



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Dipl.-Geograph Ingo-Holger Meyer

&

Dr. rer. nat. Mark Overesch

Beratende Geowissenschaftler BDG und Sachverständige

Orientierendes Baugrundgutachten

Projekt: 6870-2024

**Erschließung des Bebauungsplan Nr. 15,
„Gewerbegebiet Sustrumer Moor, Teil II“**

Auftraggeber: Gemeinde Sustrum
Teichstraße 1
49762 Sustrum

Auftragnehmer: Büro für Geowissenschaften
M&O GbR
Bernard-Krone-Straße 19
48480 Spelle

Bearbeiter: Dr. rer. nat. Mark Overesch
Beratender Geowissenschaftler BDG
Dipl.-Geol. Sven Ellermann

Datum: 27. März 2024

Büro für Geowissenschaften M&O GbR

Büro Spelle:
Bernard-Krone-Str. 19, 48480 Spelle
Tel: 0 59 77 / 93 96 30
Fax: 0 59 77 / 93 96 36

Büro Sögel:
Zum Galgenberg 7, 49751 Sögel

e-mail: info@mo-bfg.de
Internet: www.bfg-soegel.de

Die Vervielfältigung des vorliegenden Gutachtens in vollem oder gekürztem Wortlaut sowie die Verwendung zur Werbung ist nur mit unserer schriftlichen Genehmigung zulässig.

1	Vorgang und Allgemeines	3
2	Allgemeine geologische, bodenkundliche und hydrogeologische Verhältnisse	3
3	Durchführung der Untersuchungen	3
3.1	Rammkernsondierungen (RKS)	4
3.2	Mittelschwere Rammsondierungen (DPM)	4
3.3	Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (k_f -Wert)	4
4	Ergebnisse der Untersuchungen	5
4.1	Bodenschichtung	5
4.2	Grundwasserverhältnisse	6
4.3	Ermittelte Wasserdurchlässigkeit	6
5	Bautechnische Beurteilung des Untergrundes	7
5.1	Bodenmechanische und bautechnische Eigenschaften und Kennwerte	7
5.2	Bemessungswert des Sohlwiderstandes	8
6	Allgemeine Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung für Hochbaumaßnahmen	10
7	Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung für die Verkehrsflächen	11
8	Bauwasserhaltung	13

9 Eignung des Untergrundes zur dezentralen Versickerung von
Niederschlagswasser 13

10 Schlusswort..... 14

1 Vorgang und Allgemeines

Das Büro für Geowissenschaften M&O GbR (Spelle und Sögel) wurde von der Gemeinde Sustrum mit der Durchführung von orientierenden Baugrunduntersuchungen im Rahmen der Erschließung des Bebauungsplanes Nr. 15 „Gewerbegebiet Sustrumer Moor, Teil II“ in 49762 Sustrum-Moor beauftragt. Das Neubaugebiet soll das Flurstück 3/16 der Flur 3 der Gemarkung Sustrum umfassen. Die Gesamtfläche des Plangebietes beträgt ca. 2,9 ha. Die Lage des Plangebietes ist in der Übersichtskarte in Anlage 1 angegeben.

2 Allgemeine geologische, bodenkundliche und hydrogeologische Verhältnisse

Laut Geologischer Karte 1:25.000 (NIBIS-Kartenserver) ist das betreffende Areal im Tiefenbereich von 0 bis 2 m unter Geländeoberkante (GOK) geprägt von fluviatilen Sanden aus dem Weichsel-Glazial bis Holozän, welche von Torfen aus dem Holozän überdeckt werden.

Entsprechend der Bodenkarte von Niedersachsen 1:50.000 (NIBIS-Kartenserver) ist im Plangebiet der Bodentyp Tiefer Tiefumbruchboden aus Hochmoor zu erwarten.

In der Hydrologischen Karte 1:50.000 (NIBIS-Kartenserver) wird die Lage des mittleren Grundwasserspiegels mit etwa >7,5 bis 10 NHN angegeben. Aus der Geländehöhe von ca. 10 bis ca. 11 m NHN im Plangebiet resultiert ein möglicher mittlerer Grundwasserflurabstand von ca. 0 bis 3,5 m.

3 Durchführung der Untersuchungen

Zur Erschließung der Baugrundverhältnisse wurden im vorgesehenen Gründungsbereich Rammkernsondierungen und Rammsondierungen durchgeführt. Die Durchführung der Rammkernsondierungen und Rammsondierungen erfolgte am 21.03.2024. Die Lage der Sondierungspunkte wurde entsprechend dem Bauvorhaben und den örtlichen Gegebenheiten festgelegt. Als Höhenfestpunkt (HFP) für die rel. Höheneinmessung der Sondierungspunkte wurde ein Vermarkungspunkt (Pflock) auf dem Plangebiet gewählt. Bei der Vermessung handelt es sich um kein exaktes Höhenaufmaß. Das Höhenaufmaß sollte daher nicht als Grundlage für Planungen dienen. Im Lageplan in Anlage 2 ist die Lage der einzelnen Sondierungspunkte sowie des Höhenfestpunktes dargestellt.

3.1 Rammkernsondierungen (RKS)

Zur Erschließung der Bodenverhältnisse im vorgesehenen Gründungsbereich wurden zwei Rammkernsondierungen (RKS 1 und RKS 1) nach DIN EN ISO 22475-1 bis auf eine Tiefe von jeweils 5 m unter GOK abgeteuft. Die Bodenansprache nach DIN EN ISO 22475-1 und DIN 18196 wurde von den Unterzeichnern vorgenommen. Potentiell vorkommendes Grund- bzw. Schichtwasser wurde mittels Kabellichtlot im Bohrloch bzw. im Bohrgut ermittelt. In Anlage 3 sind die Ergebnisse der geologischen Feldaufnahme als einzelne Bohrprofile dargestellt.

3.2 Mittelschwere Rammsondierungen (DPM)

Es wurden zusätzlich neben den Ansatzpunkten der Rammkernsondierungen zwei Rammsondierungen (DPM 1 und DPM 2) mit der mittelschweren Rammsonde DPM nach DIN EN ISO 22476-2 bis auf eine Tiefe von jeweils 5 m unter GOK durchgeführt. Die Rammsondierungen bieten ergänzend zu den Rammkernsondierungen Aussagen über die Scherfestigkeit und die Lagerungsdichte bzw. die Konsistenz der durchteuften Bodenschichten. Sie erlauben bei nichtbindigen Böden (z.B. Sande, Kiese) die Abschätzung der Lagerungsdichten locker, mitteldicht, dicht und sehr dicht. Bei bindigen Böden (Lehme, Tone) erlauben sie die Abschätzung der Konsistenzen breiig, weich, steif, halbfest und fest. Die Schlagzahlen pro 10 cm Eindringung gehen aus den Rammsondierprotokollen in Anlage 3 hervor.

Für eine für Gründungen ausreichende Lagerungsdichte (d.h. eine mindestens mitteldichte Lagerung) sind bei nichtbindigen Böden Schlagzahlen der DPM von mind. 10 Schlägen pro 10 cm Eindringung oberhalb des Grundwasserspiegels bzw. Schlagzahlen von mind. 8 Schlägen pro 10 cm Eindringung unterhalb des Grundwasserspiegels nachzuweisen.

3.3 Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (k_f -Wert)

Der Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) der unterhalb des humosen Oberbodens anstehenden humusfreien Sande wurde am Standort der RKS 1 über einen Versickerungsversuch (VU 1) im Bohrloch mittels Feldpermeameter ermittelt. Hierzu wurde neben dem Ansatzpunkt der Rammkernsondierung eine Bohrung mit dem Edelman-Bohrer abgeteuft ($\varnothing = 7$ cm). Die Messung erfolgte einer Tiefe von 0,7 bis 0,8 m unter GOK mit konstantem Wasserstand über der Bohrlochsohle.

Die Eignung des untersuchten Standortes im Hinblick auf eine dezentrale Versickerung von Niederschlagswasser wurde auf Grundlage des Arbeitsblattes DWA-A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser (DWA, 2005) geprüft.

4 Ergebnisse der Untersuchungen

4.1 Bodenschichtung

Im Zuge der durchgeführten Sondierungen wurden Bodenschichten erschlossen, die nachfolgend beschrieben werden. Es ist zu beachten, dass die Sondierungen eine exakte Aussage über die Baugrundsichtung nur für den jeweiligen Untersuchungspunkt bieten. Schichtenfolge und Schichtmächtigkeiten können sich zwischen den Untersuchungspunkten ändern.

In den Rammkernsonden RKS 1 und RKS 2 wurde ab Geländeoberkante bis zu einer Tiefe von mind. 0,50 m unter GOK bis etwa 0,70 m unter GOK humoser Oberboden aus humosem, schluffigem, z.T. schwach mittelsandigem, Feinsand erbohrt. Es handelt sich möglicherweise um sog. „tiefgepflügten Oberboden“, welcher in noch größere Tiefe reichen kann, als in den Aufschlussbohrungen vorgefunden.

Unterhalb des humosen Oberbodens folgen bis in Tiefe von 3,20 bis zu 3,40 m unter GOK schluffige, schwach mittelsandige Feinsande. Darunter lagern bis zur Aufschlussendtiefe von 5 m unter GOK mittelsandige, schwach schluffige Feinsande.

Entsprechend den ermittelten Schlagzahlen der Rammsondierungen liegen die humusfreien Sande ab einer Tiefe von etwa 1 m unter GOK in vorwiegend mitteldichter Lagerung vor.

Die in den Rammkernbohrungen aufgeschlossenen Böden werden nachfolgend gemäß DIN 18300:2015-8 in Homogenbereiche unterteilt. Homogenbereiche repräsentieren die natürliche Vielfalt der geologischen Schichten jeweils in Einheiten mit vergleichbarer (erdbautechnischer) Beschaffenheit und Baugrundeignung.

Die aufgeschlossenen Bodenschichten werden nachfolgend in zwei Homogenbereiche unterteilt. In nachfolgender Tabelle 1 sind die einzelnen Homogenbereiche aufgeführt.

Tabelle 1: Einteilung in Homogenbereiche

Homogenbereich	aufgeschlossen in	Tiefenbereich [m unter GOK]		Bodenart
		Schichtoberkante	Schichtunterkante	
1	RKS 1 und RKS 2	0	≥0,70 (kann ggf. noch tiefer reichen, da verm. tiefgepflügt)	(tiefgepflügter) humoser Oberboden Feinsand, humos, schluffig, z.T. schwach mittelsandig,
2	RKS 1 und RKS 2	≥0,70 (kann ggf. noch tiefer reichen, da verm. tiefgepflügt)	≥5 (ET)	(glazi-)fluviale Sande Feinsand, schluffig bis schwach schluffig, schwach mittelsandig bis mittelsandig

4.2 Grundwasserverhältnisse

Der in den Bohrlöchern der Rammkernsondierungen am 21.03.2024 gemessene Grundwasserspiegel (Ruhewasserstand) ist in nachfolgender Tabelle 2 aufgeführt.

Tabelle 2: Lage des Grundwasserspiegels

Messpunkt	Lage des Grundwasserspiegels (21.03.2024)	
	[m unter GOK]	[m rel. Höhe]
RKS 1	1,10	-1,10
RKS 2	1,10	-1,15

Infolge der jahreszeitlichen Schwankungen des Grundwasserspiegels sind Aussagen zum maximal bzw. minimal zu erwartenden Wasserstand ausschließlich nach Langzeitmessungen in geeigneten Messstellen möglich.

Aufgrund der vorangegangenen Witterung ist davon auszugehen, dass die gemessenen Grundwasserstände etwa dem mittleren Grundwasserhochstand (relevant zur Bemessung von Versickerungsanlagen) entsprechen.

Es muss damit gerechnet werden, dass in extrem niederschlagsreichen Witterungsperioden der maximale Grundwasserhöchststand (Bemessungswasserstand) noch etwa 0,5 m über den gemessenen Werten, d.h. auf etwa 0,6 m unter GOK bzw. -0,6 m rel. Höhe bezogen auf den gewählten Höhenfestpunkt, reichen kann.

4.3 Ermittelte Wasserdurchlässigkeit

Die im Plangebiet ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) des anstehenden Bodens sind in nachfolgender Tabelle 3 aufgeführt. Die einzelnen Messdaten können der Anlage 4 entnommen werden.

Der gemessene k_f -Wert wurde nach DWA-A 138 mit dem Faktor 2 multipliziert, da im Feldversuch meist keine vollständig wassergesättigten Bedingungen erreicht werden.

Tabelle 3: Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte)

Messpunkt	Materialbeschreibung	Messtiefe [m unter GOK]	aus den Messwerten abgeleiteter Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert)
VU 1 (RKS 1)	Feinsand, schluffig, schwach mittelsandig	0,70 – 0,80	3×10^{-5} m/s

Somit kann für die geprüften (humusfreien) **schluffigen Feinsande** ein k_f -Wert von **3×10^{-5} m/s** angesetzt werden.

5 Bautechnische Beurteilung des Untergrundes

5.1 Bodenmechanische und bautechnische Eigenschaften und Kennwerte

Die Baugrundsichten weisen generell die in nachfolgender Tabelle 4 aufgeführten bautechnischen Eigenschaften auf. Die Bewertung bzw. Einstufung beruht dabei auf Angaben der DIN 18196 und der DIN 1055 sowie auf eigener Beurteilung.

Die Werte gelten für die beschriebene Hauptbodenschicht im ungestörten Lagerungsverband, d.h. ohne z.B. baubedingte Auflockerungen oder Vernässungen.

Tabelle 4: Übersicht über die bautechnischen Eigenschaften der aufgeschlossenen Böden

Allgemeine Beurteilung			
Homogenbereich		1	2
Bodenart		(tiefgepflügter) humoser Oberboden Feinsand, humos, schluffig, z.T. schwach mittelsandig,	(glazi-)fluviatile Sande Feinsand, schluffig bis schwach schluffig, schwach mittelsandig bis mittelsandig
aufgeschlossen in		RKS 1 und RKS 2	RKS 1 und RKS 2
Tiefenbereich [m unter GOK]	Schichtoberkante	0	≥0,70 (kann ggf. noch tiefer reichen, da verm. tiefgepflügt)
	Schichtunterkante	≥0,70 (kann ggf. noch tiefer reichen, da verm. tiefgepflügt)	≥5 (ET)
Lagerungsdichte		sehr locker bis locker	bis zu einer Tiefe von etwa 1 m unter GOK locker, darunter vorwiegend mitteldicht
Bodengruppe nach DIN 18196		OH	SE - SU
Bodenklasse nach DIN 18300		1	3
Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 2017		F2 – F3	F1 – F2
Verdichtbarkeitsklasse nach ZTVE-StB 2017		k.A.	V1
abgeschätzter Durchlässigkeitsbeiwert k_r [m/s]		1×10^{-5} bis 5×10^{-4}	1×10^{-5} bis 5×10^{-4}
Bodenkennwerte für erdstatische Berechnungen			
Wichte erdfeucht γ [kN/m ³]		17,0 – 18,0	17,0 – 18,0
Wichte unter Auftrieb γ' [kN/m ³]		9,5 – 10,5	9,5 – 10,5
Reibungswinkel ϕ' [°]		30,0	32,5
Kohäsion c' [kN/m ²]		keine	keine
Steifemodul E_s [MN/m ²]		k.A.	40 – 60
Bautechnische Eignung ^{A)}			
Baugrund für Gründungen		ungeeignet	gut geeignet

^{A)} Einstufung nach DIN 18196 und eigener Beurteilung

5.2 Bemessungswert des Sohlwiderstandes

Der Lastabtrag von Hochbauten erfolgt voraussichtlich über die humusfreien Böden des Homogenbereiches 2 sowie ggf. über eine eingebrachte Schicht aus gut

verdichtungsfähigem, frostunempfindlichem, kornabgestuftem Material (z.B. Bodengruppen SE, SI, SW nach DIN 18196).

Mit dem Programm GGU-Footing wurden exemplarisch unter Verwendung der im Kapitel 5.1 angegebenen Bodenkennwerte für die aufgeschlossenen Bodenverhältnisse Setzungsberechnungen nach DIN 1054:2010 (Eurocode 7) für Gründungen über Streifenfundamente und Sohlplatten durchgeführt. Die Berechnungen wurden unter Verwendung von den Grenzzuständen GEO-2 (Nachweis der äußeren Abmessungen) und der Bemessungssituation BS-P (permanent) ausgeführt. Die Berechnungen sind der Anlage 5 zu entnehmen.

Es kann im Rahmen der Entwurfsplanung unter Voraussetzung einer mind. mitteldichten Lagerungsdichte der eingebauten Böden für **Streifenfundamente** mit einer **Einbindetiefe von 0,8 m unter GOK** (frostsichere Gründungstiefe) und einer **Breite von 0,4 m** überschlägig ein **Bemessungswert des Sohlwiderstandes** von mind. $\sigma_{R,d} = 270 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden. Für Einzelfundamente mit einer **Einbindetiefe von 0,8 m unter GOK** (frostsichere Gründungstiefe) und mit einer **Länge und Breite** von je **1 m** kann überschlägig ein **Bemessungswert des Sohlwiderstandes** von mind. $\sigma_{R,d} = 419 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden.

Bei den genannten aufgeführten Bemessungswerten sind Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen in der Größenordnung von bis zu 1 cm zu erwarten. (Hinweis: Bemessungswerte des Sohlwiderstandes sind keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11).

Höhere Bemessungswerte können bei größeren Fundamentbreiten und / oder größeren Einbindetiefen der Fundamente angesetzt werden.

Es kann im Rahmen der Entwurfsplanung für die Bemessung einer **Sohlplatte** nach dem Bettungsmodulverfahren überschlägig ein **Bettungsmodul** von $k_s = 15 \dots 17 \text{ MN/m}^3$ in Ansatz gebracht werden. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der Bettungsmodul keine Bodenkonstante ist, sondern von der Geometrie des Bauwerkes, den tatsächlichen Bauwerklasten und dem am Gründungsstandort vorhandenen Baugrundaufbau abhängt. Der Bettungsmodul sollte nach Ermittlung der tatsächlichen Bauwerklasten nochmals geprüft werden.

Es handelt sich bei den angegebenen Bemessungswerten um überschlägig ermittelte Werte, die für konkrete Hochbaumaßnahmen nochmals gezielt geprüft werden sollten.

6 Allgemeine Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung für Hochbaumaßnahmen

Die Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung richtet sich nach dem aus den Rammkernsondierungen und Rammsondierungen bekannten Bodenaufbau unter geotechnischen Gesichtspunkten.

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Baugrundverhältnisse außerhalb der Untersuchungspunkte von der aufgeschlossenen Bodenschichtung bzw. den vorgefundenen Schichtstärken abweichen können. Die vorliegende Gründungsempfehlung hat daher nur orientierenden Charakter. Es sollten nach Vorliegen konkreter Bebauungspläne nochmals objektbezogene Baugrunduntersuchungen ergänzt werden.

Die aufgeschlossenen Böden lassen eine konventionelle Flachgründung von Hochbaumaßnahmen grundsätzlich zu. Zur Herstellung eines tragfähigen Planums sind die nachfolgend beschriebenen Maßnahmen durchzuführen.

Der humushaltige Boden des Homogenbereiches 1 ist für den Abtrag von Bauwerkslasten als ungeeignet zu bewerten und sollte daher im Gründungsbereich vollständig ausgekoffert und ggf. durch geeigneten Füllsand (s.u.) ersetzt werden.

In Abhängigkeit von der Aushubtiefe und der vorgesehenen Einbindetiefe der Gewerke (Bodenplatte bzw. Fundamente) muss im Zuge der Aushubarbeiten ein seitlicher Überstand entsprechend der ausgekofferten Tiefe beachtet werden (Lastausbreitungswinkel 45°), d.h. erfolgt der Erdaushub (Bodenaustausch) z.B. bis zu 1 m unterhalb der Gründungsebene (Einbindetiefe Fundamente), sollte der Aushub (Bodenaustausch) auch mit einem seitlichen Überstand von 1 m über die Außenkante der Gewerke hergestellt werden. Bei den Aushubarbeiten sind die Vorgaben der DIN 4123 zu beachten.

Gemäß DIN 4124 darf beim Aushub von Baugruben ab einer Tiefe von 1,25 m unter GOK ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit ein zulässiger Böschungswinkel von $\beta \leq 45^\circ$ bei nichtbindigen oder weichen bindigen Böden nicht überschritten werden. Bei mind. steif konsistenten, bindigen Böden ist ein Böschungswinkel von $\beta \leq 60^\circ$ einzuhalten.

Ausgekoffertes Material ist ggf. bis zur Sollhöhe des Planums durch geeignetes Material (humusfreies, verdichtungsfähiges, frostunempfindliches, kornabgestuftes Material, z.B. Bodengruppen SE, SI, SW nach DIN 18196) zu ersetzen, welches lagenweise einzubauen und in 6 - 10 Übergängen, bei einer Schüttstärke von max. je 0,4 m mit geeignetem Gerät auf mindestens mitteldichte Lagerung zu verdichten ist. Nach durchgeführten Verdichtungsarbeiten ist auf dem Sandplanum ein Verdichtungsgrad von $E_{v2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$ oder $D_{Pr} \geq 98\%$ nachzuweisen.

Für die erforderlichen Erdarbeiten ist ein Abstand zum Grund- bzw. Schichtwasserspiegel von mind. 0,5 m einzuhalten (siehe Kap. 8 Bauwasserhaltung).

Die Gründung der Fundamente sollte in frostsicherer Tiefe von mind. 0,8 m unter Geländeoberkante erfolgen.

Es muss damit gerechnet werden, dass in extrem niederschlagsreichen Witterungsperioden der maximale Grundwasserhöchststand (Bemessungswasserstand) ca. 0,5 m über den gemessenen Werten, d.h. auf etwa 0,6 m unter GOK bzw. -1,6 m rel. Höhe bezogen auf den gewählten Höhenfestpunkt, liegen kann (vgl. Kap. 4.2 Grund- und Schichtwasserverhältnisse).

Für erdberührte Gewerke, welche oberhalb des Bemessungswasserstandes einbinden, kann eine Abdichtung entsprechend der Wassereinwirkungsklasse W1-E „Bodenfeuchte und nicht drückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden“ gemäß DIN 18533-1 Abs. 8.5 (ggf. in Kombination mit einer funktionsfähigen Dränung nach DIN 4095) erfolgen.

Für erdberührte Gewerke, welche unterhalb des Bemessungswasserstandes einbinden, sollte die Bauwerksabdichtung entsprechend der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E „Drückendes Wasser (Grundwasser, Hochwasser, Stauwasser)“ gemäß DIN 18533-1 Abs. 8.6.1 erfolgen.

Eine mögliche Beton- / Stahlaggressivität des auftretenden Grundwassers ist zu beachten. Es ist daher nach erfolgter chemischer Analyse bzw. auf der sicheren Seite liegend eine entsprechende Expositionsklasse gemäß DIN EN-1992-1-1 für die in den Boden einbindenden Baustoffe zu wählen.

7 Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung für die Verkehrsflächen

Für den Verkehrsflächenaufbau werden die „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“ (RStO 12) zu Grunde gelegt. Es wird hierbei von einer Belastungsklasse Bk1,8 für die Verkehrsflächen ausgegangen. Gemäß der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) liegt das Baufeld in der Frosteinwirkungszone I.

Im Gründungsbereich der Verkehrsflächen sollten humushaltige Boden des Homogenbereiches 1 abgetragen werden. Die anstehenden humusfreien Sande des Homogenbereiches 2 sollten nach dem Freilegen mit geeignetem Gerät auf mind. mitteldichte Lagerung nachverdichtet werden (s.u.).

In Abhängigkeit von der Planungshöhe der Verkehrsflächen kann das Planum bei Bedarf mit gut verdichtungsfähigem, frostunempfindlichem, kornabgestuftem Bodenmaterial (z.B. Bodengruppen SE, SI, SW nach DIN 18196) aufgehöhht werden.

Als Verdichtungsziel sollte ein Verformungsmodul E_{v2} von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ bzw. eine Proctordichte D_{Pr} von $\geq 95 \%$ auf dem Planum nachgewiesen werden.

Auf dem Planum kann der Aufbau der neuen Verkehrsflächen entsprechend RStO 12 bei einer Bauweise mit einer Asphaltdecke beispielsweise nach Tafel 1, Zeile 5 für die Belastungsklasse Bk1,8 erfolgen (siehe Tabelle 5):

Tabelle 5: Empfohlener Aufbau entsprechend RStO 12 (Tafel 1, Zeile 5, Bk1,8) bei Bauweise mit Asphaltdecke

Einbauschicht	Geforderter Verformungsmodul E_{v2} [MN/m ²]	Einbaustärke [cm]
Asphaltdeckschicht	-	4
Asphalttragschicht	-	10
Schottertragschicht	150	30
Schicht aus frostunempfindlichem Material	80	12
Planum	45	-
Gesamtstärke frostsicherer Oberbau	-	56

Alternativ kann der Aufbau für die Verkehrsflächen entsprechend RStO 12 bei einer Bauweise mit einer Pflasterdecke nach Tafel 3, Zeile 3, für die Belastungsklassen Bk1,8 erfolgen (siehe Tabelle 6):

Tabelle 6: Empfohlener Aufbau entsprechend RStO 12 (Tafel 3, Zeile 3, Bk1,8) bei Bauweise mit Pflasterdecke

Einbauschicht	Geforderter Verformungsmodul E_{v2} [MN/m ²]	Einbaustärke [cm]
Pflasterdecke	-	10
Bettung	-	4
Schottertragschicht	150	30
Schicht aus frostunempfindlichem Material	80	12
Planum	45	-
Gesamtstärke frostsicherer Oberbau	-	56

Die für die Verkehrsflächen anzusetzende Belastungsklasse nach RStO 12 und der daraus resultierende Aufbau der Verkehrsflächen sind letztlich von planerischer Seite entsprechend dem zu erwartenden Verkehr (Lasten, Beanspruchung) festzulegen. Gegebenenfalls ist der Aufbau der Verkehrsflächen entsprechend anzupassen.

Zur Überprüfung einer ausreichenden Verdichtung des eingebauten Materials, insbesondere der Schottertragschicht, sollten auf dem Planum statische Plattendruckversuche gemäß DIN 18134 durchgeführt werden.

Bei der Herstellung des Planums, der Frostschutzschicht und der Tragschichten sind zudem die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau“ (ZTVE-StB 17) und die „Zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau“ (ZTV-SoB-StB 04) zu berücksichtigen.

8 Bauwasserhaltung

Bei den Erdarbeiten ist obligatorisch ein Abstand zum Grund- bzw. Schichtwasserspiegel von mind. 0,5 m einzuhalten.

Die Erdarbeiten im Zuge des Verkehrsflächenbaus sowie für nichtunterkellerte Hochbauten werden allenfalls bei hohen Grundwasserständen unter dem Schutz einer Wasserhaltung erfolgen müssen. Die Wasserhaltung sollte in diesem Fall in einem separat zu erstellenden Wasserhaltungskonzeptes bemessen werden.

Anfallendes Niederschlags- bzw. Tagwasser kann bei Bedarf über eine offene Wasserhaltung gefasst und nach Einholen einer entsprechenden wasserrechtlichen Erlaubnis z.B. in einen nahegelegenen Vorfluter bzw. die Kanalisation abgeleitet werden.

Um den Umfang einer Wasserhaltung möglichst gering zu halten, sollten die Erdarbeiten vorzugsweise zu trockenen Witterungsperioden mit niedrigen Grundwasserständen (z.B. in den Sommermonaten) erfolgen.

9 Eignung des Untergrundes zur dezentralen Versickerung von Niederschlagswasser

Die im Plangebiet aufgeschlossenen Boden- und Grundwasserverhältnisse sind für eine Versickerung von Niederschlagswasser grundsätzlich als geeignet zu bewerten.

In Anlehnung an die DWA (2005) ist zwischen der Sohle einer Versickerungsanlage und dem mittleren Grundwasserhochstand, welcher im Plangebiet bei etwa 1,1 m unter GOK bzw. -1,1 m rel. Höhe bezogen auf den gewählten Höhenfestpunkt anzusetzen ist, eine Sickerstrecke von mindestens 1,0 m einzuhalten. Diese Bedingung ist bei der Planung einer Versickerungsanlage zu berücksichtigen. Die Möglichkeit für eine Versickerung besteht an Standorten mit einem geringeren Flurabstand z.B. in der Ausführung von flachen Versickerungsmulden mit einer geringen Flächenbelastung (Au/As), ggf. in Kombination mit einer Aufhöhung des Geländes am geplanten Versickerungsstandort mit einem für eine Versickerung geeigneten Boden, sodass zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem mittleren Grundwasserhochstand bzw. einer wasserstauenden Bodenschicht eine Sickerstrecke von ≥ 1 m gegeben ist.

Zur Bemessung von Versickerungsanlagen kann für die untersuchten (humusfreien) schluffigen Feinsande (Boden des Homogenbereiches 2) ein k_f -Wert von rd. 3×10^{-5} m/s angesetzt werden.

Es wird empfohlen die Bodenverhältnisse am geplanten Standort für eine Versickerungsanlage nochmals gezielt zu prüfen.

10 Schlusswort

Sollten sich hinsichtlich der vorliegenden Bearbeitungsunterlagen und der zur Betrachtung zugrunde gelegten Angaben Änderungen ergeben oder bei der Bauausführung abweichende Boden- und Grundwasserverhältnisse angetroffen werden, ist der Gutachter sofort zu informieren.

Falls sich Fragen ergeben, die im vorliegenden Gutachten nicht oder nur abweichend erörtert wurden, ist der Verfasser zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

Spelle, 27. März 2024


Dr. rer. nat. Mark Overesch
Beratender Geowissenschaftler




Dipl.-Geol. Sven Ellermann

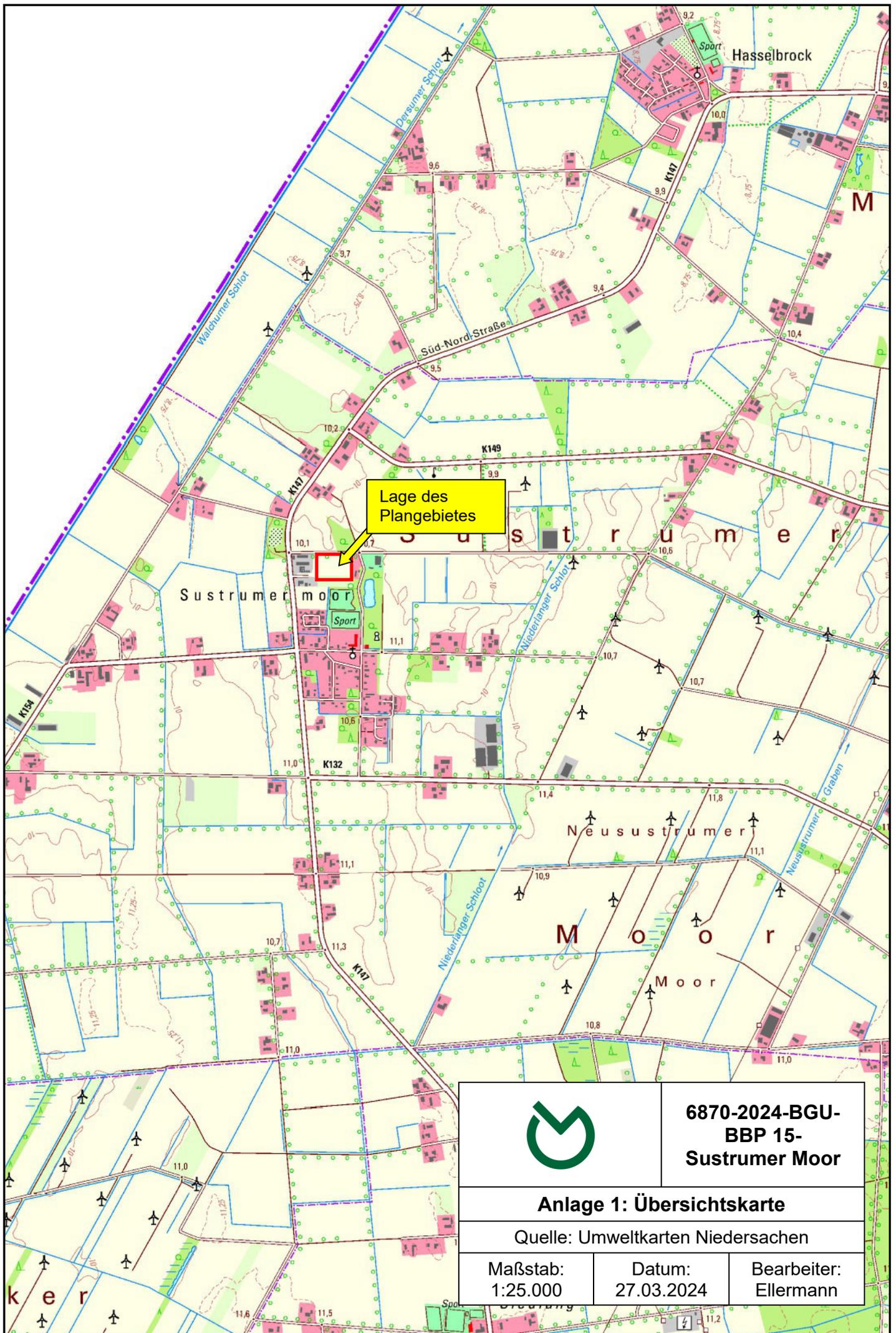
Literatur

DWA (2005): Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser. Arbeitsblatt DWA-A 138. Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef.

Anlagen

- Anlage 1: Übersichtskarte
- Anlage 2: Lageplan der Untersuchungspunkte
- Anlage 3: Bohrprofile der Rammkernsondierungen und Rammsondierdiagramme
- Anlage 4: Ergebnis der Versickerungsversuche
- Anlage 5: Setzungsberechnungen

Anlage 1: Übersichtskarte



Lage des Plangebietes

		6870-2024-BGU- BBP 15- Sustrumer Moor	
		Anlage 1: Übersichtskarte	
Quelle: Umweltkarten Niedersachsen			
Maßstab: 1:25.000	Datum: 27.03.2024	Bearbeiter: Ellermann	

Anlage 2: Lageplan der Untersuchungspunkte

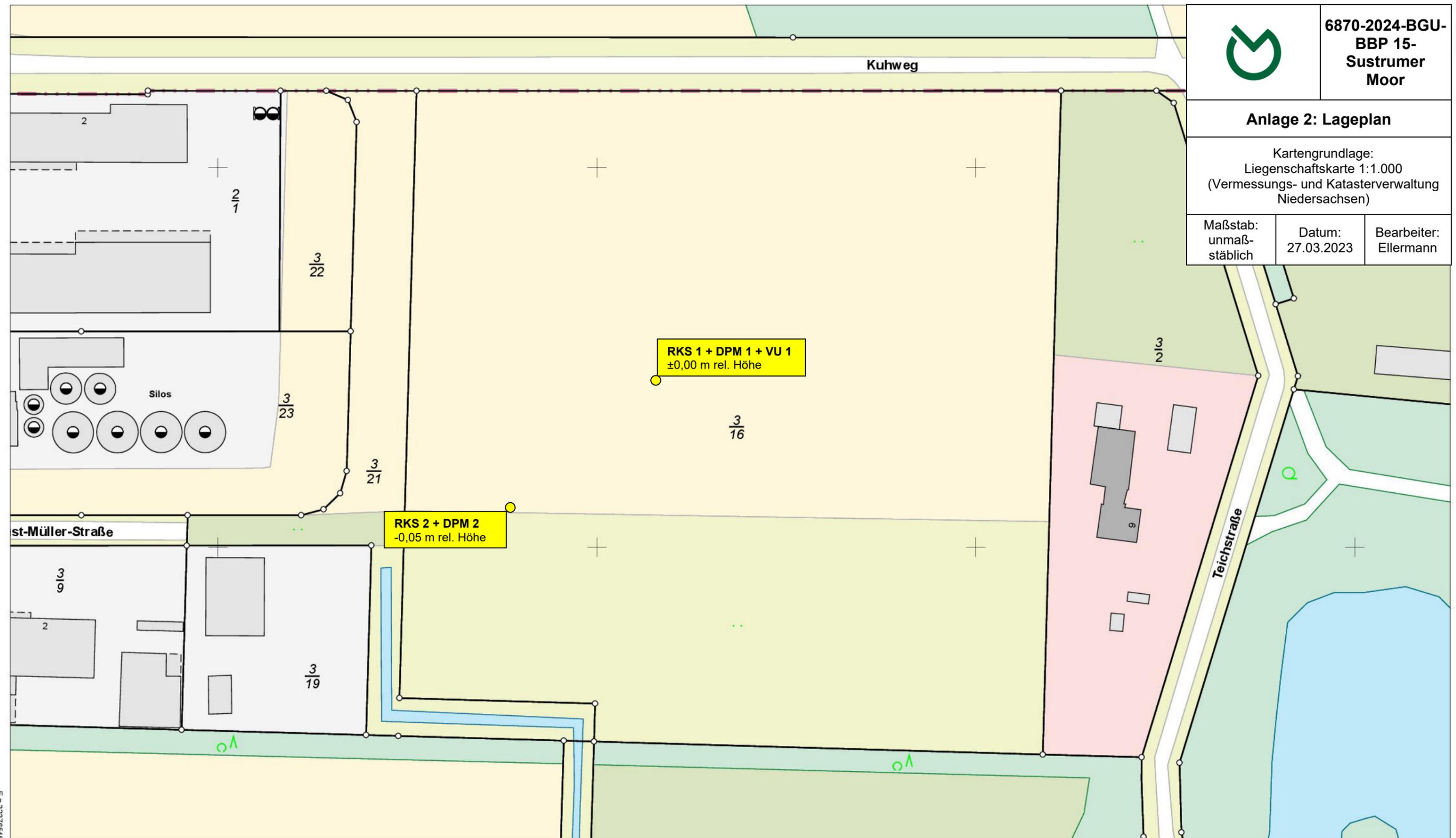


6870-2024-BGU-
BBP 15-
Sustrumer
Moore

Anlage 2: Lageplan

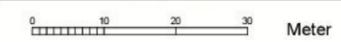
Kartengrundlage:
Liegenschaftskarte 1:1.000
(Vermessungs- und Katasterverwaltung
Niedersachsen)

Maßstab: unmaß- stäblich	Datum: 27.03.2023	Bearbeiter: Ellermann
--------------------------------	----------------------	--------------------------



F = 32376645

N = 5863123



**Vermessungs- und Katasterverwaltung
Niedersachsen**

Gemeinde: Sustrum
Gemarkung: Sustrum
Flur: 3 Flurstück: 3/16

**Liegenschaftskarte 1:1000
Standardpräsentation**

Erstellt am 27.03.2024
Aktualität der Daten 23.03.2024

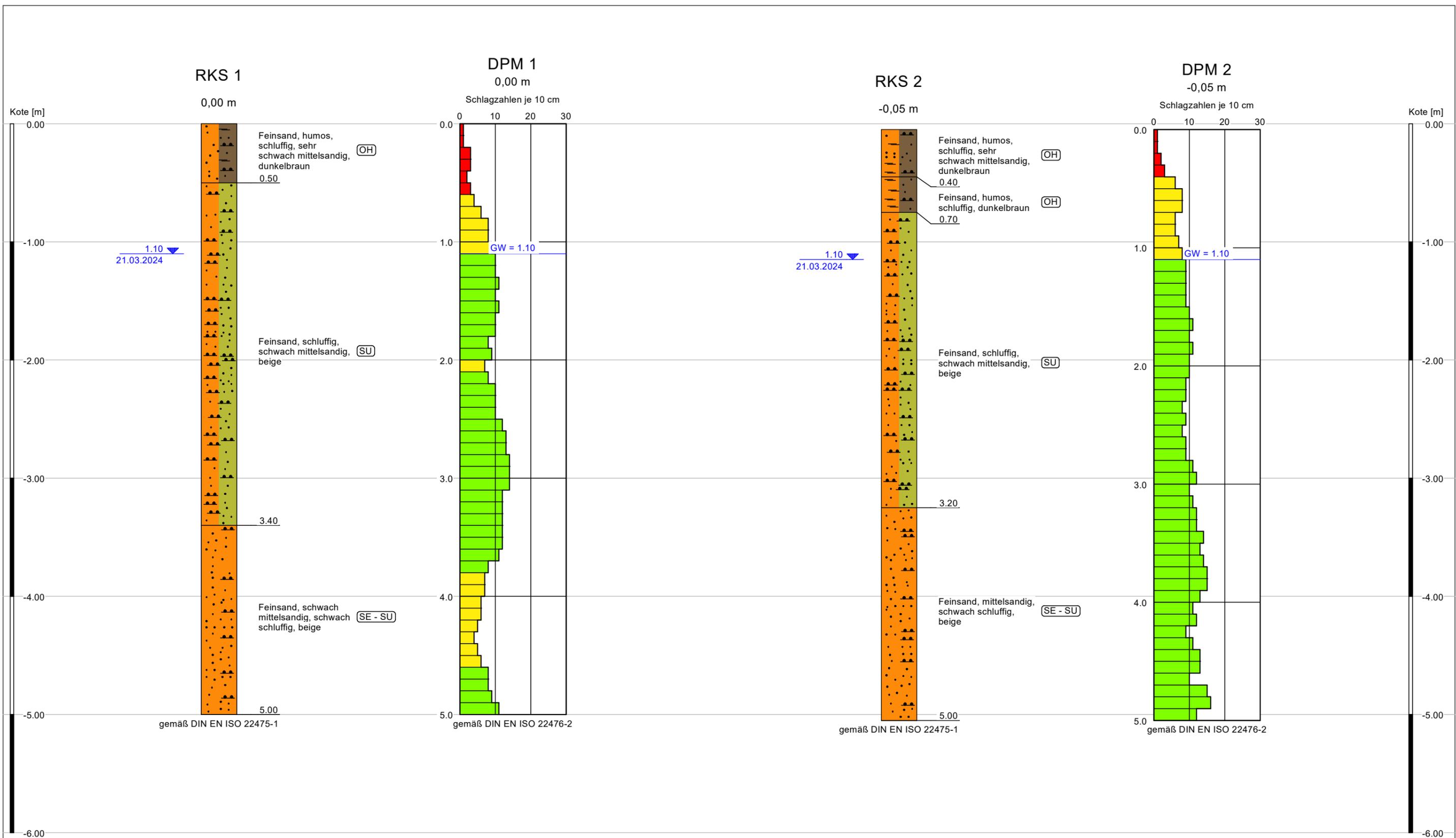
Verantwortlich für den Inhalt:
Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen
Regionaldirektion Osnabrück-Meppen - Katasteramt Meppen -
Obergerichtsstraße 18
49716 Meppen

Bereitgestellt durch:
Büro für Geowissenschaften M&O GbR

Bernard-Krone-Straße 19
48480 Spelle

Zeichen:
Bei einer Verwertung für nichteigene oder wirtschaftliche Zwecke oder einer öffentlichen Wiedergabe sind die Allgemeinen Geschäfts- und Nutzungsbedingungen (AGNB) zu beachten; ggf. sind erforderliche Nutzungsrechte über einen zusätzlich mit der für den Inhalt verantwortlichen Behörde abzuschließenden Nutzungsvertrag zu erwerben.

Anlage 3: Bohrprofile der Rammkernsondierungen und
Rammsondierdiagramme



Lagerungsdichte DPM

sehr locker (< 4/2)
locker (< 10/8)
mitteldicht (< 26/24)
dicht (< 44/42)
sehr dicht (>= 44/42)

1.10
21.03.2024 Grundwasserspiegel und Messdatum

M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN
Bernard-Krone-Straße 19, 48480 Spelle, www.mo-bfg.de

Projekt: 6870-2024-BGGo-
BV-GWG-Sustrumer-Moor-Sustrum

Anlage 3
Bohrprofile und Rammsondierdiagramme

Maßstab: Höhe: 1:30
Datum: 22.03.2024 Bearbeiter: Wiegmann

Anlage 4: Ergebnis der Versickerungsversuche

Ermittlung Durchlässigkeitsbeiwert

Versickerung im Bohrloch / WELL PERMEAMETER METHOD

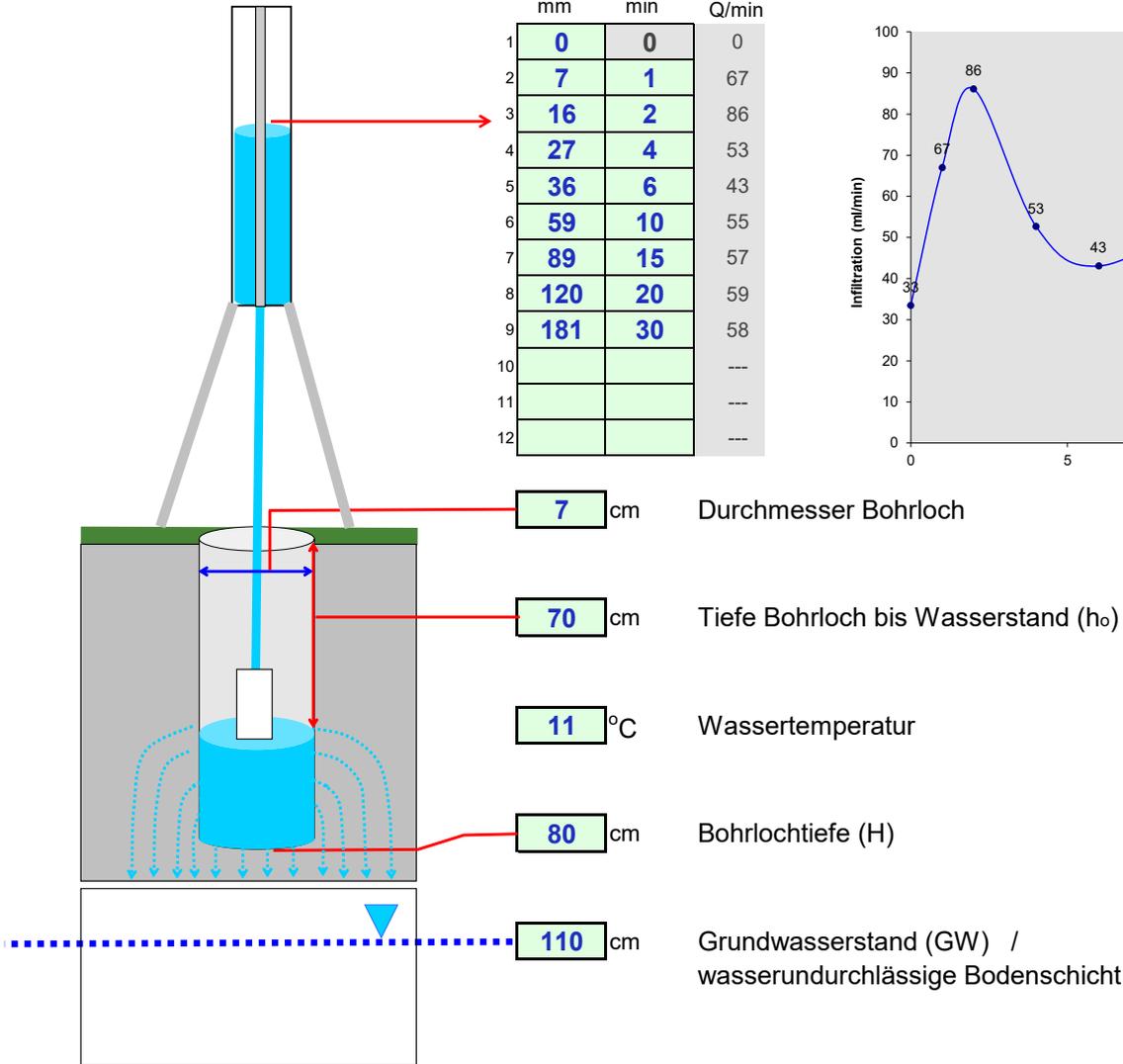
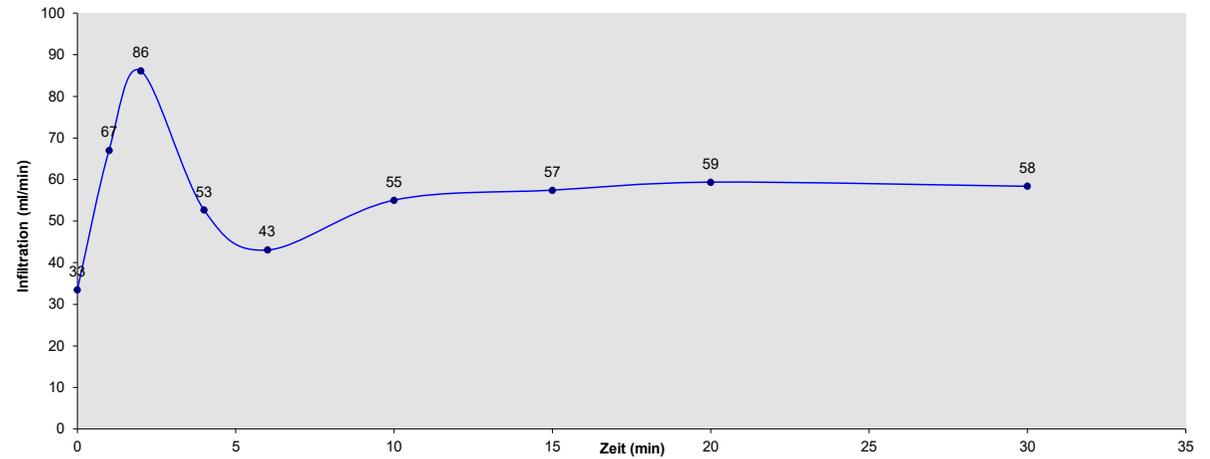
Projekt: 6870-2024 (Anlage 4)

Test: VU 1 (RKS 1)

Datum: 21.03.2024

Bearbeiter: Isbrecht

	mm	min	Q/min
1	0	0	0
2	7	1	67
3	16	2	86
4	27	4	53
5	36	6	43
6	59	10	55
7	89	15	57
8	120	20	59
9	181	30	58
10			---
11			---
12			---



Randbedingungen / Zwischenwerte:

Infiltrationsrate "Q"	0,97 ml/sec	Durchm.(mm): 110
	58,4 ml/min	
Radius-Bohrloch "r"	4 cm	
Wert "h ₀ "	70 cm	
Wert "h" = H-h ₀	10 cm	
Wert "S" = GW-H	30 cm	
Viskosität	1,3 Wasserviskosität im Bohrloch	

WASSER Für S ≥ 2h :
$$k = Q * \frac{\ln \left[\frac{h}{r} + \sqrt{\left(\frac{h}{r} \right)^2 + 1} \right] - 1}{2\pi * h}$$

FALSCH Für S < 2h :
$$k = Q * \frac{3 * \left(\ln \frac{h}{r} \right)}{\pi * h * (3h + 2S)}$$

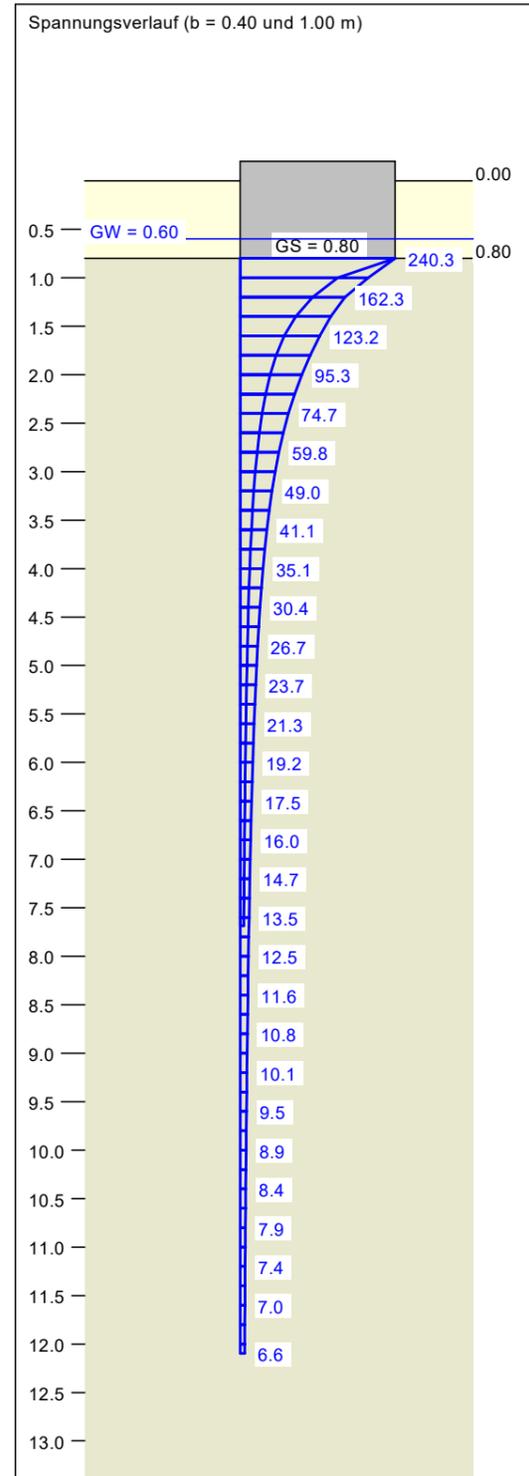
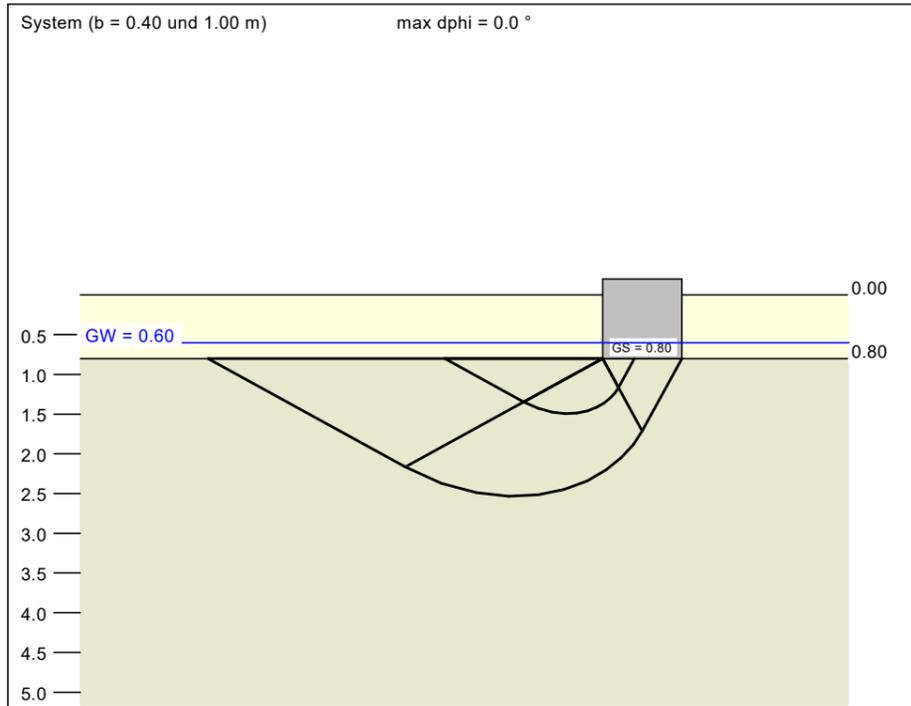
Kr-Wert: $1,5 * 10^{-5} \text{ m/s}$
130,2 cm/Tag

Anlage 5 **Setzungsberechnungen**

6870-2024 BGU Bebaungsplan Nr. 15, "Gewerbegebiet Sustrumer Moor, Teil II"
 Streifenfundamente (Einbindetiefe = 0,8 m unter GOK)

Boden	Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	E [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	0.80	17.5	10.5	32.5	0.0	40.0	27.0	0.33	Füllsand, md
	>0.80	17.5	10.5	32.5	0.0	50.0	33.7	0.33	Sand, md

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

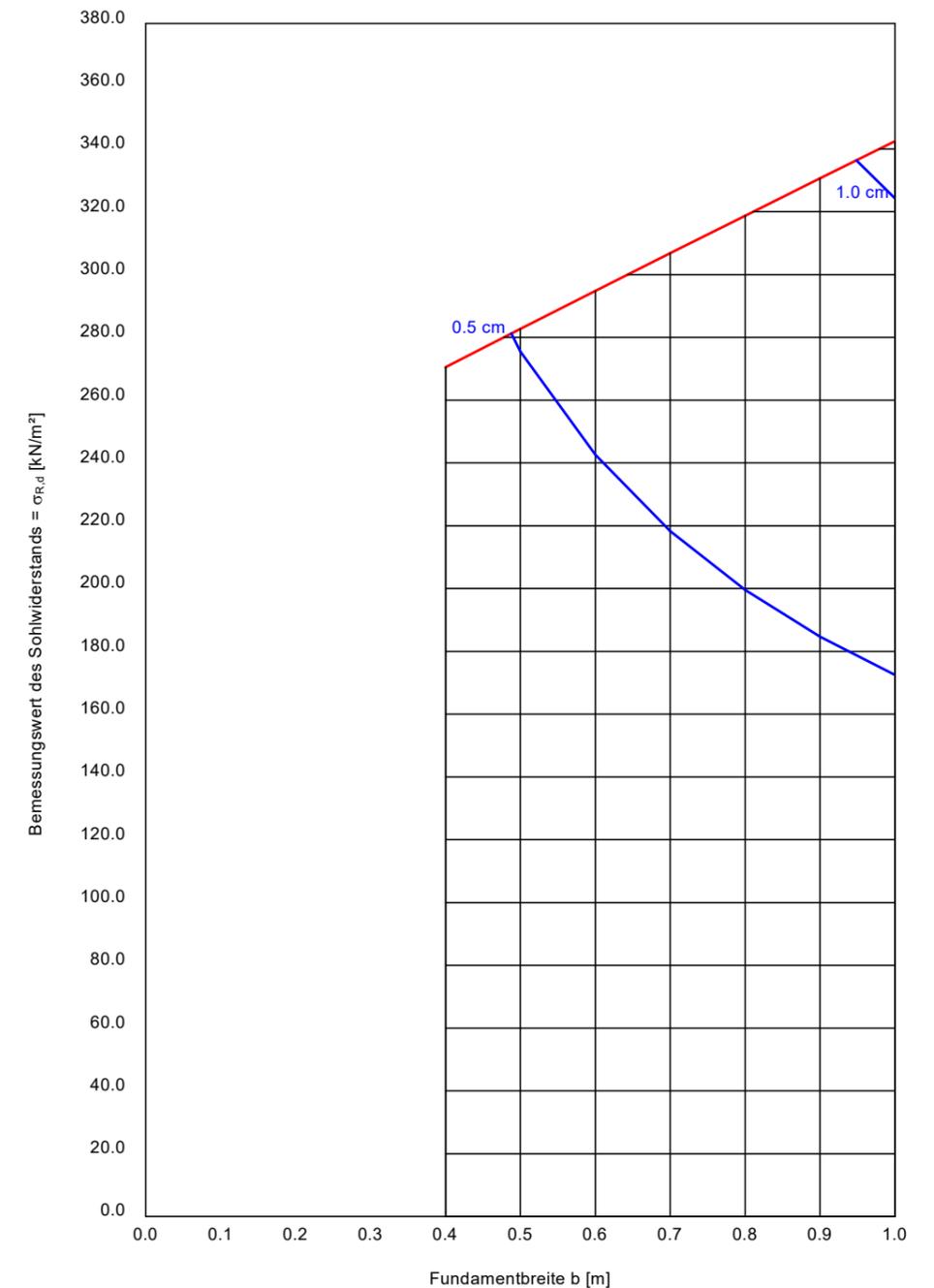


Berechnungsgrundlagen:
 6870-2024
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$

Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Gründungssohle = 0.80 m
 Grundwasser = 0.60 m
 Grenztiefe mit p = 5.0 %
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
 — Sohl Druck
 — Setzungen

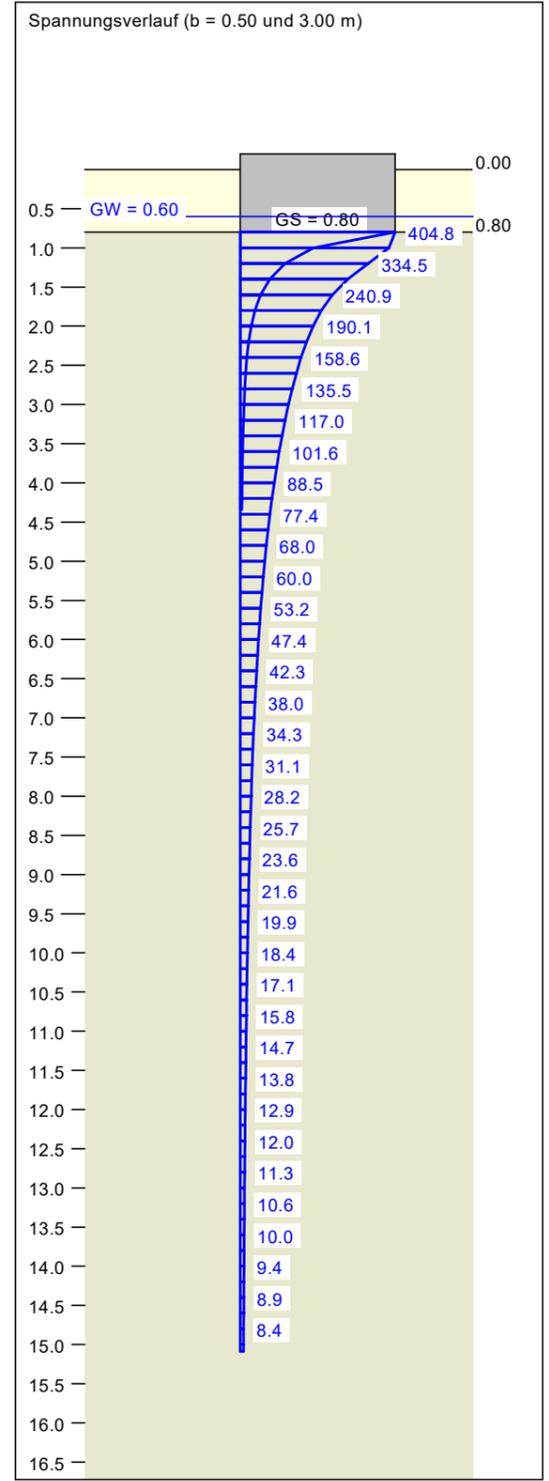
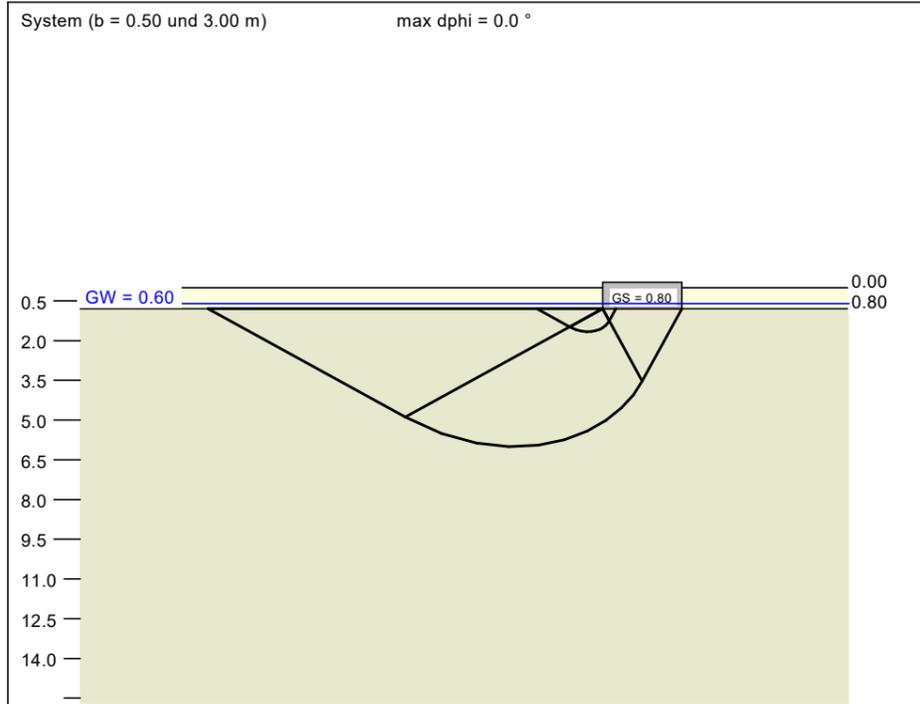
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{R,d}$ [kN/m]	zul $\sigma = \sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m ²]
10.00	0.40	270.6	108.2	189.9	0.41	32.5	0.00	10.50	12.60	7.68	1.49	46.1
10.00	0.50	282.7	141.4	198.4	0.51	32.5	0.00	10.50	12.60	8.56	1.67	38.6
10.00	0.60	294.8	176.9	206.9	0.62	32.5	0.00	10.50	12.60	9.36	1.84	33.4
10.00	0.70	306.8	214.8	215.3	0.73	32.5	0.00	10.50	12.60	10.10	2.01	29.7
10.00	0.80	318.8	255.0	223.7	0.83	32.5	0.00	10.50	12.60	10.80	2.19	26.8
10.00	0.90	330.6	297.6	232.0	0.95	32.5	0.00	10.50	12.60	11.46	2.36	24.5
10.00	1.00	342.5	342.5	240.3	1.06	32.5	0.00	10.50	12.60	12.10	2.53	22.7

zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{d,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{d,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{d,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50



Boden	Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	E [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	0.80	17.5	10.5	32.5	0.0	40.0	27.0	0.33	Füllsand, md
	>0.80	17.5	10.5	32.5	0.0	50.0	33.7	0.33	Sand, md

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

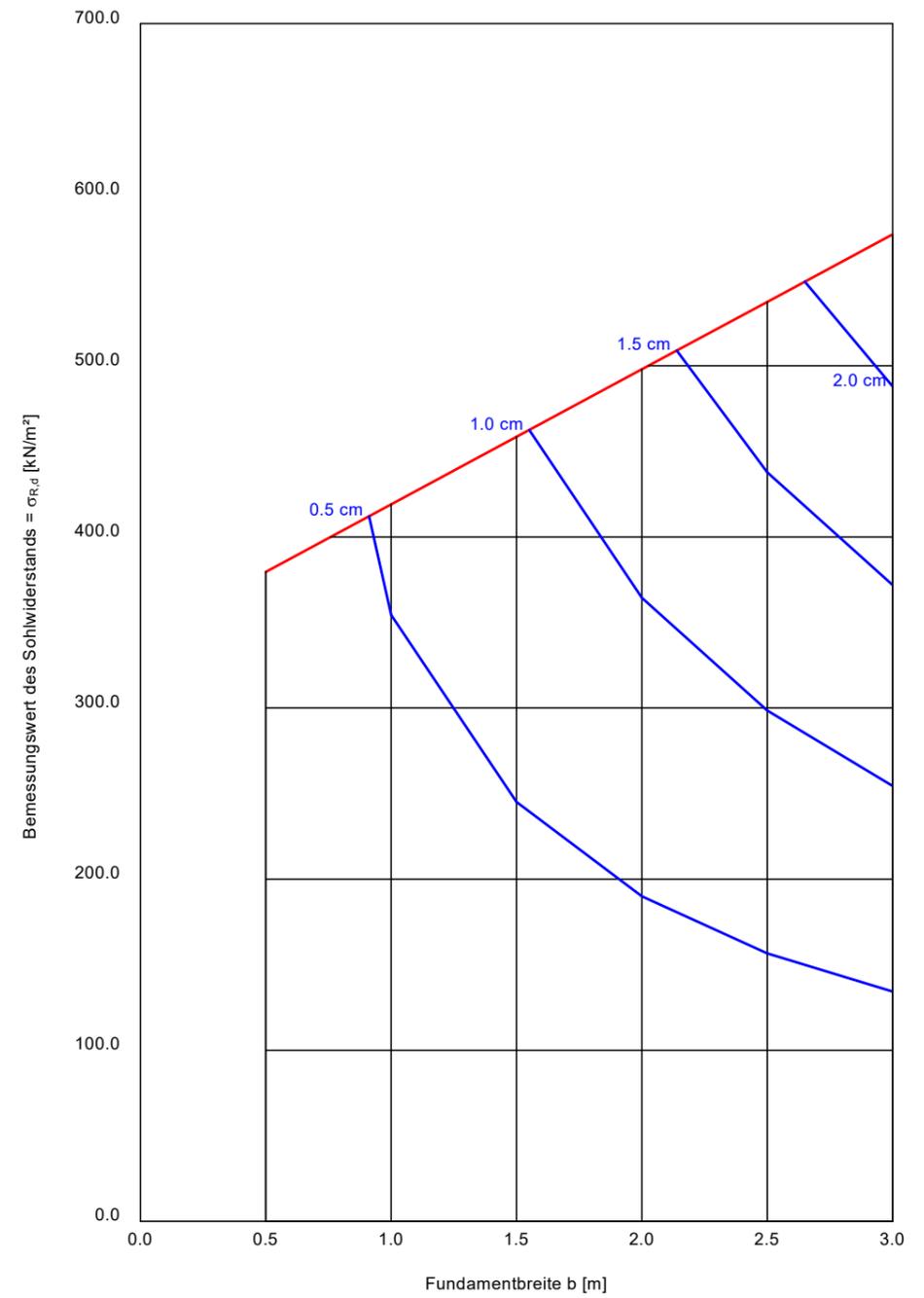


a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{R,d}$ [kN]	zul $\sigma = \sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_0 [kN/m ²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m ²]
0.50	0.50	379.6	94.9	266.4	0.27	32.5	0.00	10.50	12.60	4.34	1.67	97.0
1.00	1.00	419.0	419.0	294.1	0.60	32.5	0.00	10.50	12.60	6.80	2.53	49.4
1.50	1.50	458.5	1031.5	321.7	0.97	32.5	0.00	10.50	12.60	9.01	3.40	33.3
2.00	2.00	497.9	1991.6	349.4	1.39	32.5	0.00	10.50	12.60	11.10	4.27	25.2
2.50	2.50	537.3	3358.4	377.1	1.86	32.5	0.00	10.50	12.60	13.12	5.14	20.3
3.00	3.00	576.8	5191.1	404.8	2.39	32.5	0.00	10.50	12.60	15.09	6.00	17.0

zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{d,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{d,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{d,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

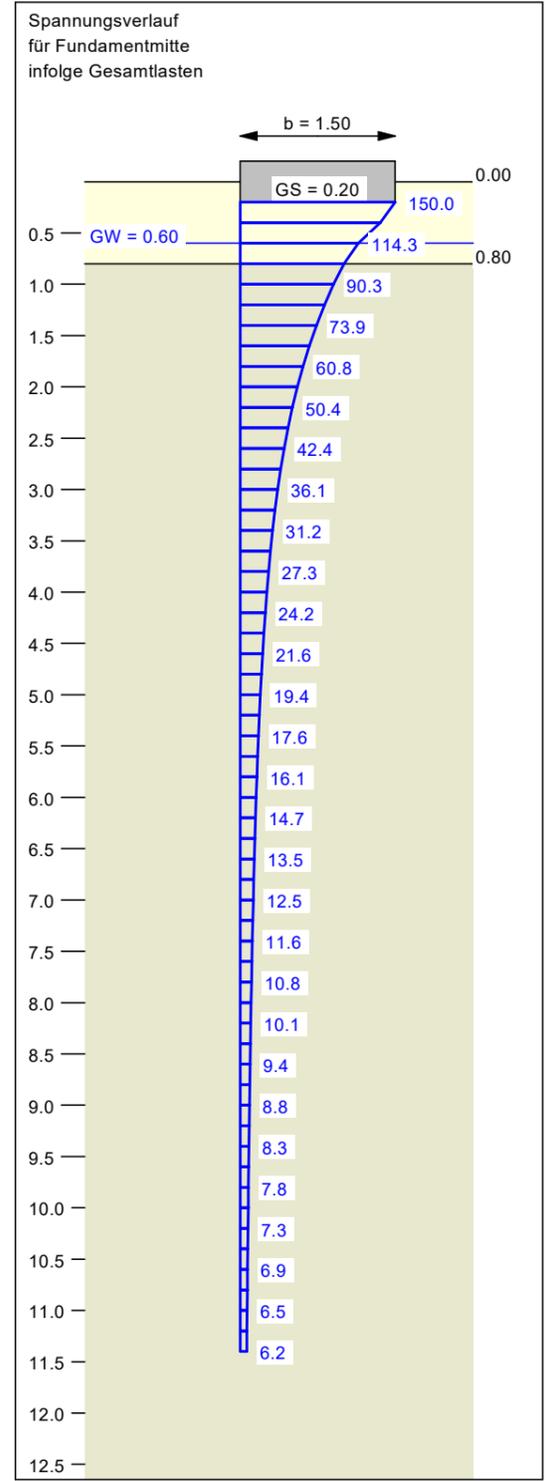
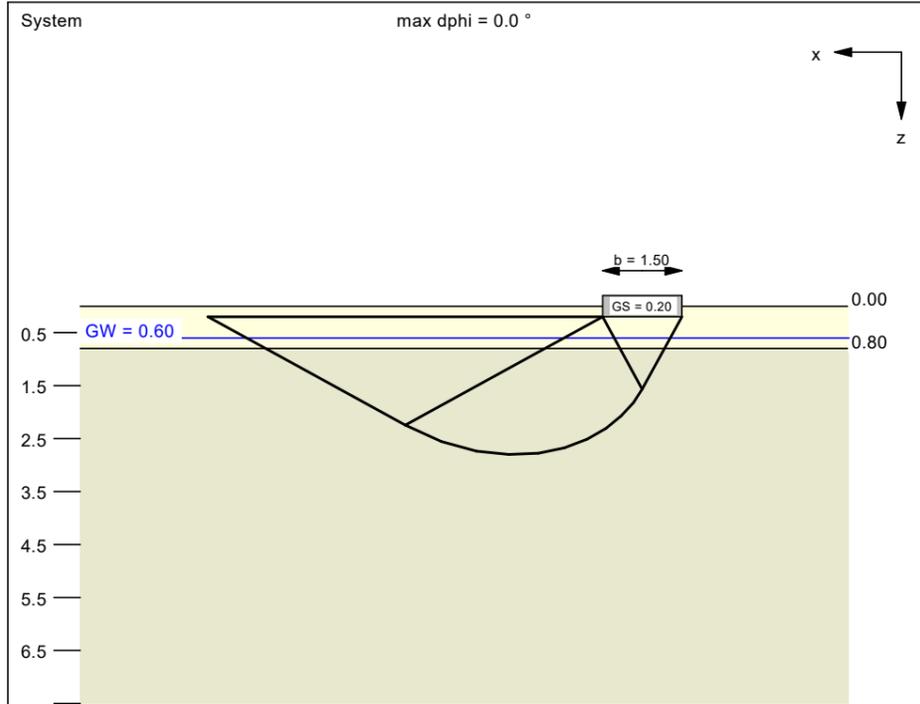
Berechnungsgrundlagen:
 6870-2024
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$

Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Gründungssohle = 0.80 m
 Grundwasser = 0.60 m
 Grenztiefe mit p = 5.0 %
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
 — Sohl Druck
 — Setzungen



Boden	Tiefe [m]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	E [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	0.80	17.5	10.5	32.5	0.0	40.0	27.0	0.33	Füllsand, md
	>0.80	17.5	10.5	32.5	0.0	50.0	33.7	0.33	Sand, md

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



Berechnungsgrundlagen:
 6870-2024
 Norm: EC 7
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.10$
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$
 Gründungssohle = 0.20 m
 Grundwasser = 0.60 m
 Grenztiefe mit p = 5.0 %
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 2250.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Länge a = 10.000 m
 Breite b = 1.500 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern
 Länge $a' = 10.000$ m
 Breite $b' = 1.500$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = 0.000$ m
 Resultierende im 1. Kern
 Länge $a' = 10.000$ m
 Breite $b' = 1.500$ m

cal $\sigma_0 = 3.50$ kN/m²
 UK log. Spirale = 2.80 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 10.81 m
 Fläche log. Spirale = 14.74 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
 $N_{c0} = 37.02$; $N_{d0} = 24.58$; $N_{b0} = 15.03$
 Formbeiwerte (x):
 $v_c = 1.084$; $v_d = 1.081$; $v_b = 0.955$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 11.40$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.88 cm
 Setzungen der KPs:
 links oben = 0.88 cm
 rechts oben = 0.88 cm
 links unten = 0.88 cm
 rechts unten = 0.88 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 0.0
 Verdrehung(y) (KP) = 0.0
 Nachweis EQU:
 Maßgebend: Fundamentbreite
 $M_{stab} = 2250.0 \cdot 1.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 1518.8$
 $M_{dst} = 0.0$
 $\mu_{EQU} = 0.0 / 1518.8 = 0.000$

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 353.6 / 252.61$ kN/m²
 $R_{n,k} = 5304.72$ kN
 $R_{n,d} = 3789.09$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 2250.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 3037.50$ kN
 μ (parallel zu x) = 0.802
 cal $\varphi = 32.5^\circ$
 cal c = 0.00 kN/m²
 cal $\gamma_2 = 12.11$ kN/m³

