

**Baugrund - Altlasten - Rückbau
Gutachten & Beratung**

**OWS Ingenieurgeologen
GmbH & Co. KG**

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571-95288-0
Fax: 02571-95288-2

info@ows-online.de
www.ows-online.de

Baugrundgutachten

Projekt: Erschließung B-Plan Nr. 20.4
„Gewerbegebiet Gutenbergstraße“
in 48268 Greven

Mitgliedschaften
Ingenieurkammer Bau NRW
Ingenieurkammer Nds
BVBoden, BDB, BDG, DGGT, FGSV

Projekt-Nr.: 2109-4858

**OWS Ingenieurgeologen
GmbH & Co. KG**

Amtsgericht Steinfurt
HRA 5320
Steuernummer
327/5890/3240

Sachbearbeiter: Dipl.-Geol. Stefan Kunk

p.h.G.
OWS Ingenieurgeologen
Verwaltungs GmbH
Amtsgericht Steinfurt
HRB 7485

Auftraggeber: Stadt Greven
Rathausstraße 6, 48268 Greven

Geschäftsführer
Dipl.-Geol. C. Oberste-Wilms
Dipl.-Geol. M. Stracke

Bankverbindungen
Deutsche Bank Osnabrück
IBAN: DE27 265 700 240 0585000 00
BIC: DEUT DE DB265

Datum: 03. Dezember 2021

Sparkasse Osnabrück
IBAN: DE07 2655 0105 0000 2300 52
BIC: NOLADE22

Vorliegende Unterlagen

- Nr. 1:** Lageplan (Geltungsbereich Bebauungsplan Nr. 20.4 „Gewerbegebiet Gutenbergstraße“, Stand: 09.03.3021), ohne Maßstab
- Nr. 2:** Bebauungsplan Nr. 20.4 „Gewerbegebiet Gutenbergstraße“, Städtebaulicher Entwurf, Maßstab 1 : 1000
- Nr. 3:** Kabel- und Leitungspläne der örtlichen Versorger, (Stadtwerke Greven, T-Com), Maßstab 1 : 500 / 1000
- Nr. 4:** Archivunterlagen (Geologische Karten, Hydrogeologische Karten, Ingenieurgeologische Karten, Fachliteratur etc.)

Anlagen

- Nr. 1.1:** Übersichtsplan, Maßstab 1 : 25 000
- Nr. 1.2:** Lageplan mit eingetragenen Bodenaufschlusspunkten, Maßstab 1 : 1000
- Nr. 2:** Schichtenprofile gem. DIN 4023 und Rammdiagramme gem. DIN EN ISO 22476-2, Höhenmaßstab 1 : 50 (Anl. 2.1 - 2.8)
- Nr. 3:** Körnungslinien gem. DIN EN ISO 17892-4 (Anl. 3.1 - 3.14)
- Nr. 4:** Glühverlustbestimmung gem. DIN 18128 (Anl. 4.1 u. 4.2)
- Nr. 5:** Versickerungsversuche gem. USBR (Anl. 5.1 - 5.3)
- Nr. 6:** Charakteristische Bodenkennwerte der Homogenbereiche (Anl. 6.1 - 6.4)

Inhaltsverzeichnis

1.0 Einleitung	5
2.0 Untersuchungsumfang	6
3.0 Baugrund- und Grundwasserverhältnisse	8
3.1 Allgemeines	8
3.2 Schichtenfolge	8
3.3 Grundwasser	10
3.4 Charakteristische Bodenkennwerte	13
3.5 Bodenklassifikationen nach VOB- und DIN-Norm	15
3.5.1 Klassifikation nach ATV VOB C 2015-08.....	15
3.5.2 Bodenklassen (VOB DIN 18300) und Bodengruppen (DIN 18196)	16
3.6 Klassifizierung der oberflächennahen Böden gem. ZTV E-StB 17	16
4.0 Hinweise zur Baudurchführung	17
4.1 Kanalbau	17
4.1.1 Behandlung des humosen Oberbodens	17
4.1.2 Bauzeitliche Wasserhaltung	18
4.1.2.1 Gut durchlässige Böden oberhalb des Grundwassers.....	18
4.1.2.2 Wenig durchlässige Böden oberhalb des Grundwassers	19
4.1.2.3 Grundwasser in oder oberhalb der Kanalgrabensohle.....	19
4.1.2.4 Allgemeiner Hinweis	21
4.1.3 Sicherung der Kanalgräben	21
4.1.4 Stabilisierung der Kanalgrabensohle, Rohrauflagerung.....	23
4.1.4.1 Gründungsplanum	23
4.1.4.2 Rohrbettung	23
4.1.4.3 Grabenverfüllung und Wiedereinbaufähigkeit der Aushubböden.....	25

Inhaltsverzeichnis

4.2 Straßenbau	27
4.2.1 Belastungsklassen	27
4.2.2 Frostsicherer Gesamtaufbau	27
4.2.3 Erdplanum	28
4.2.3.1 Bauzeitliche Wasserhaltung	28
4.2.3.2 Tragfähigkeit	29
4.2.3.3 Oberbau / Frostschutz- und Tragschicht	33
4.2.4 Besondere Hinweise	34
5.0 Versickerung des anfallenden Regenwassers auf dem Gelände	35
5.1 Grundlage zur Beurteilung	35
5.2 Ermittlung der Durchlässigkeit der Böden	35
5.2.1 Bestimmung der Durchlässigkeit aus Laborversuchen	35
5.2.2 Bestimmung der Durchlässigkeit aus Feldversuchen	37
5.3 Beurteilung des Grundwasserflurabstandes	38
5.4 Fazit	39
6.0 Baugrubenabnahme und Verdichtungsüberprüfung	40
7.0 Weitere Untersuchungen und Schlusswort	41

1.0 Einleitung

Die Stadt Greven plant die Erschließung der nördlichen Erweiterung des „Gewerbegebietes Gutenbergstraße“ in 48268 Greven. Die Erschließungsfläche liegt im Bereich des von der Stadt Greven aufgestellten Bebauungsplans Nr. 20.4.

Die OWS Ingenieurgeologen wurden von der Stadt Greven beauftragt, Baugrunduntersuchungen im Bereich der geplanten Erschließungsfläche durchzuführen und das vorliegende Baugrundgutachten auszuarbeiten. Auftragsgrundlage ist das Angebot A2108-4232 vom 18.08.2021.

Nach dem vorliegenden Anforderungskatalog in der Angebotsanfrage der Stadt Greven für Los 4 (Bodengutachten) sollen neben der Bestimmung und Beschreibung der Untergrund- und Grundwasserverhältnisse vorrangig Angaben zum Kanalbau und zur Regenwasserversickerung gemacht werden.

Konkrete Angaben zur zukünftigen Verlegungstiefe der Kanalrohre liegen dem Gutachter zum aktuellen Planungsstand nicht vor. Da von der Stadt Greven Mindesttiefen der Baugrundaufschlüsse von 3,5 m für sämtliche Baugrundaufschlüsse und von 6,0 m für mindestens 4 Baugrundaufschlüsse gefordert werden, wird die geplante Sohltiefe der Kanalisation für die weiteren Ausführungen zunächst zwischen ca. 1,5 m und 3,0 m unter GOK bzw. zwischen ca. 36,9 mNHN und ca. 38,4 mNHN angenommen.

Für den Straßenbau liegen ebenfalls keine Planvorgaben vor. Konkrete Angaben zur ansetzbaren Belastungsklasse gem. RStO 17 und zum geplanten Straßenoberbau sind zum aktuellen Planungsstand nicht verfügbar. Die zukünftige Straßengradiente wird daher vorerst im Mittel bei ca. 39,9 mNN angenommen.

Die angenommenen Sohlebenen und die mittlere Straßengradiente sind Grundlage der weiteren Ausführungen.

2.0 Untersuchungsumfang

Zur Erschließung der Baugrundverhältnisse und zur Ermittlung der Tragfähigkeit des Baugrundes wurde im Bereich der Erschließungsfläche vom Gutachter ein Aufschlussraster mit insgesamt 57 Rammkernsondierbohrungen (RKS 1 bis RKS 57, Bohrungen RKS gem. DIN EN ISO 22475-1) und 3 mittelschweren Rammsondierungen (DPM 1, bis DPM 3, Sonde DPM gem. DIN EN ISO 22476-2) angeboten und von der Stadt Greven beauftragt.

Da für das Gelände nur eine zeitlich sehr begrenzte Betretungserlaubnis vom derzeitigen Grundstückseigentümer vorlag, konnte in der Zeit vom 26.10.2021 bis zum 29.10.2021 jedoch nur ein Großteil der ursprünglich geplanten Aufschlussbohrungen tatsächlich auch durchgeführt werden. Da dem Gutachter der zeitlich sehr eng begrenzte Untersuchungsrahmen frühzeitig mitgeteilt wurde, wurde die Gesamtanzahl der Aufschlüsse im Vorfeld der Geländearbeiten in drei Prioritätsgruppen eingeteilt (Gruppe I: hohe Priorität, Gruppe II: mittlere Priorität und Gruppe III: geringe Priorität).

Die Prioritätsgruppen I und II konnten vollständig, die Prioritätsgruppe III teilweise abgearbeitet werden. Die zu ca. 75 % der Ursprungsplanung abgeteufte Baugrundaufschlüsse ermöglichen ausreichend gesicherte Angaben zu sämtlichen Punkten des Anforderungskatalogs. Lediglich für den südöstlichen Geländebereich ist aufgrund einer geringeren Aufschlussdichte eine etwas höhere Abweichungswahrscheinlichkeit in Bezug auf die prognostizierte Versickerungsfähigkeit des Untergrundes möglich.

Die Lage der Bodenaufschlusspunkte ist der Anlage 1.2 zu entnehmen.

Die Ergebnisse der Aufschlussbohrungen und die der Rammsondierungen wurden gem. DIN 4023 in Schichtenprofilen und gem. DIN EN ISO 22476-2 in Rammdiagrammen auf den Anlagen 2.1 bis 2.8 dargestellt.

Aus den Bohrungen wurden gestörte Bodenproben entnommen, an denen die für die erdstatischen Berechnungen erforderlichen charakteristischen Bodenkennwerte, auch unter Beachtung der Ergebnisse der Rammsondierungen, abgeschätzt wurden.

An repräsentativ ausgewählten Bodenproben wurde im bodenmechanischen Labor die Korngrößenverteilung gem. DIN EN ISO 17892-4, der Humusgehalt mittels Glühverlustbestimmung gem. DIN 18128 bestimmt. Die Ergebnisse der Laborversuche sind als Anlagen 3.1 bis 3.14 sowie 4.1 und 4,2 beigefügt.

Zudem wurden aus den entnommenen Bodenproben Mischproben zusammengestellt und einer chemischen Deklarationsanalytik auf den Parameterumfang der Deponieverordnung (DepV 2009) und der ergänzenden Parameter der LAGA-M 20 (1997 / 2004) zugeführt. Die Ergebnisse der chemischen Analytik werden in einem separaten Bericht dargestellt.

Die Bodenproben, die durch die Laborversuche nicht verbraucht wurden, werden bis drei Monate nach Abgabe des Gutachtens aufbewahrt und dann, falls vom Auftraggeber nicht anders bestimmt, verworfen.

Zusätzlich zu den Aufschlussbohrungen und Rammsondierungen wurden im Erschließungsgebiet drei Versickerungsversuche (V 1 bis V 3, open-end-test gem. USBR.) zur direkten Ermittlung der Durchlässigkeit des oberflächennahen Untergrundes im Feldversuch durchgeführt. Die Ergebnisse der Versickerungsversuche sind den Anlagen 5.1 bis 5.3 zu entnehmen.

3.0 Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

3.1 Allgemeines

Das Erschließungsgelände liegt im Norden des Gewerbegebietes „Gutenbergstraße/Kerkstiege“ im Nordwesten der Stadt Greven. Derzeit wird das Gelände weitestgehend noch landwirtschaftlich genutzt und stand nach Auftragserteilung gemäß Mitteilung des aktuellen Grundstückseigentümers aus landwirtschaftsbetrieblichen Gründen nur sehr kurzzeitig für die Geländearbeiten zur Verfügung (vgl. Kap. 2.0).

Das Gelände ist \pm eben. Nach dem Höhennivellement der Sondieransatzpunkte liegt zwischen den Aufschlusspunkten eine max. Höhendifferenz von ca. 1,6 m vor.

Als Bezugspunkt (BZP) für das Höhennivellement der Sondieransatzpunkte wurde der im Lageplan (vgl. Anl. 1.2) eingezeichnete Kanaldeckel (KD.) in der „Gutenbergstraße“ mit der angegebenen Höhe von 39,87 mNHN gewählt.

Danach liegt das Gelände ca. 1,0 m tiefer (RKS 1) bis ca. 0,6 m höher (RKS 54) als der Bezugspunkt. Die mittlere Geländehöhe liegt bei ca. 39,6 mNHN und somit ca. 0,3 m tiefer als der Bezugspunkt.

3.2 Schichtenfolge

Nach den Daten der Geologischen Karte im Maßstab 1 : 100 000 des Internetauskunftsystems GEOportal.NRW, zur Verfügung gestellt vom Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen, ist im Bereich der untersuchten Erschließungsfläche mit dem Auftreten holozäner Aueterrassenablagerungen über pleistozänen Niederterrassen der Ems in Form von Fein- und Mittelsanden, untergeordnet Kies, Schluff und Ton zu rechnen. Örtlich können die fluviatilen Sedimente demnach auch anmoorig sein.

Die Aufschlussbohrungen haben eine relativ einheitliche Schichtenfolge erschlossen, die vereinfacht wie folgt beschrieben wird:

bis ca. 0,3/0,7 m unter GOK

(in RKS 5, 6, 55, 56 u. 57 nicht angetroffen):

Humoser Oberboden / Ackerkrume

Der humose Oberboden ist durch die landwirtschaftliche Bearbeitung anthropogen überprägt. Teilweise weist der Boden geringe Anteile an Fremdbestandteilen (Gesteinsbruchstücke, Ziegelbruchstücke) auf.

bis ca. 0,6/0,8 m unter GOK

(nur in RKS 5, 6, 55, 56 u. 57 angetroffen):

Anthropogene Auffüllungen

Inhomogen zusammengesetzte Gemische aus Schluff, Sand und Steinen, z. T. schwach humos bis humos. Die Steinanteile setzen sich i. W. aus Fremdbestandteilen (Ziegelbruch, Bauschuttreste) und/oder unterschiedlichen Natursteinbruchstücken (Schluffstein, Tonstein) zusammen. Die aufgefüllten Böden sind erdfeucht bis feucht (Staunässe) und locker bis mitteldicht gelagert.

**bis ca. 2,8/5,2 m unter GOK bzw.
bis zur max. Aufschlusstiefe
von 3,5 m unter GOK:**

Auenterrassensedimente (Holozän)

Überwiegend **Fein- und Mittelsande** in variierenden Zusammensetzungen, häufig schwach schluffig bis z. T. stark schluffig und schwach tonig bis tonig, teilweise in sandige, z. T. tonige bis stark tonige **Schluffe** übergehend. Vereinzelt sind die

Ablagerungen schwach humos bis humos und enthalten dann Pflanzen- und/oder Wurzelreste. Die Sande und Sand-Schluff-Ton-Gemische sind erdfeucht bis grundwasserführend und im wassergesättigten Zustand teilweise fließfähig. Je nach Korngrößenzusammensetzung und bodenmechanischen Eigenschaften sind die Ablagerungen entweder locker bis mitteldicht gelagert (rollige Sande und Sand-Schluff-Gemische) oder von weich- bis steifplastischer und steifplastischer Konsistenz (schwach bindige bis stark bindige Sand-Schluff-Gemische und tonige Schluffe)

bis zur max. Aufschlusstiefe von ca. 4,0/6,0 m unter GOK
(nur in RKS 1-5 u. 45 erbohrt):

Niederterrassensande (Pleistozän)

Fein- und Mittelsande in variierenden Zusammensetzungen, z. T. schwach schluffig und /oder schwach kiesig, grundwasserführend, fließfähig und mitteldicht bis dicht gelagert.

Die Aufschlussbohrungen wurden bei Erreichen der avisierten Aufschlusstiefen bei 3,5 m unter GOK in den dort anstehenden, holozänen Sanden und Schluffen bzw. bei 4,0/6,0 m unter GOK in den dort anstehenden, pleistozänen Sanden eingestellt.

3.3 Grundwasser

Der Grundwasserspiegel wurde bei den Baugrunduntersuchungen in der Zeit vom 26.10.2021 bis zum 29.10.2011 in den abgeteuften Aufschlussbohrungen zwischen ca.

2,4 m und ca. 3,5 m unter GOK bzw. zwischen ca. 35,5 mNHN und ca. 37,3 mNHN gemessen (vgl. Tab. 1)

Tab. 1: Grundwasserstichtagsmessungen (26.-29.10.2021)

Aufschluss	Datum	GOK [mNHN]	GW [m u. GOK]	GW [mNHN]
RKS 1	26.10.2021	38,88	3,11	35,77
RKS 2	26.10.2021	39,42	3,48	35,94
RKS 3	26.10.2021	39,59	3,05	36,54
RKS 4	26.10.2021	39,54	2,77	36,77
RKS 5	26.10.2021	39,81	2,90	36,91
RKS 6	26.10.2021	39,60	2,63	36,97
RKS 7	26.10.2021	39,64	3,15	36,49
RKS 8	26.10.2021	40,44	3,20	37,24
RKS 9	27.10.2021	39,27	3,45	35,82
RKS 10	27.10.2021	39,42	2,90	36,52
RKS 11	27.10.2021	39,50	2,43	37,07
RKS 12	27.10.2021	39,43	3,00	36,43
RKS 13	27.10.2021	39,44	2,50	36,94
RKS 14	27.10.2021	39,27	3,20	36,07
RKS 15	27.10.2021	39,43	2,53	36,90
RKS 16	27.10.2021	39,53	2,60	36,93
RKS 17	27.10.2021	39,43	2,64	36,79
RKS 18	27.10.2021	39,52	2,73	36,79
RKS 19	27.10.2021	39,44	2,72	36,72
RKS 20	27.10.2021	39,50	2,80	36,70
RKS 21	27.10.2021	39,42	2,66	36,76
RKS 22	28.10.2021	39,62	2,90	36,72
RKS 23	28.10.2021	39,46	2,80	36,66
RKS 24	28.10.2021	39,50	2,90	36,60
RKS 25	28.10.2021	39,40	2,70	36,70
RKS 26	28.10.2021	39,54	3,10	36,44
RKS 27	28.10.2021	39,57	3,10	36,47
RKS 28	28.10.2021	39,61	3,10	36,51
RKS 29	28.10.2021	39,54	3,20	36,34
RKS 30	28.10.2021	39,73	3,30	36,43
RKS 31	28.10.2021	39,78	3,50	36,28
RKS 32	28.10.2021	39,72	3,50	36,22
RKS 33	28.10.2021	39,64	3,30	36,34
RKS 34	28.10.2021	39,66	3,30	36,36
RKS 35	28.10.2021	39,58	3,25	36,33
RKS 45	28.10.2021	39,00	3,47	35,53
RKS 49	28.10.2021	39,41	3,45	35,96
RKS 53	28.10.2021	40,21	3,40	36,81
RKS 54	28.10.2021	40,47	3,50	36,97
RKS 55	28.10.2021	39,55	2,50	37,05
RKS 56	28.10.2021	39,68	2,50	37,18
RKS 57	28.10.2021	39,85	2,60	37,25
		Max	3,50	37,25
		Min	2,43	35,53
		Mittelwert	2,98	36,60

Der mittlere im Untersuchungszeitraum gemessene Grundwasserstand lag im Bereich der Erschließungsfläche bei ca. 36,60 mNHN.

Etwa 200 m südwestlich der Erschließungsfläche befindet sich eine unter der LGD-Nummer 111911072 im ELWAS-WEB (elektronisches wasserwirtschaftliches Verbundsystem für die Wasserwirtschaftsverwaltung in NRW) geführte Grundwassermessstelle (27/7 TK Greven). In der mittlerweile inaktiven Messstelle (Schachtbrunnen) wurden im Zeitraum von 1958-1963 Grundwasserstände zwischen 38,10 mNHN und 39,40 mNHN gemessen. Der durchschnittliche Wasserstand lag in diesem Zeitraum bei 38,76 mNHN.

Da die Ems östlich der Untersuchungsfläche die regionale Vorflut bildet ist davon auszugehen, dass der Grundwasserspiegel ein Gefälle von der vorgenannten Grundwassermessstelle über die Untersuchungsfläche zur Ems hin aufweist. Die im Oktober 2021 tiefer gemessenen Grundwasserstände im Bereich der Untersuchungsfläche widersprechen somit nicht den höherliegenden Grundwasserständen in der südwestlich liegenden Messstelle.

Weiterhin liegt die Untersuchungsfläche in einem hochwassergeschützten Bereich. Das ausgewiesene Überschwemmungsgebiet der Ems reicht bis an den Straßendamm, der die Untersuchungsfläche nach Osten und nach Norden hin begrenzt und als Hochwasserschutzwall dient.

Da für die untersuchte Erschließungsfläche keine langjährigen Grundwassermessdaten vorliegen, ist der zu erwartende maximale Grundwasserstand gem. DIN EN 1997-2, Abschnitt 3.6.3, auf Grundlage der begrenzt verfügbaren Informationen vorsichtig abzuschätzen.

Der geschätzte maximale natürliche Grundwasserstand wird ca. 0,7 m oberhalb der jeweils gemessenen Grundwasserstände, d.h. mit ca. $\text{GW}_{\text{max.}} = 36,2\text{-}38,0$ mNHN angesetzt. Dieser Grundwasserstand ist für den Nachweis der Auftriebssicherheit von

Bauwerken und für den Wasserdruckansatz bei der statischen Bemessung von Bauwerkssohlen maßgebend.

Der zu erwartende niedrigste Grundwasserstand wird ca. 0,5 m tiefer als der jeweils gemessene Grundwasserstand und somit bei ca. $GW_{min.} = 35,0-36,8$ mNHN angesetzt.

Bei den ungesättigten Durchlässigkeiten der anstehenden Böden von $k < 1 \cdot 10^{-04}$ m/s kann es auch oberhalb des geschätzten maximalen Grundwasserstandes ($GW_{max.}$) zu lokalen Aufstauungen von Sicker- und Schichtwasser (Stauwasser) kommen. Das Stauwasser kann dann örtlich bis zur Geländeoberkante reichen und dort zu vorübergehenden Vernässungen führen.

3.4 Charakteristische Bodenkennwerte

Die für die erdstatischen Berechnungen erforderlichen charakteristischen Bodenkennwerte sind in Anlehnung an die Erfahrungswerte der DIN 1055-2, der EAB und EAU sowie unter Beachtung korrelativ aus den Ergebnissen eigener bodenmechanischer Laborversuche abgeleiteter Daten, wie folgt in Ansatz zu bringen:

Bodenaustauschmaterial / Auffüllboden (Füllsand, Grubenkies, RC-Sand)*

Raumgewicht (γ)	: 18,0-18,5 kN/m ³		
Reibungswinkel (φ)	: 35,0-37,5 °	Kohäsion (c')	: 0 kN/m ²
Steifeziffer (E_s)	: 40-80 MN/m ²	Proctordichte (P_d)	: 98-100 %

* nichtbindiges, frostsicheres, wasserdurchlässiges, verdichtungsfähiges, raumbeständiges und umweltverträgliches, d. h. gütegeprüftes Lockergesteinsmaterial. Der Einbau von RC-Material ist ggf. genehmigungspflichtig und entsprechend vorab zu prüfen.

Material eines bauzeitlichen Flächenfilters / Bodenaustauschmaterial / Tragschichtmaterial (Kiessand 0/32, Natursteinschotter 0/45-0/56, RC-Schotter)*

Raumgewicht (γ)	: 18,0-18,5 kN/m ³	unter Wasser	: 10,5-11,0 kN/m ³
Reibungswinkel (φ)	: 37,5-42,5 °	Kohäsion (c')	: 0 kN/m ²
Steifeziffer (E_s)	: 80-150 MN/m ²	Proctordichte (P_d)	: 100 %

* nichtbindiges, frostsicheres, wasserdurchlässiges, verdichtungsfähiges, raumbeständiges und umweltverträgliches, d. h. gütegeprüftes Lockergesteinsmaterial. Der Einbau von RC-Material ist ggf. genehmigungspflichtig und entsprechend vorab zu prüfen.

Anthropogene Auffüllungen, locker bis mitteldicht gelagert

Raumgewicht (γ)	: 18,0-19,0 kN/m ³	unter Wasser	: 9,0-10,0 kN/m ³
Reibungswinkel (φ)	: 30,0-35,0 °	Kohäsion (c')	: 0 kN/m ²
Steifeziffer (E_s)	: 15-40 MN/m ²		

Sand, nichtbindig, grob- bis gemischtkörnig, locker bis mitteldicht gelagert

Raumgewicht (γ)	: 17,5-18,0 kN/m ³	unter Wasser	: 9,5-10,0 kN/m ³
Reibungswinkel (φ)	: 32,5-35,0 °	Kohäsion (c')	: 0 kN/m ²
Steifeziffer (E_s)	: 15-40 MN/m ²		

Sand, nichtbindig, grob- bis gemischtkörnig, mitteldicht gelagert

Raumgewicht (γ)	: 18,0-18,5 kN/m ³	unter Wasser	: 10,0-10,5 kN/m ³
Reibungswinkel (φ)	: 35,0-37,5 °	Kohäsion (c')	: 0 kN/m ²
Steifeziffer (E_s)	: 40-60 MN/m ²		

Sand, nichtbindig, grob- bis gemischtkörnig, dicht gelagert

Raumgewicht (γ)	: 18,5-19,0 kN/m ³	unter Wasser	: 10,5-11,0 kN/m ³
Reibungswinkel (φ)	: 37,5-42,5 °	Kohäsion (c')	: 0 kN/m ²
Steifeziffer (E_s)	: 60-120 MN/m ²		

Sand, bindig-gemischtkörnig, weich- steifplastisch

Raumgewicht (γ)	: 18,5-19,0 kN/m ³	unter Wasser	: 9,0-10,5 kN/m ³
Reibungswinkel (φ)	: 27,5-30,0 °	Kohäsion (c')	: 5-10 kN/m ²
Steifeziffer (E_s)	: 15-20 MN/m ²		

Sand, bindig-gemischtkörnig, steifplastisch

Raumgewicht (γ)	: 19,0-19,5 kN/m ³	unter Wasser	: 10,0-10,5 kN/m ³
Reibungswinkel (φ)	: 30,0-32,5 °	Kohäsion (c')	: 10-15 kN/m ²
Steifeziffer (E_s)	: 20-40 MN/m ²		

Schluff, bindig, weich- bis steifplastisch

Raumgewicht (γ)	: 19,0-19,5 kN/m ³	unter Wasser:	: 9,0- 9,5 kN/m ³
Reibungswinkel (φ)	: 25,0-27,5 °	Kohäsion (c')	: 10-20 kN/m ²
Steifeziffer (E_s)	: 15-20 MN/m ²		

Schluff, bindig, steifplastisch

Raumgewicht (γ)	: 19,5-20,0 kN/m ³	unter Wasser:	: 9,5-10,0 kN/m ³
Reibungswinkel (φ)	: 27,5 °	Kohäsion (c')	: 20-30 kN/m ²
Steifeziffer (E_s)	: 20-30 MN/m ²		

3.5 Bodenklassifikationen nach VOB- und DIN-Norm

3.5.1 Klassifikation nach ATV VOB C 2015-08

Für Ausschreibungszwecke nach ATV VOB C 2015-08 wird für die ermittelten Bodenschichten folgende Zuordnung in Homogenbereiche empfohlen:

Humoser Oberboden:	Mu	Homogenbereich O
Anthropogene Auffüllungen:	A (...)	Homogenbereich A
Terrassensande:	fS/mS/S, ...(u')	Homogenbereich B1
Terrassenlehme:	fS/mS/S, u-u* .../U, ...	Homogenbereich B2

Die Verteilung der o. g. Homogenbereiche ist in den Anlagen 2.1 bis 2.8 ersichtlich.

Die für die jeweiligen Homogenbereiche anzusetzenden Kennwerte wurden in Anlehnung an die Erfahrungswerte der DIN 1055-2, der EAB und EAU festgelegt sowie korrelativ aus den Ergebnissen eigener bodenmechanischer Laborversuche abgeleitet und sind dem Kap. 3.4 bzw. den Anlagen 6.1 bis 6.4 zu entnehmen.

3.5.2 Bodenklassen (VOB DIN 18300) und Bodengruppen (DIN 18196)

Für die Ausschreibung der Erdarbeiten können die angetroffenen Bodenarten nach "alter Norm" in folgende Bodenklassen bzw. Bodengruppen eingeordnet werden:

Humoser Oberboden:	Bodenklasse:	1 ^{1) 2)}
	Bodengruppe:	OH/OU
Anthropogene Auffüllungen:	Bodenklassen:	3-5 ^{1) 2)} (ggf. eingelagerte Bauwerksreste mit Vol. $\geq 0,01 \text{ m}^3$: Klassen 6, 7)
	Bodengruppe:	A
Sand, nichtbindig, grob- bis gemischtkörnig:	Bodenklasse:	3
	Bodengruppen:	SE/SU
Sand, bindig-gemischtkörnig, Schluff :	Bodenklassen:	4, 5 ^{1) 2)}
	Bodengruppen:	TL/TM/TA/SU*

¹⁾ bei Verschlammungen, Wassersättigung bzw. einer Konsistenzzahl von $I_c \leq 0,5$: Klasse 2

²⁾ gemischtkörnige Böden der Gruppen SU*, ST*, wenn sie eine breiige oder flüssige Konsistenz haben und beim Lösen ausfließen: Klasse 2

³⁾ Torfe der Bodengruppe HN bei geringen Wassergehalten und ausreichender Standfestigkeit: Klasse 3

⁴⁾ die Unterscheidung Bodenklasse 6 und 7 erfolgt rein nach Klüftigkeit und Verwitterungszustand.

3.6 Klassifizierung der oberflächennahen Böden gem. ZTV E-StB 17

Die im oberflächennahen Bereich anstehenden Böden sind gem. ZTV E-StB 17, Tabelle 1, nach Maßgabe der vorliegenden Bodenprofile, in die Frostempfindlichkeitsklassen F1 (nicht frostempfindlich) oder F3 (sehr frostempfindlich) zu stellen. Teilweise stehen auch Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 (gering bis mittel frostempfindlich) an (vgl. Anl. 3.1 bis 3.14). Es wird empfohlen, planerisch zunächst von einem vollflächigen F3-Untergrund auszugehen.

4.0 Hinweise zur Baudurchführung

4.1 Kanalbau

Für die weiteren Ausführungen wird zunächst angenommen, dass die Kanalisation des Erschließungsgebietes als Freispiegelleitung an die bestehenden Kanäle in der südlich der Fläche liegenden „Gutenbergstraße“ angeschlossen werden.

Angaben zu den geplanten Kanalbauarbeiten innerhalb des Erschließungsgebietes liegen derzeit noch nicht vor. Es wird davon ausgegangen, dass die Kanalarbeiten in offener Bauweise und in Tiefen zwischen ca. 1,5 m und 3,0 m unter GOK bzw. zwischen ca. 36,9 mNHN und ca. 38,4 mNHN erfolgen werden (vgl. Kap. 1.0).

4.1.1 Behandlung des humosen Oberbodens

Der im Bereich der Kanaltrassen anstehende humose Oberboden bzw. die Ackerkrume (vgl. Anl. 2.1 - 2.7) ist unmittelbar vor Beginn der Erdarbeiten abzutragen. Diese Böden stehen nach den vorliegenden Schichtenprofilen in Mächtigkeiten von ca. 0,3-0,7 m an.

Nach DIN 18915 wird als Oberboden bzw. „Mutterboden“ die oberste Schicht des durch physikalische, chemische und biologische Vorgänge entstandenen, belebten Bodens bezeichnet. Er enthält neben mineralischen Bestandteilen auch lebende und abgestorbene organische Bestandteile, wobei nur die abgestorbenen Bestandteile als Humus bezeichnet werden. Diese Böden sind gem. § 202 des BauGB als besonders schutzwürdiger Boden zu erhalten und in jedem Fall abzuschieben.

Aus den bei den Baugrunduntersuchungen entnommenen Bodenproben wurden Mischproben zusammengestellt und chemische Deklarationsanalysen nach dem

Parameterumfang der LAGA-M 20 (1997 / 2004) durchgeführt. Die Ergebnisse der Analytik werden in einem separaten Bericht dargestellt.

4.1.2 Bauzeitliche Wasserhaltung

Die voraussichtlichen Kanalgräben werden je nach Tiefenlage der Kanalrohre unterschiedlich tief in den Grundwasserschwankungsbereich (vgl. Kap. 3.3) einschneiden. In Abhängigkeit von den in den Kanalbauabschnitten vorhandenen Baugrund- und Grundwasserverhältnissen und von den jeweiligen Aushubtiefen sind folgende Differenzierungen zu beachten:

4.1.2.1 Gut durchlässige Böden oberhalb des Grundwassers

Bei den gemessenen bzw. bei jahreszeitlich bedingt niedrigen Grundwasserständen liegen die Kanalgrabensohlen bauzeitlich noch oberhalb des Grundwassers. Unter solchen Bedingungen sind in den Kanalbauabschnitten, in denen in der Kanalgrabensohle gut durchlässige nichtbindige Sande anstehen keine bauzeitlichen Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich. Anfallendes Niederschlagswasser sowie ggf. anfallendes Sicker- und Schichtwasser kann dann über die durchlässige Kanalgrabensohle ungehindert in den Untergrund versickern, ohne zu strukturellen Störungen des Untergrundes zu führen.

Nach Maßgabe der vorliegenden Schichtenprofile kann diese Situation als Regelfall betrachtet werden. Abweichungen davon lassen sich jedoch in Abhängigkeit von den jahreszeitlich schwankenden Grundwasserständen und der jeweils geplanten Kanalsohlentiefe nicht ausschließen. Es sind dann die Ausführungen gem. Kap. 4.1.2.2 und Kap. 4.1.2.3 zu beachten.

4.1.2.2 Wenig durchlässige Böden oberhalb des Grundwassers

In Bauabschnitten, in denen in der Kanalgrabensohle ggf. gemischtkörnige, schwach bindige bis bindige Sande oder bindige Schluffe angeschnitten werden, ist nur das ggf. anfallende Sicker- und Schichtwasser bzw. das Tageswasser abzuführen. Die in den Aushubebenen anstehenden, bindigen und daher wasserempfindlichen Böden werden bei Regenfällen verschlammen, sodass das Bettungsmaterial sofort nach Freilegung eines Teilbereiches der Aushubebene anzudecken ist.

Zur Abführung des Niederschlags- und Sicker- bzw. Schichtwassers ist nur bei anhaltenden, starken Niederschlägen eine offene Wasserhaltung über einen bauzeitlichen Kiessand- oder Schotterflächenfilter (Kiessand 0/32 bzw. Natursteinschotter 0/45-0/56, Stärke ca. 0,2 m) vorzuhalten. Das Flächenfiltermaterial ist dann zur Vermeidung unterschiedlicher Rohrauflagerungen über den gesamten Trassenabschnitt und die gesamte Trassenbreite einzubringen.

Das Filtermaterial ist so zu wählen, dass eine ausreichende und dauerhafte hydraulische und mechanische Filterstabilität gegenüber dem anstehenden Boden gegeben ist. Alternativ ist die Filterstabilität durch eine Geotextil- bzw. Vliesummantelung zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang sind die Angaben der FGSV 535 M GEOK E sowie der ZTV E-StB 17 zu beachten.

4.1.2.3 Grundwasser in oder oberhalb der Kanalgrabensohle

Bei jahreszeitlich bedingten, hohen Grundwasserständen erfolgt der Kanalgraben-aus-hub teilweise bis in das Grundwasser hinein.

Bei Grundwasserständen bis max. 0,3 m oberhalb der planmäßigen Grabensohle reicht dann noch eine offene Wasserhaltung über einen bauzeitlichen Kiessand- oder Schotterflächenfilter aus (vgl. Kap. 4.1.2.3).

Sofort nach Freilegung eines Teilbereiches der Aushubebene für die Gründung ist dann Kiessand 0/32 oder Natursteinschotter 0/45-0/56 bzw. eine äquivalente Mischung oder Bodenart, beginnend von einem Pumpensumpf aus, im Andeckverfahren einzubringen. Die Stärke des bauzeitlichen Kiessand- oder Schotterflächenfilters richtet sich nach den anfallenden Wassermengen und der Stabilität der Baugrubensohle und wird im Zuge einer Baugrubenabnahme noch exakt festgelegt. Zunächst ist eine Stärke von 0,3 m für die Ausschreibung anzusetzen.

Das Flächenfiltermaterial ist soweit wie möglich an die Böschungen bzw. den Kanalgrabenverbau (vgl. Kap. 4.1.3) anzudecken, um Bodenaufweichungen im Böschungsbereich und Böschungsbrüche zu verhindern. Der bauzeitliche Kiessand- oder Schotterflächenfilter stabilisiert die Aushubebene, wobei sich das Wasser im Flächenfilter sammeln und dem Pumpensumpf zufließen kann.

Durch den Einbau eines bauzeitlichen Flächenfilters erfolgt gleichzeitig eine Bodenverbesserung in der vorgenannten Stärke. Das Kanalrohr wird infolge des eingebauten Flächenfilters nicht im anstehenden Baugrund verlegt. Es ist dann noch eine gesonderte Bettungsschicht vorzusehen (vgl. Kap. 4.1.4.2).

Sollte der Grundwasserstand bauzeitlich mehr als 0,3 m oberhalb der Kanalgrabensohle anstehen, reicht eine offene Wasserhaltung nicht mehr aus. Es ist dann in dem betreffenden Bauabschnitt eine temporäre Grundwasserabsenkung bis ca. 0,5 m unter Sohlebene vorzusehen. Dadurch erfolgt nicht nur eine Entwässerung des Grabens, sondern gleichzeitig auch eine Stabilisierung der Grabensohle und der seitlichen Grabenwände.

Die temporäre Grundwasserabsenkung erfolgt dann als geschlossene Wasserhaltung über Vakuumfilterlanzen oder über eine Horizontaldränage mittels parallel zum Kanalgraben eingefräster Tiefendrängeschlitze. Diese Maßnahmen werden nur bei hohen Grundwasserständen und tiefliegenden Kanalgrabensohlen erforderlich.

4.1.2.4 Allgemeiner Hinweis

Nach planerischer Festlegung der Kanalsohltiefen sollte unmittelbar vor Beginn der Kanalbauarbeiten der aktuelle Grundwasserstand ermittelt werden, z. B. in Baggerschürfen, um dann frühzeitig ggf. erforderlichen Wasserhaltungsmaßnahmen festlegen zu können. Es wird in diesem Zusammenhang eine gutachterliche Begleitung der Erd- und Kanalbauarbeiten empfohlen (vgl. Kap. 6.0).

4.1.3 Sicherung der Kanalgräben

Gräben dürfen gemäß DIN 4124 bis zu einer Tiefe von maximal 1,25 m ohne besondere Sicherungsmaßnahmen senkrecht geschachtet werden. Bei Gräben mit einer Sohlentiefe von maximal bis zu 1,75 m Tiefe sind die oberen 0,5 m in einem Winkel von 45° abzuböschten oder durch einen Verbau zu sichern.

Tiefere Grabenwände können aus bodenmechanischer Sicht – im Schutze der bauzeitlichen Wasserhaltung (vgl. Kap. 7.1.2) – in den überwiegend anstehenden, grob- bis gemischtkörnigen Sanden bis 45° abgeböschert werden. Bei niederschlagsreichen Witterungsbedingungen sind die Böschungen durch Folienabdeckungen gegen Erosion zu schützen. Die ergänzenden Angaben der DIN 4124 (Baugruben und Gräben) sind zu beachten.

Um die erforderliche Menge des auszuhebenden bzw. des einzubauenden Bodens zu minimieren kann statt geböschter Grabenwände ggf. ein Kanalgrabenverbau kostengünstiger sein. In diesem Zusammenhang wird eine Wirtschaftlichkeitsberechnung empfohlen.

Unter Berücksichtigung der in Kap. 4.1.2 beschriebenen Wasserhaltungsmaßnahmen sind die anstehenden Böden "kurzzeitig standsicher", sodass, wenn generell verbaut werden soll, ein Grabenverbaugerät zur Ausführung kommen kann. Der Verbau kann im Einstellverfahren eingebracht werden.

Alternativ zum Grabenverbaugerät können auch Kanaldielen, Spundwandelemente oder Trägerbohlwände verwendet werden. Der Verbau ist statisch nachzuweisen.

Sollten Kanalgrabenverbauten erforderlich werden, deren statische Bemessung bis unterhalb bzw. außerhalb der bisher erkundeten Baugrundsichten reichen, so ist der Gutachter frühzeitig zu einer gesonderten Beurteilung aufzufordern. Im Bedarfsfall sind dann auch noch ergänzende Baugrunderkundungen zur Verifizierung statischer Annahmen erforderlich.

Der Verbau ist unter Berücksichtigung der Planungsanforderungen an die Rohrleitung derart zu entfernen, dass keine schädliche Veränderung der Tragfähigkeit, der Standsicherheit oder der Lage erfolgt. Die Entfernung sollte daher fortschreitend zur Verfüllung der Gräben erfolgen.

Die geforderte Mindestgrabenbreite ist in Abhängigkeit der unterschiedlichen Nenn-durchmesser sowie der unterschiedlichen Grabentiefen und unter Berücksichtigung verbauter oder unverbauter Kanalgräben nach der DIN EN 1610, Kap. 6, Tabelle 1 und Tabelle 2 festzulegen.

4.1.4 Stabilisierung der Kanalgrabensohle, Rohrauflagerung

4.1.4.1 Gründungsplanum

Wie aus den Schichtenprofilen auf den Anlagen 2.1 und 2.2 zu ersehen ist, stehen im gründungsrelevanten Tiefenbereich der geplanten Rohrleitungen überwiegend nichtbindige, locker bis mitteldicht gelagerte Sande und in Teilabschnitten bindig-gemischtkörnige Sande oder Schluffe in steifplastischer Konsistenz an.

Die in den angenommenen Verlegetiefen anstehenden Böden sind für die zu erwartenden Lasten ausreichend tragfähig. Ein Mehraushub oder Bodenersatz ist im Regelfall nicht bzw. nur in der Stärke des ggf. erforderlichen bauzeitlichen Flächenfilters (vgl. Kap. 4.1.2.2 und Kap. 4.1.2.3).

4.1.4.2 Rohrbettung

Bei Verwendung von Rundprofil-Rohren ohne Fuß kann gem. DIN EN 1610 in den anstehenden Böden die Regelausführung mit einer Bettung Typ 1 zur Ausführung kommen. Die untere Bettungsschicht „a“ ist dann in einer Mindeststärke von 100 mm herzustellen. Als Bettungsmaterial können die nach DIN EN 1610 angegebenen Materialien verwendet werden.

Nach DWA-A 139 sind Punktlagerungen bzw. Lastkonzentrationen zu vermeiden. Eine kraftschlüssige Verlegung der Rohrleitungen ist in sämtlichen Streckenabschnitten zu gewährleisten. Hohlräume unterhalb der Kanalrohre oder Teilabschnitte ohne Rohrauflagerung sind zu vermeiden. Die o. g. Bettungsschicht ist demnach gleichmäßig über die gesamten Kanalgräben herzustellen.

Abweichend zu vorgenannter Bettung können durch die Rohrstatik ggf. höhere Anforderungen an das Rohraufleger gestellt werden. Die obere Bettungsschicht „b“ ist dann gemäß den statischen Erfordernissen bzw. nach Planvorgaben auszubilden.

Das Material ist gem. ZTV E-StB 17 bis auf mind. 97 % Proctordichte zu verdichten. Die erreichte Verdichtung ist nachzuweisen.

In der angenommenen Kanalsohlebene stehen teilweise Sand-Schluff-Ton-Gemische mit mehr als 15-Gew.-% Feinkornanteil an. Eine dynamische Belastung dieser Böden führt bei höheren Wassergehalten der Böden zu einem Porenwasserüberdruck und dann zu Aufweichungen, dem sog. „Matratzeneffekt“. Es wird daher ausdrücklich darauf hingewiesen, dass fein- und gemischtkörnige, bindige Erdplanien nicht mittels schwerer und/oder dynamisch arbeitender Verdichtungsgeräte zu bearbeiten sind. Erst nach Verfüllen der Rohrleitungszonen und nach entsprechend vorsichtiger, auf die Schüttstärke abgestimmter Verdichtung des Füllmaterials kann die weitere Kanalgrabenverfüllung mittels dynamisch arbeitender Verdichtungsgeräte verdichtet werden.

Da derzeit noch keine Angaben zur geplanten Verlegetiefe oder zum gewählten Rohrdurchmesser vorliegen, wird zur bauzeitlichen Festlegung ggf. erforderlicher zusätzlicher Bodenverbesserungsmaßnahmen (Einbau eines Bodenaustauschpolsters oder von Geotextilien) in den jeweiligen Bauabschnitten die gutachterliche Begleitung der Kanalbauarbeiten empfohlen (vgl. Kap. 6.0).

Stehen in der Aushubebene für die Bettungsschicht bereits durchnässte und aufgeweichte, lehmige Böden an, so ist gemäß DWA-A 139 ein Bodenaustausch in einer Stärke von mind. ca. 0,3 m vorzunehmen. Als Bodenaustauschmaterial ist dann nicht bindiges, wasserdurchlässiges und verdichtungsfähiges Lockergesteinsmaterial wie Füllsand, Grubenkies, Kiessand 0/32 oder Natursteinschotter 0/45-0/56 bzw. ein äquivalentes raumbeständiges und umweltverträgliches Recycling-Material zu verwenden. Eventuell zur Ausführung kommende Kiessand- oder Schotterflächenfilter können als

Teil des Bodenaustausches angerechnet werden. Bei Verwendung von nicht filterstabilem Bodenaustauschmaterial ist ein unverrottbares Trennvlies zu verlegen.

4.1.4.3 Grabenverfüllung und Wiedereinbaufähigkeit der Aushubböden

Bei den Aushubarbeiten für die Kanalgräben fallen nach Entfernung des humosen Oberbodens überwiegend nichtbindige, grob- bis gemischtkörnige Sande (Bodenklassen SE und SU gem. DIN 18196) und bindig-gemischtkörnige oder feinkörnige Sand-Schluff-Ton-Gemische oder Schluffe (Bodenklassen SU*, TL, TM und TA gem. DIN 18196) an.

Die nichtbindigen, grob- bis gemischtkörnigen Sande der Bodenklassen SE und SU gem. DIN 18196 sind der Verdichtbarkeitsklasse V1 gem. DIN EN 1610 zuzuordnen und können innerhalb der Leitungszone verwendet werden, sofern ein separater Aushub bautechnisch möglich ist.

Die bindig-gemischtkörnigen und feinkörnigen Sand-Schluff-Gemische und Schluffe sind gemäß DIN EN 1610, Kap. 7, Tabelle 1, den Verdichtbarkeitsklassen V2 und V3 zuzuordnen. Die Böden sind daher für den Einbau innerhalb der Leitungszone nach DIN EN 1610 und ZTV A-StB 12 nicht geeignet, können jedoch zusammen mit den nichtbindigen Sanden unter Einhaltung definierter Einbaubedingungen (s. u.) in der Hauptverfüllzone als Füllboden verwendet werden.

Einbaubedingungen:

Die Böden der Verdichtbarkeitsklassen V2 und V3 sind nur im erdfeuchten Zustand und bei trockenen Witterungsverhältnissen wiedereinbau- und verdichtungsfähig. Der Einbauwassergehalt des Bodens sollte dann näherungsweise dem optimalen Wassergehalt w_{Pr} des Bodens im Proctorversuch entsprechen.

Die V2- und V3-Böden können unter Einhaltung der vorgenannten Bedingungen nur oberhalb der Leitungszone, d. h. innerhalb der Hauptverfüllzone und nur bis zur Unterkante des frostsicheren Gesamtaufbaus der künftigen Verkehrsflächen (vgl. Kap. 4.2.2) eingebaut werden. Die Böden sind dann lagenweise einzubringen und mittels geeigneter Verdichtungsgeräte in der unten beschriebenen Weise zu verdichten.

Nichtbindige und schwachbindige Sande der Verdichtbarkeitsklasse V1 sind im erdfeuchten bis feuchten Zustand wiedereinbau- und verdichtungsfähig.

Nicht verdichtungsfähiger bzw. ungeeigneter und überschüssiger Boden ist abzufahren. Für die Verwendung der anfallenden Böden sind neben der hier genannten bodenmechanischen Eignung zudem die Angaben aus umweltchemischer bzw. abfallrechtlicher Sicht im Sinne der LAGA-Richtlinie zu beachten. Die Angaben der diesbezüglichen Deklarationsanalytik sind der separaten Gutachterlichen Stellungnahme zu entnehmen.

Einbau und Verdichtung:

Ist der Aushubboden zu nass bzw. liegen entsprechend ungünstige Witterungsbedingungen für den Einbau vor, sind statt des bindigen Aushubbodens nichtbindige bzw. schwach bindige Lockergesteinsböden der Verdichtbarkeitsklasse V1 (gem. DIN EN 1610 und ZTV A-StB 12) zu verwenden.

Aufgrund der späteren Überbauung mit Verkehrsflächen (vgl. Kap. 7.2.3.2) ist der V1-Boden bzw. geeigneter Aushubboden lagenweise und mittels geeigneter Verdichtungsgeräte nach den Anforderungen der ZTV A-StB 12 bzw. ZTV E-StB 17 zu verdichten.

Dabei werden folgende Verdichtungsgrade gefordert:

- Leitungszone ≥ 97 % der Proctordichte
- Hauptverfüllung ≥ 97 % bzw. ≥ 98 % (V1-Boden) bzw. ≥ 95 % (V2 + V3-Boden) der Proctordichte
- innerhalb der obersten 0,5 m unter Verkehrsflächenoberbau ≥ 100 % (V1-Boden) bzw. ≥ 97 % (V2 + V3-Boden) der Proctordichte

Die Wahl des geeigneten Verdichtungsgeräts kann unter Beachtung der DIN EN 1610, Abschnitt 7, Tabelle 2 erfolgen. Der Einbau des Füllbodens sollte zum Schutz der Lagestabilität des Rohrs bis ca. 0,3 m über dem Rohr nach Möglichkeit per Hand erfolgen. Erst oberhalb von ca. 0,3 m kann mittels mechanischer Verdichtungsgeräte verdichtet werden. Die erreichten Verdichtungen sind über das gesamte Verfüllprofil nachzuweisen. Es wird in diesem Zusammenhang auf die empfohlene gutachterliche Begleitung der Erd- und Kanalbauarbeiten (vgl. Kap. 6.0) hingewiesen.

4.2 Straßenbau

4.2.1 Belastungsklassen

Der erforderliche Aufbau von Verkehrsflächen richtet sich nach den vorliegenden Untergrundverhältnissen und den zu erwartenden Verkehrsbeanspruchungen. Es wird empfohlen, die Richtlinien der RStO 12 für die geplanten Straßen planerisch als maßgebend zu betrachten.

Je nach zu erwartender Verkehrsbeanspruchung werden die Straßen nach RStO 12 in Belastungsklassen eingeteilt. Diesbezüglich liegen für die geplanten Verkehrsflächen noch keine endgültigen Angaben vor, sodass für die weiteren Ausführungen zunächst von den Belastungsklassen Bk3,2-10,0 ausgegangen wird.

4.2.2 Frostsicherer Gesamtaufbau

Gem. RStO 12 liegt das Bauvorhaben im Bereich der Frosteinwirkungszone I.

Die in Höhe des angenommenen Erdplanums anstehenden Böden sind nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung in die Frostempfindlichkeitsklasse F3 zu stellen

(vgl. Kap. 3.6). Daraus resultiert nach Tabelle 6 der RStO 12 eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 0,6 m für Verkehrsflächen der Belastungsklasse Bk3,2 und von mind. 0,65 m für Verkehrsflächen der Belastungsklassen Bk10,0.

In den Bereichen, in denen die Straßen oberhalb von Kanalgräben gebaut werden, die durch frostsicheres F1-Material bzw. durch gering frostempfindliches F2-Material verfüllt wurden, sind Frostschutzmaßnahmen nicht erforderlich (F1-Material) bzw. beträgt der frostsichere Gesamtaufbau dann mind. 0,5 m (F2-Material, Bk3,2) bzw. mind. 0,55 m (F2-Material, Bk10).

Für Nebenanlagen (Geh- und Radwege) reicht nach Abschnitt 5.2 der RStO 12 ein frostsicherer Gesamtaufbau in einer Stärke von 0,3 m aus. In den Bereichen, in denen ein Überqueren der Geh- und Radwege mit Kraftfahrzeugen möglich ist, sind die Befestigungsdicken anzupassen.

Es ist planerisch zu prüfen, ob die örtlichen Verhältnisse Mehr- oder Minderdicken nach Tabelle 7 der RStO 12 erfordern bzw. zulassen.

4.2.3 Erdplanum

4.2.3.1 Bauzeitliche Wasserhaltung

Bei den angenommenen Höhen stehen im freigelegten Erdplanum für den künftigen Verkehrsflächenaufbau überwiegend bindige, fein- bis gemischtkörnige Böden an.

Die vorgenannten wasserempfindlichen Böden werden bei Regenfällen verschlammten, sodass das Unterbau- bzw. Frostschutz-/Tragschichtmaterial sofort nach Freilegung eines Teilbereiches der Aushubebene anzudecken ist.

Nur bei anhaltenden, starken Niederschlägen ist eine offene Wasserhaltung über einen bauzeitlichen Kiessand- oder Schotterflächenfilter (Kiessand 0/32 bzw. Natursteinschotter 0/45-0/56, Stärke ca. 0,2 m) vorzuhalten. Das vorgenannte Flächenfiltermaterial dient dann gleichzeitig als Unterbaumaterial zur Erhöhung der Tragfähigkeit (vgl. Kap. 4.2.3.2).

In diesem Zusammenhang wird auf die empfohlene Baugrubenabnahme durch den Gutachter (vgl. Kap. 6.0) hingewiesen.

4.2.3.2 Tragfähigkeit

Der nach Beendigung der Kanalbauarbeiten örtlich noch anstehende humose Oberboden ist aus gründungstechnischer Sicht zum Überbauen mit Verkehrsflächen nicht geeignet und daher unmittelbar vor Beginn der Erdarbeiten zu entfernen (vgl. Kap. 7.1.1).

Auf dem Erdplanum ist, unabhängig von der Wahl des Aufbaus, bei Verdichtungsüberprüfungen ein Verformungsmodul $E_{v2,U} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Die Kanalgräben sind fachgerecht nach den Anforderungen der ZTV A-StB 12 bzw. ZTV E-StB 17 bis zur Unterkante des frostsicheren Gesamtaufbaus zu verfüllen und zu verdichten, sodass der vorgenannte $E_{v2,U}$ -Verformungsmodul in diesen Bereichen ohnehin erreicht wird (vgl. Kap. 4.1.5).

In den Bereichen, in denen das Erdplanum außerhalb der verfüllten Kanalgräben liegt, stehen nach Abschieben des humosen Oberbodens überwiegend bindige, fein- bis gemischtkörnige Böden der Bodengruppen SU*, TL und TM, lokal auch der Bodengruppe TA gemäß DIN 18196 an.

Bei trockener Witterung und erdfeuchten Böden ist die Bodenverbesserung durch eine statische Nachverdichtung mittels geeigneter Verdichtungsgeräte (z. B. Schafffußwalze mit anschließender Glättung des Planums durch eine Glattmantelwalze) grundsätzlich erreichbar.

Ist eine Nachverdichtung, z. B. wegen witterungsbedingt zu hohem Wassergehalt der bindigen Böden oder bei zu hohen Schluff- und Tongehalten (Bodengruppe TA), nicht möglich, so ist stattdessen ein Bodenaustausch vorzusehen. Geeignetes Material für einen Bodenaustausch ist nichtbindiges und verdichtungsfähiges Lockergesteinsmaterial wie Kiessand 0/32 oder Schotter 0/45 bzw. äquivalente Mischungen im erdfeuchten bis feuchten Zustand. Die Bodenverbesserung kann je nach den geplanten Höhenverhältnissen durch eine Bodenbefüllung oder durch einen Bodenaustausch erfolgen.

Unter Zugrundelegung der erwarteten E_{v2} -Verformungsmoduln auf dem Untergrund von ca. $E_{v2} = 10\text{-}30 \text{ MN/m}^2$, ist die Bodenverbesserung bzw. der Unterbau in einer Stärke von mind. ca. 0,1-0,4 m erforderlich. Für die Ausschreibung kann zunächst von einer mittleren Unterbaustärke von ca. 0,3 m ausgegangen werden. Das Unterbaumaterial dient dann gleichzeitig als bauzeitlicher Flächenfilter (vgl. Kap. 4.2.3.1). Die tatsächlich erforderliche Einbaustärke des Unterbaumaterials ist im Zuge der Erdarbeiten durch den Gutachter (vgl. Kap. 6.0) festzulegen bzw. durch Probeverdichtung zu ermitteln.

Das Unterbaumaterial ist in einer Lage einzubringen und auf mind. 100 % der Proctordichte zu verdichten. Die erreichte Verdichtung ist durch den Gutachter nachzuweisen. In diesem Zusammenhang wird auf die empfohlene Begleitung der Erd- und Gründungsarbeiten durch den Gutachter hingewiesen (vgl. Kap. 6.0).

Das zum Einsatz kommende Verdichtungsgerät ist so mit der Schüttstärke des Unterbaumaterials abzustimmen, dass keine dynamische Verdichtungsenergie in den unterlagernden bindigen Boden eingetragen und dieser dadurch nicht in seiner Struktur gestört wird (vgl. Kap. 4.3). In diesem Zusammenhang wird auf das FGSV-Merkblatt für

die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaues im Straßenbau, Ausgabe 2003, hingewiesen.

Die Eignung der verwendeten Baustoffe und des gewählten Einbau- und Verdichtungsverfahrens ist vom Auftragnehmer nachzuweisen. Hierzu zählt u.a. die Durchführung von Probeverdichtungen und ggf. die Anlage von Probefeldern. Diesbezüglich sind die Anforderungen der ZTV E-StB 17 zu beachten.

Bei jahreszeitlich bzw. witterungsbedingt hohen Wassergehalten und entsprechend weichplastischer Konsistenz der bindigen Böden, wird empfohlen, zusätzlich als unterste Lage ein Grobschlagmaterial (z. B. 0/120 oder äquivalente Mischungen, Stärke ca. 0,2 m) zur Baugrundstabilisierung einzubauen. Das Material ist dann in einer Lage anzudecken und statisch abzuwalzen. Auf die so hergestellte Stabilisierungsschicht kann dann der eigentliche Unterbau aufgebracht und wie zuvor beschrieben verdichtet werden.

Alternativ zum Grobschlagmaterial kann ein Geotextil verlegt werden. Durch den Einbau von Geotextilien, ggf. in Verbindung mit Geogittern, kann die erforderliche Stärke des Unterbaus ggf. reduziert werden. Die Eignung solcher "Sonderbauweisen" ist ebenfalls mittels Probeverdichtungen durch den Auftragnehmer nachzuweisen. Überschlägig kann bei Verwendung von Geogittern eine mögliche Reduzierung der Unterbau-Stärke um ca. 10 cm kalkuliert werden.

Alternativ zu einem Bodenaustausch gegen Lockergesteinsmaterial (s. o.) besteht grundsätzlich auch die Möglichkeit, einen ausreichend tragfähigen Unterbau durch eine Bodenverbesserung der anstehenden bindigen Böden mittels Bindemittelzugabe herzustellen. Primäres Ziel der Bodenverbesserung ist es, durch das Untermischen geeigneter Bindemittel den für eine Verdichtung des Bodens erforderlichen optimalen Wassergehalt näherungsweise zu erreichen, um so eine ausreichende Nachverdichtung des Erdplanums zu ermöglichen. Hierzu sind dann im Vorfeld noch ergänzende

Bodenuntersuchungen erforderlich, um den aktuellen Wassergehalt bestimmen und somit Art und Menge des erforderlichen Bindemittels festlegen zu können.

Nach Tabelle 1.2 des FGSV-Merkblattes für Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln sind für die oberflächennah anstehenden, inhomogen zusammengesetzten Böden je nach Korngrößenzusammensetzung sowohl Feinkalk und Kalkhydrat gem. DIN 1060 als auch Zement nach DIN 1164 als Bindemittel geeignet.

Um eine optimale Bodenverbesserung mit annähernd gleichbleibender Qualität über die gesamte Bearbeitungsfläche zu erhalten, wird empfohlen, ein Mischbindemittel zu verwenden, welches die Wirkungsweisen einer Kalkstabilisierung mit denen einer Zementstabilisierung kombiniert.

Die zur Anwendung kommende Bindemittelrezeptur ist vom Auftragnehmer durch Eignungsversuche gem. ZTV E StB 17 und TP BF-StB Teil B 11.1 noch zu ermitteln. Die Eignungsprüfungen geben Aufschluss über die Art und Menge des Bindemittels in Abhängigkeit vom aktuellen Wassergehalt des Bodens und über die Menge eventuell einzusetzender Zusatzstoffe sowie über die Brauchbarkeit der für die Verwendung vorgesehenen Baustoffe und Baustoffgemische.

Für eine überschlägige Vorabkalkulation kann eine erforderliche Bindemittelmenge von geschätzt ca. 20 kg/m² bezogen auf eine Einfrästiefe von mind. 0,3 m angesetzt werden.

Organische Böden bzw. Böden mit organischen Bestandteilen sind für Bodenverbesserungen durch Bindemittel nicht bzw. nur bedingt geeignet. Ggf. im Abtragsplanum noch anstehende, schwach humose Mineralböden sind daher vor Durchführung der Stabilisierungsmaßnahmen gutachterlich zu beurteilen und ggf. gesondert zu behandeln.

Sofern diese Variante der Bodenverbesserung zur Ausführung kommen soll, so ist mit dem Gutachter Rücksprache zu halten, um Art und Menge des erforderlichen Bindemittels festlegen zu können. Des Weiteren ist zu beachten, dass der Erfolg einer Bodenverbesserung mittels Kalkzugabe stark witterungsabhängig ist, wobei sich feuchte Witterungsverhältnisse oder Frost i.d.R. negativ auf den Erfolg der Verbesserungsmaßnahme auswirken.

Das stabilisierte Erdplanum ist profilgerecht mit einem Quergefälle zur Entwässerung herzustellen. Die erste Lage des ungebundenen Straßenoberbaus ist zum Schutz des Erdplanums vor Niederschlagseinflüsse sofort nach Fertigstellung eines Teilbereiches des stabilisierten Erdplanums anzudecken und dient dann bei Bedarf gleichzeitig als bauzeitlicher Flächenfilter. Zu beachten ist das FGSV-Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und Unterbaues im Straßenbau.

In Teilabschnitten, in denen im Abtragsplanum UK-Straßenoberbau nichtbindige Sande oder Auffüllungen in ausreichender Mächtigkeit anstehen, kann ggf. auf den Unterbau verzichtet werden. Es wird auch in diesem Zusammenhang auf die gutachterliche Begleitung der Erd- und Gründungsarbeiten hingewiesen.

4.2.3.3 Oberbau / Frostschutz- und Tragschicht

Ausgehend von einem Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem Untergrund bzw. dem hergestellten Unterbau (vgl. Kap. 4.2.3.2) kann dann der Oberbau je nach Ausführung der Oberflächenbefestigung mit Asphaltdecken oder mit Pflasterdecken gemäß der Tafel 1 oder der Tafel 3 bzw. für Geh- und Radwege gemäß Tafel 6 der RStO 12 hergestellt werden.

In den o. g. Tafeln sind standardisierte Bauweisen mit den erforderlichen Mindestwerten der Verformungsmoduln und den Anhaltswerten für die jeweils erforderlichen Schichtdicken für die Tragschichten (Frostschuttschicht + Tragschicht) angegeben.

Ergeben sich nach Tafel 1 oder Tafel 3 geringere Schichtdicken als zur Gewährleistung der Frostsicherheit gem. Abschnitt 3.2.3 der RStO 12 erforderlich, so sind die erforderlichen Mindestdicken des frostsicheren Gesamtaufbaus (s.o.) ausschlaggebend.

Zu beachten sind die entsprechenden Angaben der ZTV E-StB 17, der ZTV T-StB 95, der TL SoB-StB 04, der ZTV SoB-StB 04 und der RStO 12.

Die im Untergrund anstehenden Böden sind im natürlichen Zustand und als verdichtetes Kalk-Zement-Boden-Gemisch nur sehr schwach durchlässig. Durch geeignete Entwässerungseinrichtungen ist in diesen Bauabschnitten ein dauerhafter Wassereinstau im unbefestigten Straßenoberbau zu vermeiden (Planumsentwässerung). In diesem Zusammenhang sind die Ausführungen der ZTV Ew-StB 14 zu beachten.

4.2.4 Besondere Hinweise

Zum Schutz des Planums vor Verschlämmung und Pfützenbildungen sind bindige Erdplanien eben und mit ausreichendem Gefälle zur Vorflut anzulegen (Planumsentwässerung).

Darüber hinaus ist durch geeignete Entwässerungseinrichtungen ein dauerhafter Wassereinstau im unbefestigten Straßenoberbau zu vermeiden. In diesem Zusammenhang sind die Angaben der ZTV Ew-StB 14 zu beachten.

5.0 Versickerung des anfallenden Regenwassers auf dem Gelände

5.1 Grundlage zur Beurteilung

Maßgebend für „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ ist das diesbezügliche DWA-Regelwerk, Arbeitsblatt A 138. Für die Beurteilung der generellen Eignung eines Baugrundes für die Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser sind gemäß vorgenanntem Regelwerk der Durchlässigkeitsbeiwert (k-Wert) und der Grundwasser-Flurabstand heranzuziehen.

Das vorgenannte Regelwerk fordert einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k = 1 \cdot 10^{-3}$ m/s bis $k = 1 \cdot 10^{-6}$ m/s der anstehenden Böden im Bereich der Versickerungsfläche bzw. -anlage. Zudem soll der max. Grundwasserspiegel zum Schutz des Grundwassers mind. 1,0 m unterhalb der Sohle der zukünftigen Versickerungsanlage liegen.

Im Bereich der Erschließungsfläche wurden Rammkernsondierungen abgeteuft und gestörte Bodenproben entnommen. Zudem wurden drei Versickerungsversuche mit konstanter Druckhöhe als sog. "open-end-test" gem. USBR durchgeführt. Die Lage der Versickerungsversuche im Gelände ist dem Lageplan auf der Anlage 1.2 zu entnehmen.

5.2 Ermittlung der Durchlässigkeit der Böden

5.2.1 Bestimmung der Durchlässigkeit aus Laborversuchen

An 14 repräsentativ ausgewählten Bodenproben aus den vorgenannten RKS wurde im bodenmechanischen Labor die Korngrößenverteilung gem. DIN EN ISO 17892-4 bestimmt. Die Ergebnisse der Laborversuche wurden als Körnungslinien dargestellt und sind als Anlage 3.1 bis 3.14 beigefügt.

Aus den Körnungslinien wurden die Durchlässigkeitsbeiwerte der untersuchten Böden rechnerisch nach den Methoden von BEYER, CHITRA et al., BIALAS und ROBERTSON & WRIDE abgeleitet. Die im Labor aus Sieblinien ermittelten k_f -Werte gelten für wassergesättigte Böden bei horizontaler Durchströmung. Daher ist bei der Ermittlung des Durchlässigkeitswertes von Böden oberhalb des Grundwassers eine Betrachtung für den ungesättigten Zustand bei vertikaler Durchströmung maßgebend. Demzufolge wurden die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte der gesättigten Böden ($k_{f,g}$) noch mit dem nach DWA-Regelwerk geltenden Korrekturfaktor 0,2 belegt und für den ungesättigten Boden oberhalb des Grundwassers ($k_{f,u}$) umgerechnet.

Eine Übersicht der ermittelten und korrelierten k_f -Werten sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

Tab. 1: Ermittelte $k_{f,g}$ -Werte aus Körnungslinien und korrelierte Bemessungs- $k_{f,u}$ -Werte

Bohrung	Entnahmetiefe [von-bis m u. GOK]	Bodengruppe [DIN 18196]	$K_{f,g}$-Werte [m/s]	Bemessungs-$k_{f,u}$-Werte [m/s]	Methode
RKS 1	0,7 – 1,3	TA	$1,7 \cdot 10^{-09}$	$3,4 \cdot 10^{-10}$	CHITRA et al.
RKS 2	1,9 - 3,4	SE	$1,5 \cdot 10^{-04}$	$3,0 \cdot 10^{-05}$	BEYER
RKS 3	3,1 - 3,6	TL	$3,7 \cdot 10^{-08}$	$7,4 \cdot 10^{-09}$	CHITRA et al.
RKS 4	0,8 - 1,5	TL	$3,6 \cdot 10^{-08}$	$7,2 \cdot 10^{-09}$	CHITRA et al.
RKS 5	3,0 - 5,2	SU	$2,2 \cdot 10^{-05}$	$4,4 \cdot 10^{-06}$	BIALAS
RKS 8	1,3 - 3,5	SE	$1,2 \cdot 10^{-04}$	$2,4 \cdot 10^{-05}$	BEYER
RKS 10	0,4 - 1,1	TM	$6,6 \cdot 10^{-09}$	$1,3 \cdot 10^{-09}$	CHITRA et al.
RKS 12	2,0 – 3,5	SU	$1,0 \cdot 10^{-04}$	$2,0 \cdot 10^{-05}$	BEYER
RKS 13	0,4 - 1,2	TL	$1,6 \cdot 10^{-08}$	$3,2 \cdot 10^{-09}$	CHITRA et al.
RKS 16	1,0 - 2,0	SE	$1,2 \cdot 10^{-04}$	$2,4 \cdot 10^{-05}$	BEYER
RKS 22	3,2 - 3,5	TM	$3,4 \cdot 10^{-08}$	$6,8 \cdot 10^{-09}$	CHITRA et al.
RKS 25	0,3 - 1,3	TM	$1,5 \cdot 10^{-08}$	$3,0 \cdot 10^{-09}$	CHITRA et al.
RKS 30	0,8 - 1,5	TL	$3,3 \cdot 10^{-08}$	$6,6 \cdot 10^{-09}$	CHITRA et al.
RKS 33	0,4 - 1,2	SU*	$2,6 \cdot 10^{-06}$	$5,2 \cdot 10^{-07}$	ROBERTSON & WRIDE

Nach den Ergebnissen der k-Wert-Bestimmungen weisen die nichtbindigen, grob- bis gemischtkörnigen Sande der Bodengruppen SE und SU Durchlässigkeitsbeiwerte (Bemessungswerte) für den ungesättigten Zustand bei vertikaler Durchströmung von ca. $k_{f,u} = 4 \cdot 10^{-06}$ m/s bis ca. $k_{f,u} = 3,0 \cdot 10^{-05}$ m/s auf. Die Sande sind demnach als "durchlässig" gemäß DIN 18130 einzustufen.

Die schwachbindigen bis bindigen Sand-Schluff-Gemische und Schluffe der Bodengruppen SU*, TL, TM und TA sind mit ungesättigten Durchlässigkeiten von ca. $k_{f,u} = 3 \cdot 10^{-10}$ m/s bis ca. $k_{f,u} = 5 \cdot 10^{-07}$ m/s nach DIN 18130 als sehr schwach durchlässig bis schwach durchlässig einzustufen.

5.2.2 Bestimmung der Durchlässigkeit aus Feldversuchen

Im Bereich der untersuchten Erschließungsfläche wurden drei Versickerungsversuche mit konstanter Druckhöhe (V1 bis V3, "open-end-test" gem. USBR) durchgeführt. Die Einzelmessergebnisse sind den Anlagen 5.1 bis 5.3 zu entnehmen. Folgende Durchlässigkeitsbeiwerte wurden in den Feldversuchen ermittelt:

Tab. 3: Ermittelte k_f -Werte aus Feldversuchen („open-end-test“ gem. USBR)

Versuch	Versickerungsebene [m u. GOK]	Bodengruppe [DIN 18196]	K_f -Messwerte [m/s]	Bemessungs- k_f -Werte [m/s]
V1	2,0	SU*	$9,5 \cdot 10^{-08}$	$1,9 \cdot 10^{-07}$
V2	1,9	SU*	$3,6 \cdot 10^{-07}$	$7,2 \cdot 10^{-07}$
V3	1,0	SU	$1,0 \cdot 10^{-05}$	$2,1 \cdot 10^{-05}$

Bei den durchgeführten Versuchen wurde bei den Versuchen V1 und V2 Durchlässigkeiten der in der Rohrsohle anstehenden Sand-Schluff-Gemische von ca. $k_f = 1 \cdot 10^{-07}$ m/s bis $k_f = 4 \cdot 10^{-07}$ m/s ermittelt. Für die im Bereich des Versuches V3 anstehenden Sande wurde ein Durchlässigkeitsbeiwert von ca. $k = 1 \cdot 10^{-05}$ m/s ermittelt.

Gem. DWA-Regelwerk sind die durch Feldversuche ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte mit einem Korrekturfaktor von 2,0 zu versehen.

Demnach ergeben sich für die schwach bindigen Sand-Schluff-Gemische (Bodengruppe SU*) Bemessungs- k_f -Werte von ca. $k_f = 2 \cdot 10^{-07}$ m/s bis $k_f = 7 \cdot 10^{-07}$ m/s und für die nichtbindigen Sande (Bodengruppe SU) ein bemessungs- k_f -Wert von ca. $k_f = 2 \cdot 10^{-05}$ m/s.

Die aus den Körnungslinien abgeleiteten Durchlässigkeiten (vgl. Kap. 5.2.1) werden somit durch die Feldversuche bestätigt.

5.3 Beurteilung des Grundwasserflurabstandes

Entscheidend für die Beurteilung der Versickerungsfähigkeit des Baugrundes ist der zur Verfügung stehende Sickerraum zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem max. Grundwasserstand. Dieser soll gem. DWA-Regelwerk zum Schutze des Grundwassers mind. 1,0 m unterhalb der Sohle der zukünftigen Versickerungsanlage liegen.

Der geschätzte maximale natürliche Grundwasserstand wird ca. 0,7 m oberhalb der jeweils gemessenen Grundwasserstände, d.h. mit ca. $GW_{max.} = 36,2-38,0$ mNHN angesetzt (vgl. Kap. 3.3). Als potenzieller Sickerraum steht daher nur der Baugrund oberhalb der vorgenannten GW_{max} -Höhen zur Verfügung. Die Sohlen möglicher Versickerungsanlagen dürfen dann je nach Standort nicht tiefer als 37,2-39,2 mNHN liegen.

5.4 Fazit

Oberhalb des Grundwassers stehen in Wechsellagerung, d. h. in unterschiedlichen Tiefen, Mächtigkeiten und räumlichen Ausdehnungen ausreichend durchlässige Sande und nicht ausreichend durchlässige Sand-Schluff-Gemische und Schluffe an.

Die Möglichkeit zur Einrichtung einer dauerhaft funktionstüchtigen Regenwasserversickerungsanlage gem. den Anforderungen des DWA-Regelwerks, Arbeitsblatt A 138, hängt somit stark vom jeweiligen Standort ab und ist daher im Einzelfall gesondert punktuell zu untersuchen.

Eine allgemeingültige Aussage zur Versickerungsfähigkeit des Untergrundes kann aufgrund der stark wechselhaften Baugrundverhältnisse nicht getroffen werden. In Hinblick auf den geringen Flurabstand bei hohen Grundwasserständen sind bei ausreichender Durchlässigkeit des Untergrundes außerdem nur flache Versickerungsanlagen in Form von Versickerungsmulden oder sehr flachen Rigolen- oder Rohrrigolenanlagen möglich.

Sollen trotz der eher ungünstigen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse Versickerungsanlagen vorgesehen werden, so sollten diese dann als Teilversickerungsanlage im Sinne einer Regenrückhaltung mit Anschluss an eine Vorflut (Notüberlauf bzw. gedrosselter Abfluss ins Kanalsystem oder ein Gewässer) ausgebildet werden.

Des Weiteren ist dann zu beachten, dass die zulässigen Einstauzeiten gem. DWA-Regelwerk deutlich überschritten werden. Dies führt i.d.R. zu einem erhöhten Wartungsaufwand. Bei Ausführung einer Versickerungsanlage ohne Notüberlauf kann es in niederschlagsreichen Zeiten ggf. auch zu einem Überlauf der Versickerungsanlage, d. h. Wassereinstau über die Versickerungsanlage hinaus, kommen.

Zu beachten sind gem. DWA-Regelwerk die Mindestabstände von Versickerungsanlagen zu benachbarten Gebäuden.

Alternativ zur Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers könnten zum Zwecke einer Regenrückhaltung ein oder mehrere Teiche angelegt werden, die mit Überläufen zu versehen sind. Das Überlaufwasser könnte dann ggf. gedrosselt in einen Vorflutgraben bzw. in die entsprechende Kanalisation eingeleitet werden. Die Teiche haben eine im Vergleich zu seiner Fläche geringe Tiefe, um die natürliche Verdunstung zu unterstützen.

6.0 Baugrubenabnahme und Verdichtungsüberprüfung

Nach Freilegung der Kanalgrabensohlen / Gründungssohlen und Rohplanien (Erdplanum) bzw. während der Ausschachtungsarbeiten ist der Gutachter gem. DIN EN 1997-1:2009-09, Abschnitt 4.3.1, in den einzelnen Bauabschnitten zu abschließenden Baugrundbeurteilungen (Baugrubenabnahmen) aufzufordern.

Es erfolgt dann ein Vergleich der Baugrundverhältnisse zu denen, die dem vorliegenden Gutachten zugrunde gelegt wurden.

Im Zuge der Baugrubenabnahmen werden eventuelle Bodenaustauscharbeiten exakt festgelegt und es erfolgen die endgültigen Angaben zur ggf. erforderlichen bauzeitlichen Wasserhaltung, zur Kanalgrabensicherung und zur Rohrbettung.

Während und nach Fertigstellung von Bodenaustausch- und Bodenverfüllmaßnahmen sowie der Verdichtungsarbeiten ist gem. DIN EN 1997-1:2009-09, Abschnitt 5.3.4, eine Überprüfung der erreichten Verdichtung durch den Gutachter erforderlich.

7.0 Weitere Untersuchungen und Schlusswort

Nach Fertigstellung der Planunterlagen ist ggf. ein Nachtrag zum Gutachten erforderlich.

Nach den anstehenden Baugrund- und Grundwasserverhältnissen ergibt sich zunächst eine Einstufung der geplanten erschließungsmaßnahmen in die Geotechnische Kategorie 2 (GK2).

Der Gutachter ist zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern, wenn sich Fragen ergeben, die im vorliegenden Gutachten nicht oder abweichend erörtert wurden.

Greven, den 03. Dezember 2021

OWS Ingenieurgeologen
GmbH & Co. KG

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

www.ows-online.de



OWS
Ingenieurgeologen


Dipl.-Geol. M. Stracke



OWS Ingenieurgeologen
GmbH & Co. KG

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

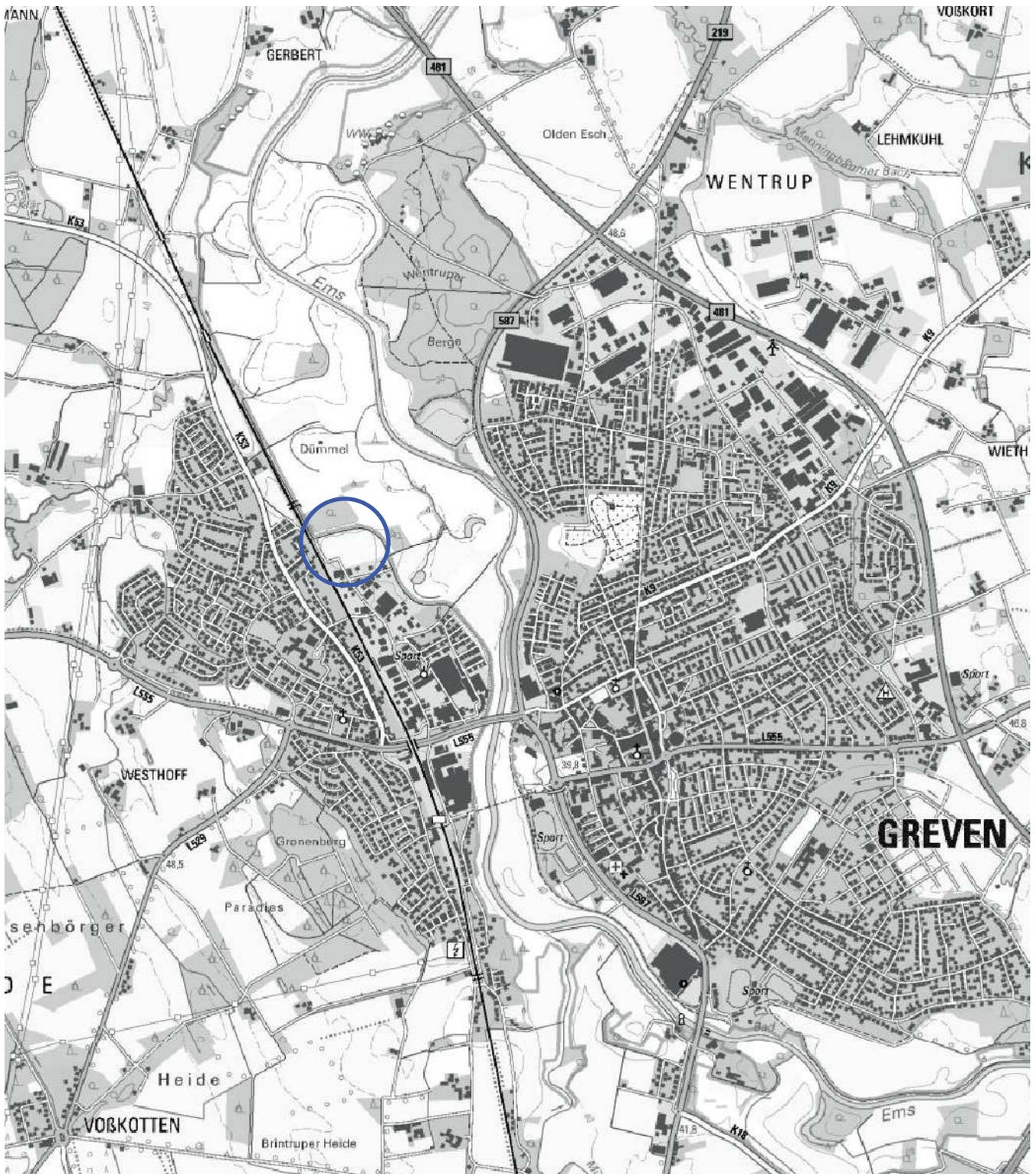
Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

www.ows-online.de



OWS
Ingenieurgeologen


Dipl.-Geol. St. Kunk



Quelle: Geobasisdaten der Kommunen und des Landes NRW © Geobasis NRW 2020

<p>Zum Wasserwerk 15 48268 Greven</p> <p>Tel.: 02571 / 95 28 8-0 Fax: 02571 / 95 28 8-2</p>		 <p>OWS Ingenieurgeologen</p>	
<p>Projekt: Erschließung B-Plan Nr. 20.4 "Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven</p>			
<p>Planinhalt: Übersicht</p>			
<p>Projekt-Nr.: 2109-4858</p>	<p>Maßstab: 1 : 25 000</p>		
<p>Datum: 26.-29.10.2021</p>	<p>Anlage: 1.1</p>		

Bebauungsplan Nr. 20.4 "Gewerbegebiet Gutenbergstraße"

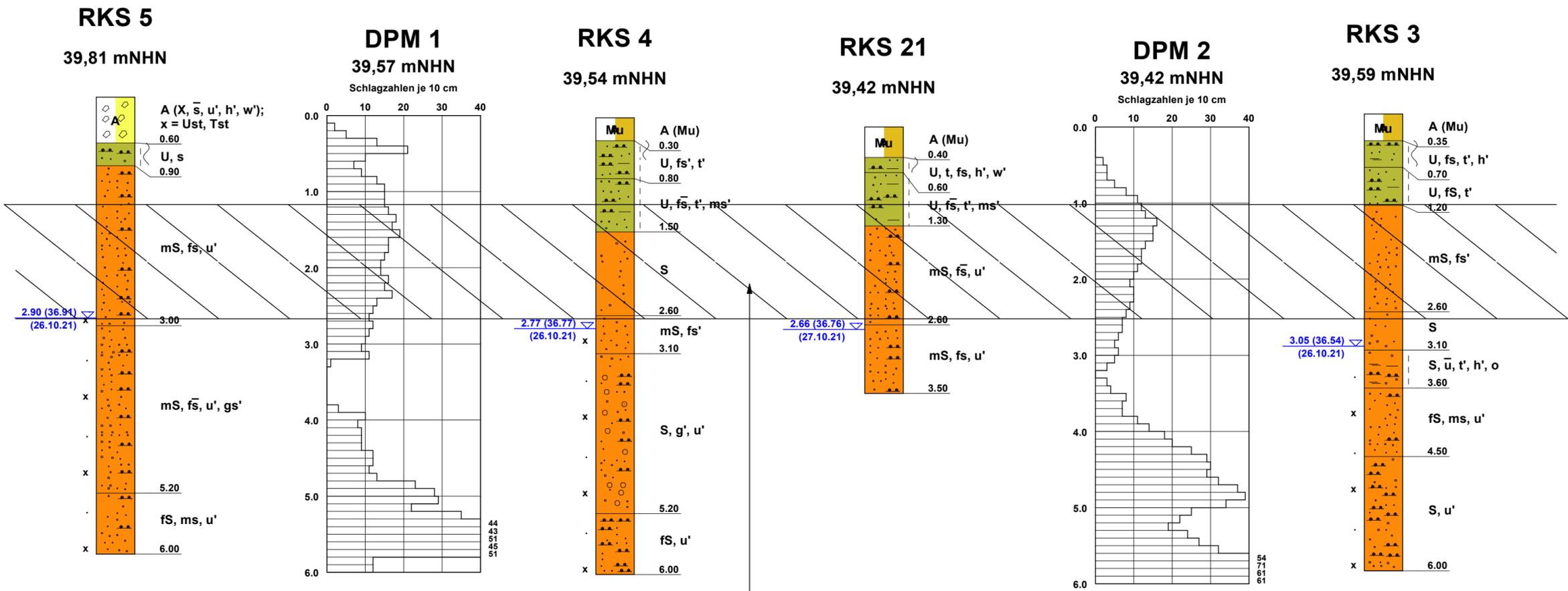
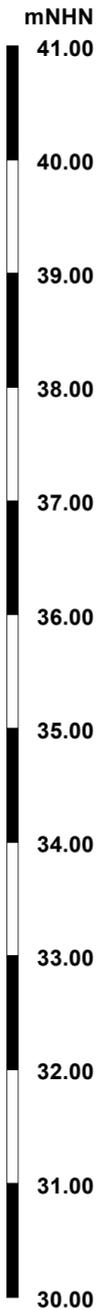
Städtebaulicher Entwurf

Legende

- RKS 1 Rammkernsondierbohrung DN 36/50 EN ISO 22475-1
- X DPM 1 Mittelschwere Rammsondierung gem. EN ISO 22476-2
- V 1 open-ent-test gem. USBR
- ⊠ KD. Kanaldeckel mit 39,87 mNHN als Bezugspunkt für das Höhennivellement



Zum Wasserwerk 15 48268 Greven		 OWS Ingenieurgeologen
Tel.: 02571 / 95 28 8-0 Fax: 02571 / 95 28 8-2		
Projekt:	Erschließung B-Plan Nr. 20.4 "Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven	
Planinhalt:	Lage der Bodenaufschlusspunkte RKS 1 - RKS 35, RKS 45, RKS 49, RKS 53 - RKS 57, DPM 1 - DPM 3 und oet 1 - oet 3	
Projekt-Nr.:	2109-4858	Maßstab: 1 : 1 000
Datum:	26.-29.10.2021	Anlage: 1.2



Angenommene Kanalrohrsohle zwischen ca. 36,9 und 38,4 mNHN

Homogenbereiche		
Humoser Oberboden:	Mu	Homogenbereich O
Anthropogene Auffüllungen:	A (...)	Homogenbereich A
Terrassensande:	fS/mS/S, ...(u')	Homogenbereich B1
Terrassenlehme:	fS/mS/S, u-u* .../U, ...	Homogenbereich B2

Legende

Konsistenzen und Bodenarten			
	steif		Schluff (U)
	weich - steif		Sand (S)
			Feinsand (fS)
			Mittelsand (mS)
			Steine (X)
			Hum. Oberboden (Mu)
			Auffüllung (A)

Abkürzungen

Asph = Asphalt	Nst = Naturstein
Be = Beton	Sst = Sandstein
Bs = Bauschutt	x = Steine
Gl = Glas	o = Pflanzenreste
Ko = Kohle	w = Wurzelreste
Kst = Kalkstein	v = verwittert
Schl = Schlacke	v̄ = stark verwittert
Scho = Schotter	v' = schwach verwittert
Tst = Tonstein	
Zb = Ziegelbruch	

BZP = Kanaldeckel mit 39,87 mNHN (vgl. Anlage 1.2)
 KBF = Kein Bohrfortschritt möglich

Grundwasser

	(Zahl) (Datum)	= Grundwasser angebohrt
	(Zahl) (Datum)	= Grundwasser nach Bohrende
	(Zahl) (Datum)	= Grundwasserruhestand
x		= nass / fließfähig
x̄		= Vernässung

Zum Wasserwerk 15
 48268 Greven
 Tel.: 02571 / 95 28 8-0
 Fax: 02571 / 95 28 8-2



Projekt: Erschließung B-Plan Nr. 20.4
 "Gewerbegebiet Gutenbergstraße"
 in 48268 Greven

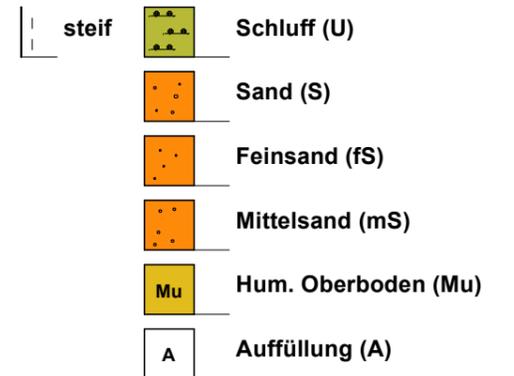
Planinhalt: Schichtenprofile RKS 3 - RKS 5, RKS 21
 Rammdiagramme DPM 1, DPM 2

Projekt-Nr.: 2109-4858 Maßstab: 1 : 50

Datum: 26.-29.10.2021 Anlage: 2.1

Legende

Konsistenzen und Bodenarten



Abkürzungen

Asph = Asphalt	Nst = Naturstein
Be = Beton	Sst = Sandstein
Bs = Bauschutt	x = Steine
Gl = Glas	o = Pflanzenreste
Ko = Kohle	w = Wurzelreste
Kst = Kalkstein	v = verwittert
Schl = Schlacke	v̄ = stark verwittert
Scho = Schotter	v' = schwach verwittert
Tst = Tonstein	
Zb = Ziegelbruch	

BZP = Kanaldeckel mit 39,87 mNHN (vgl. Anlage 1.2)

KBF = Kein Bohrfortschritt möglich

Grundwasser

	(Zahl) (Datum)	= Grundwasser angebohrt
	(Zahl) (Datum)	= Grundwasser nach Bohrende
	(Zahl) (Datum)	= Grundwasserruhestand
x		= nass / fließfähig
x		= Vernässung

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven
Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2



Projekt: Erschließung B-Plan Nr. 20.4
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße"
in 48268 Greven

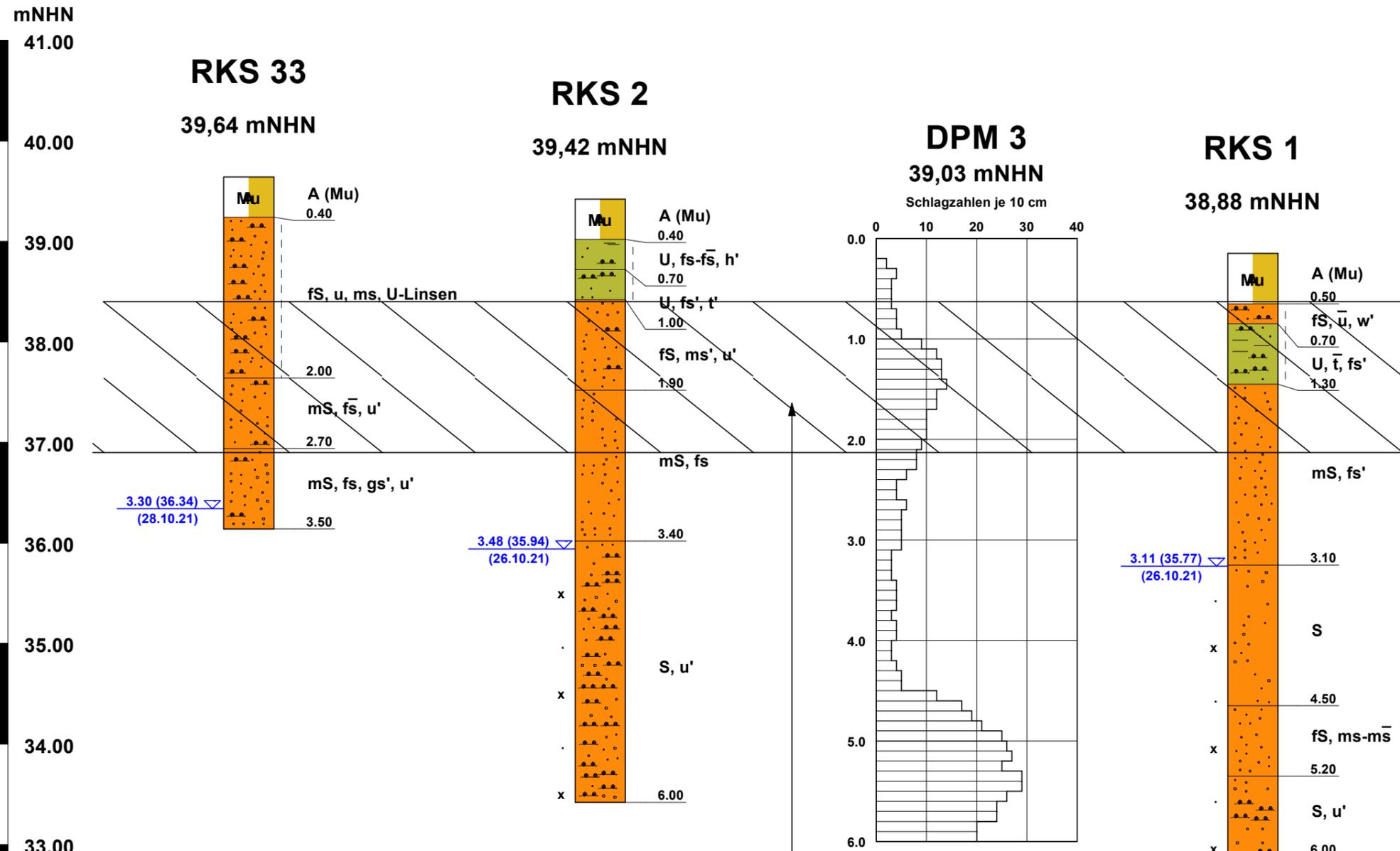
Planinhalt: Schichtenprofile RKS 1 RKS 2, RKS 33
Rammdiagramm DPM 3

Projekt-Nr.: 2109-4858

Maßstab: 1 : 50

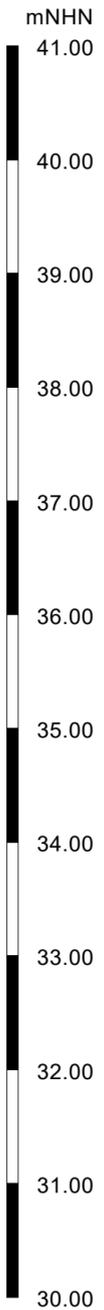
Datum: 26.-29.10.2021

Anlage: 2.2



Angenommene Kanalrohrsohle
zwischen ca. 36,90 und 38,40 mNHN

Homogenbereiche		
Humoser Oberboden:	Mu	Homogenbereich O
Anthropogene Auffüllungen:	A (...)	Homogenbereich A1
Terrassensande:	fs/mS/S, ...(u')	Homogenbereich B1
Terrassenlehme:	fs/mS/S, u-u* .../U, ...	Homogenbereich B2



Legende

Konsistenzen und Bodenarten			
	steif		Schluff (U)
	weich - steif		Sand (S)
			Feinsand (fS)
			Mittelsand (mS)
			Hum. Oberboden (Mu)
			Auffüllung (A)

Abkürzungen

Asph = Asphalt	Nst = Naturstein
Be = Beton	Sst = Sandstein
Bs = Bauschutt	x = Steine
Gl = Glas	o = Pflanzenreste
Ko = Kohle	w = Wurzelreste
Kst = Kalkstein	v = verwittert
Schl = Schlacke	v̄ = stark verwittert
Scho = Schotter	v' = schwach verwittert
Tst = Tonstein	
Zb = Ziegelbruch	

BZP = Kanaldeckel mit 39,87 mNHN (vgl. Anlage 1.2)
 KBF = Kein Bohrfortschritt möglich

Grundwasser

	(Zahl) (Datum) = Grundwasser angebohrt
	(Zahl) (Datum) = Grundwasser nach Bohrende
	(Zahl) (Datum) = Grundwasserruhestand
x	= nass / fließfähig
x̄	= Vernässung

Zum Wasserwerk 15
 48268 Greven
 Tel.: 02571 / 95 28 8-0
 Fax: 02571 / 95 28 8-2

OWS
Ingenieurgeologen

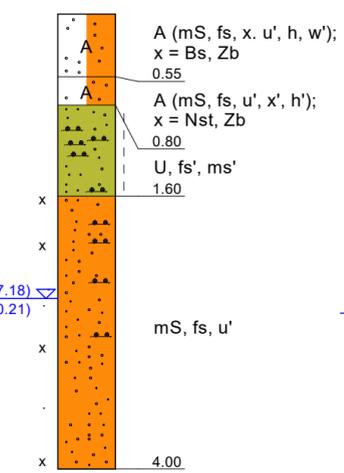
Projekt: Erschließung B-Plan Nr. 20.4
 "Gewerbegebiet Gutenbergstraße"
 in 48268 Greven

Planinhalt: Schichtenprofile RKS 11 - 14, 55, 56

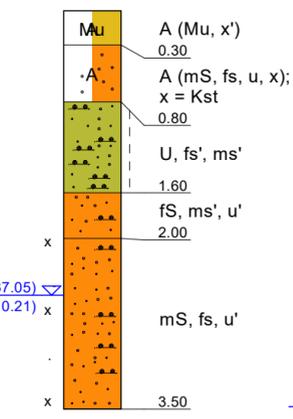
Projekt-Nr.: 2109-4858 Maßstab: 1 : 50

Datum: 26.-29.10.2021 Anlage: 2.3

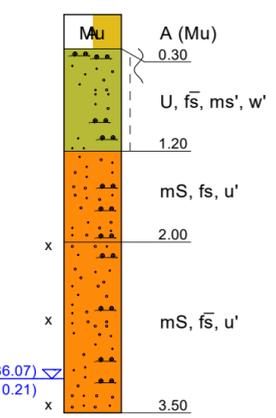
RKS 56
 39,68 mNHN



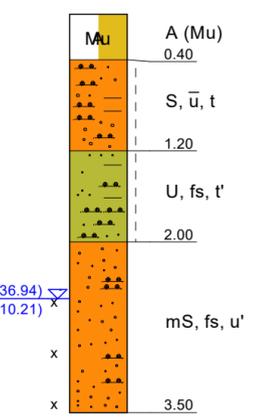
RKS 55
 39,55 mNHN



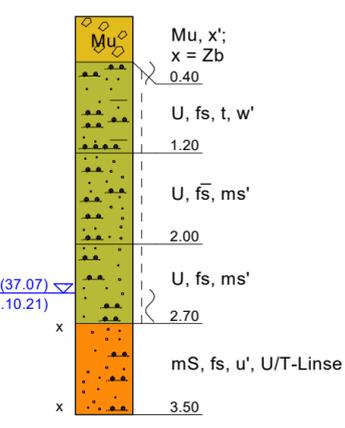
RKS 14
 39,27 mNHN



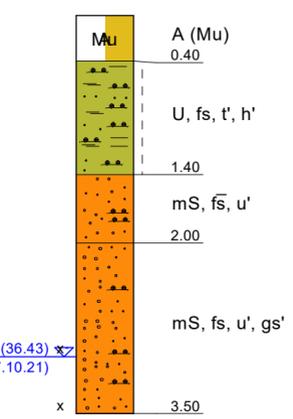
RKS 13
 39,44 mNHN



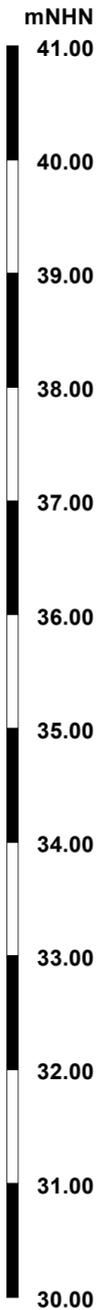
RKS 11
 39,50 mNHN



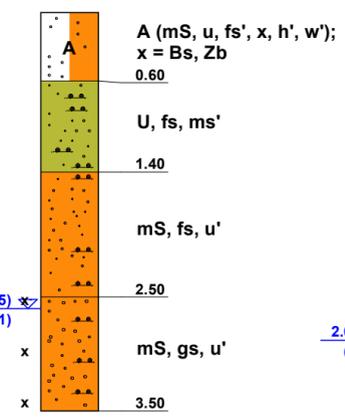
RKS 12
 39,43 mNHN



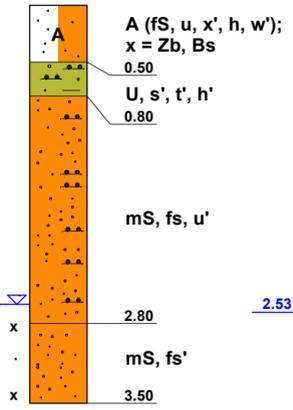
Homogenbereiche		
Humoser Oberboden:	Mu	Homogenbereich O
Anthropogene Auffüllungen:	A (...)	Homogenbereich A1
Terassensande:	fS/mS/S, ...(u')	Homogenbereich B1
Terassenlehme:	fS/mS/S, u-u* ..U, ...	Homogenbereich B2



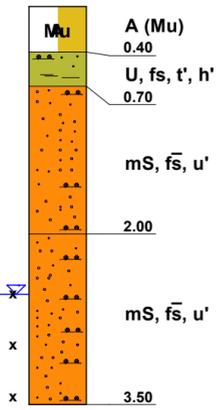
RKS 57
39,85 mNHN



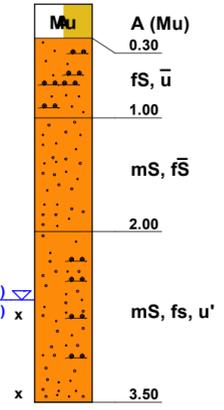
RKS 6
39,60 mNHN



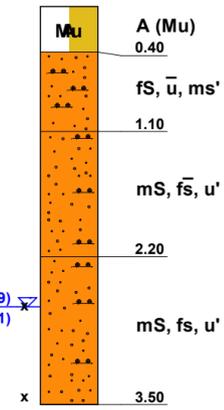
RKS 15
39,43 mNHN



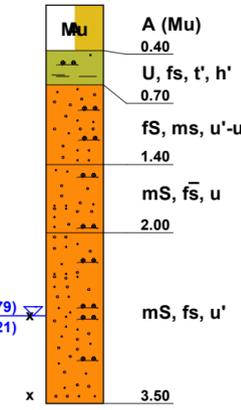
RKS 16
39,53 mNHN



RKS 17
39,43 mNHN



RKS 18
39,52 mNHN



Homogenbereiche		
Humoser Oberboden:	Mu	Homogenbereich O
Anthropogene Auffüllungen:	A (...)	Homogenbereich A1
Terrassensande:	fS/mS/S, ...(u')	Homogenbereich B1
Terrassenlehme:	fS/mS/S, u-u* .../U, ...	Homogenbereich B2

Legende

Konsistenzen und Bodenarten

- Schluff (U)
- Feinsand (fS)
- Mittelsand (mS)
- Hum. Oberboden (Mu)
- Auffüllung (A)

Abkürzungen

- | | |
|------------------|--------------------------|
| Asph = Asphalt | Nst = Naturstein |
| Be = Beton | Sst = Sandstein |
| Bs = Bauschutt | x = Steine |
| Gl = Glas | o = Pflanzenreste |
| Ko = Kohle | w = Wurzelreste |
| Kst = Kalkstein | |
| Schl = Schlacke | |
| Scho = Schotter | v = verwittert |
| Tst = Tonstein | v' = stark verwittert |
| Zb = Ziegelbruch | v'' = schwach verwittert |

BZP = Kanaldeckel mit 39,87 mNHN (vgl. Anlage 1.2)

KBF = Kein Bohrfortschritt möglich

Grundwasser

- (Zahl) / (Datum) = Grundwasser angebohrt
- (Zahl) / (Datum) = Grundwasser nach Bohrende
- (Zahl) / (Datum) = Grundwasserruhestand
- x = nass / fließfähig
- x' = Vernässung

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven
Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

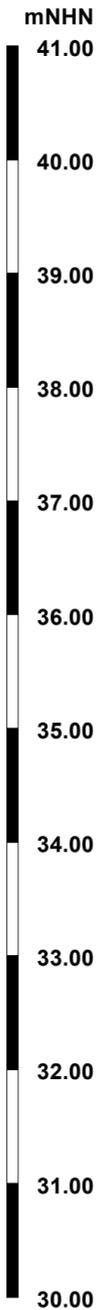


Projekt: Erschließung B-Plan Nr. 20.4
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße"
in 48268 Greven

Planinhalt: Schichtenprofile RKS 6, 15 - 18, 57

Projekt-Nr.: 2109-4858 Maßstab: 1 : 50

Datum: 26.-29.10.2021 Anlage: 2.4



Legende

Konsistenzen und Bodenarten			
	steif		Schluff (U)
	weich - steif		Feinsand (fS)
			Mittelsand (mS)
			Hum. Oberboden (Mu)
			Auffüllung (A)

Abkürzungen

Asph = Asphalt	Nst = Naturstein
Be = Beton	Sst = Sandstein
Bs = Bauschutt	x = Steine
Gl = Glas	o = Pflanzenreste
Ko = Kohle	w = Wurzelreste
Kst = Kalkstein	
Schl = Schlacke	
Scho = Schotter	v = verwittert
Tst = Tonstein	v̄ = stark verwittert
Zb = Ziegelbruch	v' = schwach verwittert

BZP = Kanaldeckel mit 39,87 mNHN (vgl. Anlage 1.2)

KBF = Kein Bohrfortschritt möglich

Grundwasser

	(Zahl) (Datum)	= Grundwasser angebohrt
	(Zahl) (Datum)	= Grundwasser nach Bohrende
	(Zahl) (Datum)	= Grundwasserruhestand
x		= nass / fließfähig
x		= Vernässung

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven
Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2



Projekt: Erschließung B-Plan Nr. 20.4
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße"
in 48268 Greven

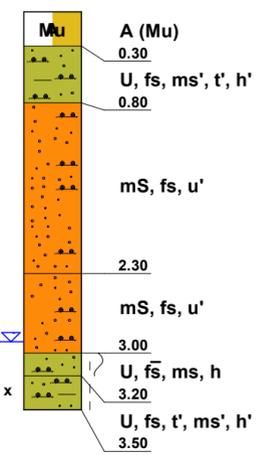
Planinhalt: Schichtenprofile RKS 22 - 24, 28 - 30

Projekt-Nr.: 2109-4858 Maßstab: 1 : 50

Datum: 26.-29.10.2021 Anlage: 2.5

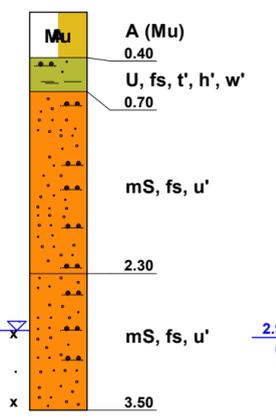
RKS 22

39,62 mNHN



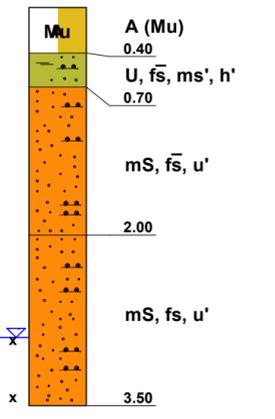
RKS 23

39,46 mNHN



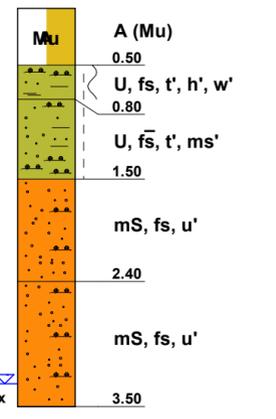
RKS 24

39,50 mNHN



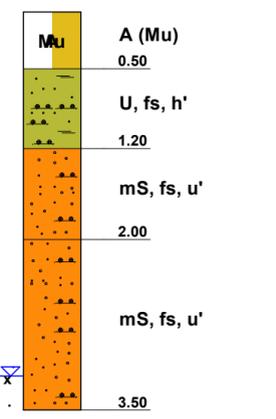
RKS 30

39,73 mNHN



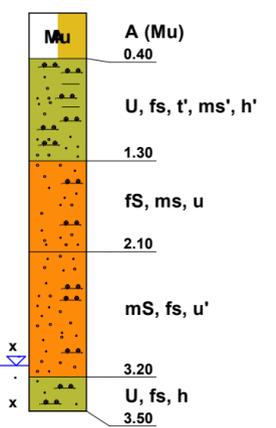
RKS 29

39,54 mNHN

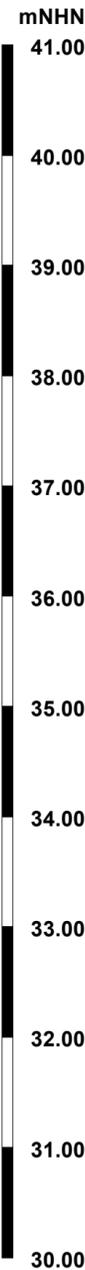


RKS 28

39,61 mNHN

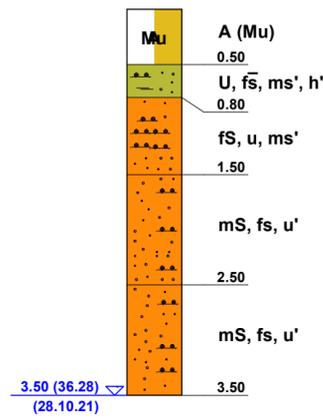


Homogenbereiche		
Humoser Oberboden:	Mu	Homogenbereich O
Anthropogene Auffüllungen:	A (...)	Homogenbereich B1
Terrassensande:	fS/mS/S, ...(u')	Homogenbereich B2
Terrassenlehme:	fS/mS/S, u-u* .../U, ...	Homogenbereich B3



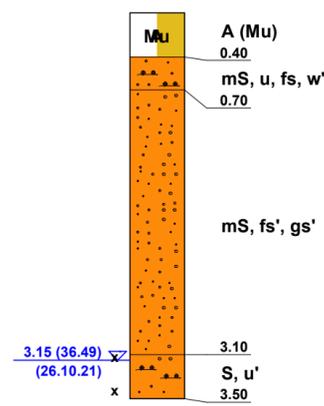
RKS 31

39,78 mNHN



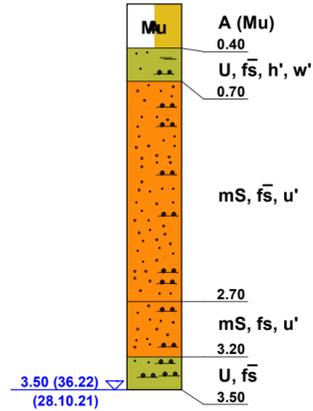
RKS 7

39,64 mNHN



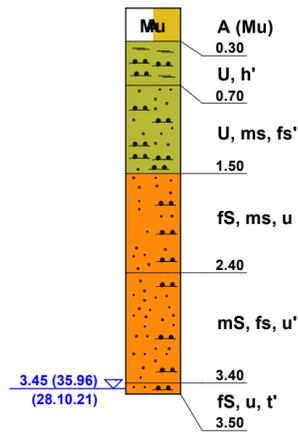
RKS 32

39,72 mNHN



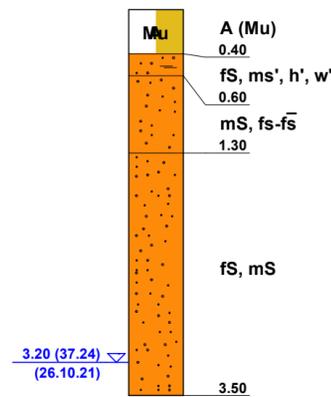
RKS 49

39,41 mNHN



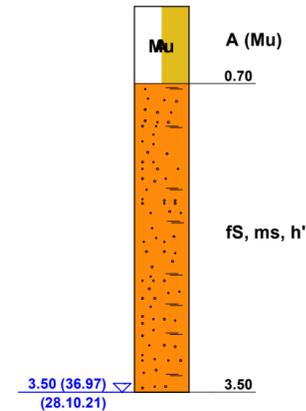
RKS 8

40,44 mNHN



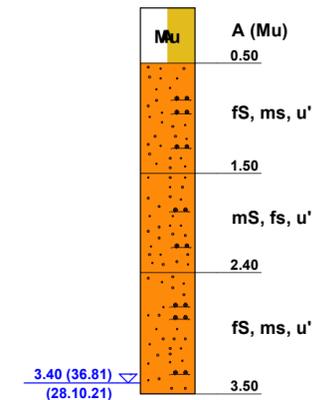
RKS 54

40,47 mNHN



RKS 53

40,21 mNHN



Legende

Konsistenzen und Bodenarten

- Schluff (U)
- Sand (S)
- Feinsand (fs)
- Mittelsand (mS)
- Hum. Oberboden (Mu)
- Auffüllung (A)

Abkürzungen

- | | |
|------------------|-------------------------|
| Asph = Asphalt | Nst = Naturstein |
| Be = Beton | Sst = Sandstein |
| Bs = Bauschutt | x = Steine |
| Gl = Glas | o = Pflanzenreste |
| Ko = Kohle | w = Wurzelreste |
| Kst = Kalkstein | |
| Schl = Schlacke | v = verwittert |
| Scho = Schotter | v̄ = stark verwittert |
| Tst = Tonstein | v' = schwach verwittert |
| Zb = Ziegelbruch | |

BZP = Kanaldeckel mit 39,87 mNHN (vgl. Anlage 1.2)

KBF = Kein Bohrfortschritt möglich

Grundwasser

- (Zahl) (Datum) = Grundwasser angebohrt
- (Zahl) (Datum) = Grundwasser nach Bohrende
- (Zahl) (Datum) = Grundwasserruhestand
- x = nass / fließfähig
- x̄ = Vernässung

Homogenbereiche		
Humoser Oberboden:	Mu	Homogenbereich O
Anthropogene Auffüllungen:	A (...)	Homogenbereich A1
Terrassensande:	fs/mS/S, ...(u')	Homogenbereich B1
Terrassenlehme:	fs/mS/S, u-u' .../U, ...	Homogenbereich B2

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

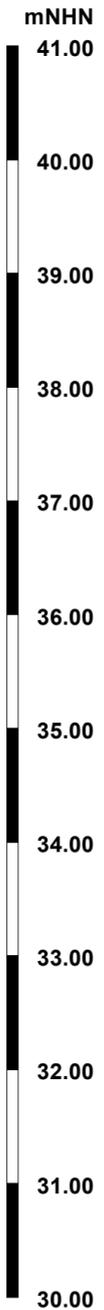
OWS
Ingenieurgeologen

Projekt: Erschließung B-Plan Nr. 20.4
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße"
in 48268 Greven

Planinhalt: Schichtenprofile RKS 7, 8, 31, 32, 49,
RKS 53, 54

Projekt-Nr.: 2109-4858 Maßstab: 1 : 50

Datum: 26.-29.10.2021 Anlage: 2.6



Legende

Konsistenzen und Bodenarten			
	steif		Schluff (U)
	weich - steif		Feinsand (fS)
			Mittelsand (mS)
			Hum. Oberboden (Mu)
			Auffüllung (A)

Abkürzungen

Asph = Asphalt	Nst = Naturstein
Be = Beton	Sst = Sandstein
Bs = Bauschutt	x = Steine
Gl = Glas	o = Pflanzenreste
Ko = Kohle	w = Wurzelreste
Kst = Kalkstein	v = verwittert
Schl = Schlacke	v̄ = stark verwittert
Scho = Schotter	v' = schwach verwittert
Tst = Tonstein	
Zb = Ziegelbruch	

BZP = Kanaldeckel mit 39,87 mNHN (vgl. Anlage 1.2)
 KBF = Kein Bohrfortschritt möglich

Grundwasser

	(Zahl) (Datum)	= Grundwasser angebohrt
	(Zahl) (Datum)	= Grundwasser nach Bohrende
	(Zahl) (Datum)	= Grundwasserruhestand
x		= nass / fließfähig
x̄		= Vernässung

Zum Wasserwerk 15
 48268 Greven
 Tel.: 02571 / 95 28 8-0
 Fax: 02571 / 95 28 8-2



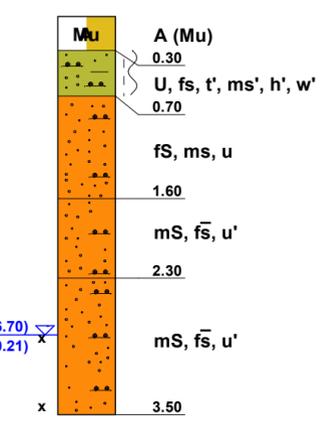
Projekt: Erschließung B-Plan Nr. 20.4
 "Gewerbegebiet Gutenbergstraße"
 in 48268 Greven

Planinhalt: Schichtenprofile RKS 9, 20, 25, 27, 34, 45

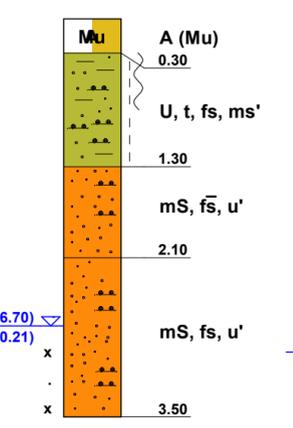
Projekt-Nr.: 2109-4858 Maßstab: 1 : 50

Datum: 26.-29.10.2021 Anlage: 2.7

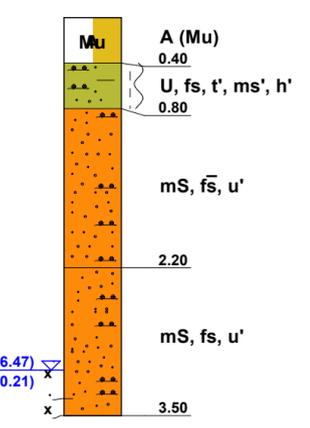
RKS 20
 39,50 mNHN



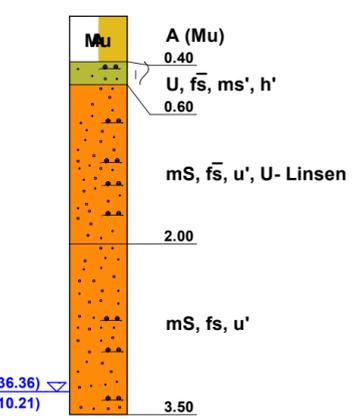
RKS 25
 39,40 mNHN



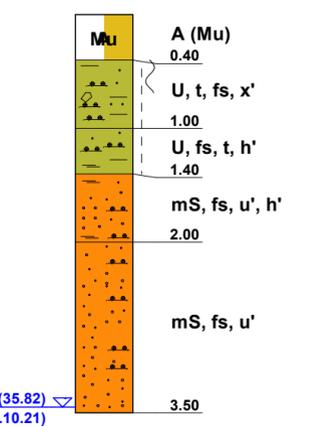
RKS 27
 39,57 mNHN



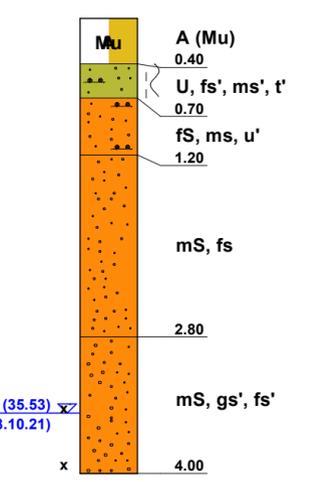
RKS 34
 39,66 mNHN



RKS 9
 39,27 mNHN



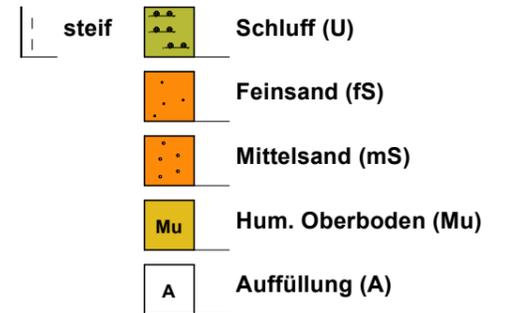
RKS 45
 39,00 mNHN



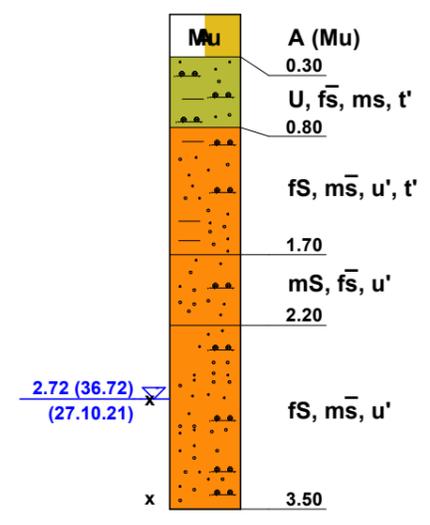
Homogenbereiche		
Humoser Oberboden:	Mu	Homogenbereich O
Anthropogene Auffüllungen:	A (...)	Homogenbereich A1
Terrassensande:	fS/mS/S, ...(u')	Homogenbereich B1
Terrassenlehme:	fS/mS/S, u-u* .../U, ...	Homogenbereich B2

Legende

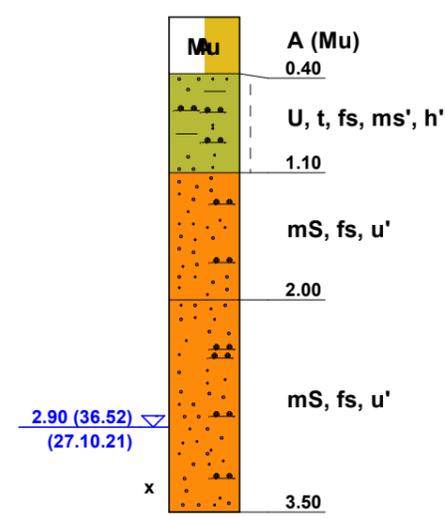
Konsistenzen und Bodenarten



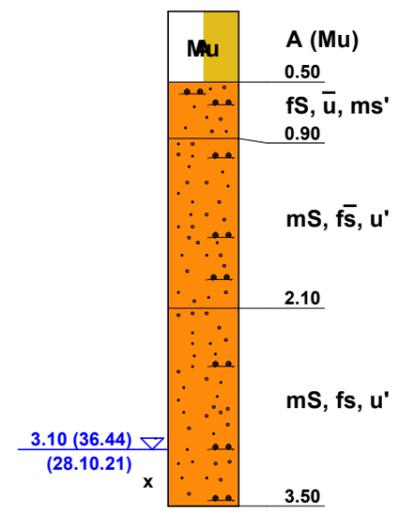
RKS 19
39,44 mNHN



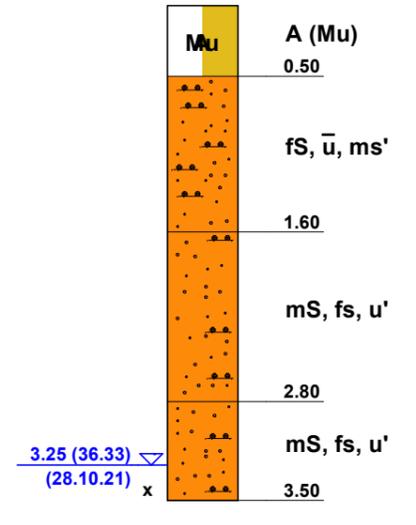
RKS 10
39,42 mNHN



RKS 26
39,54 mNHN



RKS 35
39,58 mNHN



Abkürzungen

- | | |
|------------------|-------------------------|
| Asph = Asphalt | Nst = Naturstein |
| Be = Beton | Sst = Sandstein |
| Bs = Bauschutt | x = Steine |
| Gl = Glas | o = Pflanzenreste |
| Ko = Kohle | w = Wurzelreste |
| Kst = Kalkstein | v = verwittert |
| Schl = Schlacke | v̄ = stark verwittert |
| Scho = Schotter | v' = schwach verwittert |
| Tst = Tonstein | |
| Zb = Ziegelbruch | |

BZP = Kanaldeckel mit 39,87 mNHN (vgl. Anlage 1.2)
KBF = Kein Bohrfortschritt möglich

Grundwasser

- (Zahl) (Datum) = Grundwasser angebohrt
- (Zahl) (Datum) = Grundwasser nach Bohrende
- (Zahl) (Datum) = Grundwasserruhestand
- x = nass / fließfähig
- x = Vernässung

	Homogenbereiche	
Humoser Oberboden:	Mu	Homogenbereich O
Anthropogene Auffüllungen:	A (...)	Homogenbereich A1
Terrassensande:	fS/mS/S, ...(u')	Homogenbereich B1
Terrassenlehme:	fS/mS/S, u-u* .../U, ...	Homogenbereich B2

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

Ingenieurgeologen

Projekt: Erschließung B-Plan Nr. 20.4
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße"
in 48268 Greven

Planinhalt: Schichtenprofile RKS 10, 19, 26, 33

Projekt-Nr.: 2109-4858 Maßstab: 1 : 50

Datum: 26.-29.10.2021 Anlage: 2.8

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

Bearbeiter: sr, aw, fr



Datum: 18.11.2021

Körnungslinie

Erschließung B-Plan Nr. 20.4

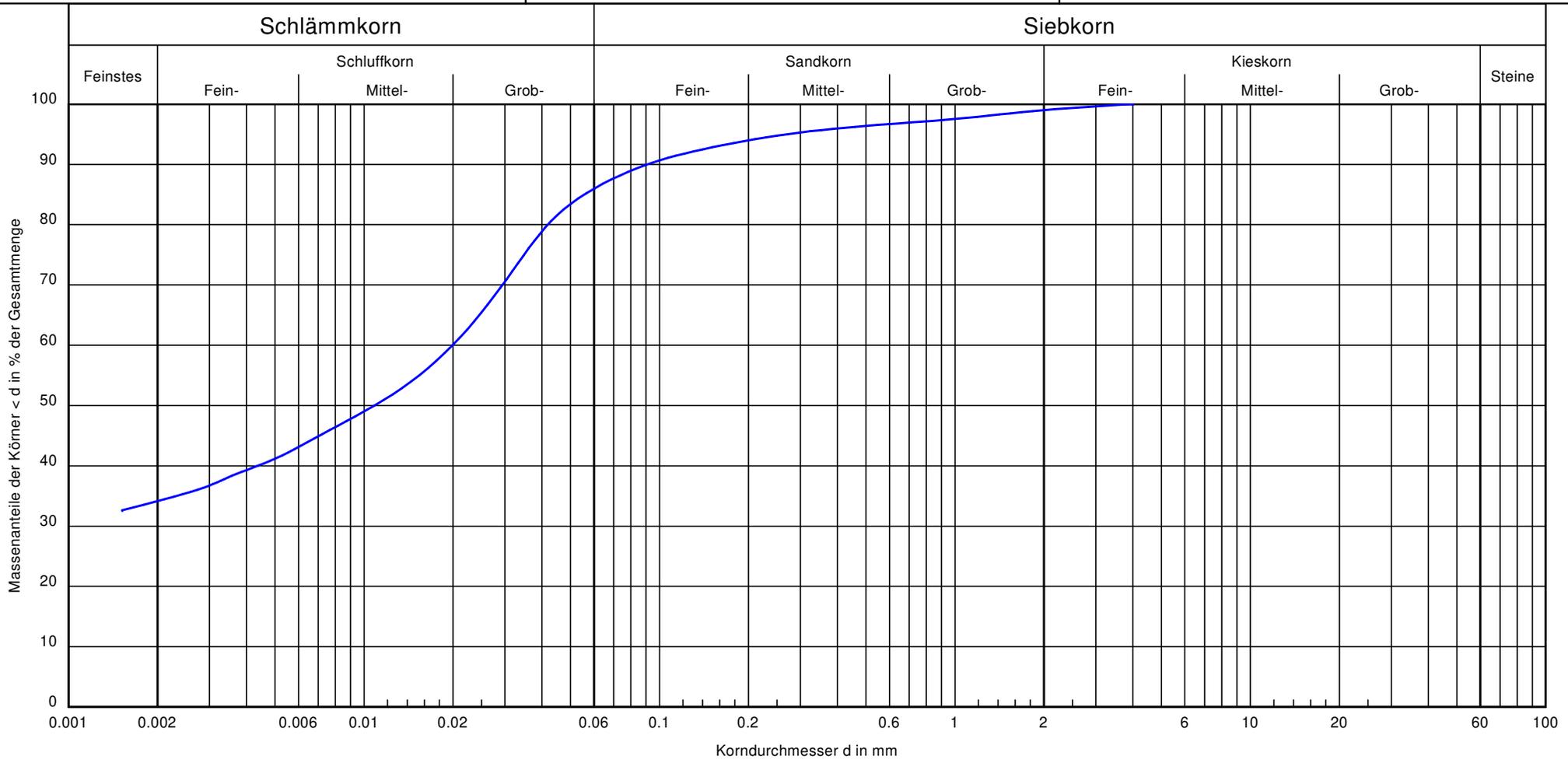
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven

Projekt-Nr.: 2109-4858

Probe entnommen am: 26.-29.10.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlammanalyse



Bezeichnung:	RKS 1	Bemerkungen:	Bericht: 4858 Anlage: 3.1
Bodenart:	U, t, fs'		
Tiefe:	0,7-1,3		
U/Cc:	-/-		
k [m/s] (Chitra et al.):	1,7 E-09		
Bodengruppe:	TA		
Frostsicherheit:	F2		

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

Bearbeiter: sr, aw, fr



Datum: 18.11.2021

Körnungslinie

Erschließung B-Plan Nr. 20.4

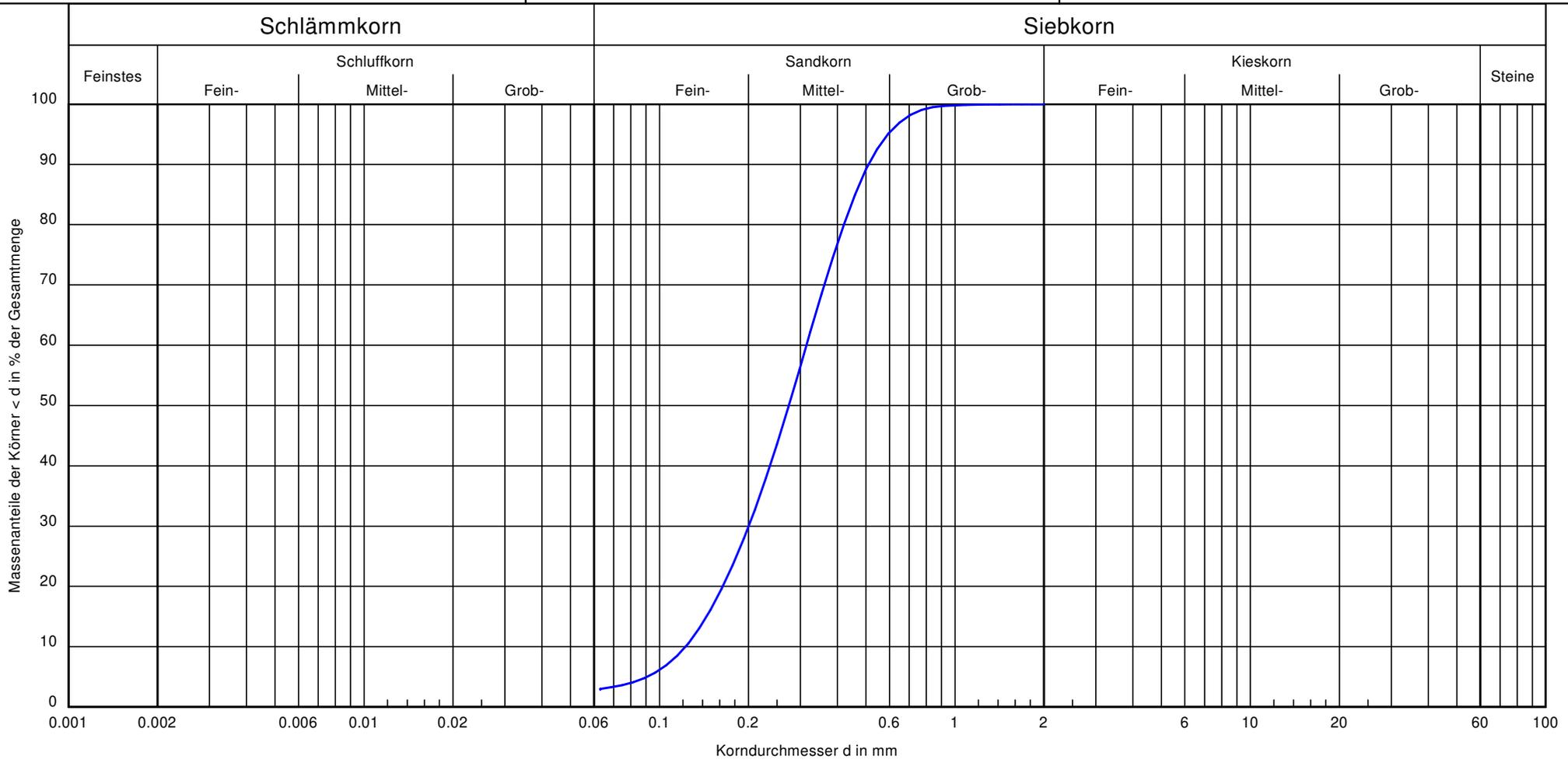
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven

Projekt-Nr.: 2109-4858

Probe entnommen am: 26.-29.10.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Siebanalys



Bezeichnung:	RKS 2	Bemerkungen:	Bericht: 4858 Anlage: 3,2
Bodenart:	mS, fs		
Tiefe:	1,9-3,4		
U/Cc:	2,6/1,0		
k [m/s] (Beyer):	$1.5 \cdot 10^{-4}$		
Bodengruppe:	SE		
Frostsicherheit:	F1		

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

Bearbeiter: sr, aw, fr



Datum: 18.11.2021

Körnungslinie

Erschließung B-Plan Nr. 20.4

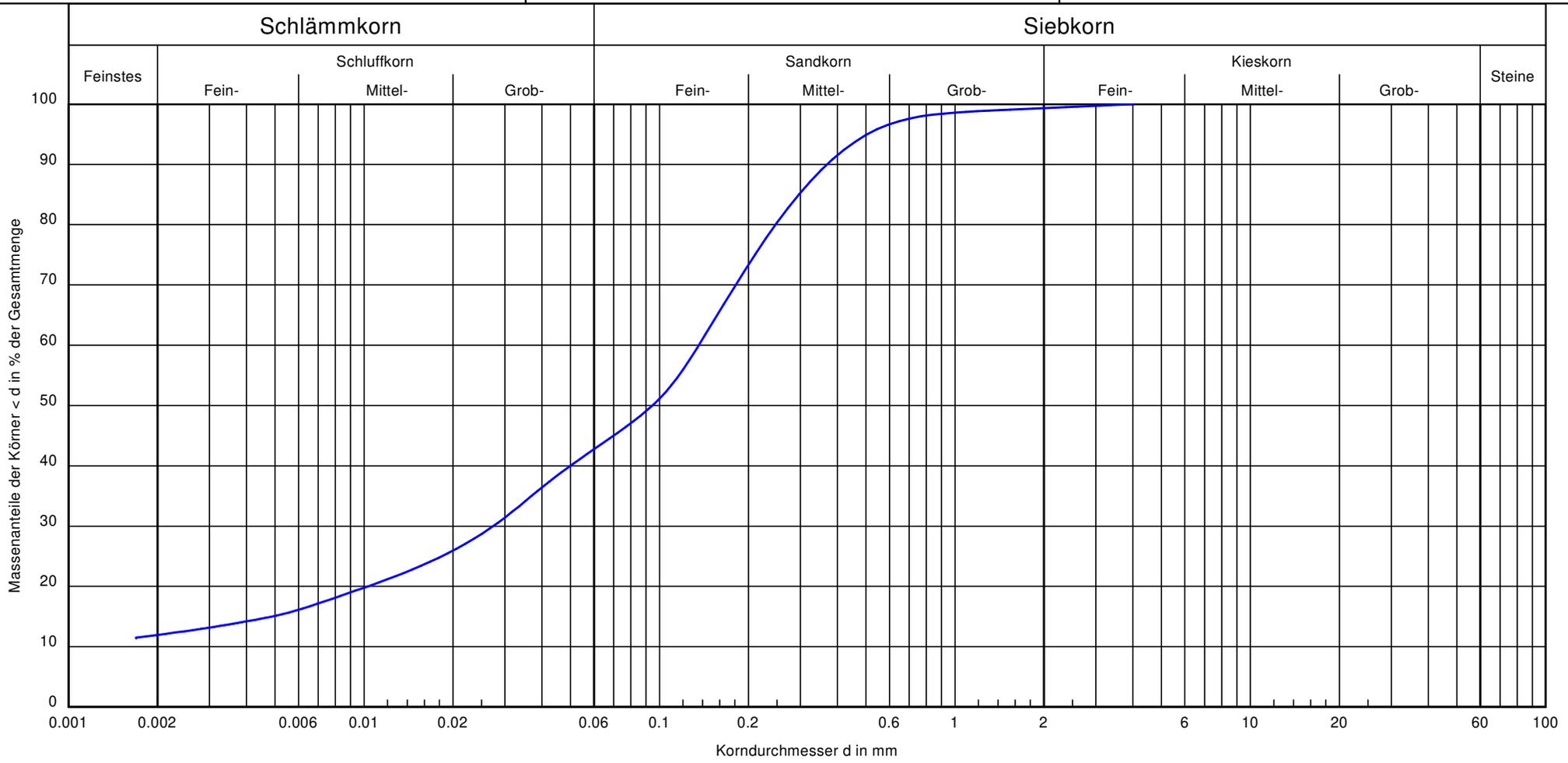
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven

Projekt-Nr.: 2109-4858

Probe entnommen am: 26.-29.10.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlammanalyse



Bezeichnung:	RKS 3	Bemerkungen:	Bericht: 4858 Anlage: 3.3
Bodenart:	S, u, t'		
Tiefe:	3,1-3,6		
U/Cc:	-/-		
k [m/s] (Chitra et al.):	3,7 E-08		
Bodengruppe:	TL		
Frostsicherheit:	F3		

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

Bearbeiter: sr, aw, fr



Datum: 18.11.2021

Körnungslinie

Erschließung B-Plan Nr. 20.4

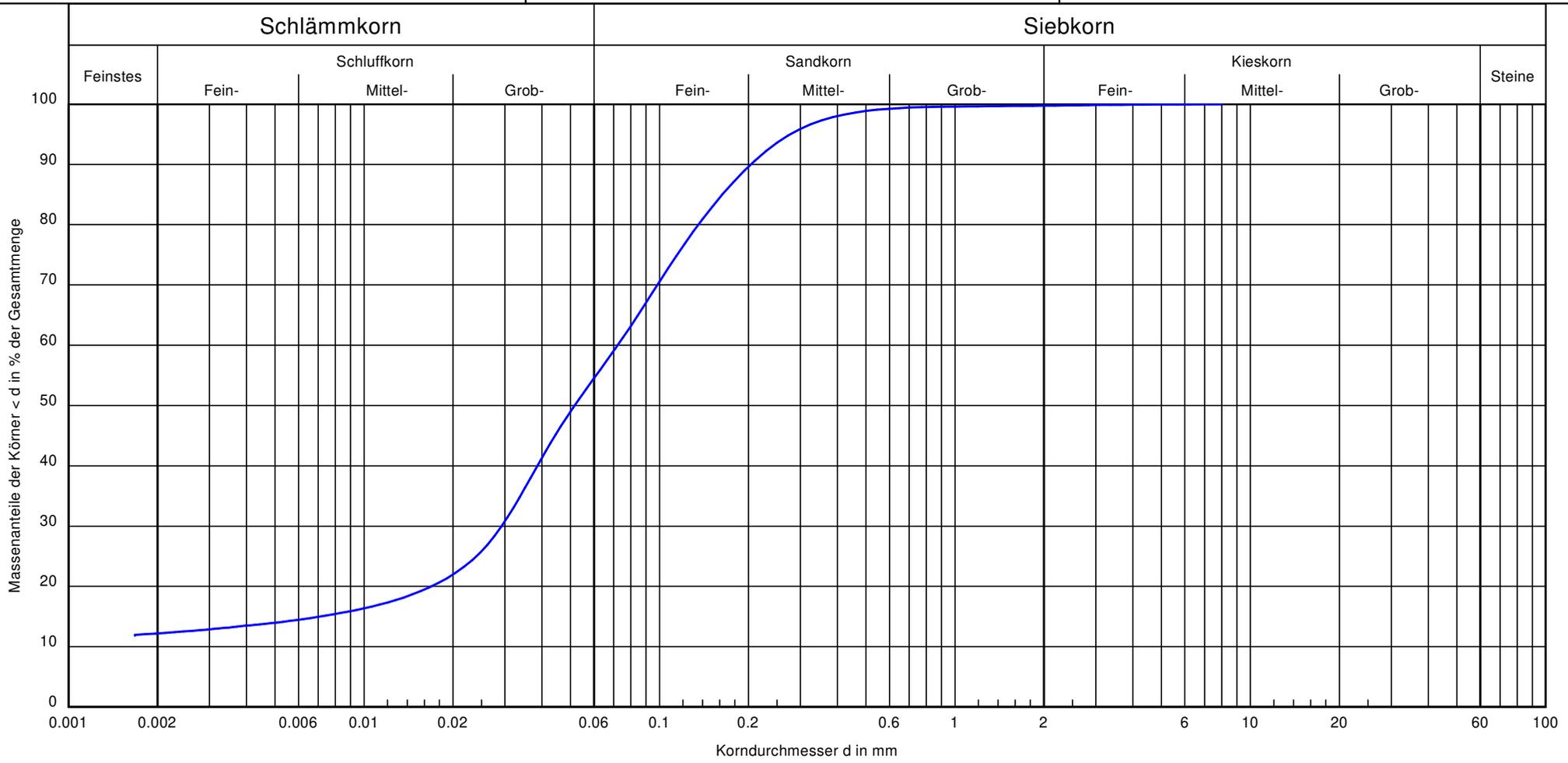
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven

Projekt-Nr.: 2109-4858

Probe entnommen am: 26.-29.10.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlammanalyse



Bezeichnung:	RKS 4	Bemerkungen:	Bericht: 4858 Anlage: 3.4
Bodenart:	U, fs, t', ms'		
Tiefe:	0,8-1,5		
U/Cc:	-/-		
k [m/s] (Bialas):	3,6 E-08		
Bodengruppe:	TL		
Frostsicherheit:	F3		

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

Bearbeiter: sr, aw, fr



Datum: 18.11.2021

Körnungslinie

Erschließung B-Plan Nr. 20.4

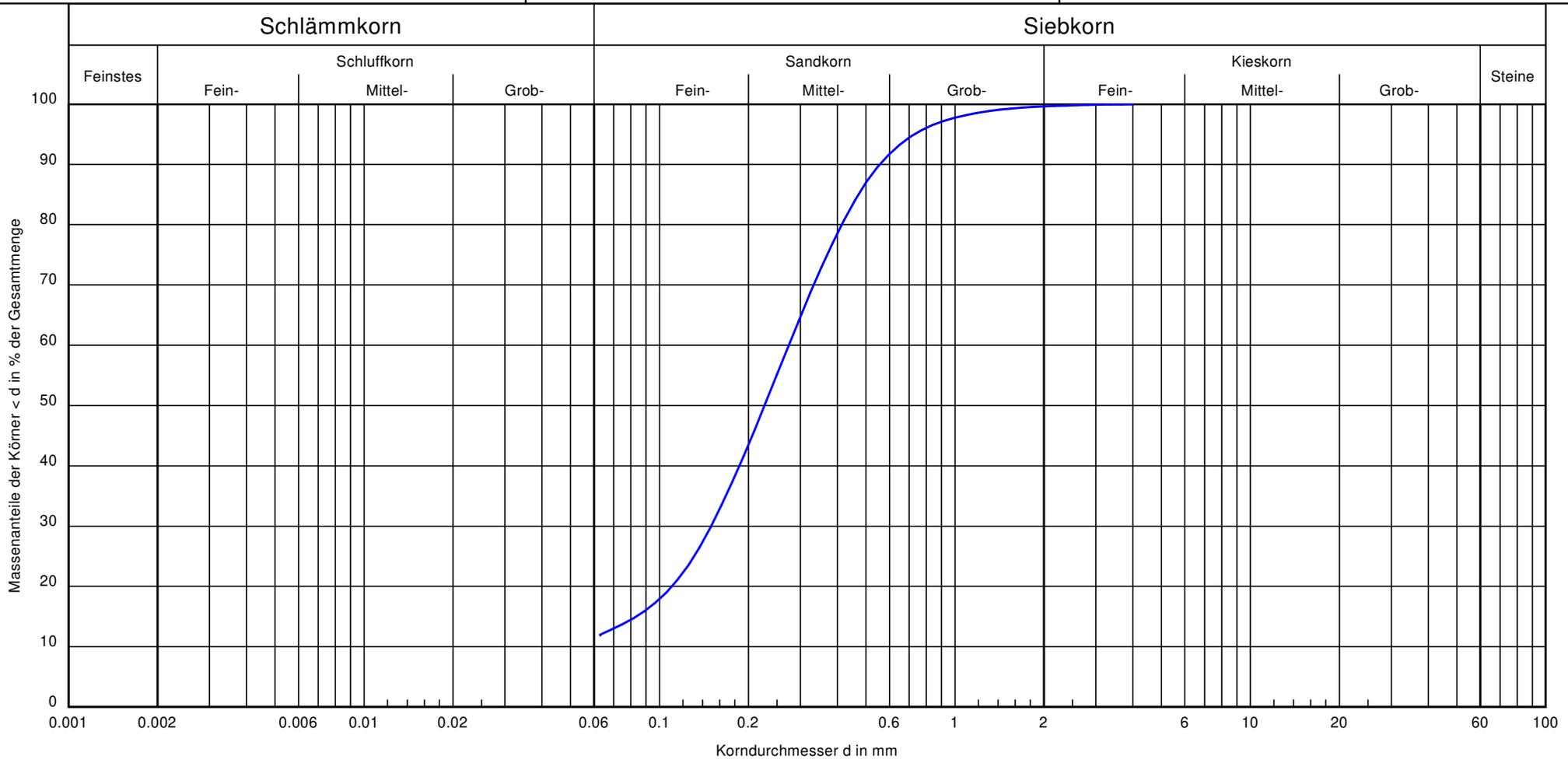
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven

Projekt-Nr.: 2109-4858

Probe entnommen am: 26.-29.10.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Siebanalys



Bezeichnung:	RKS 5	Bemerkungen:	Bericht: 4858 Anlage: 3.5
Bodenart:	mS, fs, u', gs'		
Tiefe:	3,0-5,2		
U/Cc:	-/-		
k [m/s] (Bialas):	2,2 E-05		
Bodengruppe:	SU		
Frostsicherheit:	F2		

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

Bearbeiter: sr, aw, fr



Datum: 18.11.2021

Körnungslinie

Erschließung B-Plan Nr. 20.4

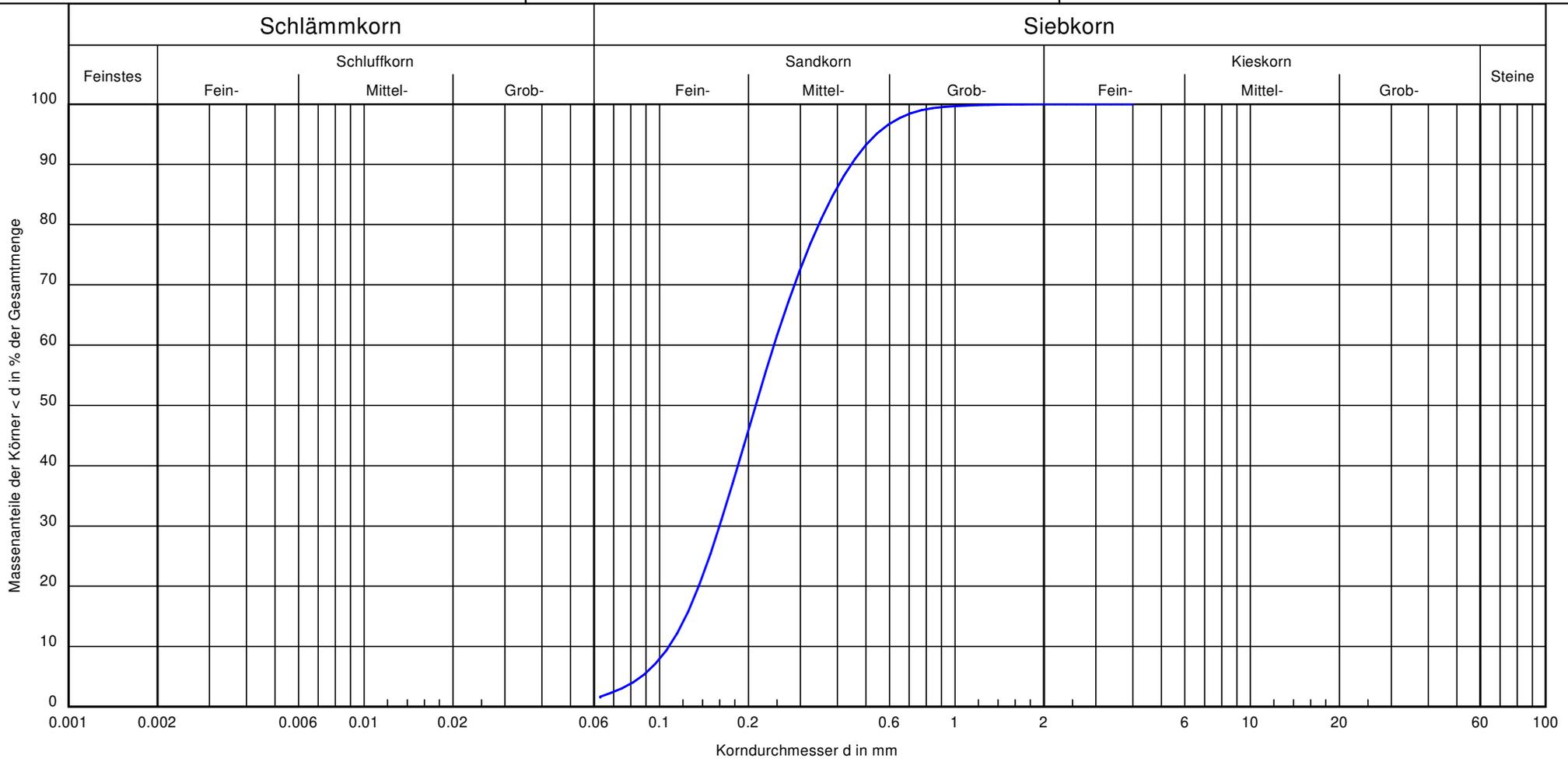
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven

Projekt-Nr.: 2109-4858

Probe entnommen am: 26.-29.10.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Siebanalys



Bezeichnung:	RKS 8	Bemerkungen:	Bericht: 4858 Anlage: 3,6
Bodenart:	fS, mS		
Tiefe:	1,3-3,5		
U/Cc:	2,3/1,0		
k [m/s] (Beyer):	$1.2 \cdot 10^{-4}$		
Bodengruppe:	SE		
Frostsicherheit:	F1		

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

Bearbeiter: sr, aw, fr



Datum: 18.11.2021

Körnungslinie

Erschließung B-Plan Nr. 20.4

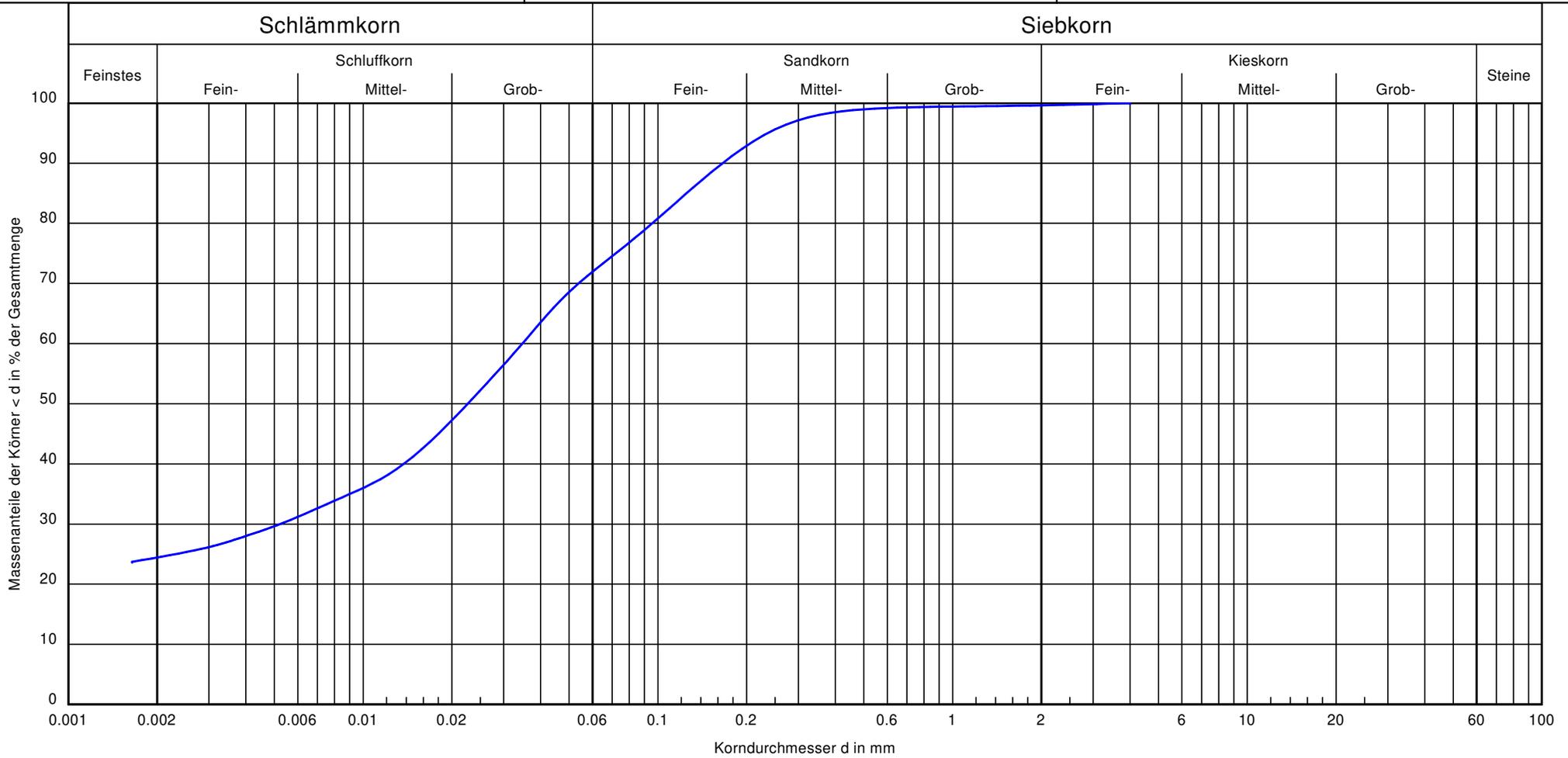
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven

Projekt-Nr.: 2109-4858

Probe entnommen am: 26.-29.10.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlammanalyse



Bezeichnung:	RKS 10
Bodenart:	U, t, fs, ms'
Tiefe:	0,4-1,1
U/Cc:	-/-
k [m/s] (Chitra et al.):	6,6 E-09
Bodengruppe:	TM
Frostsicherheit:	F3

Bemerkungen:

Bericht:
4858
Anlage:
3,7

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

Bearbeiter: sr, aw, fr



Datum: 18.11.2021

Körnungslinie

Erschließung B-Plan Nr. 20.4

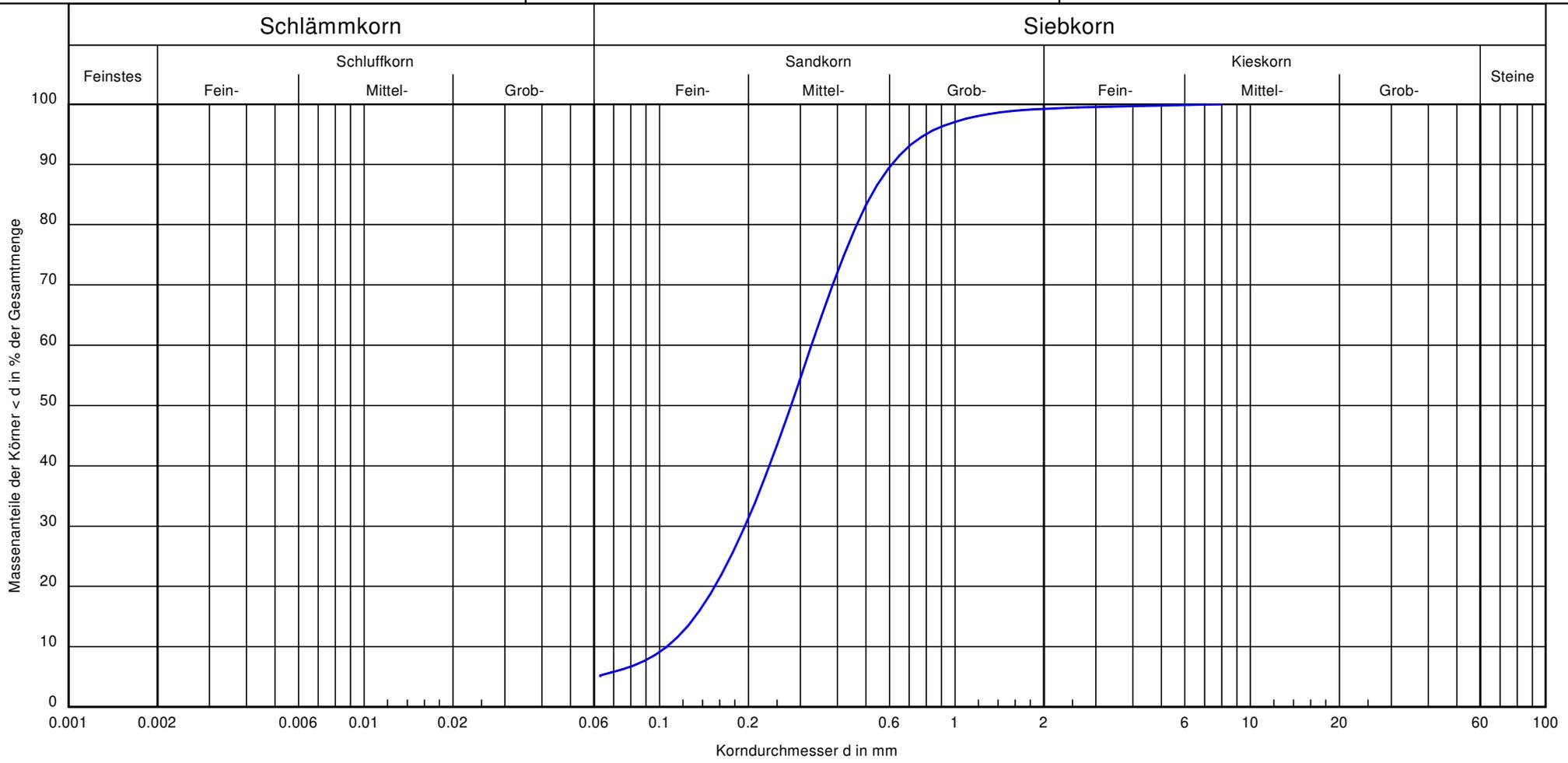
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven

Projekt-Nr.: 2109-4858

Probe entnommen am: 26.-29.10.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Siebanalys



Bezeichnung:	RKS 12	Bemerkungen:	Bericht: 4858 Anlage: 3.8
Bodenart:	mS, fs, u', gs'		
Tiefe:	2,0-3,5		
U/Cc:	3.1/1.1		
k [m/s] (Beyer):	$1.0 \cdot 10^{-4}$		
Bodengruppe:	SU		
Frostsicherheit:	F1		

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

Bearbeiter: sr, aw, fr



Datum: 18.11.2021

Körnungslinie

Erschließung B-Plan Nr. 20.4

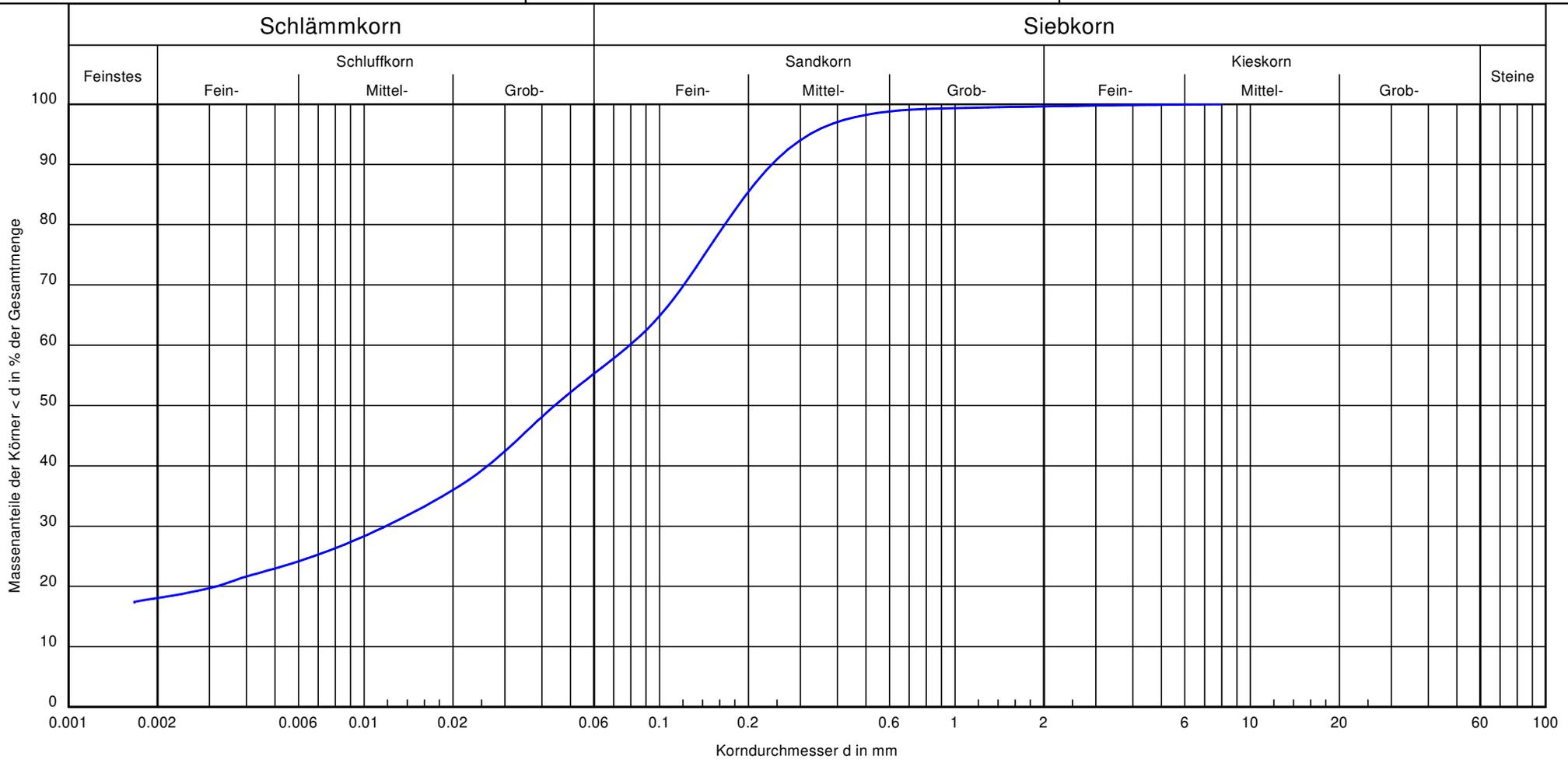
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven

Projekt-Nr.: 2109-4858

Probe entnommen am: 26.-29.10.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlammanalyse



Bezeichnung:	RKS 13	Bemerkungen:	Bericht: 4858 Anlage: 3.9
Bodenart:	S, \bar{u} , t		
Tiefe:	0,4-1,2		
U/Cc:	-/-		
k [m/s] (Chitra et al.):	1,6 E-08		
Bodengruppe:	TL		
Frostsicherheit:	F3		

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

Bearbeiter: sr, aw, fr



Datum: 18.11.2021

Körnungslinie

Erschließung B-Plan Nr. 20.4

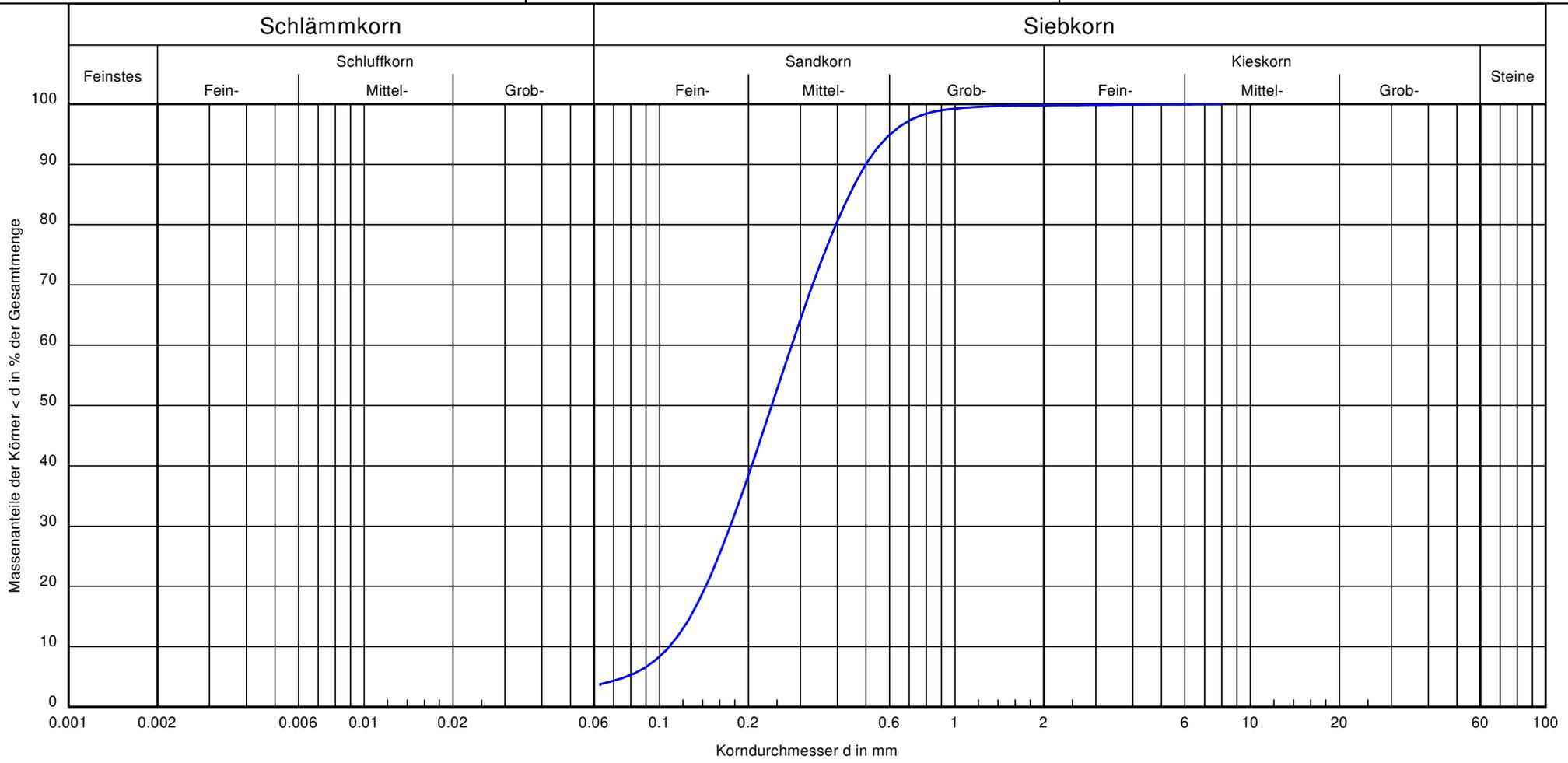
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven

Projekt-Nr.: 2109-4858

Probe entnommen am: 26.-29.10.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Siebanalys



Bezeichnung:	RKS 16	Bemerkungen:	Bericht: 4858 Anlage: 3.10
Bodenart:	mS, fs		
Tiefe:	1,0-2,0		
U/Cc:	2,6/1,0		
k [m/s] (Beyer):	$1.2 \cdot 10^{-4}$		
Bodengruppe:	SE		
Frostsicherheit:	F1		

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

Bearbeiter: sr, aw, fr



Datum: 18.11.2021

Körnungslinie

Erschließung B-Plan Nr. 20.4

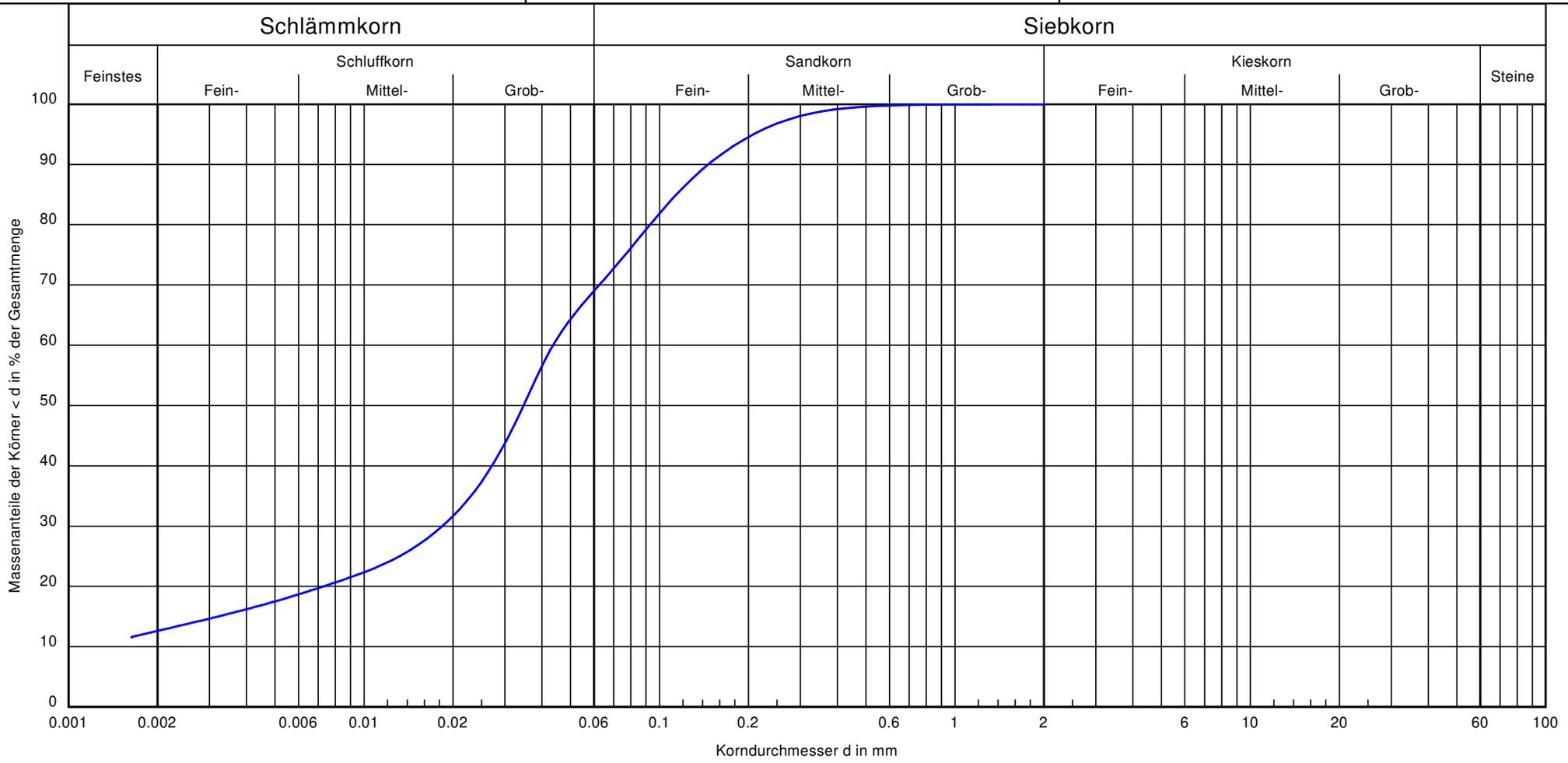
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven

Projekt-Nr.: 2109-4858

Probe entnommen am: 26.-29.10.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlammanalyse



Bezeichnung:	RKS 22	Bemerkungen:	Bericht: 4858 Anlage: 3.11
Bodenart:	U, fs, t', ms'		
Tiefe:	3,2-3,5		
U/Cc:	-/-		
k [m/s] (Chitra et al.):	3,4 E-08		
Bodengruppe:	TM		
Frostsicherheit:	F3		

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

Bearbeiter: sr, aw, fr



Datum: 18.11.2021

Körnungslinie

Erschließung B-Plan Nr. 20.4

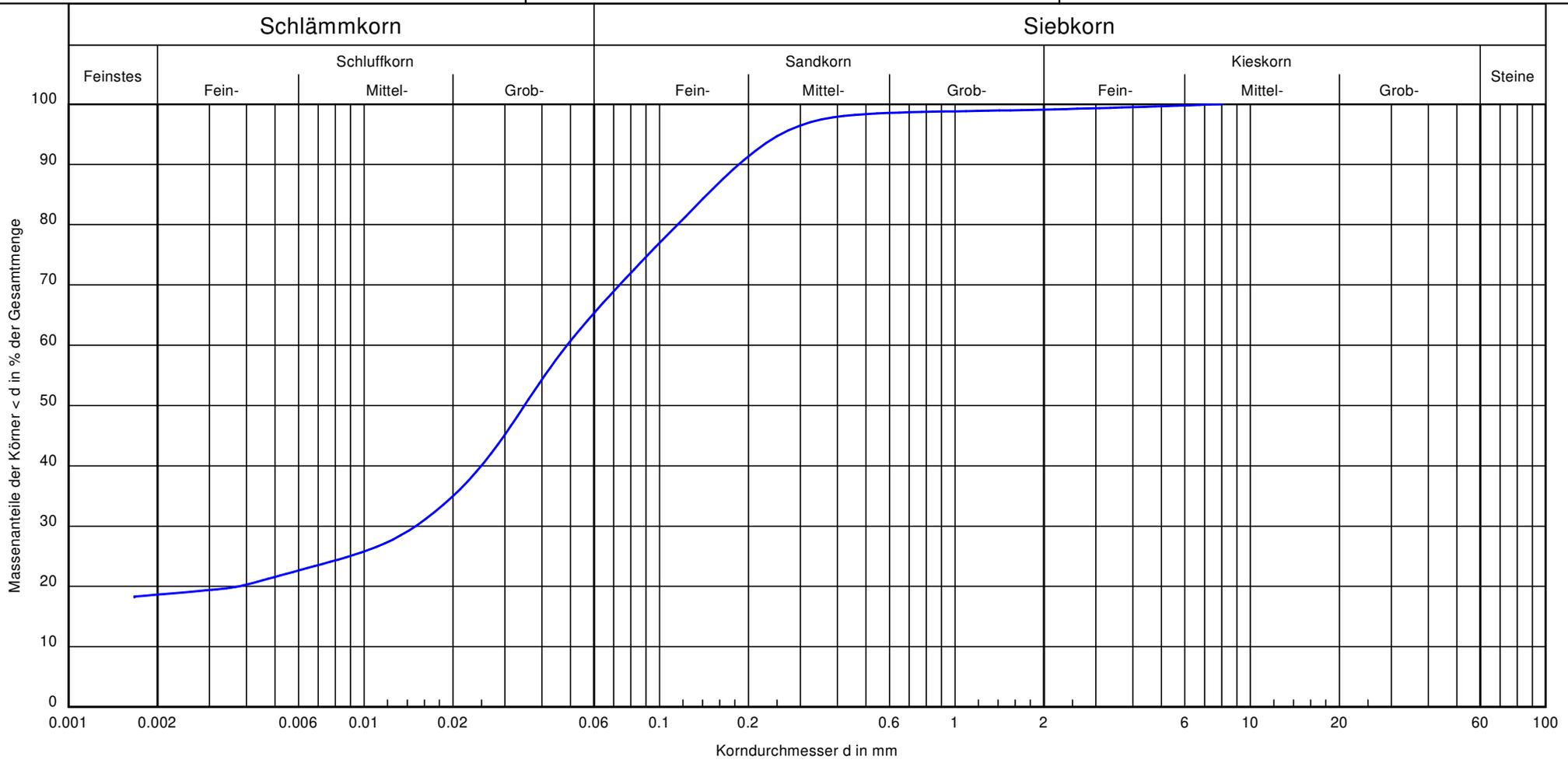
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven

Projekt-Nr.: 2109-4858

Probe entnommen am: 26.-29.10.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlammanalyse



Bezeichnung:	RKS 25	Bemerkungen:	Bericht: 4858 Anlage: 3.12
Bodenart:	U, t, fs, ms'		
Tiefe:	0,3-1,3		
U/Cc:	-/-		
k [m/s] (Chitra et al.):	1,5 E-08		
Bodengruppe:	TM		
Frostsicherheit:	F3		

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

Bearbeiter: sr, aw, fr



Datum: 18.11.2021

Körnungslinie

Erschließung B-Plan Nr. 20.4

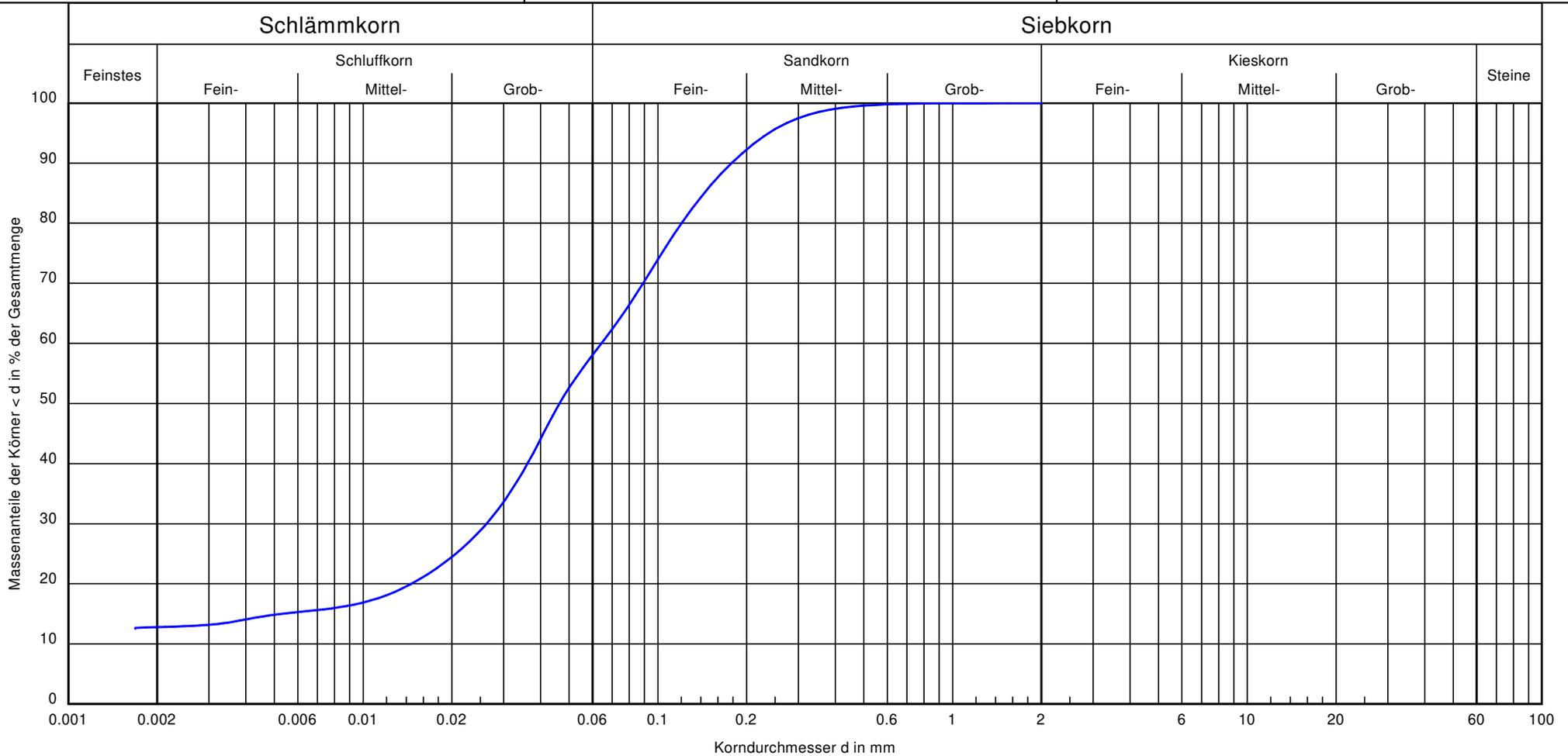
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven

Projekt-Nr.: 2109-4858

Probe entnommen am: 26.-29.10.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlammanalyse



Bezeichnung:	RKS 30
Bodenart:	U, fs, t', ms'
Tiefe:	0,8-1,5
U/Cc:	-/-
k [m/s] (Chitra et al.):	3,3 E-08
Bodengruppe:	TL
Frostsicherheit:	F3

Bemerkungen:

Bericht: 4858
 Anlage: 3.13

Zum Wasserwerk 15
48268 Greven

Tel.: 02571 / 95 28 8-0
Fax: 02571 / 95 28 8-2

Bearbeiter: sr, aw, fr



Datum: 18.11.2021

Körnungslinie

Erschließung B-Plan Nr. 20.4

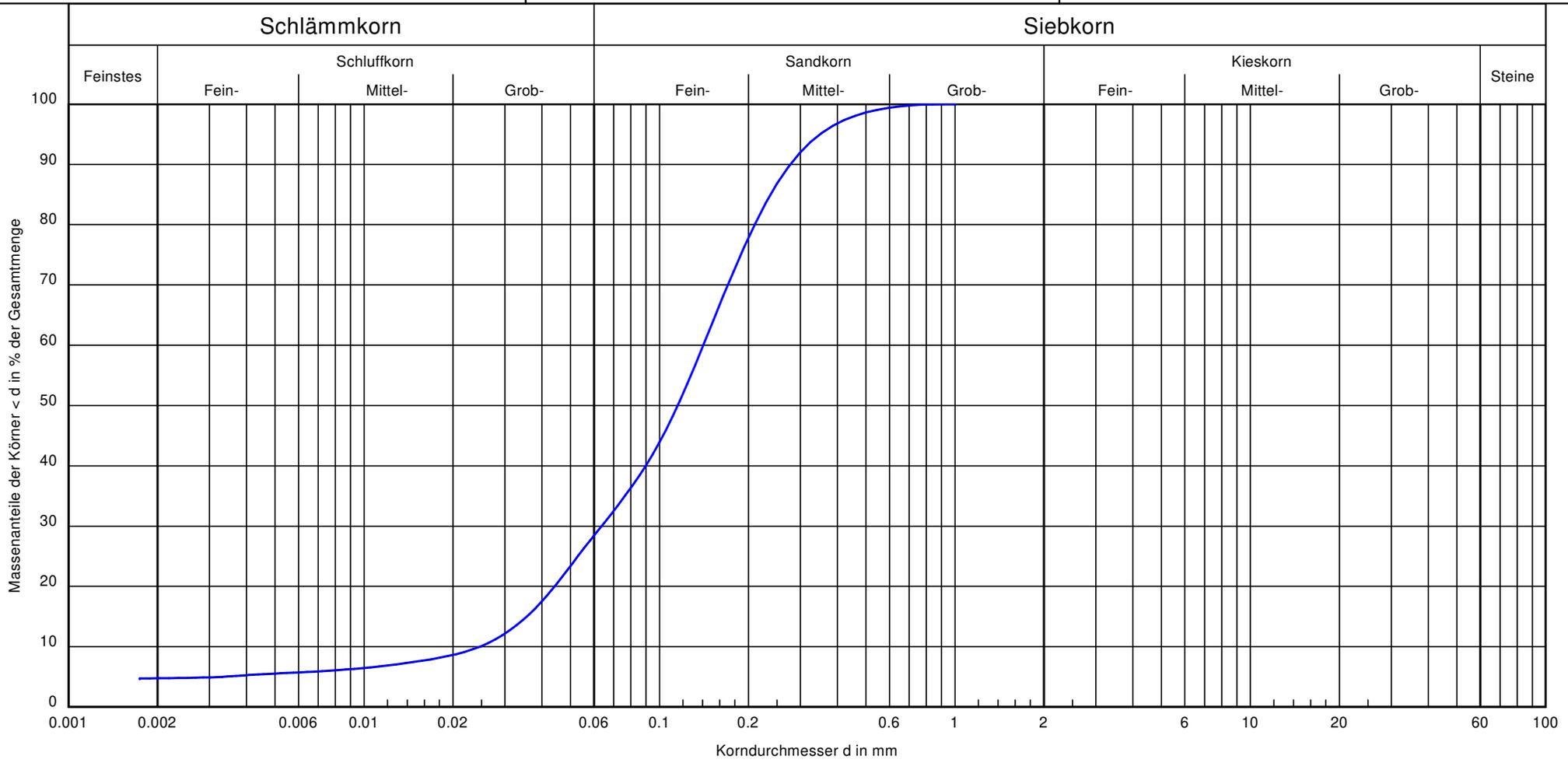
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven

Projekt-Nr.: 2109-4858

Probe entnommen am: 26.-29.10.2021

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlammanalyse



Bezeichnung:	RKS 33	Bemerkungen: rollig bis schwach bindig	Bericht: 4858 Anlage: 3.14
Bodenart:	fS, u, ms		
Tiefe:	0,4-2,0		
U/Cc:	5.7/1.2		
k [m/s] (Robertson & Wride):	2,6 E-06		
Bodengruppe:	ST*		
Frostsicherheit:	F3		

Glühverlust gem. DIN 18 128
Erschließung B-Plan Nr. 20.4
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße"
in 48268 Greven

Bearbeiter: sr, aw, fr

Datum: 18.11.2021

Prüfungsnummer: 2109-4858

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 26.-29.10.2021

Bohrung / Tiefe / Bodenart	RKS 3	3,1-3,6	S, \bar{u} , t'
Probenbezeichnung	1	2	3
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	33.62	33.30	32.07
Geglühte Probe + Behälter [g]	33.01	32.73	31.53
Behälter [g]	17.69	17.71	17.76
Massenverlust [g]	0.61	0.57	0.54
Trockenmasse vor Glühen [g]	15.93	15.59	14.31
Glühverlust [%]	3.83	3.66	3.77
Mittelwert [%]	3.75		

Bohrung / Tiefe / Bodenart	RKS 10	0,4-1,1	U, t, fs, ms'
Probenbezeichnung	1	2	3
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	32.31	32.69	33.29
Geglühte Probe + Behälter [g]	31.67	32.10	32.73
Behälter [g]	16.77	17.10	18.03
Massenverlust [g]	0.64	0.59	0.56
Trockenmasse vor Glühen [g]	15.54	15.59	15.26
Glühverlust [%]	4.12	3.78	3.67
Mittelwert [%]	3.86		

Bohrung / Tiefe / Bodenart	RKS 22	3,0-3,2	U, fs, t', ms'
Probenbezeichnung	1	2	3
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	30.66	32.62	34.17
Geglühte Probe + Behälter [g]	30.13	32.08	33.57
Behälter [g]	17.86	18.36	17.74
Massenverlust [g]	0.53	0.54	0.60
Trockenmasse vor Glühen [g]	12.80	14.26	16.43
Glühverlust [%]	4.14	3.79	3.65
Mittelwert [%]	3.86		

Glühverlust gem. DIN 18 128
Erschließung B-Plan Nr. 20.4
"Gewerbegebiet Gutenbergstraße"
in 48268 Greven

Bearbeiter: sr, aw, fr

Datum: 18.11.2021

Prüfungsnummer: 2109-4858

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 26.-29.10.2021

Bohrung / Tiefe / Bodenart	RKS 25	0,3-1,3	U, t, fs, ms'
Probenbezeichnung	1	2	3
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	34.54	32.81	32.74
Geglühte Probe + Behälter [g]	34.17	32.39	32.37
Behälter [g]	19.14	17.47	18.17
Massenverlust [g]	0.37	0.42	0.37
Trockenmasse vor Glühen [g]	15.40	15.34	14.57
Glühverlust [%]	2.40	2.74	2.54
Mittelwert [%]	2.56		

Bohrung / Tiefe / Bodenart	RKS 28	0,4-1,3	-
Probenbezeichnung	1	2	3
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	34.15	34.03	32.12
Geglühte Probe + Behälter [g]	33.48	33.33	31.49
Behälter [g]	20.27	19.29	18.59
Massenverlust [g]	0.67	0.70	0.63
Trockenmasse vor Glühen [g]	13.88	14.74	13.53
Glühverlust [%]	4.83	4.75	4.66
Mittelwert [%]	4.74		

Bohrung / Tiefe / Bodenart			
Probenbezeichnung			
Ungeglühte Probe + Behälter [g]			
Geglühte Probe + Behälter [g]			
Behälter [g]			
Massenverlust [g]			
Trockenmasse vor Glühen [g]			
Glühverlust [%]			
Mittelwert [%]			

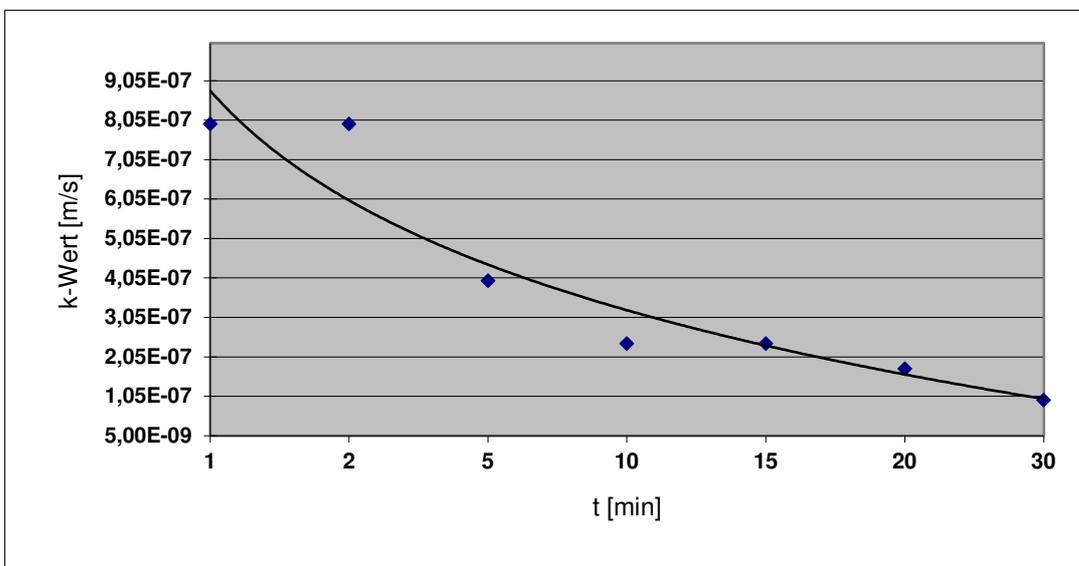
Auffüllversuch mit konstanter Druckhöhe open-end-test gem. USBR

Anlage Nr. 5.1

Projekt:	Erschließung "Gewerbegebiet Gutenbergstr." in 48268 Greven		
Projekt-Nr.:	2109-4858	Meßtrupp:	mb/eh
Versuch-Nr.:	VS 1	Datum:	29.10.2021

Länge Vollrohr [m] :	3
Radius Vollrohr [m] :	0,0254
Versuchstiefe [m]:	2
Bodengruppe:	SU*

t_{\min}	dt_{\min}	Q [ml]	Q [m ³ /h]	k-Wert [m/s]
1	1	20	3,33E-07	7,95E-07
2	1	40	3,33E-07	7,95E-07
5	3	70	1,67E-07	3,98E-07
10	5	100	1,00E-07	2,39E-07
15	5	130	1,00E-07	2,39E-07
20	5	152	7,33E-08	1,75E-07
30	10	176	4,00E-08	9,54E-08



Versuchsergebnis: k_f [m/s] = 9,54E-08
Bemessungs- k_f -Wert gem. ATV-DVWK (01.2002): k_f [m/s] = 1,91E-07

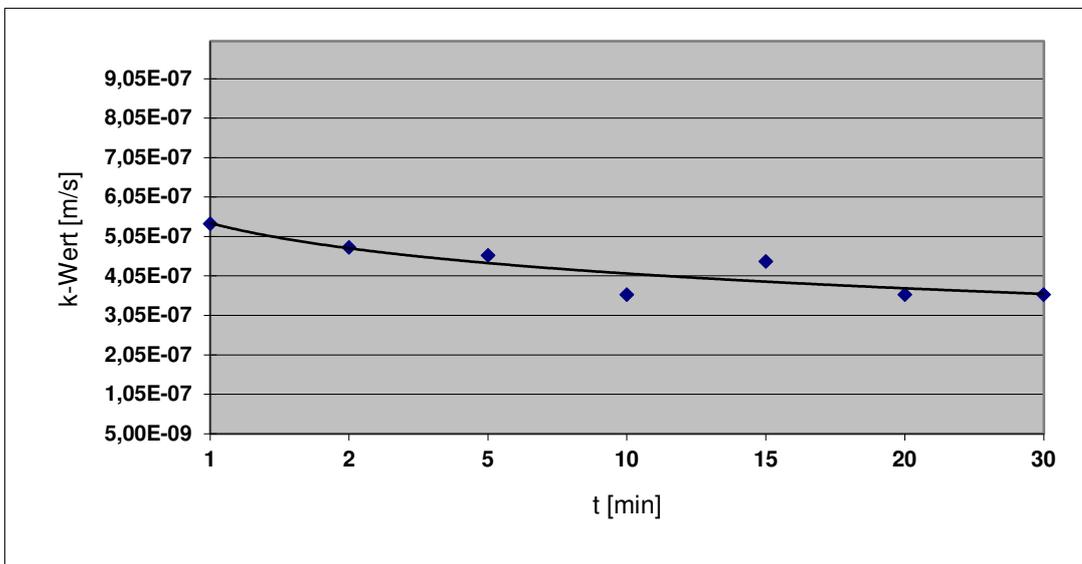
Auffüllversuch mit konstanter Druckhöhe open-end-test gem. USBR

Anlage Nr. 5.2

Projekt:	Erschließung "Gewerbegebiet Gutenbergstr." in 48268 Greven		
Projekt-Nr.:	2109-4858	Meßtrupp:	mb/eh
Versuch-Nr.:	V2	Datum:	29.10.2021

Länge Vollrohr [m] :	2
Radius Vollrohr [m] :	0,0254
Versuchstiefe [m]:	1,9
Bodengruppe:	SU*

t_{\min}	dt_{\min}	Q [ml]	Q [m ³ /h]	k-Wert [m/s]
1	1	9	1,50E-07	5,37E-07
2	1	17	1,33E-07	4,77E-07
5	3	40	1,28E-07	4,57E-07
10	5	70	1,00E-07	3,58E-07
15	5	107	1,23E-07	4,41E-07
20	5	137	1,00E-07	3,58E-07
30	10	197	1,00E-07	3,58E-07



Versuchsergebnis: k_f [m/s] = 3,58E-07
Bemessungs- k_f -Wert gem. ATV-DVWK (01.2002): k_f [m/s] = 7,16E-07

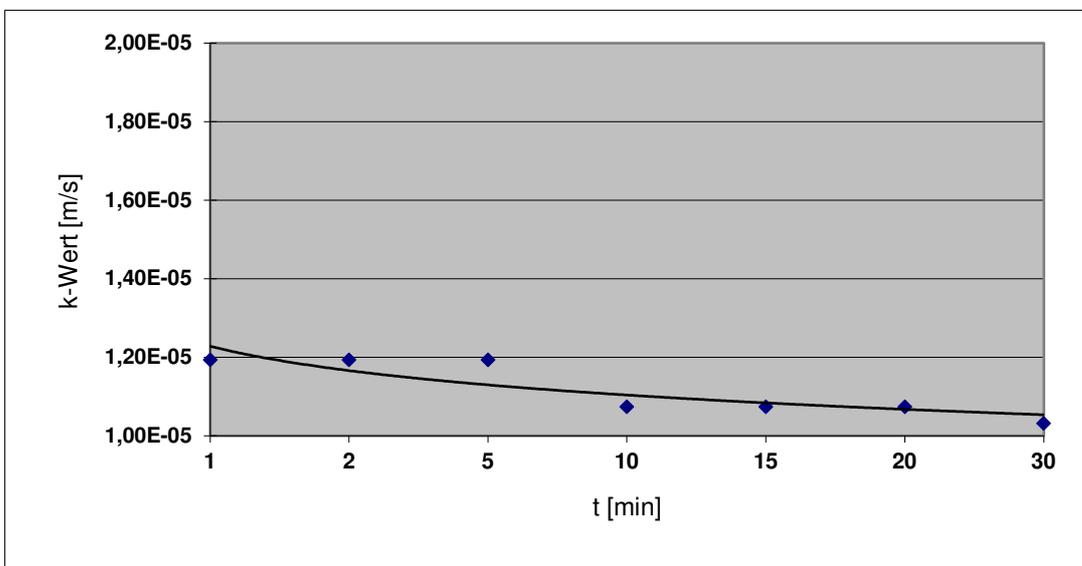
Auffüllversuch mit konstanter Druckhöhe open-end-test gem. USBR

Anlage Nr. 5.3

Projekt:	Erschließung "Gewerbegebiet Gutenbergstr." in 48268 Greven		
Projekt-Nr.:	2109-4858	Meßtrupp:	mb/eh
Versuch-Nr.:	V3	Datum:	29.10.2021

Länge Vollrohr [m] :	1
Radius Vollrohr [m] :	0,0254
Versuchstiefe [m]:	1
Bodengruppe:	SU

t_{\min}	dt_{\min}	Q [ml]	Q [m ³ /h]	k-Wert [m/s]
1	1	100	1,67E-06	1,19E-05
2	1	200	1,67E-06	1,19E-05
5	3	500	1,67E-06	1,19E-05
10	5	950	1,50E-06	1,07E-05
15	5	1400	1,50E-06	1,07E-05
20	5	1850	1,50E-06	1,07E-05
30	10	2715	1,44E-06	1,03E-05



Versuchsergebnis: k_f [m/s] = 1,03E-05
Bemessungs- k_f -Wert gem. ATV-DVWK (01.2002): k_f [m/s] = 2,06E-05

2109-4858 Erschließung "Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven	
Homogenbereich O	Anlage 6.1
Humoser Oberboden (Ackerkrume): A(Mu)	

Nr.	Kennwerte / Eigenschaft	Wert	Einheit
1	Korngrößenverteilung (mit Körnungsbändern)	n.b.	
2a	Anteil Steine, D > 63 mm	< 5	%
2b	Anteil Blöcke, D > 200 mm	0	%
2c	Anteil Blöcke, D > 630 mm	0	%
3	mineralogische Zusammensetzung der Steine u. Blöcke	n.e.	
4	Dichte ρ	1,80-1,85	g/cm ³
5	Kohäsion c'	/	kN/m ²
6	undränierete Scherfestigkeit c_u	/	kN/m ²
7	Sensitivität S	n.b.	
8	Wassergehalt w_n	5-15	%
9	Konsistenz	/	
10	Konsistenzzahl I_c	/	
11	Plastizität	/	
12	Plastizitätszahl I_p	/	%
13	Durchlässigkeit k	$1 \cdot 10^{-07}$ bis $1 \cdot 10^{-05}$	m/s
14	Lagerungsdichte D	0,15-0,30	
15	Kalkgehalt	n.b.	%
16	Sulfatgehalt	n.b.	%
17	Organischer Anteil V_{gl}	5-10	%
18	Benennung und Beschreibung organischer Böden	humos	
19	Abrasivität	nicht abrasiv	
20	Bodengruppe gem. DIN 18196	OH / OU	
21	ergänzend ortsübliche Bezeichnung	Humoser Oberboden	
n.b. = nicht bestimmt n.e. = nicht erforderlich			

2109-4858 Erschließung "Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven	
Homogenbereich A	Anlage 6.2
Anthropogene Auffüllungen: A (...)	

Nr.	Kennwerte / Eigenschaft	Wert	Einheit
1	Korngrößenverteilung (mit Körnungsbändern)	n.b.	
2a	Anteil Steine, D > 63 mm	5-20	%
2b	Anteil Blöcke, D > 200 mm	< 5	%
2c	Anteil Blöcke, D > 630 mm	< 5	%
3	mineralogische Zusammensetzung der Steine u. Blöcke	RC (Bs, Zb); Ust, Tst, Kst	
4	Dichte ρ	1,80-1,90	g/cm ³
5	Kohäsion c'	/	kN/m ²
6	undränierete Scherfestigkeit c_u	/	kN/m ²
7	Sensitivität S	n.b.	
8	Wassergehalt w_n	5-10	%
9	Konsistenz	/	
10	Konsistenzzahl I_c	/	
11	Plastizität	/	
12	Plastizitätszahl I_p	/	%
13	Durchlässigkeit k	$1 \cdot 10^{-07}$ bis $1 \cdot 10^{-04}$	m/s
14	Lagerungsdichte D	0,2-0,5	
15	Kalkgehalt	n.b.	%
16	Sulfatgehalt	n.b.	%
17	Organischer Anteil V_{gl}	0-5	%
18	Benennung und Beschreibung organischer Böden	/	
19	Abrasivität	kaum abrasiv bis abrasiv	
20	Bodengruppe gem. DIN 18196	A[SU/GU/SU*/OH] ¹⁾	
21	ergänzend ortsübliche Bezeichnung	Auffüllungen, sandig-lehmig-steinig	
n.b. = nicht bestimmt n.e. = nicht erforderlich * Anthropogene Auffüllungen sind inhomogen; weitere Bodengruppen können lokal auftreten			

2109-4858 Erschließung "Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven	
Homogenbereich B1	Anlage 6.3
Terrassensande: fs/mS/S, ...(u')	

Nr.	Kennwerte / Eigenschaft	Wert	Einheit
1	Korngrößenverteilung (mit Körnungsbändern)	vgl. Anl. 3.2, 3.5, 3.6, 3.8 u. 3.10	
2a	Anteil Steine, D > 63 mm	< 5	%
2b	Anteil Blöcke, D > 200 mm	< 5	%
2c	Anteil Blöcke, D > 630 mm	< 5	%
3	mineralogische Zusammensetzung der Steine u. Blöcke	/	
4	Dichte ρ	1,75-1,90	g/cm ³
5	Kohäsion c'	/	kN/m ²
6	undränierete Scherfestigkeit c_u	/	kN/m ²
7	Sensitivität S	n.b.	
8	Wassergehalt w_n	2-20	%
9	Konsistenz	/	
10	Konsistenzzahl I_c	/	
11	Plastizität	/	
12	Plastizitätszahl I_p	/	%
13	Durchlässigkeit k	$1 \cdot 10^{-05}$ bis $2 \cdot 10^{-04}$	m/s
14	Lagerungsdichte D	0,2-0,7	
15	Kalkgehalt	n.b.	%
16	Sulfatgehalt	n.b.	%
17	Organischer Anteil V_{gl}	0-2	%
18	Benennung und Beschreibung organischer Böden	/	
19	Abrasivität	kaum abrasiv bis abrasiv	
20	Bodengruppe gem. DIN 18196	SE/SU	
21	ergänzend ortsübliche Bezeichnung	Sand	
n.b. = nicht bestimmt n.e. = nicht erforderlich			

2109-4858 Erschließung "Gewerbegebiet Gutenbergstraße" in 48268 Greven	
Homogenbereich B2	Anlage 6.4
Terrassenlehme: fS/mS/S,u-u* .../U, ...	

Nr.	Kennwerte / Eigenschaft	Wert	Einheit
1	Korngrößenverteilung (mit Körnungsbändern)	vgl. Anl. 3.1, 3.3, 3.4, 3.7, 3.9 u. 3.11-3.14	
2a	Anteil Steine, D > 63 mm	< 5	%
2b	Anteil Blöcke, D > 200 mm	< 5	%
2c	Anteil Blöcke, D > 630 mm	< 5	%
3	mineralogische Zusammensetzung der Steine u. Blöcke	/	
4	Dichte ρ	1,85-2,00	g/cm ³
5	Kohäsion c'	5-30	kN/m ²
6	undränierete Scherfestigkeit c_u	70-160	kN/m ²
7	Sensitivität S	< 2	
8	Wassergehalt w_n	9-25	%
9	Konsistenz	weich-steif bis steif	
10	Konsistenzzahl I_c	0,75-0,95	
11	Plastizität	sehr gering bis ausgeprägt plastisch	
12	Plastizitätszahl I_p	6-29	%
13	Durchlässigkeit k	$1 \cdot 10^{-09}$ bis $3 \cdot 10^{-06}$	m/s
14	Lagerungsdichte D	/	
15	Kalkgehalt	n.b.	%
16	Sulfatgehalt	n.b.	%
17	Organischer Anteil V_{gl}	0-2	%
18	Benennung und Beschreibung organischer Böden	/	
19	Abrasivität	nicht abrasiv	
20	Bodengruppe gem. DIN 18196	TL/TM/TA/SU*	
21	ergänzend ortsübliche Bezeichnung	lehmiger Sand, Lehm, toniger Lehm	
n.b. = nicht bestimmt n.e. = nicht erforderlich			