

**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:** Bebauungsplan BP 323 Laer Nord Teil II  
"Nördlich Eichenweg"

Eichenweg / Waldstraße  
in 49196 Bad Laer

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

**Projekt-Nr.:** 2304-5961

**OWS Ingenieurgeologen  
GmbH & Co. KG**  
Amtsgericht Steinfurt  
HRA 5320  
Steuernummer  
327/5890/3240

**Sachbearbeiter:** Dipl.-Geol. Sascha Schweins

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

**Bauherr:** Wohnpark Rehmseder Esch GmbH  
Riedemannstraße 5, 49740 Haselünne

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

**Planer:** IPS Immobilienportal Sandhaus GmbH  
Neustadtstraße 20, 49740 Haselünne

**Bankverbindungen**  
Deutsche Bank Osnabrück  
IBAN: DE27 2657 0024 0058 5000 00  
BIC: DEUT DE DB265

**Datum:** 12. Mai 2023

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

## Vorliegende Unterlagen

- Nr. 1:** Lageplan, Maßstab 1 : 1 000
- Nr. 2:** Kabel- und Leitungspläne der örtlichen Versorger,  
Maßstab 1 : 500 / 750 / 1 000
- Nr. 3:** 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 : 1 000
- Nr. 2:** Schichtenprofile gem. DIN 4023 und Rammdiagramme gem.  
DIN EN ISO 22476-2, Höhenmaßstab 1 : 50 (Anl. 2.1- 2.3)
- Nr. 3:** Körnungslinien gem. DIN EN ISO 17892-4 (Anl. 3.1 - 3.10)
- Nr. 4:** Glühverlustbestimmung gem. DIN 18128
- Nr. 5:** Charakteristische Bodenkennwerte der Homogenbereiche  
(Anl. 5.1 - 5.5)

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1.0 Einleitung .....</b>                                                       | <b>5</b>  |
| <b>2.0 Untersuchungsumfang .....</b>                                              | <b>7</b>  |
| <b>3.0 Baugrund- und Grundwasserverhältnisse .....</b>                            | <b>8</b>  |
| 3.1 Allgemeines .....                                                             | 8         |
| 3.2 Schichtenfolge .....                                                          | 9         |
| 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 .....                                         | 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        |
| <b>4.0 Bau- und Gründungstechnische Maßnahmen .....</b>                           | <b>17</b> |
| 4.1 Bauzeitliche Wasserhaltung .....                                              | 17        |
| 4.1.1 Nicht unterkellerte Bauwerke .....                                          | 17        |
| 4.1.2 Unterkellerte Bauwerke .....                                                | 18        |
| 4.2 Schutz der Bauwerke vor Vernässung .....                                      | 18        |
| 4.3 Tragfähigkeit des Baugrundes / Gründungskonzept .....                         | 20        |
| 4.3.1 Behandlung des humosen Oberbodens .....                                     | 20        |
| 4.3.2 Bauwerksgründung .....                                                      | 21        |
| 4.3.2.1 Nicht unterkellerte Bauteile .....                                        | 21        |
| 4.3.2.2 Unterkellerte Bauteile .....                                              | 23        |
| 4.3.4 Angaben zum Erdplanum / zu Abtragsplanien .....                             | 24        |
| 4.4 Verwendung des Bodenaushubs aus bodenmechanischer Sicht .....                 | 25        |
| 4.5 Baugruben- und Bestandssicherung .....                                        | 26        |
| 4.5.1 Baugrubensicherung .....                                                    | 26        |
| 4.5.2 Aushubbegrenzungen in der Nähe von Bestandsgebäuden<br>und -bauwerken ..... | 27        |

|                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.6 Gründungsart und Belastung des Baugrundes.....                           | 28        |
| 4.6.1 Nicht unterkellerte Gebäude.....                                       | 28        |
| 4.6.2 Unterkellertes Gebäude .....                                           | 30        |
| 4.7 Setzungsverhalten .....                                                  | 31        |
| <b>5.0 Kanalbau .....</b>                                                    | <b>31</b> |
| 5.1 Behandlung des humosen Oberbodens .....                                  | 32        |
| 5.2 Bauzeitliche Wasserhaltung .....                                         | 32        |
| 5.3 Sicherung der Kanalgräben .....                                          | 33        |
| 5.4 Stabilisierung der Kanalgrabensohle, Rohrauf Lagerung.....               | 35        |
| 5.4.1 Gründungsplanum.....                                                   | 35        |
| 5.4.2 Rohrbettung .....                                                      | 35        |
| 5.5 Grabenverfüllung und Wiedereinbaufähigkeit der Aushubböden.....          | 37        |
| <b>6.0 Straßenbau.....</b>                                                   | <b>40</b> |
| 6.1 Belastungsklassen.....                                                   | 40        |
| 6.2 Frostsicherer Gesamtaufbau .....                                         | 40        |
| 6.3 Erdplanum .....                                                          | 41        |
| 6.3.1 Tragfähigkeit .....                                                    | 41        |
| 6.3.2 Bauzeitliche Wasserhaltung .....                                       | 45        |
| 6.3.3 Oberbau / Frostschutz- und Tragschicht .....                           | 45        |
| 6.4 Besondere Hinweise.....                                                  | 46        |
| <b>7.0 Versickerung des anfallenden Regenwassers auf dem Baugelände.....</b> | <b>46</b> |
| 7.1 Grundlage zur Beurteilung.....                                           | 46        |
| 7.2 Bestimmung der Durchlässigkeit aus Laborversuchen.....                   | 47        |
| 7.3 Beurteilung des Grundwasserflurabstandes .....                           | 48        |
| 7.4 Fazit.....                                                               | 49        |
| <b>8.0 Baugrubenabnahme und Verdichtungsüberprüfung .....</b>                | <b>51</b> |
| <b>9.0 Weitere Angaben und Schlusswort.....</b>                              | <b>52</b> |

## **1.0 Einleitung**

Die IPS Immobilienportal Sandhaus GmbH plant für die Wohnpark Rehmseder Esch GmbH die Erschließung des Neubaugebietes Bebauungsplan BP 323 Laer Nord Teil II, "Nördlich Eichenweg" in 49196 Bad Laer.

Die OWS Ingenieurgeologen wurden vom Planer im Namen des Bauherrn beauftragt, Baugrunduntersuchungen im Bereich des Plangebietes durchzuführen und das vorliegende Baugrundgutachten auszuarbeiten. Auftragsgrundlage ist das Angebot A2303-5704 vom 30.03.2023.

Angaben zu den geplanten Ausbauhöhen innerhalb des Plangebietes (Gebäude, Straßen- und Kanalbau, Geländeoberkanten) sind den derzeit vorliegenden Planunterlagen nicht zu entnehmen. Es wird daher zunächst davon ausgegangen, dass die natürlichen Geländehöhen in etwa beibehalten werden.

Bei den Sondierbohrungen wurde oberflächlich zunächst humoser Oberboden bis in Tiefen von ca. 0,3 m bis ca. 0,5 m unter aktueller GOK angetroffen, der zu Beginn der Erdarbeiten im Bereich der Planstraßen und geplanten Gebäude bis auf die darunterliegenden, nicht mehr humosen Böden abzuschieben ist. Die eingemessenen Geländeoberkanten der Anlagen 2.1 bis 2.3 werden daher abzüglich dem jeweils entsprechenden Bodenabtrag der humosen Böden für die weiteren Ausführungen als Planhöhe "OK Erdplanum" für die geplanten Straßenbaumaßnahmen angesetzt. Angaben zum geplanten Aufbau und der zu erwartenden Belastungen der Planstraßen liegen nicht vor. Aufgrund der geplanten Erschließungsmaßnahme für ein künftiges Wohngebiet wird für die weiteren Ausführungen davon ausgegangen, dass Asphaltstraßen vorgesehen sind, die planerisch der Belastungsklasse Bk1,0 (Wohnstraße) gem. RStO 12 zugeordnet werden können.

Für die künftigen Höhen "Oberkante Fertigfußboden Erdgeschoss" (OKFF EG) der geplanten Wohnhäuser wird zunächst davon ausgegangen, dass diese ca. 0,2 m oberhalb der aktuellen mittleren Geländeoberkante im Bereich des jeweiligen Gebäudegrundrisses liegen werden. Nach Mitteilung des Planers soll das westlichste Gebäude mit einer Tiefgarage unterkellert werden, die übrigen sechs Häuser sind in nicht unterkellelter Bauweise geplant. Die Gründungsebenen der Fundamente der nicht unterkellerten Gebäude werden frostfrei, ca. 1,0 m tiefer als die jeweilige OKFF EG angenommen (vgl. Anl. 2.1 und 2.2). Die Unterkante der Kellersohlplatte der Tiefgarage wird ca. 3,0 m tiefer als die OKFF EG angenommen (vgl. Anl. 2.3).

Für den Kanalbau wird zunächst davon ausgegangen, dass die Kanäle in offener Bauweise verlegt werden. Zudem wird angenommen, dass die Entwässerung des Kanalsystems nach der Morphologie des Plangebiets in Richtung Westen bzw. Süden in Richtung des Eichenwegs erfolgt. Die geplanten Ausbauhöhen der Kanäle sowie Angaben zu den geplanten Rohrdurchmessern des künftigen Kanalsystems liegen dem Gutachter aktuell nicht vor. Für die weiteren Ausführungen wird die Sohle der Kanäle ca. 1,0 m - 3,0 m tiefer als die jeweils aktuelle GOK angenommen.

Im Plangebietsbereich soll das anfallende Niederschlags- bzw. Oberflächenwasser versickert werden. Daher wurden die OWS Ingenieurgeologen beauftragt, Angaben zu den Grundwasserständen sowie zur Durchlässigkeit der anstehenden Böden hinsichtlich ihrer Versickerungsfähigkeit zu machen.

Die angenommenen Gründungsebenen bzw. Ausbauhöhen sind Grundlage der weiteren Ausführungen. Konstruktionspläne und Angaben über ankommende Bauwerks- und Verkehrslasten liegen dem Gutachter nicht vor.

## **2.0 Untersuchungsumfang**

Zur Erschließung der Baugrundverhältnisse und zur Ermittlung der Tragfähigkeit des Baugrundes wurden in der Zeit vom 26.04.2023 bis 28.04.2023 im Bereich der geplanten Erschließung insgesamt sechzehn Rammkernsondierbohrungen (RKS 1 bis RKS 16, Bohrungen RKS gem. DIN EN ISO 22475-1) und sieben mittelschwere Rammsondierungen (DPM 1 bis DPM 7, Sonde DPM gem. DIN EN ISO 22476-2) niedergebracht.

Die Lage der Bodenaufschluss- bzw. Untersuchungspunkte 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 2.3 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 und der Humusgehalt mittels Glühverlustbestimmung gem. DIN 18128 ermittelt. Die Ergebnisse der Laborversuche sind als Anlagen 3 und 4 beigelegt.

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.

Aus der Bohrung RKS 13 wurde eine Grundwasserprobe entnommen und eine chemische Analyse bzgl. der Beton- und Stahlaggressivität gem. DIN 4030 und DIN 50929 durchgeführt. Das Ergebnis der chemischen Untersuchung liegt zurzeit noch nicht vor und wird zu einem späteren Zeitpunkt nachgereicht.

### **3.0 Baugrund- und Grundwasserverhältnisse**

#### **3.1 Allgemeines**

Das Plangebiet befindet sich im Norden von Bad Laer, im Ortsteil Laer zwischen den Bestandsstraßen "Eschenweg" im Norden, "Waldstraße" im Osten, "Eichenweg" im Süden und der "Remseder Straße" im Westen.

Das Baugelände ist derzeit eine Brachfläche und fällt in Richtung Westen und leicht in Richtung Süden ab. Nach dem Höhennivellement der Sondieransatzpunkte liegt zwischen den Aufschlusspunkten eine max. Höhendifferenz von ca. 6,2 m vor.

Als Bezugspunkt (BZP) für das Höhennivellement der Sondieransatzpunkte wurde der im Lageplan (vgl. Anl. 1.2) eingezeichnete Kanaldeckel (KD.) mit der angegebenen Höhe von 100,90 mNHN gewählt.

Danach liegt das Untersuchungsgelände zwischen ca. 4,4 m tiefer und ca. 1,7 m höher als der Bezugspunkt.

### 3.2 Schichtenfolge

Nach den Daten der Geologischen Karte im Maßstab 1 : 25 000 (GK25) des Internet-auskunftssystems NIBIS® Kartenserver, zur Verfügung gestellt vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), ist im Bereich des Untersuchungsgrundstückes mit dem Auftreten von mittelpleistozänen Grundmoränenablagerungen in Form von Geschiebelehm und Geschiebesand sowie kreidezeitlichem Kalkmergel zu rechnen.

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

**bis 0,3/0,5 m unter GOK:**

**Humoser Oberboden, anthropogen beeinflusst**

**bis ca. 1,0/4,5 m unter GOK bzw.  
bis zur max. Aufschlusstiefe  
von ca. 5,6/6,0 m unter GOK:**

**Grundmoränenablagerungen (Mittelpleistozän)**

Die Grundmoränenablagerungen stehen in Form von Geschiebesand sowie Geschiebelehm an.

Geschiebesand: Fein- und Mittelsande in variierenden Zusammensetzungen, überwiegend schwach schluffig bis schluffig und teilweise schwach tonig bis tonig, schwach grobsandig und schwach steinig, ggf. mit Findlingen in Blockgröße (verwitterte Grundmoräne). Der Geschiebesand ist erdfeucht bis Grundwasserführend, im Grundwasserbereich fließfähig und locker bis mitteldicht gelagert.

Geschiebelehm: inhomogene Gemische aus Ton, Schluff, Sand und Steinen, ggf. mit Findlingen in Blockgröße (verwitterte Grundmoräne). Der Geschiebelehm ist erdfeucht bis wassergesättigt und zunächst steifplastisch, örtlich auch weich- bis steifplastisch, zur Tiefe hin erdfeucht bis trocken und von steifplastischer bis halbfester Konsistenz.

**bis zur max. Aufschlusstiefe  
von ca. 1,4/5,2 m unter GOK:**  
(nicht in RKS 7, 9 und 10 angetroffen)

**Kalkmergel (Oberkreide)**

Der Kalkmergel ist stark verwittert, erdfeucht bis trocken und steifplastisch bis halbfest. Zur Tiefe hin nimmt der Verwitterungsgrad erfahrungsgemäß ab und der Kalkmergel ist dann halbfest bis fest.

Die Aufschlussbohrungen wurden bei Erreichen der anvisierten Aufschlusstiefe bzw. bei Erreichen der maximalen Geräteauslastung und des dann fehlenden Bohrfortschritts im halbfesten Geschiebelehm bzw. Kalkmergel eingestellt.

### 3.3 Grundwasser

Grundwasser wurde bei den Baugrunduntersuchungen mit dem Kabellichtlot zwischen ca. 1,1 m unter GOK und ca. 4,1 m unter GOK bzw. zwischen ca. 95,5 mNHN und ca. 97,4 mNHN gemessen.

Der mittlere gemessene Grundwasserstand liegt bei ca. 96,3 mNHN.

Die Ergebnisse der Grundwasserstandsmessungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1:** Ergebnisse der Grundwasserstandsmessungen

| Bohrung     | Datum      | GOK<br>[mNHN] | GW-Flurabstand<br>[m u. GOK] | GW-Stand<br>[mNHN] |
|-------------|------------|---------------|------------------------------|--------------------|
| RKS 7       | 27.04.2023 | 100,04        | 3,00                         | 97,04              |
| RKS 8       | 27.04.2023 | 100,14        | 4,05                         | 96,09              |
| RKS 9       | 26.04.2023 | 98,77         | 1,33                         | 97,44              |
| RKS 10      | 26.04.2023 | 99,02         | 2,32                         | 96,70              |
| RKS 11      | 26.04.2023 | 98,21         | 1,70                         | 96,51              |
| RKS 12      | 26.04.2023 | 97,95         | 1,80                         | 96,15              |
| RKS 13      | 26.04.2023 | 97,46         | 1,36                         | 96,10              |
| RKS 14      | 26.04.2023 | 97,47         | 1,42                         | 96,05              |
| RKS 15      | 26.04.2023 | 97,00         | 1,22                         | 95,78              |
| RKS 16      | 26.04.2023 | 96,59         | 1,10                         | 95,49              |
| Maximalwert |            |               | 4,05                         | 97,44              |
| Minimalwert |            |               | 1,10                         | 95,49              |
| Mittelwert  |            |               | 1,93                         | 96,34              |

Bei den gemessenen Grundwasserständen handelt es sich um einen geringmächtigen Grundwasserhorizont innerhalb der durchlässigeren Lockergesteinsböden, der sich oberhalb der nur sehr gering durchlässigen Schichten (Geschiebelehm, verwitterter Kalkmergel) bis auf die gemessenen Höhen in den Bohrlöchern aufstaut. Der Grundwasserspiegel kann zudem örtlich durch das Druckwasserniveau grundwasserleitender Klüfte innerhalb des Kalkmergels beeinflusst sein.

Da für die untersuchte Baufläche 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 max. Grundwasserstand wird mit ca.  $GW_{max.} = 98,5$  mNHN bzw. in den tieferen Geländeabschnitten bis max. auf GOK angesetzt. Dieser Grundwasserstand ist für den Nachweis der Auftriebssicherheit der Bauwerke und für den Wasserdruckansatz bei statischen Bemessungen für Bauwerke maßgebend.

Der zu erwartende mittlere höchste Grundwasserstand, welcher maßgebend zur Bemessung von Versickerungsanlagen gem. DWA-Regelwerk ist (vgl. Kap. 5.0), wird jeweils 0,5 m tiefer als die oben genannten maximalen Grundwasserstände abgeschätzt.

Bei den 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.

Die Sondierungen konnten aufgrund des anstehenden Halbfestgesteins im Bereich des unterkellerten Gebäudes nicht bis in die angenommene Gründungsebene "UK Keller-sole" abgeteuft werden. Daher kann zunächst nicht zweifelsfrei geklärt werden, ob bis zur Ausschachtungsebene mit dem Auftreten von Kluftgrundwasser innerhalb des Festgesteins zu rechnen ist.

Generell ist das Auftreten von Kluftgrundwasser im für die Baumaßnahme relevanten Bereich nicht auszuschließen.

Ggf. kann vor Beginn der Erdarbeiten durch exemplarische Baggerschürfe unter guter Begleitung oder durch noch abzuteufende Großbohrungen (Kernbohrungen) festgestellt werden, ob Kluftgrundwasser durch das Ausheben der Baugrube angeschnitten wird.

Im nachfolgenden Text wird vorerst davon ausgegangen, dass durch die Baugrube kein Kluftgrundwasserleiter angeschnitten wird und somit nur das Schicht- bzw. Tageswasser abzuführen ist (vgl. Kap. 4.1).

### 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:

#### Auffüllboden (Füllsand, Grubenkies, RC-Sand)\*

|                              |                               |                         |                       |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Raumgewicht ( $\gamma$ )     | : 18,0-18,5 kN/m <sup>3</sup> |                         |                       |
| Reibungswinkel ( $\varphi$ ) | : 35,0-37,5 °                 | Kohäsion ( $c'$ )       | : 0 kN/m <sup>2</sup> |
| Steifeziffer ( $E_s$ )       | : 40-80 MN/m <sup>2</sup>     | 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 / Bodenaustausch-/Tragschichtmaterial (Natursteinschotter 0/45-0/56, RC-Schotter)\*

|                              |                               |                         |                               |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| Raumgewicht ( $\gamma$ )     | : 18,0-18,5 kN/m <sup>3</sup> | unter Wasser            | : 10,5-11,0 kN/m <sup>3</sup> |
| Reibungswinkel ( $\varphi$ ) | : 37,5-42,5 °                 | Kohäsion ( $c'$ )       | : 0 kN/m <sup>2</sup>         |
| Steifeziffer ( $E_s$ )       | : 80-150 MN/m <sup>2</sup>    | 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.

#### Sand, locker gelagert

|                              |                               |                   |                              |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------------|
| Raumgewicht ( $\gamma$ )     | : 17,5-18,0 kN/m <sup>3</sup> | unter Wasser      | : 9,5-10,0 kN/m <sup>3</sup> |
| Reibungswinkel ( $\varphi$ ) | : 32,5-35,0 °                 | Kohäsion ( $c'$ ) | : 0 kN/m <sup>2</sup>        |
| Steifeziffer ( $E_s$ )       | : 15-40 MN/m <sup>2</sup>     |                   |                              |

#### Sand, mitteldicht gelagert

|                              |                               |                   |                               |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Raumgewicht ( $\gamma$ )     | : 18,0-18,5 kN/m <sup>3</sup> | unter Wasser      | : 10,0-10,5 kN/m <sup>3</sup> |
| Reibungswinkel ( $\varphi$ ) | : 35,0-37,5 °                 | Kohäsion ( $c'$ ) | : 0-2 kN/m <sup>2</sup>       |
| Steifeziffer ( $E_s$ )       | : 40-60 MN/m <sup>2</sup>     |                   |                               |

### **Geschiebelehm, weich- bis steifplastisch**

|                              |                               |                   |                             |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------------------|
| Raumgewicht ( $\gamma$ )     | : 19,0-19,5 kN/m <sup>3</sup> | unter Wasser      | : 9,0-9,5 kN/m <sup>3</sup> |
| Reibungswinkel ( $\varphi$ ) | : 27,5-30,0 °                 | Kohäsion ( $c'$ ) | : 3-10 kN/m <sup>2</sup>    |
| Steifeziffer ( $E_s$ )       | : 10-20 MN/m <sup>2</sup>     |                   |                             |

### **Geschiebelehm/Kalkmergel (stark verwittert), steifplastisch bis halbfest**

|                              |                               |                   |                              |
|------------------------------|-------------------------------|-------------------|------------------------------|
| Raumgewicht ( $\gamma$ )     | : 19,5-20,5 kN/m <sup>3</sup> | unter Wasser      | : 9,5-10,5 kN/m <sup>3</sup> |
| Reibungswinkel ( $\varphi$ ) | : 25,0-30,0 °                 | Kohäsion ( $c'$ ) | : 15-30 kN/m <sup>2</sup>    |
| Steifeziffer ( $E_s$ )       | : 20-50 MN/m <sup>2</sup>     |                   |                              |

### **Kalkmergel, schwach verwittert bis unverwittert <sup>1)</sup>**

|                              |                               |                                 |                       |
|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Raumgewicht ( $\gamma$ )     | : 20,5-23,5 kN/m <sup>3</sup> |                                 |                       |
| Reibungswinkel ( $\varphi$ ) | : 37,5-42,5 °                 | Kohäsion ( $c'$ ):              | 0-5 kN/m <sup>2</sup> |
| Steifeziffer ( $E_s$ )       | : 80-200 MN/m <sup>2</sup>    | (Werte mit der Tiefe zunehmend) |                       |

<sup>1)</sup> nicht erbohrt aber unterhalb der erreichten Aufschlusstiefe erfahrungsgemäß zu erwarten

### 3.5 Bodenklassifikationen nach VOB- und DIN-Norm

#### 3.5.1 Klassifikation nach ATV VOB C

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

|                                                          |                   |                   |
|----------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Humoser Oberboden,<br/>anthropogen beeinflusst:</b>   | <b>A (Mu)</b>     | Homogenbereich AO |
| <b>Sand:</b>                                             | <b>fS/mS, ...</b> | Homogenbereich B1 |
| <b>Geschiebelehm:</b>                                    | <b>Lg</b>         | Homogenbereich B2 |
| <b>Kalkmergel,<br/>stark verwittert:</b>                 | <b>KM, v</b>      | Homogenbereich B3 |
| <b>Kalkmergel,<br/>schwach verwittert <sup>1)</sup>:</b> | <b>KM, v'</b>     | Homogenbereich X  |

---

<sup>1)</sup> nicht erbohrt aber unterhalb der erreichten Aufschlusstiefe erfahrungsgemäß zu erwarten

Die Verteilung der o. g. Homogenbereiche ist in den Anlagen 2.1 bis 2.3 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 5.1 bis 5.5 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:

|                                                           |               |                                              |
|-----------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------|
| <b>Humoser Oberboden,<br/>anthropogen beeinflusst:</b>    | Bodenklasse:  | 1 <sup>1) 2)</sup>                           |
|                                                           | Bodengruppe:  | OH/OU                                        |
| <b>Sand:</b>                                              | Bodenklassen: | 3, 4 <sup>2)</sup>                           |
|                                                           | Bodengruppen: | SW/SE/SU/SU*                                 |
| <b>Geschiebelehm:</b>                                     | Bodenklassen: | 4, 5 <sup>1) 2)</sup>                        |
|                                                           | Bodengruppen: | SU*/ST*/TL/TM                                |
| <b>ggf. eingel. Findlinge<br/>bzw. Gesteinshärtlinge:</b> | Bodenklassen: | 6, 7 (bei Volumina $\geq 0,01 \text{ m}^3$ ) |
| <b>Kalkmergel,<br/>stark verwittert:</b>                  | Bodenklassen: | 4, 5 <sup>1)</sup>                           |
|                                                           | Bodengruppen: | TM/TA                                        |
| <b>Kalkmergel,<br/>schwach verwittert:</b>                | Bodenklassen: | 5, 6                                         |
|                                                           | Bodengruppe:  | schwach verwitterter Fels (Zv) <sup>4)</sup> |

<sup>1)</sup> bei Verschlämmungen, Wassersättigung bzw. einer Konsistenzzahl von  $I_c \leq 0,5$ : Klasse 2

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

<sup>3)</sup> die Unterscheidung Bodenklasse 6 und 7 erfolgt rein nach Klüftigkeit und Verwitterungszustand

<sup>4)</sup> nicht erbohrt aber unterhalb der erreichten Aufschlusstiefe erfahrungsgemäß zu erwarten

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

Der im oberflächennahen Bereich anstehende Boden ist gem. ZTV E-StB 17, Tabelle 1, nach Maßgabe der vorliegenden Bodenprofile, überwiegend in die Frostempfindlichkeitsklasse F3 (sehr frostempfindlich) zu stellen.

## **4.0 Bau- und Gründungstechnische Maßnahmen**

### **4.1 Bauzeitliche Wasserhaltung**

#### **4.1.1 Nicht unterkellerte Bauwerke**

Bei bauzeitlich wenig veränderten Grundwasserständen ist während der Gründungsarbeiten das ggf. anfallende Sicker- und Schichtwasser bzw. nur das Tageswasser abzuführen.

Die überwiegend anstehenden, gemischtkörnigen bis bindigen und daher wasserempfindlichen Böden werden bei Niederschlägen verschlammen, sodass ein bauzeitlicher Flächenfilter zur Ausführung gelangen sollte.

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 anzudecken, um Böschungsbrüche weitgehend 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 im Bereich der nicht unterkellerten Gebäude gleichzeitig eine Bodenverbesserung in der vorgenannten Stärke.

Die Fundamente werden infolge des eingebauten Flächenfilters nicht direkt im anstehenden Baugrund gegründet.

#### **4.1.2 Unterkellerte Bauwerke**

Die angenommene Gründungsebene des unterkellerten Gebäudes liegt innerhalb des halbfesten bis festen Kalkmergels. In diesem Bereich kann bei trockenen Witterungsverhältnissen während der Gründungsarbeiten ggf. auf den Einbau eines bauzeitlichen Flächenfilters verzichtet werden. Es wird jedoch empfohlen, in den hangseitigen Geländeeinschnitten des unterkellerten Gebäudes entlang der Baugrubenböschungen im Böschungsfußbereich Drainagestränge zu verlegen, um ggf. anfallendes Hangsickerwasser aufzufangen und abzuführen. Bei sehr niederschlagsreichen Witterungsverhältnissen sind ggf. in der Bodenabtragsfläche zusätzliche Drainagestränge zu verlegen, um so eine kontrollierte Entwässerung des Rohplanums zu ermöglichen.

Sollte im Bereich der Baugrube des unterkellerten Gebäudes oder bei bauzeitlich höheren Grundwasserständen bzw. beim Anschnitt von Kluftgrundwasser eine offene Wasserhaltung zur Trockenhaltung der Baugrube nicht ausreichen, ist dann ggf. die Einrichtung einer geschlossenen Wasserhaltung erforderlich. Dabei sind dann die Anforderungen der DIN EN 1997-1:2014-03, Abschnitt 5.4 zu beachten.

#### **4.2 Schutz der Bauwerke vor Vernässung**

Wie den Ausführungen in Kap. 3.3 zu entnehmen ist, wird der max. Grundwasserstand mit ca.  $GW_{\max.} = 98,5$  mNHN abgeschätzt. Dieser Wasserstand ist dann als HGW (Bemessungsgrundwasserstand) im Sinne des Merkblatts BWK-M8 anzusetzen. Der Ansatz eines HHW (Bemessungshochwasserstand) ist bei diesem Bauvorhaben nicht erforderlich, da das Plangebiet außerhalb festgesetzter Überschwemmungsgebiete liegt.

Bei den vorliegenden Baugrund- und Grundwasserverhältnissen binden die geplanten Bauwerke in Böden mit Durchlässigkeiten von  $k \leq 1 \cdot 10^{-04}$  m/s ein. Normgemäß ist in derartigen Böden bei Bauwerken mit Einbindetiefen von  $< 3$  m mit einer mäßigen Einwirkung von drückendem Wasser durch Stauwasserbildung zu rechnen. Der Bemessungswasserstand für die Bauwerksabdichtung ist gem. DIN 18533-1 in diesem Fall auf Geländeoberkante (GOK) anzusetzen.

Zum Schutz der erdberührten Bauteile vor Vernässungen kann daher deren Abdichtung gem. DIN 18533-1 in der Wassereinwirkungsklasse W2.1-E erfolgen. Die allgemeinen Hinweise der DIN 18533 sind dabei zu beachten. Wird die Stauwasserbildung durch eine auf Dauer funktionsfähige Dränanlage gem. DIN 4095 verhindert, so kann dann die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E angesetzt werden.

Alternativ zur o. g. Abdichtung kann auch eine wasserundurchlässige Konstruktion in WU-Beton gemäß der DAfStb-Richtlinie "Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)" erfolgen.

Die Bauwerksabdichtung ist gem. DIN 18533-1 über den Bemessungswasserstand zu führen. Ggf. geplante Lichtschächte sind in die Bauwerksabdichtung bzw. die WU-Konstruktion miteinzubeziehen und entsprechend zu entwässern.

Bei der Bemessung der Bodenplatte des unterkellerten Gebäudes ist aufgrund der nur gering durchlässigen Böden ein Wasserdruck von  $10 \text{ kN/m}^2$  zu berücksichtigen, sofern keine Dränung zur Ausführung kommt. Bei Ausführung einer auf Dauer funktionsfähigen Dränung nach DIN 4095 entfällt der vorgenannte Wasserdruckansatz.

Kommt wasserdichter Beton zur Ausführung, so ist das Grundwasser auf seine Beton- und Stahlaggressivität zu überprüfen.

Aus der Bohrung RKS 13 wurde daher eine Grundwasserprobe entnommen und eine chemische Analyse bzgl. der Beton- und Stahlaggressivität gem. DIN 4030 und DIN 50929 durchgeführt. Das Ergebnis wird dem Gutachten nachgereicht.

Entsprechende Hinweise, z. B. zur Wahl geeigneter Betonsorten, zu Betondichten und Betonüberdeckungen sind u. a. der DIN 4030 zu entnehmen.

Die Geländeoberfläche ist grundsätzlich derart anzulegen bzw. so zu planen, dass das Niederschlagswasser von den Gebäuden weggeleitet wird.

Ergänzend zu den vorgenannten Ausführungen sind zudem die jeweils gültigen Normierungen und Richtlinien zu beachten.

### **4.3 Tragfähigkeit des Baugrundes / Gründungskonzept**

#### **4.3.1 Behandlung des humosen Oberbodens**

Der im Baufeld anstehende humose Oberboden (vgl. Anl. 2) ist zu Beginn der Erdarbeiten abzuschieben. Diese Böden stehen nach den vorliegenden Schichtenprofilen in Mächtigkeiten von ca. 0,3-0,5 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 fachgerecht auszuheben und zu lagern bzw. zu verwerten.

Es wird in diesem Zusammenhang auf die empfohlene gutachterliche Begleitung der Erd- und Gründungsarbeiten hingewiesen (vgl. Kap. 8.0).

## **4.3.2 Bauwerksgründung**

### **4.3.2.1 Nicht unterkellerte Bauteile**

Wie aus den Schichtenprofilen und den Rammdiagrammen auf den Anlagen 2.1 und 2.2 zu ersehen ist, wurden in den angenommenen Gründungsebenen unterschiedlich tragfähige Böden angetroffen. Zum einen stehen für die zu erwartenden Bauwerkslasten (vgl. Kap. 4.6; Belastungstabellen / Bettungsmodul) ausreichend tragfähige Böden in Form mitteldichter Sande bzw. steifplastischer Geschiebelehme an, zum anderen wurden die vorgenannten Böden lediglich in lockerer Lagerungsdichte bzw. weich- bis steifplastischer Konsistenz und somit mit nicht ausreichenden Tragfähigkeitseigenschaften angetroffen.

Zur Verbesserung und Vereinheitlichung der Tragfähigkeitseigenschaften des Baugrundes wird daher der Einbau eines Bodenaustauschpolsters empfohlen.

#### **Einbau und Verdichtung von Bodenaustausch-/Tragschichtmaterialien:**

Die Böden sind im Bereich der Fundamente einheitlich in einer Stärke von ca. 0,3 m auszuheben und durch nichtbindiges, wasserdurchlässiges und verdichtungsfähiges Lockergesteinsmaterial wie Kiessand 0/32 oder Natursteinschotter 0/45-0/56 bzw. ein äquivalentes raumbeständiges und umweltverträgliches Recycling-Material zu ersetzen. Dabei ist ein seitlicher Überstand unter einem Druckausbreitungswinkel von 45° einzuhalten. Das Bodenaustauschpolster dient dann im Bedarfsfall gleichzeitig als bauzeitlicher Flächenfilter.

Ein Bodenaustausch gegen Magerbeton in der Breite des Fundamentes entfällt, da im Magerbeton kein Spannungsabfall stattfindet.

Da im Baufeld überwiegend gemischtkörnige bis bindige Böden anstehen, ist das o. g. Bodenaustausch- bzw. das Tragschichtmaterial zum Schutze des Planums vor großflächigen Wasserzutritten und Verschlammungen, sofort nach Freilegung eines Teilbereiches der Aushubebene im sog. Andeckverfahren einzubringen (vgl. Kap. 4.1).

Das Bodenaustauschmaterial ist in einer Lage einzubringen und mittels geeigneter Verdichtungsgeräte bis auf mind. 100 % der Proctordichte zu verdichten. Die Wahl des Verdichtungsgerätes ist dabei derart auf die Schüttstärke abzustimmen, dass keine dynamische Verdichtungsenergie in den unterlagernden Baugrund eingetragen wird. Die erreichte Verdichtung ist durch den Gutachter nachzuweisen.

Stehen in der Aushubebene für das Bodenaustauschpolster bereits durchnässte und aufgeweichte, lehmige Böden an, so ist zwischen dem Bodenaustauschmaterial und dem Untergrund ein Trennvlies zu verlegen oder zusätzlich eine Lage Grobschlagmaterial (z. B. Körnung 0/120) einzubauen. Dadurch soll ein übermäßiges Verdrücken des Bodenaustauschmaterials in den weichen Untergrund vermieden werden.

In diesem Zusammenhang wird auf die empfohlene Begleitung der Erd- und Gründungsarbeiten durch den Gutachter hingewiesen (vgl. Kap. 8.0).

### **Bodenauffüllungen:**

Bei den angenommenen Höhen wird nach Entfernung des humosen Oberbodens zum Erreichen der Planhöhe "UK Gebäudesohlen" der nicht unterkellerten Gebäude örtlich noch eine entsprechende Bodenauffüllung erforderlich werden. Für die Bodenauffüllung ist dann nichtbindiges, verdichtungsfähiges Lockergesteinsmaterial (z. B. Füllsand, vgl. Kap. 3.4) lagenweise, in Schüttstärken bis max. 0,3 m, aufzubringen und mittels geeigneter Verdichtungsgeräte in der oben beschriebenen Weise bis auf mind. 100 % der

Proctordichte zu verdichten. Die erreichte Verdichtung ist über das gesamte Auffüllungsprofil nachzuweisen.

#### **Ausbildung der Gebäudesohlen:**

Es wird davon ausgegangen, dass die Gebäudesohlen der nicht unterkellerten Gebäude vom Tragwerksplaner als elastisch gebettete Sohlplatten gerechnet und entsprechend konstruktiv bewehrt werden. Da die Gebäudesohlen dann nur die (geringen) Verkehrslasten aufnehmen, ist für die Bettung der Sohlen über den Einbau der vorgenannten Bodenauffüllung hinaus keine weitere bodenverbessernde Maßnahme erforderlich.

Sollten seitens des Tragwerksplaners jedoch höhere Anforderungen an den Baugrund unterhalb der Gebäudesohlen gestellt werden, so ist der Gutachter umgehend zu benachrichtigen, um die Dimensionierung dann erforderlicher Tragschichten zu erarbeiten.

#### **4.3.2.2 Unterkellerte Bauteile**

Wie aus den Schichtenprofilen und dem Rammdiagramm auf der Anlage 2.3 zu ersehen ist, liegt die angenommene Gründungsebene "UK Kellersohle" unterhalb der erreichten Aufschlusstiefen und somit im halbfesten bis festen Kalkmergel, der für die zu erwartenden Bauwerkslasten ausreichende Tragfähigkeitseigenschaften aufweist. Besondere bodenverbessernde Maßnahmen sind daher über den Einbau eines ggf. erforderlichen bauzeitlichen Flächenfilters hinaus nicht erforderlich.

Kommt eine Plattengründung mit Bemessung nach dem Einheitsbettungsmodulverfahren zur Ausführung, so werden die ankommenden Bauwerkslasten dabei über die gesamte Fläche der bewehrten Gründungsplatte verteilt abgetragen.

Die Dimensionierung der Gründungsplatte kann dann unter Beachtung der ermittelten Baugrundverhältnisse und der zu erwartenden Bauwerkslasten, nach dem in Kap. 4.6 genannten Bettungsmodul erfolgen.

#### **4.3.4 Angaben zum Erdplanum / zu Abtragsplanien**

Die in den Aushubebenen anstehenden Böden sind überwiegend als bindige, gemischt-körnige Lockergesteinsböden gem. DIN 18196 zu klassifizieren (vgl. Kap. 3.5.2). Solche Böden sind in Abhängigkeit vom Wassergehalt hinsichtlich ihrer Konsistenz und Scherfestigkeit und somit hinsichtlich ihrer Tragfähigkeit sehr veränderlich. Eine Verschlechterung der Tragfähigkeitseigenschaften z. B. durch Niederschlagseinflüsse, durch unkontrollierten Oberflächen- und Sickerwasserzutritt oder durch unsachgemäße Bearbeitung des Bodens (z. B. dynamische Verdichtung bei ungünstigen Bodenwassergehalten) ist daher zu vermeiden.

Eine dynamische Belastung dieser Böden führt zu einem Porenwasserüberdruck und dann zu Aufweichungen, dem sog. "Matratzeneffekt". Es wird daher ausdrücklich darauf hingewiesen, dass das bindige Erdplanum nicht mittels schwerer oder gummibereifter Baufahrzeuge zu befahren oder mittels dynamischer Verdichtungsgeräte zu bearbeiten ist.

Auch nach Einbringen des bauzeitlichen Flächenfilters ist ein Befahren des Planums mit schwerem Gerät nicht zulässig, da der Flächenfilter allein der Entwässerung und Trockenhaltung des Planums dient und nicht für die Aufnahme dynamischer Verkehrslasten ausgelegt ist.

Bei Bedarf sind für die zu erwartenden Bauverkehrslasten ausreichend dimensionierte Baustraßen bzw. Bewegungsflächen anzulegen.

#### **4.4 Verwendung des Bodenaushubs aus bodenmechanischer Sicht**

Der beim Aushub anfallende humose Oberboden kann aus bodenmechanischer Sicht als Füllmaterial im Bereich der Arbeitsräume nicht verwendet werden.

Die nichtbindigen Sande sind zur Verfüllung der Arbeitsräume generell geeignet.

Die gemischtkörnigen Sande sowie die bindigen Geschiebelehme und der Kalkmergel sind zur Verfüllung der Arbeitsräume nur bedingt geeignet.

Bindige Böden bzw. Gemische aus Sand und Lehm 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. Liegen entsprechende Verhältnisse vor, dann ist der Aushubboden in Lagenstärken bis max. 0,3 m einzubringen und mittels geeigneter Verdichtungsgeräte bis auf mind. 98 % der Proctordichte zu verdichten. Bei innen liegenden Arbeitsraumverfüllungen ist eine Verdichtung bis auf mind. 100 % der Proctordichte nachzuweisen. In den Bereichen, in denen geringe Sackungen toleriert werden können (Rasen, Blumenbeete, u. a.), ist eine hohlraumarme Verfüllung ausreichend.

In den Bereichen, in denen ein frostsicherer Unterbau erforderlich ist, z. B. Gehwege, Parkplatzflächen, Zuwegungen, ist der Aushubboden nur bis zur Unterkante des frostsicheren Gesamtaufbaus einzubauen und entsprechend zu verdichten. Die Restauffüllung erfolgt mit frostsicherem Lockergesteinsmaterial.

Ist der Aushubboden zu nass bzw. liegen entsprechend ungünstige Witterungsbedingungen für den Einbau vor, sind statt des Aushubbodens Füllsande, Grubenkiese oder Kiessande mit max. bindigen Bestandteilen bis 10 % einzubauen und, wie zuvor für den Aushubboden beschrieben, zu verdichten.

Im Zweifelsfall ist das Aushubmaterial im Zuge der Baugrubenabnahme oder vor Beginn der Bauarbeiten auf seine Verwendung als Füllboden zu prüfen.

In diesem Zusammenhang wird die Begleitung der Erdarbeiten durch den Gutachter empfohlen (vgl. Kap. 8.0).

Nicht verdichtungsfähiger bzw. überschüssiger Boden ist abzufahren.

## **4.5 Baugruben- und Bestandssicherung**

### **4.5.1 Baugrubensicherung**

Die Baugrubenwände können aus bodenmechanischer Sicht gem. DIN 4124 in den nicht bindigen Sanden und den gemischtkörnigen bis bindigen Böden mit weich- bis steifplastischer Konsistenz bis  $45^\circ$  abgeböscht werden. In den gemischtkörnigen bis bindigen Böden mit mindestens steifplastischer Konsistenz sind Böschungswinkel bis  $60^\circ$  zulässig. Bei niederschlagsreichen Witterungsbedingungen sind die Böschungen durch Folienabdeckungen gegen Erosion zu schützen. Die ergänzenden Angaben der DIN 4124 (Baugruben und Gräben) sind zu beachten.

Können keine Böschungen angelegt werden (z. B. aus Platzmangel), so ist ein Baugrubenverbau, der statisch nachzuweisen ist, auszuführen. Unter Beachtung der in größeren Tiefen anstehenden halbfesten bis festen Böden sind beim Einbringen von Verbau-elementen ggf. entsprechende Einbringhilfen (Vorbohren oder ähnliches) vorzusehen. Zum Schutze der angrenzenden Bebauung sind Verbauten erschütterungsarm einzubringen.

Sollten Baugrubenverbauten und/oder Rückverankerungen 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.

#### **4.5.2 Aushubbegrenzungen in der Nähe von Bestandsgebäuden und -bauwerken**

Bei den Erd- und Gründungsarbeiten im Nahbereich vorhandener Bauwerke und Nachbarbebauungen sind generell die Aushubbegrenzungen der DIN 4123 (Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude) zu beachten. Dies bedeutet, dass bei Ausschachtungen eine Erdberme vor bestehenden Fundamenten verbleiben muss.

Diese Erdberme beginnt dann 0,5 m über der Gründungsebene des Bestands (= UK-Fundament). Von dort aus wird die Berme senkrecht zum Bestand horizontal 2,0 m weit geführt, ehe sie unter einem Winkel von max. 26,5° (1:2) abgeböscht wird.

Schneidet die Baugrube des Neubaus in diese Böschungslinie ein, so werden dann die Aushubbegrenzungen der DIN 4123 unterschritten, und die geplanten Gründungsarbeiten können dann nur abschnittsweise (mit  $b \leq 1,25$  m) ausgeführt werden bzw. es sind dann vorab entsprechende Sicherungsmaßnahmen (Verbauten oder Bestandssicherungen) vorzunehmen. Im Bedarfsfall ist der Gutachter frühzeitig zu weiteren Beratungen hinzuzuziehen; ggf. werden dann auch noch ergänzende Baugrunderkundungen erforderlich.

## 4.6 Gründungsart und Belastung des Baugrundes

Es können bewehrte Einzel- und Streifenfundamente mit einer bewehrten Sohlplatte aber auch eine Plattengründung in vom Tragwerksplaner noch anzugebender Stärke zur Ausführung kommen.

### 4.6.1 Nicht unterkellerte Gebäude

Unter Beachtung einer rechnerischen Setzungsbegrenzung auf  $s_g = 2,0 \text{ cm}$ , der noch zul. Winkelverdrehung von  $\alpha_{\text{krit.}} = 1/500$  und der zu berücksichtigenden Teilsicherheitswerte für den Grenzzustand GEO 2, sind folgende Bemessungswerte des Sohlwiderstandes ( $\sigma_{R,d}$ ) anzusetzen bzw. unter Berücksichtigung der Gesamtsicherheit von  $\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)} = 2,0$  folgende Sohldruckspannungen ( $\sigma_{\text{zul.}}$ ) in der Lasteintragsfläche (Unterkante Fundament) zulässig:

#### Streifenfundamente:

| Fundamentbreite $b$ [m]:                                    | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,8  | 1,0  | 1,2  | 1,4  | 1,6  |
|-------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]:         | 322  | 329  | 329  | 343  | 350  | 364  | 378  | 364  |
| Zul. Sohldruck $\sigma_{\text{zul.}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]: | 230  | 235  | 235  | 245  | 250  | 260  | 270  | 260  |
| Gesamtsetzungen $s_g$ [cm]:                                 | 0,6  | 0,7  | 0,9  | 1,1  | 1,4  | 1,6  | 1,9  | 2,0  |
| Bettungsmodul $k_s$ [MN/m <sup>3</sup> ]:                   | 38,3 | 33,6 | 26,1 | 22,3 | 17,9 | 16,3 | 14,2 | 13,0 |

#### Einzelfundamente (Seitenverhältnis $a/b = 1$ ):

| Fundamentbreite $b$ [m]:                                    | 0,5  | 1,0  | 1,5  | 2,0  | 2,5  | 3,0  | 3,5  | 4,0  |
|-------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Bemessungswert $\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]:         | 441  | 455  | 469  | 546  | 448  | 385  | 336  | 301  |
| Zul. Sohldruck $\sigma_{\text{zul.}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]: | 315  | 325  | 335  | 390  | 320  | 275  | 240  | 215  |
| Gesamtsetzungen $s_g$ [cm]:                                 | 0,4  | 0,8  | 1,3  | 2,0  | 2,0  | 2,0  | 2,0  | 2,0  |
| Bettungsmodul $k_s$ [MN/m <sup>3</sup> ]:                   | 78,8 | 40,6 | 25,8 | 19,5 | 16,0 | 13,8 | 12,0 | 10,8 |

Zwischenwerte können bei den Belastungstabellen jeweils linear interpoliert werden. Bei Rechteckfundamenten mit gedrungenem Grundriss (Seitenverhältnisse  $a/b \leq 1,5$ ) ist die jeweils schmalere Fundamentseite als Fundamentbreite  $b$  der o. g. Tabelle maßgebend.

Kommt eine Streifen-/Einzelfundamentierung mit aufliegender Sohlplatte zur Ausführung, so beträgt die Mindestbreite der Fundamente  $b = 0,4$  m, die Mindesteinbindetiefe  $t = 0,5$  m (einschl. Sohlplattenstärke). Bei geringer belasteten Fundamentkonstruktionen ist dann eine Reduzierung der Mindestwerte der Fundamentabmessungen zulässig.

Außenfundamente sind bei mind. 0,8 m unter benachbarter GOK zu gründen. Zu beachten sind die Angaben der EN ISO 13793 (Wärmetechnisches Verhalten von Gebäuden – Wärmetechnische Bemessung von Gebäudegründungen zur Vermeidung von Frosthebungen).

Kommt eine Plattengründung mit ungleichmäßig verteilten Einzel- und Streifenlasten als sog. "versteckte" Streifen-/Einzelfundamentierung zur Ausführung, so sind zur Dimensionierung der Platte im Bereich der ankommenden Lasten die o. g. zulässigen Einzel- und Streifenlasten anzusetzen. Die Fundamentbreite  $b$  ist dann als Einflussbreite zu berücksichtigen. Werden in diesen Bereichen aus statischen Gründen örtliche Verstärkungen der Gründungsplatte ausgeführt, so ist der empfohlene Bodenaustausch (vgl. Kap. 4.3) dann auch in diesen Teilabschnitten in voller Stärke vorzusehen.

Für die Bemessung von Plattengründungen nach dem einfachen Bettungsmodulverfahren ist unter Voraussetzung einer annähernd gleichmäßig über die gesamte Platte verteilten Flächenlast ein Einheitsbettungsmodul von  $k_s = 12$  MN/m<sup>3</sup> in Ansatz zu bringen.

#### 4.6.2 Unterkellertes Gebäude

Für die Bemessung von Plattengründungen nach dem einfachen Bettungsmodulverfahren ist unter Voraussetzung einer annähernd gleichmäßig über die gesamte Platte verteilten Flächenlast ein Einheitsbettungsmodul von  $k_s = 20 \text{ MN/m}^3$  in Ansatz zu bringen.

Kommt eine Plattengründung mit ungleichmäßig verteilten Einzel- und Streifenlasten als sog. "versteckte" Streifen-/Einzelfundamentierung zur Ausführung, so kann nach Anhang G der DIN EN 1997-1 bei einer Gründung im festen Kalkmergel unter Ansatz einer einaxialen Druckfestigkeit von mind.  $q_u = \text{ca. } 20 \text{ N/mm}^2$  ein Bemessungssohldruck von  $\sigma_{R,d} = 770 \text{ kN/m}^2$  bzw. ein zulässiger Sohl Druck von  $\sigma_{zul.} = 550 \text{ kN/m}^2$  bei einer Setzung unter 0,5 % der jeweiligen Fundamentbreite angesetzt werden.

Unter Beachtung einer rechnerischen Setzungsbegrenzung auf  $s_g = 1,0 \text{ cm}$ , der noch zul. Winkelverdrehung von  $\alpha_{krit.} = 1/500$  und der zu berücksichtigenden Teilsicherheitswerte für den Grenzzustand GEO 2, sind folgende Bemessungswerte des Sohlwiderstandes ( $\sigma_{R,d}$ ) anzusetzen bzw. unter Berücksichtigung der Gesamtsicherheit von  $\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)} = 2,0$  folgende Sohl Druckspannungen ( $\sigma_{zul.}$ ) in der Lasteintragsfläche zulässig:

##### **Streifenlasten mit Breiten [b] = 0,4 - 0,8 m**

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Bemessungswert <math>\sigma_{R,d}</math> [kN/m<sup>2</sup>]:</b>   | 560 |
| <b>Zul. Sohl Druck <math>\sigma_{zul.}</math> [kN/m<sup>2</sup>]:</b> | 400 |
| <b>Gesamtsetzungen <math>s_g</math> [cm]:</b>                         | 1,0 |
| <b>Bettungsmodul <math>k_s</math> [MN/m<sup>3</sup>]:</b>             | 40  |

##### **Einzellasten (Seitenverhältnis a/b = 1) mit Breiten [b] = 0,5 - 2,0 m**

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Bemessungswert <math>\sigma_{R,d}</math> [kN/m<sup>2</sup>]:</b>   | 840 |
| <b>Zul. Sohl Druck <math>\sigma_{zul.}</math> [kN/m<sup>2</sup>]:</b> | 600 |
| <b>Gesamtsetzungen <math>s_g</math> [cm]:</b>                         | 1,0 |
| <b>Bettungsmodul <math>k_s</math> [MN/m<sup>3</sup>]:</b>             | 60  |

#### 4.7 Setzungsverhalten

Die durch die Bauwerkslasten bedingten Setzungen werden bei den vorgenannten Belastungen rechnerisch für die nicht unterkellerten Gebäude  $s_g = 2,0$  cm bzw. für das unterkellerte Gebäude  $s_g = 1,0$  cm nicht überschreiten. Die Setzungsdifferenzen, die sich unter Beachtung der o. g. Belastungstabellen durch die unterschiedlichen Baugrundverhältnisse ergeben, betragen nach den überschlägigen Setzungsberechnungen (Verfahren nach STEINBRENNER) bei annähernd gleichmäßiger Lastverteilung nur wenige Millimeter.

Bei Anwendung des Bettungsmodulverfahrens für die Bemessung der Gründungsplatte ergeben sich die rechnerischen Setzungen in Abhängigkeit von der jeweiligen Sohl-  
druckspannung näherungsweise aus der Winkler'schen Funktion  $k_s = \sigma/s_g$  bzw. nach entsprechender Umstellung aus  $s_g = \sigma/k_s$ .

Nach Fertigstellung des Last- und Fundamentplanes ist ggf. eine Überprüfung des Setzungsverhaltens durch den Gutachter vorzunehmen.

#### **5.0 Kanalbau**

Angaben zu den geplanten Kanalbauarbeiten innerhalb des Plangebietes liegen derzeit noch nicht vor. Für die weiteren Ausführungen wird davon ausgegangen, dass die Kanalarbeiten in offener Bauweise und in Tiefen von ca. 1,0 m - 3,0 m unter jeweiliger GOK durchgeführt werden und die neuen Kanäle als Freispegelleitungen an die bestehenden Kanäle der umliegenden Bestandsstraßen angeschlossen werden.

## **5.1 Behandlung des humosen Oberbodens**

Der anstehende humose Oberboden ist im Bereich der geplanten Kanal- und Straßen-trassen zu Beginn der Erdarbeiten abzuschieben. Diese Böden stehen nach den vorliegenden Schichtenprofilen bis in Tiefen von ca. 0,3-0,5 m an (vgl. Anl. 2.1 bis 2.3).

## **5.2 Bauzeitliche Wasserhaltung**

Bei den angenommenen Verlegetiefen liegt die Aushubebene überwiegend innerhalb gemischtkörniger, bindiger Böden und im Grundwasserschwankungsbereich, d. h. knapp oberhalb sowie örtlich auch unterhalb der aktuell gemessenen Grundwasserstände.

Während der Gründungsarbeiten ist daher das anfallende Sicker-, Schicht- und Tageswasser bzw. das örtlich zu erwartende Grundwasser in offener Wasserhaltung, d. h. über einen bauzeitlichen Flächenfilter mit entsprechend einzurichtenden Pumpensümpfen, abzuführen.

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

Das Flächenfiltermaterial ist dann zur Vermeidung unterschiedlicher Rohrauflagerungen über den gesamten Trassenverlauf und die gesamte Trassenbreite einzubringen.

Das Filtermaterial ist so zu wählen, dass eine ausreichende und dauerhafte hydraulische und mechanische Filterstabilität gegenüber dem Bettungsmaterial 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.

Reichen die offenen Wasserhaltungsmaßnahmen zur Trockenhaltung der Kanalgräben nicht aus, wird dann ggf. eine geschlossene Wasserhaltung erforderlich. Daher wird empfohlen, die bauzeitlich aktuellen Grundwasserstände vor Beginn der Erdarbeiten, beispielsweise durch Baggerschürfe unter Gutachterlicher Begleitung oder entsprechend einzurichtende Peilbrunnen zu ermitteln.

In diesem Zusammenhang wird eine gutachterliche Begleitung der Erd- und Kanalbauarbeiten empfohlen (vgl. Kap. 8.0).

### **5.3 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 Sohltiefe 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. 4.1.2) – in nichtbindigen Sanden und weich- bis steifplastischen bindigen Böden bis 45° und in mind. steifplastischen bindigen Böden bis 60° abgeböschet 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. 5.2 beschriebenen Wasserhaltungsmaßnahmen sind die anstehenden Böden "kurzzeitig standsicher", sodass, wenn generell verbaut werden soll, ein Grabenverbaugerät zur Ausführung kommen kann. Alternativ dazu können auch Kanaldielen, Spundwandelemente oder Trägerbohlwände verwendet werden. Der Verbau ist statisch nachzuweisen.

Unter Beachtung der in größeren Tiefen anstehenden halbfesten bis festen Böden sind beim Einbringen von Verbauelementen ggf. entsprechende Einbringhilfen (Vorbohren oder ähnliches) vorzusehen. Zum Schutze der angrenzenden Bebauung sind Verbauten erschütterungsarm einzubringen. Zudem können ggf. in den Geschiebeablagerungen Findlinge in Blockgröße enthalten sein, die das Einbringen von Verbaugeräten behindern. Zum Einbringen der Verbauten ist dann ein Mehraushub oder ein Zerkleinern der Gesteins-Härtlinge vorzusehen.

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.

## **5.4 Stabilisierung der Kanalgrabensohle, Rohrauf Lagerung**

### **5.4.1 Gründungsplanum**

Wie aus den Schichtenprofilen auf den Anlagen 2.1 bis 2.3 zu ersehen ist, stehen im gründungsrelevanten Tiefenbereich der geplanten Rohrleitungen gemischtkörnige Sande in mitteldichter Lagerung sowie bindige Böden in überwiegend steifplastischer bis lokal weich-/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 empfohlenen bauzeitlichen Flächenfilters (vgl. Kap. 5.2) erforderlich.

### **5.4.2 Rohrbettung**

Der Bettungstyp 1 kann gem. DIN EN 1610 für jede Rohrart verwendet werden. Bei Verwendung des Typ 1 ist gem. DIN EN 1610 bei den anstehenden Böden eine untere Bettungsschicht „a“ in einer Mindeststärke von 100 mm herzustellen. Zur Bettung können die nach DIN EN 1610 angegebenen Materialien verwendet werden.

Eine kraftschlüssige Verlegung der Rohrleitungen ist in sämtlichen Streckenabschnitten zu gewährleisten. Hohlräume unterhalb der Kanalrohre oder Teilabschnitte ohne

Rohrauf Lagerung 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 Rohrauf Lager 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 überwiegend Sand-Schluff-Ton-Gemische mit z. T. mehr als 15-Gew.-% Feinkornanteil an (vgl. Kap. 4.6). 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 tatsächlich 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. 8.0).

Stehen in der Aushubebene für das Flächenfiltermaterial (vgl. Kap. 5.2) bereits durchnässte und aufgeweichte, lehmige Böden an, so ist zwischen dem Flächenfiltermaterial und dem Untergrund ein Trennvlies zu verlegen oder zusätzlich eine Lage Grobschlagmaterial (z. B. Körnung 0/120) einzubauen. Dadurch soll ein übermäßiges Verdrücken des Bodenaustauschmaterials in den weichen Untergrund vermieden werden.

## 5.5 Grabenverfüllung und Wiedereinbaufähigkeit der Aushubböden

Bei den Aushubarbeiten für die Kanalgräben fallen überwiegend bindige Böden, örtlich auch sandige Böden an. Die anfallenden Böden sind überwiegend den Bodenklassen SU\*/ST\*/TL/TM gem. DIN 18196 und demnach 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. Die örtlich in geringer Mächtigkeit anstehenden gemischtkörnigen, nichtbindigen Sande der Bodenklassen SE/SU gem. DIN 18196 bzw. V1 gem. DIN EN 1610 können innerhalb der Leitungszone wiederverwendet werden, sofern ein separater Aushub bautechnisch möglich ist.

### **Wiederverwendungsmöglichkeit aus bodenmechanischer Sicht:**

Die überwiegend anfallenden Böden der Verdichtbarkeitsklasse 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. 5.2) eingebaut werden. Die Böden sind dann lagenweise einzubringen und mittels geeigneter Verdichtungsgeräte in der unten beschriebenen Weise zu verdichten.

Schwachbindige und nichtbindige Sande der Verdichtbarkeitsklassen 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 zu beachten. Sollten Einstufungen in die Zuordnungsklassen Z0 - Z2 nach LAGA (Mittlg. 20 1997/2004) bzw. nach den Materialklassen der Ersatzbaustoffverordnung (EBV), bzw. nach den Deponieklassen DK0 - DKIII der Deponieverordnung (DepV) gefordert werden, so sind dann entsprechende Deklarationsanalysen durchzuführen.

Chemische Deklarationsanalysen sind an repräsentativen Bodenmischproben vorzunehmen. Vorzugsweise werden diese aus entsprechenden Haufwerken im Rahmen der Erdarbeiten entnommen und nachfolgend analysiert. In diesem Zusammenhang wird die gutachterliche Begleitung der Erd- und Gründungsarbeiten empfohlen (vgl. Kap. 8.0). Für Ausschreibungszwecke können Deklarationsanalysen - wenn ausreichend Probematerial zur Verfügung steht - ggf. auch an bereits für die Baugrunderkundung entnommen Bodenproben vorgenommen werden.

Hierzu wäre dann mit dem Gutachter Rücksprache zu halten. Die entnommenen Bodenproben werden bis drei Monate nach Vorlage des Baugrundgutachtens zurückgestellt (vgl. Kap. 2.0).

### **Einbau und Verdichtung:**

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

Im Falle einer späteren Überbauung mit Verkehrsflächen (vgl. Kap. 4.2) 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  $\geq 97$  % der Proctordichte
- Hauptverfüllung  $\geq 97$  % bzw.  $\geq 98$  % (V1-Boden) bzw.  $\geq 95$  % (V2 + V3-Boden) der Proctordichte
- innerhalb der obersten 0,5 m unter Verkehrsflächenoberbau  $\geq 100$  % (V1-Boden) bzw.  $\geq 97$  % (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. 8.0) hingewiesen.

Bei Verwendung durchlässiger Grabenverfüllungen in bindigen Böden ist darauf zu achten, dass die verfüllten Kanalgräben keine dränierende Wirkung auf die Umgebung ausüben dürfen. Um derartige Auswirkungen zu vermeiden sind im Bedarfsfall Dichtriegel einzubauen. Es wird in diesem Zusammenhang auf Abschnitt 6.6 der DIN EN 1610 bzw. DWA-A 139 hingewiesen.

## **6.0 Straßenbau**

### **6.1 Belastungsklassen**

Der erforderliche Aufbau von Verkehrsflächen richtet sich nach den vorliegenden Untergrundverhältnissen und den zu erwartenden Verkehrsbeanspruchungen. Für die geplanten Straßen werden die Richtlinien der RStO 12 als maßgebend betrachtet.

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 der Belastungsklasse Bk1,0 (Wohnstraße) gem. RStO 12 innerhalb des Plangebietes ausgegangen wird.

### **6.2 Frostsicherer Gesamtaufbau**

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

Die in Höhe des angenommenen Erdplanums anstehenden Böden sind nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchung überwiegend in die Frostempfindlichkeitsklasse F3 zu stellen (vgl. Kap. 3.6). Daraus resultiert nach Tabelle 6 der RStO 12 eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von mind. 0,6 m (Belastungsklassen Bk1,0).

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, Bk1,0).

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.

## **6.3 Erdplanum**

### **6.3.1 Tragfähigkeit**

Der anstehende humose Oberboden ist aus gründungstechnischer Sicht zum Überbauen mit Verkehrsflächen nicht geeignet und daher unmittelbar vor Beginn der Erdarbeiten zu entfernen.

Auf dem Erdplanum, auf dem der unbefestigte Straßenoberbau bzw. die Frostschuttschicht aufgebracht wird, 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 voraussichtlich direkt erreicht wird (vgl. Kap. 5.5).

In den Bereichen, in denen das Erdplanum außerhalb der verfüllten Kanalgräben liegt, stehen überwiegend gemischtkörnige bis bindige Böden gemäß DIN 18196 an.

Bei trockener Witterung und erdfeuchten Böden ist der vorgenannte Verformungsmodul durch eine Nachverdichtung mittels geeigneter Verdichtungsgeräte dann erfahrungsgemäß überwiegend erreichbar.

Bei zu hohen Bodenwassergehalten der gemischtkörnigen Böden oder stark bindigen Böden sind diese dann nicht ausreichend verdichtungsfähig. Statt einer Nachverdichtung ist dann die Herstellung eines Unterbaus durch einen Bodenaustausch oder eine Stabilisierung des Erdplanums durch Bindemittelzugabe vorzusehen.

### **Unterbau/Bodenverbesserung durch Bodenaustausch:**

Die Herstellung des Unterbaus kann je nach den geplanten Höhenverhältnissen durch eine Bodenbefüllung oder durch einen Bodenaustausch erfolgen.

Geeignetes Material für einen Unterbau durch Bodenaustausch ist nichtbindiges und verdichtungsfähiges Lockergesteinsmaterial wie Schotter 0/45-0/56 bzw. äquivalente Mischungen im erdfeuchten bis feuchten Zustand. Das Material ist in einer Lage in einer Stärke von ca. 0,2 m 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. 8.0).

Das zum Einsatz kommende Verdichtungsgerät ist so mit der Schüttstärke des Unterbau-Materials abzustimmen, dass keine dynamische Verdichtungsenergie in den unterlagernden örtlich bindigen Boden eingetragen und dieser dadurch nicht in seiner Struktur gestört wird (vgl. Kap. 4.3.4). 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 unterhalb des Unterbaus ein Geotextil zu verlegen oder eine Lage 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 lediglich statisch anzudrücken oder abzuwalzen. Auf die so hergestellte Stabilisierungsschicht kann dann der eigentliche Unterbau aufgebracht und wie zuvor beschrieben verdichtet werden.

### **Unterbau/Bodenverbesserung durch Bindemittelzugabe:**

Alternativ zu einem Bodenaustausch gegen Lockergesteinsmaterial besteht grundsätzlich auch die Möglichkeit, einen ausreichend tragfähigen Unterbau durch eine Bodenverbesserung der anstehenden bindigen Böden mittels Bindemittelzugabe herzustellen. Ziel der Bodenverbesserung ist es, durch das Untermischen geeigneter Bindemittel (i.d.R. Kalk / Zement) den für eine Verdichtung des Bodens erforderlichen optimalen Wassergehalt näherungsweise zu erreichen, um so eine ausreichende Nachverdichtung des Erdplanums zu ermöglichen. Hierzu sind unmittelbar vor Beginn der Stabilisierungsmaßnahmen 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, gemischtkörnigen Böden Mischbindemittel, bestehend aus Feinkalk / Kalkhydrat gem. DIN 1060 und Zement nach DIN 1164 im Verhältnis 50/50 bis 30/50, geeignet.

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, unter Berücksichtigung aktueller Bodenwassergehalte von ca. 12-18 %, eine erforderliche Bindemittelmenge von geschätzt ca. 10-15 kg/m<sup>2</sup> bezogen auf eine Einfrästiefe von mind. 0,3 m angesetzt werden.

Organische Böden bzw. Böden mit organischen Bestandteilen sind für Bodenverbesserungen durch Bindemittel nicht geeignet. Ggf. im Abtragsplanum noch anstehende, humose Mineralböden sind daher vor Durchführung der Stabilisierungsmaßnahmen abzuschieben.

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 Planumsentwässerung 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.

### **6.3.2 Bauzeitliche Wasserhaltung**

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

Die vorgenannten wasserempfindlichen Böden werden bei Regenfällen verschlammen, 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 Schotterflächenfilter (Natursteinschotter 0/45-0/56, Stärke ca. 0,2 m) vorzuhalten. Das vorgenannte Flächenfiltermaterial dient dann gleichzeitig als Unterbaumaterial zur ggf. erforderlichen Erhöhung der Tragfähigkeit (vgl. Kap. 6.3.1).

In diesem Zusammenhang wird auf die empfohlene Baugrubenabnahme durch den Gutachter (vgl. Kap. 8.0) hingewiesen.

### **6.3.3 Oberbau / Frostschutz- und Tragschicht**

Ausgehend von einem Verformungsmodul  $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  auf dem Untergrund bzw. dem hergestellten Unterbau oder dem stabilisierten Erdplanum (vgl. Kap. 6.3.1) kann dann der Oberbau je nach Ausführung der Oberflächenbefestigung z. B. mit Asphaltdecken gemäß der Tafel 1 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 (Frostschutzschicht + Tragschicht) angegeben.

Ergeben sich nach Tafel 1 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 20, der ZTV SoB-StB 20 und der RStO 12.

## **6.4 Besondere Hinweise**

Zum Schutz des Planums vor Verschlammung und Pfützenbildungen ist das teils bindige Erdplanum eben und mit ausreichendem Gefälle 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.

## **7.0 Versickerung des anfallenden Regenwassers auf dem Baugelände**

### **7.1 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  $k = 1 \cdot 10^{-03}$  m/s bis  $k = 1 \cdot 10^{-06}$  m/s der anstehenden Böden im Bereich der Versickerungsfläche bzw. -anlage. Zudem soll der mittlere höchste Grundwasserstand zum Schutz des Grundwassers mind. 1,0 m unterhalb der Sohle der zukünftigen Versickerungsanlage liegen.

## **7.2 Bestimmung der Durchlässigkeit aus Laborversuchen**

In den Untersuchungsbereichen wurden Rammkernsondierungen abgeteuft und gestörte Bodenproben entnommen (vgl. Kap. 2.0).

An zehn repräsentativ ausgewählten Bodenproben aus den vorgenannten RKS wurde im bodenmechanischen Labor die Korngrößenverteilung gem. DIN EN ISO 17892-4 ermittelt. Die Ergebnisse der Laborversuche wurden als Körnungslinien dargestellt und sind als Anlagen 3.1 bis 3.10 beigelegt.

Anhand der Körnungslinien wurden die Durchlässigkeitsbeiwerte der untersuchten Böden rechnerisch nach den Methoden von BEYER, CHITRA ET AL und ROBERTSON & WRIDE ermittelt. Die im Labor aus Sieblinien ermittelten k-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 k-Werte der Böden noch mit dem nach DWA-Regelwerk geltenden Korrekturfaktor 0,2 belegt.

Eine Übersicht der ermittelten und korrelierten k-Werte sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

**Tabelle 2:** Ermittelte k-Werte aus Körnungslinien und korrelierte Bemessungs-k-Werte

| Bohrung | Entnahmetiefe<br>[von-bis m u. GOK] | Schicht       | k-Werte<br>[m/s]     | Bemessungs-<br>k-Werte [m/s] | Methode              |
|---------|-------------------------------------|---------------|----------------------|------------------------------|----------------------|
| RKS 3   | 1,0-1,7                             | Geschiebelehm | $4,2 \cdot 10^{-08}$ | $8,4 \cdot 10^{-9}$          | CHITRA ET AL         |
| RKS 5   | 0,6-1,4                             | Geschiebelehm | $7,4 \cdot 10^{-09}$ | $1,5 \cdot 10^{-09}$         | CHITRA ET AL         |
| RKS 6   | 1,1-3,0                             | Geschiebelehm | $4,1 \cdot 10^{-08}$ | $8,2 \cdot 10^{-09}$         | CHITRA ET AL         |
| RKS 7   | 0,5-1,8                             | Geschiebelehm | $8,5 \cdot 10^{-09}$ | $1,7 \cdot 10^{-09}$         | CHITRA ET AL         |
| RKS 9   | 0,5-1,8                             | Geschiebelehm | $9,9 \cdot 10^{-09}$ | $2,0 \cdot 10^{-09}$         | CHITRA ET AL         |
| RKS 10  | 0,6-1,5                             | Geschiebelehm | $1,9 \cdot 10^{-08}$ | $3,8 \cdot 10^{-09}$         | CHITRA ET AL         |
| RKS 11  | 1,0-1,5                             | Geschiebelehm | $1,3 \cdot 10^{-08}$ | $2,6 \cdot 10^{-09}$         | CHITRA ET AL         |
| RKS 13  | 1,3-1,8                             | Geschiebelehm | $1,5 \cdot 10^{-0}$  | $3,0 \cdot 10^{-09}$         | CHITRA ET AL         |
| RKS 14  | 0,3-0,8                             | Geschiebesand | $1,7 \cdot 10^{-05}$ | $3,4 \cdot 10^{-06}$         | ROBERTSON &<br>WRIDE |
| RKS 9   | 0,3-0,8                             | Geschiebesand | $3,3 \cdot 10^{-08}$ | $6,6 \cdot 10^{-09}$         | CHITRA ET AL         |

Nach den Ergebnissen der k-Wert-Bestimmungen weisen die anstehenden gemischt-körnigen bis bindigen Geschiebelehme gem. DWA-Regelwerk korrigierte Durchlässigkeitsbeiwerte von ca.  $k = 1,5 \cdot 10^{-09}$  m/s bis ca.  $k = 8,4 \cdot 10^{-09}$  m/s auf. Diese Böden sind in Anlehnung an die DIN 18130, Teil 1 als "sehr schwach durchlässig" einzustufen.

Die örtlich anstehenden nichtbindigen Geschiebesande weisen korrigierte Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen ca.  $k = 3,4 \cdot 10^{-06}$  m/s bis ca.  $k = 3,3 \cdot 10^{-09}$  m/s auf. Diese Böden sind in Anlehnung an die DIN 18130, Teil 1 örtlich noch als "durchlässig" bis überwiegend "sehr schwach durchlässig" einzustufen.

### 7.3 Beurteilung des Grundwasserflurabstandes

Der Grundwasserflurabstand meint in diesem Fall den zur Verfügung stehenden Sickerraum zwischen der Sohle der Versickerungsanlage und dem mittleren höchsten Grundwasserstand. Dieser soll gem. DWA-Regelwerk zum Schutze des Grundwassers mind. 1,0 m unterhalb der Sohle der zukünftigen Versickerungsanlage liegen.

Grundwasser wurde bei den Baugrunduntersuchungen zwischen ca. zwischen ca. 95,5 mNHN und ca. 97,4 mNHN angetroffen. Der mittlere gemessene Grundwasserstand liegt bei ca. 96,3 mNHN (vgl. Kap. 3.3).

Bei den anstehenden, mit Durchlässigkeitsbeiwerten von  $k < 1 \cdot 10^{-04}$  m/s geringer durchlässigen Böden ist allerdings in niederschlagsreichen Zeiten bzw. nach anhaltenden starken Niederschlägen mit lokalen Vernässungen durch temporär aufgestauten Hang-, Sicker- und Schichtwasser zu rechnen. Der Sickerwasseraufstau kann dann örtlich bis zur Geländeoberkante reichen und dort zu vorübergehenden Vernässungen führen.

Die zu erwartende mittlere höchste Grundwasserstand wird für das Plangebiet demnach bei ca. 98,0 mNHN bzw. in den tieferliegenden Bereichen bis max. auf GOK abgeschätzt.

Die aktuellen Geländeoberkanten liegen nach dem Höhennivellement der Sondieransatzpunkte zwischen ca. 96,5 mNHN und ca. 102,6 mNHN

Unter Berücksichtigung des Schutzabstandes von 1,0 m kann demnach die Sohle möglicher Versickerungsanlagen in den tieferen Bereichen bei ca. 98,0 mNHN und in den oder höher gelegenen Bereichen bei ca. 99,0 mNHN liegen.

## **7.4 Fazit**

Die im oberen Profilabschnitt unterhalb des humosen Oberbodens örtlich anstehenden gemischtkörnigen bis nicht bindigen Sande (vgl. RKS 11 bis RKS 16 in den Anlagen 1.2 und 2.1) sind gemäß der k-Wert-Bestimmung nur kleinräumig ausreichend durchlässig. Überwiegend liegen die im Labor ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte und die

korrigierten Durchlässigkeitsbeiwerte deutlich außerhalb des gem. DWA-Regelwerk zulässigen Bereichs von  $k = 1 \cdot 10^{-03} \text{ m/s}$  bis  $k = 1 \cdot 10^{-06} \text{ m/s}$ .

Die örtlich oberflächennah und überwiegend zur Tiefe hin anstehenden bindig-gemischtkörnigen Böden weisen ermittelte und korrigierte Durchlässigkeitsbeiwert außerhalb des o. g. zulässigen Bereiches auf.

Unter Einhaltung des nach DWA-Regelwerk geforderten Schutzabstands von mindestens 1,0 m zum jeweils abgeschätzten mittleren höchsten Grundwasserstand der unterschiedlich hoch gelegenen Plangebietsbereiche liegen die zulässigen Höhen der Sohlen möglicher Versickerungsanlagen in den tieferen Bereichen nur knapp unterhalb oder bereits oberhalb der aktuellen Geländeoberkante und in den höher gelegenen Bereichen innerhalb sehr schwach durchlässiger Böden.

Aufgrund der nur in Teilbereichen mit geringer Ausbreitung anstehenden ausreichend durchlässigen Böden über undurchlässigen Böden und des geringen Grundwasserflurabstandes in diesen Bereichen ist eine vollständige Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser im Bereich der untersuchten Flächen überwiegend nicht empfehlenswert bzw. nur kleinräumig über flache Mulden, die über offene Zuleitungen mit kurzen Wegen beschickt werden, möglich.

Alternativ zur Versickerung des anfallenden Niederschlagswassers könnte zum Zwecke einer Regenrückhaltung ein Teich angelegt werden, der mit einem Überlauf zu versehen ist. Das Überlaufwasser könnte dann ggf. gedrosselt in einen Vorflutgraben bzw. in die entsprechende Kanalisation eingeleitet werden. Der Teich hat eine im Vergleich zu seiner Fläche geringe Tiefe, um die natürliche Verdunstung zu unterstützen.

Sollten Versickerungsanlagen geplant werden, so sind dann diesbezüglich noch ergänzende Untersuchungen erforderlich, um die vorgenannten Erkenntnisse am dann

gewählten Standort der Versickerungsanlage noch zu verifizieren. Dabei ist dann auch die örtliche Geländemorphologie zu berücksichtigen.

Bei der Dimensionierung und Gestaltung von Versickerungsanlagen sind grundsätzlich die Angaben des DWA-Regelwerks, Arbeitsblatt A 138, zu beachten.

### **8.0 Baugrubenabnahme und Verdichtungsüberprüfung**

Nach Freilegung der Abtragsplanien / Gründungssohlen bzw. während der Ausschachtungsarbeiten ist der Gutachter gem. DIN EN 1997-1, Abschnitt 4.3.1, zu einer abschließenden Baugrundbeurteilung (Baugrubenabnahme) aufzufordern. Es erfolgt ein Vergleich der Baugrundverhältnisse zu denen, die dem vorliegenden Gutachten zugrunde gelegt wurden.

Im Zuge der Baugrubenabnahme werden die örtlich empfohlenen Bodenaustauscharbeiten exakt festgelegt und es erfolgen die endgültigen Angaben zur bauzeitlichen Wasserhaltung, zur Kanalgraben- und Baugrubensicherung, zur Herstellung des Erdplans und zur Stabilisierung der Kanalgrabensohle.

Nach Fertigstellung der Bodenaustausch- und der Verdichtungsarbeiten ist gem. DIN EN 1997-1, Abschnitt 5.3.4, eine Überprüfung der erreichten Verdichtung durch den Gutachter erforderlich.

## 9.0 Weitere Angaben und Schlusswort

Nach der Erdbebenzonenkarte der DIN EN 1998-1/NA liegt das Plangebiet in keiner Erdbebenzone.

Dem Gutachter liegen keine Informationen über bergbauliche Tätigkeiten im Baugebiet vor. Diesbezüglich ist ggf. noch das zuständige Landesoberbergamt zu konsultieren.

Es wird darauf hingewiesen, dass zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung zur Baumaßnahme nur ein Lageplan ohne Angaben zu geplanten Ausbauhöhen der Straßen- und Kanaltrassen sowie der Gebäude vorlag. Nach Fertigstellung der Planunterlagen ist daher ein Nachtrag bzw. ein Abgleich zu den im vorliegenden Gutachten getroffenen Annahmen erforderlich.

Nach den anstehenden Baugrund- und Grundwasserverhältnissen ergibt sich zunächst eine Einstufung des Bauvorhabens 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 12. Mai 2023

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](http://www.ows-online.de)

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](http://www.ows-online.de)

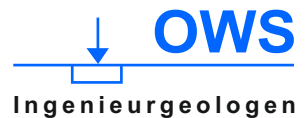
Dipl.-Geol. S. Schweins



Quelle: Geofachdaten © NLStBV 2023 - Geobasisdaten © LGLN 2023

Zum Wasserwerk 15  
48268 Greven

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



**Projekt:**      **Bebauungsplan**  
                      **„Nördlich Eichenweg“**  
                      **in 49196 Bad Laer**

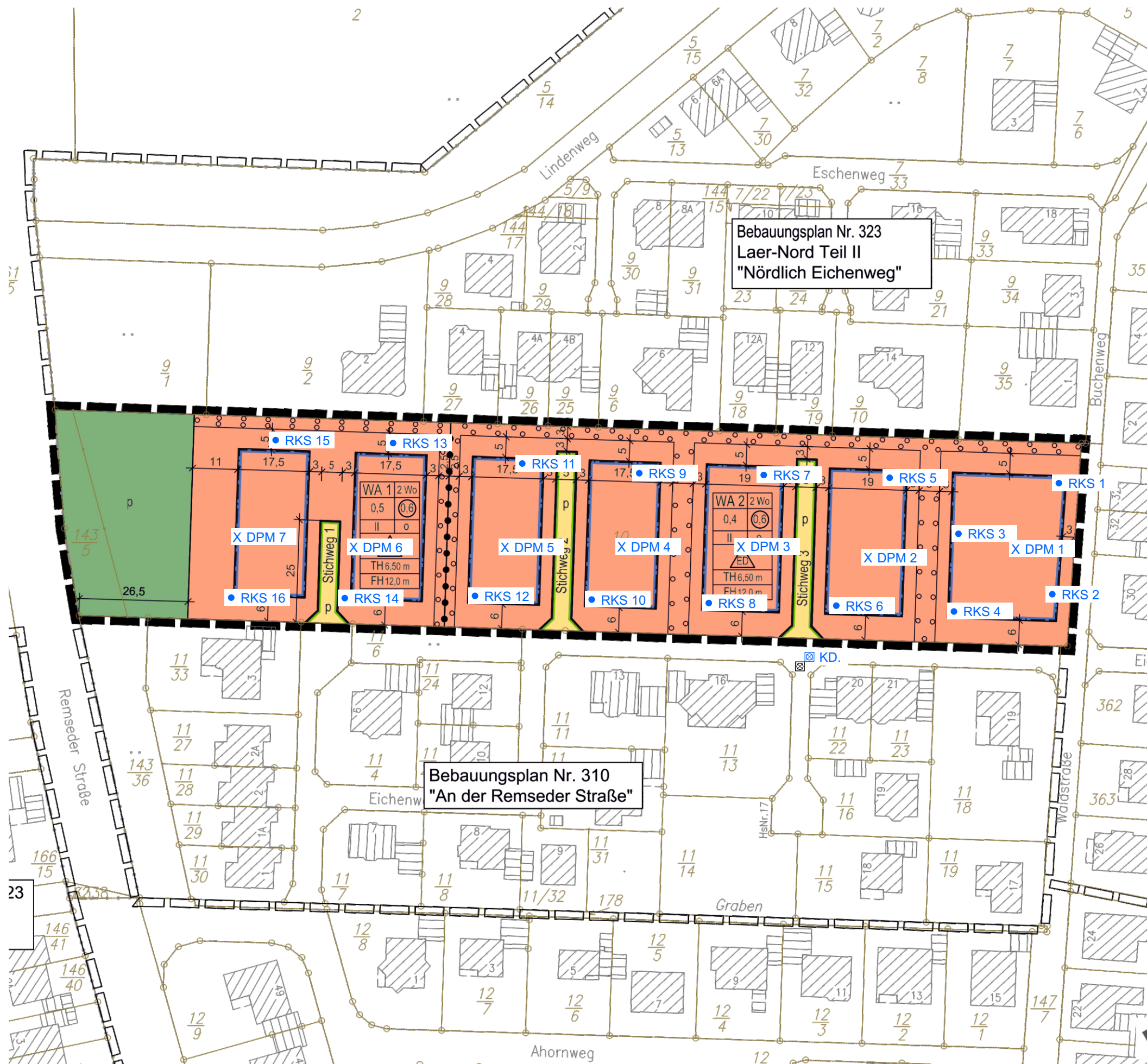
**Planinhalt:**    **Übersicht**

**Projekt-Nr.:**    **2304-5961**

**Maßstab:**      **1 : 25 000**

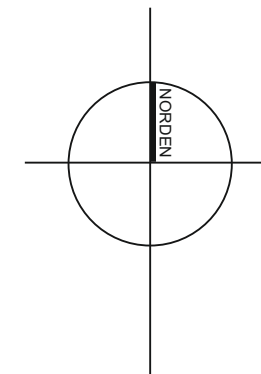
**Datum:**        **26.-28.04.2023**

**Anlage:**        **1.1**



## Legende

- RKS 1 Rammkernsondierbohrung  
DN 36/50 EN ISO 22475-1
- X DPM 1 Mittelschwere Rammsondierung  
gem. EN ISO 22476-2
- ▣ KD. Kanaldeckel mit 100,90 mNHN  
als Bezugspunkt für das  
Höhennivellement



Zum Wasserwerk 15  
48268 Greven

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



**Projekt:** Bebauungsplan  
„Nördlich Eichenweg“  
in 49196 Bad Laer

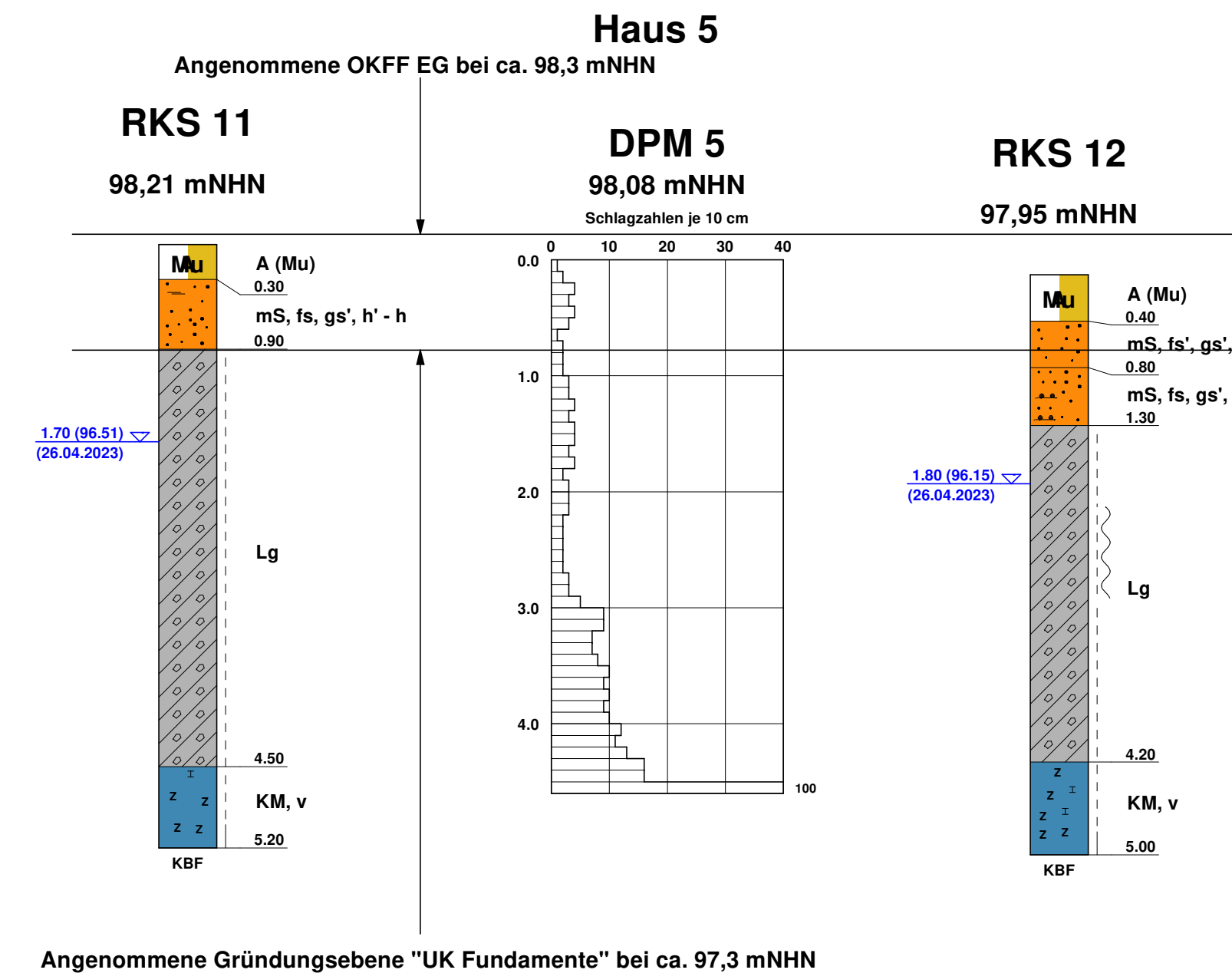
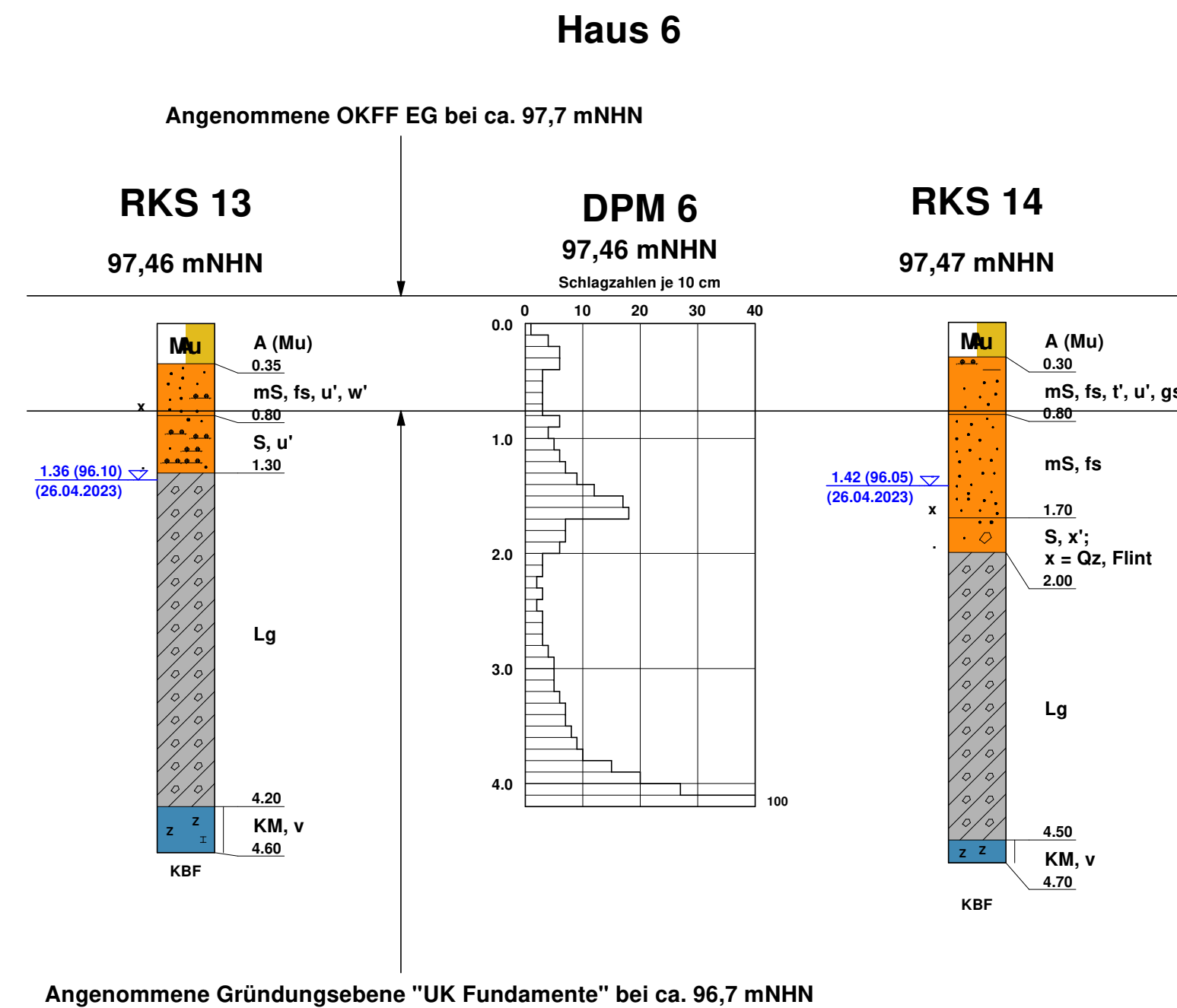
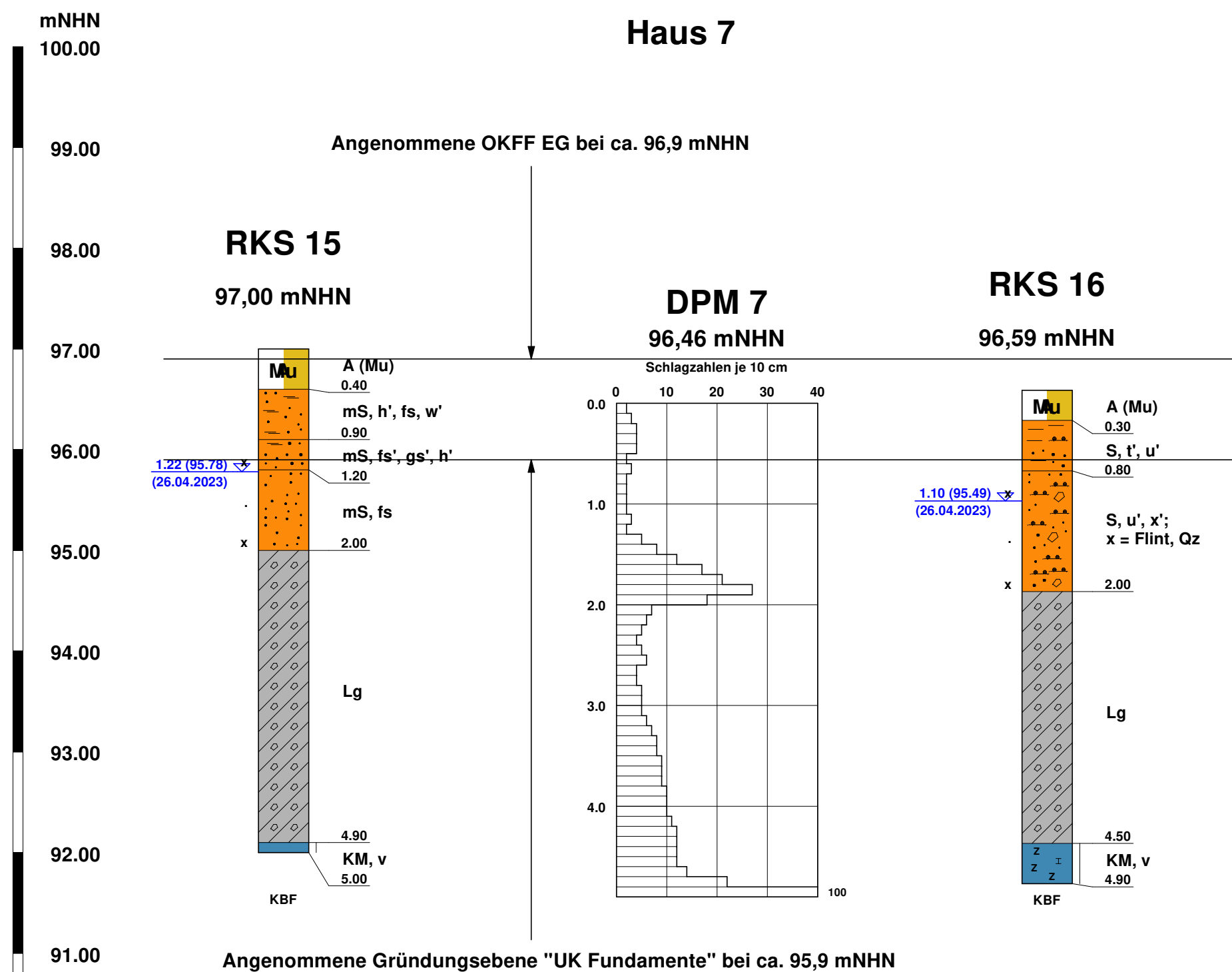
**Planinhalt:** Lage der Bodenaufschlusspunkte  
RKS 1 - RKS 16 und DPM 1 - DPM 7

**Projekt-Nr.:** 2304-5961

**Maßstab:** 1 : 1 000

**Datum:** 26.-28.04.2023

**Anlage:** 1.2



## Legende

## Konsistenzen und Bodenarten

|                                                                                     |               |                                                                                     |                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
|  | halbfest      |  | Sand (S)            |
|  | steif         |  | Mittelsand (mS)     |
|  | weich - steif |  | Hum. Oberboden (Mu) |
|                                                                                     |               |  | Auffüllung (A)      |
|                                                                                     |               |  | Geschiebelehm (Lg)  |

## Abkürzungen

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

BZP = Kanaldeckel mit 100,90 mNHN  
(vgl. Anlage 1.2)

**KBF = Kein Bohrfortschritt möglich**

## Grundwasser

|                                                                                       |         |                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------|
|  | (Zahl)  | = Grundwasser angebohrt     |
|  | (Datum) |                             |
|  | (Zahl)  | = Grundwasser nach Bohrende |
|  | (Datum) |                             |
|  | (Zahl)  | = Grundwasserruhestand      |
|                                                                                       | (Datum) |                             |
| $\frac{x}{x}$                                                                         |         | = nass / fließfähig         |
| $x$                                                                                   |         | = Vernässung                |

**Zum Wasserwerk 15  
48268 Greven**

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



**Projekt:** Bebauungsplan  
"Nördlich Eichenweg"  
in 49196 Bad Laer

|             |                                                                 |
|-------------|-----------------------------------------------------------------|
| Planinhalt: | Schichtenprofile RKS 11 - RKS 16<br>Rammdiagramme DPM 5 - DPM 7 |
|-------------|-----------------------------------------------------------------|

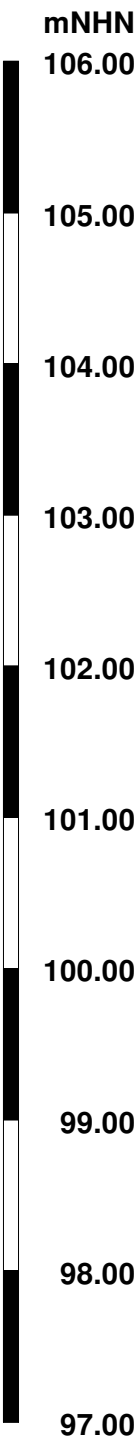
|                               |                        |
|-------------------------------|------------------------|
| <b>Projekt-Nr.: 2304-5961</b> | <b>Maßstab: 1 : 50</b> |
|-------------------------------|------------------------|

|                       |             |
|-----------------------|-------------|
| Datum: 26.-28.04.2023 | Anlage: 2.1 |
|-----------------------|-------------|

| <u>Homogenbereiche</u>          |             |                  |
|---------------------------------|-------------|------------------|
| Humoser Oberboden:              | A (Mu)      | Homogenbereich A |
| Sand:                           | fS, mS, ... | Homogenbereich B |
| Geschiebelehm:                  | LG          | Homogenbereich B |
| Kalkmergel, verwittert:         | KM, v       | Homogenbereich B |
| Kalkmergel, schwach verwittert: | KM, v'      | Homogenbereich X |

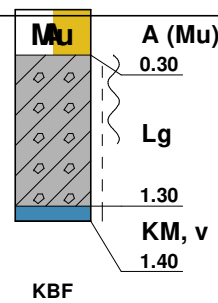


Haus 1



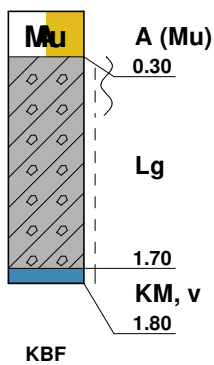
RKS 1

102,44 mNHN



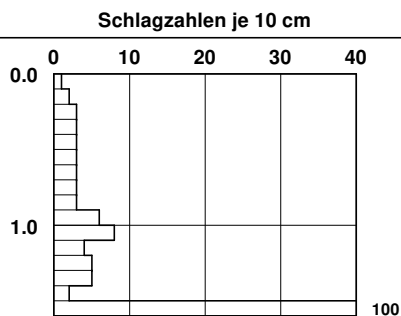
RKS 3

101,76 mNHN



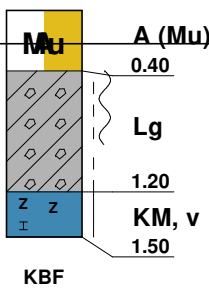
DPM 1

102,16 mNHN



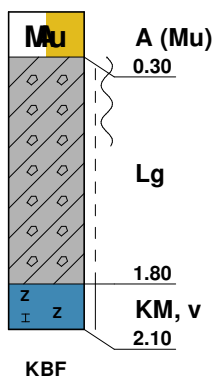
RKS 2

102,62 mNHN



RKS 4

101,85 mNHN



Angenommene Gründungsebene "UK Kellersohle" bei ca. 99,4 mNHN

Legende

Konsistenzen und Bodenarten

|  |               |  |                     |
|--|---------------|--|---------------------|
|  | halbfest      |  | Hum. Oberboden (Mu) |
|  | steif         |  | Auffüllung (A)      |
|  | weich - steif |  | Geschiebelehm (Lg)  |

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 100,90 mNHN (vgl. Anlage 1.2)

KBF = Kein Bohrfortschritt möglich

Grundwasser

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

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

Ingenieurgeologen

Projekt: **Bebauungsplan  
"Nördlich Eichenweg"  
in 49196 Bad Laer**

Planinhalt: **Schichtenprofile RKS 1 - RKS 4  
Rammdiagramm DPM 1**

Projekt-Nr.: 2304-5961      Maßstab: 1 : 50

Datum: 26.-28.04.2023      Anlage: 2.3

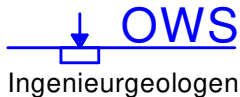
Homogenbereiche

|                                 |             |                   |
|---------------------------------|-------------|-------------------|
| Humoser Oberboden:              | A (Mu)      | Homogenbereich AO |
| Sand:                           | fS, mS, ... | Homogenbereich B1 |
| Geschiebelehm:                  | LG          | Homogenbereich B2 |
| Kalkmergel, verwittert:         | KM, v       | Homogenbereich B3 |
| Kalkmergel, schwach verwittert: | KM, v'      | Homogenbereich X  |

Zum Wasserwerk 15  
48268 Greven

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

Bearbeiter: ar, js



Datum: 04.05.2023

# Körnungslinie

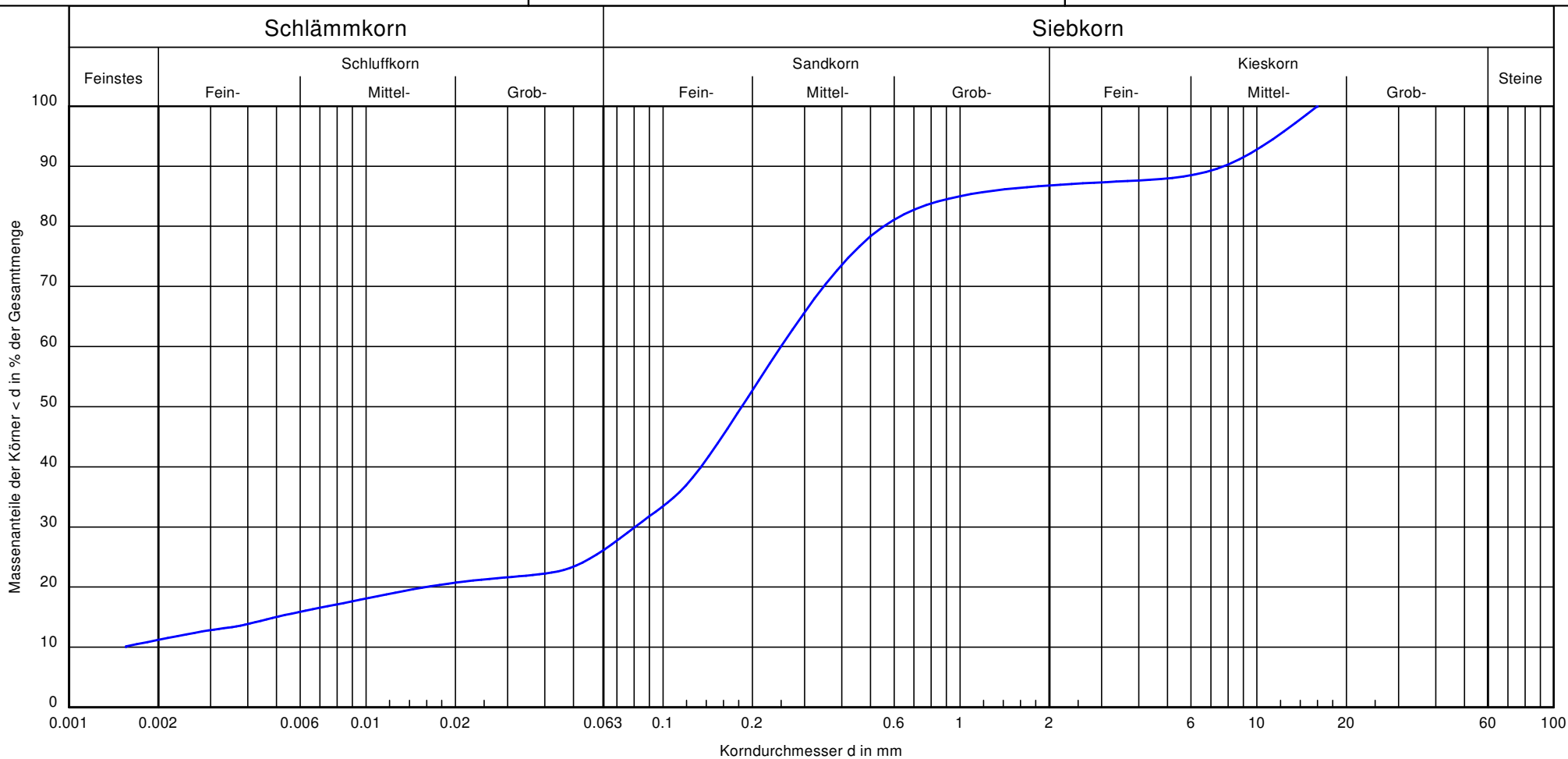
## Bebauungsplan „Nördlich Eichenweg“ in 49196 Bad Laer

Projekt-Nr.: 2304-5961

Probe entnommen am: 27.04.2023

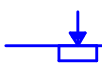
Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlammanalyse



|                         |                |              |                                    |
|-------------------------|----------------|--------------|------------------------------------|
| Bezeichnung:            | RKS 3          | Bemerkungen: | Bericht:<br>5961<br>Anlage:<br>3.1 |
| Bodenart:               | S, t', u', mg' |              |                                    |
| Tiefe:                  | 1,00-1,70      |              |                                    |
| U/Cc:                   | -/-            |              |                                    |
| k [m/s] (Chitra et al): | 4,2E-08        |              |                                    |
| Bodengruppe:            | SU*            |              |                                    |
| Frostsicherheit:        | F3             |              |                                    |

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



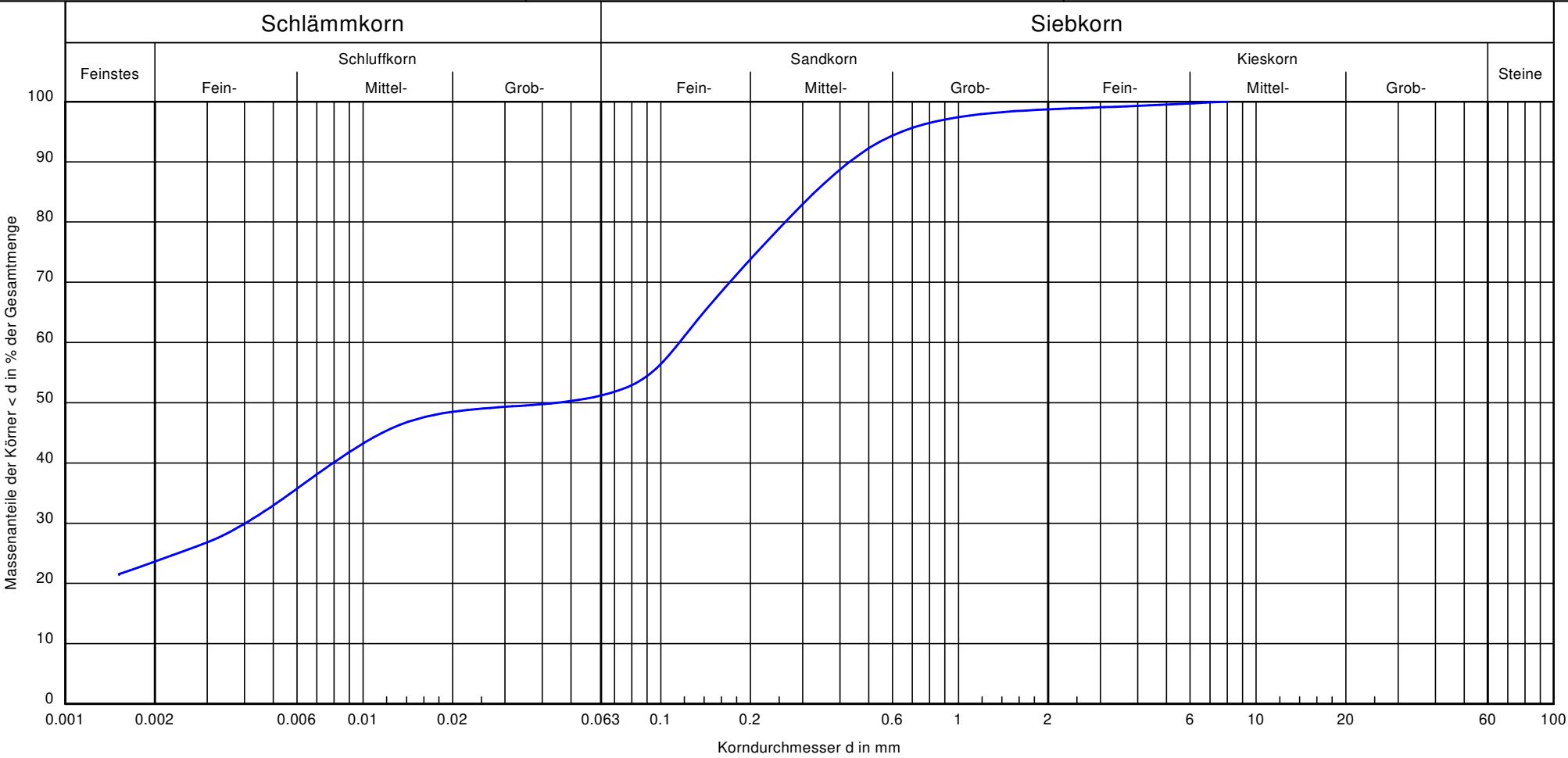
**OWS**  
Ingenieurgeologen

Datum: 04.05.2023

# Körnungslinie

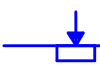
## Bebauungsplan „Nördlich Eichenweg“ in 49196 Bad Laer

Projekt-Nr.: 2304-5961  
Probe entnommen am: 27.04.2023  
Art der Entnahme: gestört  
Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlämmanalyse



|                         |           |              |                                    |
|-------------------------|-----------|--------------|------------------------------------|
| Bezeichnung:            | RKS 5     | Bemerkungen: | Bericht:<br>5961<br>Anlage:<br>3,2 |
| Bodenart:               | S, t, u   |              |                                    |
| Tiefe:                  | 0,60-1,40 |              |                                    |
| U/Cc:                   | -/-       |              |                                    |
| k [m/s] (Chitra et al): | 7,4E-09   |              |                                    |
| Bodengruppe:            | TM        |              |                                    |
| Frostsicherheit:        | F3        |              |                                    |

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



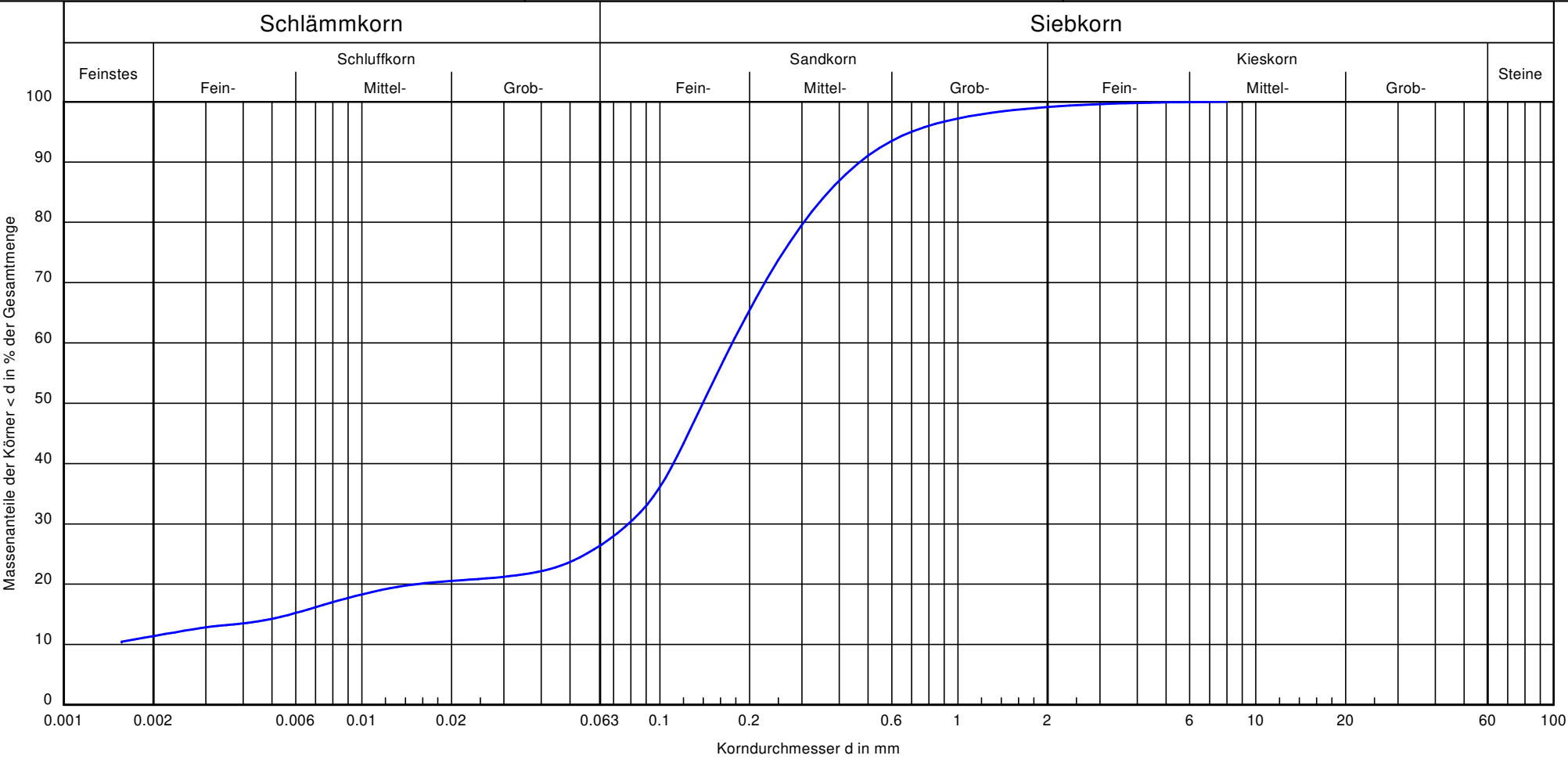
**OWS**  
Ingenieurgeologen

Datum: 04.05.2023

# Körnungslinie

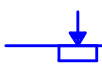
## Bebauungsplan „Nördlich Eichenweg“ in 49196 Bad Laer

Projekt-Nr.: 2304-5961  
Probe entnommen am: 27.04.2023  
Art der Entnahme: gestört  
Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlämmanalyse



|                         |           |              |                                    |
|-------------------------|-----------|--------------|------------------------------------|
| Bezeichnung:            | RKS 6     | Bemerkungen: | Bericht:<br>5961<br>Anlage:<br>3.3 |
| Bodenart:               | S, u, t'  |              |                                    |
| Tiefe:                  | 1,10-3,00 |              |                                    |
| U/Cc:                   | -/-       |              |                                    |
| k [m/s] (Chitra et al): | 4,1E-08   |              |                                    |
| Bodengruppe:            | SU*       |              |                                    |
| Frostsicherheit:        | F3        |              |                                    |

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



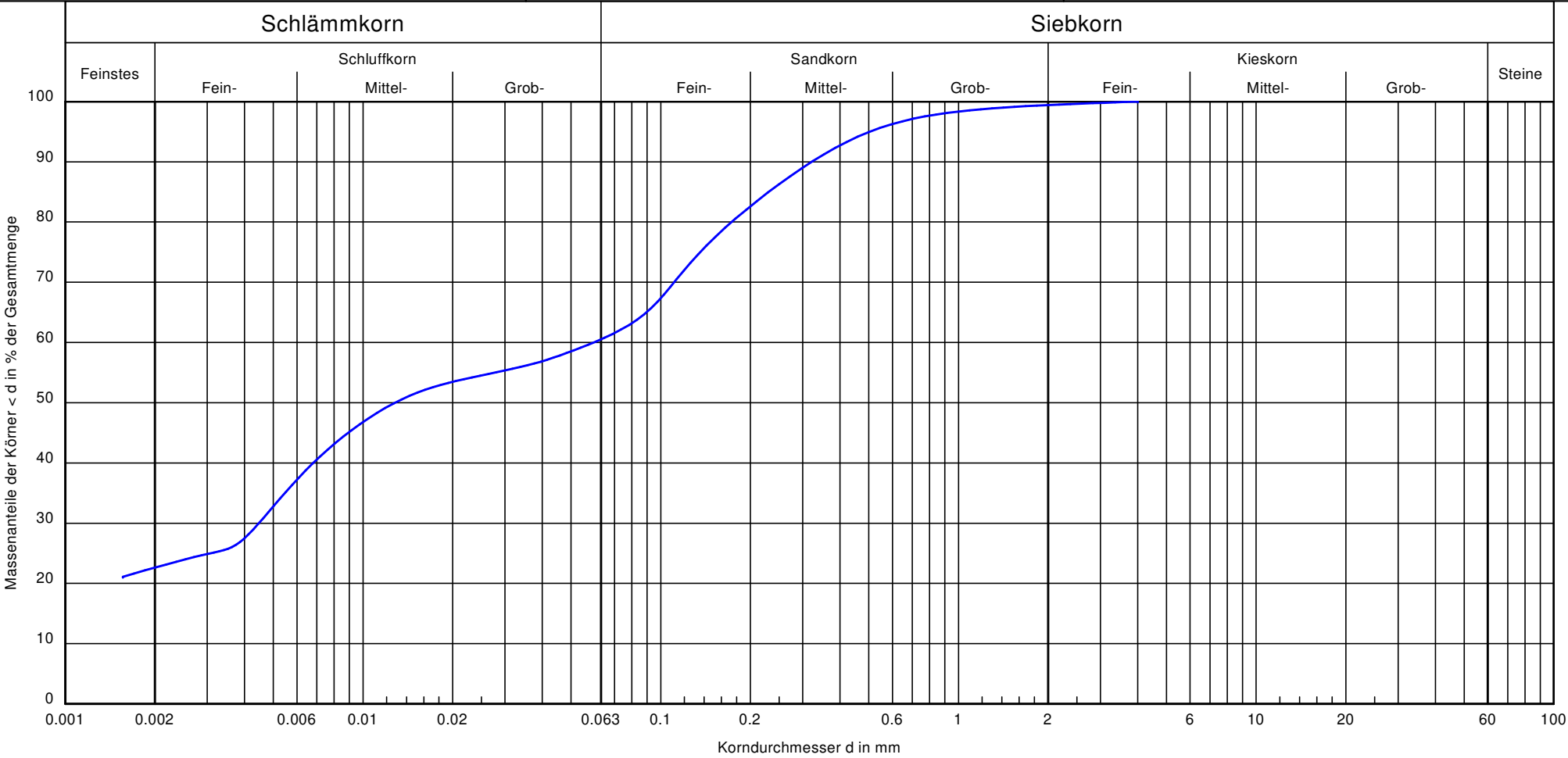
**OWS**  
Ingenieurgeologen

Datum: 04.05.2023

# Körnungslinie

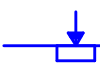
## Bebauungsplan „Nördlich Eichenweg“ in 49196 Bad Laer

Projekt-Nr.: 2304-5961  
Probe entnommen am: 27.04.2023  
Art der Entnahme: gestört  
Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlämmanalyse



|                         |           |              |                                    |
|-------------------------|-----------|--------------|------------------------------------|
| Bezeichnung:            | RKS 7     | Bemerkungen: | Bericht:<br>5961<br>Anlage:<br>3.4 |
| Bodenart:               | S, ü, t   |              |                                    |
| Tiefe:                  | 0,50-1,80 |              |                                    |
| U/Cc:                   | -/-       |              |                                    |
| k [m/s] (Chitra et al): | 8,5E-09   |              |                                    |
| Bodengruppe:            | TM        |              |                                    |
| Frostsicherheit:        | F3        |              |                                    |

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



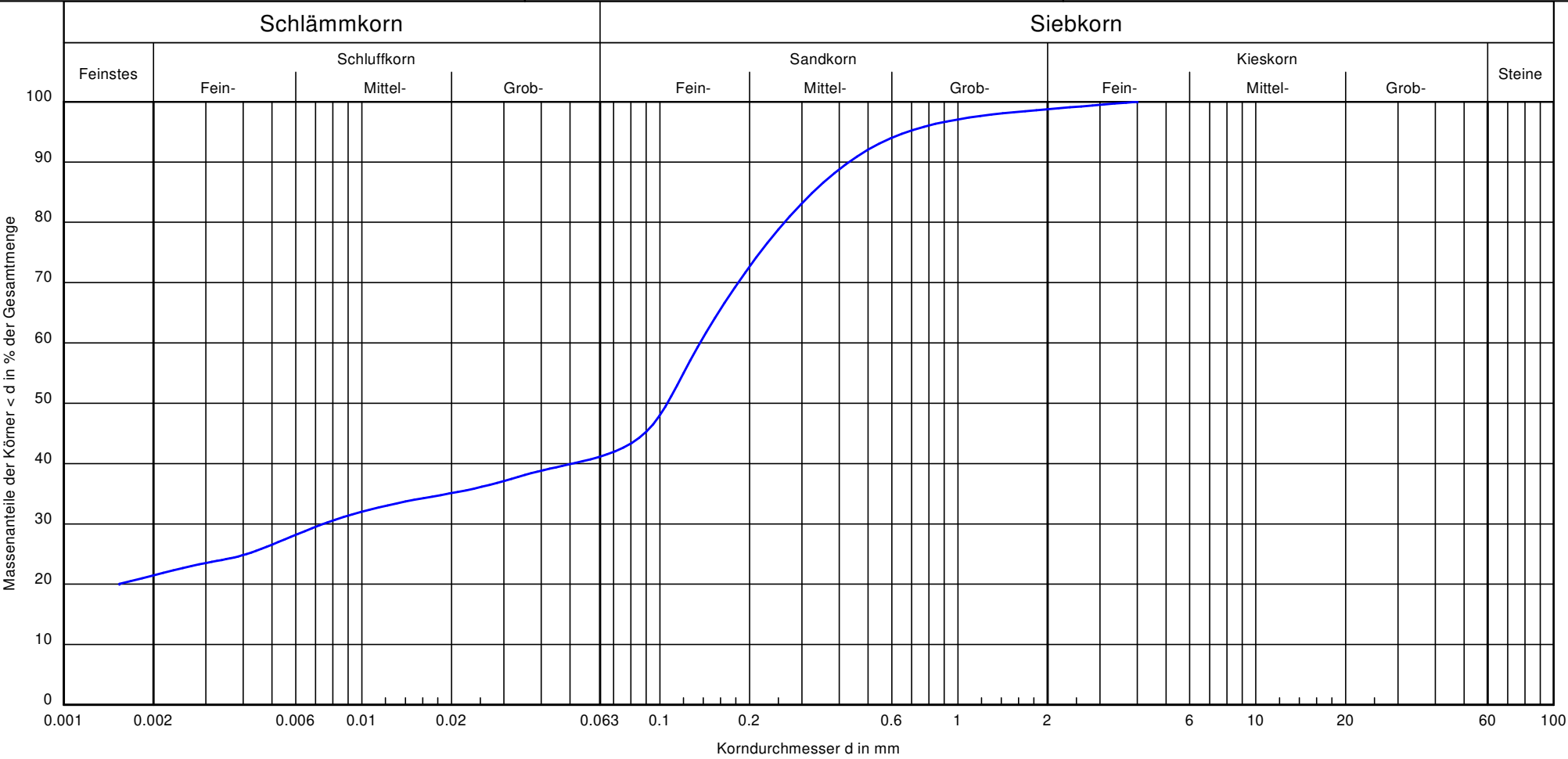
**OWS**  
Ingenieurgeologen

Datum: 04.05.2023

# Körnungslinie

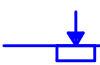
## Bebauungsplan „Nördlich Eichenweg“ in 49196 Bad Laer

Projekt-Nr.: 2304-5961  
Probe entnommen am: 26.04.2023  
Art der Entnahme: gestört  
Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlämmanalyse



|                         |           |              |                                    |
|-------------------------|-----------|--------------|------------------------------------|
| Bezeichnung:            | RKS 9     | Bemerkungen: | Bericht:<br>5961<br>Anlage:<br>3.5 |
| Bodenart:               | S, t, u   |              |                                    |
| Tiefe:                  | 0,50-1,80 |              |                                    |
| U/Cc:                   | -/-       |              |                                    |
| k [m/s] (Chitra et al): | 9,9E-09   |              |                                    |
| Bodengruppe:            | TL        |              |                                    |
| Frostsicherheit:        | F3        |              |                                    |

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



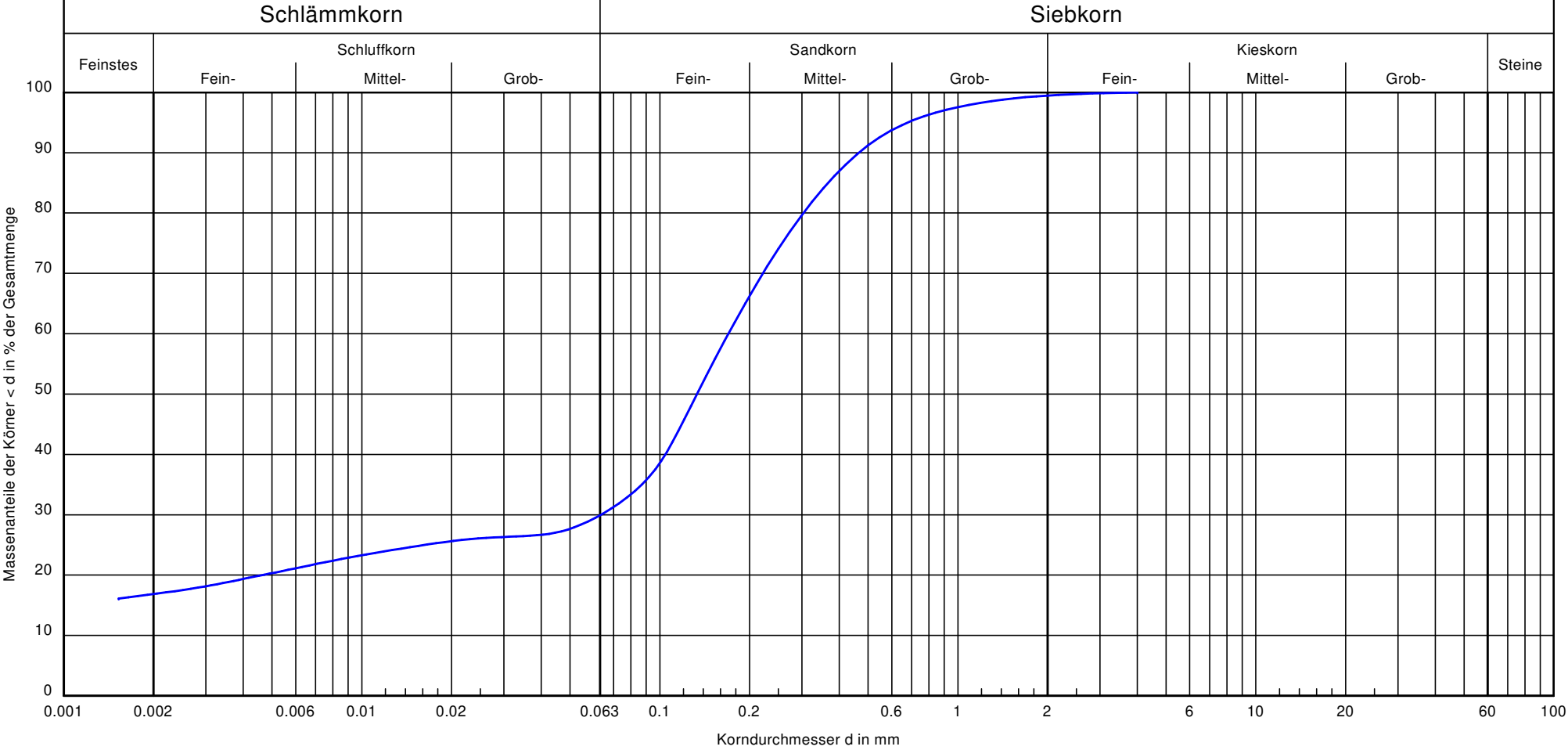
**OWS**  
Ingenieurgeologen

Datum: 04.05.2023

# Körnungslinie

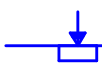
## Bebauungsplan „Nördlich Eichenweg“ in 49196 Bad Laer

Projekt-Nr.: 2304-5961  
Probe entnommen am: 26.04.2023  
Art der Entnahme: gestört  
Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlämmanalyse



|                         |           |              |                                    |
|-------------------------|-----------|--------------|------------------------------------|
| Bezeichnung:            | RKS 10    | Bemerkungen: | Bericht:<br>5961<br>Anlage:<br>3.6 |
| Bodenart:               | S, t, u'  |              |                                    |
| Tiefe:                  | 0,60-1,50 |              |                                    |
| U/Cc:                   | -/-       |              |                                    |
| k [m/s] (Chitra et al): | 1,9E-08   |              |                                    |
| Bodengruppe:            | ST*       |              |                                    |
| Frostsicherheit:        | F3        |              |                                    |

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



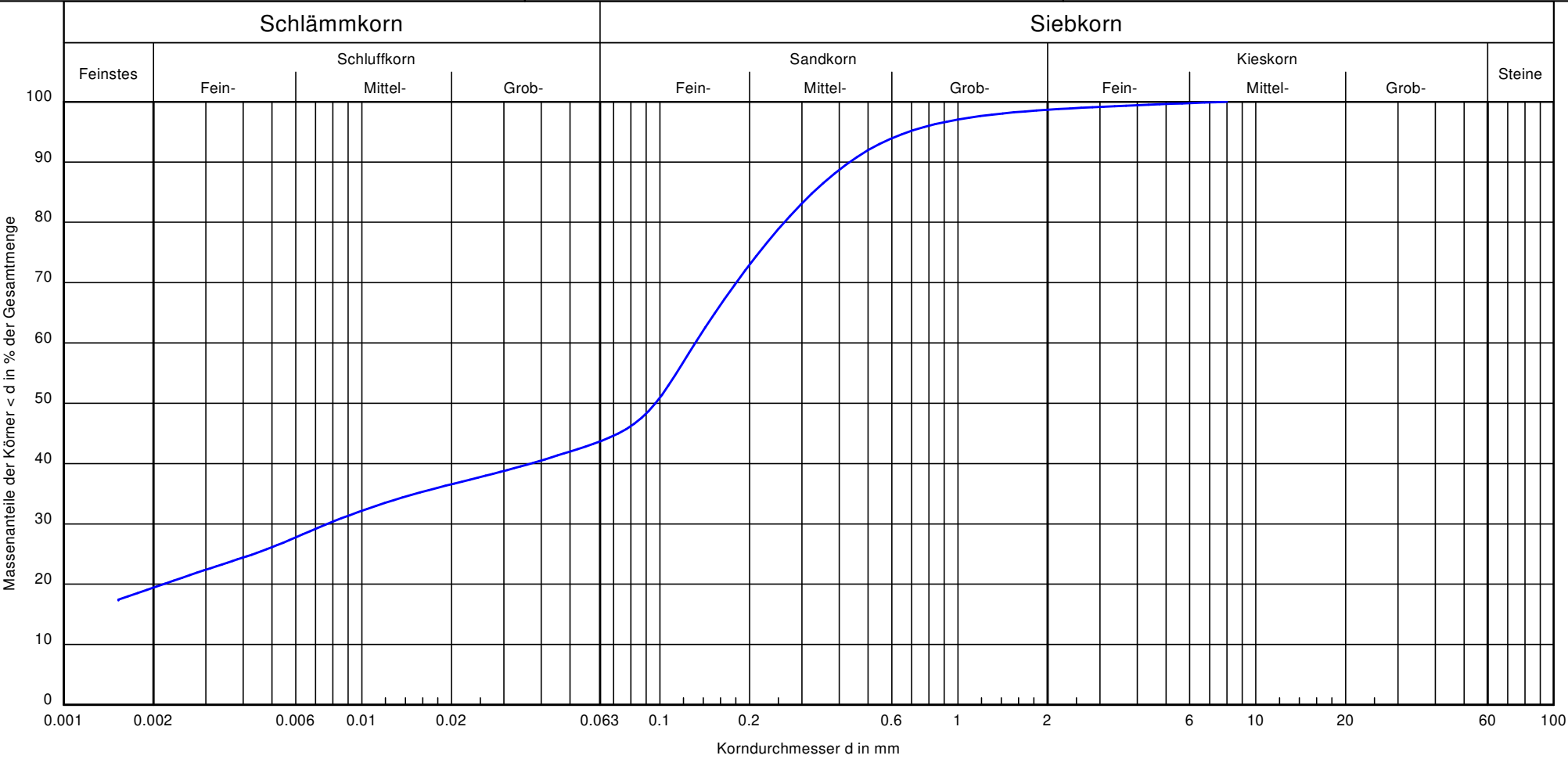
**OWS**  
Ingenieurgeologen

Datum: 04.05.2023

# Körnungslinie

## Bebauungsplan „Nördlich Eichenweg“ in 49196 Bad Laer

Projekt-Nr.: 2304-5961  
Probe entnommen am: 26.04.2023  
Art der Entnahme: gestört  
Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlämmanalyse



|                         |           |              |                                    |
|-------------------------|-----------|--------------|------------------------------------|
| Bezeichnung:            | RKS 11    | Bemerkungen: | Bericht:<br>5961<br>Anlage:<br>3.7 |
| Bodenart:               | S, t, u   |              |                                    |
| Tiefe:                  | 1,00-1,50 |              |                                    |
| U/Cc:                   | -/-       |              |                                    |
| k [m/s] (Chitra et al): | 1,3E-08   |              |                                    |
| Bodengruppe:            | TL        |              |                                    |
| Frostsicherheit:        | F3        |              |                                    |

Körnungslinie

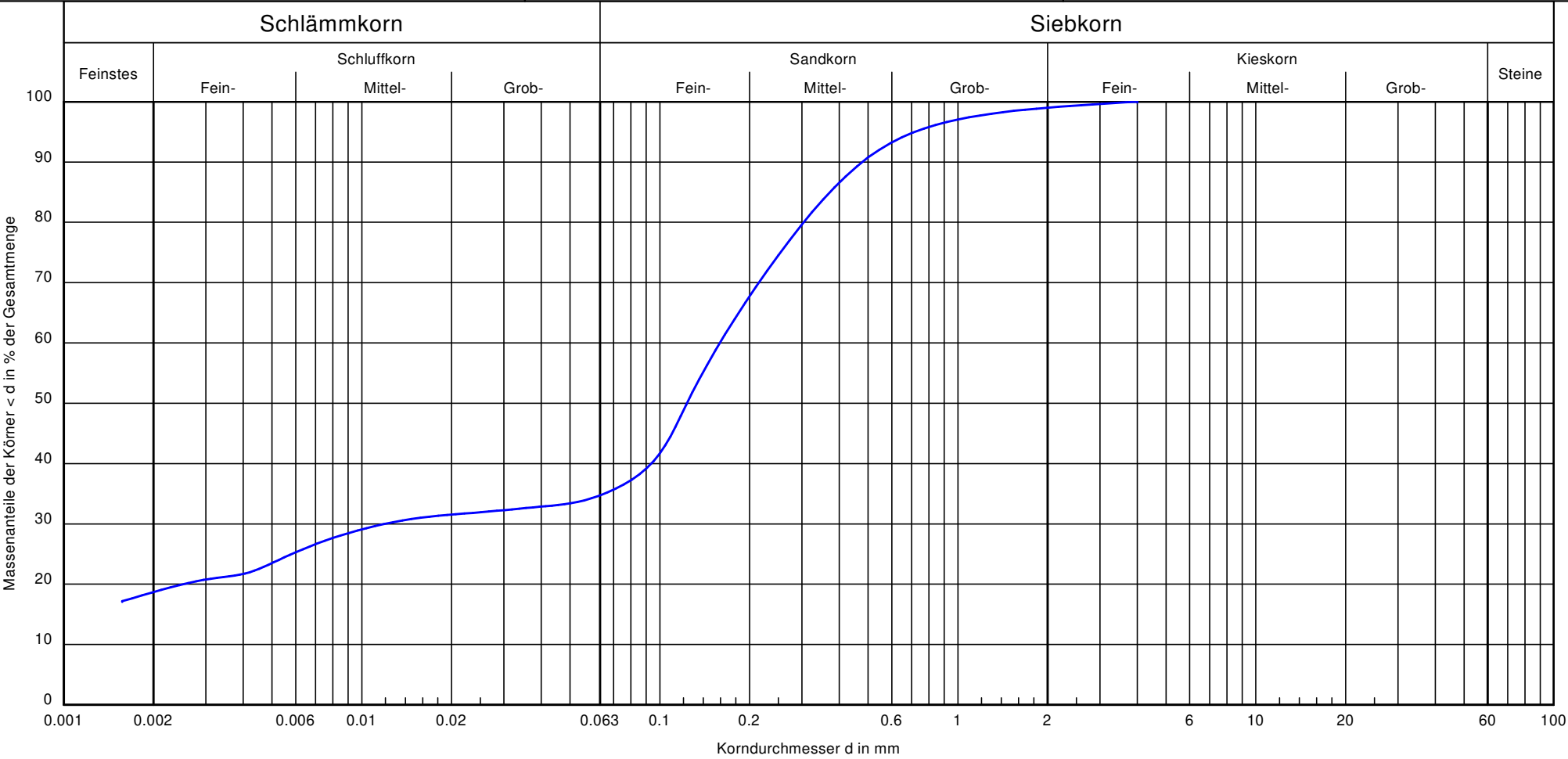
Bebauungsplan „Nördlich Eichenweg“  
in 49196 Bad Laer

Projekt-Nr.: 2304-5961

Probe entnommen am: 26.04.2023

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlämmanalyse



|                         |           |              |                                    |
|-------------------------|-----------|--------------|------------------------------------|
| Bezeichnung:            | RKS 13    | Bemerkungen: | Bericht:<br>5961<br>Anlage:<br>3.8 |
| Bodenart:               | S, t, u   |              |                                    |
| Tiefe:                  | 1,30-1,60 |              |                                    |
| U/Cc:                   | -/-       |              |                                    |
| k [m/s] (Chitra et al): | 1,5E-08   |              |                                    |
| Bodengruppe:            | ST*       |              |                                    |
| Frostsicherheit:        | F3        |              |                                    |

Zum Wasserwerk 15  
48268 Greven

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

Bearbeiter: ar, js



Ingenieurgeologen

Datum: 04.05.2023

# Körnungslinie

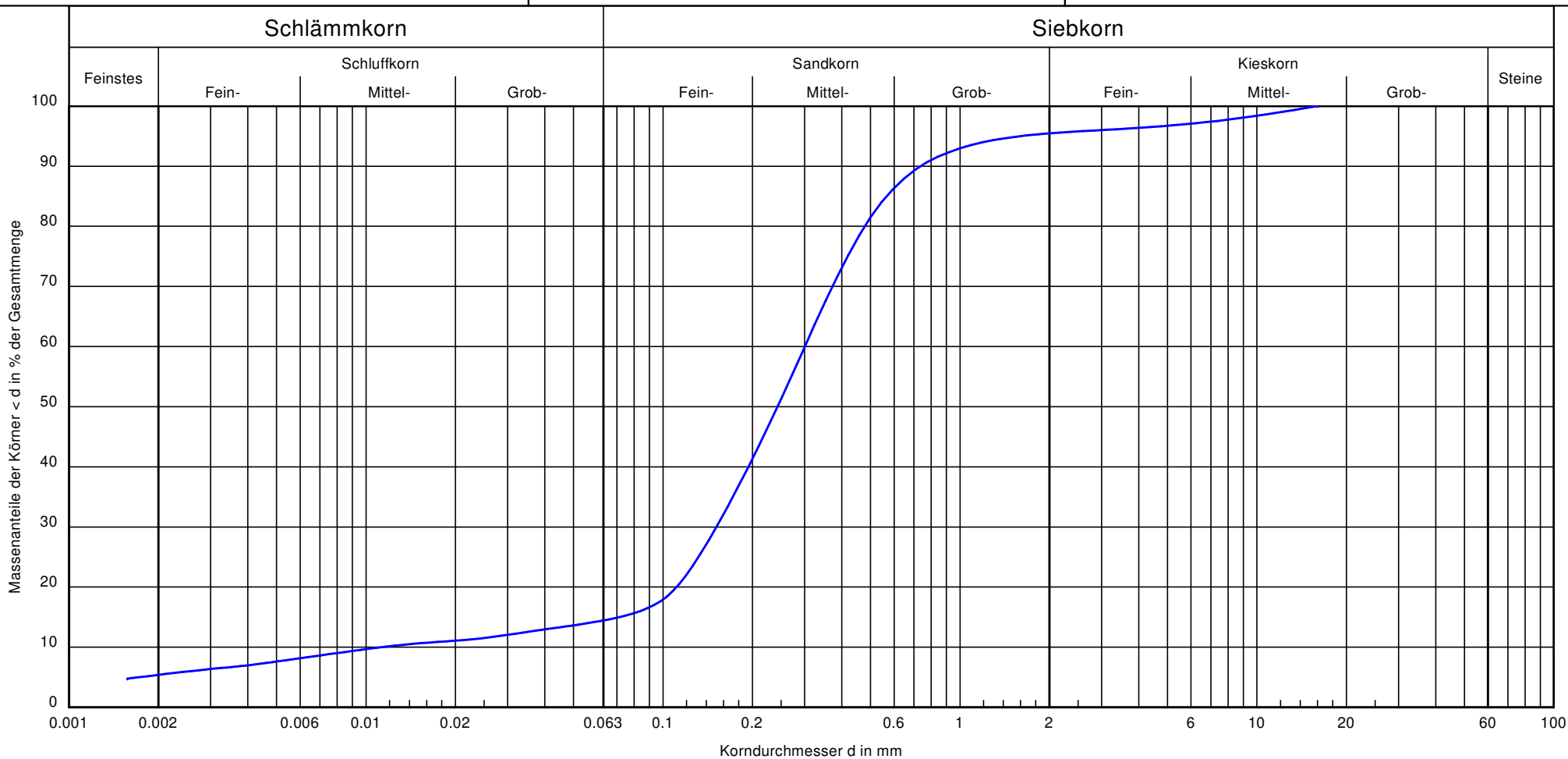
Bebauungsplan „Nördlich Eichenweg“  
in 49196 Bad Laer

Projekt-Nr.: 2304-5961

Probe entnommen am: 26.04.2023

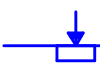
Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlammanalyse



|                              |                     |              |                                    |
|------------------------------|---------------------|--------------|------------------------------------|
| Bezeichnung:                 | RKS 14              | Bemerkungen: | Bericht:<br>5961<br>Anlage:<br>3.9 |
| Bodenart:                    | mS, fs, t', u', gs' |              |                                    |
| Tiefe:                       | 0,30-0,80           |              |                                    |
| U/Cc:                        | 26.6/6.7            |              |                                    |
| k [m/s] (Robertson & Wride): | 1,7E-05             |              |                                    |
| Bodengruppe:                 | SU                  |              |                                    |
| Frostsicherheit:             | F2                  |              |                                    |

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



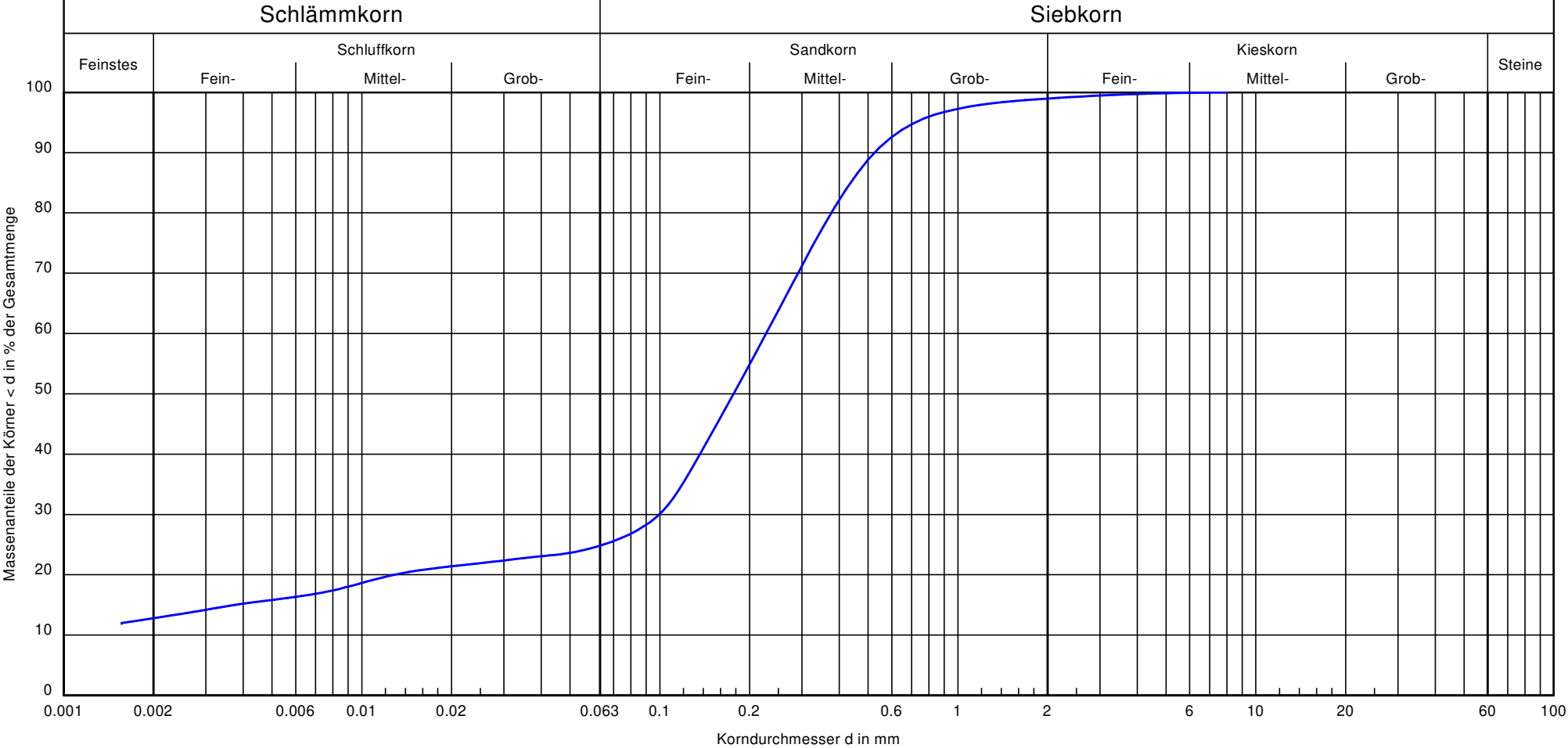
**OWS**  
Ingenieurgeologen

Datum: 04.05.2023

# Körnungslinie

## Bebauungsplan „Nördlich Eichenweg“ in 49196 Bad Laer

Projekt-Nr.: 2304-5961  
Probe entnommen am: 26.04.2023  
Art der Entnahme: gestört  
Arbeitsweise: kombi. Sieb-/Schlammanalyse



|                         |           |              |                                     |
|-------------------------|-----------|--------------|-------------------------------------|
| Bezeichnung:            | RKS 16    | Bemerkungen: | Bericht:<br>5961<br>Anlage:<br>3.10 |
| Bodenart:               | S, t', u' |              |                                     |
| Tiefe:                  | 0,30-0,80 |              |                                     |
| U/Cc:                   | -/-       |              |                                     |
| k [m/s] (Chitra et al): | 3,3E-08   |              |                                     |
| Bodengruppe:            | ST*       |              |                                     |
| Frostsicherheit:        | F3        |              |                                     |

## Glühverlust gem. DIN 18 128

### Bebauungsplan „Nördlicher Eichenweg“ in 49196 Bad Laer

Bearbeiter: ar, js

Datum: 04.05.2023

Prüfungsnummer: 2304-5961

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 26.+27.04.2023

|                                 |       |           |       |
|---------------------------------|-------|-----------|-------|
| Bohrung / Tiefe / Bodenart      | RKS 6 | 0,35-1,10 | -     |
| Probenbezeichnung               | 1     | 2         | 3     |
| Ungeglühte Probe + Behälter [g] | 35.95 | 35.96     | 35.09 |
| Geglühte Probe + Behälter [g]   | 35.61 | 35.65     | 34.78 |
| Behälter [g]                    | 17.92 | 18.42     | 17.77 |
| Massenverlust [g]               | 0.34  | 0.31      | 0.31  |
| Trockenmasse vor Glühen [g]     | 18.03 | 17.54     | 17.32 |
| Glühverlust [%]                 | 1.89  | 1.77      | 1.79  |
| Mittelwert [%]                  | 1.81  |           |       |

|                                 |        |           |       |
|---------------------------------|--------|-----------|-------|
| Bohrung / Tiefe / Bodenart      | RKS 11 | 0,30-0,90 | -     |
| Probenbezeichnung               | 4      | 5         | 6     |
| Ungeglühte Probe + Behälter [g] | 39.75  | 36.19     | 37.67 |
| Geglühte Probe + Behälter [g]   | 39.43  | 35.92     | 37.39 |
| Behälter [g]                    | 17.38  | 16.54     | 17.39 |
| Massenverlust [g]               | 0.32   | 0.27      | 0.28  |
| Trockenmasse vor Glühen [g]     | 22.37  | 19.65     | 20.28 |
| Glühverlust [%]                 | 1.43   | 1.37      | 1.38  |
| Mittelwert [%]                  | 1.40   |           |       |

|                                 |        |           |       |
|---------------------------------|--------|-----------|-------|
| Bohrung / Tiefe / Bodenart      | RKS 15 | 0,40-0,90 | -     |
| Probenbezeichnung               | 7      | 8         | 9     |
| Ungeglühte Probe + Behälter [g] | 37.78  | 37.56     | 38.36 |
| Geglühte Probe + Behälter [g]   | 37.49  | 37.32     | 38.10 |
| Behälter [g]                    | 17.09  | 20.42     | 19.31 |
| Massenverlust [g]               | 0.29   | 0.24      | 0.26  |
| Trockenmasse vor Glühen [g]     | 20.69  | 17.14     | 19.05 |
| Glühverlust [%]                 | 1.40   | 1.40      | 1.36  |
| Mittelwert [%]                  | 1.39   |           |       |

|                                                                              |                   |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>2304-5961 Bebauungsplan BP 323 Laer Nord Teil II "Nördlich Eichenweg"</b> |                   |
| <b>Eichenweg / Waldstraße in 49196 Bad Laer</b>                              |                   |
| <b>Homogenbereich AO</b>                                                     | <b>Anlage 5.1</b> |
| <b>Humoser Oberboden: A (Mu)</b>                                             |                   |

| <b>Nr.</b>                                         | <b>Kennwerte / Eigenschaft</b>                      | <b>Wert</b>                               | <b>Einheit</b>    |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|
| 1                                                  | Korngrößenverteilung (mit Körnungsbändern)          |                                           |                   |
| 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 $\rho$                                       | 1,80-1,85                                 | g/cm <sup>3</sup> |
| 5                                                  | Kohäsion c'                                         | /                                         | kN/m <sup>2</sup> |
| 6                                                  | undrÄnierte Scherfestigkeit $c_u$                   | /                                         | kN/m <sup>2</sup> |
| 7                                                  | SensitivitÄt S                                      | n.b.                                      |                   |
| 8                                                  | Wassergehalt $w_n$                                  | n.b.                                      | %                 |
| 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<br>n.e. = nicht erforderlich |                                                     |                                           |                   |

|                                                                              |                   |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>2304-5961 Bebauungsplan BP 323 Laer Nord Teil II "Nördlich Eichenweg"</b> |                   |
| <b>Eichenweg / Waldstraße in 49196 Bad Laer</b>                              |                   |
| <b>Homogenbereich B1</b>                                                     | <b>Anlage 5.2</b> |
| <b>Sand: fS/mS,...</b>                                                       |                   |

| <b>Nr.</b>                                         | <b>Kennwerte / Eigenschaft</b>                      | <b>Wert</b>                               | <b>Einheit</b>    |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|
| 1                                                  | Korngrößenverteilung (mit Körnungsbändern)          |                                           |                   |
| 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 $\rho$                                       | 1,75-1,85                                 | g/cm <sup>3</sup> |
| 5                                                  | Kohäsion c'                                         | 0-2                                       | kN/m <sup>2</sup> |
| 6                                                  | undrÄnierte Scherfestigkeit $c_u$                   | /                                         | kN/m <sup>2</sup> |
| 7                                                  | SensitivitÄt S                                      | n.b.                                      |                   |
| 8                                                  | Wassergehalt $w_n$                                  | 10-20                                     | %                 |
| 9                                                  | Konsistenz                                          | /                                         |                   |
| 10                                                 | Konsistenzzahl $I_c$                                | /                                         |                   |
| 11                                                 | PlastizitÄt                                         | /                                         |                   |
| 12                                                 | PlastizitÄtszahl $I_p$                              | /                                         | %                 |
| 13                                                 | DurchlÄssigkeit k                                   | $5 \times 10^{-5}$ bis $1 \times 10^{-6}$ | m/s               |
| 14                                                 | Lagerungsdichte D                                   | 0,30-0,60                                 |                   |
| 15                                                 | Kalkgehalt                                          | n.b.                                      | %                 |
| 16                                                 | Sulfatgehalt                                        | n.b.                                      | %                 |
| 17                                                 | Organischer Anteil $V_{gl}$                         | < 2                                       | %                 |
| 18                                                 | Benennung und Beschreibung organischer BÖden        | /                                         |                   |
| 19                                                 | AbrasivitÄt                                         | kaum abrasiv bis abrasiv                  |                   |
| 20                                                 | Bodengruppe gem. DIN 18196                          | SW/SE/SU/SU*                              |                   |
| 21                                                 | ergÄnzend ortsübliche Bezeichnung                   | Geschiebesand, Fließerde                  |                   |
| n.b. = nicht bestimmt<br>n.e. = nicht erforderlich |                                                     |                                           |                   |

|                                                                              |                   |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>2304-5961 Bebauungsplan BP 323 Laer Nord Teil II "Nördlich Eichenweg"</b> |                   |
| <b>Eichenweg / Waldstraße in 49196 Bad Laer</b>                              |                   |
| <b>Homogenbereich B2</b>                                                     | <b>Anlage 5.3</b> |
| <b>Geschiebelehm: Lg</b>                                                     |                   |

| <b>Nr.</b>                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Kennwerte / Eigenschaft</b>                      | <b>Wert</b>                               | <b>Einheit</b>    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                             | Korngrößenverteilung (mit Körnungsbändern)          |                                           |                   |
| 2a                                                                                                                                                                                                                                                                            | Anteil Steine, D > 63 mm                            | 5-10 *                                    | %                 |
| 2b                                                                                                                                                                                                                                                                            | Anteil Blöcke, D > 200 mm                           | < 10 *                                    | %                 |
| 2c                                                                                                                                                                                                                                                                            | Anteil Blöcke, D > 630 mm                           | < 10 *                                    | %                 |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                             | mineralogische Zusammensetzung der Steine u. Blöcke | Tst, Sst                                  |                   |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                             | Dichte $\rho$                                       | 1,90-1,95                                 | g/cm <sup>3</sup> |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                             | Kohäsion c'                                         | 10-30                                     | kN/m <sup>2</sup> |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                             | undrÄnierte Scherfestigkeit $c_u$                   | 100-400                                   | kN/m <sup>2</sup> |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                             | SensitivitÄt S                                      | n.b.                                      |                   |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                             | Wassergehalt $w_n$                                  | 10-20                                     | %                 |
| 9                                                                                                                                                                                                                                                                             | Konsistenz                                          | steifplastisch bis halbfest               |                   |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                            | Konsistenzzahl $I_c$                                | 0,75-1,25                                 |                   |
| 11                                                                                                                                                                                                                                                                            | PlastizitÄt                                         | leicht bis mittel plastisch               |                   |
| 12                                                                                                                                                                                                                                                                            | PlastizitÄtszahl $I_p$                              | 20-50                                     | %                 |
| 13                                                                                                                                                                                                                                                                            | DurchlÄssigkeit k                                   | $1 \times 10^{-8}$ bis $1 \times 10^{-9}$ | m/s               |
| 14                                                                                                                                                                                                                                                                            | Lagerungsdichte D                                   | /                                         |                   |
| 15                                                                                                                                                                                                                                                                            | Kalkgehalt                                          | n.b.                                      |                   |
| 16                                                                                                                                                                                                                                                                            | Sulfatgehalt                                        | n.b.                                      |                   |
| 17                                                                                                                                                                                                                                                                            | Organischer Anteil $V_{gl}$                         | n.b.                                      | %                 |
| 18                                                                                                                                                                                                                                                                            | Benennung und Beschreibung organischer BÖden        | /                                         |                   |
| 19                                                                                                                                                                                                                                                                            | AbrasivitÄt                                         | nicht abrasiv                             |                   |
| 20                                                                                                                                                                                                                                                                            | Bodengruppe gem. DIN 18196                          | SU*/ST*/TL/TM                             |                   |
| 21                                                                                                                                                                                                                                                                            | ergÄnzend ortsÜbliche Bezeichnung                   | -                                         |                   |
| <p>n.b. = nicht bestimmt<br/> n.e. = nicht erforderlich<br/> * = Innerhalb des Geschiebelehms/-mergels kÖnnen Findlinge unterschiedlicher GrÖÖe vorhanden sein, die durch die Baugrunduntersuchungen nicht erbohrt wurden, jedoch grundsÄtzlich nicht auszuschlieÖen sind</p> |                                                     |                                           |                   |

|                                                                              |                   |
|------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>2304-5961 Bebauungsplan BP 323 Laer Nord Teil II "Nördlich Eichenweg"</b> |                   |
| <b>Eichenweg / Waldstraße in 49196 Bad Laer</b>                              |                   |
| <b>Homogenbereich B3</b>                                                     | <b>Anlage 5.4</b> |
| <b>Kalkmergel, stark verwittert: KM, v</b>                                   |                   |

| Nr. | Kennwerte / Eigenschaft                             | Wert                        | Einheit           |
|-----|-----------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| 1   | Korngrößenverteilung (mit Körnungsbändern)          |                             |                   |
| 2a  | Anteil Steine, D > 63 mm                            | 10-20 *                     | %                 |
| 2b  | Anteil Blöcke, D > 200 mm                           | < 10 *                      | %                 |
| 2c  | Anteil Blöcke, D > 630 mm                           | < 10 *                      | %                 |
| 3   | mineralogische Zusammensetzung der Steine u. Blöcke | Kst                         |                   |
| 4   | Dichte $\rho$                                       | 1,95-2,05                   | g/cm <sup>3</sup> |
| 5   | Kohäsion c'                                         | 15-30                       | kN/m <sup>2</sup> |
| 6   | undräßierte Scherfestigkeit $c_u$                   | 30-80                       | kN/m <sup>2</sup> |
| 7   | Sensitivität S                                      | n.b.                        |                   |
| 8   | Wassergehalt $w_n$                                  | n.b.                        | %                 |
| 9   | Konsistenz                                          | steifplastisch bis halbfest |                   |
| 10  | Konsistenzzahl $I_c$                                | 0,75-1,25                   |                   |
| 11  | Plastizität                                         | mittel plastisch            |                   |
| 12  | Plastizitätszahl $I_p$                              | 35-50                       | %                 |
| 13  | Durchlässigkeit k                                   | $< 1 \times 10^{-7}$        | m/s               |
| 14  | Lagerungsdichte D                                   | /                           |                   |
| 15  | Kalkgehalt                                          | n.b.                        |                   |
| 16  | Sulfatgehalt                                        | n.b.                        |                   |
| 17  | Organischer Anteil $V_{gl}$                         | n.b.                        | %                 |
| 18  | Benennung und Beschreibung organischer Böden        | /                           |                   |
| 19  | Abrasivität                                         | nicht abrasiv               |                   |
| 20  | Bodengruppe gem. DIN 18196                          | TM/TA                       |                   |
| 21  | ergänzend ortsübliche Bezeichnung                   | -                           |                   |

n.b. = nicht bestimmt

n.e. = nicht erforderlich

\* = Innerhalb des verwitterten Tonsteins können Härtlinge unterschiedlicher Größe vorhanden sein, die durch die Baugrunduntersuchungen nicht erbohrt wurden, jedoch grundsätzlich nicht auszuschließen sind

|                                                                                                                     |                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>2304-5961 Bebauungsplan BP 323 Laer Nord Teil II "Nördlich Eichenweg"</b>                                        |                   |
| <b>Eichenweg / Waldstraße in 49196 Bad Laer</b>                                                                     |                   |
| <b>Homogenbereich X</b>                                                                                             | <b>Anlage 5.5</b> |
| <b>Kalkmergel, schwach verwittert bis unverwittert</b> (nicht erbohrt, daher nur durch Erfahrungswerte abschätzbar) |                   |

| <b>Nr.</b>                                           | <b>Kennwerte / Eigenschaft</b>           | <b>Wert</b>                                             | <b>Einheit</b>    |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------|
| 1                                                    | Benennung von Fels                       | Kalkmergelstein, Tonmergelstein,<br>Kalkstein, Tonstein |                   |
| 2                                                    | Dichte                                   | 2,05-2,35                                               | g/cm <sup>3</sup> |
| 3a                                                   | Verwitterung                             | schwach verwittert - unverwittert                       |                   |
| 3b                                                   | Veränderungen, Veränderlichkeit          | z.T. veränderlich fest                                  |                   |
| 4                                                    | Kalkgehalt                               | 0-10                                                    | %                 |
| 5                                                    | Sulfatgehalt                             | < 5                                                     | %                 |
| 6                                                    | einaxiale Druckfestigkeit q <sub>u</sub> | 3,5-20                                                  | N/mm <sup>2</sup> |
| 7                                                    | Spaltzugfestigkeit                       | 0,35-2,0                                                | N/mm <sup>2</sup> |
| 8a                                                   | Trennflächenrichtung                     | n.b.                                                    |                   |
| 8b                                                   | Trennflächenabstand                      | lagig bis dünnbankig                                    |                   |
| 8c                                                   | Gesteinskörperform                       | plattig, scherbilig, prismatisch                        |                   |
| 9a                                                   | Öffnungsweite von Trennflächen           | < 5-20                                                  | mm                |
| 9b                                                   | Kluftfüllung von Trennflächen            | n.b.                                                    |                   |
| 10                                                   | Gebirgsdurchlässigkeit                   | < 1 × 10 <sup>-07</sup>                                 | m/s               |
| 11                                                   | Abrasivität                              | gering abrasiv bis abrasiv                              |                   |
| 12                                                   | ergänzend ortsübliche Bezeichnung        | (Oberkreide, Cenoman-Turon)                             |                   |
| n.b. = nicht bestimmbar<br>n.e. = nicht erforderlich |                                          |                                                         |                   |