

# Geotechnischer Bericht

## Neubau von Gebäuden BV: Annagraben 70-72 / Wilhelmstr. 31-37 53111 Bonn

Auftraggeber: PR Annagraben GmbH  
Äußere Kanalstraße 10 bis 12  
50827 Köln

Projektbearbeiter: Hans-Joachim Beck  
Dr. sc. ind. (CH) Diplom-Geologe

Sebastian Beck  
B.Sc. Ingenieurwissenschaften

Projektnummer: 231089  
Bk/Jm 240201

Bericht fertiggestellt am: 15.01.2024


**Inhaltsverzeichnis:**

<b>1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>4</b>
1.1	Vorgang und Aufgabenstellung	4
1.2	Untersuchungsziel	4
1.3	Gutachterliche Leistungen	4
1.4	Verwendete Unterlagen	5
<b>2</b>	<b>Projektareal und geplantes Bauvorhaben</b>	<b>9</b>
2.1	Projektareal	9
2.2	Geplantes Bauvorhaben	10
2.3	Geologie	11
2.4	Hydrogeologie und Grundwasserverhältnisse am Projektstandort	14
<b>3</b>	<b>Untersuchungsumfang</b>	<b>14</b>
3.1	Feldarbeiten	15
3.2	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	17
<b>4</b>	<b>Baugrundbeschreibung</b>	<b>18</b>
4.1	Bodenaufbau	18
4.1.1	Schicht 1: Auffüllung	18
4.1.2	Schicht 2: Terrassensediment (Sand)	18
4.1.3	Schicht 3: Terrassensediment (Kies)	19
4.2	Klassifizierung des Bodens und charakteristische Bodenkennwerte	19
4.3	Grundwasserverhältnisse	21
4.4	Geodynamik	22
4.5	Geotechnische Kategorie	22
<b>5</b>	<b>Bewertung der Untersuchungsergebnisse</b>	<b>22</b>
5.1	Böschungen	23
5.2	Gründung	24
5.3	Bauwerksabdichtung	26
5.4	Versickerung	26
5.5	Kanalbau	26
5.6	Straßenbau	29
<b>6</b>	<b>Ergänzende Hinweise für die Planung und Bauausführung</b>	<b>31</b>

<b>6.1</b>	<b>Allgemeine Hinweise zu Verbauarbeiten und Spezialtiefundungen</b>	<b>31</b>
<b>6.2</b>	<b>Konkretisierung der Randbedingungen zur Angabe von Böschungswinkeln</b>	<b>33</b>
<b>6.3</b>	<b>Randbedingungen für die Angabe von Bemessungswasserständen</b>	<b>34</b>
<b>7</b>	<b>Schlussbemerkung</b>	<b>35</b>

## **1 Allgemeines**

### **1.1 Vorgang und Aufgabenstellung**

Die **PR Annagraben GmbH** plant den Rückbau vorhandener Bestandsgebäude sowie die Errichtung neuer Gebäude mit gemeinsamer Tiefgarage in 53111 Bonn, Ecke Annagraben / Wilhelmstraße.

Unser Büro wurde mit der Durchführung geotechnischer Untersuchungen beauftragt.

Mit diesem Bericht werden die Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen vorgestellt, bewertet und dokumentiert.

### **1.2 Untersuchungsziel**

Wesentliches Ziel der Baugrunduntersuchungen ist die Erkundung der Baugrundsichtung im Bereich des Projektareals sowie die Ermittlung der bodenmechanischen Kennziffern der einzelnen angetroffenen Horizonte.

Weiterhin werden Empfehlungen zur Gründung und zu den unterschiedlichen Gründungserfordernissen betrachtet. Da die geplante neue Bebauung über eine Untergeschossausbildung verfügen wird, sind allgemeine Aussagen zur Baugrubenherstellung oder Baugrubensicherung Gegenstand dieses geotechnischen Berichts.

### **1.3 Gutachterliche Leistungen**

1. Niederbringen von 11 Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1 mit einem wirksamen Bohrdurchmesser von 60 mm in einer Tiefe von bis zu 6,00 unter Geländeoberkante oder bis zum Aufstehen der Sonde
2. Abteufen von 6 Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2 als Typ DPH mit einem Fallgewicht von 500 N, einer Fallhöhe von 0,50 m und einem Spitzenquer-

schnitt von 15 cm<sup>2</sup> in einer Tiefe von bis zu 8,00 m bzw. 10,00 m unter Geländeoberkante oder bis Schlagzahlen  $N_{10} = >40$

3. Einmessen der Bohransatzpunkte nach Lage und Höhe mithilfe eines GPS-Messungssystems der Marke GeoMax Zenith 35
4. Entnahme von gestörten Bodenproben bei Schichtwechsel, spätestens jedoch je Meter
5. Anfertigen von Schichtenverzeichnissen gemäß DIN 4022/4023 sowohl für die Kleinrammbohrungen als auch für die Rammsondierungen
6. Darstellung der Untersuchungsergebnisse
7. Anfertigen von Kornverteilungsanalysen und Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze
8. Durchführung einer Recherche zur Höhenlage des örtlichen Grundwasserspiegels
9. Darstellung aller bodenmechanischen Kennziffern und Klassifizierung der angebotenen Schichtglieder nach DIN 18196 und DIN 18300 (alt)
10. Einteilung des Baugrunds in Homogenbereiche für die Gewerke Erdarbeiten (DIN 18300)

#### **1.4 Verwendete Unterlagen**

- [1] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN 1054 Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Stand 2010-12
- [2] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN 1055-2 Einwirkung auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngrößen, Stand 2010-11

- [3] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN 4017 Baugrund – Berechnung des Grundbruchwiderstands von Flachgründungen, Stand 2006-03
  
- [4] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN 4019 Baugrund – Setzungsberechnungen, Stand 2014-01
  
- [5] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN 4023 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen direkten Aufschlüssen, Stand 2006-02
  
- [6] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN 4095 Baugrund – Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung, Stand 1990-06
  
- [7] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN 4123 Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude, Stand 2013-04
  
- [8] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN 4124 Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten, Stand 2012-01
  
- [9] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN 18195-1 Bauwerksabdichtungen – Teil 1: Grundsätze, Definitionen, Zuordnung der Abdichtungsarten, Stand 2011-12
  
- [10] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN 18196 Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke, Stand 2011-05
  
- [11] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN 18300 VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten, Stand 2015-08
  
- [12] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN EN 1998-1 Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten, Stand 2010-12

- [13] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN EN ISO 14688-1 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung, Stand 2013-12
- [14] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN EN ISO 14688-2 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen, Stand 2013-12
- [15] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN EN ISO 22475-1 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung, Stand 2007-01
- [16] Deutsches Institut für Normung (DIN): DIN EN ISO 22476-2 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 2: Rammsondierungen, Stand 2012-03
- [17] Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ – EAB, Herausgegeben von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V., 4. Auflage, Berlin: Ernst & Sohn, 2006
- [18] Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen – Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland – Nordrhein-Westfalen Maßstab 1:350.000
- [19] Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen – Onlineportal „NRW Umweltdaten vor Ort“
- [20] Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen – Onlineportal „ELWAS Web“
- [21] Baugruben, 3. Auflage; A. Hettler, T. Tryantafyllidis; Ernst & Sohn

[22] Homogenbereiche, 2. Auflage; B. Fuchs, H.-G. Haugwitz; Fraunhofer IRB Verlag

Bauseits wurden folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

[23] Prospekt zur Umnutzung Poliklinik (Projektentwicklung) vom 22.04.2022  
Bau Werk Stadt Architekten

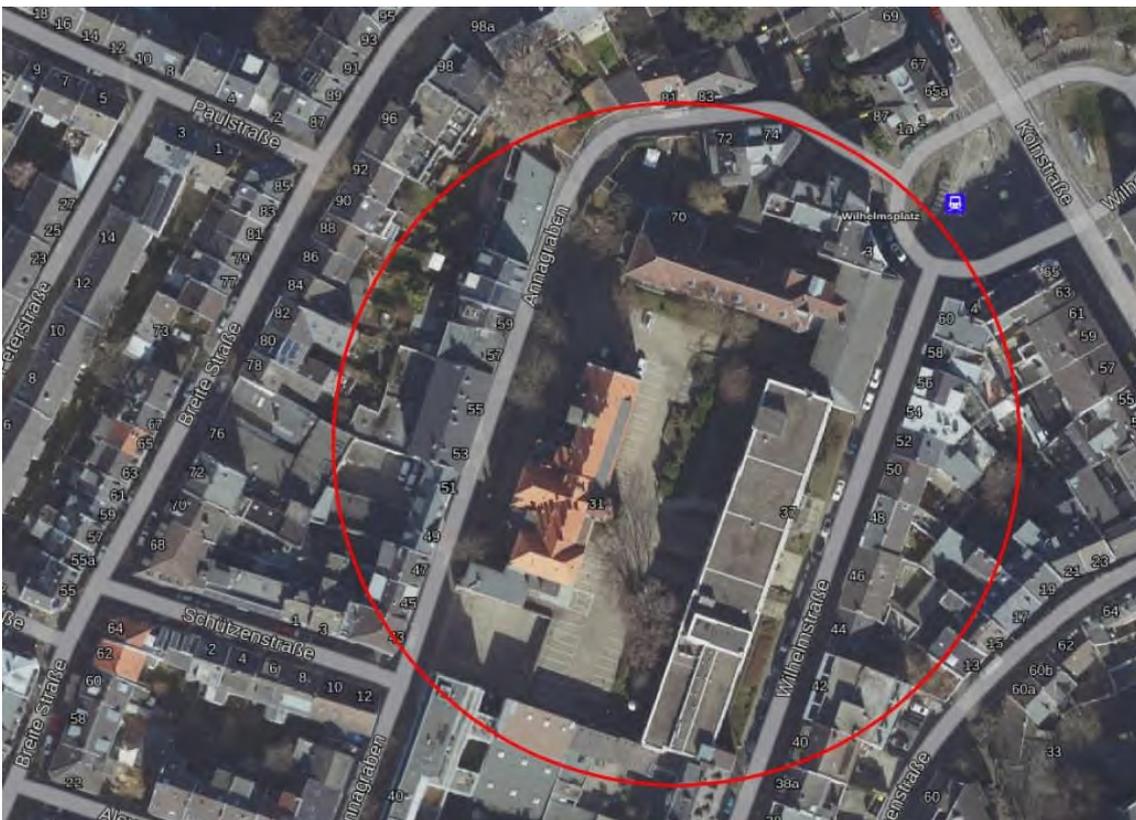
## 2 Projektareal und geplantes Bauvorhaben

### 2.1 Projektareal

Das untersuchte Projektareal befindet sich in Nordrhein-Westfalen in 53111 Bonn, Ecke Annagraben / Wilhelmstraße.

Das eigentliche Untersuchungsgebiet stellt eine ca. 2.850 m<sup>2</sup> große Teilfläche des insgesamt ca. 9.300 m<sup>2</sup> großen Geländes der Universitätspoliklinik dar und weist eine geodätische Höhenlage um 60 m NHN auf.

**Abbildung 2.1.1:** Luftbild des Ist-Zustands



Im Liegenschaftskataster wird die Fläche unter der Gemarkung Bonn, Flur 66, Flurstücke 65 und 66 geführt.

Einen Eindruck über die Lage des Grundstücks vermittelt der Übersichtslageplan im Maßstab 1:25.000 in Anlage 1 sowie das Luftbild im Maßstab 1:1.000 in Anlage 2. Die Lage der Bohransatzpunkte ist dem Lageplan in Anlage 3 im Maßstab 1:500 zu entnehmen.

## **2.2 Geplantes Bauvorhaben**

Das Grundstück ist mit Bestandsgebäuden/Anbauten bebaut, welche im Lageplan in Anlage 3 zur Identifizierung nummeriert wurden.

Die Gebäude **1** und **2** bleiben geometrisch unverändert und werden lediglich entkernt. Die Gebäude **3** bis **8** werden vollständig zurückgebaut. An deren Stelle ist die Errichtung einer umfangreichen Tiefgarage mit einem winkelförmig aufgehenden 4- bis 5-geschossigen Gebäude geplant.

In der Abbildung 2.2.1 ist die aktuelle Planung dargestellt. Die Abmessungen der Tiefgarage ergeben sich aus der Darstellung im Lageplan in Anlage 3.

**Abbildung 2.2.1:** Darstellung der aktuellen Planung



### 2.3 Geologie

Das Untersuchungsgebiet liegt im südlichen Teil des jungen tektonischen Senkungsgebiets der Niederrheinischen Bucht. Diese greift keilförmig als Ausläufer des norddeutschen Flachlandes tief nach Süden in das Rheinische Schiefergebirge hinein und trennt das rechtsrheinische Bergische Land von der linksrheinisch gelegenen Nordeifel.

Durch tektonische Bewegungen kam es im Mitteloligozän zum Einsinken der Niederrheinischen Bucht und zu Meeresvorstößen bis in die Gegend von Bonn. Dabei wurden auf dem paläozoischen und mesozoischen Grundgebirge bis zu 1.300 m mächtige marine und terrestrische Sedimente abgelagert. Infolge der zum Teil bis heute andauernden Bruchschollentektonik kam es an alt angelegten Bruchlinien zu großen tektonischen Störungssystemen, dem Rurrand-Sprung, dem Erft-Sprung und dem Viersener Sprung. Die vor-

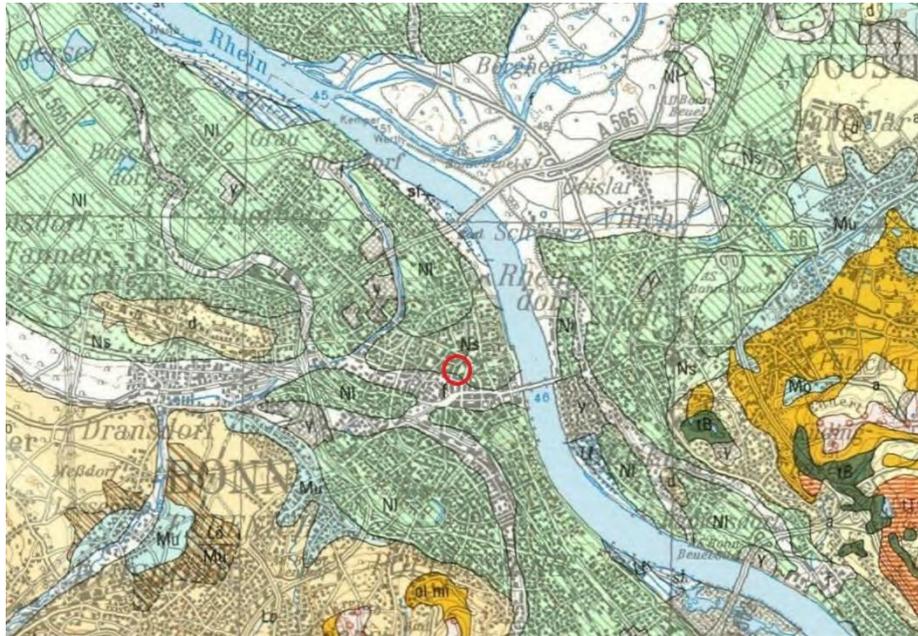
wiegend Südwest/Nordost streichenden Verwerfungen begrenzen ein Mosaik von nach Nordosten gekippten Schollen mit unterschiedlichen Absenkungstendenzen.

Den östlichen Teil der Niederrheinischen Bucht bildet die Kölner Scholle, in der auf dem Grundgebirge aus unterdevonischen Schiefern und Grauwacken, mitteldevonischen Sandsteinen und oberdevonischen Kalksteinen und Schiefern bis zu 400 m mächtige tertiäre und quartäre Lockergesteine lagern.

Die Sedimentation der tertiären Schichten ist von zeitlich und räumlich wechselnden Verzahnungen mariner und limnisch-fluviatiler Faziesräume als Folge fortwährender Regressionen und Transgressionen geprägt, die sich im Schichtenaufbau in einer zum Teil zyklischen Wechsellagerung von Sanden, Tonen und Braunkohleflözen widerspiegelt.

Im Quartär bestimmte ein mehrmaliges Aufeinanderfolgen von Kalt- und Warmzeiten parallel zu starken tektonischen Absenkungsvorgängen die limnisch-fluviatile Sedimentation der Lockersedimente des Rheins (Entstehung der Haupt-, Mittel- und Niederterrassen).

**Abbildung 2.3.1:** Ausschnitt aus der geologischen Karte des Landes Nordrhein-Westfalen, Blatt C5106 Köln



Das linksrheinische Gebiet erstreckt sich über die Niederterrasse in den Bereich der weiter randlich zutage tretenden, morphologisch höher gelegenen Unteren Mittelterrasse. Die fluviatilen Sedimente der Niederterrasse und Unteren Mittelterrasse bestehen hauptsächlich aus sandigem Schluff, kiesigem Sand und sandigem Kies. Die Untere Mittelterrasse weist eine Lössbedeckung auf, die während der Kaltzeiten aus vegetationslosen Schotterfluren ausgeweht und hier akkumuliert wurden. Der Bereich der Niederterrasse ist mit Hochflut- bzw. Auelehmen überdeckt.

Im Rahmen des gemäßigt-humiden Klimas des Holozäns kam es zu Bodenbildungsprozessen und somit zur pedogenen Überprägung der Hochflutlehme.

## **2.4 Hydrogeologie und Grundwasserverhältnisse am Projektstandort**

Der hydrogeologische Aufbau der Niederrheinischen Bucht passt sich im Wesentlichen dem bekannten geologischen Schollenaufbau dieser tektonischen Einheit an. Beckenstrukturen – schnell ausstreichende Tone und Verwerfungen innerhalb der hydrogeologischen Teilräume – führen zu einer vertikalen Aufteilung der Schollen in einzelne Aquifere. Insgesamt können in der Niederrheinischen Bucht mehrere Grundwasserstockwerke in den tertiären und quartären Lockersedimenten unterschieden werden.

Grundwasser fließt normalerweise in den pleistozänen Terrassensedimenten. Das regionale hydraulische Regime ist durch die Vorflut Rhein geprägt. Das örtliche Grundwasser ist in einer Tiefenlagen von 45,00–50,00 m NHN zu erwarten und liegt somit ca. 10,00–15,00 m unter GOK. Die Grundwasserfließrichtung ist über weite Teile des Jahres auf die Vorflut Rhein damit in östlicher Richtung gerichtet. Aufgrund der relativen Nähe des Bauvorhabens zur Vorflut Rhein ist davon auszugehen, dass sich Pegelschwankungen in der Vorflut mit vergleichsweise geringer Dämpfung in Bezug auf Amplituden und Zeit vor Ort mitteilen.

## **3 Untersuchungsumfang**

Im Dezember 2023 wurden von unserem Büro umfangreiche Aufschlussarbeiten durchgeführt. Insgesamt wurden 11 Rammkernsondierungen mit einem wirksamen Bohrdurchmesser von 60 mm bis in Tiefenlagen von 6,00 m unter GOK zur Gewinnung von Probenmaterial niedergebracht.

Die Rammkernbohrungen wurden nach DIN EN ISO 22475-1 mit einem Durchmesser von 60 mm ausgeführt. Von jeder Bodenschicht, jedoch mindestens pro Bohrmeter, wurden Bodenmischproben entnommen und in luftdicht verschlossenen Gläsern aufbewahrt. Die Bodenproben werden für den Zeitraum von einem Vierteljahr bei uns gelagert.

Die Rammsondierungen wurden nach DIN EN ISO 22476-2 als Typ DPH mit einem Fallgewicht von 500 N, einer Fallhöhe von 0,50 m und einem Spitzenquerschnitt von 15 cm<sup>2</sup> mit Tiefen bis max. 10,00 m ausgeführt.

Die Aufschlüsse verfügen über die folgenden Bezeichnungen:

Rammkernbohrungen:	KRB 1 bis KRB 7.4
Rammsondierungen:	DPH 1 bis DPH 6

Alle Bohransatzpunkte wurden lage- und höhenmäßig eingemessen und im Lageplan in Anlage 3 dargestellt. Die Bohrprofile, Schichtenverzeichnisse und Sondierdiagramme sind in Anlage 4 beigefügt.

### **3.1 Feldarbeiten**

Die geplante Endteufe für die Rammkernsondierungen von 6,00 m unter GOK wurde nicht an allen Prüfstellen erreicht. Bereichsweise wurde ab einer Tiefe um 2,00–4,00 m unter GOK ein Sand oder Sandkies erbohrt, der infolge seiner Lagerungsdichte ab ca. 3,00–4,00 m unter GOK für die KRB keinen Bohrfortschritt mehr zuließ. Die Rammsondierungen erreichten ausnahmslos die geplanten Endtiefen von 8,00–10,00 m unter GOK.

Im Zuge der Ausführung der Bodenaufschlüsse wurden insgesamt 3 Schichtglieder angetroffen.

Als oberstes Schichtglied wurde eine Auffüllung aufgeschlossen. Die Auffüllungsmächtigkeit schwankt bei den einzelnen Aufschlüssen zwischen 1,00 m und 4,00 m. Der Mittelwert liegt bei ca. 2,70 m.

Die Auffüllung besteht aus einem Gemenge von Sand und Kies mit variierenden Schluff- und Tonanteilen und weist anthropogene Artefakte in Form von reliktischem Beton- und Ziegelbruch auf.

Im Liegenden der Auffüllung folgen die lokaltypischen Kiese und Sande der Rheinterassen. Im oberen Profilabschnitt sind diese eher als Mittelsand ausgebildet. Zur Tiefe hin nehmen die Lagerungsdichte und die Korngröße zu. Die dominierende Korngröße ist dann Mittelkies.

Die örtliche Grundwasserspiegellage wurde im Rahmen der Sondierarbeiten erwartungsgemäß nicht angetroffen.

Die Lage der einzelnen Bohransatzpunkte ergibt sich aus dem Lageplan in Anlage 3 im Maßstab 1:500.

In Anlage 4 befinden sich die Schichtenverzeichnisse der Bodenaufschlüsse und die Widerstandskennlinien-Diagramme in Anlehnung an DIN 4022/4023.

Die nachfolgende Tabelle gibt Aufschluss über die Höhenlage der Bohransatzpunkte, die Mächtigkeit der Auffüllung und die Endteufe der Aufschlusssondierungen.

**Tabelle 3.1.1:** Darstellung der Höhe der Bohransatzpunkte, Auffüllungsmächtigkeit, UK Auffüllung und Bohrendtiefe

Bohrpunkt	Höhe BAP [m NHN]	Auffüllungs- mächtigkeit [m]	UK Auffüllung [m NHN]	Endtiefe KRB/DPH [m NHN]
KRB/DPH 1	60,32	4,00	56,32	54,32/50,32
KRB/DPH 2	60,35	2,60	57,75	55,85/52,35
KRB/DPH 3	60,30	3,20	57,10	54,70/52,30
KRB/DPH 4	59,13	2,80	56,33	55,83/51,13
KRB/DPH 5	60,13	2,40	57,73	54,13/52,13
KRB/DPH 6	58,72	1,00	57,73	55,42/50,72
KRB 7	60,10	2,30	57,80	56,10
KRB 7.1	60,02	1,70	58,32	56,02
KRB 7.2	60,00	2,00	58,00	56,00
KRB 7.3	60,10	1,90	58,20	56,10
KRB 7.4	60,05	1,60	58,45	56,05

### 3.2 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

Die angetroffenen Böden sind anhand von Erfahrungswerten ausreichend klassifizierbar. Auf die Durchführung bodenmechanischer Laborversuche konnte verzichtet werden.

## **4 Baugrundbeschreibung**

### **4.1 Bodenaufbau**

#### **4.1.1 Schicht 1: Auffüllung**

Als oberstes Schichtglied wurde an allen Prüfstellen eine Auffüllung erbohrt. Diese besteht im Wesentlichen aus einem Gemenge von Mittelsand mit Feinkies, Ton und Schluff und weist anthropogene Artefakte in Form von Bauschuttrelikten auf. Die Farbe der Auffüllung variiert von braun über dunkelbraun bis braun.

Im Feldversuch wurde die Lagerungsdichte der Auffüllung nach DIN EN ISO 22476-2 mittels schwerer Rammsondierung bestimmt. Hierbei wies die Auffüllung mit Schlagzahlen von  $N_{10} \approx 2-5$  eine weiche Konsistenz bzw. geringe Lagerungsdichte auf. Ursächlich für die bereichsweise hohe Lagerungsdichte dürften intensive Verdichtungsmaßnahmen des ehemaligen Unterbaus bei der Herstellung von befestigten Flächen sein.

Die Schichtmächtigkeit in der Auffüllung schwankt zwischen 1,00 m und maximal 4,00 m und liegt im Mittel um 2,3 m. Aufgrund der sehr unterschiedlichen Lagerungsdichten weist die Auffüllung überwiegend sehr schlechte Tragfähigkeitseigenschaften auf.

#### **4.1.2 Schicht 2: Terrassensediment (Sand)**

Bei fast allen Rammkernsondierungen wurden unterhalb der Auffüllung feinsandige, schluffigen Mittelsande erbohrt.

Im Feldversuch wurden für die Sande eine überwiegend lockere bis mittlere Lagerungsdichte angetroffen. Die Schlagzahlen lagen zumeist um  $N_{10} = 5$ . Diesem Schichtglied kann bei punktueller Belastung eine mittlere Tragfähigkeit zugeordnet werden. Bei flächiger Belastung reagieren die Sande i.d.R. setzungsärmer.

#### **4.1.3 Schicht 3: Terrassensediment (Kies)**

Im Liegenden der Mittelsande sind die rolligen Sedimente der Rheinischen Niederterrasse an einer Höhenlage zwischen 55,00–56,00 m NHN zu erwarten. Diese nehmen erfahrungsgemäß hinsichtlich Korngröße und Lagerungsdichte zur Tiefe hin deutlich zu.

Die Liegendgrenze der rolligen Sedimente wurde nicht erbohrt. Diese ist in einer Tiefenlage von mehr als 20,00 m unter GOK zu erwarten.

#### **4.2 Klassifizierung des Bodens und charakteristische Bodenkennwerte**

In der Tabelle 4.2.1 werden den Baugrundsichten Bodenkennwerte und -eigenschaften in Anlehnung an die Homogenbereiche der VOB/C zugewiesen. Die eingetragenen Werte basieren auf den durchgeführten Feld- und Laborversuchen sowie Literatur- und Erfahrungswerten. In Tabelle 4.2.2 werden die Baugrundsichten vorab in Homogenbereiche für das Gewerk Erdarbeiten eingeordnet. Für eine präzisere Einteilung und Vervollständigung der Bodenkennwerte der angetroffenen Horizonte entsprechend den Homogenbereichen der VOB/C müssen die benötigten Gewerke bekannt sein und die dazugehörigen bodenmechanischen Laborversuche durchgeführt werden.


**Tabelle 4.2.1:** Bodenkennwerte und -eigenschaften der jeweiligen Bodenschichten

Schicht	Einheit	1	2	3
Eigenschaften/Kennwerte				
Ortsübliche Bezeichnung	–	Auffüllung	Sand	Kies
Bodengruppe	–	A	SU, SU*, SW,	SE, SI, GW, GI
Bodenart	–	S, u, t, g – T, u, s, g	mS, fs, u	mG, ms, gg
Bodenklasse (DIN 18300 alt)		2–4	2–4	3–5
Frostklasse	–	F1–F3	F1-F2	F1
$k_f$ -Wert	[m/s]	$10^{-4}$ – $10^{-5}$	$10^{-3}$ – $10^{-4}$	$10^{-3}$
Steine, D > 63 mm	[%]	< 25	< 5	< 25
Blöcke, D > 200 mm	[%]	< 25	< 5	< 15
Blöcke, D > 630 mm	[%]	< 15	< 5	< 15
Dichte, feucht	[g/cm <sup>3</sup> ]	1,7–1,9	1,9–2,1	1,9–2,1
Wassergehalt	[%]	n. e.	n. e.	n. e.
organischer Anteil	[%]	1–3	< 1	< 1
Raumgewicht $\gamma / \gamma'$	[kN/m <sup>3</sup> ]	17–19 7–9	19–21 9–11	19–21 9–11
Reibungswinkel $\phi'$	[°]	25,0–30,0	30,0–32,5	35,0–37,5
N <sub>10</sub> (DPH)	[n]	1–10	5	5–25
Kohäsion $c'$	[kN/m <sup>2</sup> ]	0–1	0-1	0
Steifemodul E <sub>s</sub>	[MN/m <sup>2</sup> ]	5	30-40	80-100
Abrasivität	–	schwach abrasiv– abrasiv	schwach abrasiv– abrasiv	abrasiv

n. e. = nicht ermittelt

n. a. = nicht angetroffen

**Tabelle 4.2.2:** Einteilung der Baugrundsichten in Homogenbereiche für Erdarbeiten

Schicht	ATV DIN 18300 Erdarbeiten
Schicht 1: Auffüllung	<b>ERD I</b>
Schicht 2: Sand	<b>ERD II</b>
Schicht 3: Kies	

### 4.3 Grundwasserverhältnisse

Bei den durchgeführten Bohrungen wurde kein Grund- bzw. Schichtenwasser angetroffen.

Zur Recherche der regionalen Grundwasserstände wurde die ca. 100 m östlich gelegene Grundwassermessstelle (LGD-Nr. 076614219) und deren Ganglinien ausgewertet. Demnach liegt dort der durchschnittliche Grundwasserstand um 45,50 m NHN und der höchste jemals gemessene Wasserstand bei ca. 50,00 m NHN.

Diese Messstelle weist einen geringen Querabstand auf. Insofern können die dort gemessenen Grundwasserstände nur für den Standort angenommen werden. Es ist am Projektstandort mit einem Grundwasserflurabstand von mehr als 10,00 m auszugehen. Das geplante Bauvorhaben wird von der örtlichen Grundwasserspiegellage nicht tangiert.

Mit der Ausbildung von Schicht- und Stauwasserhorizonten muss am Projektstandort unabhängig davon gerechnet werden. Prädestiniert hierfür sind die Übergänge zwischen Auffüllungsmaterial und schluffiger Sand.

#### 4.4 Geodynamik

Der Projektstandort liegt nach DIN 4149 in der Erdbebenzone 1, Untergrundklasse T und Baugrundklasse C.

#### 4.5 Geotechnische Kategorie

Das Bauvorhaben wird auf Grundlage des momentanen Planungs- und Kenntnisstandes in die geotechnische Kategorie 2 eingestuft.

### 5 Bewertung der Untersuchungsergebnisse

Die folgende Bewertung, Empfehlungen und Hinweise bzgl. der Gründung dienen als Basis weiterer Planungen.

Planunterlagen zu den Gebäuden, aus welchen Höhen entnommen werden könnten, liegen nicht vor. Für die Gründungsempfehlungen wird davon ausgegangen, dass die Oberkante Fertigfußboden (OKFF) sich an der bestehenden Geländehöhe bzw. an den Bestandshöhen orientieren wird und bei ca. **60,50 m NHN** gelegen sein wird.

Ferner wird davon ausgegangen, dass der Eingriff in den Untergrund zur Herstellung der Tiefgarage ca. 4,00 m betragen wird. Die Gründungskote wird somit bei **ca. 56,50 m NHN** gelegen sein.

Bei diesen Höhenannahmen handelt es sich um eine Annahme des Unterzeichners, welche bauseits gewissenhaft zu überprüfen sind. Sollten diese Annahmen mehr als marginal von der tatsächlichen Planung abweichen, so ist der Unterzeichner zwecks Anpassung seines Berichtes zu benachrichtigen.

## 5.1 Böschungen

Für die Ausführung von Böschungen gelten grundsätzlich die Empfehlungen der DIN 4124 mit den nachfolgend aufgeführten Böschungsneigungen:

Auffüllung	$\leq 45^\circ$
Schluff	$\leq 45^\circ$ bis $60^\circ$
Sand und Kies	$\leq 45^\circ$

Hierbei ist darauf zu achten, dass freie Wandhöhen auf 4,00 m zu limitieren sind. Andernfalls ist das Anlegen von Bermen erforderlich. Insbesondere Auffüllungen, aber auch Schluffe, Sande und Kiese neigen bei anhaltendem Niederschlag zur Auswaschung. Böschungen sind deshalb grundsätzlich mittels Plane witterungsfest vor Niederschlag zu schützen.

Die Voraussetzungen für das Anlegen freier temporärer Böschungen sind nur an der südlichen Grenze des Projektareals und auch dort nur bereichsweise gegeben.

Im Westen und teilweise im Norden grenzt das Areal unmittelbar an die Straße *Annagraben* heran. Hier sind Maßnahmen zum Schutz der Baugrube (Verbau) erforderlich. Je nach Akzeptanz der Kopfauslenkung kann hier ein Trägerbohlverbau zum Einsatz kommen. Aufgrund der hohen Wandhöhe (annähernd 4,00 m) ist allerdings davon auszugehen, dass dieser nicht frei eingespannt werden kann, sondern rückverankert ausgeführt werden muss.

Im Grenzbereich zu den Grundstücken *Annagraben 72* bzw. *Wilhelmstraße 3* ist ggf. eine Unterfangung notwendig. Zur Klärung dieser Frage ist es wesentlich, wo exakt das Aufgehende der Tiefgarage verläuft und ob die angrenzenden Bestandsgebäude unterkellert sind. Die jeweiligen Gründungskoten der Bestandsgebäude (gegen die die Tiefgarage anschließen wird) sind zu ermitteln.

Maßgeblich für die Herstellung von Unterfangungen ist die DIN 4123. Die Vorgaben der DIN sind zu beachten. Die die angetroffenen Bodenverhältnisse für die Herstellung von Unterfangungen als problematisch anzusehen sind, wird empfohlen, sofern Unterfangungen benötigt werden, dass Segment-Presspfähle (bspw. ERKA-Pfahl) verwendet werden.

Zur Bemessung des Verbaus können die Bodenkennwerte aus Tabelle 4.2.1 verwendet werden.

## 5.2 Gründung

Aus den Planunterlagen können folgende Höhen entnommen werden:

- OKFF EG = + 0,00 m = 60,00 m NHN
- OKFF UG = - 3,10 m = 56,90 m NHN

Unter der Annahme eines Fußbodenaufbaus inkl. Bodenplatte von ca. 50 cm (bauseits zu prüfen) erfolgt der Lasteintrag somit auf einem Niveau von ca. 56,40 m NHN. Hier verläuft der Lasteintrag überwiegend in den sandigen Sedimenten der Rheinischen Niederterrasse. An den Bohrpunkten KRB 1 und KRB 4 wurden unterhalb dieses Niveaus noch Auffüllungen in geringer Mächtigkeit angetroffen. Darüber hinaus wurde im Bereich der KRB 1 eine Schwächezone erbohrt.

Mittig im Grundstück ist die Errichtung eines L-förmigen, 4½-geschossigen Gebäudes mit überkragendem Untergeschoss geplant. Die Länge der Schenkel (und somit auch die Außenmaße der Tiefgarage) beträgt ca. 55 m × 45 m. Die Breite liegt jeweils bei ca. 18 m.

Zur Verbesserung der Tragfähigkeit wird empfohlen, dass unterhalb der Bodenplatte die Auffüllung vollflächig entfernt wird und ein 0,30 m starkes Lastverteilungspolster aus gebrochenem Schotter (Körnung 0/56 o. ä.) vorgesehen wird. Das Schotterpolster ist auf 98% der einfachen Proctordichte zu verdichten. Zum Nachweis der Verdichtung sind Lastplattendruckversuche durchzuführen ( $E_{v2} > 80 \text{ MN/m}^2$ ;  $E_{v2}/E_{v1} < 2,5$ ).

Vorlaufend zur Herstellung des Schotterpolsters ist die Sohle ordnungsgemäß zu verdichten. Sollte unterhalb des Schotterpolsters noch Auffüllungen angetroffen werden, sind diese auszutauschen.

Zur ersten Abschätzung des Bettungsmoduls  $k_s$  wird anhand einer 25,00 m × 25,00 m großen, steifen Stahlbetonbodenplatte rechnerisch die Setzung bestimmt und der Spannung gegenübergestellt. Unter Berücksichtigung der Vorbelastung, kann im ersten Iterationsschritt ein mittlerer charakteristischer Bettungsmodul von

$$k_s = 20 \text{ MN/m}^3$$

angesetzt werden kann. Dieser kann im Randbereich und im Bereich der überkragenden Bodenplatte um 100% erhöht werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass es sich beim Bettungsmodul nicht um einen Bodenkennwert handelt, sondern um eine systemische Größe, welche sich aus dem Verhältnis der Steifigkeit des Untergrunds und der Steifigkeit der Konstruktion in Abhängigkeit der geometrischen Abmessungen ergibt.

Die hierbei zu erwartenden Bauwerkssetzungen liegen – auf Grundlage der Berechnungen nach DIN 4019 – bei  $\leq 3$  cm. Die infolge von Baugrundinhomogenitäten noch zu erwartenden Setzungsdifferenzen werden unterhalb der Winkelverdrehung von  $\alpha_{\text{krit}} \leq 1/500$ , sprich 2‰, als tolerierbares Maß zur Vermeidung konstruktiver Bauwerkschäden liegen und sind daher als unproblematisch zu bewerten.

### 5.3 Bauwerksabdichtung

Das Grundwasser hat durch den großen Flurabstand keinen Einfluss auf die geplanten Baukörper. Durch die erhöhten Feinkornanteile der oberflächennahen Auffüllungen und Schluffe kann sich jedoch Sickerwasser bei starken Regenereignissen temporär vor Bauteilen aufstauen. Sofern auf eine dauerhafte Dränung nach DIN 4095 verzichtet wird, wird eine Abdichtung gegen *W2.1-E – mäßige Einwirkung von drückendem Wasser* empfohlen.

### 5.4 Versickerung

Grundsätzlich sind die im Projektareal anstehenden Böden zur Versickerung von Niederschlagswasser unterhalb des Schluffs ab einer Tiefenlage von 3,00–4,00 m unter GOK (ca. 56,50 m NHN) gut geeignet. Sollte dies geplant werden, ist über Festkörperrigolen ein hydraulischer Anschluss an die gut durchlässigen Sande und Kiese herzustellen.

Die im Untergrund anstehenden Sande und Kiese besitzen eine sehr gute Durchlässigkeit. Vorab kann mit einem Durchlässigkeitsbeiwert in einer Größenordnung von  $1 \times 10^{-4}$  gerechnet werden. Zu deren Dimensionierung bedarf es der Erarbeitung eines hydrogeologischen Gutachtens. Zudem ergeht der Hinweis, dass die Einleitung von Niederschlagswasser in den Untergrund eine Gewässernutzung darstellt und eine wasserrechtliche Erlaubnis erfordert.

Im Vorfeld der Planung einer Versickerungseinrichtungen ist zu prüfen, ob innerhalb des Projektareals oder unmittelbar angrenzend in südlicher Richtung ausreichend Platz für eine Festkörperkohle zur Verfügung steht.

### 5.5 Kanalbau

Für die Verlegung erdverlegter Abwasserleitungen und -kanäle findet die Euronorm EN 1610, ergänzt durch das Arbeitsblatt DWA-A 139 (03/2019), Anwendung.

Für die Ausführung von Böschungen gelten grundsätzlich die Empfehlungen der DIN 4124 mit den nachfolgend aufgeführten Böschungsneigungen:

Auffüllung	$\leq 45^\circ$
Schluff	$\leq 60^\circ$
Sand/Kies	$\leq 45^\circ$

Unter den Voraussetzungen der DIN 4124 können Kanalgräben bis 1,25 m unter GOK senkrecht und ohne Verbau ausgehoben werden. Ab einer Aushubtiefe von 1,75 m sind gemäß DIN 4124 Bohlen zur Sicherung zu verwenden oder die obersten 0,50 m abzuböschten. Freie Böschungen sind auf eine Höhe von 4,00 m zu begrenzen.

Ausweislich der durchgeführten Sondierungen sind im Bereich der Rohrleitungszone überwiegend Auffüllungen in weicher bis steifer Konsistenz zu erwarten. Zur Ertüchtigung der Grabensohle und zum Aufbau des Rohraufagers ist zu erwarten, dass ein Bodenaustausch benötigt wird. Bezüglich der Ausbildung der Rohrauflager und der Einbettung der Rohre wird auf die einschlägigen technischen Richtlinien verwiesen.

Auf Basis der durchgeführten Untersuchungen liegen normale Bodenverhältnisse vor, sodass die Rohrbettung entsprechend DIN EN 1610 ausgeführt werden kann. Zur Reduzierung von möglichen Setzungsschäden ist die Schichtstärke der Bettungsschicht in Übereinstimmung mit dem Arbeitsblatt DWA-A139 in Abhängigkeit des Rohrdurchmessers auszuführen. Für die Ausführung der oberen Bettungsschicht ist die Rohrleitungsstatik zu berücksichtigen.

Sollten durch den Rohrhersteller keine Materialanforderungen gestellt werden, wird für die Herstellung der oberen und unteren Bettungsschicht folgende Materialien vorgeschlagen:

- Kiessand Körnung 0/16 – geeignet für alle Nennweiten
- Sand-Splitt-Gemisch Körnung 0/11 – geeignet bis DN 900
- Sand-Splitt-Gemisch Körnung 0/16 – geeignet ab DN 900

Die Verfüllung der Rohrleitungszone sollte beiderseits bis zu einer Höhe von 0,15 m oberhalb des Rohrscheitels mit dem gleichen Material der Bettungsschicht erfolgen.

Bei der Verwendung von Steinzeugrohren ist zum Schutz der Leitung die Bettung und seitliche Verfüllung aus einem Sandmaterial der Körnung 0/4 herzustellen, sofern durch den Hersteller keine abweichenden Angaben erfolgen.

Der Einbau von Schüttgut hat in Lagen von max. 0,30 m zu erfolgen und ist mit leichtem Gerät auf mindestens 97% der einfachen Proctordichte zu verdichten (entspricht ZTV-E StB 09). Bei der Verdichtung ist darauf zu achten, dass die Lage der Leitung nicht beeinflusst wird.

Die beim Aushub anfallenden Schluffe und Auffüllungen sind aus gutachterlicher Sicht **nicht** zum Wiedereinbau im Bereich der späteren Straßenkörper als frostsicheres Material geeignet.

Der Einbau sämtlichen Materials sollte unter fachgutachterlicher Aufsicht erfolgen und durch Verdichtungsprüfungen in Form von Rammsondierungen und Plattendruckversuchen begleitet werden.

Sofern die Rückverfüllung der Gräben mit Fremdmaterial erfolgt, wird die Verwendung von Böden der Verdichtbarkeitsklasse V1 (gemäß ZTV A-StB 12) empfohlen. Das Material ist nach und nach einzubauen und dynamisch zu verdichten.

Bis zum Niveau von 0,50 m unter Planum sind folgende Verdichtungsanforderungen zu beachten:

DIN 18196	Verdichtungsgrad	$E_{v2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$E_{vd}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
GW, GI	$\geq 98\% D_{Pr}$	80	40
GE, SW, SE, SI	$\geq 98\% D_{Pr}$	70	40

In dem Bereich zwischen 0,50 m unter Planum und Unterkante Planum gelten die folgenden Anforderungen:

DIN 18196	Verdichtungsgrad	$E_{v2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$E_{vd}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
GW, GI	$\geq 100\% D_{Pr}$	100	50
GE, SW, SE, SI	$\geq 100\% D_{Pr}$	80	50

## 5.6 Straßenbau

Im Bereich späterer Straßenkörper wurden ausschließlich Auffüllungen der Frostempfindlichkeitsklassen F2 und F3 angetroffen. Unter Berücksichtigung der RStO sollte die Dicke des frostsicheren Oberbaus mindestens 0,60 m betragen. Im Bereich von Park- und Verkehrsflächen ist daher ein Bodenaustausch zu berücksichtigen.

Das Planum ist rückschreitend mittels Glattschaufel herzustellen, um eine negative Beeinflussung der Tragfähigkeitseigenschaften des Bodens auszuschließen. Auf dem Planum ist zum Nachweis der Tragfähigkeit im statischen Lastplattendruckversuch ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45$  MN/m<sup>2</sup> zu erreichen.

Erfahrungsgemäß wird diese erforderliche Grundtragfestigkeit ohne baugrundverbessernde Maßnahmen nicht zu erreichen sein. In diesem Fall ist ein Mischbinder (Kalk/Zement) in einem Mischungsverhältnis von 30/70 mittels Hochleistungsfräse einzuarbeiten. Die Vergütungsstufe sollte näherungsweise 50 cm

betragen. Vorbehaltlich einer Eignungsprüfung sollte mit einer Zuschlagsmenge von 5% kalkuliert werden. Bei einer Einarbeitungstiefe von 50 cm entspricht dies einer Zugabemenge von 50 kg/m<sup>2</sup>.

Der weitere frostsichere Aufbau richtet sich nach der RStO 12 in Abhängigkeit des Fahrbahnaufbaus und der Belastungsklasse.

Als Tragschichtmaterial wird frostsicheres, natürliches Material der Körnung 0/56 o. ä. empfohlen. Sollte ein geeignetes Recyclingmaterial zum Einsatz kommen, sind sowohl die bautechnische und umwelttechnische Eignung des Materials nachzuweisen. Hierfür wird empfohlen, dass in diesem Falle ein güteüberwachtes Material verwendet wird.

Die Verwendung von Recyclingstoffen bedarf einer wasserrechtlichen Erlaubnis. Es wird empfohlen, die Maßnahme fachgutachterlich begleiten zu lassen und die Verdichtungsnachweise durch einen Gutachter durchführen zu lassen.

Allgemeine Anhaltswerte für die aus Tragfestigkeitsgründen erforderlichen Schichtstärken von Schichten ohne Bindemittel (SoB) gemäß ZTV SoB-StB sollten ab der Oberkante der Stabilisierungsschicht folgendermaßen berücksichtigt werden:

$E_{v2}$ -Wert auf OK SoB [MN/m <sup>2</sup> ]		≥ 80	≥ 100	≥ 120	≥ 150
Art der SoB	STS [m]	15	15	25	35
	KTS [m]	15	15	30	50
	FSS aus gebrochenem Material [m]	15	20	30	–
	FSS aus unebrochenem Material [m]	20	25	35	–

Für die Herstellung bituminöser Trag- und Deckschichten sind die Vorgaben der TL Asphalt StB 13 und der ZTV Asphalt StB 13 zu beachten.

Im Falle der Verwendung von Verbundsteinpflaster ist die Ebenmäßigkeit von ca. 1 cm, bezogen auf die 4-m-Richtlatte, zu gewährleisten. Darüber hinaus ist bei der Auswahl des Frostschutz- und Tragschichtmaterials auf die Kornabstufung zu achten, sodass Filterstabilität gegeben ist. Andernfalls kann es zum Austrag von Feinkorn aus der Pflasterbettung kommen.

Bei der Herstellung des Pflasters ist eine kontinuierliche Wartung zu berücksichtigen, welche ggf. auch Nachsandern des Pflasters umfasst. Bei Pflasterbauweise sind die Vorgaben der ZTV Pflaster-StB 06 zu beachten.

## **6 Ergänzende Hinweise für die Planung und Bauausführung**

Im nachfolgenden Kapitel werden einige ergänzende Hinweise und Präzisierungen für die weitere Planung und Bauausführung formuliert. Sie sollen unter anderem dazu dienen, die einzelnen Planungsschritte frühzeitig zu koordinieren, um Zeitverluste während der Bauphase zu vermeiden. Darüber hinaus sollen einige Präzisierungen der Vermeidung von Missverständnissen dienen.

### **6.1 Allgemeine Hinweise zu Verbauarbeiten und Spezialtiefgründungen**

Im Vorfeld der Planung und Herstellung von Verbaumaßnahmen und Spezialtiefgründungen ist die Kampfmittelfreiheit zu überprüfen. Je nach Ergebnis der Kampfmittelanfrage sind Detektionsbohrungen zum Ausschluss von Kampfmitteln erforderlich. Für das Rheinland wird das Gefährdungsband mit 7,00 m zzgl. 1,00 m Sicherheitszuschlag definiert. Maßgeblich ist die Höhenlage des Geländes zum Zeitpunkt des Abwurfs (1944/45). Fanden nach dem Abwurf Gelände Anschüttungen statt, ist die Mächtigkeit der Anschüttung dem Gefährdungsband zuzuschlagen. Die minimale Bohrtiefe beträgt somit 8,00 m. Für die Durchführung von Detektionsbohrungen einschließlich Auswertung und Freigabe kann mit einem Zeitbedarf von ca. 8 Wochen kalkuliert werden.

Je nach Ergebnislage der Freimessung können Tastbohrungen notwendig werden, welche dem Ausschluss von nicht-identifizierten Kampfmitteln dienen. Hieraus resultieren zusätzliche Kosten sowie ein weiterer Zeitbedarf.

Sollen Verbaumaßnahmen durchgeführt werden, die nicht frei eingespannt sind, sondern einer Rückverankerung bedürfen, sind die Grunddienstbarkeiten zu beachten. Frühzeitig ist zu prüfen, ob Ankergenehmigungen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten zu erlangen sind oder ob es Versagensgründe hierfür gibt.

Auch für Verpress-Anker bedarf es bis zu einer Tiefenlage von 6,00–7,00 m unter GOK (ausgehend von der Höhenlage des Geländes zum Zeitpunkt des Bombardements 1944/1945) der Kampfmittelfreiheit, sofern das Projektareal sich in einem Abwurfgebiet befindet.

Grundsätzlich ist zu prüfen, ob die Hochbaumaßnahme sowie der Verbau und die Herstellung der Baugrube in einem Baugenehmigungsverfahren abgehandelt werden können. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass regional sowohl für die Herstellung der Baugrube als auch für die Errichtung des Hochbaus zwei voneinander getrennte Bauantragsverfahren durchzuführen sind.

Bindet der Verbau in den temporär oder dauerhaft grundwassererfüllten Bereich ein, so stellt dies im Sinne des Wasserrechts eine Gewässernutzung dar und kann eine wasserrechtliche Erlaubnis erfordern. Diese ist rechtzeitig vor Beginn der Bohrarbeiten bei der zuständigen Fachbehörde zu beantragen.

Grundsätzlich ist keine Verbaumethode verformungsfrei. Die Bohrpfahlwand kann gegenüber der Trägerbohlwand eine höhere horizontale Last aufnehmen, welche aus Grenzbebauungen oder Verkehrslasten resultieren können. Dabei bleiben die Verformung und folglich Setzungen unterhalb möglicher Nachbarbebauung geringer. Gleichwohl ist nicht auszuschließen, dass statisch unwirksame Setzungsrisse entstehen.

Es wird deshalb die Durchführung einer Beweissicherung an den Nachbargebäuden empfohlen.

## **6.2 Konkretisierung der Randbedingungen zur Angabe von Böschungswinkeln**

Die in dem entsprechenden Kapitel angegebenen maximal zulässigen Böschungswinkel beziehen sich auf die DIN 4124 oder lehnen sich an diese an. Diese Angaben gelten nur für temporäre Böschungen oder sonstige Eingriffe in den Untergrund und können nicht für die Anlage dauerhafter Böschungen herangezogen werden. Die maximale Böschungstiefe darf ohne rechnerischen Standsicherheitsnachweis oder ohne die Anlage von Bermen maximal 5,00 m betragen.

Für dauerhafte Böschungen sind grundsätzlich Standsicherheitsberechnungen durchzuführen. Die sich hieraus ergebenden maximal zulässigen Böschungswinkel sind nahezu ausnahmslos geringer als die Angaben der DIN 4124.

Grundsätzlich ist die Böschungsoberkante lastfrei zu halten. Es wird auf die Sicherheitsabstände von Fahrzeugen und Maschinen zur Böschungsoberkante (DIN 4124) verwiesen. Sollte Böschungsarbeiten in Bereichen durchgeführt werden, in denen Lasteinleitungen aus bestehenden Gebäuden vorhanden sind, findet die DIN 4124 nicht Anwendung; hier gilt vielmehr die DIN 4123.

Die Anlage freier Böschungen setzt somit ausreichend Platz voraus. Darüber hinaus können freie Böschungen nur angelegt werden, wenn ein ausreichender Abstand zur freien Grundwasseroberfläche gegeben ist.

Insbesondere Schluffe – aber auch Sande und Kiese – neigen bei stärkeren Niederschlägen zu Auswaschungen und damit zur Destabilisierung von Böschungen. Diese sind deshalb witterungsfest abzuplanen und vor Niederschlag zu schützen. Der Witterungsschutz umfasst ebenfalls Austrocknung und Frost.

### **6.3 Randbedingungen für die Angabe von Bemessungswasserständen**

Die Angabe eines Bemessungswasserstandes beruht in aller Regel auf der Auswertung von Grundwasserganglinien benachbarter Grundwassermessstellen. Für die Ermittlung des Bemessungswasserstandes werden normalerweise 2 Sicherheitszuschläge genutzt. Zunächst wird der höchste jemals gemessene Wasserstand mit einem Sicherheitszuschlag von 0,50 m versehen. Je nach Häufigkeit der Messungen (quartalsmäßig/monatlich) kann nicht ausgeschlossen werden, dass der höchste Wasserstand messtechnisch nicht erfasst wurde. Dem wird durch diesen ersten Sicherheitszuschlag von 0,50 m Rechnung getragen. Da sich zukünftig auch höhere Grundwasserstände einstellen können, erfolgt in aller Regel die Addition eines zweiten Sicherheitszuschlags in der Höhe von 0,50 m. Somit ergibt sich der Bemessungswasserstandes aus dem höchsten jemals gemessenen Grundwasserstand (interpoliert für den Standort) zzgl. 1,00 m.

Liegt nach der DIN 18533-1 kein gut durchlässiger Boden im Bereich der Gründungskote vor, ist der Bemessungswasserstand für die Abdichtungsplanung mit der Geländeoberkante gleichzusetzen.

## 7 Schlussbemerkung

Dieser Bericht dient der Erläuterung der durchgeführten Untersuchung. Durch die Darstellung der gewonnenen Erkenntnisse sollen mögliche Risiken erkannt und der Planungsprozess unterstützt werden.

Sollten sich im Zuge der weiteren Planungen Abweichungen von den hier getroffenen Annahmen und Vorgaben ergeben, ist der geotechnische Bericht fortzuschreiben.

Der vorliegende Untersuchungsbericht gilt nur in seiner Gesamtheit.

### UMWELT & BAUGRUND CONSULT



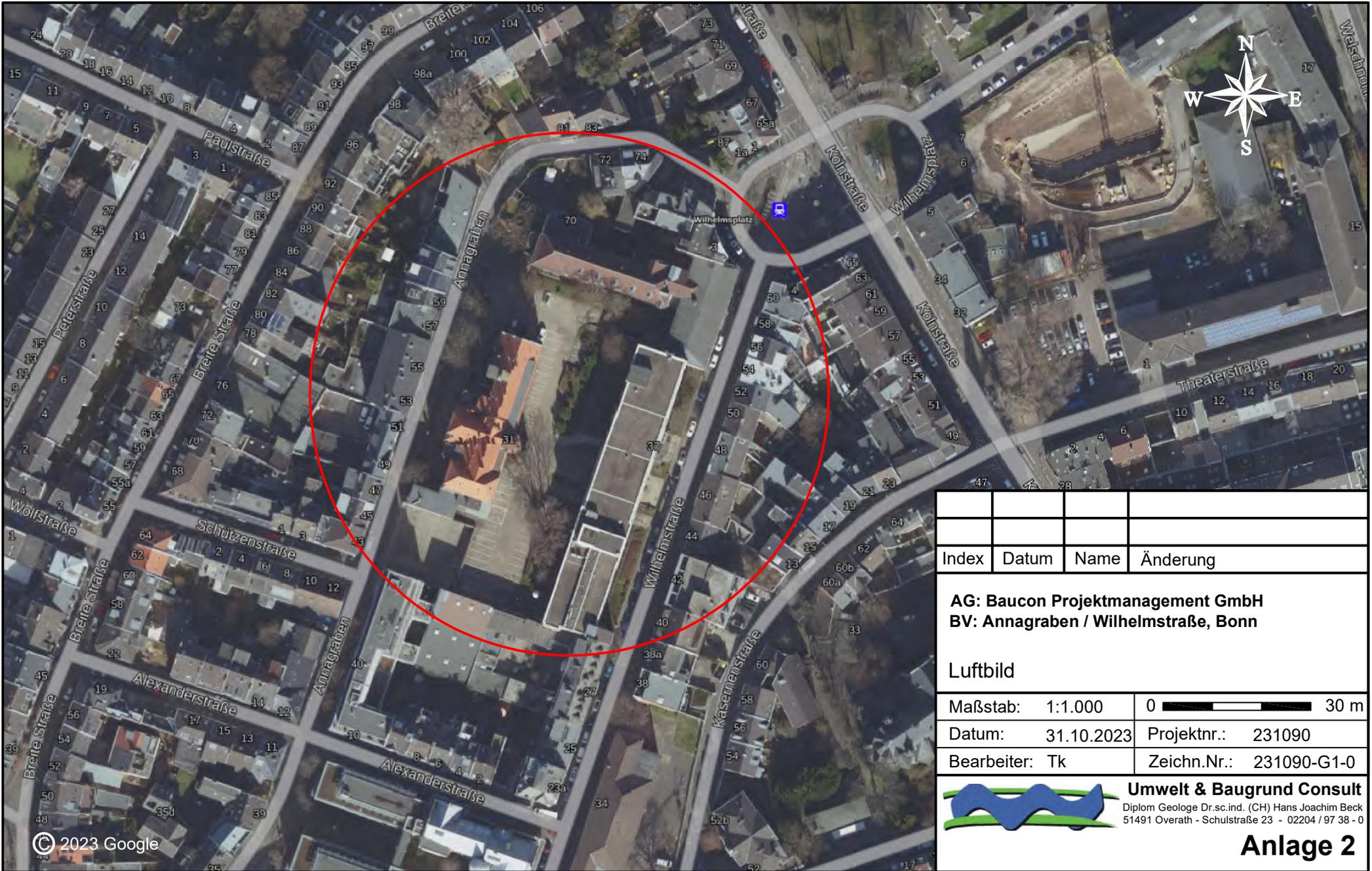
Hans Joachim Beck  
Dr. sc. ind. (CH) Diplom-Geologe



Sebastian Beck  
B. Sc. Bauingenieurwesen

### Anlagen:

- Anlage 1: Übersichtslageplan, M 1:25.000
- Anlage 2: Luftbild, M:2.000
- Anlage 3: Lageplan, M 1:500
- Anlage 4: Bohrprofile und Widerstandskennlinien-Diagramme
- Anlage 5: Bemessungsgrundlagen für Streifen- und Einzelfundamente

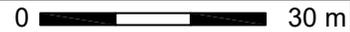


--	--	--	--

Index	Datum	Name	Änderung
-------	-------	------	----------

**AG: Baucon Projektmanagement GmbH**  
**BV: Annagraben / Wilhelmstraße, Bonn**

Luftbild

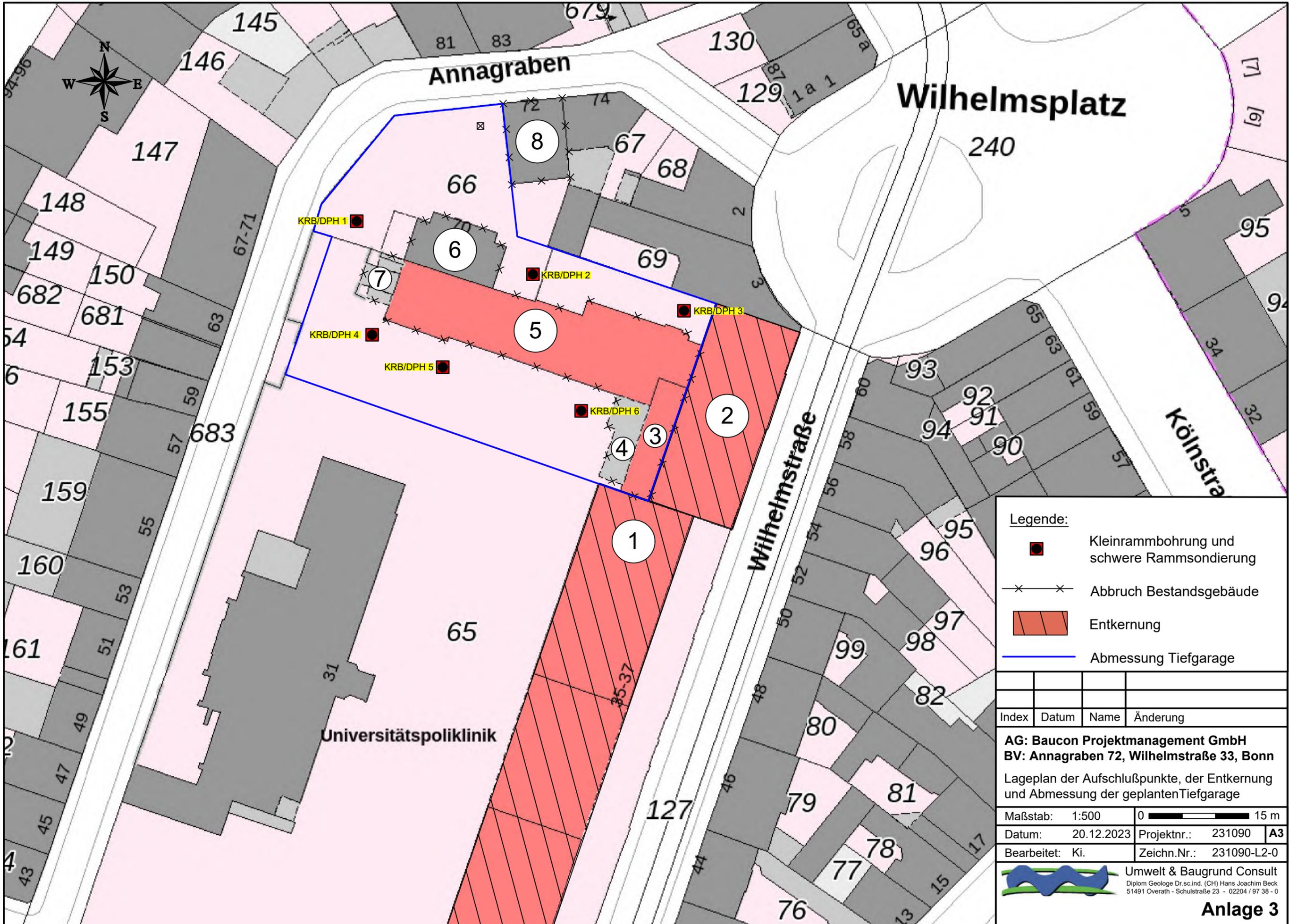
Maßstab: 1:1.000      0  30 m

Datum: 31.10.2023      Projektnr.: 231090

Bearbeiter: Tk      Zeichn.Nr.: 231090-G1-0



**Umwelt & Baugrund Consult**  
 Dipl.-Geologe Dr. sc. ind. (CH) Hans Joachim Beck  
 51491 Overath - Schulstraße 23 - 02204 / 97 38 - 0



**Legende:**

-  Kleinrammbohrung und schwere Rammsondierung
-  Abbruch Bestandsgebäude
-  Entkernung
-  Abmessung Tiefgarage

Index	Datum	Name	Änderung

**AG: Baucon Projektmanagement GmbH**  
**BV: Annagraben 72, Wilhelmstraße 33, Bonn**

Lageplan der Aufschlußpunkte, der Entkernung und Abmessung der geplanten Tiefgarage

Maßstab: 1:500  15 m

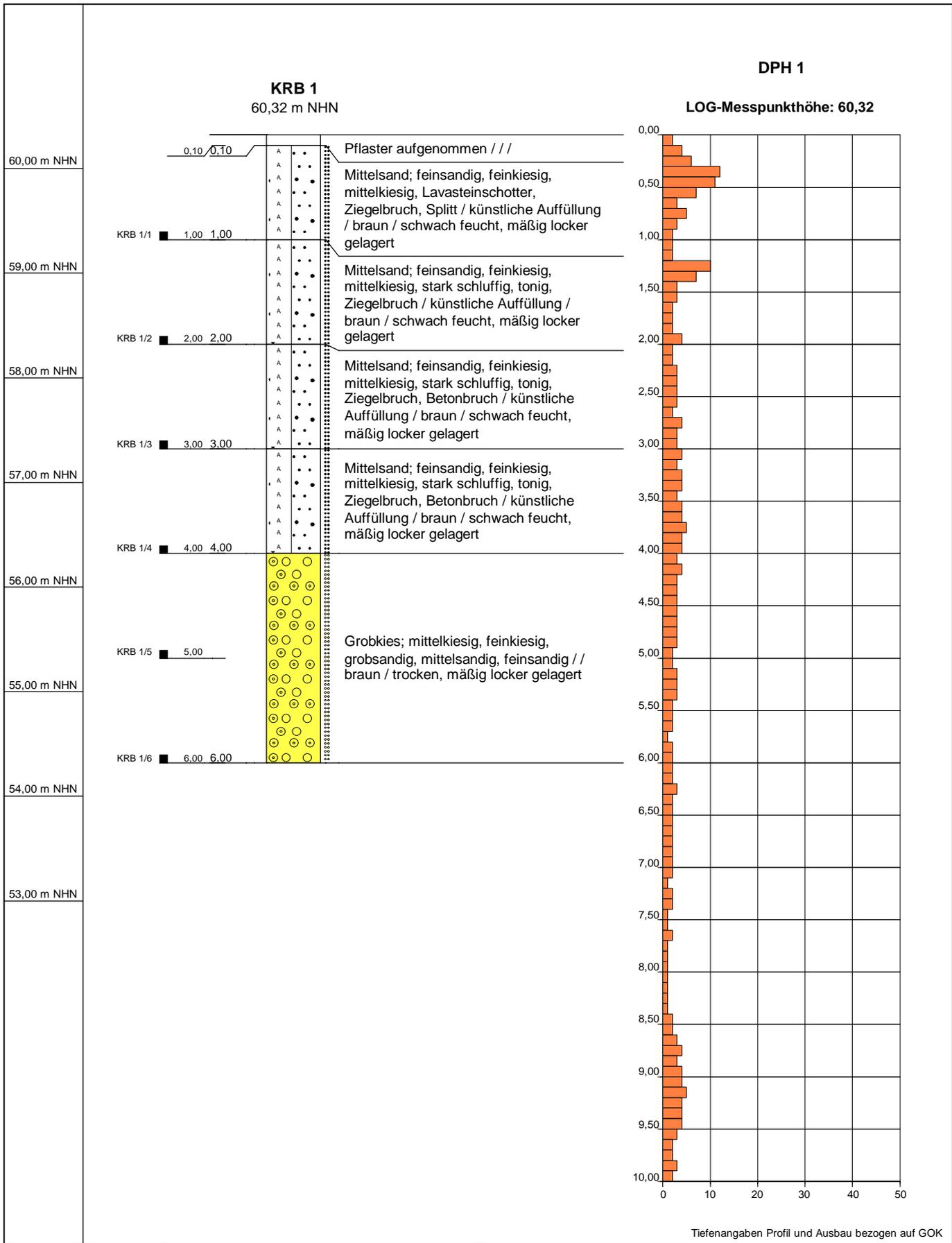
Datum: 20.12.2023 Projektnr.: 231090 **A3**

Bearbeitet: Ki. Zeichn.Nr.: 231090-L2-0

 **Umwelt & Baugrund Consult**  
 Diplom Geologe Dr.sc.ind. (CH) Hans Joachim Beck  
 51491 Overath - Schulstraße 23 - 02204 / 97 38 - 0

**Anlage 3**

## **Anlage 4**

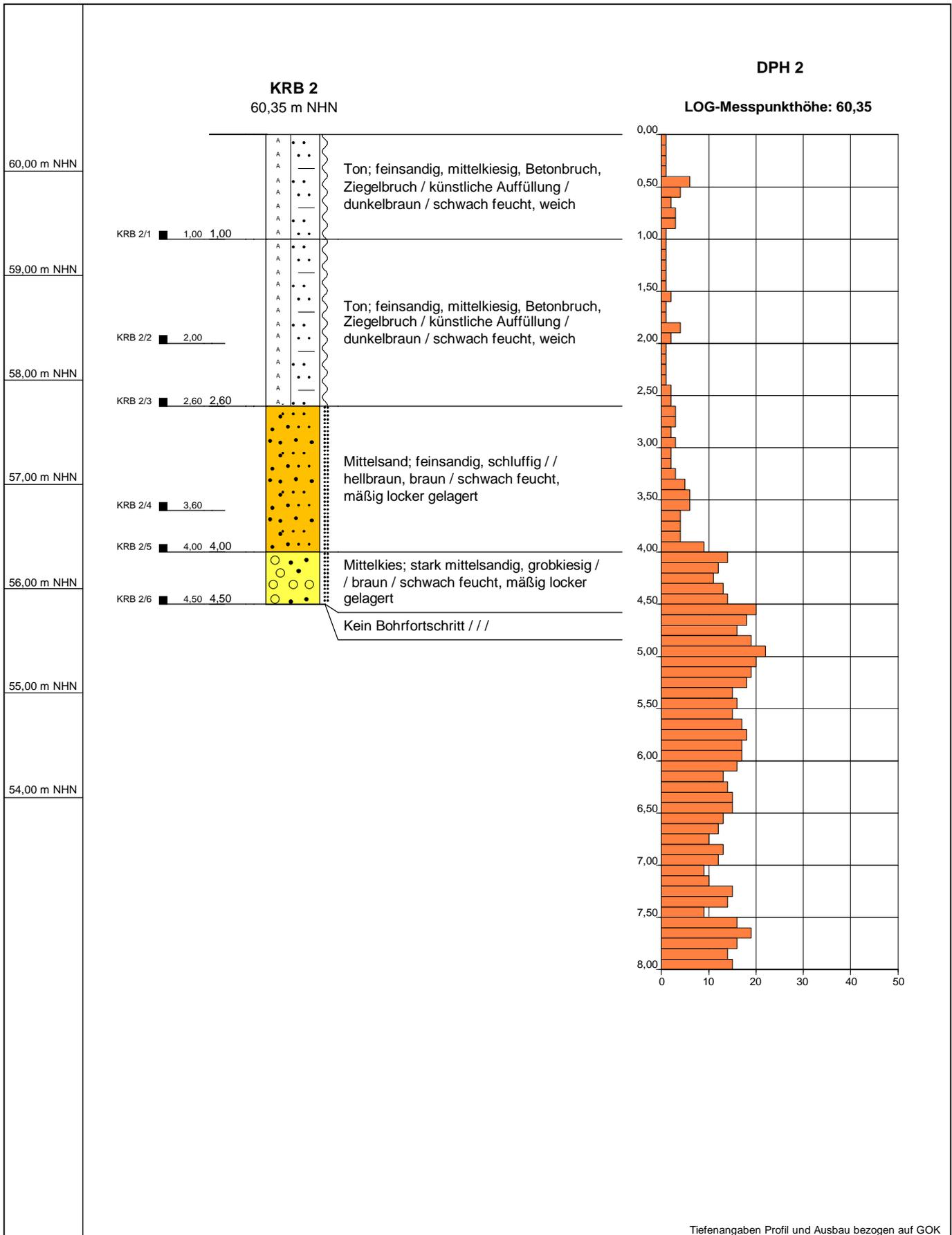


Name d. Bhrg.	KRB 1	RW: 32365782,5
Ort der Bhrg.	Bonn, Annagraben/Wilhelmstraße	HW: 5622648,93
Projekt	231090	Höhe NHN: 60,32
Bearbeiter	Dr. Beck	Datum: 20.12.2023
Bohrfirma	Umwelt & Baugrund Consult	Maßstab : 1:50

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

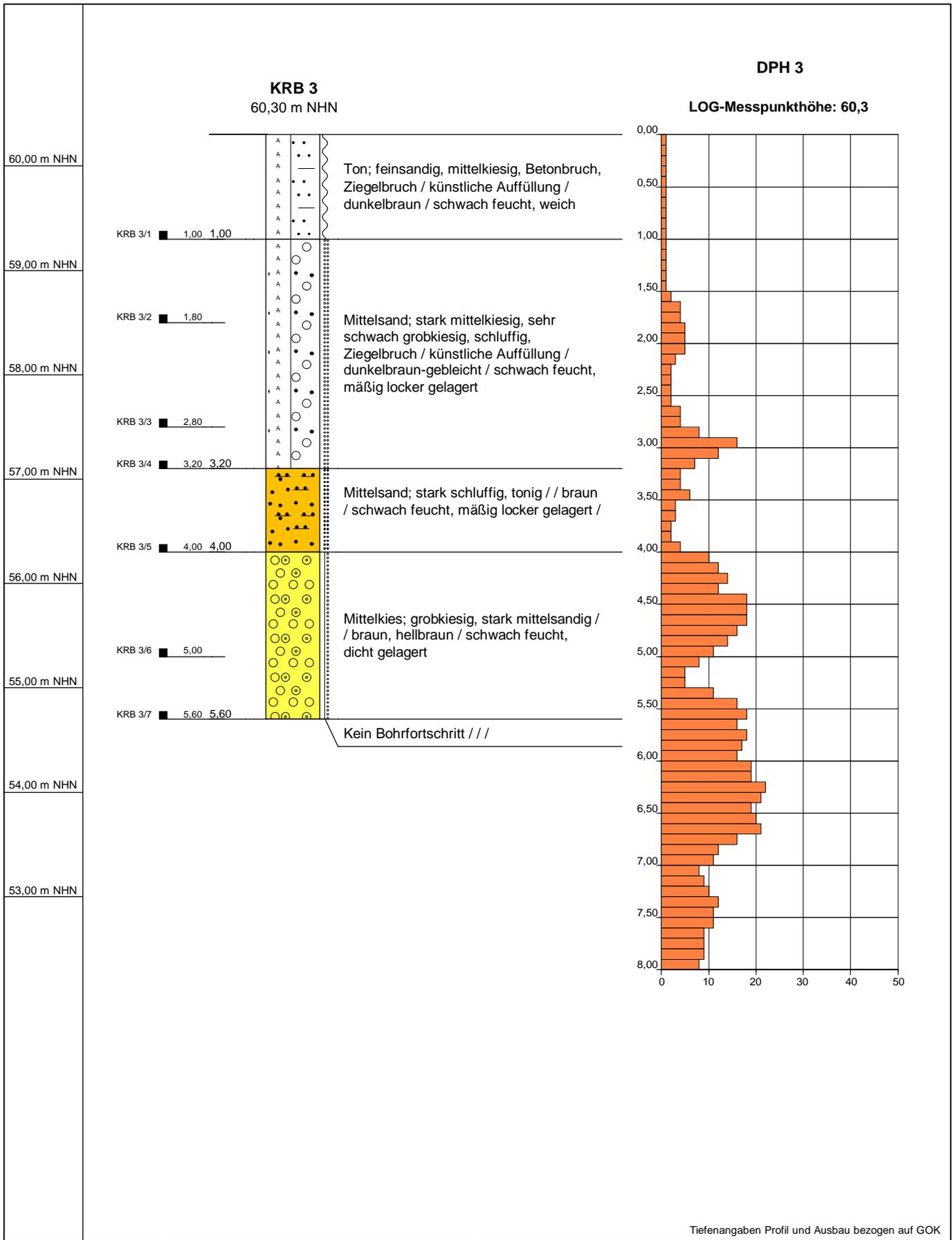
**UMWELT & BAUGRUND  
CONSULT**

Diplom-Geologe Dr. sc. ind. (CH) Hans Joachim Beck



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK		
Name d. Bhrg.	KRB 2	RW: 32365808,93
Ort der Bhrg.	Bonn, Annagraben/Wilhelmstraße	HW: 5622640,97
Projekt	231090	Höhe NHN: 60,35
Bearbeiter	Dr. Beck	Datum: 20.12.2023
Bohrfirma	Umwelt & Baugrund Consult	Maßstab : 1:50

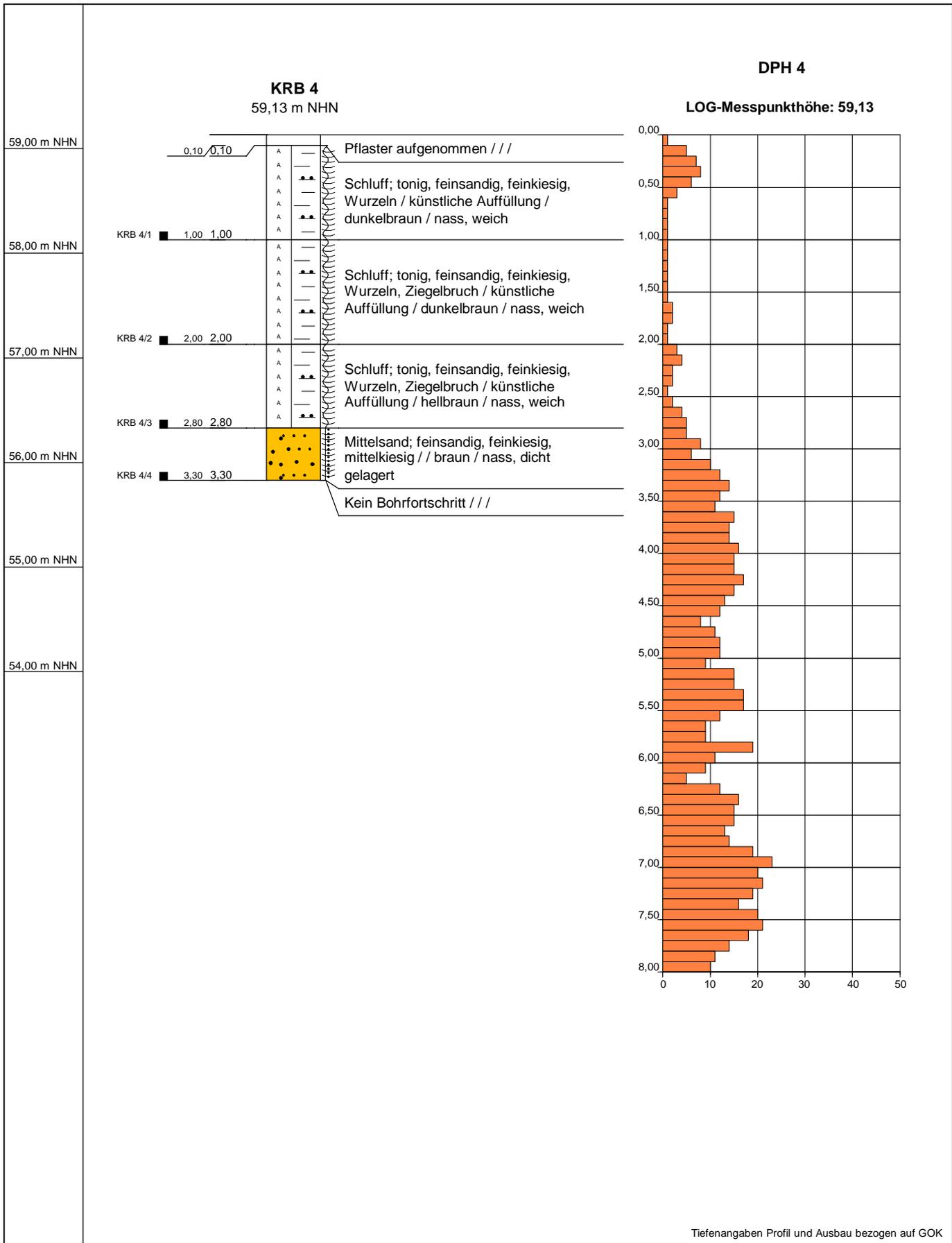




Name d. Bhrg.	KRB 3	RW: 32365831,58
Ort der Bhrg.	Bonn, Annagraben/Wilhelmstraße	HW: 5622635,51
Projekt	231090	Höhe NHN: 60,3
Bearbeiter	Dr. Beck	Datum: 20.12.2023
Bohrfirma	Umwelt & Baugrund Consult	Maßstab : 1:50

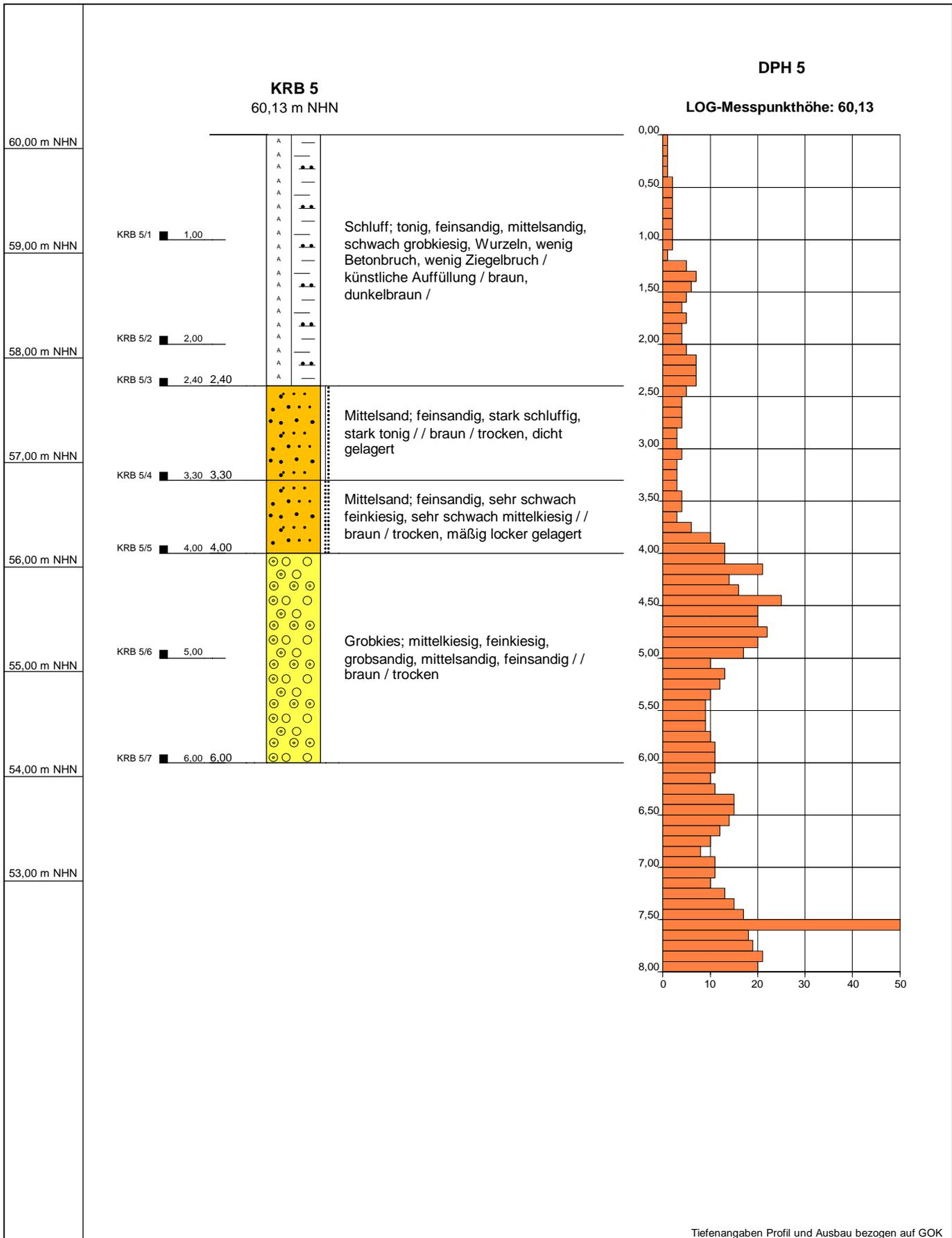
Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK





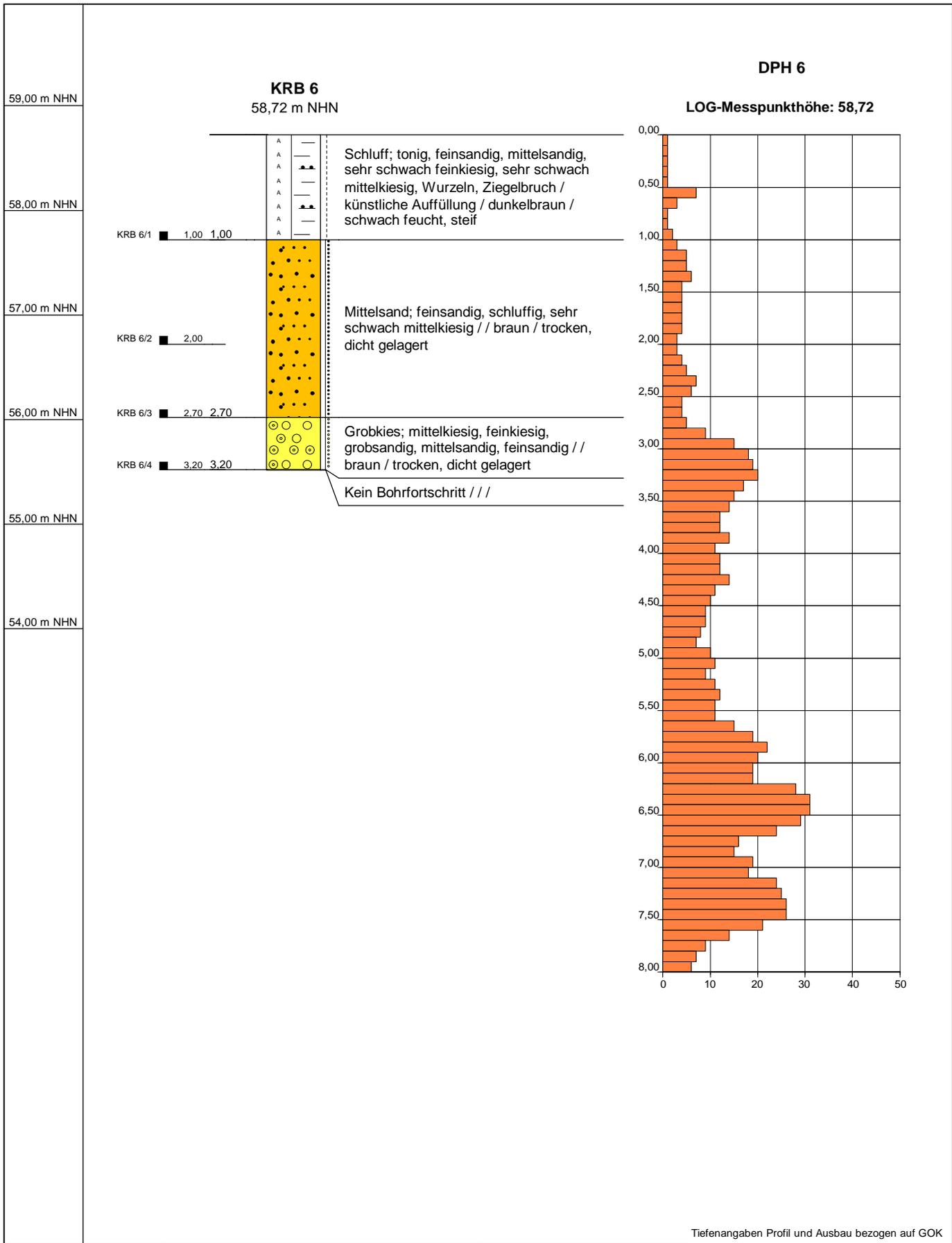
Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK		
Name d. Bhrg.	KRB 4	RW: 32365784,82
Ort der Bhrg.	Bonn, Annagraben/Wilhelmstraße	HW: 5622631,91
Projekt	231090	Höhe NHN: 59,13
Bearbeiter	Dr. Beck	Datum: 20.12.2023
Bohrfirma	Umwelt & Baugrund Consult	Maßstab : 1:50





Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK		
Name d. Bhrg.	KRB 5	RW: 32365795,4
Ort der Bhrg.	Bonn, Annagraben/Wilhelmstraße	HW: 5622627,06
Projekt	231090	Höhe NHN: 60,13
Bearbeiter	Dr. Beck	Datum: 20.12.2023
Bohrfirma	Umwelt & Baugrund Consult	Maßstab : 1:50



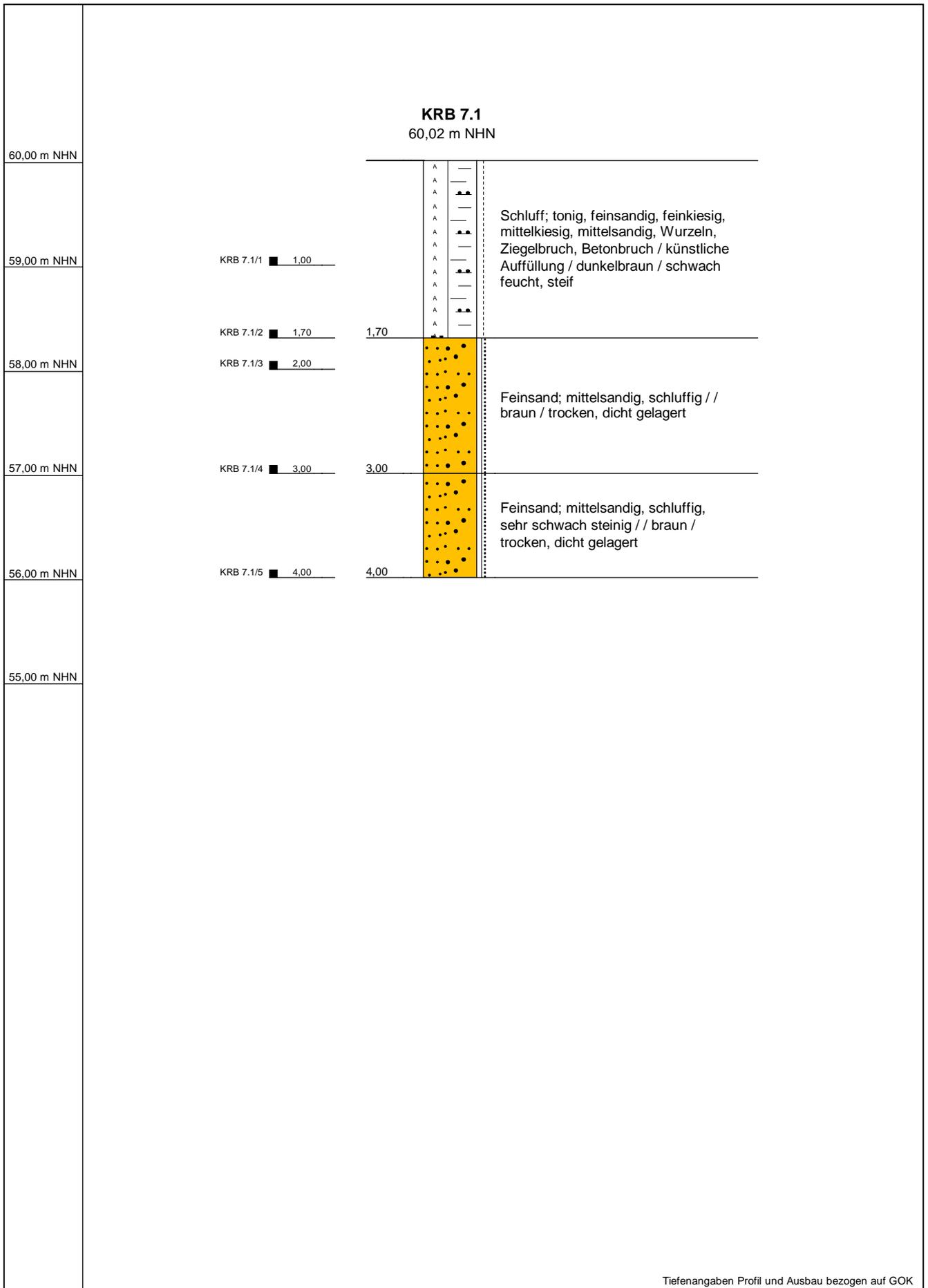


Name d. Bhrg.	KRB 6	RW: 32365816,16
Ort der Bhrg.	Bonn, Annagraben/Wilhelmstraße	HW: 5622620,5
Projekt	231090	Höhe NHN: 58,72
Bearbeiter	Dr. Beck	Datum: 20.12.2023
Bohrfirma	Umwelt & Baugrund Consult	Maßstab : 1:50

Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

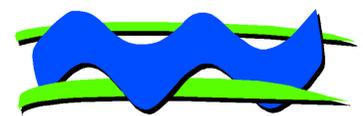






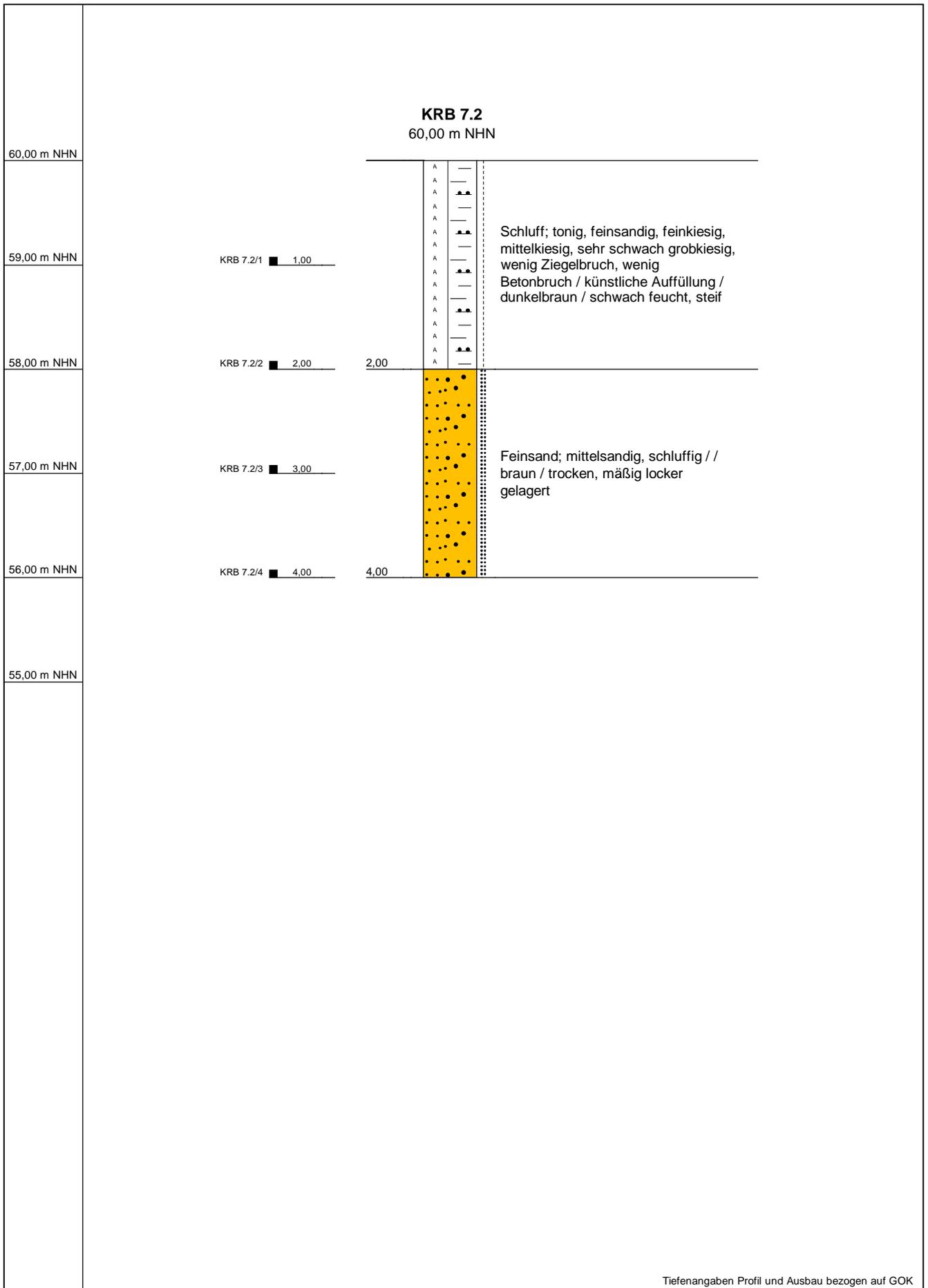
Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrg.	KRB 7.1	RW: 32365799,5
Ort	Bonn, Annagraben/Wilhelmstraße	HW: 5622625,93
Projektnr.	231090	Höhe NHN: 60,02
Bearbeiter	Dr. Beck	Datum: 20.12.2023
Bohrfirma	Umwelt & Baugrund Consult	Maßstab : 1:50

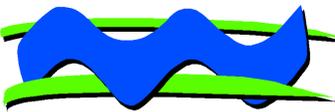


**UMWELT & BAUGRUND  
CONSULT**

Diplom-Geologe Dr. sc. ind. (CH) Hans Joachim Beck



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrg.	KRB 7.2	RW: 32365803,96	 <p><b>UMWELT &amp; BAUGRUND CONSULT</b> Diplom-Geologe Dr. sc. ind. (CH) Hans Joachim Beck</p>
Ort	Bonn, Annagraben/Wilhelmstraße	HW: 5622623,81	
Projektnr.	231090	Höhe NHN: 60	
Bearbeiter	Dr. Beck	Datum: 20.12.2023	
Bohrfirma	Umwelt & Baugrund Consult	Maßstab : 1:50	

**KRB 7.3**  
60,10 m NHN

60,00 m NHN

59,00 m NHN

58,00 m NHN

57,00 m NHN

56,00 m NHN

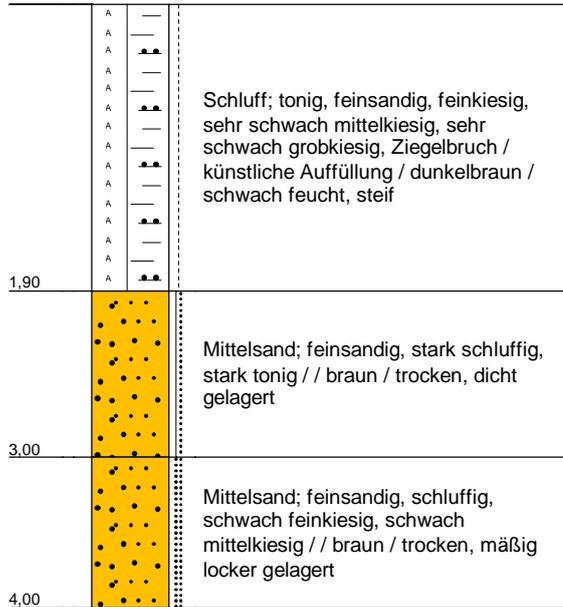
55,00 m NHN

KRB 7.3/1 ■ 1,00

KRB 7.3/2 ■ 1,90

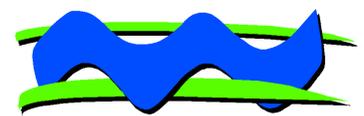
KRB 7.3/3 ■ 3,00

KRB 7.3/4 ■ 4,00



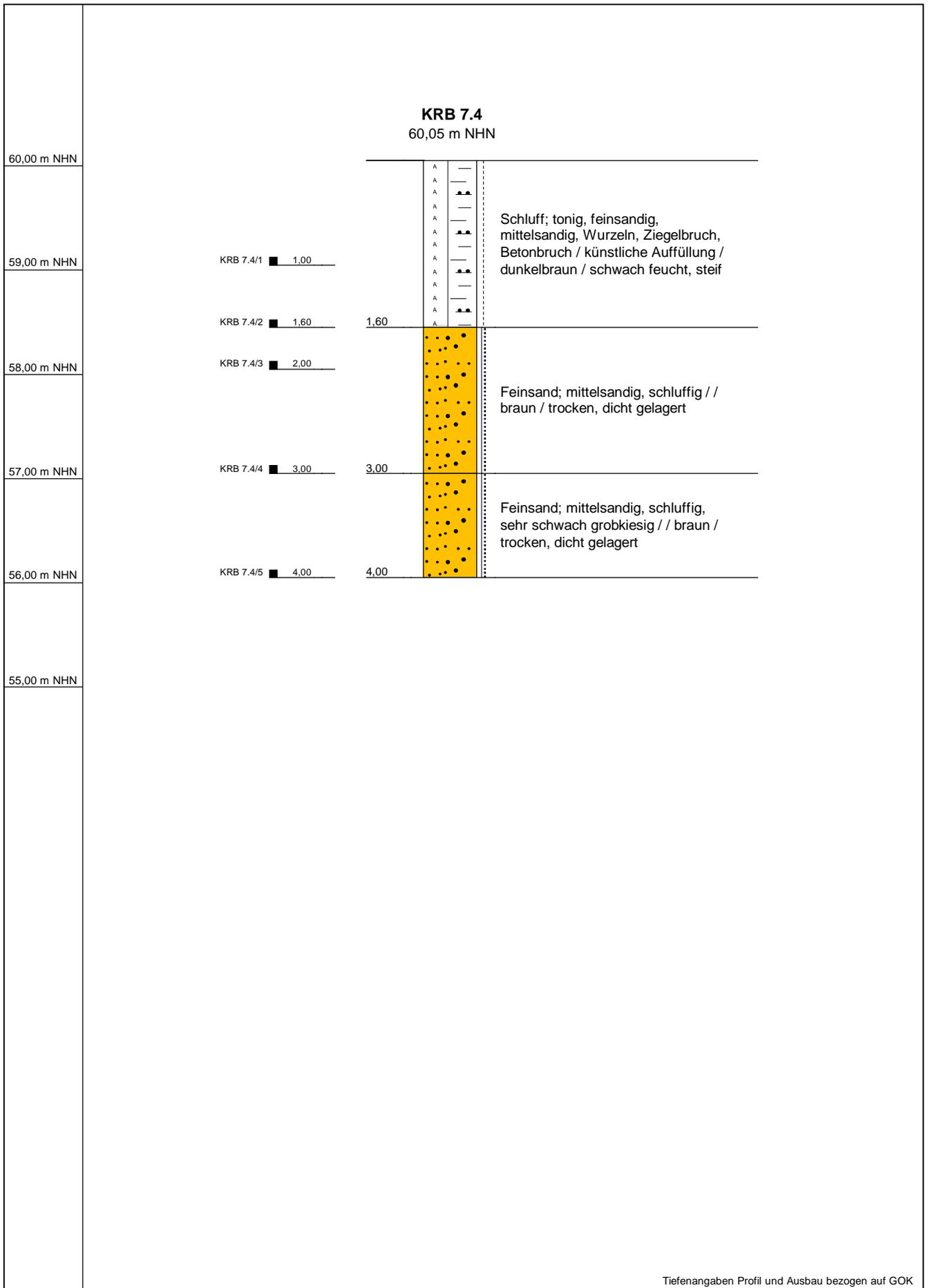
Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

Name d. Bhrg.	KRB 7.3	RW: 32365800,79
Ort	Bonn, Annagraben/Wilhelmstraße	HW: 5622625,76
Projektnr.	231090	Höhe NHN: 60,1
Bearbeiter	Dr. Beck	Datum: 20.12.2023
Bohrfirma	Umwelt & Baugrund Consult	Maßstab : 1:50



**UMWELT & BAUGRUND  
CONSULT**

Diplom-Geologe Dr. sc. ind. (CH) Hans Joachim Beck



Tiefenangaben Profil und Ausbau bezogen auf GOK

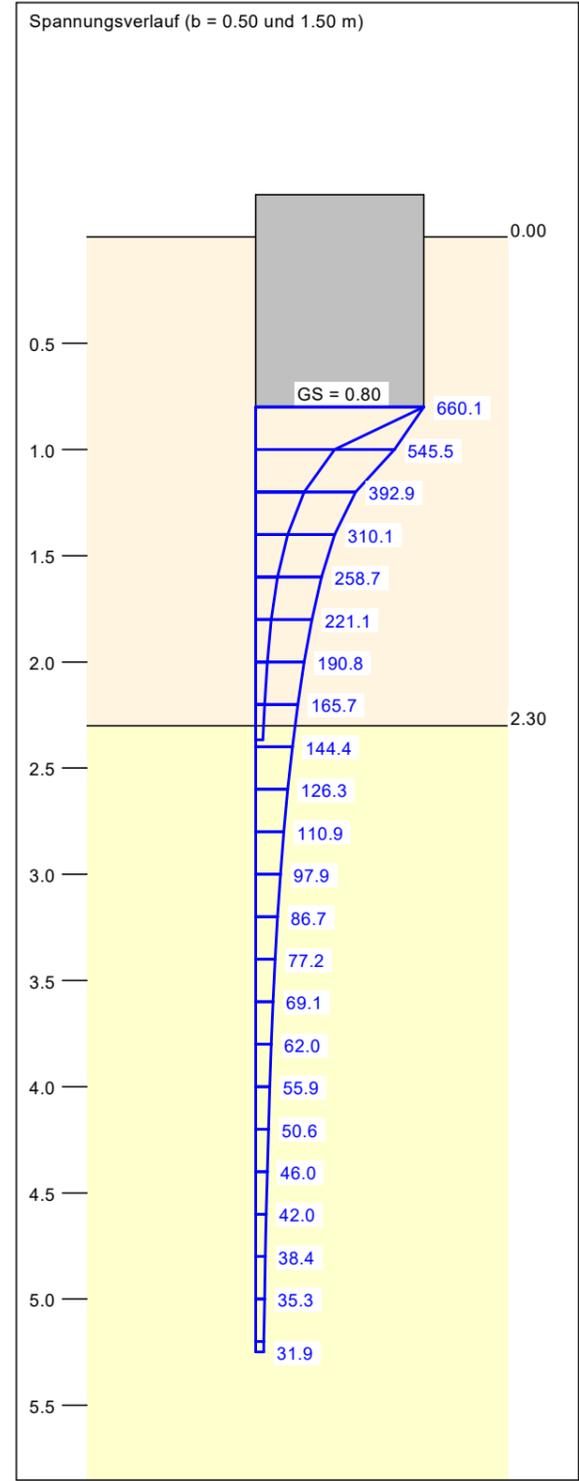
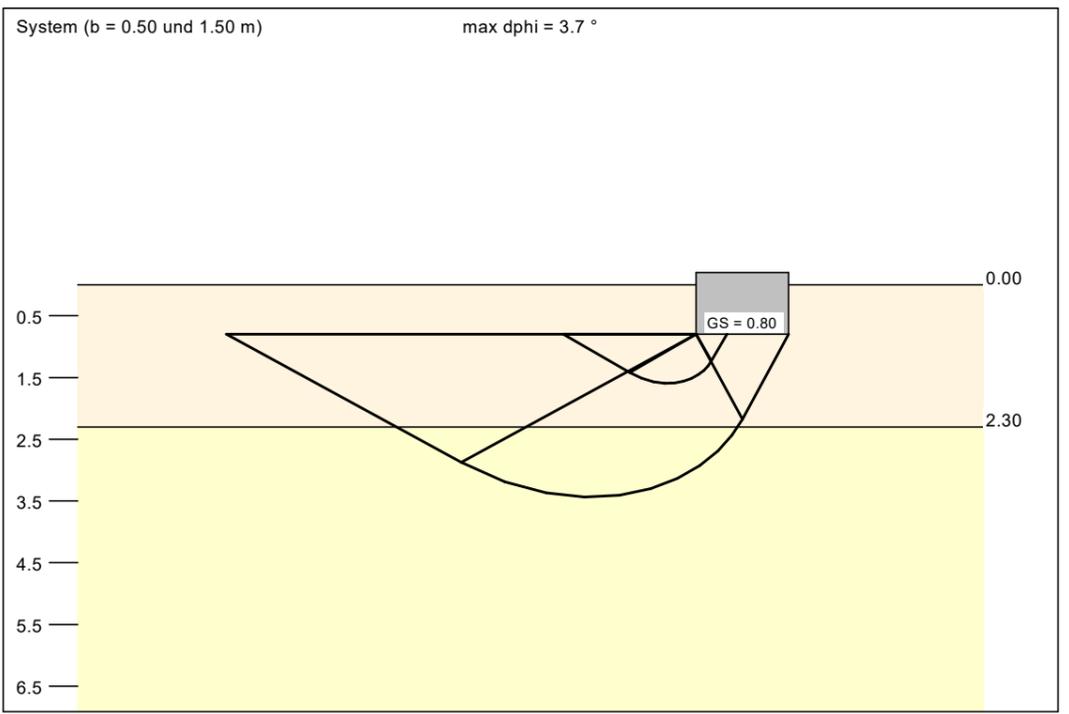
Name d. Bhrg.	KRB 7.4	RW: 32365794,41
Ort	Bonn, Annagraben/Wilhelmstraße	HW: 5622627,74
Projektnr.	231090	Höhe NHN: 60,05
Bearbeiter	Dr. Beck	Datum: 20.12.2023
Bohrfirma	Umwelt & Baugrund Consult	Maßstab : 1:50

**UMWELT & BAUGRUND  
CONSULT**

Diplom-Geologe Dr. sc. ind. (CH) Hans Joachim Beck

Boden	Tiefe [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	2.30	19.0	9.0	30.0	0.0	30.0	Sand
	>2.30	20.0	10.0	35.0	0.0	80.0	Kies

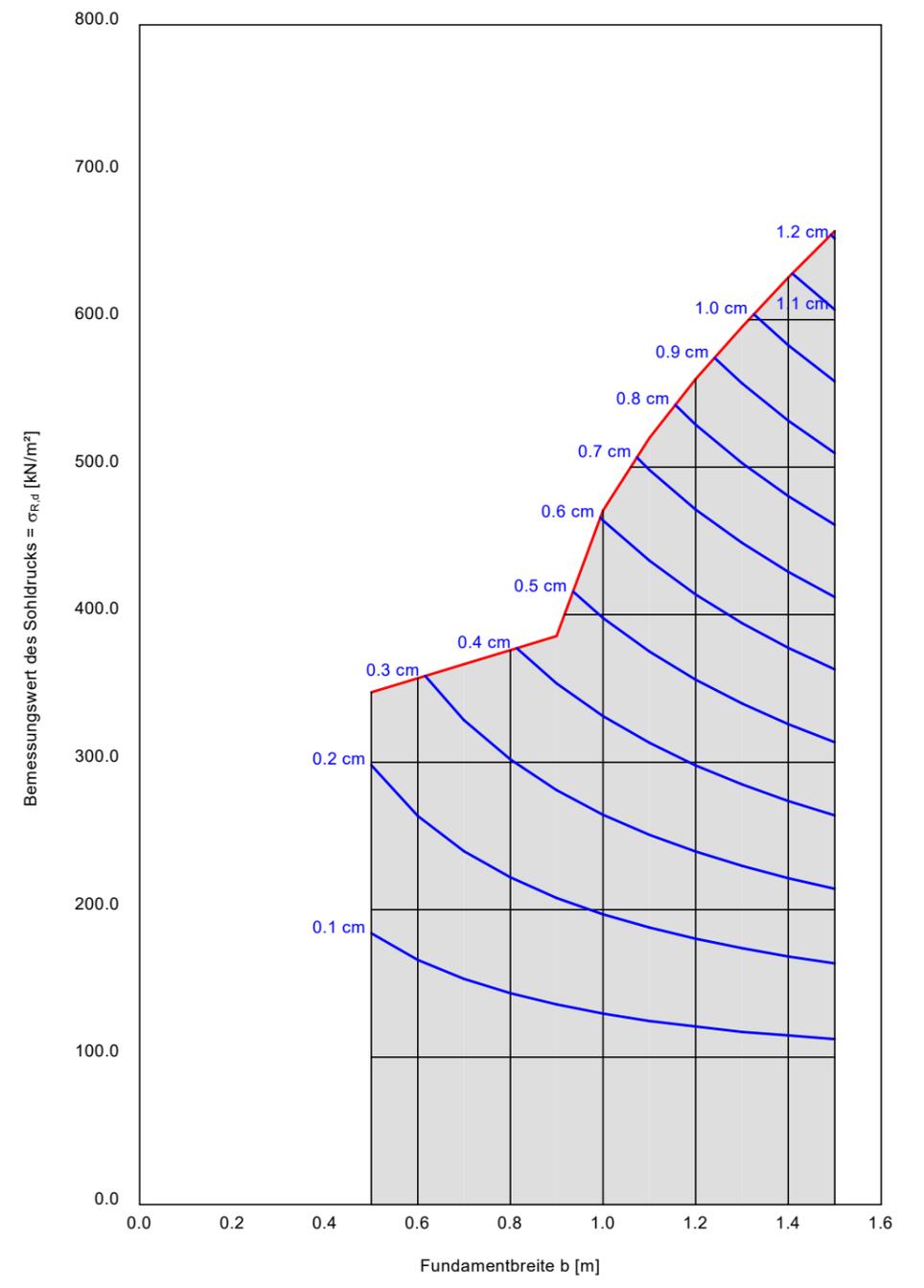
Berechnungsgrundlagen:  
 Norm: EC 7  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Einzelfundament (a/b = 1.00)  
 $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\sigma_{R,d}$  auf 800.00 kN/m<sup>2</sup> begrenzt  
 Gründungssohle = 0.80 m  
 Grundwasser = 10.00 m  
 Vorbelastung = 54.0 kN/m<sup>2</sup>  
 Grenztiefen mit p = 20.0 %  
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt  
 — Sohlendruck  
 — Setzungen



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	R <sub>n,d</sub> [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	V <sub>E,k</sub> [kN]	s [cm]	cal $\varphi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_0$ [kN/m <sup>2</sup> ]	t <sub>g</sub> [m]	UK LS [m]	k <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]
0.50	0.50	347.4	86.8	243.8	60.9	0.24 *	30.0	0.00	19.00	15.20	2.37	1.59	100.4
0.60	0.60	356.9	128.5	250.5	90.2	0.29 *	30.0	0.00	19.00	15.20	2.61	1.75	85.6
0.70	0.70	366.5	179.6	257.2	126.0	0.34 *	30.0	0.00	19.00	15.20	2.84	1.91	75.0
0.80	0.80	376.0	240.7	263.9	168.9	0.39 *	30.0	0.00	19.00	15.20	3.07	2.07	67.1
0.90	0.90	385.6	312.3	270.6	219.2	0.44 *	30.0	0.00	19.00	15.20	3.29	2.23	60.9
1.00	1.00	470.8	470.8	330.4	330.4	0.61 *	31.3	0.00	19.03	15.20	3.73	2.46	54.1
1.10	1.10	519.9	629.1	364.8	441.4	0.74 *	31.9	0.00	19.08	15.20	4.06	2.66	49.6
1.20	1.20	559.8	806.1	392.8	565.7	0.85 *	32.2	0.00	19.14	15.20	4.37	2.86	46.0
1.30	1.30	595.2	1005.9	417.7	705.9	0.97 *	32.5	0.00	19.19	15.20	4.67	3.05	43.0
1.40	1.40	628.7	1232.2	441.2	864.7	1.09 *	32.7	0.00	19.23	15.20	4.96	3.24	40.5
1.50	1.50	660.1	1485.3	463.2	1042.3	1.21 *	32.9	0.00	19.28	15.20	5.25	3.43	38.3

\* Vorbelastung = 54.0 kN/m<sup>2</sup>  
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{of,k} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{of,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{of,k} / 1.99$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

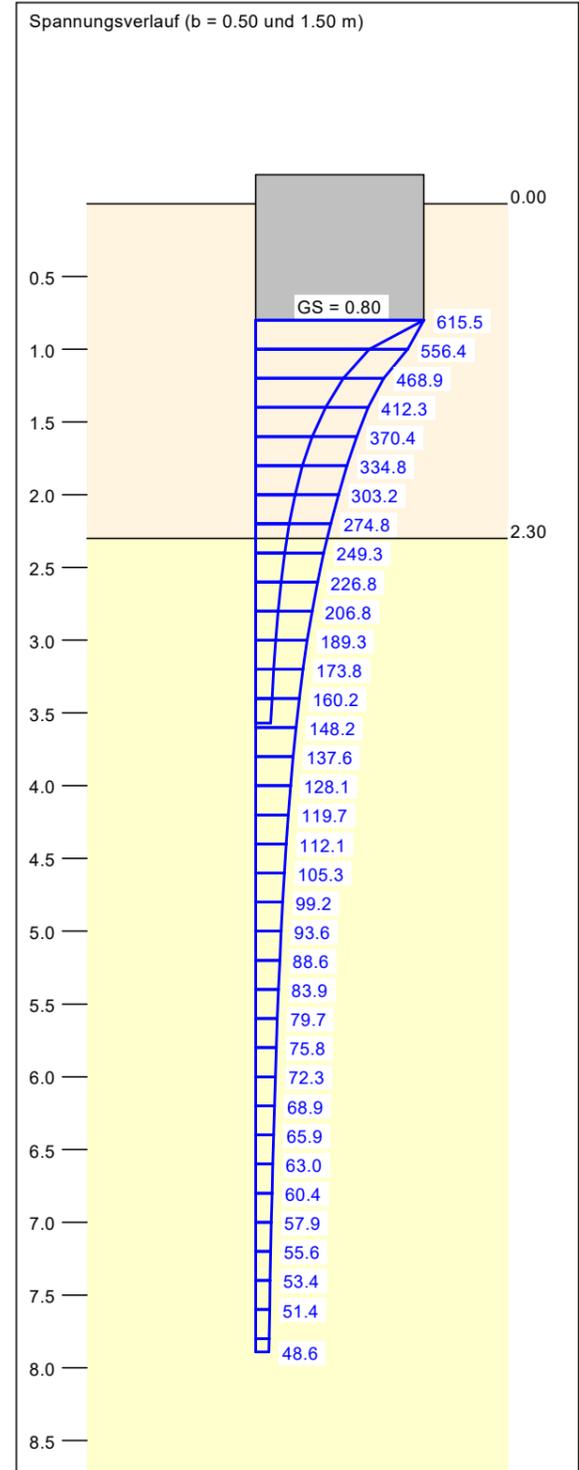
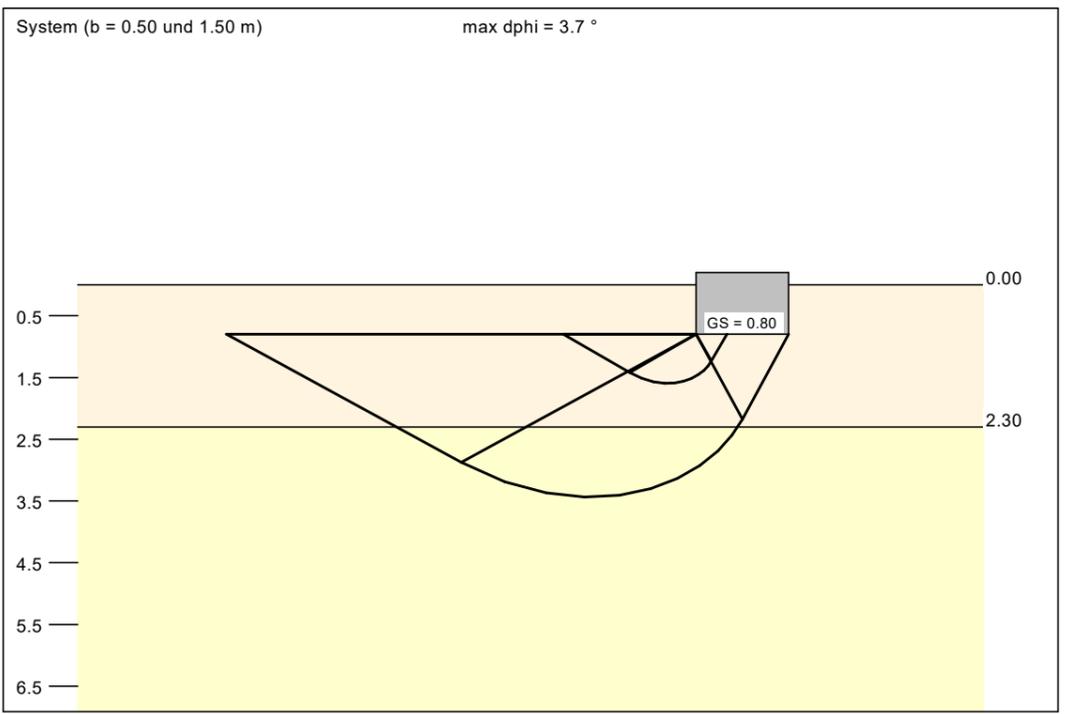
## Kombinierte Grundbruch-/Setzungsberechnung nach DIN 4017/4019 für Einzelfundamente



**AG: PR Annagraben GmbH**  
**BV: Annagraben, Bonn**  
 Bearbeiter: Sebastian Beck | Datum: 15.01.2024  
 **Umwelt & Baugrund Consult**  
 Diplom Geologe Dr. sc. Ind. (CH) Hans-Joachim Beck  
 51491 Overath - Schulstraße 23 - 02204 / 9738 - 0  
 Projektnr.: 231089 | Anlage 5a

Boden	Tiefe [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	Bezeichnung
	2.30	19.0	9.0	30.0	0.0	30.0	Sand
	>2.30	20.0	10.0	35.0	0.0	80.0	Kies

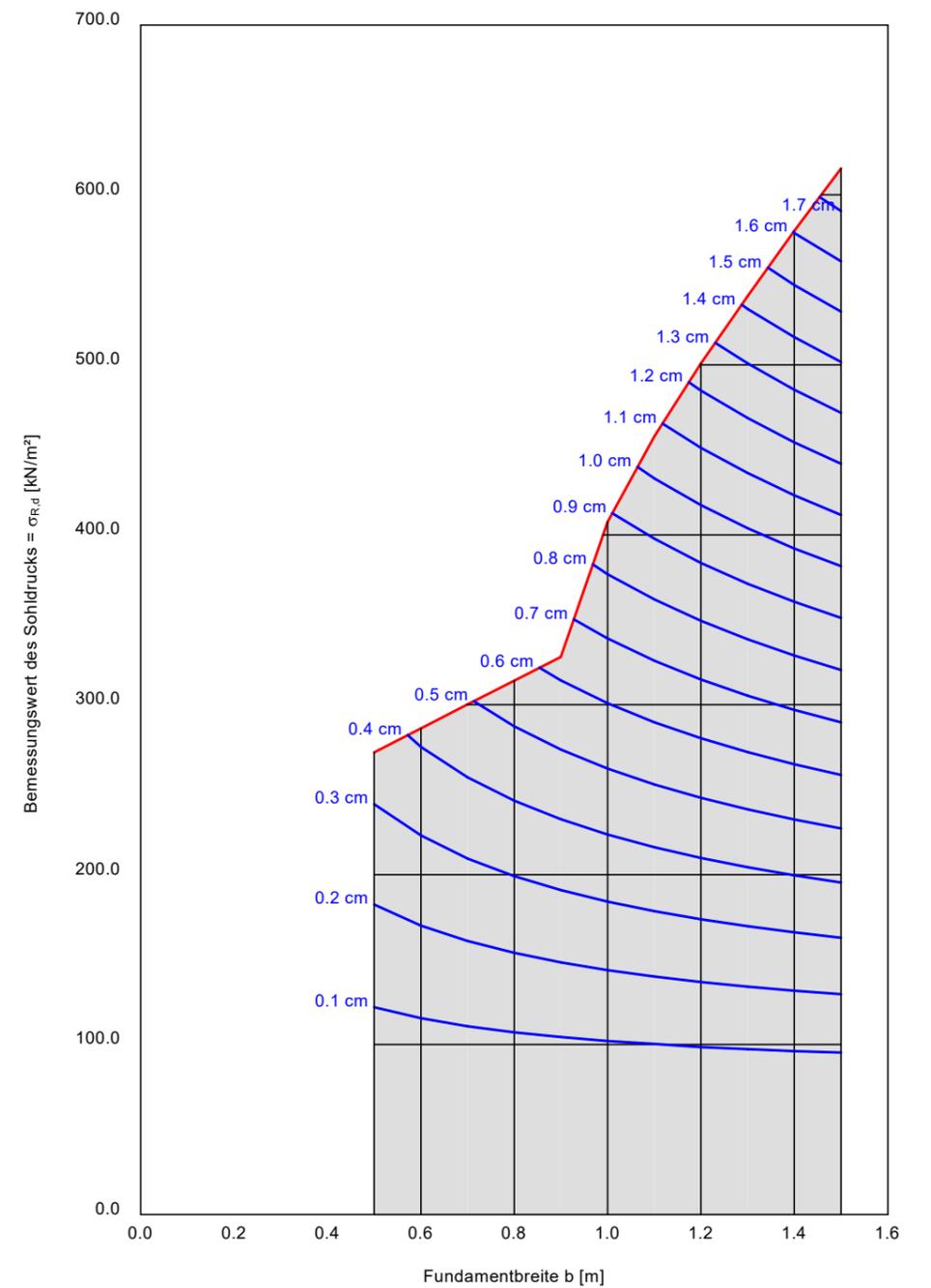
Berechnungsgrundlagen:  
 Norm: EC 7  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Streifenfundament (a = 10.00 m)  
 $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 $\sigma_{R,d}$  auf 800.00 kN/m<sup>2</sup> begrenzt  
 Gründungssohle = 0.80 m  
 Grundwasser = 10.00 m  
 Vorbelastung = 54.0 kN/m<sup>2</sup>  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %  
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt  
 — Sohlendruck  
 — Setzungen



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	R <sub>n,d</sub> [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	V <sub>E,k</sub> [kN/m]	s [cm]	cal $\varphi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_{\bar{0}}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	t <sub>g</sub> [m]	UK LS [m]	k <sub>s</sub> [MN/m <sup>3</sup> ]
10.00	0.50	271.9	136.0	190.8	95.4	0.35 *	30.0	0.00	19.00	15.20	3.57	1.59	54.2
10.00	0.60	286.1	171.7	200.8	120.5	0.42 *	30.0	0.00	19.00	15.20	3.91	1.75	47.7
10.00	0.70	300.2	210.1	210.7	147.5	0.49 *	30.0	0.00	19.00	15.20	4.24	1.91	42.9
10.00	0.80	314.2	251.4	220.5	176.4	0.56 *	30.0	0.00	19.00	15.20	4.55	2.07	39.2
10.00	0.90	328.2	295.4	230.3	207.3	0.63 *	30.0	0.00	19.00	15.20	4.86	2.23	36.3
10.00	1.00	407.7	407.7	286.1	286.1	0.88 *	31.3	0.00	19.03	15.20	5.60	2.46	32.4
10.00	1.10	457.9	503.7	321.3	353.5	1.07 *	31.9	0.00	19.08	15.20	6.13	2.66	30.0
10.00	1.20	500.9	601.1	351.5	421.8	1.25 *	32.2	0.00	19.14	15.20	6.60	2.86	28.2
10.00	1.30	540.5	702.7	379.3	493.1	1.42 *	32.5	0.00	19.19	15.20	7.05	3.05	26.6
10.00	1.40	578.8	810.3	406.2	568.6	1.60 *	32.7	0.00	19.23	15.20	7.48	3.24	25.3
10.00	1.50	615.5	923.3	431.9	647.9	1.78 *	32.9	0.00	19.28	15.20	7.89	3.43	24.2

\* Vorbelastung = 54.0 kN/m<sup>2</sup>  
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{of,k} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{of,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{of,k} / 1.99$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

## Kombinierte Grundbruch-/Setzungsberechnung nach DIN 4017/4019 für Streifenfundamente



**AG: PR Annagraben GmbH**  
**BV: Annagraben, Bonn**  
 Bearbeiter: Sebastian Beck | Datum: 15.01.2024  
  
**Umwelt & Baugrund Consult**  
 Diplom Geologe Dr. sc. Ind. (CH) Hans-Joachim Beck  
 51491 Overath - Schulstraße 23 - 02204 / 9738 - 0  
 Projektnr.: 231089 | Anlage 5b