



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Dipl.-Geograph Ingo-Holger Meyer

&

Dr. rer. nat. Mark Overesch

Beratende Geowissenschaftler BDG und Sachverständige

Baugrundgutachten

Projekt: 4704-2021

Errichtung einer Erzeugungsanlage für Biomethan, An der Moorbeeke, 49744 Geeste- Dalum

Auftraggeber	Gemeinde Geeste Am Rathaus 3 49744 Geeste
Auftragnehmer:	Büro für Geowissenschaften M&O GbR Bernard-Krone-Straße 19 48480 Spelle
Bearbeiter:	Dipl.-Geogr. Ingo-Holger Meyer Beratender Geowissenschaftler BDG M.Sc. Biogeowiss. Heiner Helmer
Datum:	30.07.2021

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.mo-bfg.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	2
2	Bauvorhaben und Planung.....	2
3	Allgemeine geologische Verhältnisse.....	2
4	Durchführung der Untersuchungen	2
4.1	Rammkernsondierungen (RKS)	3
4.2	Schwere Rammsondierungen (DPH)	3
4.3	Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (k_f -Wert)	3
4.4	Bestimmung der Korngrößenverteilung	4
5	Ergebnisse der Untersuchungen.....	4
5.1	Bodenschichtung.....	4
5.2	Grundwasserverhältnisse	5
5.3	Ermittelte Wasserdurchlässigkeit.....	6
5.4	Bestimmung der Korngrößenverteilung	7
6	Bautechnische Beurteilung des Untergrundes	7
6.1	Festigkeit und Verformungsverhalten	7
6.2	Bemessungswert des Sohlwiderstandes und Bettungsmodul.....	9
7	Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung für den Hochbau	10
8	Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung für die Verkehrsflächen	11
9	Bauwasserhaltung	13
10	Eignung des Untergrundes zur dezentralen Versickerung von Niederschlagswasser	13
11	Schlusswort	14

1 Vorgang und Allgemeines

Die Gemeinde Geeste plant die Errichtung einer Erzeugungsanlage für Biomethan im Ortsteil Geeste-Dalum. Das Büro für Geowissenschaften M&O GbR (Spelle und Sögel) wurde im Rahmen dieses Bauvorhabens mit den Baugrunduntersuchungen und der Erstellung eines Geotechnischen Berichtes beauftragt.

Das Bauvorhaben ist auf dem Flurstück 1/544 der Flur 5 der Gemarkung Dalum an der Moorbeeke in 49744 Geeste-Dalum geplant. Die Lage des Bauvorhabens ist in der Übersichtskarte in Anlage 1 dargestellt.

2 Bauvorhaben und Planung

Das Bauvorhaben umfasst laut vorliegender Planunterlagen den Neubau einer Biomethananlage mit insgesamt 9 Behälterbauwerken sowie von Anlagen zur dezentralen Versickerung von Niederschlagswasser.

3 Allgemeine geologische Verhältnisse

Entsprechend der Geologischen Karte 1:25.000 ist das untersuchte Areal im Tiefenbereich von 0 bis 2 m unter Geländeoberkante (GOK) geprägt von fluviatilen Fein- bis Grobsanden aus dem Weichsel-Glazial, welche teilweise schwach humos ausgeprägt sind. Zudem können in den fluviatilen Sanden Schluffbänke eingeschaltet sein.

Laut Bodenkarte 1:50.000 ist im südlichen Teil des Plangebietes der Bodentyp Mittlerer Tiefumbruchboden aus Gley-Podsol zu erwarten. Im nördlichen Teil des Plangebietes steht laut Bodenkarte 1:50.000 Tiefumbruchboden aus Podsol-Gley an.

Der mittlere Grundwasserspiegel ist im Untersuchungsgebiet entsprechend der Hydrogeologischen Karte 1:50.000 bei ca. >17,5 bis 20,0 m NHN zu erwarten. Aus der Geländehöhe am Gründungsstandort von etwa 19,6 m NHN bis 19,9 m NHN folgt ein mittlerer Grundwasserflurabstand von ca. 0,1 m bis 2,4 m.

4 Durchführung der Untersuchungen

Die Durchführung der Baugrunduntersuchungen im Plangebiet erfolgte im Zeitraum Juni/Juli 2021. Die Lage der Sondierungspunkte wurde entsprechend dem Bauvorhaben festgelegt und ggf. den örtlichen Gegebenheiten angepasst. Als Höhenfestpunkt (HFP) für die rel. Höheneinmessung der Sondierungspunkte wurde die Oberkante des in der Nähe

4.1 Rammkernsondierungen (RKS)

Zur Erschließung der Bodenverhältnisse wurden im vorgesehenen Gründungsbereich insgesamt 16 Rammkernsondierungen (RKS 1 bis RKS 16) nach DIN EN ISO 22475-1 bis zur jeweiligen Aufschlussendtiefe von 3 m bis 7 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.

4.2 Schwere Rammsondierungen (DPH)

Es wurden zusätzlich 16 Rammsondierungen (DPH 1 bis DPH 16) mit der Schweren Rammsonde DPH nach DIN EN ISO 22476-2 neben den Ansatzpunkten der Rammkernsondierungen bis zur jeweiligen Aufschlussendtiefe von 3 m bis 7 m unter GOK durchgeführt. Diese bieten ergänzend zu der Rammkernsondierung 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 dem Rammsondierprotokoll in Anlage 3 hervor.

Für eine für Gründungen ausreichende Lagerungsdichte (d.h. eine mindestens mitteldichte Lagerung) sind bei nichtbindigen Böden Schlagzahlen der DPH von mind. 5 Schlägen pro 10 cm Eindringung oberhalb des Grundwasserspiegels bzw. Schlagzahlen von mind. 4 Schlägen pro 10 cm Eindringung unterhalb des Grundwasserspiegels nachzuweisen.

4.3 Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwertes (k_f -Wert)

Der Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) des aufgeschlossenen Bodens wurde nahe den Standorten der Aufschlussbohrungen RKS 3 und RKS 13 über je einen Versickerungsversuch (VU 1 bis VU 2) im Bohrloch mittels Feldpermeameter ermittelt. Hierzu wurde jeweils eine Bohrung mit dem Edelman-Bohrer abgeteuft ($\varnothing = 7$ cm). Die Messung erfolgte in einer Tiefe von 0,3 bis 0,4 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.

4.4 Bestimmung der Korngrößenverteilung

Zur Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123 der in den RKS aufgeschlossenen nichtbindigen Böden wurde exemplarisch Probenmaterial vom Bohrgut entnommen. Im Labor des Büros für Geowissenschaften wurde mittels Nasssiebung die Korngrößenverteilung des jeweiligen Probenmaterials bestimmt (siehe Anlage 6). In nachfolgender Tabelle 1 sind die entnommenen Proben zur Bestimmung der Korngrößenverteilung aufgeführt.

Tabelle 1: Übersicht der entnommenen Proben zur Bestimmung der Korngrößenverteilung

Entnahmestandort	Entnahmetiefe [m unter GOK]	Methode	Bezeichnung der Probe
RKS 4	0,5 bis 5,0	Nasssiebung	4704-2021-KA-01
RKS 12	0,8 bis 7,0	Nasssiebung	4704-2021-KA-02

5 Ergebnisse der Untersuchungen

5.1 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.

An den Aufschlusspunkten RKS 1 bis RKS 16 wurden ab GOK bis zu einer maximalen Tiefe von 0,8 m unter GOK (vereinzelt schwach) humose Feinsande erbohrt. Die (schwach) humosen Feinsande enthalten teilweise geringe Anteile an Grob- und Mittelsand sowie vereinzelt geringe Anteile an Schluff. Die humosen Feinsande werden bis zur Endtiefe von jeweils 3,0 m bis 6 m unter GOK durch schwach mittelsandigem bis mittelsandigem Feinsand unterlagert, welcher zumeist sehr schwach schluffig bis schluffig ausgeprägt ist, bereichsweise jedoch auch stark schluffig ausgeprägt sein kann. Im Tiefenbereich von 0,45 m bis 3,10 m unter GOK des Bohrgutes der Rammkernsondierung RKS 10 wurden geringe Anteile an Humus festgestellt. Zudem enthält das Bohrgut der Rammkernsondierung RKS 4 im Tiefenbereich zwischen 0,5 m bis 5,0 m unter GOK sehr geringe Anteile an Humus.

Aufgrund der Heterogenität der Böden hinsichtlich der Tiefe, bis in die humose Bodenanteile festgestellt wurden, kann eine Tiefpflügung bzw. Umlagerung der im vorgesehenen

Gründungsbereich anstehenden Böden nicht ausgeschlossen werden. Humose Bodenbereiche können daher noch deutlich tiefer reichen, als mit den Rammkernsondierungen festgestellt werden konnte.

Mit Ausnahme der Untersuchungspunkte DPH 2 und DPH 10 liegen die untersuchten Feinsande entsprechend den Schlagzahlen der Schweren Rammsonde ab einer Tiefe von ca. 1,0 m bis 1,5 m unter GOK in überwiegend mitteldichter Lagerungsdichte vor. Am Untersuchungspunkt DPH 2 wurden ab einer Tiefe von ca. 2,4 m unter GOK bis zur Aufschlussendtiefe von 5,0 m unter GOK eine durchgängig mittlere Lagerungsdichte nachgewiesen. Am Untersuchungspunkt DPH 10 wurde anhand den Schlagzahlen der Schweren Rammsonde eine überwiegend lockere Lagerungsdichte der anstehenden Feinsande nachgewiesen.

Die in den Rammkernbohrungen aufgeschlossenen Bodenschichten 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 2 sind die einzelnen Homogenbereiche aufgeführt.

Tabelle 2: Einteilung im Homogenbereiche

Homogenbereich	Aufgeschlossen in	Tiefenbereich [m unter GOK]		Bodenart
		Schichtoberkante	Schichtunterkante	
1	RKS 1 bis RKS 16	0	0,45 – 0,8 (kann möglicherweise noch tiefer reichen, da evtl. tiefgepflügt)	(tiefgepflügter?) humoser Oberboden: Feinsand, humos (vereinzelt schwach humos), vereinzelt schwach schluffig, teilweise (sehr) schwach grob- bzw. mittelsandig
2	RKS 1 bis RKS 16	0,45 bis 0,8 (kann möglicherweise noch tiefer reichen, da evtl. tiefgepflügt)	≥3 – ≥5	fluviale Sande: Feinsand, vereinzelt schwach bis sehr schwach humos, schwach mittelsandig bis mittelsandig überwiegend sehr schwach schluffig bis vereinzelt (stark) schluffig,

5.2 Grundwasserverhältnisse

Die in den Bohrlöchern bzw. im Bohrgut der Rammkernsondierungen gemessenen Grundwasserstände (Ruhewasserstand) sind in nachfolgender Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Lage des Grundwasserspiegels

Messpunkt	Messdatum	Grundwasserstand angebohrt	
		[m unter GOK]	[m rel. Höhe]
RKS 1	25.06.2021	0,9	-1,67
RKS 2		1,0	-1,72
RKS 3		0,75	-1,47
RKS 4	22.06.2021	0,9	-1,63
RKS 5		0,9	-1,73
RKS 6	23.06.2021	0,8	-1,61
RKS 7		0,8	-1,55
RKS 8	22.06.2021	0,9	-1,62
RKS 9	26.07.2021	0,8	-1,51
RKS 10	23.06.2021	0,9	-1,59
RKS 11	26.07.2021.	1,20	-1,88
RKS 12	26.07.2021	1,20	-1,86
RKS 13	23.06.2021	0,6	-1,31
RKS 14		0,8	-1,53
RKS 15	25.06.2021	0,9	-1,64
RKS 16	22.06.2021	0,9	-1,58

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

Es muss davon ausgegangen werden, dass der maximale Grundwasserhöchststand ca. 1 m über den gemessenen Werten liegen kann.

Aufgrund der vorangegangenen Witterung ist zu erwarten, dass der mittlere Grundwasserhochstand (relevant zur Bemessung von Versickerungsanlagen) ca. 0,4 m über den gemessenen Werten, d.h. bei ca. -0,9 m rel. Höhe bezogen auf den Höhenfestpunkt, liegt. Es muss außerdem damit gerechnet werden, dass in extrem niederschlagsreichen Witterungsperioden der maximale Grundwasserhöchststand (Bemessungswasserstand) ca. 0,6 m über den gemessenen Werten, d.h. bei ca. -0,7 m rel. Höhe bezogen auf den Höhenfestpunkt, liegen kann.

5.3 Ermittelte Wasserdurchlässigkeit

Die nahe den Standorten der Aufschlussbohrungen RKS 3 und RKS 13 im humusfreien, mittelsandigen und an RKS 6 auch schwach schluffigen Feinsand sind als Anlage 4 dem Bericht angefügt.

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

nachfolgender Tabelle 4 sind die aus den Messwerten abgeleiteten Durchlässigkeitsbeiwerte der geprüften Böden aufgeführt.

Tabelle 4: Ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte (K_f -Werte)

Messpunkt	Bodenbeschreibung	Messtiefe [m unter GOK]	aus den Messwerten abgeleiteter Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert)
VU 1 (RKS 3)	Feinsand, humos	0,3 – 0,4	$3,6 \times 10^{-5}$ m/s
VU 2 (RKS 4)	Feinsand, humos, schwach mittelsandig, schwach schluffig	0,3 – 0,4	$1,4 \times 10^{-5}$ m/s

Es kann somit näherungsweise von einem Durchlässigkeitsbeiwert von ca. 1×10^{-5} m/s bis 4×10^{-5} m/s der untersuchten humosen Feinsande ausgegangen werden.

5.4 Bestimmung der Korngrößenverteilung

Anlage 5 zeigt die auf Grundlage der Nasssiebungen erstellten Kornsummenkurven der untersuchten Bodenproben. In nachfolgender Tabelle 5 sind die Ergebnisse zusammengefasst.

Tabelle 5: Ergebnisse der Körnungsanalysen der untersuchten Bodenproben

Bezeichnung der Probe	Methode	Kornzusammensetzung entsprechend Körnungsanalyse	Bodengruppe nach DIN 18196
4704-2021-KA-01	Nasssiebung	Feinsand, mittelsandig	SE
4704-2021-KA-02	Nasssiebung	Feinsand, schwach mittelsandig	SE

6 Bautechnische Beurteilung des Untergrundes

6.1 Festigkeit und Verformungsverhalten

Generell können für die Homogenbereiche die nachfolgend in der Tabelle 6 aufgeführten bautechnischen Eigenschaften angegeben werden. Die Bewertung bzw. Einstufung beruht dabei auf Angaben der DIN 18196 sowie eigener Beurteilung.

Tabelle 6: Übersicht über die bautechnischen Eigenschaften der aufgeschlossenen Böden

Allgemeine Beurteilung			
Homogenbereich	1	2	
Bodenart	(tiefgepflügter?) humoser Oberboden: Feinsand, humos (vereinzelt schwach humos), vereinzelt schwach schluffig, teilweise (sehr) schwach grob- bzw. mittelsandig	fluviatile Sande: Feinsand, vereinzelt schwach bis sehr schwach humos, schwach mittelsandig bis mittelsandig überwiegend sehr schwach schluffig bis vereinzelt (stark) schluffig,	
aufgeschlossen in	RKS 1 bis RKS 16	RKS 1 bis RKS 16	
Tiefenbereich [m unter GOK]	UK	0	0,45 bis 0,8 (kann möglicherweise noch tiefer reichen, da evtl. tiefgepflügt)
	OK	0,45 bis 0,8 (kann möglicherweise noch tiefer reichen, da evtl. tiefgepflügt)	≥3 – ≥5
Lagerungsdichte	sehr locker bis locker	vorw. locker bis mitteldicht, bereichsweise sehr locker	
Bodengruppe(n) nach DIN 18196	OH	SE - SU	
Bodenklasse (n) 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 1×10^{-4} m/s	1×10^{-6} bis 5×10^{-4} m/s	
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.	30 – 60	
Bautechnische Eignung ^{A)}			
Baugrund für Gründungen	ungeeignet	geeignet	

A) Einstufung nach DIN 18196 und eigener Beurteilung

6.2 Bemessungswert des Sohlwiderstandes und Bettungsmodul

Mit dem Programm GGU-Footing (Vers. 8.33) wurden exemplarisch unter Verwendung der im Kapitel 5.1 angegebenen Bodenkennwerte für die aufgeschlossenen Bodenverhältnisse Setzungsberechnungen nach DIN 1054:2010 (Eurocode 7) für eine Gründung über Streifenfundamente sowie für eine Sohlplattengründung durchgeführt. Die Berechnungen wurden unter Ansatz der Grenzzustände GEO-2 (Nachweis der äußeren Abmessungen) und der Bemessungssituation BS-P (permanent) ausgeführt. Die Berechnungen sind der Anlage 6 zu entnehmen.

Die (eventuell tiefgepflügten) humushaltigen Sande sind aufgrund ihres Humusgehaltes als nicht volumenstabil und somit für den Abtrag von Bauwerkslasten als ungeeignet zu bewerten. Die angegebenen Bemessungswerte gelten daher nur, sofern der Lastabtrag des Gebäudes über die mindestens mitteldicht gelagerten humusfreien Sande des Homogenbereiches 2 sowie ggf. über eine eingebrachte Schicht aus gut verdichtungsfähigem, frostunempfindlichem, kornabgestuftem, humusfreiem Material (z.B. Bodengruppen SE, SI, SW, GE, GI, GW nach DIN 18196) erfolgt. Gegebenenfalls ist nach erfolgtem Bodenaushub eine Nachverdichtung des Rohplanums erforderlich.

Es kann im Rahmen der Entwurfsplanung unter Voraussetzung einer mind. mitteldichten Lagerungsdichte der Böden für **Streifenfundamente** mit einer **Einbindetiefe von 0,8 m** unter GOK (geplante Einbindetiefe) und einer **Breite von 0,5 m** ein **Bemessungswert des Sohlwiderstandes** von rd. $\sigma_{R,d} = 310 \text{ kN/m}^2$ angesetzt werden.

Bei dem angegebenen Bemessungswert sind Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen in der Größenordnung von bis zu 1,0 cm zu erwarten. (Hinweis: Bemessungswerte des Sohlwiderstandes sind keine aufnehmbaren Sohlrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11).

Es kann im Rahmen der Entwurfsplanung für die Bemessung von **Plattengründungen** nach dem Bettungsmodulverfahren überschlägig ein **Bettungsmodul** von $k_s = 10 \dots 15 \text{ MN/m}^3$ in Ansatz gebracht werden. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass der Bettungsmodul keine Bodenkonstante ist, sondern von der Geometrie des Bauwerkes, den tatsächlichen Bauwerkslasten und dem am Gründungsstandort vorhandenen Baugrundaufbau abhängt. **Der Bettungsmodul sollte nach Ermittlung der tatsächlichen Bauwerkslasten nochmals geprüft werden.**

7 Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung für den Hochbau

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

Die humosen Oberböden des Homogenbereiches 1 sind aufgrund ihres Humusgehaltes als nicht volumenstabil und somit für den Abtrag von Bauwerkslasten als ungeeignet zu bewerten. Daher sollten diese Böden im Gründungsbereich vollständig abgetragen und durch geeigneten Füllboden (gut verdichtungsfähiges, frostunempfindliches, kornabgestuftes Material, z.B. Bodengruppen SE, SI, SW nach DIN 18196) ersetzt werden, welches lagenweise einzubauen und in 4 - 6 Übergängen, bei einer Schüttstärke von max. je 0,4 m auf mindestens mitteldichte Lagerung zu verdichten ist.

Da es sich bei ihnen ggf. um tiefgepflügte Böden handelt, können die humosen Oberböden (Böden des Homogenbereiches 1) teilweise noch deutlich tiefer reichen, als mit den Rammkernsondierungen festgestellt werden konnte.

Nach erfolgtem Bodenaushub sollte das Rohplanum zur Egalisierung des Untergrundes mit geeignetem Gerät auf mindestens mittlere Lagerungsdichte nachverdichtet werden.

In Abhängigkeit von der Aushubtiefe und der vorgesehenen Einbindetiefe der Gewerke ist ein Lastausbreitungswinkel von 45° zu beachten, d.h. erfolgt beispielsweise der Erdaushub bis 1 m unterhalb der vorgesehenen Einbindetiefe der Fundamente bzw. der Bodenplatte muss der Bodenaustausch mit einem seitlichen Überstand von mind. 1 m über diese Gewerke hinaus hergestellt werden.

Gemäß DIN 4124 darf beim Aushub von Baugruben mit einer Tiefe von mehr als 1,25 m unter GOK ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit ein zulässiger Böschungswinkel von $\beta \geq 45^\circ$ bei nichtbindigen oder weichen bindigen Böden nicht überschritten werden. Bei mind. steif konsistenten, bindigen Böden ist ein Böschungswinkel von $\beta \geq 60^\circ$ einzuhalten. Sofern eine geböschte Baugrube aufgrund des Abstandes zum vorhandenen angrenzenden Bauwerksbestand nicht realisiert werden kann bzw. soll, kann im Zuge des Erdaushubes z.B. ein Verbau nach DIN 4124 mit Trägerbohlwänden oder mit Spundwänden ausgeführt werden. Hierbei ist die Ausfachung stets mit dem Aushub fortschreitend einzubringen.

Für die erforderlichen Erdarbeiten ist ein Abstand zum Grund- bzw. Schichtwasserspiegel von mind. 0,5 m einzuhalten. Die Erdarbeiten für den Bodenaushub werden daher unter dem Schutz einer Wasserhaltung erfolgen müssen (s. Kap. 9 Bauwasserhaltung)

Zum Auffüllen ist bei Bedarf bis zur vorgesehenen Gründungshöhe gut verdichtungsfähiges, frostunempfindliches, kornabgestuftes Material (z.B. Bodengruppen SE, SI, SW nach DIN 18196) aufzubringen, welches lagenweise einzubauen und in 4 - 6 Übergängen, bei einer Schüttstärke von max. je 0,4 m auf mindestens mitteldichte Lagerung zu verdichten ist.

Verdichtungsziel sollte nach durchgeführten Verdichtungsarbeiten ein Verdichtungsgrad von $E_{v2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$ oder $D_{Pr} \geq 98\%$ auf dem Planum sowie eine mind. mitteldichte Lagerung des aufgefüllten Bodens sein.

Fundamente sollten in frostsicherer Tiefe von mind. 0,8 m unter GOK einbinden.

Aufgrund der erkundeten Boden- und Grundwasserverhältnisse sollten erdberührte Gewerke entsprechend der Wassereinwirkungsklasse W2-E- „drückendes Wasser“ gemäß DIN 18533-1 Abs. 8.6 abgedichtet werden.

8 Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung für die Verkehrsflächen

Für die anzulegende Verkehrsflächen werden die „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen“ (RStO 12) zu Grunde gelegt. Es wird hierbei von einer Belastungsklasse Bk 1,8 ausgegangen. Gemäß der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) liegt das Plangebiet in der Frosteinwirkungszone I.

Im Gründungsbereich der Verkehrsflächen sollten möglicherweise anstehende Böden des Homogenbereiches 1 abgetragen und ggf. durch geeigneten Füllboden (s.u.) ersetzt werden. Dieser Boden ist aufgrund von zu erwartenden großen Setzungen für den Lastabtrag von Verkehrsflächen ungeeignet und im Gründungsbereich nicht für den Wiedereinbau geeignet.

Sofern im Gründungsbereich (sehr) locker gelagerte Böden des Homogenbereiches 2 anstehen, sollten diese ebenfalls abgetragen und ggf. durch geeigneten Füllboden (s.u.) ersetzt werden.

Nach dem Abtrag der Böden des Homogenbereiches 1 sollte das freigelegte Planum zur Egalisierung des Untergrundes mit geeignetem Gerät auf mindestens mitteldichte Lagerung nachverdichtet werden.

Ausgekoftertes Material ist gegebenenfalls bis zur Sollhöhe (Planum) durch geeignetes Material (humusfreies, verdichtungsfähiges, frostunempfindliches, kornabgestuftes Material, z.B. Bodengruppen SE, SW, SI gemäß DIN 18196) zu ersetzen, welches lagenweise einzubauen und in 4 - 6 Übergängen, bei Schüttstärken von max. je 0,4 m mit geeignetem Gerät auf mindestens mitteldichte Lagerung zu verdichten ist. Nach durchgeführten

Verdichtungsarbeiten ist ein Verdichtungsgrad von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ oder $D_{Pr} \geq 95 \%$ auf dem Planum nachzuweisen.

Auf dem so hergestellten Planum kann der Aufbau für die Verkehrsfläche entsprechend RStO 12 bei einer Bauweise mit einer Asphaltdecke beispielsweise nach Tafel 1, Zeile 5 für die Belastungsklasse Bk1,8 erfolgen (siehe Tabelle 7):

Tabelle 7: 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	-	12
Schottertragschicht	150	30
Schicht aus frostunempfindlichem Material	80	12
Planum	45	-
Gesamtstärke frostsicherer Oberbau	-	58

Alternativ kann der Aufbau für die Verkehrsfläche entsprechend RStO 12 bei einer Bauweise mit einer Pflasterdecke nach Tafel 3, Zeile 3, für die Belastungsklassen Bk 1,8 erfolgen (siehe Tabelle 8):

Tabelle 8: 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 den zu erwartenden Verkehrslasten bzw. der Beanspruchung festzulegen. Gegebenenfalls ist der Aufbau der Verkehrsflächen entsprechend anzupassen.

Bei der Herstellung des Planums, der Frostschutzschicht und der Tragschichten sind zudem die „Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im

Straßenbau“ (ZTVE-StB 09) und die „Zusätzlichen technischen Vertragsbedingungen für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau“ (ZTV-SoB-StB 04) zu berücksichtigen.

9 Bauwasserhaltung

Für die erforderlichen Erdarbeiten ist ein Abstand zum Grund- / Schichtwasserspiegel von mind. 0,5 m einzuhalten. Die Erdarbeiten für einen Bodenaushub sind daher voraussichtlich unter dem Schutz einer Wasserhaltung durchzuführen.

Die Wasserhaltung sollte im Rahmen eines gesondert zu erstellenden Grundwasserhaltungskonzeptes bemessen werden.

Potentiell im Zuge der Erdarbeiten anfallendes Tagwasser kann z.B. über eine offene Wasserhaltung ggf. in Kombination mit einer Horizontaldrainage gefasst und nach Einholen einer entsprechenden wasserrechtlichen Erlaubnis z.B. in einen nahegelegenen Graben oder die Kanalisation abgeleitet werden.

Um den Umfang einer Wasserhaltung möglichst gering zu halten, wird empfohlen, die Erdarbeiten in Zeiträumen mit niedrigen Grundwasserständen und geringen Niederschlagsmengen (z.B. in den Sommermonaten) durchzuführen.

10 Eignung des Untergrundes zur dezentralen Versickerung von Niederschlagswasser

Im untersuchten Areal wurde im Bereich der Aufschlussbohrungen RKS 3 und RKS 13 oberflächennah wasserdurchlässige humose Feinsande aufgeschlossen. Im Bereich der Rammkernsondierungen RKS 8, RKS 10 und RKS 14 wurden oberflächennahe schluffige bis stark schluffige Feinsande aufgeschlossen. Diese Standorte sind daher für den Betrieb von Versickerungsanlagen als eher ungeeignet zu bewerten. Zudem wurden im Plangebiet oberflächennahe Grundwasserstände vorgefunden.

In Anlehnung an die DWA (2005) ist zwischen der Sohle einer Versickerungsanlage und dem mittleren Grundwasserhochstand bzw. einer wasserstauenden Bodenschicht 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, an welchen diese Vorgaben nicht erfüllt werden, z.B. in der Ausführung von flachen Versickerungsmulden mit einer geringen Flächenbelastung (Au/As), ggf. in Kombination mit einer Anfüllung am geplanten Versickerungsstandort mit einem für eine Versickerung geeigneten Boden, sodass zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem mittleren Grundwasserhochstand eine Sickerstrecke von ≥ 1 m gegeben ist.

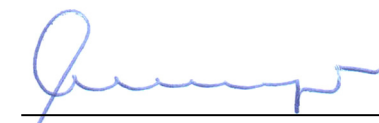
Zur Bemessung von Versickerungsanlagen kann für die untersuchten humosen Feinsande ein k_f -Wert von rd. 1×10^{-5} m/s bis 4×10^{-5} m/s angesetzt werden. Für die erkundeten schwach mittelsandigen bis mittelsandigen, sehr schwach schluffigen Feinsande (Böden des Homogenbereiches 2) kann auf der sicheren Seite liegend ein k_f -Wert von rd. 1×10^{-5} m/s angesetzt werden.

11 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 Gutachter zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

Spelle, 30. Juli 2021



Dipl.-Geogr. Ingo-Holger Meyer
Beratender Geowissenschaftler BDG



M.Sc. Biogeowiss. Heiner Helmer

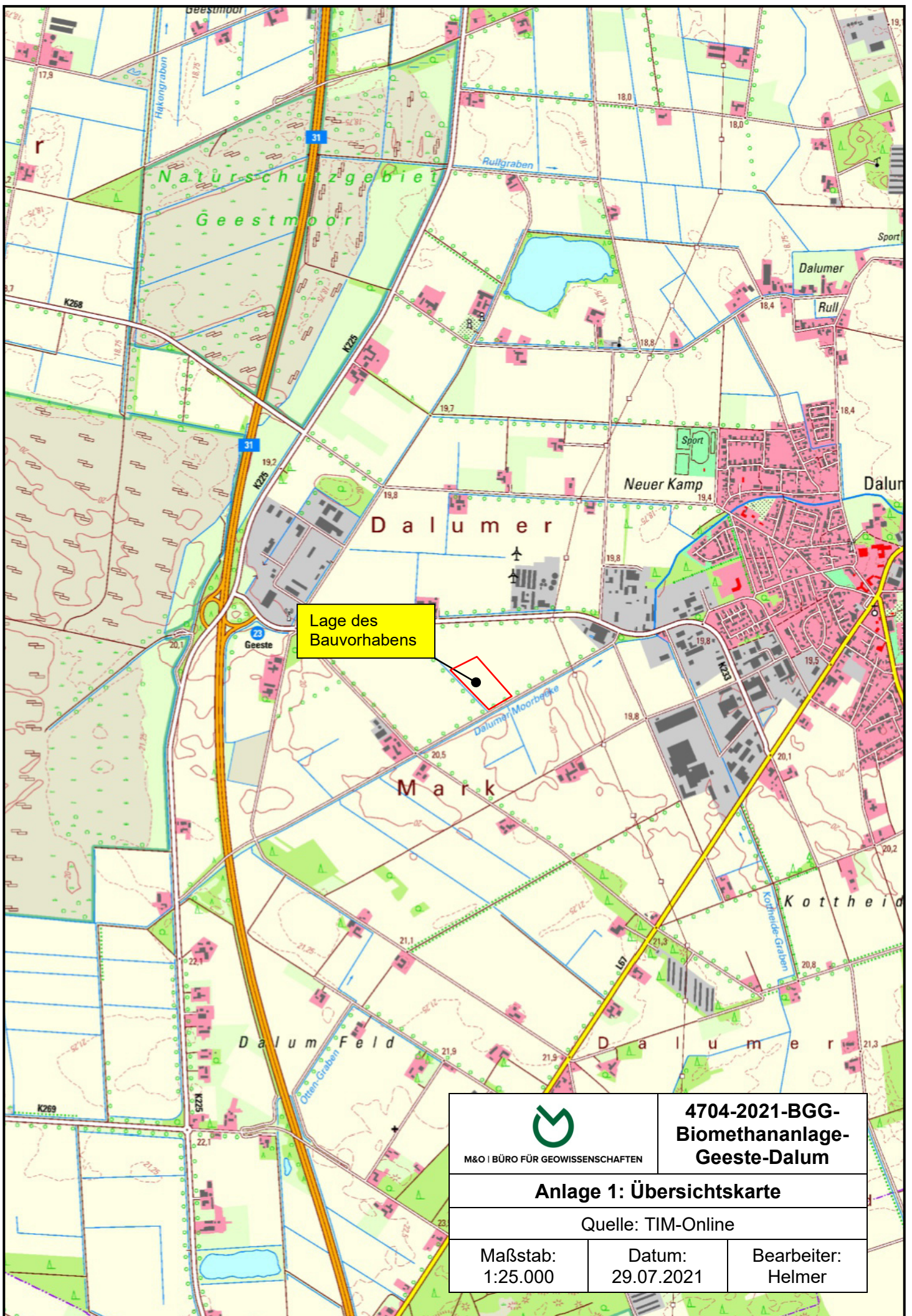
Literatur

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
- Anlage 4: Ergebnisse der Versickerungsversuche
- Anlage 5: Korngrößenverteilung
- Anlage 6: Setzungsberechnungen

Anlage 1: Übersichtskarte



Lage des Bauvorhabens

 <p>M&O BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN</p>	<p>4704-2021-BGG- Biomethananlage- Geeste-Dalum</p>	
<p>Anlage 1: Übersichtskarte</p>		
<p>Quelle: TIM-Online</p>		
<p>Maßstab: 1:25.000</p>	<p>Datum: 29.07.2021</p>	<p>Bearbeiter: Helmer</p>

Anlage 2: Lageplan der Untersuchungspunkte

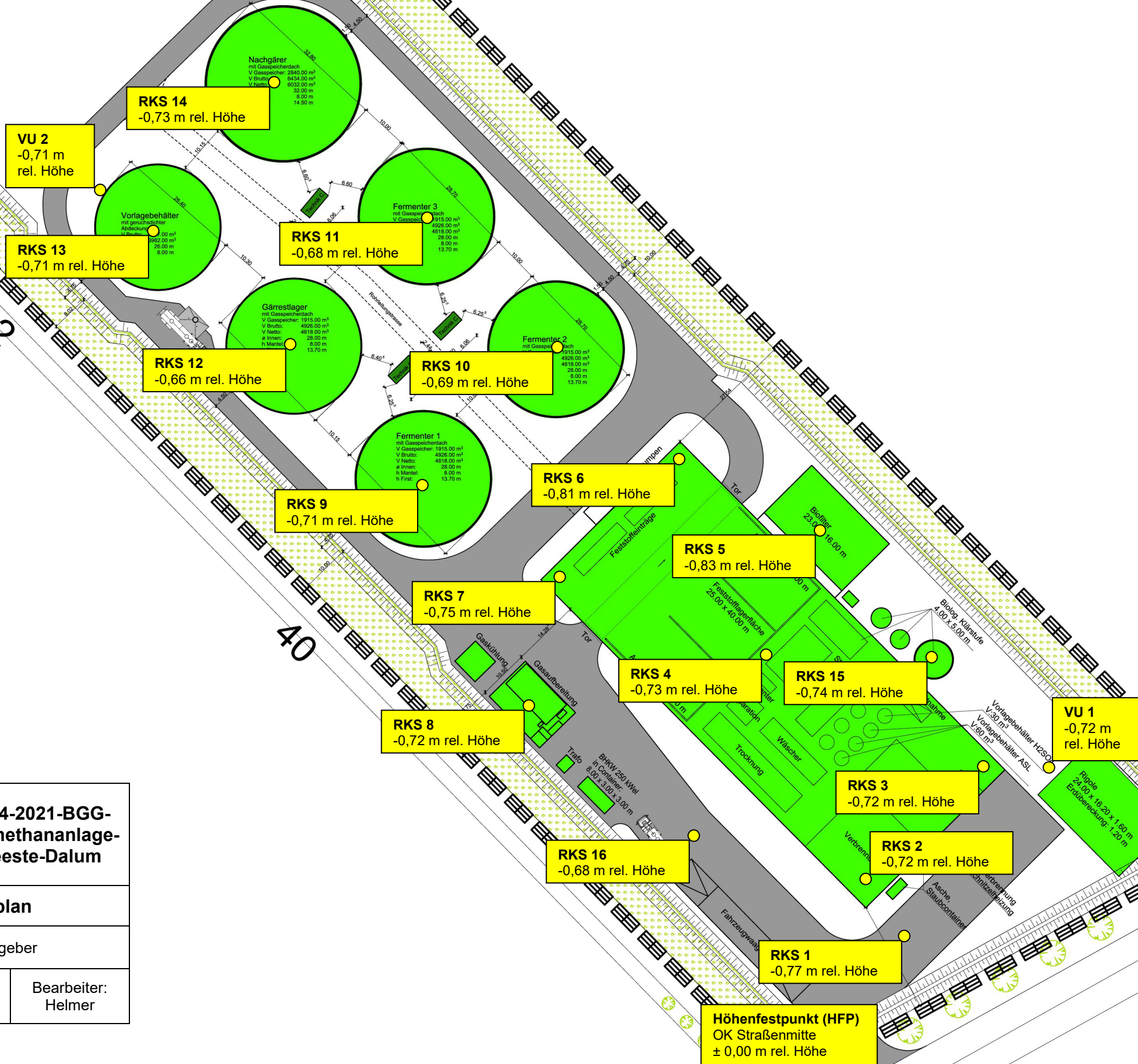
1/544

Notfackel

42

40

5



**4704-2021-BGG-
Biomethananlage-
Geeste-Dalum**

Anlage 2: Lageplan

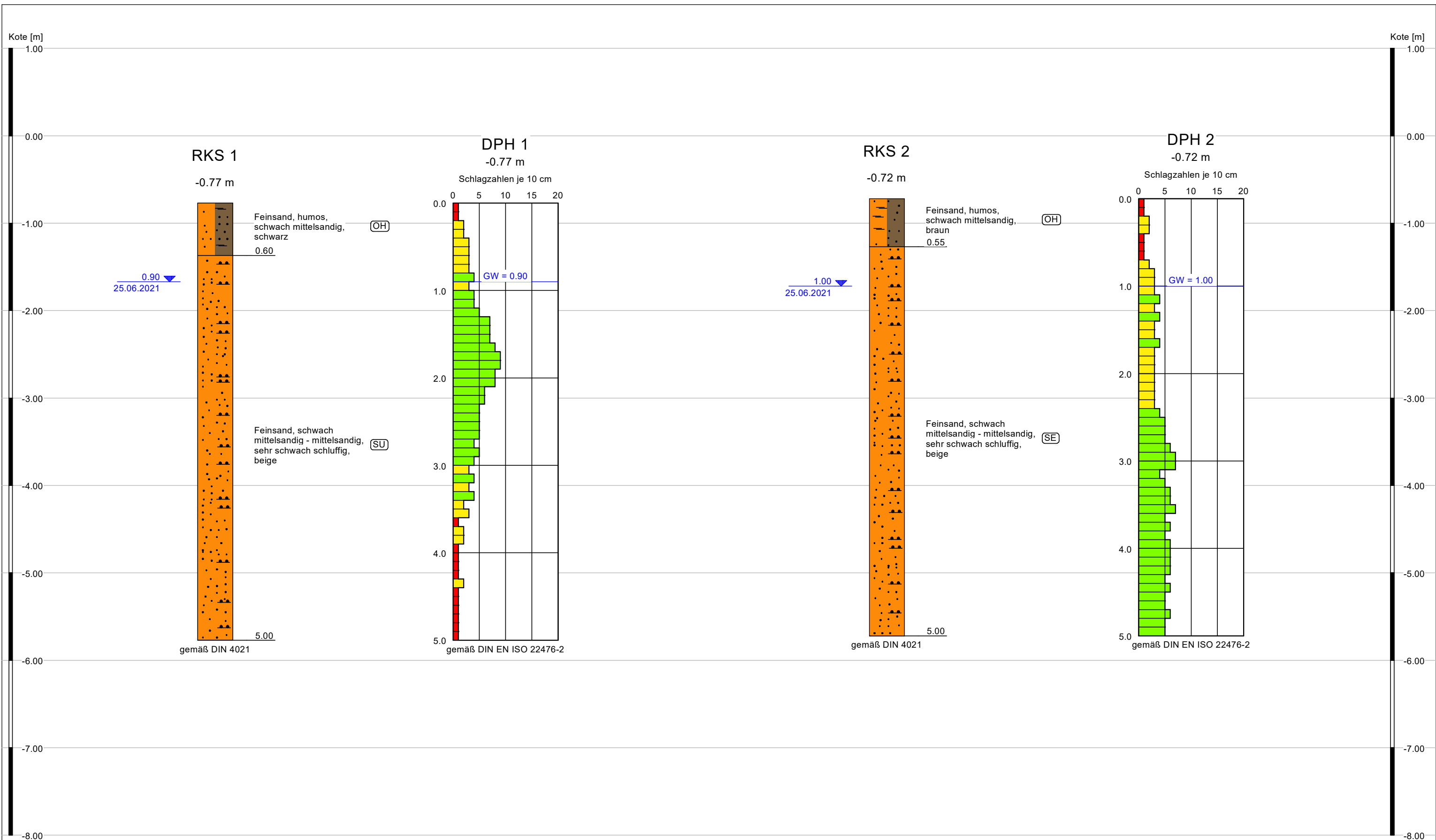
Planquelle: Auftraggeber

Maßstab:
unmaßstäblich

Datum:
29.07.2021

Bearbeiter:
Helmer

Anlage 3: Bohrprofile der Rammkernsondierungen



Lagerungsdichte DPH

sehr locker (< 2)
locker (< 5/4)
mitteldicht (< 14/13)
dicht (< 25/24)
sehr dicht (>= 25/24)

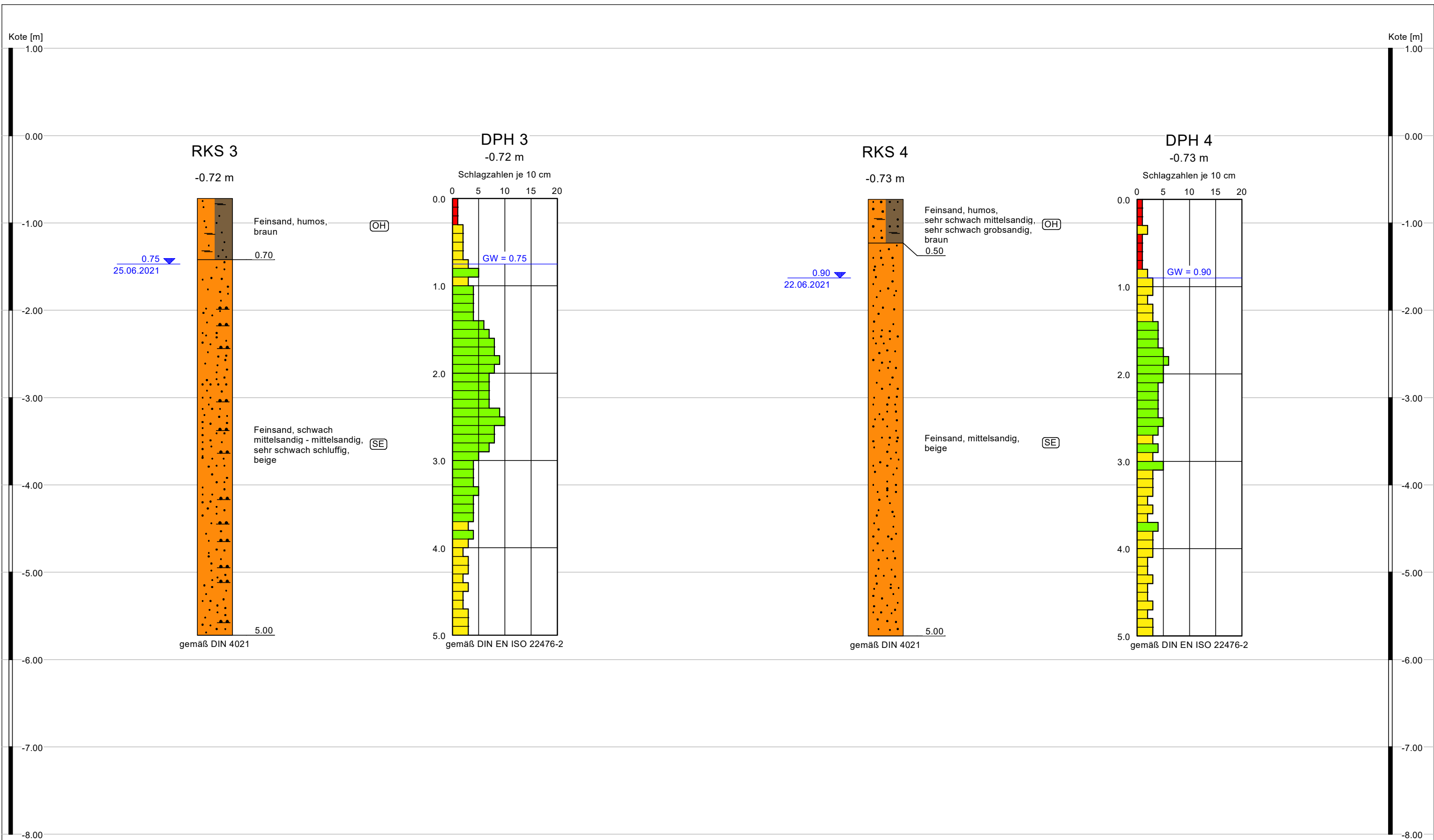
0.90 Grundwasserspiegel und Messdatum
25.06.2021

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

Projekt: 4704-2021-BGG-Biomethananlage
Gemeinde-Geeste-Moorbeeke-Dalum

Anlage 3
Bohrprofile und Rammsondierdiagramme

Maßstab: Höhe: 1:40
Datum: 29.07.2021 Bearbeiter: Helmer/Sowada



Lagerungsdichte DPH

sehr locker (< 2)
locker (< 5/4)
mitteldicht (< 14/13)
dicht (< 25/24)
sehr dicht (>= 25/24)

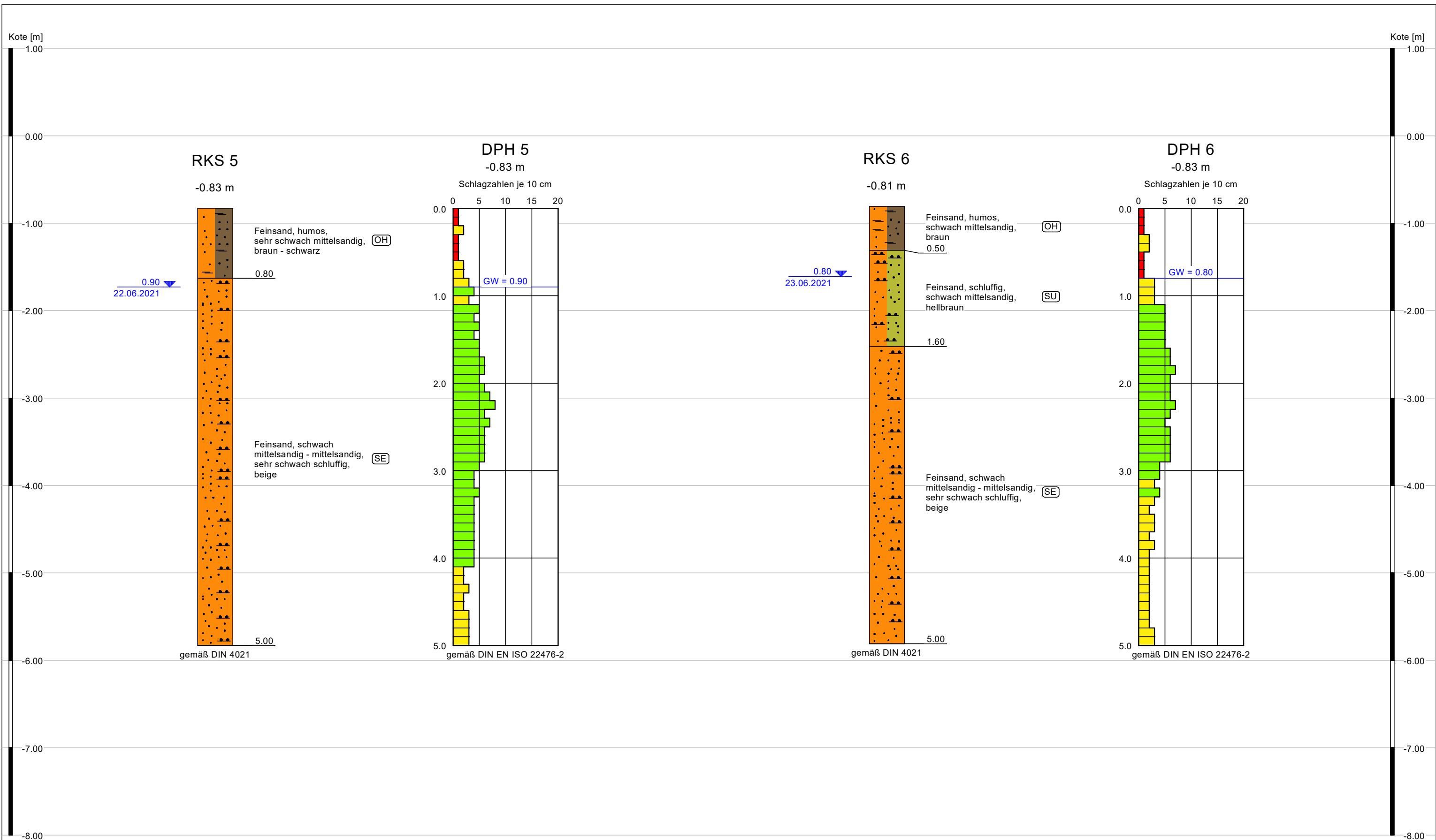
0.75 25.06.2021 Grundwasserspiegel und Messdatum

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

Projekt: 4704-2021-BGG-Biomethananlage
Gemeinde-Geeste-Moorbeeke-Dalum

Anlage 3
Bohrprofile und Rammsondierdiagramme

Maßstab: Höhe: 1:40
Datum: 29.07.2021 Bearbeiter: Helmer/Sowada



Lagerungsdichte DPH

■	sehr locker (< 2)
■	locker (< 5/4)
■	mitteldicht (< 14/13)
■	dicht (< 25/24)
■	sehr dicht (>= 25/24)

0.90
22.06.2021 Grundwasserspiegel und Messdatum

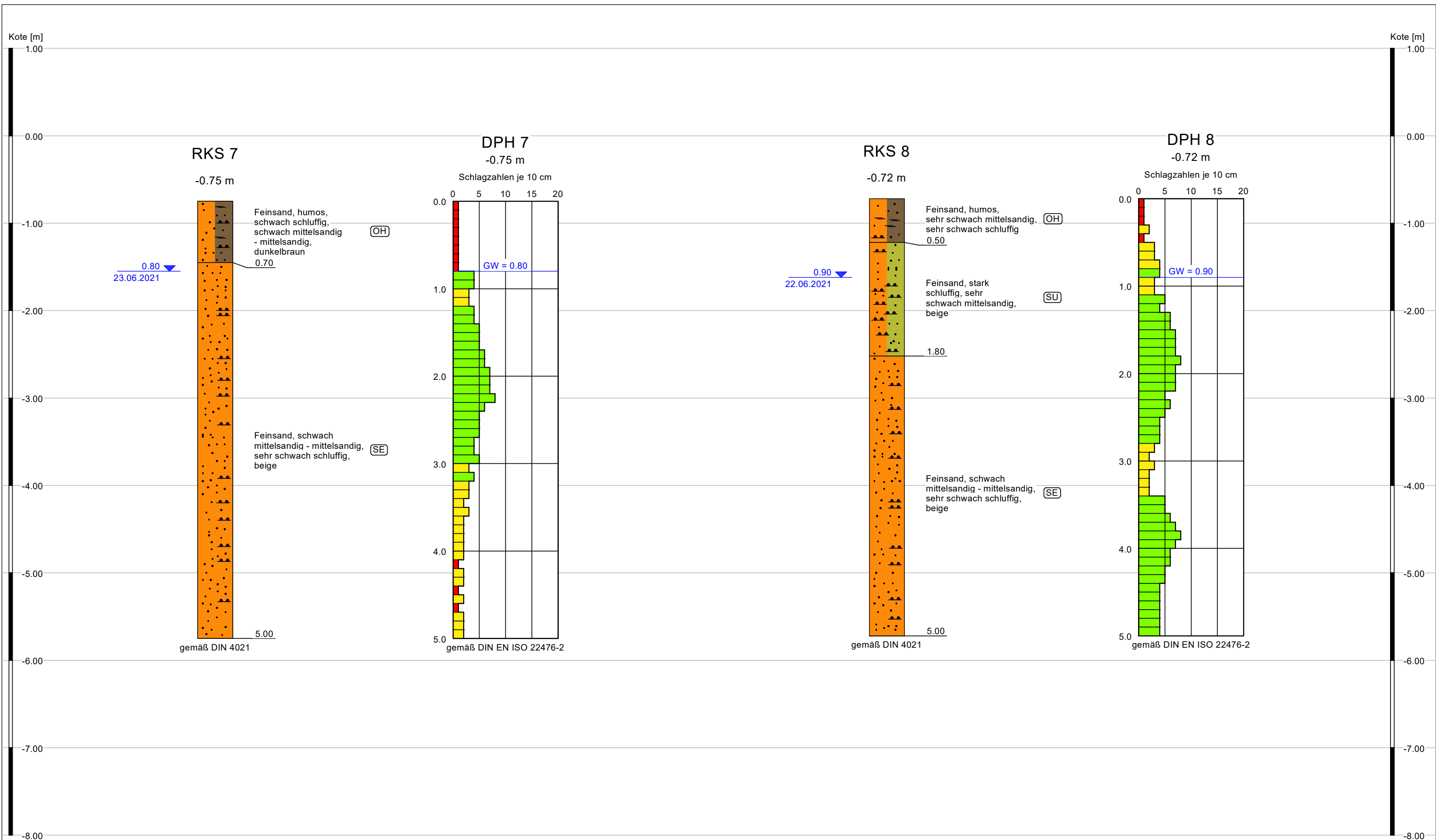


M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN
Bernard-Krone-Straße 19, 48480 Spelle, www.mo-bfg.de

Projekt: 4704-2021-BGG-Biomethananlage
Gemeinde-Geeste-Moorbeeke-Dalum

Anlage 3
Bohrprofile und Rammsondierdiagramme

Maßstab: Höhe: 1:40
Datum: 29.07.2021 Bearbeiter: Helmer/Sowada



Lagerungsdichte DPH

■	sehr locker (< 2)
■	locker (< 5/4)
■	mitteldicht (< 14/13)
■	dicht (< 25/24)
■	sehr dicht (>= 25/24)

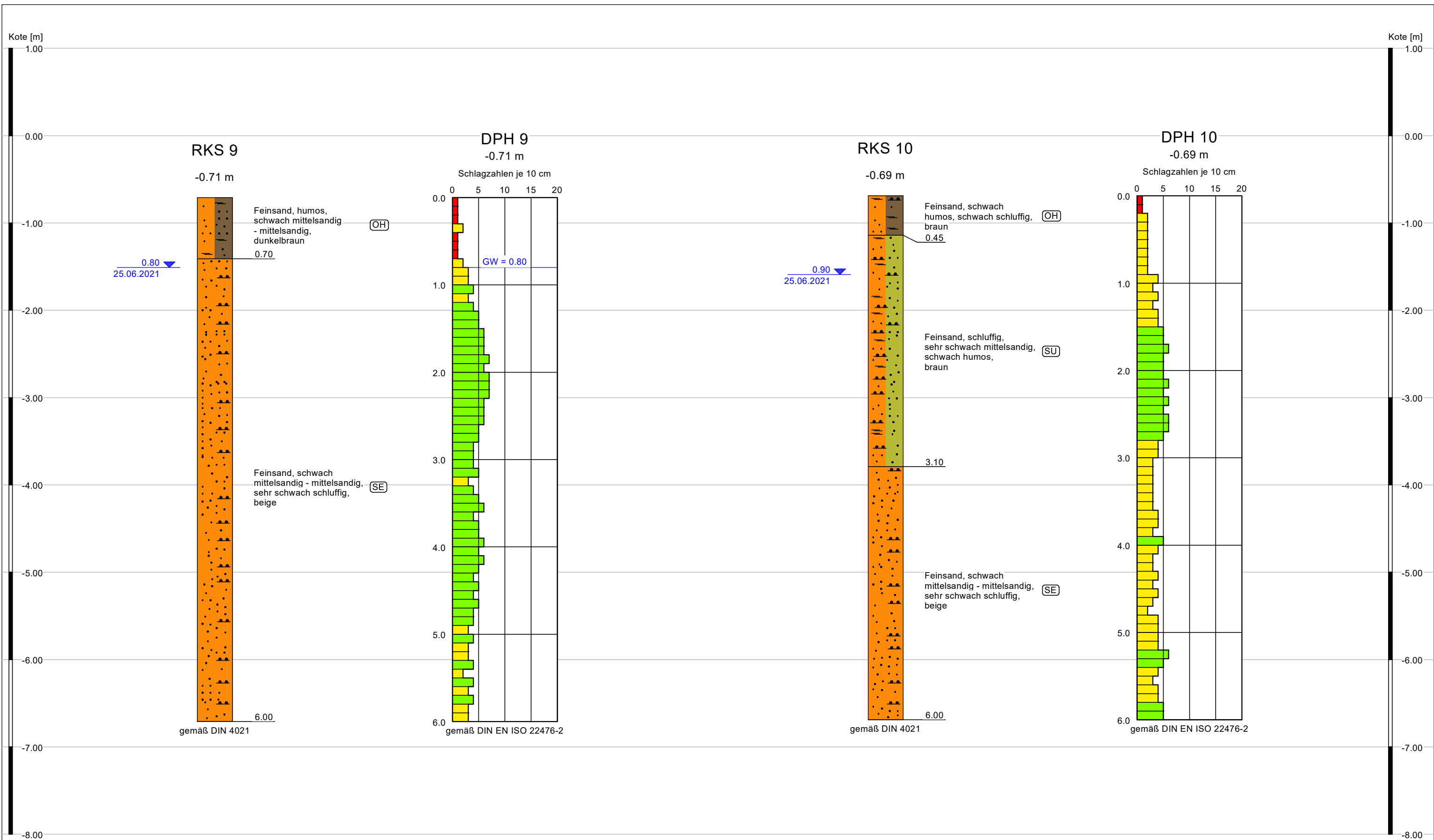
0.80
26.06.2021 Grundwasserspiegel und Messdatum

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

Projekt: 4704-2021-BGG-Biomethananlage
Gemeinde-Geeste-Moorbeeke-Dalum

Anlage 3
Bohrprofile und Rammsondierdiagramme

Maßstab: Höhe: 1:40
Datum: 29.07.2021 Bearbeiter: Helmer/Sowada



Lagerungsdichte DPH

■	sehr locker (< 2)
■	locker (< 5/4)
■	mitteldicht (< 14/13)
■	dicht (< 25/24)
■	sehr dicht (>= 25/24)

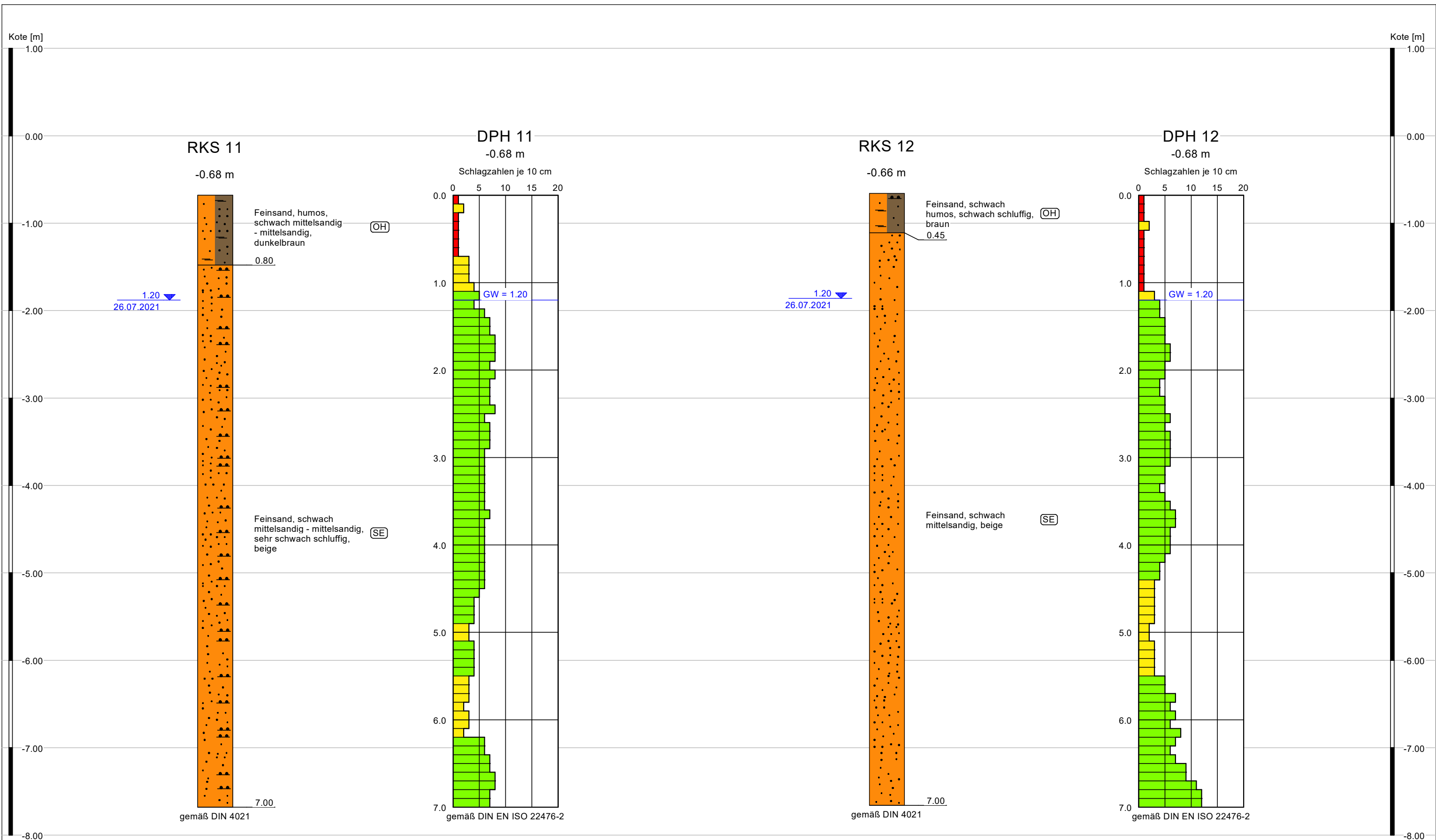
0.80 26.06.2021 Grundwasserspiegel und Messdatum

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

Projekt: 4704-2021-BGG-Biomethananlage
Gemeinde-Geeste-Moorbeeke-Dalum

Anlage 3
Bohrprofile und Rammsondierdiagramme

Maßstab: Höhe: 1:40
Datum: 29.07.2021 Bearbeiter: Helmer/Sowada



Lagerungsdichte DPH

■	sehr locker (< 2)
■	locker (< 5/4)
■	mitteldicht (< 14/13)
■	dicht (< 25/24)
■	sehr dicht (>= 25/24)

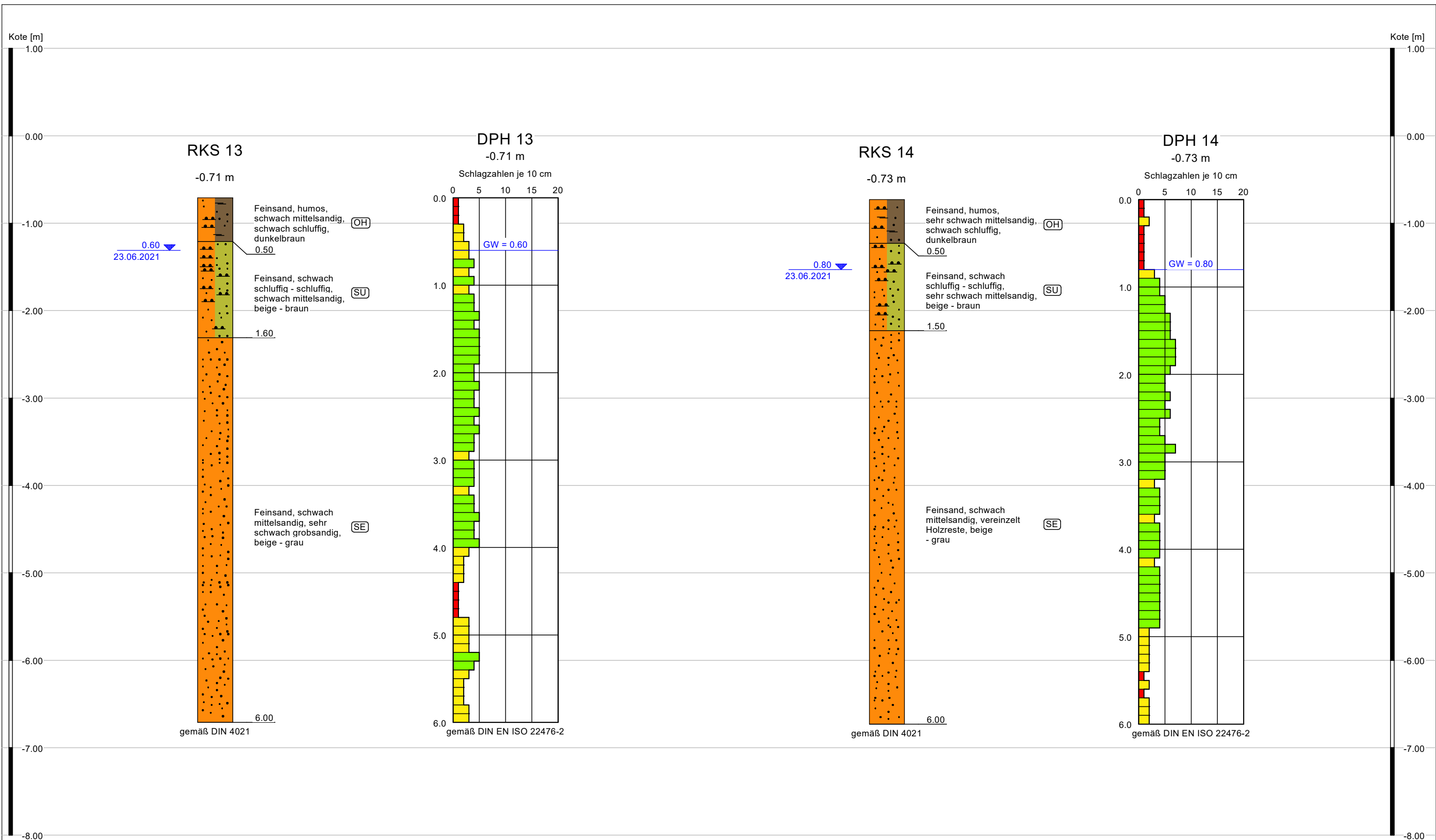
0.80
26.06.2021 Grundwasserspiegel und Messdatum

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

Projekt: 4704-2021-BGG-Biomethananlage
Gemeinde-Geeste-Moorbeeke-Dalum

Anlage 3
Bohrprofile und Rammsondierdiagramme

Maßstab: Höhe: 1:40
Datum: 29.07.2021 Bearbeiter: Helmer/Sowada



Lagerungsdichte DPH

■	sehr locker (< 2)
■	locker (< 5/4)
■	mitteldicht (< 14/13)
■	dicht (< 25/24)
■	sehr dicht (>= 25/24)

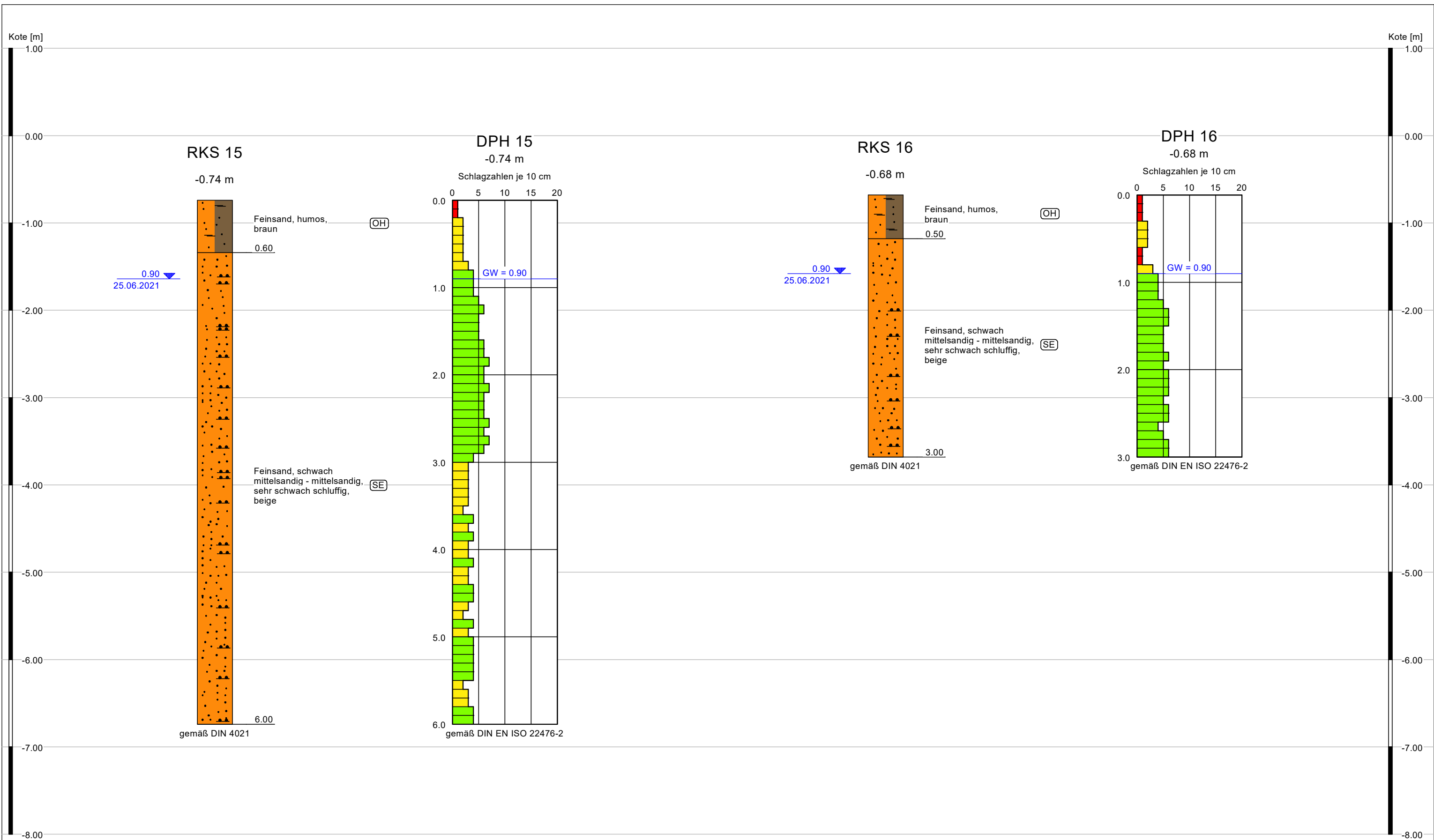
0.60
23.06.2021 Grundwasserspiegel und Messdatum

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

Projekt: 4704-2021-BGG-Biomethananlage
Gemeinde-Geeste-Moorbeeke-Dalum

Anlage 3
Bohrprofile und Rammsondierdiagramme

Maßstab: Höhe: 1:40
Datum: 29.07.2021 Bearbeiter: Helmer/Sowada



Lagerungsdichte DPH

■	sehr locker (< 2)
■	locker (< 5/4)
■	mitteldicht (< 14/13)
■	dicht (< 25/24)
■	sehr dicht (>= 25/24)

0.90
25.06.2021 Grundwasserspiegel und Messdatum

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

Projekt: 4704-2021-BGG-Biomethananlage
Gemeinde-Geeste-Moorbeeke-Dalum

Anlage 3
Bohrprofile und Rammsondierdiagramme

Maßstab: Höhe: 1:40
Datum: 29.07.2021 Bearbeiter: Helmer/Sowada

Anlage 4: Ergebnisse der Versickerungsversuche

Ermittlung Durchlässigkeitsbeiwert

Versickerung im Bohrloch / WELL PERMEAMETER METHOD

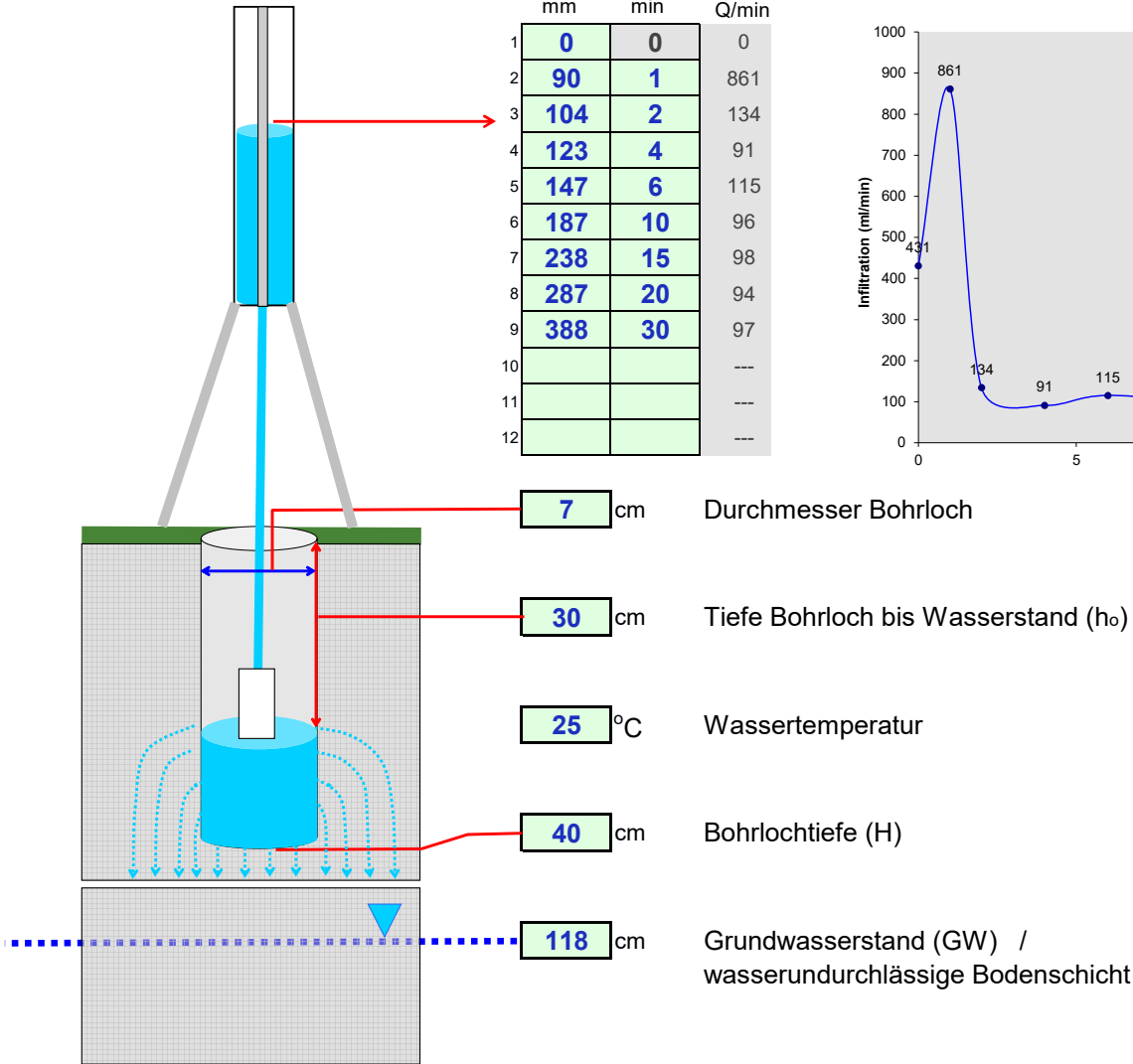
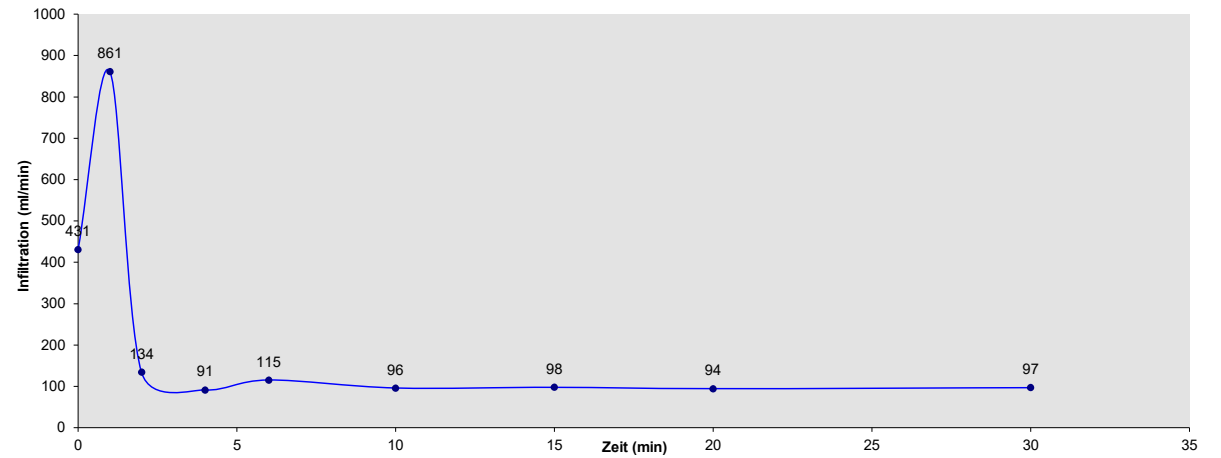
Projekt: 4704-2021 (Anlage 4)

Test: VU 1

Datum: 29.072021

Bearbeiter: Isbrecht/Musekamp

	mm	min	Q/min
1	0	0	0
2	90	1	861
3	104	2	134
4	123	4	91
5	147	6	115
6	187	10	96
7	238	15	98
8	287	20	94
9	388	30	97
10			---
11			---
12			---



Randbedingungen / Zwischenwerte:

Infiltrationsrate "Q"	1,61 ml/sec	Durchm.(mm): 110
	96,6 ml/min	
Radius-Bohrloch "r"	4 cm	
Wert "h ₀ "	30 cm	
Wert "h" = H-h ₀	10 cm	
Wert "S" = GW-H	78 cm	
Viskosität	0,9 Wasserviskosität im Bohrloch	

WASSR 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: $1,8 * 10^{-5} \text{ m/s}$
152,8 cm/Tag

Ermittlung Durchlässigkeitsbeiwert

Versickerung im Bohrloch / WELL PERMEAMETER METHOD

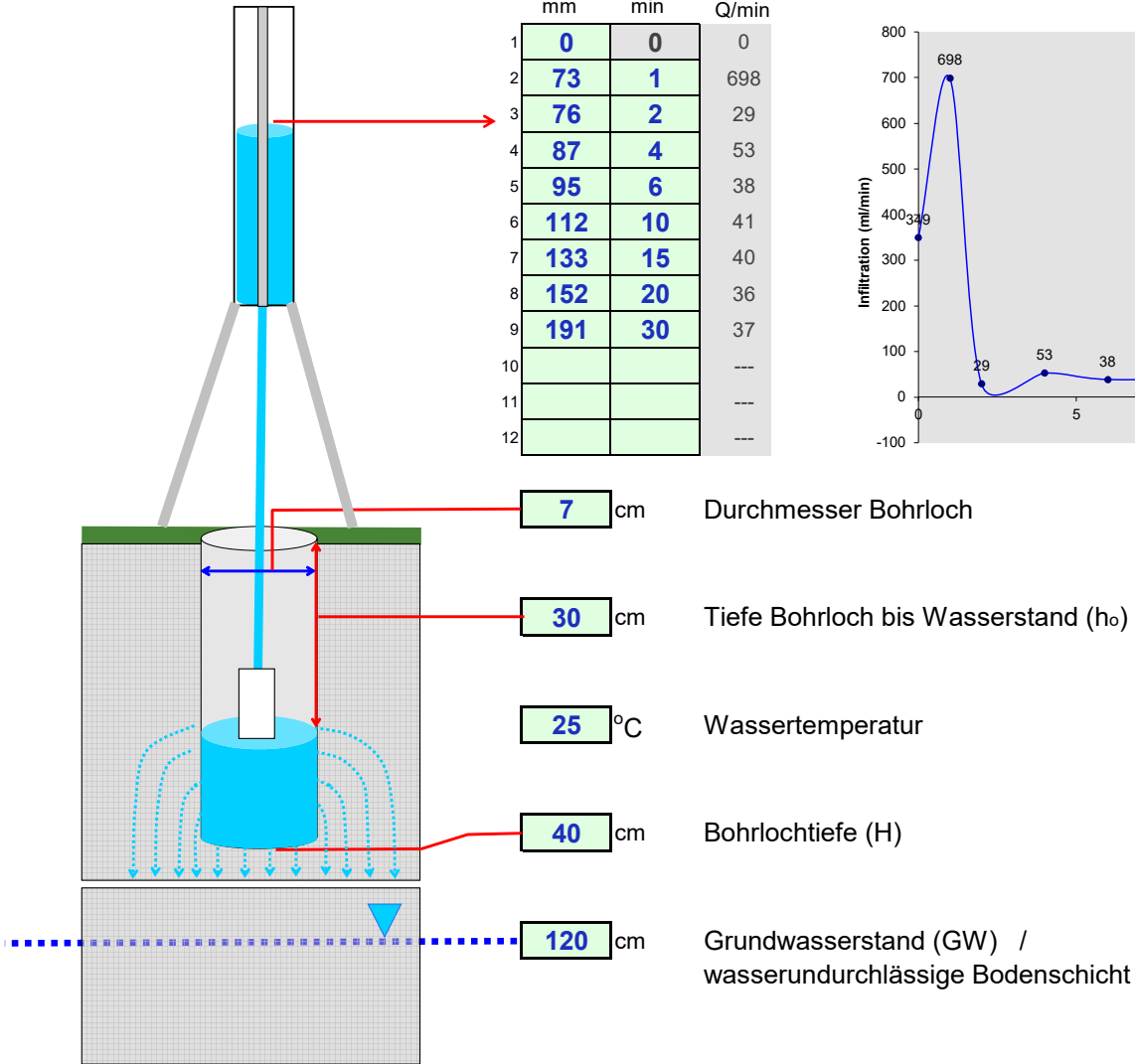
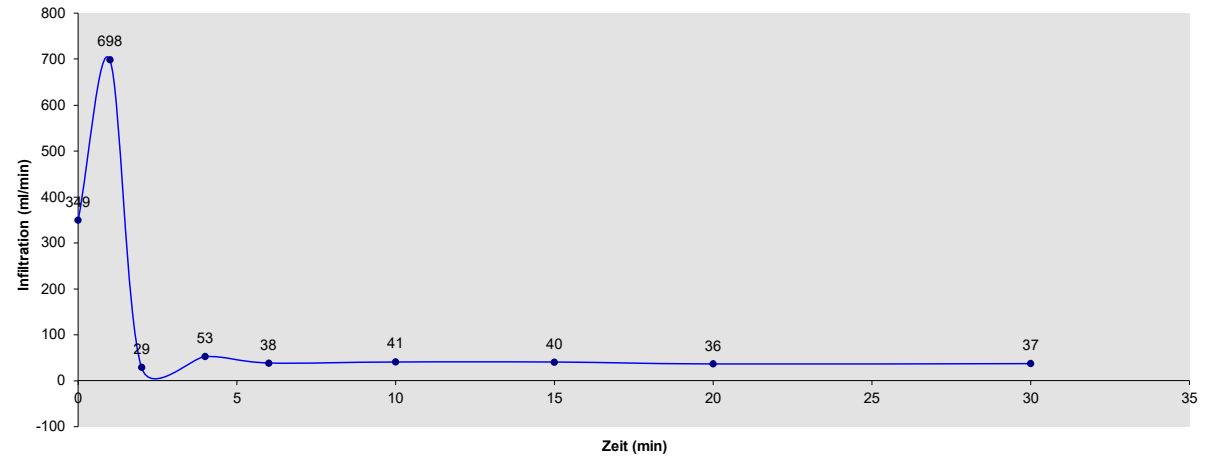
Projekt: 4704-2021 (Anlage 4)

Test: VU 2

Datum: 29.072021

Bearbeiter: Isbrecht/Musekamp

	mm	min	Q/min
1	0	0	0
2	73	1	698
3	76	2	29
4	87	4	53
5	95	6	38
6	112	10	41
7	133	15	40
8	152	20	36
9	191	30	37
10			---
11			---
12			---



Randbedingungen / Zwischenwerte:

Infiltrationsrate "Q"	0,62 ml/sec	Durchm.(mm): 110
	37,3 ml/min	
Radius-Bohrloch "r"	4 cm	
Wert "h ₀ "	30 cm	
Wert "h" = H-h ₀	10 cm	
Wert "S" = GW-H	80 cm	
Viskosität	0,9 Wasserviskosität im Bohrloch	

WASSR Für $S \geq 2h$:

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

FALSCH Für $S < 2h$:

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

Kr-Wert: $6,8 * 10^{-6} \text{ m/s}$
59,0 cm/Tag

Anlage 5: Korngrößenverteilung



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Bearbeiter: Helmer

Datum: 29.07.2021

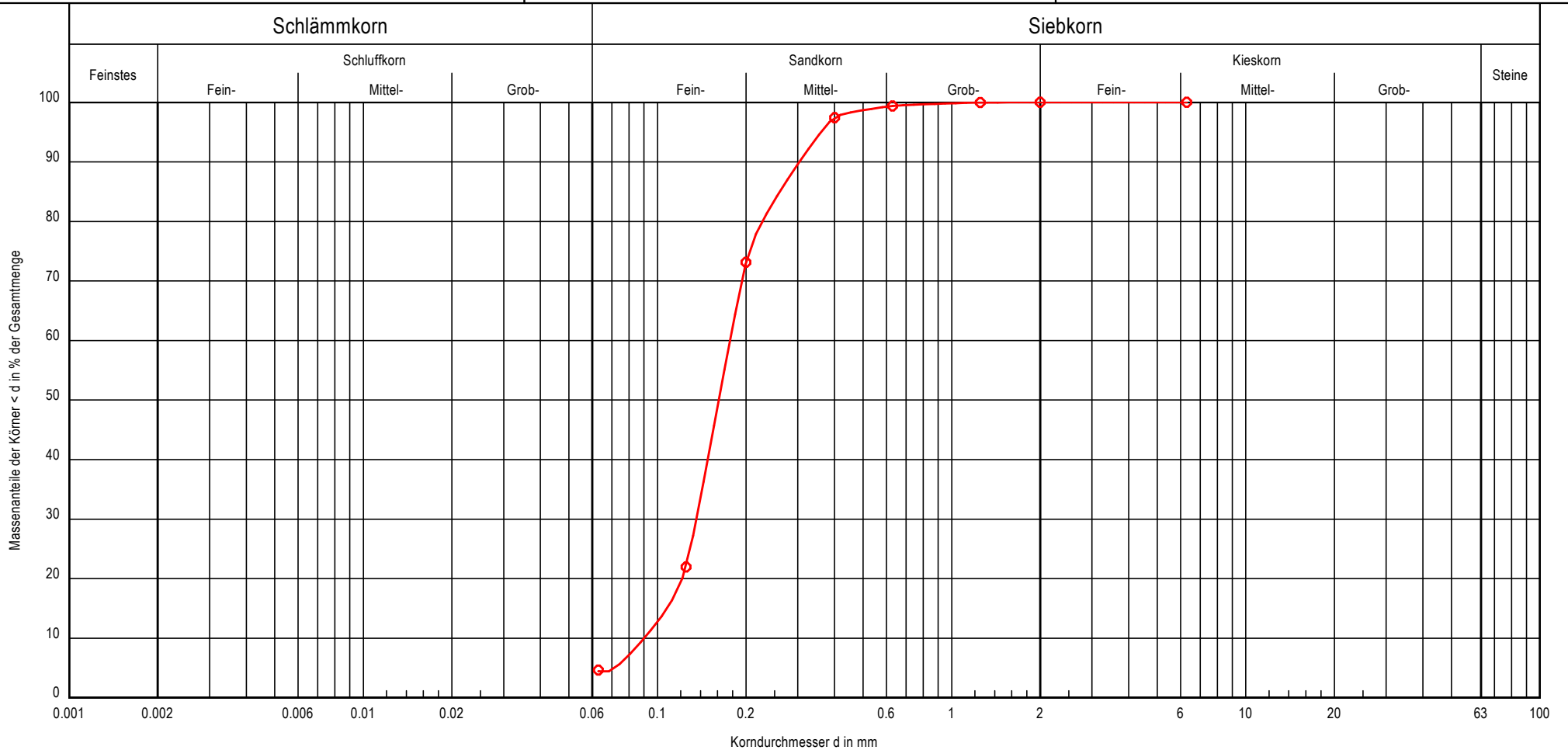
Körnungslinie DIN 18123

Prüfungsnummer: 4704-2021

Probe entnommen am: 22.06.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Nasssiebung



Bezeichnung:	4704-2021-KA-01	Bemerkungen:	Bericht: 4704-2021 Anlage: 5
Bodenart:	fS, ms		
Bodengruppe:	SE		
k [m/s] (Beyer):	$8.9 \cdot 10^{-5}$		
Entnahmestelle:	RKS 4: 0,5 m - 5,0 m unter GOK		
Cu/Cc	2.0/1.2		



M&O | BÜRO FÜR GEOWISSENSCHAFTEN

Bearbeiter: Helmer

Datum: 29.07.2021

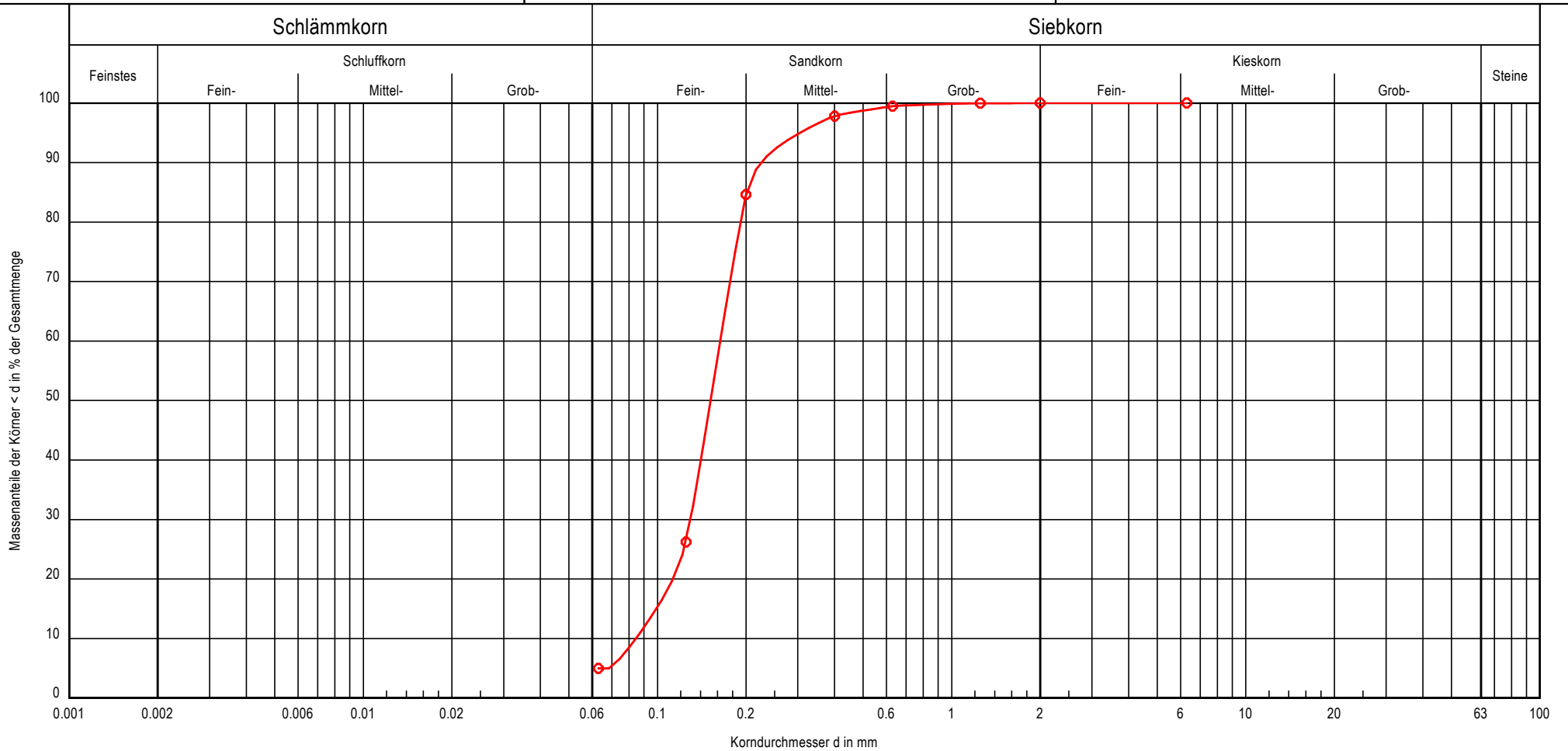
Körnungslinie DIN 18123

Prüfungsnummer: 4704-2021

Probe entnommen am: 22.06.2021

Art der Entnahme: gestört




Arbeitsweise: Nasssiebung



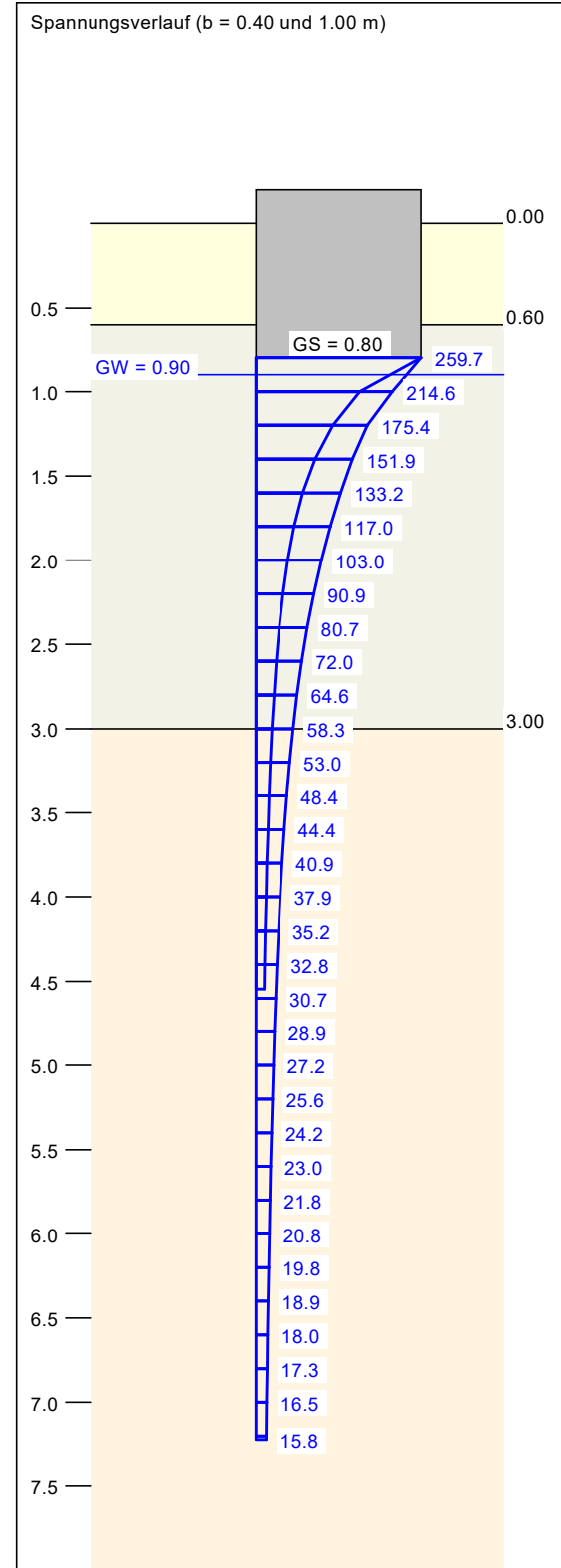
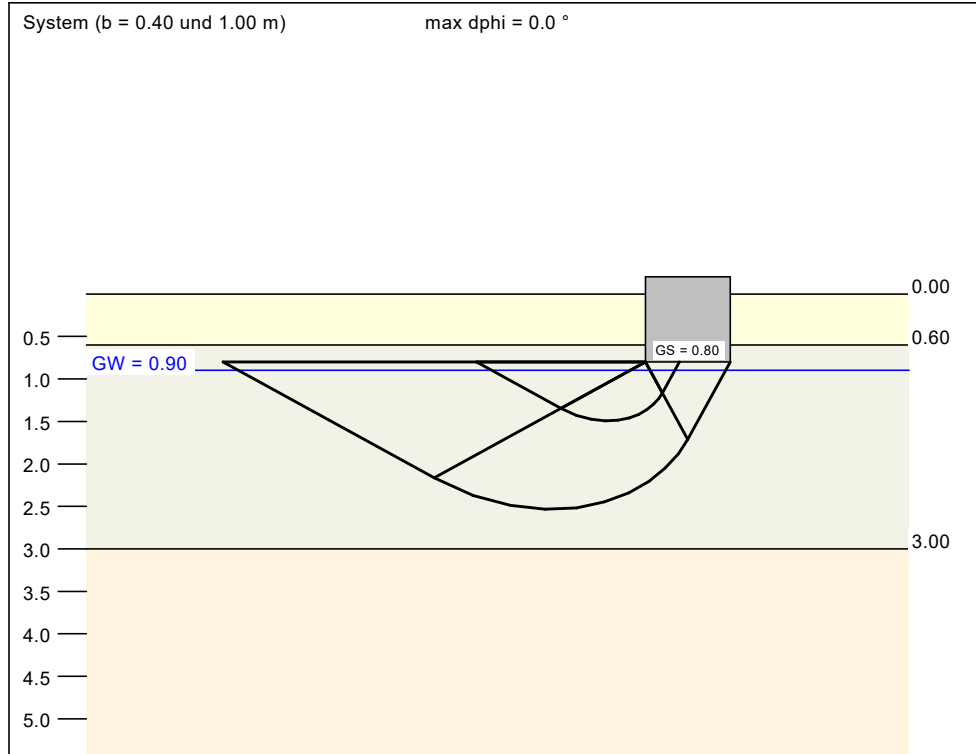
Bezeichnung:	4704-2021-KA-02	Bemerkungen:	Bericht: 4704-2021 Anlage: 5
Bodenart:	fS, ms'		
Bodengruppe:	SE		
k [m/s] (Beyer):	$7.8 \cdot 10^{-5}$		
Entnahmestelle:	RKS 12: 0,8 m - 7,0 m unter GOK		
Cu/Cc	1.9/1.2		

Anlage 6: Setzungsberechnungen

4704-2021-BGG-Biomethananlage-Gemeinde-Geeste-Moorbeeke-Dalum
Streifenfundamente, Rohplanum nachverdichtet

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
	0.60	17.5	10.0	32.5	0.0	40.0	27.0	0.33	Füllsand, mitteldicht (md)
	3.00	17.5	10.0	32.5	0.0	40.0	27.0	0.33	Homogenbereich 2 (mitteldicht)
	>3.00	17.5	10.0	32.5	0.0	20.0	13.5	0.33	Homogenbereich 2 (sehr) locker

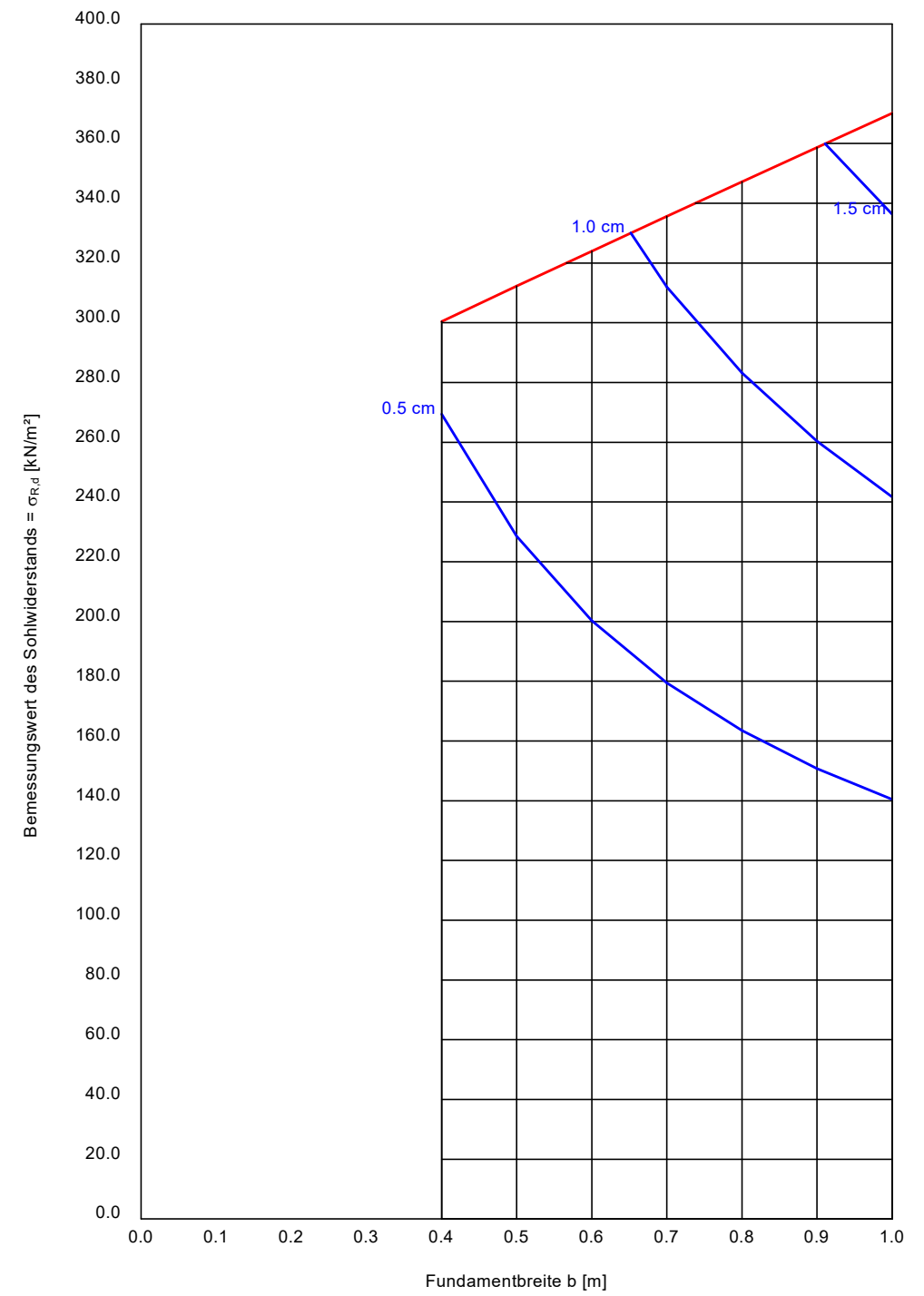
Berechnung erfolgt mit E und ν [E = (1 - ν - 2 \cdot ν^2) / (1 - ν) · E_s]



Berechnungsgrundlagen:
4704-2021 (RKS 1)
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 = 0.90 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
— Sohldruck
— Setzungen

a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	Zul $\sigma/\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_z [kN/m ³]	$\sigma_{\text{ü}}$ [kN/m ²]	t_g [m]	UK LS [m]	k_s [MN/m ²]
10.00	0.40	300.4	120.2	210.8	0.57	32.5	0.00	11.62	14.00	4.55	1.49	36.8
10.00	0.50	312.2	156.1	219.1	0.74	32.5	0.00	11.31	14.00	5.06	1.67	29.7
10.00	0.60	324.0	194.4	227.3	0.91	32.5	0.00	11.10	14.00	5.54	1.84	24.9
10.00	0.70	335.6	234.9	235.5	1.09	32.5	0.00	10.95	14.00	5.99	2.01	21.5
10.00	0.80	347.2	277.8	243.6	1.28	32.5	0.00	10.83	14.00	6.42	2.19	19.0
10.00	0.90	358.7	322.8	251.7	1.48	32.5	0.00	10.74	14.00	6.83	2.36	17.0
10.00	1.00	370.1	370.1	259.7	1.68	32.5	0.00	10.67	14.00	7.22	2.53	15.4



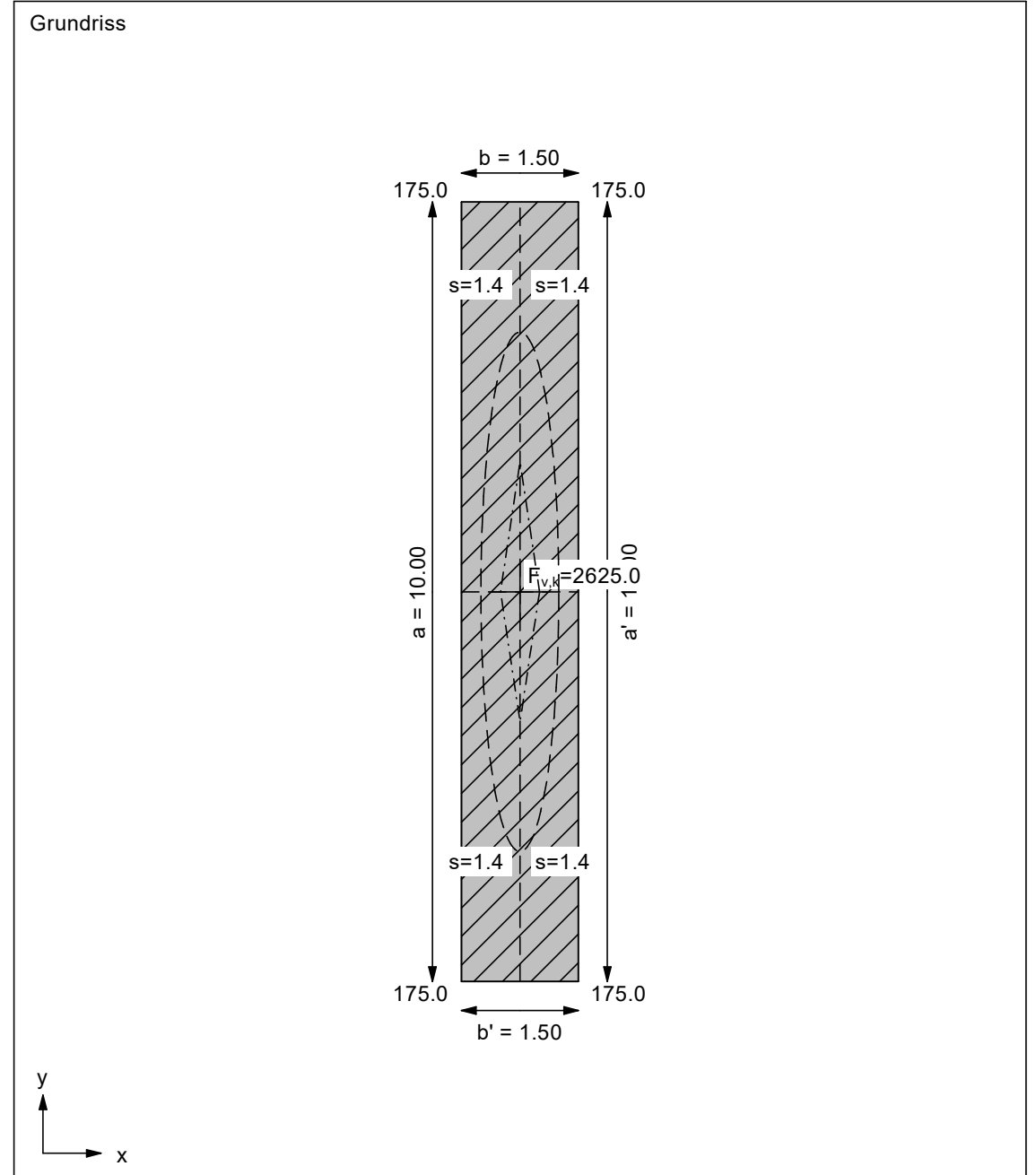
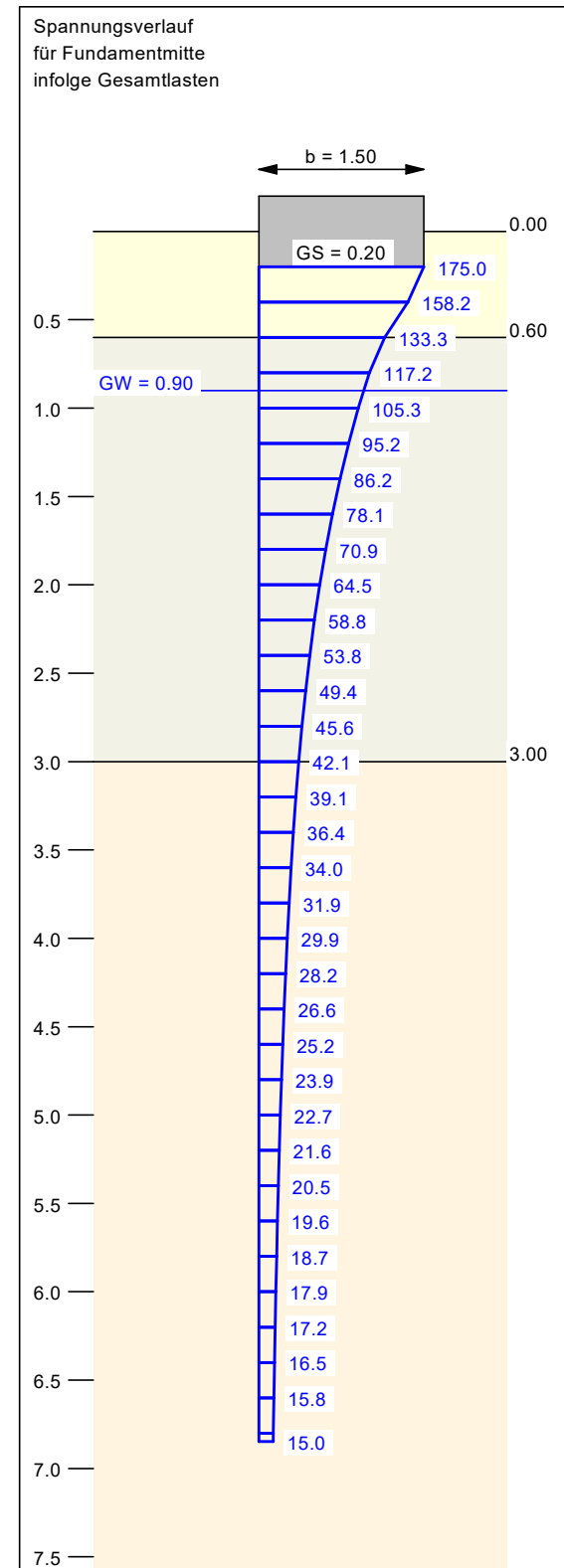
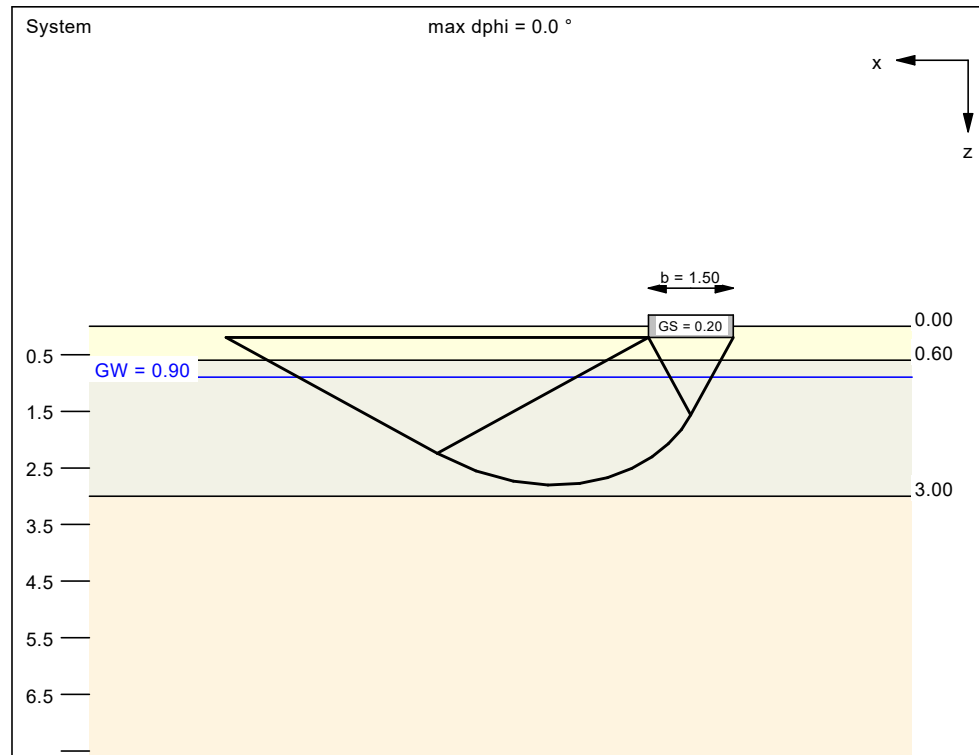
Zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{\text{ü},k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{\text{ü},k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{\text{ü},k} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

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
	0.60	17.5	10.0	32.5	0.0	40.0	27.0	0.33	Füllsand, mitteldicht (md)
	3.00	17.5	10.0	32.5	0.0	40.0	27.0	0.33	Homogenbereich 2 (mitteldicht)
	>3.00	17.5	10.0	32.5	0.0	20.0	13.5	0.33	Homogenbereich 2 (sehr) locker

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

4704-2021-BGG-Biomethananlage-Gemeinde-Geeste-Moorbeeke-Dalum
Sohlplattengründung (Ersatzstreifen $b=1,5\text{m}$),
Rohplanum nachverdichtet

Berechnungsgrundlagen:
4729-2021 (RKS 3)
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 = 0.90 m
Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
- - - - - 1. Kernweite
- - - - - 2. Kernweite



Ergebnisse Einzelfundament:
Lasten = ständig / veränderlich
Vertikallast $F_{v,k} = 2625.00 / 0.00$ 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

Grundbruch:
Durchstanzen untersucht,
aber nicht maßgebend.
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 370.5 / 264.64$ kN/m²
 $R_{n,k} = 5557.48$ kN
 $R_{n,d} = 3969.63$ kN
 $V_d = 1.35 \cdot 2625.00 + 1.50 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 3543.75$ kN
 μ (parallel zu x) = 0.893
cal $\varphi = 32.5^\circ$
cal $c = 0.00$ kN/m²
cal $\gamma_2 = 12.89$ kN/m³

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):
 $\nu_c = 1.084$; $\nu_d = 1.081$; $\nu_b = 0.955$

Setzung infolge Gesamtlasten:
Grenztiefe $t_g = 6.85$ m u. GOK
Setzung (Mittel aller KPs) = 1.39 cm
Setzungen der KPs:
links oben = 1.39 cm
rechts oben = 1.39 cm
links unten = 1.39 cm
rechts unten = 1.39 cm
Verdrehung(x) (KP) = 0.0
Verdrehung(y) (KP) = 0.0
Nachweis EQU:
Maßgebend: Fundamentbreite
 $M_{stb} = 2625.0 \cdot 1.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 1771.9$
 $M_{dst} = 0.0$
 $\mu_{EQU} = 0.0 / 1771.9 = 0.000$