

Buß Solar GmbH
Nordring 82
46325 Borken

Lübeck, 04.01.2024
- B 361723 -

Geotechnischer Untersuchungsbericht

zu den bodenmechanischen Feld- und Laboruntersuchungen, der Beschreibung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse und grundsätzlicher Bewertung hinsichtlich der Errichtung einer Solar-Freiflächenanlage

in 21514 Kankelau, Kankelauer Weg

Inhaltsübersicht:

1. Veranlassung/ Vorbemerkung
2. Bodenmechanische Untersuchungen
3. Grundwasser
4. Kennzeichnende Eigenschaften der Böden
5. Homogenbereiche
6. Bodenklassen und Bodenkennwerte
7. Gründungsberatung/-maßnahmen
8. ausführungstechnische Hinweise
8. Niederschlagswasserversickerung

- Anlagen:**
- | | |
|-----|---|
| 1 | Lage der Untersuchungspunkte |
| 2+3 | Bodenprofile, Widerstandsdiagramm und Wassergehalte |
| 4 | Körnungslinien |
| 5 | chemische Analysenbefunde |

1. Veranlassung/ Vorbemerkung

In Kankelau ist südlich der A24 und östlich des Kankelauer Weges auf einer Fläche von ca. 30ha die Errichtung einer Solar-Freiflächenanlage geplant. In diesem Zusammenhang wurde das Ingenieurbüro Reinberg, Lübeck, beauftragt, die Boden- und Grundwasserverhältnisse im Bereich der Fläche zu erkunden und zu beschreiben sowie die Tragfähigkeit und die Versickerungsfähigkeit der angetroffenen Böden hinsichtlich der Bebauung mit einer Solar-Freiflächenanlage allgemein zu beurteilen.

Zur Bearbeitung wurde ein Übersichtslageplan im M. 1:10.000, Informelles Rahmenkonzept vom 02.08.2023 von PROKOM Stadtplaner und Ingenieure GmbH, Lübeck, und Anforderungen an Geogutachten von Schletter The Solar Mounting Group vom 06.09.2017 zur Verfügung gestellt.

Das Gelände unterliegt zum Zeitpunkt der Feldarbeiten einer landwirtschaftlichen Nutzung und ist an der Geländeoberkante mit Oberboden angedeckt. Die zu bebauende Fläche ist annähernd eben und weist geringe Höhenunterschiede von bis zu 1m auf.

2. Bodenmechanische Untersuchungen

Am 28. + 29.09.2023 wurden zur Feststellung der Boden- und Grundwasserverhältnisse an insgesamt sechszehn auf der Fläche gleichmäßig verteilten Untersuchungspunkten (Raster ca. 150 x 150m) Kleinrammbohrung (n. DIN 4021/DIN EN ISO 22 475-1, DN 40-80mm) bis 5m unter Gelände abgeteuft. Zur Beurteilung der Tragfähigkeit der angetroffenen Böden wurden auftragsgemäß die Widerstandszahlen (N_{10} = Schlagzahlen je 10cm Eindringung) mit der Leichten Rammsonde (DPL-5 n. DIN 4094-3, alt) bis in eine Tiefe von 5,0m ermittelt.

Die Ergebnisse der Felduntersuchungen sind nach einer kornanalytischen Bestimmung der laufend entnommenen Bodenproben als farbige Bodenprofile und die Tragfähigkeitskennzahlen als farbig hinterlegte Widerstandsdiagramme zeichnerisch und höhengerecht auf die Oberkante des Kankelauer Weges bezogen, auf den beigefügten Anlagen 2 und 3 aufgetragen; die Bohransatzpunkte sind dem Luftbild der Anlage 1 zu entnehmen. Weiterhin sind links an den Bodenprofilen die im bodenmechanischen Labor an den bindigen Böden ermittelten Wassergehalte (n. DIN EN ISO 17892-1, Ofentrocknung) in Masseprozent und die in Feldansprache (n. DIN 4022, T1) ermittelten Konsistenzen sind rechts als Strichmarkierungen angegeben und dargestellt. Die nach dem Bohrende im Bohrloch gemessenen Grundwasserstände (Stichtagsmessung, nicht ausgepegelt) sind ebenfalls links an den Bodenprofilen in blau angetragen; wasserführende Bodenschichten sind mit einem senkrechten bauen Strich gekennzeichnet.

Es hat sich der nachfolgend beschriebene Bodenaufbau ergeben:

An der Geländeoberkante wurden an den Untersuchungspunkten ca. 0,3 bis 0,5m mächtige, schluffige, sandige, schwach kiesige bis kiesige, humose Oberböden angetroffen.

Darauf folgen bis zur Erkundungsendteufe Wechsellagerungen von gewachsenen Sanden und bindigen Geschiebeböden erbohrt.

Die Sande setzen sich kornanalytisch aus schwach schluffigen bis schluffigen, z.T. schwach grobsandigen, vereinzelt schwach humosen Fein- und Mittelsanden, z.T. schluffigen, schwach kiesigen bis kiesigen Fein- bis Grobsanden und schluffigen, schwach feinsandigen bis feinsandigen, schwach kiesigen Mittel- und Grobsanden zusammen. Die Lagerungsdichte der Sande ist nach den ermittelten Widerstandszahlen überwiegend als mindestens mitteldicht zu beschreiben.

Bei den bindigen Geschiebeböden handelt es sich überwiegend um entkalkten Geschiebelehm (Lg) und kalkhaltigen Geschiebemergel (Mg) in weich-steifer bis steif-halbfester Zustandsform und einem Beckenton/-mergel (BT/BTM) mit Feinsandstreifen in steifer Zustandsform.

Von den im relevanten Eingriffsbereich erkundeten Böden wurden, zur Bestimmung weiterer Kenndaten, im bodenmechanischen Labor des Unterzeichners sechs Labormischproben zusammengestellt und an diesen die Kornzusammensetzung durch Nasssieb- und Sieb-/Schlämmanalysen (n. DIN EN ISO 17982-4) ermittelt und als Durchgangssummenkurven im einfachlogarithmisch geteilten Koordinatensystem auf der Anlage 4 dargestellt. Die Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte k_f der Böden wurde in Anlehnung nach *Beyer* rechnerisch aus dem Körnungskurvenverlauf ermittelt, anhand von Erfahrungswerten verifiziert und diese sind ebenfalls der Anlage 4 zu entnehmen.

Weitere Einzelheiten zu den Boden- und Grundwasserverhältnissen sind aus den beigefügten Anlagen 1 + 2 ersichtlich.

Die organoleptisch/sensorische Ansprache der gewachsenen Böden war ohne Auffälligkeiten. Auf eine chemische Analyse zur Klassifizierung nach Ersatzbaustoffverordnung (EBV)/ Deponieverordnung (DepV) der bei der Baumaßnahme auszusetzenden Böden wurde vorerst verzichtet, da sie bei dieser Untersuchungsmethodik keine Auffälligkeiten zeigten. Generell sollte zum Beginn der Baumaßnahme eine Beprobung nach dem Merkblatt M20 der LAGA, Analysen nach

der EBV und der DepV erfolgen, wenn die auszusetzenden Böden zur Verwertung auf anderen Baustellen oder zur Beseitigung (Entsorgung) angedacht sind. Dabei ist zu beachten, dass die chemischen Analysen bei einer evtl. Beseitigung, nach den Vorgaben der Entsorgungsfachbetriebe (behördliche bzw. aus der LAGA zu begründenden Vorgaben gibt es nicht) nicht älter als 6 Monate sein sollten. Eine jetzige chemische Analyse, lediglich zur Planung/ Ausschreibung, der auszusetzenden Böden kann anhand von Rückstellproben (6 Monate Aufbewahrung) bzw. nach dem Fortschreiten der Planung vor einem Baubeginn ausgeführt werden. Für den späteren Bauablauf bzw. Bodenaushub ist eine aktuelle Analyse und evtl. zur Verwertung/Beseitigung die Untersuchung nach EBV/DepV zu veranlassen.

Nach den Anforderungen an ein Geogutachten von Schletter wurden von den angetroffenen Böden mit sandigem Charakter und von den bindigen Böden folgende drei Mischproben erstellt und auf Beton- und Stahlaggressivität im chemischen Labor analysiert, Ergebnisse s. Anlage 5.

MPB1: schluffige Fein- und Mittelsande aus Kleinbohrung 1, 2, 3/
Tiefen 0,5-1,2, 0,4-1,6, 0,5-1,2m;

MPB2: Geschiebelehm aus 4, 5, 10, 11/ 0,4-0,9, 0,4-1,5, 0,3-1,3, 0,5-1,4m;

MPB3: schluffige Fein- bis Grobsande aus 8, 9, 14, 15/ 0,4-1,5, 0,4-1,5, 0,5-1,3, 0,5-1,1m.

Demnach ist für die Bemessung der Bauteile aus Beton die Bodenaggressivität als praktisch nicht angreifend und für die Bemessung von Stahlbauteilen eine sehr geringe Mulden- und Lochkorrosion bzw. sehr geringe Flächenkorrosion anzusetzen.

3. Grundwasser

Zum Zeitpunkt der Untersuchungen wurde nach Beendigung der Feldarbeiten an den Bohrpunkten 7 und 12 Grundwasser in Tiefen von ca. 2,4 und 4,3m unter Gelände festgestellt. Dabei handelt es sich um auf und in den bindigen, wasserundurchlässigen Bodenhorizonten auf-/ eingestauten Niederschlags-/Stauwasser; sich frei bewegendes Grundwasser ist innerhalb der bindigen Bodenschichten (Lg, Mg, BT, BTM) nicht bzw. eingeschränkt in vorhandenen Sand-Schichten möglich.

Das Grundwasser an dem Punkt 1 wurde in gespannter Form unterhalb des bindigen Bodens angebohrt. Das hier entspannte Grundwasser wurde bei 3,7m unter Gelände eingemessen.

An den Untersuchungspunkten 4, 8, 9, 13 und 15 wurde Grundwasser in Tiefen von 1,9 bis 4,6m unter Geländeoberkante innerhalb der Sande angetroffen. Über die gewachsenen Sande steht das Wasser in hydraulischer Korrespondenz; grundsätzlich ist eine Fließrichtung in westlicher Richtung erkennbar.

An den Bohrpunkten 2, 3, 6, 10, 11, 14 und 16 wurde bis zur Erkundungsendtiefe kein Grund-, Stau-, oder Schichtenwasser ermittelt.

Aufgrund von klimatischen bzw. witterungsbedingten Einflüssen ist mit einem Grundwasseranstieg/-abfall um bis zu 0,8m zu rechnen. Zusätzlich wird es bei ungünstigen regnerischen Witterungsbedingungen auf den bindigen Böden zu Stauwasserbildungen kommen.

Der Bemessungswasserstand wird demnach auf die jeweilige Geländeoberkante festgelegt.

Aus der Erfahrung ist das versickernde Niederschlagswasser nach DIN 4030 (Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase) in der angetroffenen Bodenformation als nicht betonangreifend (<XA1) zu bewerten.

4. Kennzeichnende bodenmechanische Eigenschaften der Böden

Der Oberboden genießt einen besonderen Schutz (Mutterbodenschutzgesetz gemäß BauGB §202) und ist unterhalb bebauter Flächen (auch Garagen, Stellplätze und Verkehrsflächen) zum Beginn der Bauarbeiten generell abzutragen und zur Wiederverwendung seitlich in geeigneten Mieten zu lagern. Der Oberboden ist nach DIN 18300 ein eigener **Homogenbereich (O1)**; er ist in der Ausschreibung nach der DIN 18915 (Entwurf, Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Bodenarbeiten) und DIN 18320 (Landschaftsbauarbeiten) zu berücksichtigen.

Die gewachsenen Sande sind grundsätzlich als gut tragfähig zu beschreiben. Kornumlagerungen bzw. Setzungen treten rasch unmittelbar nach den Belastungen aus dem Rohbau bzw. den Verdichtungsarbeiten ein. Die Wasserleitfähigkeit ist nach DIN 18 130, Tab. 1 (Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit) mit schwach durchlässig bis durchlässig (10^{-8} - 10^{-4} m/s) zu beschreiben. Diese Böden sind im trockenen Zustand ebenfalls dem **Homogenbereich (B1)** (ab Uk. Oberboden/Geschiebeboden bis zum Grund-/Bemessungswasserstand) zuzuordnen. Die wassergesättigten Sande sind in den **Homogenbereich (B2)** (ab Bemessungswasserstand bis zur Schichtgrenze/ notwendigen Eingriffstiefe) einzuordnen.

Die gewachsenen bindigen Böden als Geschiebelehm/ -mergel (Lg/ Mg) und Beckenton/-mergel (BT/BTM) angesprochen, sind in der angetroffenen weich-steifen bis steif-halbfesten Zustandsform grundsätzlich tragfähig, neigen jedoch unter neuer ständiger Last zu langfristig abklingenden Konsolidierungssetzungen. Sie sind dem **Homogenbereich (B3)**, der sich ab der Unterkante des Oberbodens, Sande bis zur notwendigen Eingriffstiefe erstreckt, zuzuordnen. Aufgrund der Kornzusammensetzung (hoher Feinkornanteil) sind sie sehr schwach wasserdurchlässig (n. DIN 18 130, Tab. 1) sowie ausgeprägt frost- und wasserempfindlich. Bei Wasserzutritt und/ oder bei dynamischer Beanspruchung, z.B. durch Radlasten von Baufahrzeugen verlieren diese Böden infolge Gefügeveränderung ihre Festigkeit und weichen völlig auf.

In den bindigen Geschiebeböden ist insbesondere am Übergang zwischen den Sanden und dem Geschiebemergel/-lehm mit einem Anteil $\geq 30\text{M.}\%$ an Kiesen und Steinen bis zur Geröllgröße zu rechnen; die auch in Linsenbildung (konzentrierter Anhäufung) anstehen können.

5. Homogenbereiche (n. VOB, Teil C, DIN 18300)

Für die hier auszuführenden Erdarbeiten sind nach o.a. Norm der Homogenbereich O1, B1 und B3 maßgebend, die sich über die gesamte Baufläche (ab Geländeoberkante bis zum Gründungshorizont) erstreckt. Die Neigung der bindigen Böden zum Tragfähigkeitsverlust im Homogenbereich B2 sind bei den Gründungsarbeiten, in einer niederschlagsintensiven Zeit und einem damit verbundenen Anstieg des Grundwassers sowie möglichen Aufstau des Niederschlagswassers, grundsätzlich zu berücksichtigen.

Die anstehenden Böden können generell mit kettengeführten Hebezeugen (Bagger mit max. 15t mit baubetriebsüblichen Schaufeln) gelöst und geladen werden. Größere Bagger sollten aufgrund der Empfindlichkeit der Sande mit bindigem Charakter und den bindigen Böden (Lg, Mg, BT, BTM) immer mit einem Kettenlaufwerk ausgestattet sein. Ebenso ist es ratsam für notwendige Bodentransporte auch wendige Fahrzeuge (z. B. 3- und 4-Achser mit Allradantrieb) zu wählen bzw. temporäre Baustraßen anzulegen.

Der Bodenaushub im Bereich der bindigen Böden (Homogenbereich B3) hat in rückschreitender Arbeitsweise mit einem Bagger mit einer geraden Schaufelschneide (keine Zähne) so zu erfolgen, dass diese Böden in den Gründungsebenen nicht gestört werden. Während der Bauzeit ist dafür Sorge zu tragen, dass die Tragfähigkeit der im Gründungsbereich anstehenden frost- und witterungsempfindlichen bindigen Böden durch zufließendes Oberflächen- bzw. Niederschlagswasser, Frosteintrag oder durch die mechanische Einwirkung von Baufahrzeugen nicht beeinträchtigt wird.

Da die neue Nomenklatur bzw. die Umsetzung bei den Erd- und Straßenbauunternehmen erfahrungsgemäß bis zu diesem Zeitpunkt kaum Berücksichtigung gefunden haben wird, werden unter dem Abschnitt 3, Bodenklassen- und Kennwerte, die „alten“ Bodenklassen ebenfalls angegeben. Die zugehörigen „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, ZTV E-StB 17“ berücksichtigen bereits die Homogenbereiche.

6. Bodenklassen und -kennwerte

Für erdstatische Berechnungen können aufgrund der durchgeführten Untersuchungen und aus der Erfahrung folgende gewogene bodenmechanische charakteristische Kennwerte angesetzt werden. Weiterhin werden für Ausschreibungen nach neuer und alter VOB, Teil C, DIN 18300:09.2016 bzw. 09.2012 die Homogenbereiche und „alten“ Bodenklassen angegeben:

Oberboden:

Homogenbereich n. DIN18 300:	O1
Bodenklasse n. DIN 18300 (alt):	1
Bodengruppe n. DIN 18196:	OH

Sande:

Homogenbereich n. DIN18300:	B1, B2
Bodenklasse n. DIN 18300 (alt):	3, 4
Bodengruppe n. DIN 18196:	SU-SU*
Frostempfindlichkeit n. ZTV E-StB 17:	F3 (sehr frostempfindlich)
Raumgewicht: $\gamma / \gamma' =$	18/10kN/m ³
Scherfestigkeit: $\varphi_k =$	32,5°
Kohäsion: $c_k =$	0kN/m ²
Steifemodul: $E_{s,k} =$	40MN/m ²

Geschiebelehm -/mergel (Lg/Mg), weich-steif, steif, steif-halbfest:

Homogenbereich n. DIN18300:	B3
Bodenklasse n. DIN 18300 (alt):	4, 2 (wenn durch Wasserzutritt bzw. dynamischer Belastung der Boden in seinem Gefüge zerstört wird und dann den „Fließenden Bodenarten“ zuzuordnen ist)

Bodengruppe n. DIN 18196:	ST*-TL
Frostempfindlichkeit n. ZTV E-StB 17:	F3 (sehr frostempfindlich)
Raumgewicht: $\gamma / \gamma' =$	21/11kN/m ³
Scherfestigkeit: $\varphi_k =$	27,5°
Kohäsion: $c_k =$	10.0kN/m ²
Steifemodul: $E_{s,k} =$	30...40MN/m ²

Beckenton -/mergel (BT/BTM), steif:

Homogenbereich n. DIN18300:	B3
Bodenklasse n. DIN 18300 (alt):	4, 2
Bodengruppe n. DIN 18196:	TM-TA
Frostempfindlichkeit n. ZTV E-StB 17:	F3 (sehr frostempfindlich)
Raumgewicht: $\gamma / \gamma' =$	20/10kN/m ³
Scherfestigkeit: $\varphi_k =$	22,5°
Kohäsion: $c_k =$	12,5kN/m ²
Steifemodul: $E_{s,k} =$	25MN/m ²

7. Gründungsberatung/ -maßnahmen

Die unterhalb des Oberbodens in den frostfreien Gründungsebenen ($t \geq 0,8\text{m}$ unter Gelände) der geplanten Solar-Freiflächenanlagen anstehenden nicht bis sehr frostempfindlichen gewachsenen Böden, sind in den überwiegend angetroffenen mitteldichten Lagerungsverhältnissen bzw. steifen Zustandsformen als tragfähiger Baugrundhorizont anzusprechen und für die Ausführung von Flachgründungen von setzungsunempfindlichen Bauwerken auf Einzel- und Streifenfundamenten bzw. Fertigrampfpfählen unter Beachtung nachfolgender Hinweise als geeignet zu bewerten. Nach dem Abtrag des Oberbodens bzw. nach dem Fundamentaushub sind die oberflächlich gestörten Böden evtl. unter Wasserzugabe nachzuverdichten, bindige Bereiche sind nicht nachzuverdichten.

Der Oberboden ist unterhalb von Gründungselementen grundsätzlich auszusetzen.

Für evtl. Geländeregulierungsarbeiten bzw. Baugrubenauffüllungen ist ein tragfähiges Sand-Kies-Gemisch (Bodengruppe SW mit $D \geq 2\text{mm} \geq 20\text{M.-%}$ n. DIN 18 196, $k\text{-Wert} \geq 1 \cdot 10^{-4}\text{m/s}$, Verdichtungsanforderung: $D_{Pr} \geq 98\%$) unter Berücksichtigung des Lastausbreitungswinkels von 45° ab Fundamentaußenkanten, zu verwenden. Der Verdichtungserfolg ist zu überprüfen.

Die Bemessung für die Gründungselemente kann z.B. nach den Tabellen A6.1/ 6.2 (nicht bindige Böden) bzw. A6.5-6.8 (bindige Böden) nach Abschnitt 6.10 der DIN 1054 erfolgen.

Grundsätzlich kann ein frostsicherer Unterbau durch den Einbau von dem o.a. Sand-Kies-Gemisch unterhalb der Gründungsebene ausgeführt werden, so dass die Einbindetiefen möglicher Fundamente angepasst/reduziert werden können, um ein frostsicheres System zu erhalten. Die Forderungen der Hersteller der Anlagen hinsichtlich der Auflagerbedingungen sind zu berücksichtigen; der Bemessungswasserstand ist bis an Oberkante Gelände zu berücksichtigen.

Für eine dezidierte Gründungsberatung, nach Wahl/Vorlage der Gründungsart, bzw. Setzungsberechnungen nach Vorlager bestätigter Lasten stehen wir jederzeit gerne zur Verfügung.

Bei einer Gründung der Solar-Freiflächenanlage über Stahlbetonrampfpfähle sind die Anforderungen der Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“, EA-Pfähle 2. Auflage 2013, die DIN 1054:2005 bzw. EC 7-1 zu beachten und berücksichtigen. Demnach sind für maximale charakteristische Pfahlspitzendruck- und Pfahlmantelreibungswerte die in den Tabellen des Kapitels 5.4.4 Fertigrampfpfähle der EA-Pfähle angegebenen Mindestwerte in Ansatz zu bringen.

Bei dem Einbringen der Pfähle muss mit Rammhindernissen (Steine bis mind. Blockgröße auch in Anhäufungen) in den bindigen Geschiebeböden und am Übergang zw. Sand und bindigem Geschiebe gerechnet werden.

8. Ausführungstechnische Hinweise

Die Abtragsböden sind einer ordnungsgemäßen Verwertung oder Beseitigung gemäß Ersatzbaustoffverordnung/ Deponie-Verordnung zuzuführen.

Die Erdarbeiten sind möglichst bei trockener Witterung und zügig auszuführen, da der in der Gründungsebene anstehende frost- und witterungsanfällige bindige Boden (Lg, Mg, Sand mit schluffigen Bestandteilen) bei Wasserzufluss, infolge von Niederschlägen und dynamischer Beanspruchung durch radbetriebene Erdbaugeräte (z.B. Radlader, Radbagger, LKW), seine Konsistenz infolge Gefügezerstörung verändert und damit sein Tragverhalten verschlechtert bzw. völlig aufgibt. Niederschlagswasser ist sofort abzuleiten, das Erdplanum ist trocken zu halten und vor Frosteintrag zu schützen, oberflächlich aufgeweichte Bodenbereiche sind durch verdichteten Sand (Bodengruppe SE-SW n. DIN 18 196) zu ersetzen.

Dementsprechend ist ein rückschreitender Bodenabtrag mit glattschneidender Baggerschaufel auszuführen (das Aushubplanum darf nicht befahren werden). In der Fläche folgt unmittelbar der Vor-Kopf-Einbau der Bodenaustauschmaterialien, bindige Baugrubensohlen sind nicht nachzuverdichten.

Aufgrund der nach Niederschlägen auf dem bindigen Boden auftretenden Stauwassererscheinungen sowie z.T. langsam versickernden Niederschlagswassers sind während der Bauzeit Wasserhaltungsmaßnahmen (Planungsgefälle, Baudränagen, Pumpensümpfe etc.) vorzusehen.

Bei der Herstellung der Baugruben bzw. der Baugrubenböschungen sind die Vorgaben der DIN 4124 (Baugruben und Gräben, Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten) zu beachten.

Die Abnahme der Fundamentgräben und der Gründungsebenen durch einen erfahrenen Baugrunderbauer wird angeraten.

9. Niederschlagswasserversickerung

Nach den Vorgaben des Arbeitsblattes der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (ATV-DWVK-A 138) ist eine Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser im untersuchten Gebiet aufgrund der angetroffenen Boden- und Grundwasserverhältnisse lediglich eingeschränkt möglich.

Die bindigen Geschiebeböden sind als sehr schwach wasserdurchlässig ($< 10^{-8}$ m/s) zu beschreiben und somit für eine Versickerung nicht geeignet. Grundsätzlich liegt der entwässerungstechnische relevante Versickerungsbereich nach dem Arbeitsblatt ATV-DWVK-A 138 zwischen $1,0 \cdot 10^{-3}$ - $1,0 \cdot 10^{-6}$ m/s. Die oberflächennah angetroffenen Sande sind als wasserdurchlässig (10^{-4} - 10^{-6} m/s) bis schwach wasserdurchlässig (10^{-6} - 10^{-8} m/s) zu beschreiben, so dass eine

oberflächennahe Versickerung (Mulde-, flaches Rohrrigolensystem) in definierten Bereichen möglich ist.

Grundsätzlich ist bei der Planung einer Versickerungsanlage, der nach dem Arbeitsblatt geforderte Sicherheitsabstand von Unterkante Versickerungsanlage bis zum mittleren höchsten Grundwasserstand von >1m zu beachten. Zur Ermittlung einer den Verhältnissen und folgender Planung sinnvoll angepassten Versickerungsanlagen und deren Dimensionierungen sind dann weitere Beratungen notwendig.





Plangrundlage: Google Earth, Google LLC

BAUVORHABEN: Solar-Freiflächenanlagen Kankelau
in 21514 Kankelau, Kankelauer Weg

DARSTELLUNG: **LAGE DER UNTERSUCHUNGSPUNKTE**

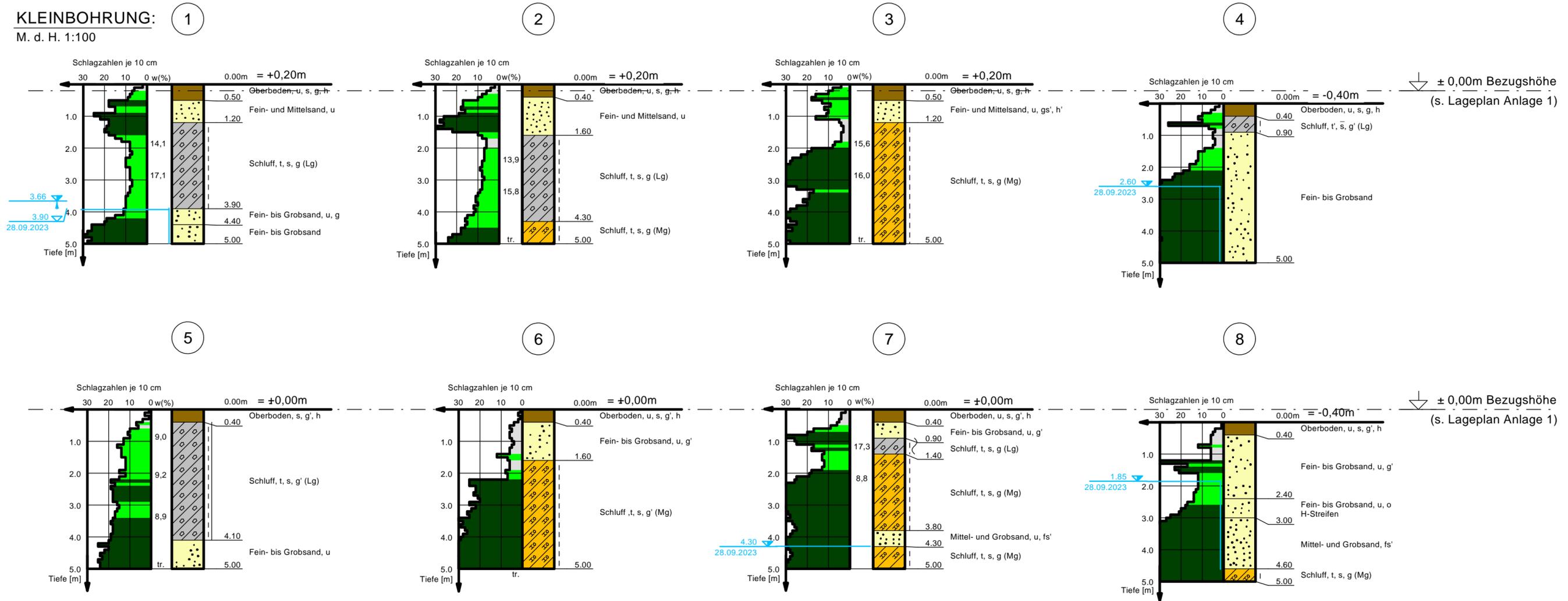
ANLAGE: 1 ZU: B 361723 DATUM: 06.09.2023 gez.: Kor gepr.: Rg

INGENIEURBÜRO REINBERG
 GEOTECHNISCHE KOMPETENZ
 ISAAC-NEWTON-STR. 7 23562 LÜBECK TEL. 0451/58 08 105
 E-Mail: info@ib-reinberg.de



KLEINBOHRUNG:

M. d. H. 1:100



Die Widerstandszahlen wurden mit der leichten Rammsonde DPL-5 nach DIN 4094-3 (alt) ermittelt

ERLÄUTERUNGEN:

BODENART	KURZZEICHEN	GRUNDWASSERSYMBOL
Steine	steinig X x	2,45 GW angebohrt
Kies	kiesig G g	30.04.98 GW Bohrende
Sand	sandig S s	2,45 GW Bohrende
Schluff	schluffig U u	30.04.98 GW Ruhe
Ton	tonig T t	2,45 GW Ruhe
Torf/Humus	humos H h	30.04.98 wasserführend
Mudde	organisch F o	
Auffüllung	A	
Kalkmudde	Wk	
Lehm	L	
Geschiebelehm, -mergel	Lg, Mg	
Beckenschluff, -mergel	BU, BUM	
Beckenton, -mergel	BT, BTM	
Geschiebesand	Sg	
Wiesenton	WT	
fein- mittel- grob- schwach stark	f- m- g-	
breiig weich steif halbfest gepreßt	§ } =	

BAUVORHABEN: Solar - Freiflächenanlage in 21514 Kankelau, Kankelauer Weg

DARSTELLUNG: **BODENPROFILE, WIDERSTANDSDIAGRAMME UND WASSERGEHALTE**

ANLAGE: 2 ZU: B 361723 DATUM: 16.10.2023 gez.: Rb gepr.: Rg

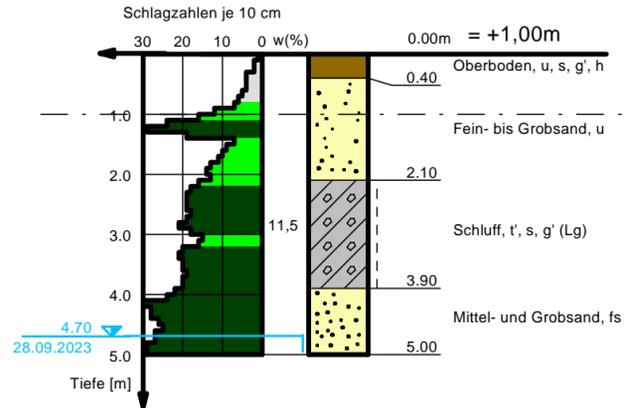
INGENIEURBÜRO REINBERG
 GEOTECHNISCHE KOMPETENZ
 ISAAC-NEWTON-STR. 7 23562 LÜBECK TEL. 0451/58 08 105 FAX 58 08 106
 E-mail: info@ingenieurbuero-reinberg.de



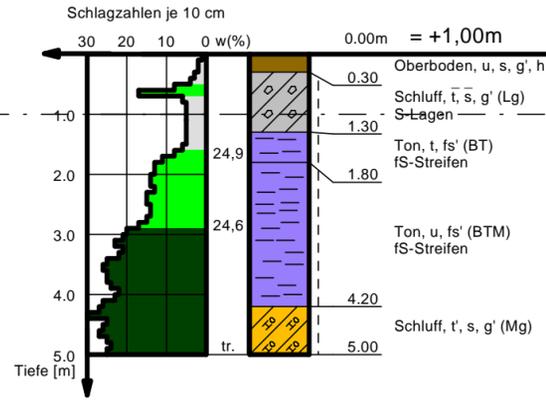
KLEINBOHRUNG:

M. d. H. 1:100

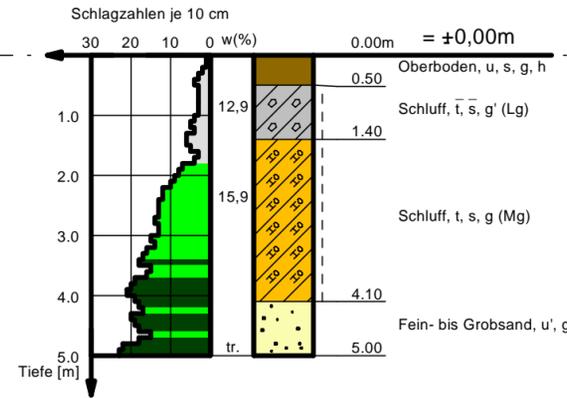
9



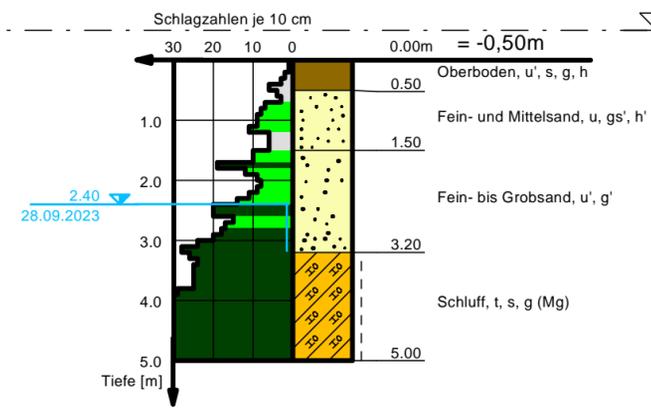
10



11

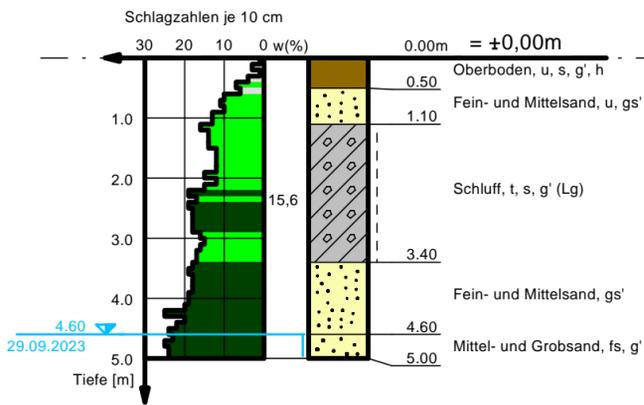


12

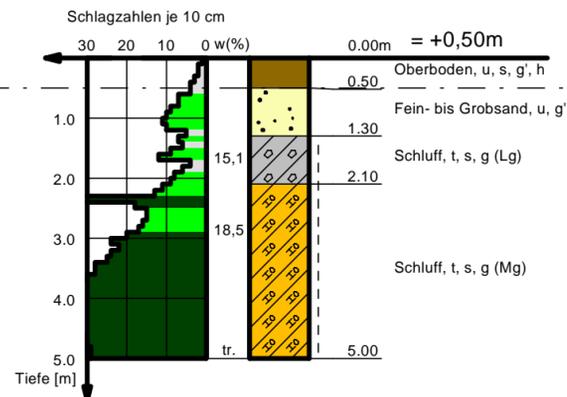


± 0,00m Bezugshöhe
(s. Lageplan Anlage 1)

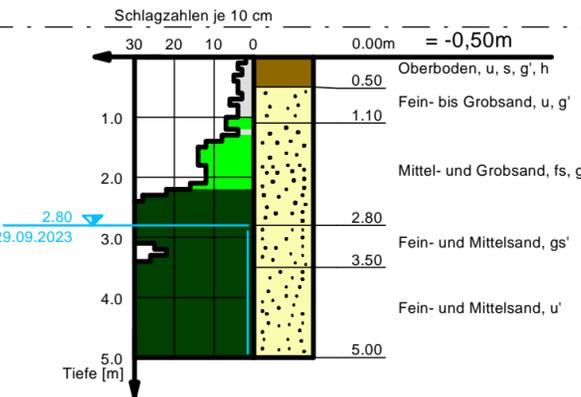
13



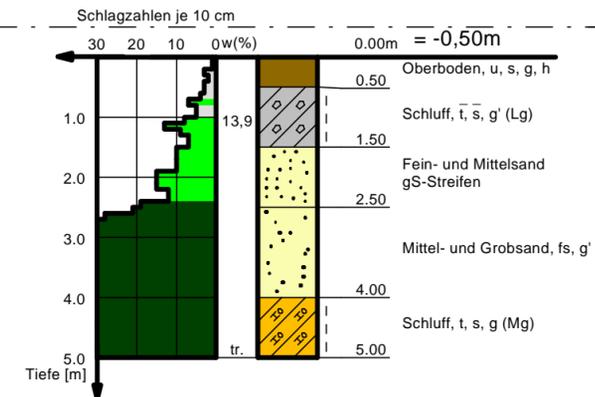
14



15



16



± 0,00m Bezugshöhe
(s. Lageplan Anlage 1)

Lagerungsdichte

	locker
	mitteldicht
	dicht

Die Widerstandszahlen wurden mit der leichten Rammsonde DPL-5 nach DIN 4094-3 (alt) ermittelt

ERLÄUTERUNGEN:

BODENART	KURZZEICHEN	GRUNDWASSERSYMBOL
Steine	steinig X x	2.45 GW angebohrt
Kies	kiesig G g	30.04.98
Sand	sandig S s	2.45 GW Bohrende
Schluff	schluffig U u	30.04.98
Ton	tonig T t	2.45 GW Ruhe
Torf/Humus	humos H h	30.04.98
Mudde	organisch F o	wasserführend
Auffüllung	A	
Kalkmudde	Wk	
Lehm	L	
Geschiebelehm, -mergel	Lg, Mg	
Beckenschluff, -mergel	BU, BUM	
Beckenton, -mergel	BT, BTM	
Geschiebesand	Sg	
Wiesenton	WT	
fein- mittel- grob- schwach stark	f- m- g- - -	
breiig weich steif halbfest	» >	
gepreßt	≡	

BAUVORHABEN:

Solar - Freiflächenanlage
in 21514 Kankelau, Kankelauer Weg

DARSTELLUNG:

**BODENPROFILE, WIDERSTANDSDIAGRAMME
UND WASSERGEHALTE**

ANLAGE: 3 ZU: B 361723

DATUM: 16.10.2023

gez.: Rb

gepr.: Rg

INGENIEURBÜRO REINBERG

GEOTECHNISCHE KOMPETENZ

ISAAC-NEWTON-STR. 7 23562 LÜBECK TEL. 0451/58 08 105 FAX 58 08 106

E-mail: info@ingenieurbuero-reinberg.de





Körnungslinie

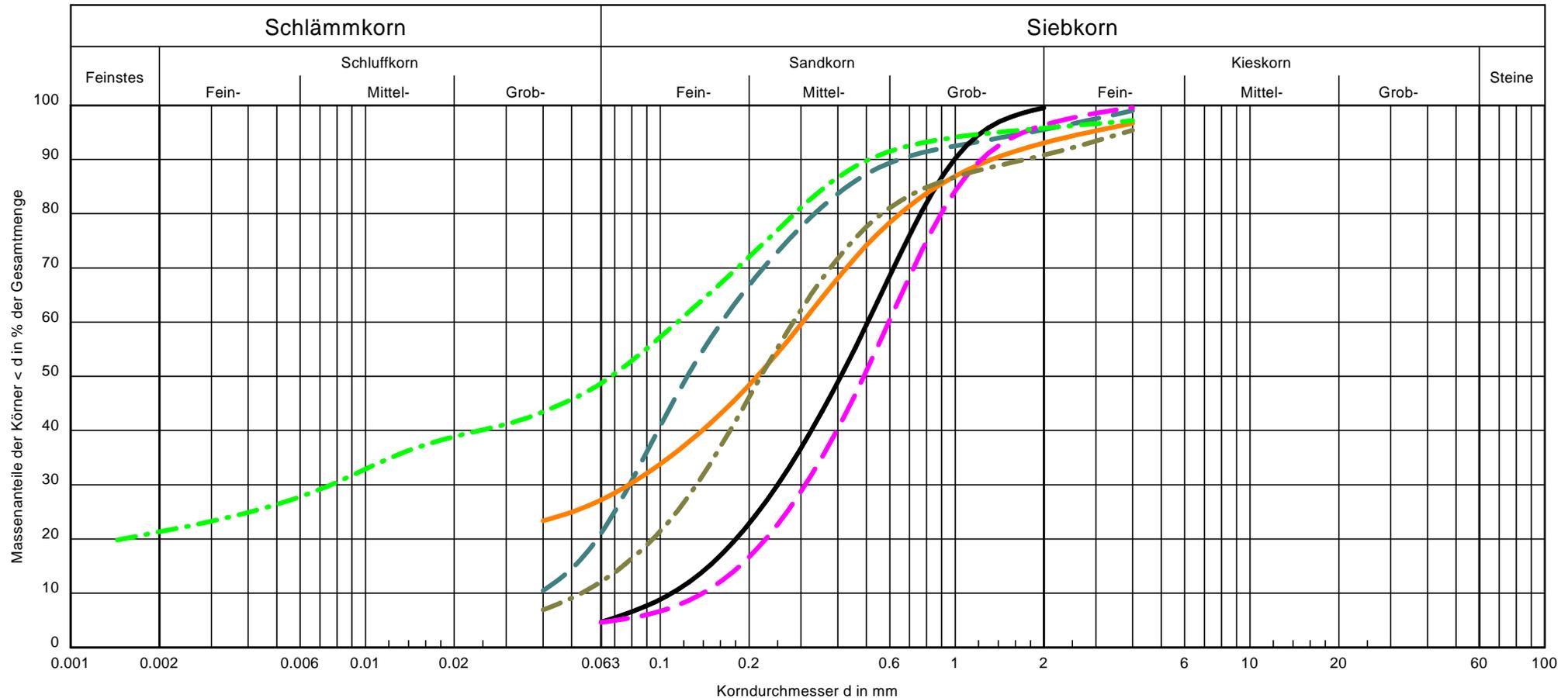
Solar-Freiflächenanlagen

in 21514 Kankelau, Kankelauer Weg

Probe entnommen am: 28.+29.09.2023

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Nasssiebanalyse n. DIN EN ISO 17 892- 4
Sieb-/Schlämmanalyse n. DIN EN ISO 17 892-4



Signatur/Farbe:							Bemerkungen: Der k-Wert (Wasserdurchlässigkeit) wurde rechnerisch in Anlehnung n. Beyer aus der Körnungskurve ermittelt, anhand Erfahrungswerten verifiziert in m/s angegeben und gilt im wassergesättigten Zustand!	Anlage: 4 Zu: B 361723
Bodenart n. DIN 4022:	Fein- und Mittelsand, u, g's'	Fein- bis Grobsand	Fein- bis Grobsand, u, g'	Mittel- und Grobsand, fs'	Fein- bis Grobsand, u, g'	Schluff, \bar{t} , \bar{s} , g' (Lg)		
Bodengruppe n. DIN 18196:	SU*	SE	SU*	SE	SU	ST*-TL		
Frostempfindlichk. n. ZTVE-StB 17:	F3	F1	F3	F1	F1	F3		
Entnahmestelle/-tiefe:	1, 2 / 0,5-1,2, 0,4-1,6m	4 / 0,9-5,0m	6, 8 / 0,4-1,6, 0,4-2,4m	8, 9 / 3,0-4,6, 3,9-5,0m	12 / 1,5-3,2m	10, 11, 16 / 0,3-1,3, 0,5-1,4, 0,5-1,5m		
k-Wert:	$1.3 \cdot 10^{-6}$	$1.1 \cdot 10^{-4}$	$3.5 \cdot 10^{-7}$	$1.7 \cdot 10^{-4}$	$2.3 \cdot 10^{-5}$	$5.0 \cdot 10^{-9}$		

Eurofins Umwelt Nord GmbH - Lise-Meitner-Straße 1-7 - D-24223 Schwentinental

Ingenieurbüro Reinberg GmbH & Co. KG
Isaac-Newton-Straße 7
23562 Lübeck

Titel: Prüfbericht zu Auftrag 32341288

Prüfberichtsnummer: AR-24-XF-000043-01

Auftragsbezeichnung: B 361723, Kankelau, Kankelauer Weg

Anzahl Proben: 3

Probenart: Boden

Probenehmer: keine Angabe, Probe(n) wurde(n) an das Labor ausgehändigt

Probeneingangsdatum: 22.11.2023

Prüfzeitraum: 22.11.2023 - 02.01.2024

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

Anhänge:

XML_Export_AR-24-XF-000043-01.xml

Dr. Martin Jacobsen

Prüfleitung

+ 494307 900352

Digital signiert, 02.01.2024

Dr. Martin Jacobsen

Prüfleitung

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	Probenbezeichnung		MPB1	MPB2	MPB3
				Probennummer	BG	Einheit	323186624	323186625

Probenvorbereitung Feststoffe

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	MPB1	MPB2	MPB3
Fraktion < 2 mm	FR/f	F5	DIN 19747: 2009-07	0,1	%	71,4	100,0	91,8
Fraktion > 2 mm	FR/f	F5	DIN 19747: 2009-07	0,1	%	28,6	< 0,1	8,2
Fraktion < 5 mm (feucht)	FR/f	F5	DVGW GW 9: 2011-05	0,1	Ma.-%	75,0	100,0	95,8

Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	MPB1	MPB2	MPB3
Trockenmasse	FR/f	F5	DIN EN 14346: 2007-03	0,1	Ma.-%	95,0	87,9	92,3
Wasser	FR/u	F5	DIN EN 14346: 2007-03	0,1	Ma.-%	5,0	12,1	7,7
pH-Wert	FR/f	F5	DIN ISO 10390: 2005-12			7,3	7,1	6,8
Leitfähigkeit bei 25°C	FR/f	F5	DIN ISO 11265: 1997-06	5	µS/cm	39	49	35
Abschlämmb. Bestandteile	JY/f	TU	DIN ISO 11277:2002-08	1,0	Ma.-%	31,0	38,6	33,0

Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	MPB1	MPB2	MPB3
Säuregrad nach Baumann Gully	FR/f	F5	DIN 4030-2: 2008-06 ¹⁾	4	ml/kg TS	79	68	91

Anorganische Summenparameter aus der Originalsubstanz

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	MPB1	MPB2	MPB3
Säurekapazität pH 4,3 (m-Wert)	FR/f	F5	DIN 38409-7 (H7): 2005-12	0,5	mmol/kg TS	9,7	12,4	5,3
Basekapazität pH 7,0	FR/f	F5	DIN 38409-7 (H7): 2005-12	0,5	mmol/kg TS	< 0,5	< 0,5	1,3

Anionen aus der Originalsubstanz

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	MPB1	MPB2	MPB3
Sulfid, gesamt	FR/f	F5	DIN 4030-2: 2008-06 ²⁾	5,0	mg/kg TS	< 5,0	< 5,0	< 5,0
Sulfid	FR/f	F5	DIN 50929-3: 2018-03	5,0	mg/kg TS	< 5,0	< 5,0	< 5,0

Anionen aus dem Salzsäureauszug nach DIN 4030-2: 2008-06

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	MPB1	MPB2	MPB3
Sulfat (SO ₄)	FR/f	F5	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	20	mg/kg TS	260	140	100

Anionen aus dem Salzsäureauszug nach DIN 50929-3: 2018-03

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	MPB1	MPB2	MPB3
Sulfat (SO ₄)	FR/f	F5	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09	0,1	mmol/kg TS	1,4	0,5	0,8

Anionen aus dem Heißwasser-Auszug

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	MPB1	MPB2	MPB3
Chlorid (Cl)	FR/f	F5	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	25	mg/kg TS	< 25	< 25	< 25

Anionen aus dem wässrigen Auszug

Parameter	Lab.	Akkr.	Methode	BG	Einheit	MPB1	MPB2	MPB3
Chlorid (Cl)	FR/f	F5	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	0,03	mmol/kg TS	0,34	0,46	0,21
Sulfat (SO ₄)	FR/f	F5	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07	0,03	mmol/kg TS	0,10	0,13	0,22
Neutralsalze, berechnet	FR/f	F5	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07		mmol/kg TS	0,54	0,72	0,65

Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

Kommentare zu Ergebnissen

¹⁾ modifiziert mit abweichender Einwaage

²⁾ modifiziert mit photometrischer Bestimmung

Die mit FR gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt Ost GmbH (Lindenstraße 11, Gewerbegebiet Freiberg Ost, Bobritzsch-Hilbersdorf) analysiert. Die Bestimmung der mit F5 gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14081-01-00 akkreditiert.

Die mit JY gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Agraranalytik Deutschland GmbH (Löbstedter Straße 78, Jena DE, Jena) analysiert. Die Bestimmung der mit TU gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-20226-01-00 akkreditiert.

/u - Die Analyse des Parameters erfolgte in Untervergabe.

/f - Die Analyse des Parameters erfolgte in Fremdvergabe.