_{EQU} = 328182.0 / 523367.8 = 0.627$

Grundbruch:
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 2452.5 / 1751.81$ kN/m²
 $R_{n,k} = 615702.59$ kN
 $R_{n,d} = 439787.57$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 47471.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 64085.85$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.146
cal $\varphi = 32.5^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
cal c = 0.34 kN/m²
cal $\gamma_2 = 15.92$ kN/m³



Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	18.5	10.5	32.5	0.0	60.0	0.30	Lastverteilungspolster
	20.0	12.0	37.5	0.0	150.0	0.30	Sand, d*
	19.0	11.0	35.0	0.0	80.0	0.30	Sand, d
	20.0	12.0	37.5	0.0	150.0	0.30	Sand, d*
	18.5	10.5	32.5	0.0	60.0	0.30	Sand, m/d
	20.5	10.5	27.5	3.0	12.0	0.35	Gmg, Schluff, s/h
	18.0	10.0	35.0	0.0	50.0	0.30	Sand, d

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

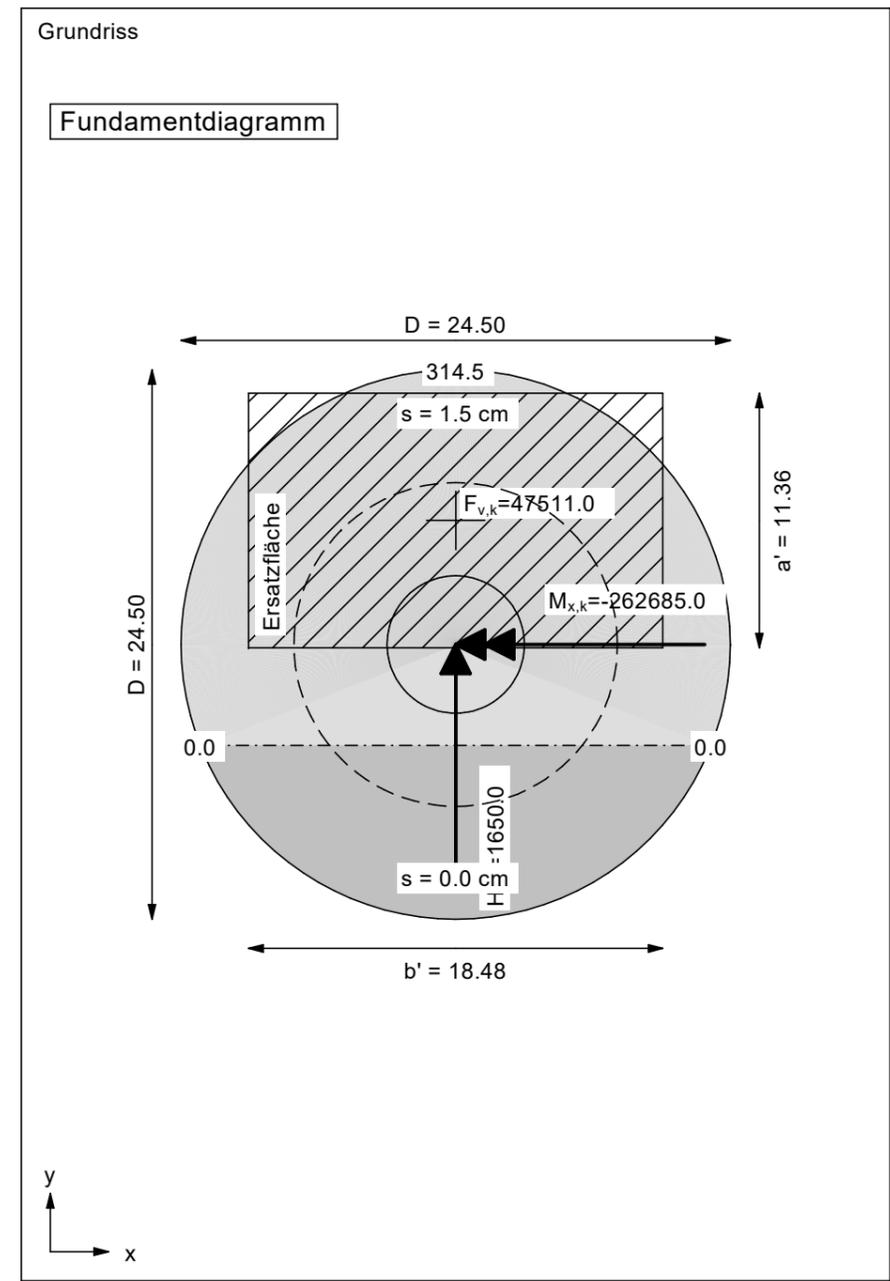
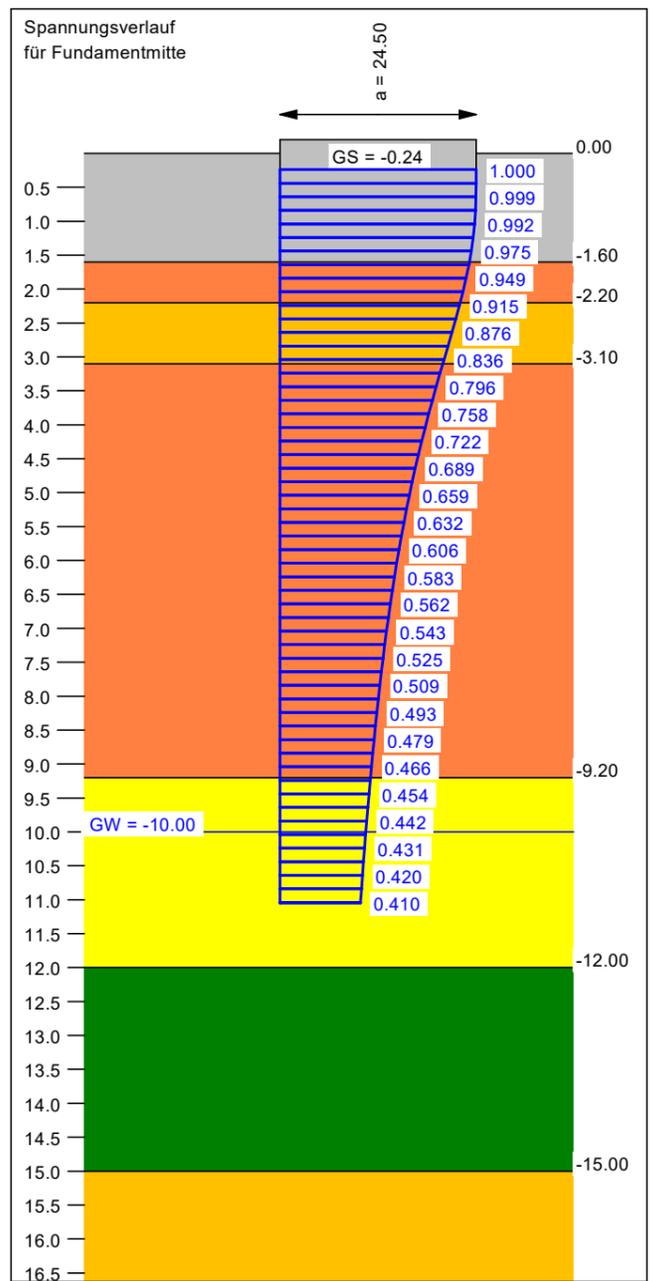
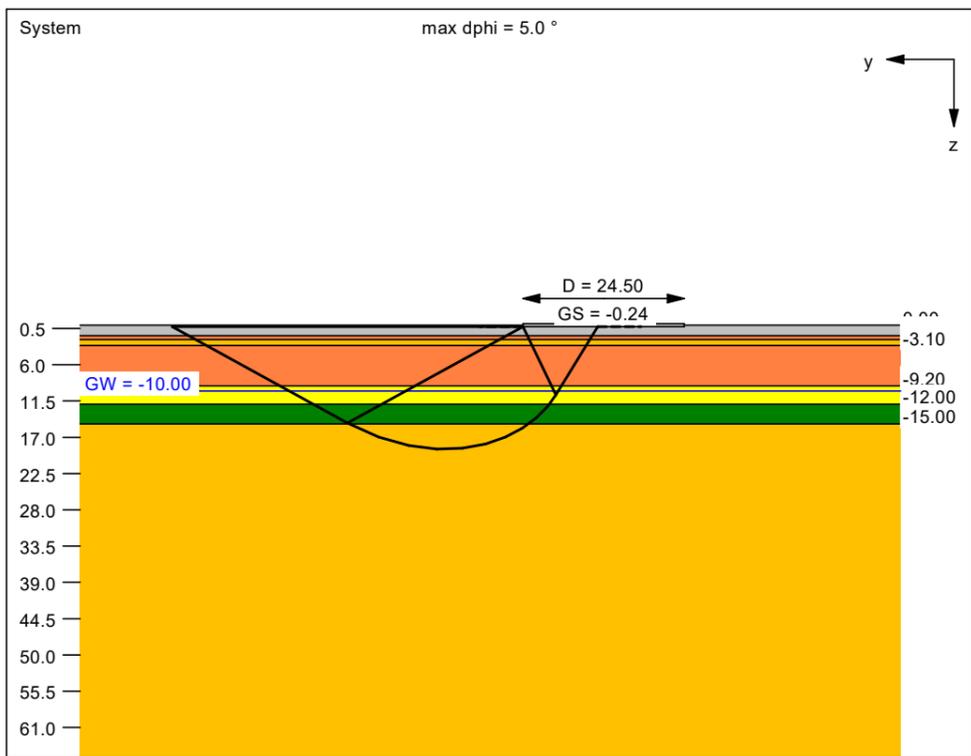
Windpark Borne
WEA Borne-Mitte, N21

Bericht Nr. 5472/21
Anlage Nr. 5.1.3

Berechnungsgrundlagen:
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$
Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stab} = 0.95$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$
Durchstanznachweis (Winkel = 7.0 °)
Oberkante Gelände = 0.00 m
Gründungssohle = -0.24 m
Grundwasser = -10.00 m
Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
— 1. Kernweite
- - - 2. Kernweite

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Bemessungssituation BS-A nach EC 7
statische Kennwerte
Baugrund nach DS WEA Borne-Mitte, N21



Ergebnisse Einzelfundament:
Lasten = ständig / veränderlich
Vertikallast $F_{v,k} = 47511.00 / 0.00$ kN
Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 1650.00$ kN
Moment $M_{x,k} = 0.00 / -262685.00$ kN·m
Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
Durchmesser $D = 24.500$ m
Unter ständigen Lasten:
Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
Resultierende im 1. Kern (= 3.063 m)
 $a' = 21.713$ m
 $b' = 21.713$ m
Unter Gesamtlasten:
Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
Exzentrizität $e_y = 5.529$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.216 m)
 $a' = 11.364$ m
 $b' = 18.482$ m

Grundbruch:
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 2259.1 / 1882.55$ kN/m²
 $R_{n,k} = 474447.15$ kN
 $R_{n,d} = 395372.63$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 47511.00 + 1.10 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 52262.10$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.132
 $\text{cal } \varphi = 32.5^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\text{cal } c = 0.42$ kN/m²
 $\text{cal } \gamma_2 = 16.63$ kN/m³

$\text{cal } \sigma_u = 4.44$ kN/m²
UK log. Spirale = 18.78 m u. GOK
Länge log. Spirale = 77.45 m
Fläche log. Spirale = 753.67 m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 36.95$; $N_{d0} = 24.52$; $N_{b0} = 14.97$
Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.344$; $v_d = 1.330$; $v_b = 0.816$
Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.942$; $i_d = 0.944$; $i_b = 0.912$

Gleitwiderstand:
Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47511.00 \cdot \tan(32.5^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27516.22$ kN
 $T_d = 1815.00$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.066$

Setzung infolge Gesamtlasten:
Grenztiefe $t_g = 11.05$ m u. GOK
Setzung (Mittel aller KPs) = 0.74 cm
Setzungen der KPs:
oben = 1.48 cm
unten = 0.00 cm
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 1398.9
Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 367457.3$ MN·m/rad
Nachweis EQU:
 $M_{stb} = 47511.0 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 552909.3$
 $M_{dst} = 262685.0 \cdot 1.00 = 262685.0$
 $\mu_{EQU} = 262685.0 / 552909.3 = 0.475$

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	18.5	10.5	32.5	0.0	220.0	0.30	Lastverteilungspolster
	20.0	12.0	37.5	0.0	350.0	0.30	Sand, d*
	19.0	11.0	35.0	0.0	250.0	0.30	Sand, d
	20.0	12.0	37.5	0.0	350.0	0.30	Sand, d*
	18.5	10.5	32.5	0.0	220.0	0.30	Sand, m/d
	20.5	10.5	27.5	3.0	90.0	0.35	Gmg, Schluff, s/h
	18.0	10.0	35.0	0.0	180.0	0.30	Sand, d

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

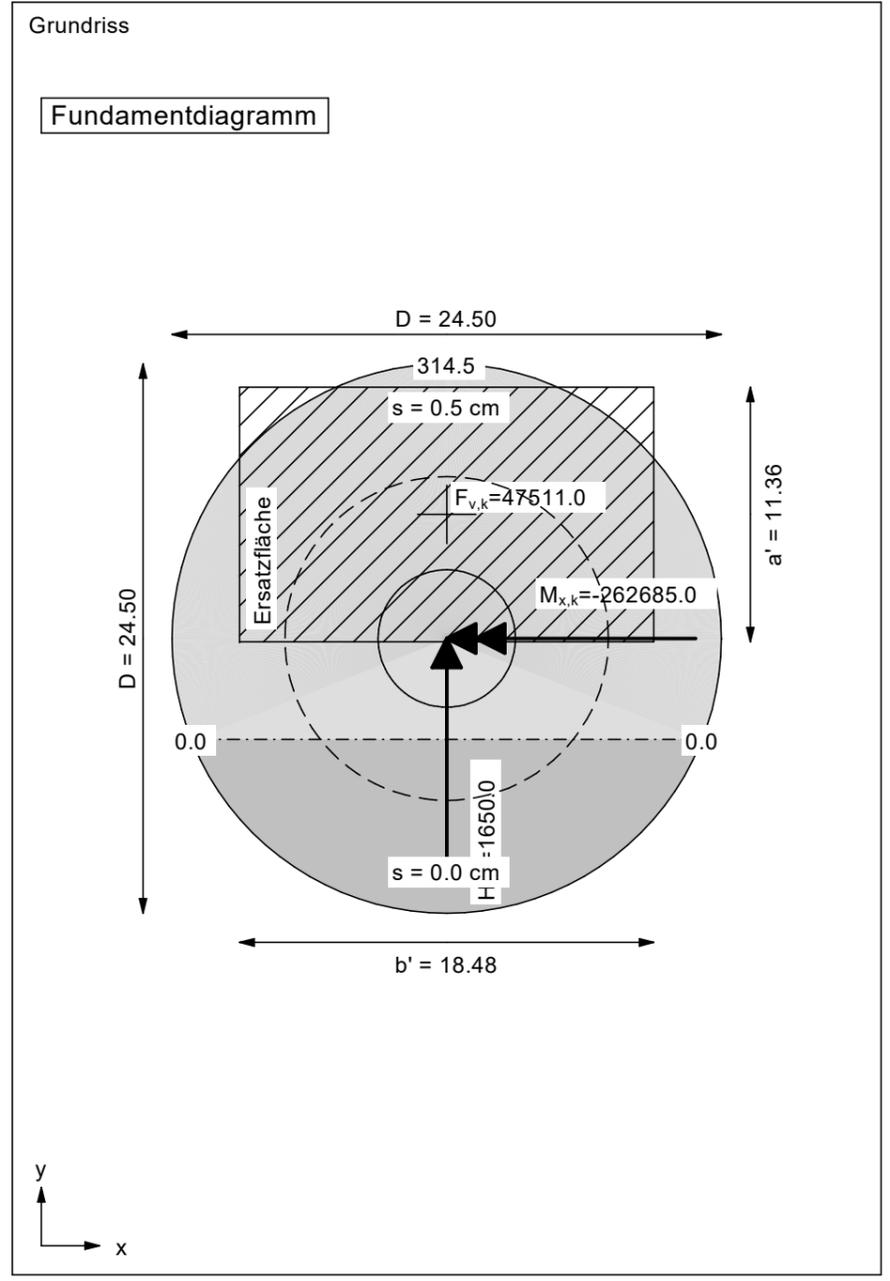
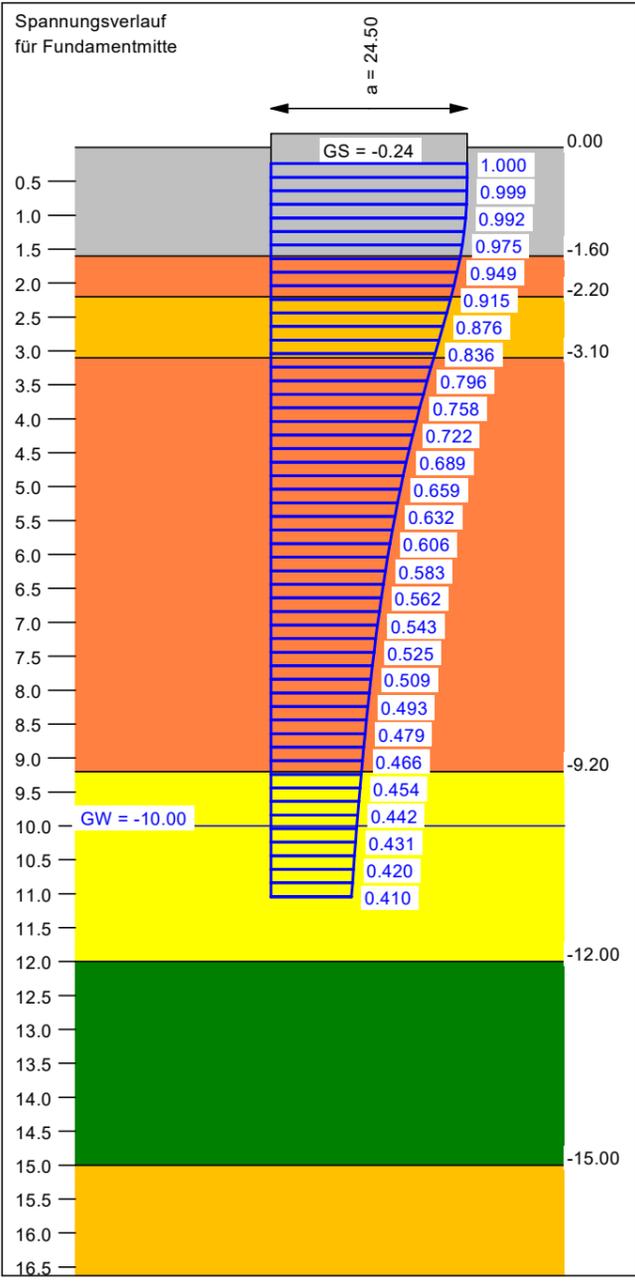
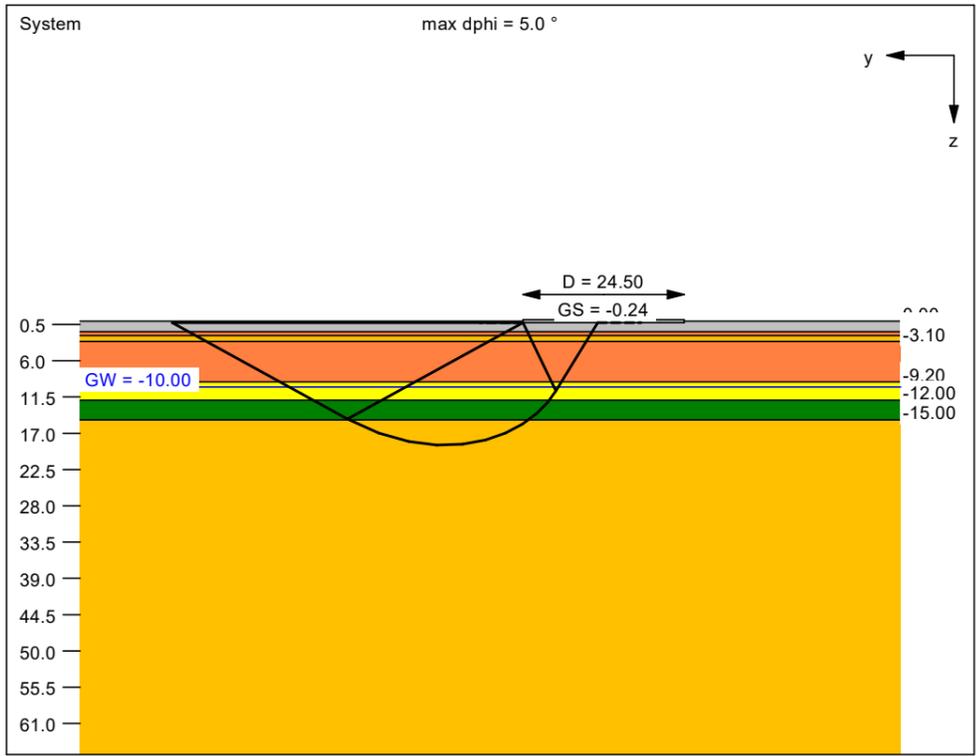
Windpark Borne
WEA Borne-Mitte, N21

Bericht Nr. 5472/21
Anlage Nr. 5.1.4

Berechnungsgrundlagen:
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$
Grenzzustand EQU:
 $\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,stab} = 0.95$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$
Durchstanznachweis (Winkel = 7.0 °)
Oberkante Gelände = 0.00 m
Gründungssohle = -0.24 m
Grundwasser = -10.00 m
Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
— 1. Kernweite
- - - 2. Kernweite

Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit

Bemessungssituation BS-A nach EC 7
dynamische Kennwerte
Baugrund nach DS WEA Borne-Mitte, N21



Ergebnisse Einzelfundament:
Lasten = ständig / veränderlich
Vertikallast $F_{v,k} = 47511.00 / 0.00$ kN
Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 1650.00$ kN
Moment $M_{x,k} = 0.00 / -262685.00$ kN·m
Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
Durchmesser $D = 24.500$ m
Unter ständigen Lasten:
Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
Resultierende im 1. Kern (= 3.063 m)
 $a' = 21.713$ m
 $b' = 21.713$ m
Unter Gesamtlasten:
Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
Exzentrizität $e_y = 5.529$ m
Resultierende im 2. Kern (= 7.216 m)
 $a' = 11.364$ m
 $b' = 18.482$ m

cal $\sigma_u = 4.44$ kN/m²
UK log. Spirale = 18.78 m u. GOK
Länge log. Spirale = 77.45 m
Fläche log. Spirale = 753.67 m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 36.95$; $N_{d0} = 24.52$; $N_{b0} = 14.97$
Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.344$; $v_d = 1.330$; $v_b = 0.816$
Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.942$; $i_d = 0.944$; $i_b = 0.912$

Gleitwiderstand:
Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 47511.00 \cdot \tan(32.50^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 27516.22$ kN
 $T_d = 1815.00$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.066$

Setzung infolge Gesamtlasten:
Grenztiefe $t_g = 11.05$ m u. GOK
Setzung (Mittel aller KPs) = 0.25 cm
Setzungen der KPs:
oben = 0.51 cm
unten = 0.00 cm
Verdrehung(x) (KP) = 1 : 4086.9
Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 1073573.5$ MN·m/rad
Nachweis EQU:
 $M_{stab} = 47511.0 \cdot 24.50 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 552909.3$
 $M_{dst} = 262685.0 \cdot 1.00 = 262685.0$
 $\mu_{EQU} = 262685.0 / 552909.3 = 0.475$

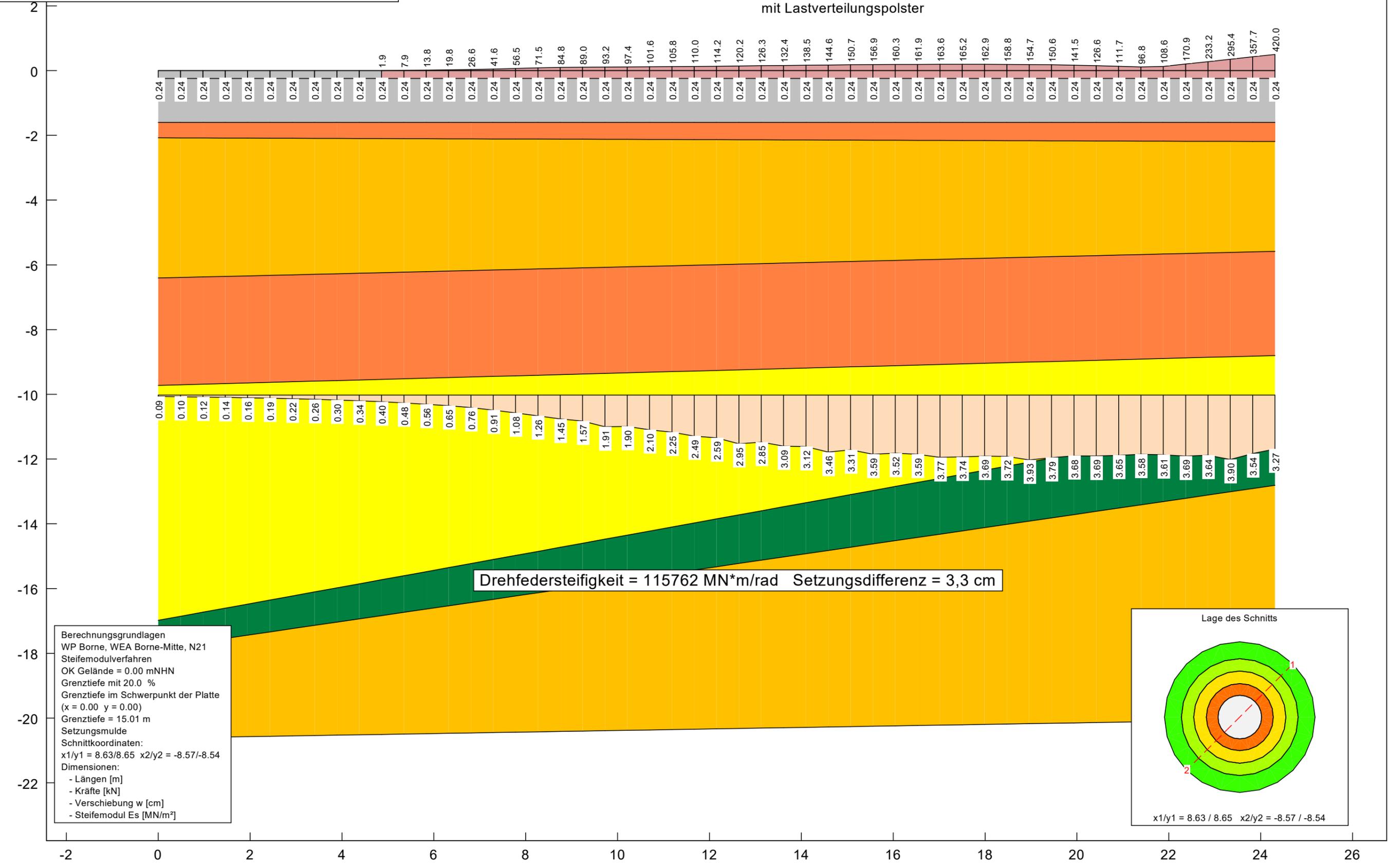
Grundbruch:
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 2259.1 / 1882.55$ kN/m²
 $R_{n,k} = 474447.15$ kN
 $R_{n,d} = 395372.63$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 47511.00 + 1.10 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 52262.10$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.132
cal $\varphi = 32.5^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
cal c = 0.42 kN/m²
cal $\gamma_2 = 16.63$ kN/m³

Boden	E_s [MN/m ²]	E [MN/m ²]	ν [-]	γ [kN/m ³]	Bezeichnung
█	60.00	44.57	0.30	18.50	LVP
█	150.00	111.43	0.30	20.00	Sand, d*
█	80.00	59.43	0.30	19.00	Sand, d
█	150.00	111.43	0.30	20.00	Sand, d*
█	60.00	44.57	0.30	18.50	Sand, m/d
█	12.00	7.48	0.35	20.50	Gmg, Schluff, sandig, s/h
█	50.00	37.14	0.30	18.00	Sand, d

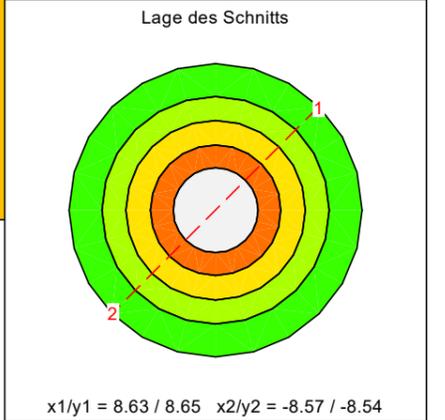
Berechnung erfolgt mit E und ν $[E = (1 - \nu - 2 \cdot \nu^2) / (1 - \nu) \cdot E_s]$



Einwirkungen nach Lastfall BS-P
Setzungsberechnung mit statischen Steifemoduln
mit Lastverteilungspolster



Berechnungsgrundlagen
WP Borne, WEA Borne-Mitte, N21
Steifemodulverfahren
OK Gelände = 0.00 mNHN
Grenztiefe mit 20.0 %
Grenztiefe im Schwerpunkt der Platte
(x = 0.00 y = 0.00)
Grenztiefe = 15.01 m
Setzungsmulde
Schnittkoordinaten:
x1/y1 = 8.63/8.65 x2/y2 = -8.57/-8.54
Dimensionen:
- Längen [m]
- Kräfte [kN]
- Verschiebung w [cm]
- Steifemodul E_s [MN/m²]

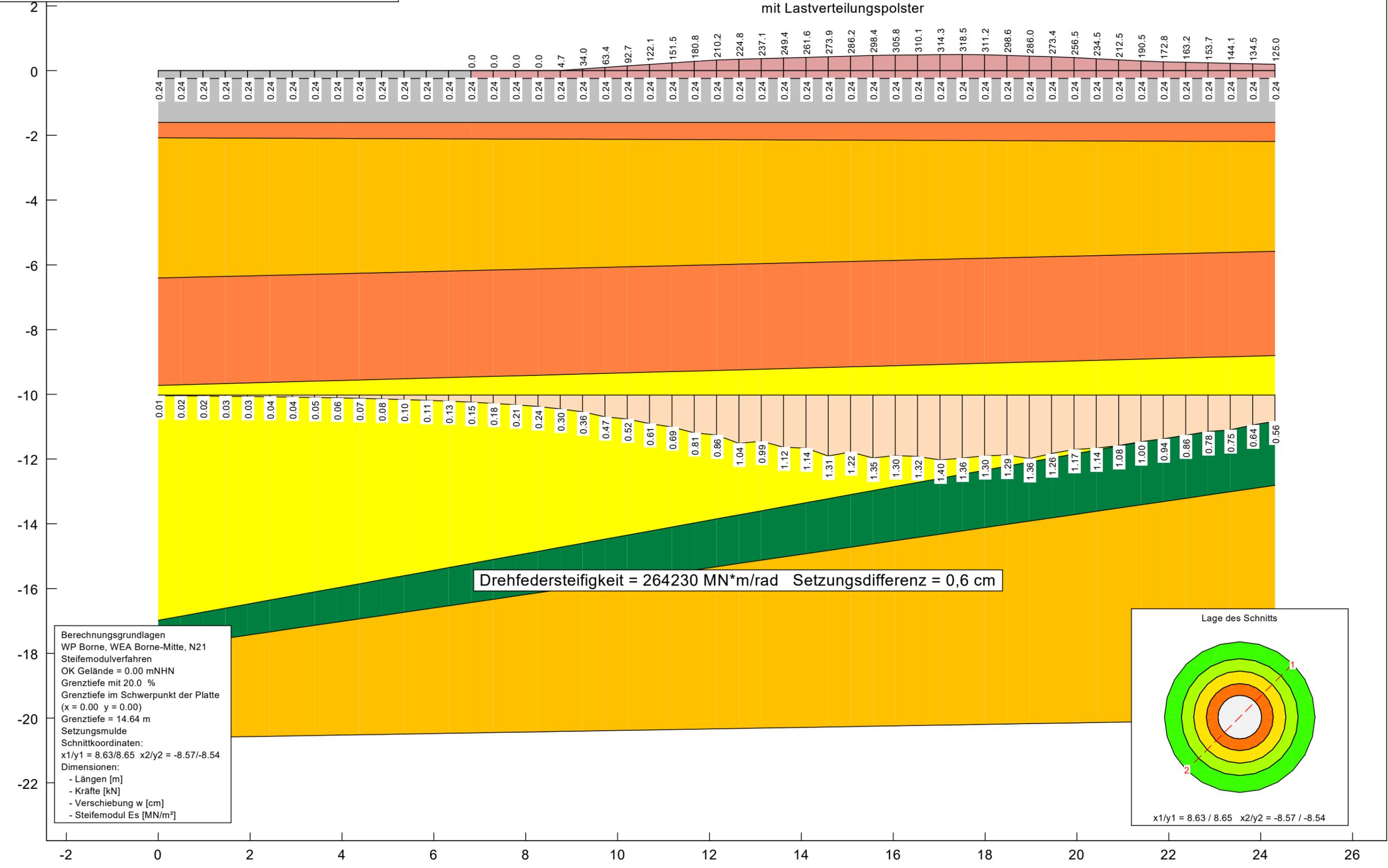


Boden	E_s [MN/m ²]	E [MN/m ²]	ν [-]	γ [kN/m ³]	Bezeichnung
	220.00	163.43	0.30	18.50	LVP
	350.00	260.00	0.30	20.00	Sand, d*
	250.00	185.71	0.30	19.00	Sand, d
	350.00	260.00	0.30	20.00	Sand, d*
	220.00	163.43	0.30	18.50	Sand, m/d
	90.00	56.08	0.35	20.50	Gmg, Schluff, sandig, s/h
	180.00	133.71	0.30	18.00	Sand, d

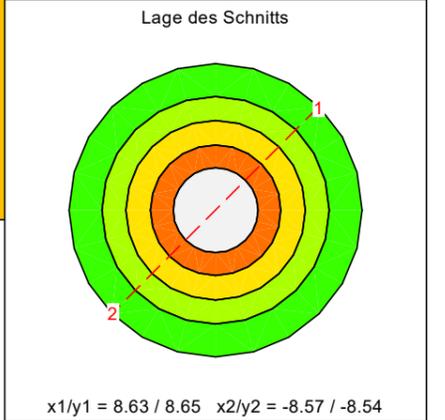
Berechnung erfolgt mit E und ν $[E = (1 - \nu - 2 \cdot \nu^2) / (1 - \nu) \cdot E_s]$



Einwirkungen nach Lastfall BS-P
Setzungsberechnung mit dynamischen Steifemoduln
mit Lastverteilungspolster



Berechnungsgrundlagen
 WP Borne, WEA Borne-Mitte, N21
 Steifemodulverfahren
 OK Gelände = 0.00 mNHN
 Grenztiefe mit 20.0 %
 Grenztiefe im Schwerpunkt der Platte
 (x = 0.00 y = 0.00)
 Grenztiefe = 14.64 m
 Setzungsmulde
 Schnittkoordinaten:
 x1/y1 = 8.63/8.65 x2/y2 = -8.57/-8.54
 Dimensionen:
 - Längen [m]
 - Kräfte [kN]
 - Verschiebung w [cm]
 - Steifemodul E_s [MN/m²]

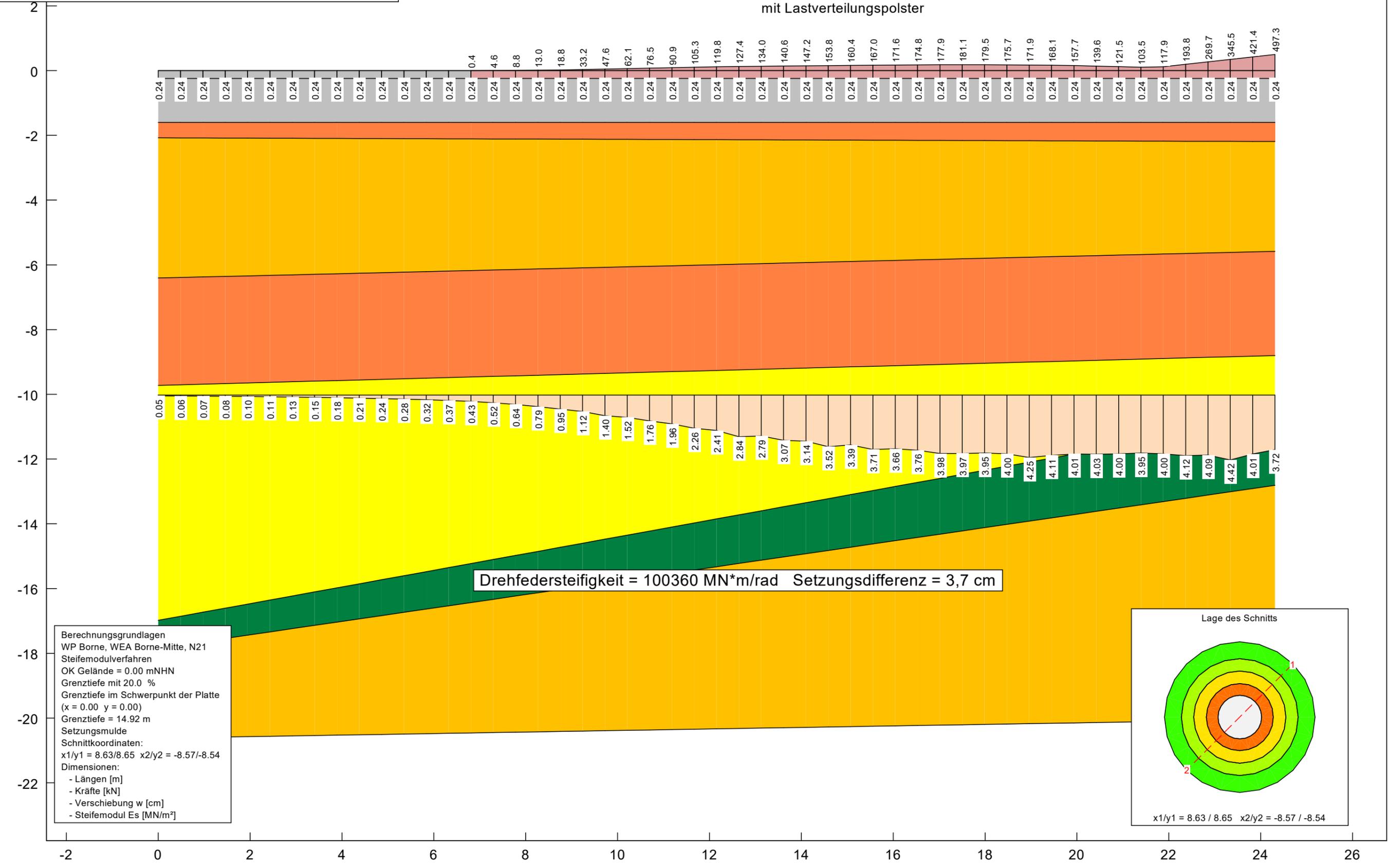


Boden	E_s [MN/m ²]	E [MN/m ²]	ν [-]	γ [kN/m ³]	Bezeichnung
	60.00	44.57	0.30	18.50	LVP
	150.00	111.43	0.30	20.00	Sand, d*
	80.00	59.43	0.30	19.00	Sand, d
	150.00	111.43	0.30	20.00	Sand, d*
	60.00	44.57	0.30	18.50	Sand, m/d
	12.00	7.48	0.35	20.50	Gmg, Schluff, sandig, s/h
	50.00	37.14	0.30	18.00	Sand, d

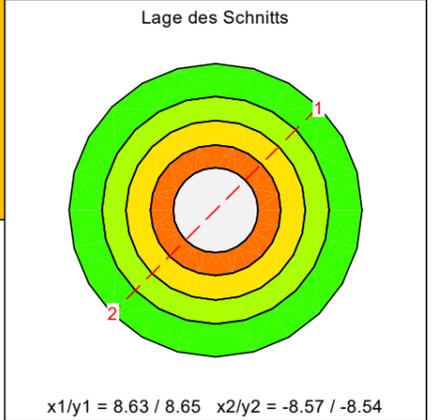
Berechnung erfolgt mit E und ν $[E = (1 - \nu - 2 \cdot \nu^2) / (1 - \nu) \cdot E_s]$



Einwirkungen nach Lastfall BS-A
Setzungsberechnung mit statischen Steifemoduln
mit Lastverteilungspolster



Berechnungsgrundlagen
 WP Borne, WEA Borne-Mitte, N21
 Steifemodulverfahren
 OK Gelände = 0.00 mNHN
 Grenztiefe mit 20.0 %
 Grenztiefe im Schwerpunkt der Platte
 (x = 0.00 y = 0.00)
 Grenztiefe = 14.92 m
 Setzungsmulde
 Schnittkoordinaten:
 x1/y1 = 8.63/8.65 x2/y2 = -8.57/-8.54
 Dimensionen:
 - Längen [m]
 - Kräfte [kN]
 - Verschiebung w [cm]
 - Steifemodul E_s [MN/m²]

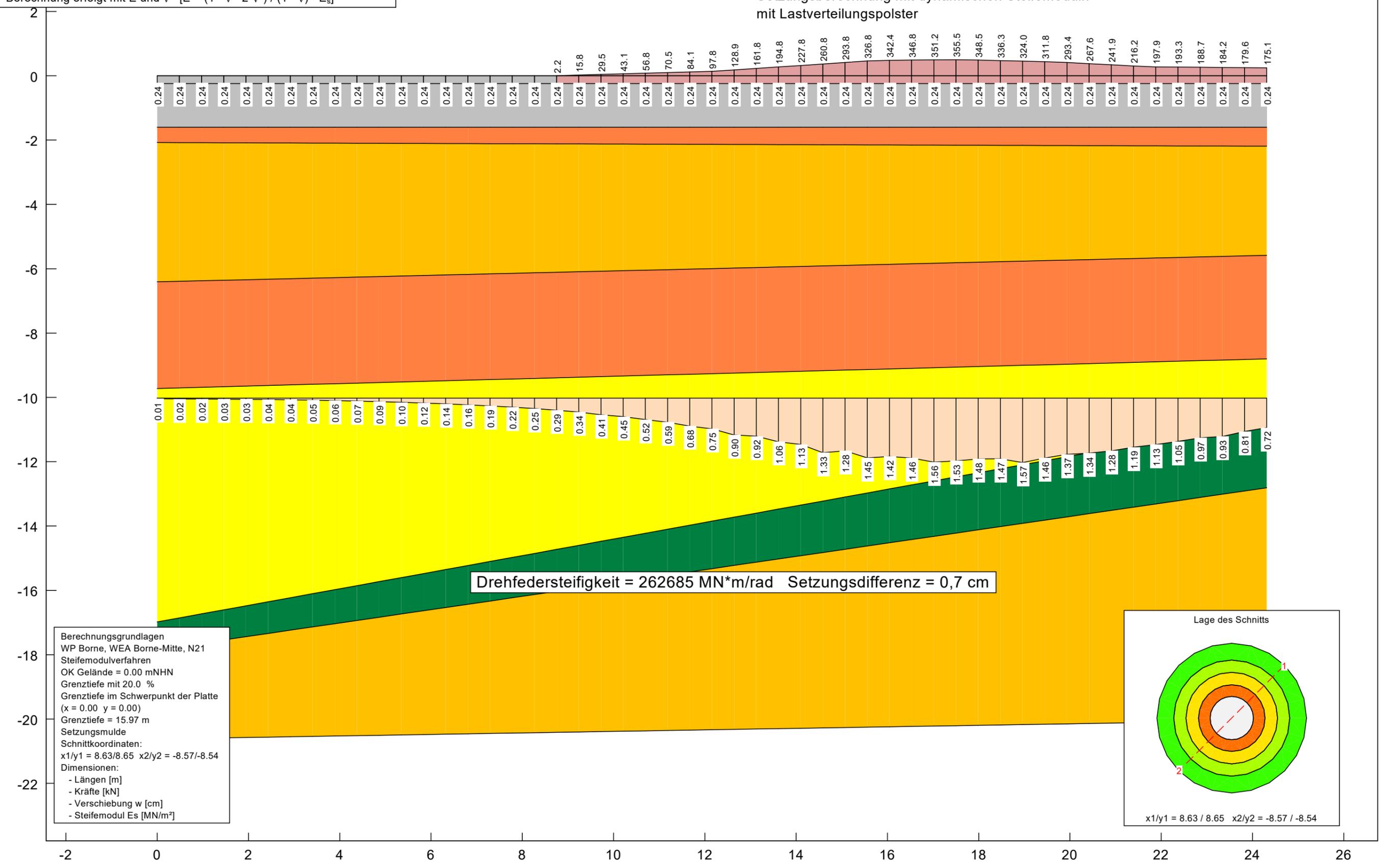


Boden	E_s [MN/m ²]	E [MN/m ²]	ν [-]	γ [kN/m ³]	Bezeichnung
	220.00	163.43	0.30	18.50	LVP
	350.00	260.00	0.30	20.00	Sand, d*
	250.00	185.71	0.30	19.00	Sand, d
	350.00	260.00	0.30	20.00	Sand, d*
	220.00	163.43	0.30	18.50	Sand, m/d
	90.00	56.08	0.35	20.50	Gmg, Schluff, sandig, s/h
	180.00	133.71	0.30	18.00	Sand, d

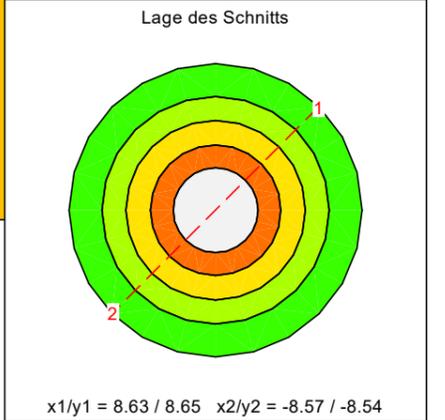
Berechnung erfolgt mit E und ν $[E = (1 - \nu - 2 \cdot \nu^2) / (1 - \nu) \cdot E_s]$

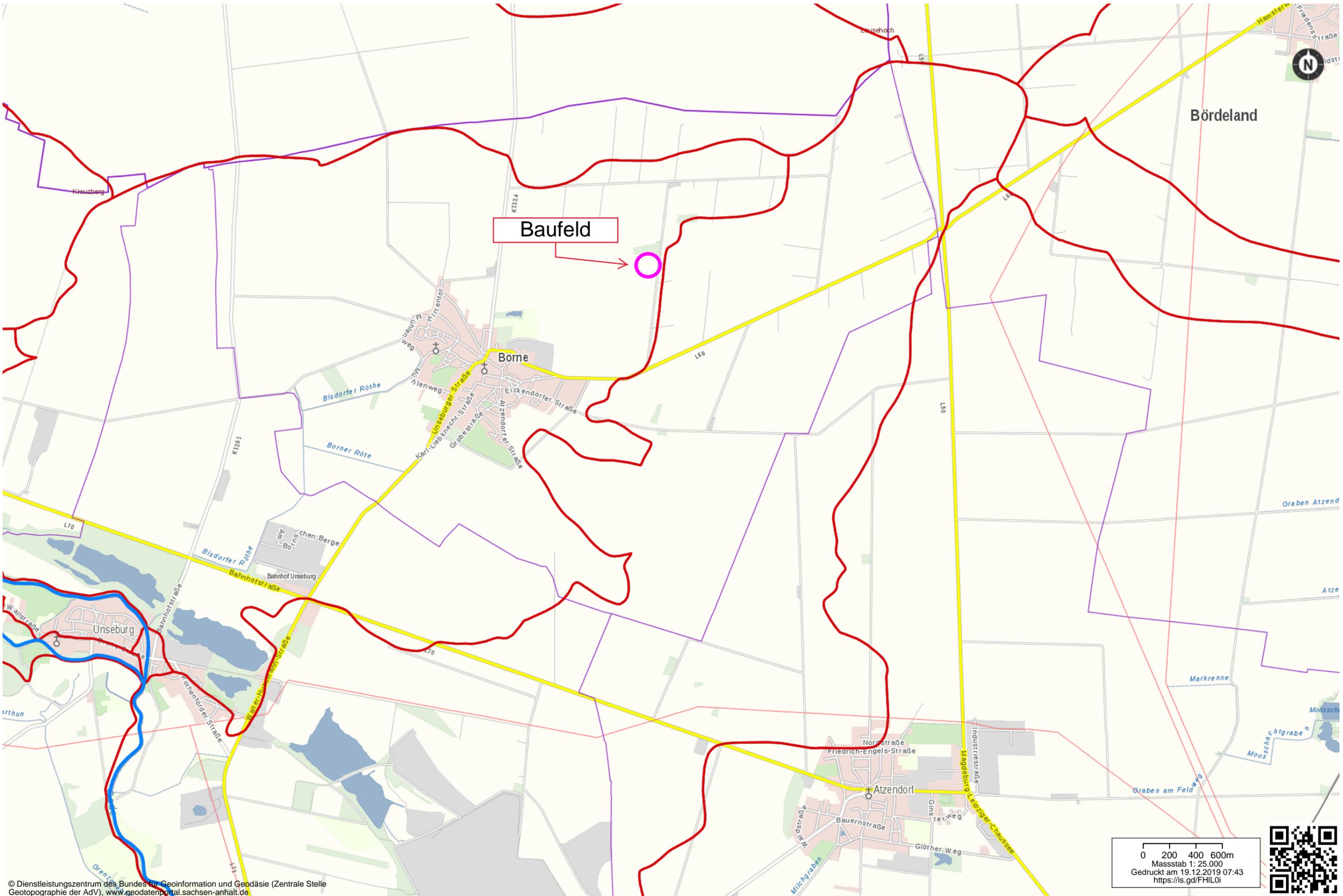


Einwirkungen nach Lastfall BS-A
Setzungsberechnung mit dynamischen Steifemoduln
mit Lastverteilungspolster



Berechnungsgrundlagen
 WP Borne, WEA Borne-Mitte, N21
 Steifemodulverfahren
 OK Gelände = 0.00 mNHN
 Grenztiefe mit 20.0 %
 Grenztiefe im Schwerpunkt der Platte
 (x = 0.00 y = 0.00)
 Grenztiefe = 15.97 m
 Setzungsmulde
 Schnittkoordinaten:
 x1/y1 = 8.63/8.65 x2/y2 = -8.57/-8.54
 Dimensionen:
 - Längen [m]
 - Kräfte [kN]
 - Verschiebung w [cm]
 - Steifemodul E_s [MN/m²]





Karte der Grundwasser-Einzugsbereiche

Anlage 6.1

Homogenbereiche nach DIN 18300

Homogenbereich HB EA-L I: Oberboden

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	L	E
ortsübliche Bezeichnung			Oberboden, Mutterboden		
Korngrößenverteilung	DIN 18123		siehe Anlage 3.2	x	
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke	DIN EN ISO 14688-1		< 5		
Steine 63 bis 200 mm		[%]			x
Blöcke 200 bis 630 mm		[%]			x
große Blöcke > 630 mm		[%]			x
Dichte, feucht	DIN 18125-2	[g/cm³]	1,7 bis 2,1		x
Kohäsion	DIN 18137	[kN/m²]	0 - 2,0		x
undrainede Scherfestigkeit	DIN 4094-2	[kN/m²]	nicht erforderlich		
Wassergehalt	DIN EN ISO 17892-1	[%]	18,6	x	
Plastizitätszahl	DIN 18122-1	[%]	nicht erforderlich		
Konsistenzzahl	DIN 18122-1	[-]	nicht erforderlich	x	
Lagerungsdichte	DIN 18126	[-]	nicht erforderlich	x	
Glühverlust	DIN 18128	[%]	4,90	x	
Bodengruppe	DIN 18196		OU	x	
Abrasivität	ohne		nicht abrasiv		x
L = Auf der Grundlage von Laborwerten bzw. Feldversuchen abgeschätzter Schwankungsbereich.					
E = Auf der Grundlage von Erfahrungswerten abgeschätzter Schwankungsbereich.					
Körnungsband					

Homogenbereiche nach DIN 18300

Homogenbereich HB EA-L II: Geschiebesand/-mergel

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	L	E
ortsübliche Bezeichnung			Geschiebesand/-mergel, Lehm, Sand		
Korngrößenverteilung	DIN 18123		siehe Anlagen 3.4-3.5	x	
Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke	DIN EN ISO 14688-1		< 5,0		
Steine 63 bis 200 mm		[%]			x
Blöcke 200 bis 630 mm		[%]			x
große Blöcke > 630 mm		[%]	< 5,0		x
Dichte, feucht	DIN 18125-2	[g/cm³]	1,8 bis 2,2		x
Kohäsion	DIN 18137	[kN/m²]	0 - 5		x
undräßierte Scherfestigkeit	DIN 4094-2	[kN/m²]	0 - 50		x
Wassergehalt	DIN EN ISO 17892-1	[%]	16 - 36	x	
Plastizitätszahl	DIN 18122-1	[%]	10 - 15	x	
Konsistenzzahl	DIN 18122-1	[-]	0,75 bis 1,2	x	
Lagerungsdichte	DIN 18126	[-]	0,3 - 1,0		
Glühverlust	DIN 18128	[%]	< 2		x
Bodengruppe	DIN 18196		SE-SU, ST-TL		x
Abrasivität	ohne		nicht bis stark abrasiv, je nach Kies- und Steinanteil		x

L = Auf der Grundlage von Laborwerten

E = Auf der Grundlage von Erfahrungswerten abgeschätzter Schwankungsbereich.

Körnungsband

