

Dr. Ebel & Co.

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik
und Wasserwirtschaft mbH



Dr. Ebel & Co. GmbH, St.-Ulrich-Straße 21, 88410 Bad Wurzach

Geotechnik Baugrunduntersuchungen Erdstatik
Gründungsberatung Hydrogeologie Steine-Erden

Telefon 07564/94897-10 Telefax 07564/94897-99
E-Mail info@geotechnik-ebel.de

Geotechnisches Gutachten

Neubau einer Studentenwohnanlage Ravensburger Straße Flurstück Nr. 1201 in Weingarten

bearbeitet im Auftrag von

SSA Engineering
Greifswalderstr.15
88250 Weingarten

Bad Wurzach-Arnach, den 21.05.2021

Projektnummer: 201102-1

Geschäftsführer:
Dipl.-Geol. Norbert Dostler
Dr.-Ing. Olaf Düser
Dipl.-Geol. Peter Lath
Dipl.-Ing. Stefan Niefer
Dr. rer. nat. Michael Strohmenger

Zweigstelle Bayern:
Leiterberg 5a
87488 Betzigau
Tel. 08304 / 9298-26
Fax. 08304 / 9298-36

Bankverbindung:
Volksbank Biberach eG
IBAN:
DE 74 63 0901 0001 4284 6007
BIC: ULM VDE 66

Sitz: Bad Wurzach – Arnach
Gerichtsstand: Leutkirch i. A.
Handelsregister: HRB 610617
Steuernummer: 91060/31136



Inhalt

- 1 Vorgang und Veranlassung
- 2 Geographische und geologische Situation, Schichtenfolge
- 3 Geotechnische Beschreibung der Schichten / Homogenbereiche
- 4 Erdbautechnische Klassifizierung, Bodenkennwerte
- 5 Grundwasserverhältnisse
- 6 Geotechnische Beurteilung des Vorhabens

Anlagen

Lagepläne

- 1.1 Übersichtslageplan M 1:25.000
- 1.2 Lageplan mit Lage der Aufschlusspunkte M 1:500

Aufschlüsse / Profile

- 2.1-6 Geotechnische Profile M 1:50

Bodenmechanische Laborversuche

- 3.1 Wassergehaltsbestimmung nach DIN 18121
- 3.2 Korngrößenverteilung nach DIN 18 123

Feldversuche

- 4.1 Natermann-Tests in Grundwassermessstellen

Unterlagen

- [U1] LUDWIG HEINE, FREIER ARCHITEKT, WEINGARTEN: Übersichtsplan, Erdgeschoßplan, Schnitte, Ansichten, Lageplan Bohrpfahlwände, PDF per E-Mail erhalten von Herrn Satari-Sugandhi am 24.02.2021 und 02.03.2021
- [U2] DR. EBEL & CO. GMBH, BAD WURZACH: Geotechnischer Bericht zur Baugrundsituation anhand einer Datenrecherche zum Neubau einer Wohnanlage für Studenten Flurstück Nr. 1201 in Weingarten, AZ 201102 vom 07.12.2020
- [U3] LANDESVERMESSUNGSAMT BADEN-WÜRTTEMBERG: Topographische Karte M 1:25.000, digital



Normen, Richtlinien und Merkblätter

DIN EN 1997	Eurocode 7: „Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1 Allgemeine Regeln“, mit nationalem Anhang DIN EN1997-1/NA sowie die DIN 1054 „Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“ mit Änderungen A1 + A2
DIN EN 1998	Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben – Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten
DIN 4095	Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung
DIN 4124	Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau
DIN 4149	Bauten in deutschen Erdbebengebieten - Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten
DIN 4150-3	Erschütterungen im Bauwesen, Einwirkungen auf bauliche Anlagen
DIN 18533	Abdichtung von erdberührten Bauteilen
DIN 18915	Vegetationstechnik im Landschaftsbau – Bodenarbeiten
DIN 19731	Bodenbeschaffenheit – Verwertung von Bodenmaterial
BauGB	Baugesetzbuch (BauGB)
EAB	Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben" (EAB); Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (Hrsg.)
EA Pfähle	Empfehlungen des Arbeitskreises "Pfähle" (EA Pfähle); Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (Hrsg.)

1 Vorgang und Veranlassung

In Weingarten soll an der Ravensburger Straße (Flurstück Nr. 1201, Gemarkung Weingarten) eine Wohnanlage für Studenten entstehen. Die Planung hierzu kommt vom Architekturbüro Heine, Weingarten.

In einem ersten Schritt wurde mit [U2] eine umfassende Datenrecherche ausgeführt. Auf der Basis dieser Ergebnisse wurde die Dr. Ebel & Co. GmbH, Bad Wurzach, von Herrn Satari-Sugandhi (Bauherr) mit der detaillierten Baugrunderkundung und der geotechnischen Begutachtung des Bauvorhabens beauftragt.

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 16.03.2021 folgende Felduntersuchungen durchgeführt:

- Geotechnische Aufnahme und Beprobung von 4 Baggerschürfen SG1-4/21,
- 1 Rammkernsondierung RKS1/21 (unverrohrte Kleinbohrung nach EN ISO 22475-1),
- 5 Rammsondierungen DPH1-5/21 (Schwere Rammsonde nach EN ISO 22476-2),
- 2 Grundwassermessstellen GWM1-2/21 (Stahlrammpegel, Ausbaudurchmesser 2“).



Die Rammsondierungen dienen der Beurteilung des Lagerungszustandes bzw. der Festigkeit der Bodenschichten und kamen zur Korrelation mit dem anstehenden Untergrund neben bzw. in der Nähe der Schürftgruben und der Kleinbohrung zur Ausführung.

Die Aufschlusspunkte wurden nach Lage auf die umliegende Bestandsbebauung eingemessen (siehe Lageplan, Anlage 1.2). Die aus den Profilen und Rammdiagrammen in Anlage 2 ersichtlichen Ansatzhöhen wurden auf den im Lageplan eingetragenen Schachtdeckel (OK = 451,92 m NN) bezogen.

2 Geographische und geologische Situation, Schichtenfolge

Geographische Situation

Das Flurstück Nr. 1201 befindet sich entsprechend der Darstellung im Übersichtslageplan, Anlage 1.1, am südlichen Rand des Stadtgebiets von Weingarten. Geomorphologisch betrachtet liegt das Untersuchungsgebiet am Rand der Schussentalebene. Westlich des Grundstücks verläuft die Ravensburger Straße. Die nördlich, südlich und östlich gelegenen Flächen sind teilweise bebaut, teilweise handelt es sich um mit Bäumen und sonstigem Bewuchs bestandene Grünflächen. Das Grundstück selbst ist im westlichen Teil – zur Ravensburger Straße hin – nur flach geneigt; der östliche Teil wird bereits von dem relativ steilen Talhang eingenommen. Die Fläche ist mit Bäumen und Sträuchern bestanden und war bisher offenbar nicht bebaut.

Geologische Situation

Der tiefere Untergrund im Projektgebiet besteht aus den Gesteinen der Oberen Süßwassermolasse, die im Tertiär in einem Senkungstrog am Rand der sich zum Hochgebirge entwickelnden Alpen abgelagert wurden. Nach den in [U2] angehängten Schichtprofilen und -verzeichnissen verschiedener in der Nähe abgeteufter Bohrungen ist die Molasse in Tiefen von über 50 m unter Gelände zu erwarten.

Über dem Molassesockel wurden während der pleistozänen Vorlandvergletscherungen glaziale Sedimente unterschiedlicher Provenienz (Moränensedimente, feinkörnige Beckenablagerungen, Schmelzwasserkiese und -sande) akkumuliert.

Seit dem Ende der quartären Vereisungsphasen unterliegen die Sedimente den Einflüssen von Umlagerung, Verwitterung und Bodenbildung. An stärker geneigten Flächen kam es zur Ablagerung von Hanglehmen bzw. -schutt. Ein aus einem nördlich des Grundstücks gelegenen Geländeeinschnitt kommender Bach (Spitalbach) verfrachtete gemischtkörnige Schwemmsedimente fächerartig auf dem Talgrund.

Innerstädtisch werden die natürlichen Sedimentfolgen in weiten Teilen von Auffüllungen bedeckt bzw. von Auffüllungen ersetzt.



Schichtenfolge

Entsprechend der beschriebenen geologischen Situation wurde mit den Aufschlüssen das folgende Grundsatzprofil erschlossen:

- Oberboden	Rezent	Homogenbereich A
- Auffüllungen	Rezent	Homogenbereich B
- Anmoor	Holozän	Homogenbereich C
- Verwitterungs- und Schwemmlehm	Pleistozän - Holozän	Homogenbereich D
- Moränen gegliedert in		
- Geschiebelehm / Geschiebemergel	Pleistozän, Würm	Homogenbereich E
- Moränenkies		Homogenbereich F
- Moränensand		Homogenbereich G

Die Stärke des vorwiegend angefüllten humosen **Oberbodens** liegt in der Größenordnung von 0,15 – 0,30 m.

Mit Ausnahme des Schurfs SG1 wurden in allen Aufschlüssen **Auffüllungen** angetroffen. Ihre Basis wurde in Tiefen zwischen 0,5 m (SG4) und 1,7 m (SG2) erreicht.

In SG2 lagert die Auffüllung auf einer dünnen **Anmoorschicht**. Die Anmoorage ist nur lokal vorhanden und sollte sich auf den untersten, zur Ravensburger Straße hin gelegenen Teil in einem Niveau um 446,0 m NN beschränken.

Eine Schicht aus **Schwemm- und Verwitterungslehm** bildet die natürliche Deckschicht im Hangbereich. In SG1, wo ein ungestörtes Profil vorliegt, beträgt die Mächtigkeit nahezu 2 m, in anderen Abschnitten ist die Schichtstärke reduziert und teilweise durch Auffüllungen ersetzt. Die Lehmschicht kann mit dem Anmoorhorizont verzahnt sein und ist auch von den ebenfalls lehmigen Auffüllungen nicht immer zweifelsfrei zu unterscheiden.

Unter den vorgenannten Schichten steht die würmzeitliche **Moräne** an, die sich zur Tiefe fortsetzt. Im Erkundungsniveau wurde eine Wechselfolge aus lehmigen, sandigen und kiesigen Partien erschlossen, wobei die tiefsten Aufschlussniveaus jeweils im bindigen Geschiebemergel enden. Die etwa höhengleich liegenden Altaufschlüsse 352-356 siehe [U2] geben einen Hinweis, dass diese Ausbildung zu Tiefe dominieren könnte, was allerdings nicht gesichert ist.



3 Geotechnische Beschreibung der Schichten / Homogenbereiche

Die im Rahmen der Baugrunderkundung erschlossenen Schichten können als „geologische Homogenbereiche“ betrachtet werden. Je nach Gewerk sind diese zu unterschiedlichen „bautechnischen Homogenbereichen“ zusammenzufassen bzw. zu unterteilen.

Die erkundeten Schichten sind aus geotechnischer Sicht wie folgt zu beschreiben:

Oberboden (Homogenbereich A)

Der - größtenteils angefüllte - Oberboden ist in Anlage 2 nach geotechnischen Gesichtspunkten beschrieben. Eine bodenkundliche Beurteilung ist nicht Thema dieser Begutachtung.

Oberboden fällt nicht in den Geltungsbereich der DIN 18300 - Erdarbeiten. Gemäß DIN 18320 – Landschaftsbauarbeiten stellt er jedoch einen eigenen Homogenbereich dar.

Für die bautechnische Bewertung wird der Oberboden im Folgenden nicht weiter berücksichtigt. Allerdings ist er nach § 202 BauGB in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen, so dass im Zuge der Planung ein Verwendungskonzept für den Oberboden zu erstellen ist.

Anm.: Falls hierfür bodenkundliche, vegetationstechnische oder geochemische Beurteilungen oder Analysen erforderlich werden, können diese von unserem Büro ausgeführt werden.

Auffüllungen (Homogenbereich B)

Die Färbung der Auffüllungen ist durchwegs braun bis graubraun. Es handelt sich um bindigen Erdaushub, der nach der Kornverteilung als sandiger, schwach toniger Schluff mit meist nur vereinzelt Geröllen und Steinen zu beschreiben ist. Bereichsweise kann man das Material als schwach kiesig oder kiesig bezeichnen. Die anthropogene Umlagerung lässt sich an hin und wieder eingelagertem Ziegelbruch und Kohlestückchen festmachen.

Die Konsistenz der Schluffe liegt der manuellen Prüfung zufolge bei weich mit lokalen Übergängen zu steif. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass die Konsistenz vom Wassergehalt abhängig ist und oberflächennah jahreszeitlichen bzw. niederschlagsbedingten Schwankungen unterworfen ist.

Die Auffüllungen bilden einen inhomogenen, wenig verdichteten Untergrund, der für eine Bauwerksgründung nicht in Frage kommt. Das Material ist als stark frostempfindlich zu beurteilen.

Anm.: Die im Rahmen der Baugrunderkundung erschlossenen Auffüllungen waren organoleptisch unauffällig. Sofern die Auffüllungen abgefahren werden sollen oder im Rahmen von Erdarbeiten Böden anfallen, die organoleptische Auffälligkeiten zeigen, so sind diese auf einem Haufwerk zu separieren, geochemisch zu untersuchen und ggf. einer gesonderten Verwertung oder Entsorgung zuzuführen. Generell ist Erdaushub, der abgefahren werden muss, zu analysieren / begutachten, sofern es sich nicht um Kleinmengen < 500 m³ im natürlich gewachsenen Untergrund handelt und der Bauherr eine Unbedenklichkeitserklärung erbringen kann.



Anmoor (Homogenbereich C)

Die Anmoorlage hebt sich durch eine intensiv dunkelbraune Färbung von der restlichen Schichtfolge ab. Es handelt sich um einen organischen, sandigen Schluff mit geringen Tonanteilen, der weiche Konsistenz besitzt.

Die Anmoorschicht ist ein stark kompressibler, frost- und nässeempfindlicher Untergrund, der bei Belastung mit deutlichen Setzungen reagiert.

Schwemm- und Verwitterungslehm (Homogenbereich D)

Die verwitterte Lehmdeckschicht zeichnet sich durch eine braune bis gelbbraune Färbung aus. Die Kornverteilung ähnelt der der Auffüllungen, also sandige, schwach tonige Schluffe mit geringen bis sehr geringen Kiesanteilen und vereinzelt Steinkomponenten.

Die Konsistenz des Lehms wurde durchwegs als weich angesprochen, wobei auch hier auf die jahreszeitlich bzw. niederschlagsbedingten Schwankungen hinzuweisen ist.

Der Verwitterungslehm ist nässe- und frostempfindlich. Er besitzt nur geringe Tragfähigkeit und lässt bei Belastung Setzungen zu.

Moräne

Moränen sind vom Gletschereis abgelagerte Sedimente, die teils regellos sind, teils bestehen sie aus sortierten Schmelzwasserablagerungen, die vor dem Eisrand in Abflussrinnen oder Staubecken abgelagert und beim weiteren Eisvorstoß in die Moräne eingearbeitet worden sind. Im Projektgebiet liegt die Moräne in den folgenden drei Ausprägungen vor:

Geschiebelehm / Geschiebemergel (Homogenbereich E)

Der Geschiebemergel ist ein unsortiert vom Eis abgelagertes Sediment bei dem Grobkomponenten jeder Größenordnung regellos in eine bindige Grundmasse eingelagert sind. Die Grobkomponenten bilden üblicherweise kein stützendes Korngerüst. Die geotechnischen Eigenschaften werden von der bindigen Grundmasse bestimmt (matrixgestützter Diamikt).

Im untersuchten Gebiet besteht die gelbgrau bis beigeoliv gefärbte Matrix vorwiegend aus schwach tonigem, sandigem Schluff, wobei beim Sand die feinkörnige Fraktion dominiert. Der Gehalt an Kies ist deutlich, aber nicht extrem hoch („kiesig bis schwach kiesig“). Vereinzelt wurden Steine (Komponenten > 63 mm) angetroffen. Das Auftreten von Blöcken bis hin zu Findlingsgröße ist nicht auszuschließen.

Im Schurf SG1 wurde eine weichkonsistente Lage erschlossen, die im Profil als Geschiebelehm ausgewiesen ist. In den übrigen Aufschlüssen lag die Konsistenz nach manueller Ansprache bei steif bis halbfest, womit die Bezeichnung Geschiebemergel greift.

Die Wassergehalte im Geschiebemergel bewegen sich um 10 % in der gesamten Trockenmasse (siehe Anl. 3.1).



Der Geschiebemergel, also Material mit zumindest steifer Zustandsform, bildet einen tragfähigen, gering kompressiblen Baugrund, der sich in den Rammogrammen mit Schlagzahlen ab etwa $N_{10} = 10$ manifestiert. Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass höhere Schlagzahlen in den Rammogrammen nicht automatisch eine höhere Tragfähigkeit / bessere Konsistenz bedeuten. Einzelne Schlagzahlspitzen sind üblicherweise auf grobe Komponenten (Kies, Steine, Blöcke) zurückzuführen. Zur Tiefe hin steigende Schlagzahlen hingegen sind unter dem Aspekt der zunehmenden Mantelreibung am Sondiergestänge zu beurteilen.

Der Geschiebemergel/-lehm ist ein frost- und nässeempfindlicher Boden, der bei Wasserzutritt aufweicht, womit sich die Baugrundeigenschaften verschlechtern.

Moränenkies (Homogenbereich F)

Der Moränenkies wurde in den Schürfen SG1-2-3 jeweils als graubraun gefärbter, sandiger Kies mit deutlich wahrnehmbaren Anteilen an bindiger Kornfraktion erschlossen (schwach schluffiger bis schluffiger Kies, vgl. Anl. 3.1). Der Boden enthält auch Steinen und vereinzelt Blöcke mit mehreren Dezimetern Kantenlänge. Auch im Moränenkies ist das Auftreten großer Findlinge sehr wahrscheinlich.

Eine Sonderform wurde in SG4 in Form eines weitgestuften Kies-Sand-Gemenges mit sehr geringen bindigen Anteilen erschlossen – ein typisches, in die Moräne eingelagertes Schmelzwassersediment.

Der Lagerungszustand des Moränenkieses ist nach den Rammsondierungen zumindest mitteldicht, in weiten Teilen dicht (vgl. Tab. 1). Auch hier ist darauf hinzuweisen, dass extreme Schlagzahlspitzen auf eingelagerte Steine und Blöcke zurückzuführen sind.

Der Moränenkies ist ein gut tragfähiger, setzungsarmer Baugrund.

Tabelle 1: Lagerungsdichte / Schlagzahlen DPH für weitgestufte Kies-Sand-Gemische nach DIN 4094 / DIN 1055-2

Lagerungsdichte		über Grundwasser	im Grundwasser
		N_{10}	N_{10}
Locker	$0,15 < D \leq 0,30$	0 - 7	0 - 2
Mitteldicht	$0,30 < D \leq 0,50$	8 - 17	3 - 10
Dicht	$0,50 < D \leq 0,75$	> 17	> 10

Moränensand (Homogenbereich G)

Auch der Moränensand wurde in zwei verschiedenen Ausprägungen angetroffen (vgl. Anl. 3.1). In erster Linie steht er als feinkörniges Sand-Schluff-Gemenge an, in dem nur in geringem Umfang Kies und einzelne Steine enthalten sind. In dieser Form ist der Sand grau gelb bis beige gefärbt.

Lagenweise ist die Färbung grau und die Körnung als fein- bis grobkörniger Sand mit geringen Schluffanteilen und schwachem Kiesgehalt anzusprechen.



Der Lagerungszustand ist nach den Rammsondierdiagrammen üblicherweise mitteldicht und dicht (vgl. Tab. 1 und 2). Lediglich im geländenahen, oberen Bereich können lokal Auflockerungen vorliegen (vgl. SG/DPH4). Auch hier sind extreme Schlagzahlspitzen auf eingelagerte Steine und Blöcke zurückzuführen.

Der Moränensand ist ein gut tragfähiger, setzungsarmer Baugrund.

Tabelle 2: Lagerungsdichte / Schlagzahlen DPH für enggestufte Sande nach DIN 4094 / DIN 1055-2

Lagerungsdichte		über Grundwasser N ₁₀	im Grundwasser N ₁₀
Locker	0,15 < D ≤ 0,30	0 - 4	0 - 2
Mitteldicht	0,30 < D ≤ 0,50	5 - 11	3 - 7
Dicht	0,50 < D ≤ 0,75	> 11	> 7

4 Erdbautechnische Klassifizierung, Bodenkennwerte

Die erdbautechnische Klassifizierung der erschlossenen Böden ist wie folgt zusammenzustellen:

Tabelle 3: Erdbautechnische Klassifizierung

	Bodengruppe DIN 18196 06/2006	Bodenklasse ^{A)} DIN 18300 09/2012	Bodenklasse ^{B)} DIN 18301 09/2012	Frostempfindlichkeit ZTVE-StB 17
Auffüllungen	TL	4	BB2, BS1, BS3	F3
Anmoor	OU	4	BB2	F3
Schwemm- / Verwitterungslehm	TL	4	BB2	F3
Geschiebelehm / Geschiebemergel	TL, ST* X, Y	4, 5-7 ¹⁾	BB2, BB3, BB4 BS1, BS3 Blöcke >0,63m	F3, F2
Moränenkies	GU, GU*, GW SW	3, 4, 5-7 ¹⁾	BN2, BN1 BS1, BS3 Blöcke >0,63m	F2, F3, F1
Moränensand	SU*, ST*, SU	4, 3 5-7 ¹⁾	BN2, BN1, BB2 BS1, BS3 Blöcke >0,63m	F3, F2

¹⁾ Anreicherungen von Steinen und Blöcken, Bkl. 6 evtl. auch bei fester Konsistenz im Geschiebemergel

^{A)} Anm.: Nach DIN 18300 sind seit Ausgabe 09/2016 Homogenbereiche anzugeben, die in unserem Gutachten durch die gewählte, geologisch orientierte Schichtenfolge abgedeckt sind. Bodenklassen sind nicht mehr enthalten. Da der überwiegende Teil der am Bau Beteiligten mit den „alten“ Bezeichnungen vertraut ist und diese auch bevorzugt für die Kalkulation und Arbeitsvorbereitung benutzt, wird diese Klassifizierung informativ weiter beibehalten.



Gegebenenfalls können von uns in Zusammenarbeit mit dem Ausschreibenden auch gewerkspezifische Homogenbereiche erarbeitet werden.

^{B)} Anm.: Für die DIN 18301 gibt es ebenso seit 09/2016 eine neue Ausgabe mit Homogenbereichen. Hier gilt das oben Genannte sinngemäß.

Für erdstatische Berechnungen dürfen die nachfolgend aufgeführten, geschätzten Bodenkennwerte angesetzt werden.

Tabelle 4: Bodenkennwerte (charakteristisch)

	Wichte (feucht/u. Auftrieb) γ_k/γ'_k (kN/m ³)	Reibungs- winkel φ'_k (°)	Kohäsion c'_k (kN/m ²)	Steifemodul $E_{s,k}$ (MN/m ²)
Auffüllungen	18/8-19/9	25-27,5	0-1	-
Anmoor	16/6-17/7	15-20	0-1	1-2
Schwemm-/Verwitterungslehm	19/9-20/10	25-27,5	1-2	2-5
Geschiebelehm	20/10-21/11	25-27,5	2-3	5-15
Geschiebemergel	21/11-22/12	27,5-30	3-8	20-40
Moränenkies	21/13-22/14	35-37,5	0-1	50-100
Moränensand	21/13-22/14	32,5-35	0-1	30-60

Das untersuchte Gebiet ist im Hinblick auf Erdbeben geotechnisch wie folgt einzustufen:

Tabelle 5: Erdbebenklassifizierung nach DIN 4149 / DIN EN 1998-1 + NA

Erdbebenzone	Untergrundklasse	Baugrundklasse
1	S	C

5 Grundwasserverhältnisse

Der Zulauf von Grundwasser zu den Aufschlüssen ist in Anlage 2 dargestellt. Über die beiden Grundwassermessstellen sind weiterhin Grundwasserstandsbeobachtungen möglich. Weitere Vergleichsbeobachtungen sind an zwei alten Messstellen aus einer nördlich benachbarten abfalltechnischen Erkundung (siehe [U2], Beilage 2 und Beilage 1 Aufschlüsse Nr. 1030-RKS1 + 1031-RKS2) möglich. Die bisherigen Wasserstandsbeobachtungen sind wie folgt zusammenzustellen:



Tabelle 6: Grundwasserbeobachtungen

Aufschluss	Gw angetroffen		Gw-Stichtagsmessung		Datum der Messung
	m u. Gel.	m NN	m u. Gel.	m NN	
SG1 GWM1	3,50	446,17	3,35	446,32	16.03.2021
			3,38	446,29	15.04.2021
SG2 GWM2	2,25	445,35	1,77	445,83	16.03.2021
			1,79	445,81	15.04.2021
SG3	2,50	445,10	-	-	16.03.2021
SG4	kein Wasserzulauf		-	-	19.03.2020
RKS1/21	kein Wasserzulauf		-	-	19.03.2020
RKS1-1030			3,57	446,48	22.11.2006*
			3,46	446,59	19.03.2007*
			3,53	446,52	16.03.2021
			3,54	446,51	15.04.2021
RKS2-1031			3,06	446,90	22.11.2006*
			2,96	447,00	19.03.2007*
			3,07	446,89	16.03.2021
			3,09	446,87	15.04.2021

* höchster / niedrigster Grundwasserstand im Beobachtungszeitraum 22.11.2006-29.03.2007

Die lokale Grundwassersituation ist wie folgt zu beschreiben:

Die bindigen Deckschichten (Auffüllungen, Schwemm- und Verwitterungslehm, Anmoor) sind gering durchlässige Böden, die eine Tiefensickerung nur in geringem Maß zulassen. Niederschläge laufen bei der vorliegenden Hanglage zu einem großen Teil oberflächlich ab.

Innerhalb der Moräne bildet der Geschiebelehm / -mergel einen gering durchlässigen, wasserhemmenden Untergrund. Wasserbewegungen beschränken sich auf die Bereiche aus Moränenkies und Moränensand, die Zonen erhöhter Durchlässigkeit darstellen. Die Verbreitung der Kies- und Sandschichten in der Moräne ist unklar, allerdings zeichnet sich in einem Niveau oberhalb etwa 445 m NN eine verstärkt kiesig-sandige Ausbildung ab, die offensichtlich eine weiträumigere Verbreitung besitzt und sich bis in den Bereich der nördlich angrenzenden Untersuchungen (siehe [U2], Beilage 2 und Beilage 1 Aufschlüsse Nr. 1030 bis 1038) erstreckt. In diesem Bereich existiert offensichtlich eine zusammenhängende, grundwassergesättigte Zone.

Der Grundwasserabfluss erfolgt in westliche bis nordwestliche Richtung zur Ravensburger Straße. In Anbetracht der Messreihen in Tabelle 6 sind die Grundwasserstandsschwankungen



nicht sehr hoch (bisher beobachtet: 11 cm), es empfiehlt sich jedoch, die Grundwasserstände hin und wieder, insbesondere im Anschluss an Niederschläge, zu überprüfen.

Die Durchlässigkeit der wasserführenden Schichten ist unterschiedlich. Die Körnungslinien in Anl. 3.1 geben hierzu Hinweise. Mit der Abschätzung nach BEYER ($k_f = c \cdot d_{10}^2$) ergeben sich für die schluffigeren Kiese und Sande Durchlässigkeitsbeiwerte in der Größenordnung $k_f = 10^{-6}$ m/s bis $k_f = 10^{-7}$ m/s. Schluffärmere Sande und Kiese können Durchlässigkeitsbeiwerte von $k_f = 10^{-5}$ m/s bis $k_f = 10^{-3}$ m/s erreichen, womit beim Anschneiden in der Baugrube lokal zumindest vorübergehend kräftige Wasserzutritte möglich sind.

6 Geotechnische Beurteilung des Vorhabens

6.1 Bauvorhaben / Baugrund

In der Anlage 1.2 ist der derzeitige Planungsstand [U1] im Grundriss dargestellt. Geplant ist ein sechsgeschossiger unterkellierter Wohnkomplex. Das Gebäude kommt, wie aus den in Anlage 1.2 dargestellten Höhenlinien ersichtlich ist, am Fuß eines steilen Hanges zu liegen. Im Gebäudegrundriss selbst nimmt das Geländegefälle ab. Dennoch fällt das Gelände Richtung Ravensburger Straße immer noch um bis zu 2,5 Meter ab.

Der Grundriss kann als stumpfförmiges V beschrieben werden. An den beiden Enden des V's schneidet das Gebäude in den steilen Hang ein. Die Einschnitttiefe beträgt dabei rund 5 bis 6 Meter.

In den Plänen [U1] ist bereits eine durchgehende dauerhafte Hangsicherung mit einer Bohrpfehlwand eingezeichnet.

Die EFH Erdgeschoss ($\pm 0,0$) ist mit 450,0 m NN angegeben. Die RFB UG liegt bei -2,95 m (447,05 m NN). Das Aushubniveau dürfte dann schätzungsweise mindestens -0,35 m (Bodenplatte $t = 0,3$ m + Sauberkeitsschicht $t = 0,05$ m) tiefer, auf dem Niveau -3,3 m (446,7 m NN) liegen.

Bautechnisch lässt sich der Baugrund in vier Einheiten unterteilen:

- Auffüllungen, Anmoor (nicht bis gering tragfähig),
- Verwitterungslehm (gering tragfähig),
- Geschiebelehm, locker gelagerte Moränesande (mäßig tragfähig),
- Mindestens steifkonsistenter Geschiebemergel, mindestens mitteldicht gelagerter Moränekies und -sand (tragfähig bis gut tragfähig).

Die tragfähigen Moräneablagerungen (Geschiebemergel, Moränesand und -kies) sind im Baufeld der maßgebliche Untergrund. Der tragfähige Horizont sowie die maßgeblichen Gebäudeniveaus ist in den Baugrundprofilen der Anlage 2.1-6 eingetragen.

In den nördlichen Aufschlüssen (SG1-3) wurde in dem Moränekies ein zusammenhängender Grundwasserspiegel erkundet. Nach den bisherigen Grundwasserkenntnissen ist von einem geringen Schwankungsbereich auszugehen. Zudem liegt das Grundwasser im Rahmen der



bisherigen Stichtagsmessungen unterhalb des Aushubbereichs, weshalb das Grundwasser in Bezug auf das Bauvorhaben eine untergeordnete Rolle spielen dürfte. Bisher liegen allerdings nur wenige Grundwasserstandsbeobachtungen über einen kurzen Zeitraum vor, weshalb empfohlen wird die Grundwasserstände in den Messstellen im Weiteren hin und wieder zu messen, insbesondere im Anschluss an Niederschläge, um weitere Kenntnisse (Grundwasserstände, -schwankungen) zu gewinnen und die getroffenen Aussagen zu bestätigen bzw. zu verifizieren.

Sollte die Aushubarbeiten, wie z.B. für die Herstellung des im Kapitel 6.3 beschriebenen Bodenersatzkörpers, ins Grundwasser eintauchen, ist eine vorausseilende Grundwasserabsenkung mit Schachtbrunnen (Bauwasserhaltung) einzuplanen.

Größere Wassermengen sind durch das Oberflächen-/Hangwasser zu erwarten, womit dem Hangwasserschutz und der Ableitung von Niederschlagswasser größere Bedeutung zukommt.

6.2 EC7 / DIN 1054 / Geotechnische Kategorien

Grundsätzlich sind zur Bemessung von Gründungen die DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) sowie die DIN 1054 zu beachten.

Gemäß DIN 1054, Kapitel A 2.1.2, sind Baumaßnahmen zu Beginn der Planung in eine Geotechnische Kategorie (GK 1-3) einzuordnen.

Aufgrund der inhomogenen Untergrundverhältnisse mit wechselnden Steifigkeiten im Grundriss sowie der Hanglage und Hangsicherung wird die Baumaßnahme vorab in die Geotechnische Kategorie GK 2 gestellt.

Die Geotechnische Kategorie GK 2 umfasst Baumaßnahmen mit mittlerem Schwierigkeitsgrad im Hinblick auf das Zusammenwirken von Bauwerk und Baugrund. Die Bauwerke der Geotechnischen Kategorie GK 2 erfordern eine ingenieurmäßige Bearbeitung und einen rechnerischen Nachweis der Standsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit auf der Grundlage von geotechnischen Kenntnissen und Erfahrungen.

6.3 Bauwerksgründung

Die frostsichere Mindesteinbindetiefe von Gründungskörpern ist in Ravensburg mit $t \geq 1,0$ m anzugeben.

Bei einem flächigen Aushubniveau von 446,7 m NN schneidet das Gebäude, wie bereits erwähnt, an der Südseite deutlich in das Gelände ein und kommt damit in den tragfähigen bis gut tragfähigen Moräneablagerungen (Geschiebemergel, Moränekies- und sand) zu liegen. Mit dem abfallenden Gelände reduziert sich der Geländeeinschnitt Richtung Norden zunehmend. Im Norden und Westen liegt das Aushubniveau nur noch rund 1 m unter Geländeoberkante. Der tragfähige Baugrund steht dort jedoch gemäß SG2-DPH2 und SG3-DPH3 erst rund 2 m unter Geländeoberkante an, weshalb das Aushubniveau und damit die Gründung in den gering tragfähigen Auffüllungen zu liegen kommt.

Als geeignete Gründungsvariante ist eine Flächengründung mit einer tragenden, elastisch gebetteten Bodenplatte auf Bodenersatzkörper zu nennen.



Sofern die Unterkante Bodenplatte bereits in tragfähigen Baugrundsichten zu liegen kommt, wovon überwiegend auszugehen ist (SG1-SG4-RKS1-DPH6), kann auf einen Bodenersatzkörper verzichtet werden. Liegt die Aushubsohle im rolligen Material (Moränekies und -sand) ist diese vor dem Überbauen nachzuverdichten. Sofern sie im Geschiebemergel liegt, ist eine Kies-Ausgleichsschicht von ca. 20 cm Stärke vorzusehen, um z.B. Unebenheiten durch eingelagerte Blöcke und Findlinge auszugleichen.

Kommt die Aushubsohle in den gering tragfähigen Deckschichten bzw. Auffüllungen zu liegen – wie es vermutlich im nordwestlichen Teil (SG2-SG3) der Fall sein wird – ist ein Bodenaustausch (Bodenersatzkörper) bis auf den tragfähigen Grund einzubauen.

Das heißt, es ist bei der Gründung der Bodenplatte sicherzustellen, dass jegliche Auffüllungen / Deckschichten, also die nur gering bzw. mäßig tragfähigen Bodenschichten, unter der Bodenplatte vollständig ausgetauscht werden. Die Stärke des Bodenersatzkörpers ergibt sich demnach aus der Tiefenlage der anstehenden tragfähigen Baugrundsichten. Die UK Bodenersatzkörper ist stets stufenförmig mit dem Untergrund zu verschneiden („abtrepfen“).

Die anstehenden bindigen und gemischtkörnigen Böden sind im Allgemeinen stark frost- und nässeempfindlich. Die Aushubsohle ist daher vor Feuchtigkeitszutritten zu schützen bzw. unverzüglich nach Freilegung zu überbauen (Einbau einer Schutzschicht aus Kies bzw. Magerbetonversiegelung).

Der Bodenersatzkörper ist mit einem seitlichen Überstand von mindestens 0,5 m und einer seitlichen Neigung entsprechend der Lastausbreitung (45°) auszubilden. Als Material ist ein gut kornabgestuftes, verdichtungsfähiges Kies-Sand-Gemisch vorzusehen, das lagenweise einzubauen (Schüttlagen $\leq 0,4$ m) und auf nachweislich 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten ist. Die Verdichtung / Tragfähigkeit des Bodenersatzkörpers ist mit dem statischen Plattendruckversuch nachzuweisen ($E_{V2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$, $E_{V2} / E_{V1} \leq 2,3$).

Die Bemessung einer tragenden Bodenplatte kann entweder im Steifemodulverfahren mit den Werten nach Tabelle 4 oder im Bettungsmodulverfahren erfolgen. Bei der Bemessung im Bettungsmodulverfahren darf ein Startwert von $k_S = 10 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden. Eine Verifizierung kann anhand von Setzungsberechnungen nach Vorlage der Bauwerkslasten und der damit ermittelten Sohlspannungsverteilung erfolgen.

Die Baugrubensohle (UK Bodenersatzkörper) ist in jedem Fall durch einen Fachplaner (Sachverständiger für Geotechnik) abnehmen zu lassen.

6.4 Baugrube / Hangsicherung

Bei der Planung und Ausführung von Baugruben sind die DIN 4124, die DIN EN 1997-1 / DIN 1054 sowie die EAB und EA-Pfähle zu beachten.

Für die Herstellung der Baugrube, darf in den anstehenden Böden oberhalb des Grundwassers und außerhalb des Lasteinflusses von Nachbarbebauung (Bauwerke und Verkehrsflächen) bis max. 5 m Böschungshöhe unter einer Neigung von $\leq 45^\circ$ in den Auffüllungen, weichkonsistenten bindigen Böden und Moränenkiesen/-sandem bzw. $\leq 60^\circ$ im mindestens steifen Geschiebemergel frei geböscht werden. Es wird empfohlen, bei Böschungen mit > 3 m Höhe eine Berme



von mind. 1 m Breite auf mittlerer Höhe vorzusehen. Des Weiteren darf das anschließende Hanggelände nicht steiler als 1:10 sein. DIN 4124 ist zu beachten.

Bei Schichtwasseraustritten sind die Böschungen in den betroffenen Bereichen weiter abzuflachen oder konstruktiv zu sichern (Stützscheiben aus Einkornbeton, Auflastfilter auf Geotextil o.Ä.). Die Böschungsoberflächen sind mit Folien vor Witterungseinflüssen zu schützen.

Richtung Süden nimmt der Hangeinschnitt und somit auch die Baugrubenhöhe zu. Der Maximalwert wird an den südlichsten Gebäudeecken mit 5 bis 6 Meter Höhe erreicht. Hinzu kommt das oberhalb ungünstig steil ansteigende Hanggelände. Dort, wo nicht mehr unter Einhaltung der DIN 4124 frei geböscht werden kann, ist eine Baugrubensicherung notwendig.

Im Hinblick auf Erschütterungen und Lärmintensität sowie mögliche Rammhindernisse in der Moräne sind hier gerammte Systeme kritisch zu sehen und gebohrte Systeme vorzuziehen (z.B. Träger-Bohl-Verbau mit in Bohrlöchern eingestellten Trägern). Bei dauerhaften Hangsicherungen scheidet der Träger-Bohl-Verbau aus.

Ein Spundwandverbau ist aus den eben genannten Gründen (mögliche Rammhindernisse und dynamische Einwirkungen) als ebenfalls ungeeignet zu bewerten. Unter anderem sind Spundwände auch wasserstauend, was eine ungünstige Beeinflussung der Grundwassersituation mit sich bringen könnte und bei der Bemessung eine zusätzliche Belastung darstellt.

Als geeignete Baugrubensicherung und auch dauerhafte Hangsicherung ist die Bohrpfahlwand zu nennen. Angesichts der Höhe des Einschnitts und des steil ansteigenden Hanges ist voraussichtlich eine Rückverankerung erforderlich und einzukalkulieren. Im Idealfall wird die Rückverankerung nur für den Bauzustand (temporäre Anker), also für die Bauzeit zur Herstellung des Untergeschosses, benötigt. Andernfalls wären Daueranker erforderlich, welche aufwendiger und kostenintensiver in der Herstellung sind und auch regelmäßig kontrolliert und gewartet werden müssen (laufende Kosten).

Bei Bohrpfahlwänden wird unterschieden in:

- Überschnittene Bohrpfahlwand (überschnittene Pfähle),
- Tangierende Bohrpfahlwand (berührende Pfähle),
- Aufgelöste Bohrpfahlwand (Pfähle mit Zwischenräumen).

Die überschnittene Bohrpfahlwand ist die verformungsärmste der drei genannten Varianten, aber gleichzeitig die aufwendigste (Bohrschablone, hohe Pfahlanzahl etc.) und damit kostspieligste. Weiter ist die überschnittene Bohrpfahlwand eine „wasserdichte“ Baugrubensicherung, wodurch auf die Pfahlwand erhöhter Wasserdruck wirkt. Um dies zu verhindern, wären entsprechende Dränelemente erforderlich, die ein Anstauen verhindern.

Die tangierende Bohrpfahlwand ist immer noch als „kräftig“ und verformungsarm zu bezeichnen. Durch die Zwickel / Lücken zwischen aneinander gereihten Bohrpfählen kann ein Wassereintritt in die Baugrube erfolgen, was den Vorteil mit sich bringt, dass kein erhöhter Wasserdruckansatz notwendig und der Ansatz des „Restwasserdrucks“ ausreichend ist. Das Wasser, das durch die Bohrpfahlwand eindringt, kann mit der Restwasserhaltung (siehe Kapitel 6.5 Wasserhaltung und Aushub) abgeführt werden.



Sofern der Abstand der Zwickel bei der Pfahlherstellung (Herstellertoleranzen) lokal zu groß gerät, so dass es z.B. zu Bodenaustritten kommt, sind die Zwickel bzw. der „Spalt“ zu injizieren.

Die aufgelöste Bohrpfahlwand ist relativ unregelmäßig und optisch - als dauerhafte Sicherung - vermutlich am wenigsten ansprechend. Zudem kann eine lokale Wasserführung in den Feinsanden nicht ausgeschlossen werden, weshalb es angesichts der Verbauhöhe in diesem Fall zu größeren Schwierigkeiten bei der Herstellung der Ausfachung kommen könnte.

Prinzipiell lässt sich aus geotechnischer Sicht noch Folgendes zur Baugrubensicherung anmerken:

Vor Beginn der Pfahlherstellung ist ein ausreichend tragfähiges Arbeitsplanum für das große Pfahlbohrgerät zu schaffen.

Die Moräneablagerungen sind zum Teil als schwer bohrbar einzuschätzen. In den Moräneablagerungen ist mit Hindernissen zu rechnen. Auf die Notwendigkeit eines leistungsstarken Bohrgerätes zur Durchörterung der dicht gelagerten Schichten mit Felscharakter wird besonders hingewiesen.

Die Bohrungen erfolgen im Schutze einer Verrohrung. Um Auflockerungen und seitlichen Bodenentzug zu verhindern, muss die Verrohrung zur Herstellung der Bohrpfähle dem Bohrwerkzeug immer vorausseilen.

Wie vorhin erläutert, wird für die Bohrpfahlwand aller Voraussicht nach eine Rückverankerung mit Injektionsankern notwendig. Die Herstellung der Anker ist in DIN EN 1537 (Spezialtiefbau) „Verpressanker“ geregelt.

In jedem Fall wird empfohlen, für die Planung, Bemessung und Überwachung der Hangsicherung einen Spezialtiefbaustatiker hinzuzuziehen. Nachdem mit diesem die Details in Abstimmung mit dem Bauherrn, dem Tragwerksplaner und unserem Büro festgelegt wurden, kann die Bemessung erfolgen.

6.5 Wasserhaltung

Die Wasserhaltung in der Baugrube beschränkt sich auf die Restwasserhaltung in der Baugrube. Die abzuführende Wassermenge setzt sich zusammen aus dem Ableiten von anfallendem Tagwasser sowie gegebenenfalls Sickerwasser aus den Böschungen und gegebenenfalls der Bohrpfahlwand (offene Wasserhaltung mit Drainagegraben, Pumpensumpf, Schmutzwasserpumpe, Absetzbecken etc.).

Das in die Baugrube eintretende Wasser ist in eine rückstaufreie Vorflut einzuleiten. Für die Einleitung von Wässern ist eine Genehmigung einzuholen. Da im Zuge der Baumaßnahme in das Grundwasser eingegriffen wird (Bohrpfahlwand), ist ein Wasserrechtsantrag für die Baumaßnahme beim zuständigen Landratsamt zu stellen.



6.6 Aushub

Die Bodenklassifizierung (Bodengruppen / Bodenklassen) kann der Tabelle 3 bzw. den Bohrprofilen entnommen werden. Der Moränekies stellt einen Rohstoff dar, der als sogenannter „Wandkies“ für z.B. Hinterfüllungen und Planumsverbesserung unterhalb der Frosteinwirkungszone an anderer Stelle gut wiederverwendet werden kann.

Zum Thema Schadstoffe / Entsorgung von Böden sind bereits in Kapitel 3 erste Hinweise gegeben worden.

In diesem Zusammenhang empfiehlt sich orientierende Schadstoffanalysen des aufgefüllten Bodens, womit ggf. Zwischenlagerung zumindest des gewachsenen Bodens verhindert werden kann. Für Analysen stehen die Proben für 3 Monate zur Verfügung.

Abgetragene Deckschichten und feinkörnige Böden können gegebenenfalls für Geländemodellierungen (ohne statische Anforderungen) im unbefestigten Grundstücksbereichen um das Gebäude herum verwendet werden. Sofern Aushubmaterial zur Verfüllung von Gräben / Arbeitsräumen verwendet wird, ist mit deutlichen Eigensetzungen zu rechnen. Anderfalls ist es mit Bindemittel zu stabilisieren.

An dieser Stelle ist auf die teilweise schwer löslichen Moränekiese und eventuell auch festkonsistenter Geschiebemergel (felsartig) im Baufeld zu verweisen. Sofern derartige feste Schichten durchdrungen bzw. in diese eingeschnitten werden muss, kann ein Reißzahn zum Lösen verwendet werden. Für den Fall, dass dies nicht ausreicht, sind das Lösen mit dem Meißel oder gegebenenfalls sogar der Einsatz einer Anbaufräse erforderlich.

Des Weiteren empfiehlt es sich, für alle Erdarbeiten die Einhaltung der Richtlinien der ZTV E-StB 17 einzufordern.

6.7 Schutz des Gebäudes vor Feuchtigkeit

Auch wenn Baugruben während der Bauzeit trocken bleiben sollten, ist dies kein Indiz für einen dauerhaft trockenen / wasserfreien Untergrund. Es ist vielmehr damit zu rechnen, dass Niederschlagswasser im verfüllten Arbeitsraum der Baugrube verstärkt einsickert und zur Tiefe nicht versickern kann („Badewanneneffekt“).

Der Feuchteschutz erfolgt gemäß DIN 4095, welche drei Fälle zur Festlegung der Maßnahmen unterscheidet:

Fall a „Abdichtung ohne Dränung“ setzt stark durchlässigen Baugrund voraus ($k_f > 1 \times 10^{-4}$ m/s). Dieser Fall ist hier nicht gegeben.

Fall b „Abdichtung mit Dränung“ setzt einen gesicherten (rückstaufreien) Vorflutanschluss voraus, was hier offensichtlich nicht vorhanden ist.

Fall c „Abdichtung ohne Dränung“ wird bei drückendem Wasser bzw. wenn eine Dränung nicht möglich ist, angewendet, was im vorliegenden Fall die sichere und zulässige Variante darstellt.



Das bedeutet, dass die Bodenplatte sowie die aufgehenden Außenwände gegen drückendes Wasser nach DIN 18533 auszubilden sind. In diesem Fall ist die Wassereinwirkungsklasse W2.1-E „mäßige Einwirkung von drückendem Wasser“ anzusetzen.

Alternativ zu einer Abdichtung nach DIN 18533 kann auch eine Abdichtung nach der WU-Richtlinie (Weiße Wanne) erfolgen.

6.8 Verkehrsflächen

Es wird empfohlen, den frostsicheren bzw. tragfähigen Aufbau von Hof- und Verkehrsflächen entsprechend der RStO festzulegen. Dabei ist unabhängig vom gewählten Aufbau und der Belastungsklasse auf dem Erdplanum bei Unterkante des Straßenoberbaus ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ gefordert. Dieser Wert ist mit statischen Plattendruckversuchen nachzuweisen.

Dort, wo das Erdplanum in den gering tragfähigen Deckschichten bzw. Auffüllungen liegt, wird dieser Wert allein durch Nachverdichten nicht erreicht werden können. Daher ist der Einbau eines Bodenersatzkörpers (Planumsverbesserung) zu empfehlen.

Die Austauschstärke wird vorab mit 30 cm abgeschätzt. Der Aufbau ist durch Testfelder zu prüfen und gegebenenfalls zu optimieren.

Für den Bodenaustausch bzw. die Planumsverbesserung ist dann entsprechend tiefer unter das spätere Erdplanum auszuheben. Sofern in der Aushubsohle noch aufgeweichte Partien vorhanden sind, sind diese zur Herstellung eines geeigneten Widerlagers zum Verdichten zunächst durch Eindrücken von Brechkorn (gebrochenes Material, Körnung ca. 20/60) zu stabilisieren. Dazu wird eine Lage Brechkorn (Schüttstärke von ca. 10 cm) auf die Aushubsohle aufgebracht und eingewalzt, so dass die Körner vollständig in den Untergrund eingedrückt werden.

Die Aushubsohle in den bindigen Deckschichten ist, wie bereits erwähnt, stark frost- und nässeempfindlich und daher umgehend nach der Freilegung und Stabilisierung wieder zu überbauen.

Der Bodenersatzkörper kann gegebenenfalls mit im Erdaushub anfallendem Moränekies hergestellt werden. Andernfalls ist Fremdmaterial z.B. ein gut kornabgestuftes, verdichtungsfähiges Kies-Sand (GW-GU nach DIN 18196) bzw. Wandkies nach Abtrennung von Steinen zu verwenden. Der Bodenersatzkörper ist mit Verdichtung einzubauen, die Tragfähigkeit ist zu kontrollieren und nachzuweisen.

6.9 Weitere baubegleitende Maßnahmen und Hinweise

Der Mutterboden ist vor Beginn der Baumaßnahmen abzutragen. Er kann gegebenenfalls gelagert und anschließend zum Wiedereinbau für Landschaftsgestaltung (Bodenverwertung) verwendet werden. Die DIN 18915 sowie die DIN 19731 sind zu beachten. Oberboden/Mutterboden ist nach § 202 BauGB in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen.

Die Erschütterungen sind auf die nach DIN 4150 „Erschütterungen im Bauwesen“ zulässigen Anhaltswerte zu begrenzen.



Die weiteren Planungen und Maßnahmen sind durch einen Sachverständigen für Geotechnik zu begleiten (geotechnische Kategorie GK 2).

Anm.: Es obliegt den vor Ort mit der Umsetzung der Baumaßnahme verantwortlich tätigen Fachkräften, die hier aufgeführten Angaben und Empfehlungen den technischen Regeln entsprechend umzusetzen, prüfen oder abnehmen zu lassen. Sofern im Zuge des Erdbaus die Baugrundverhältnisse gegenüber den Erwartungen abweichen oder sich Unklarheiten ergeben, ist in jedem Falle unser Büro zu Rate zu ziehen.

Projektbearbeiter: Dipl.-Geol. Peter Lath (Geologie)
M.Eng. Jörg Fischer (Geotechnik)
Dipl.-Ing. Stefan Niefer (Projektleiter)

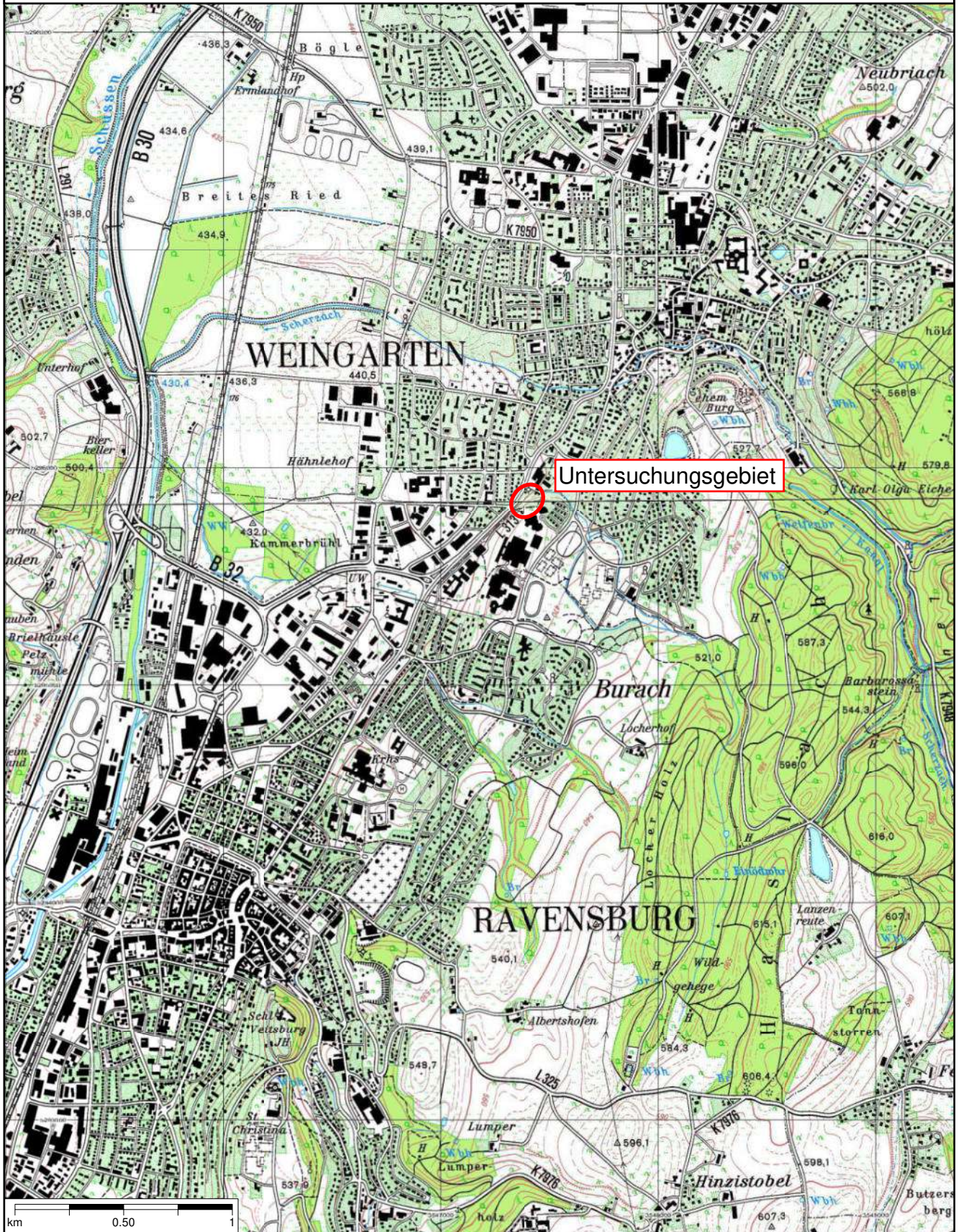
Two handwritten signatures in blue ink. The first signature is on the left and appears to be 'P. Lath'. The second signature is on the right and appears to be 'J. Fischer'.

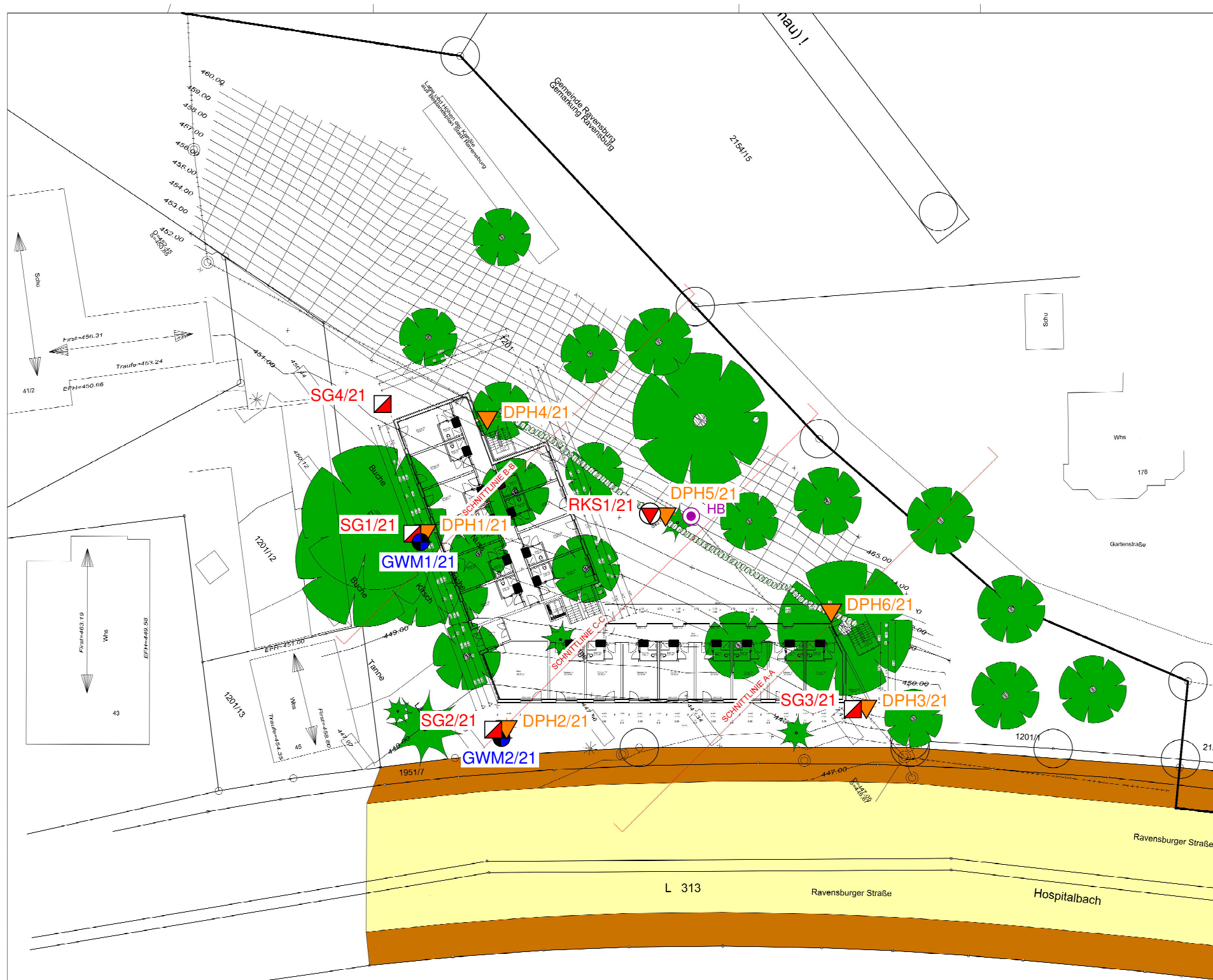
Dr. Ebel & Co. GmbH



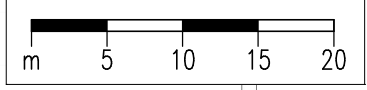
Übersichtslageplan

M 1:25.000





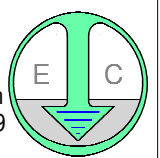
**Baugesuch
Geländeschnitte**



Unterschrift Bauherr

BAUVERGEBER:
Neubaubau
Flst.: 1.88250
BAUHER:
Herr St. Großfloss
88250

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft für
Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
St. Ulrich-Strasse 21, 88410 Bad Wurzach-Arnach
Telefon 07564/94897-10 Telefax 07564/94897-99
info@geotechnik-ebel.de

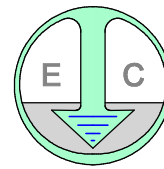


Vorhaben:
**Weingarten,
Studentenwohnanlage
Ravensburger Straße Fl.-Nr. 1201**

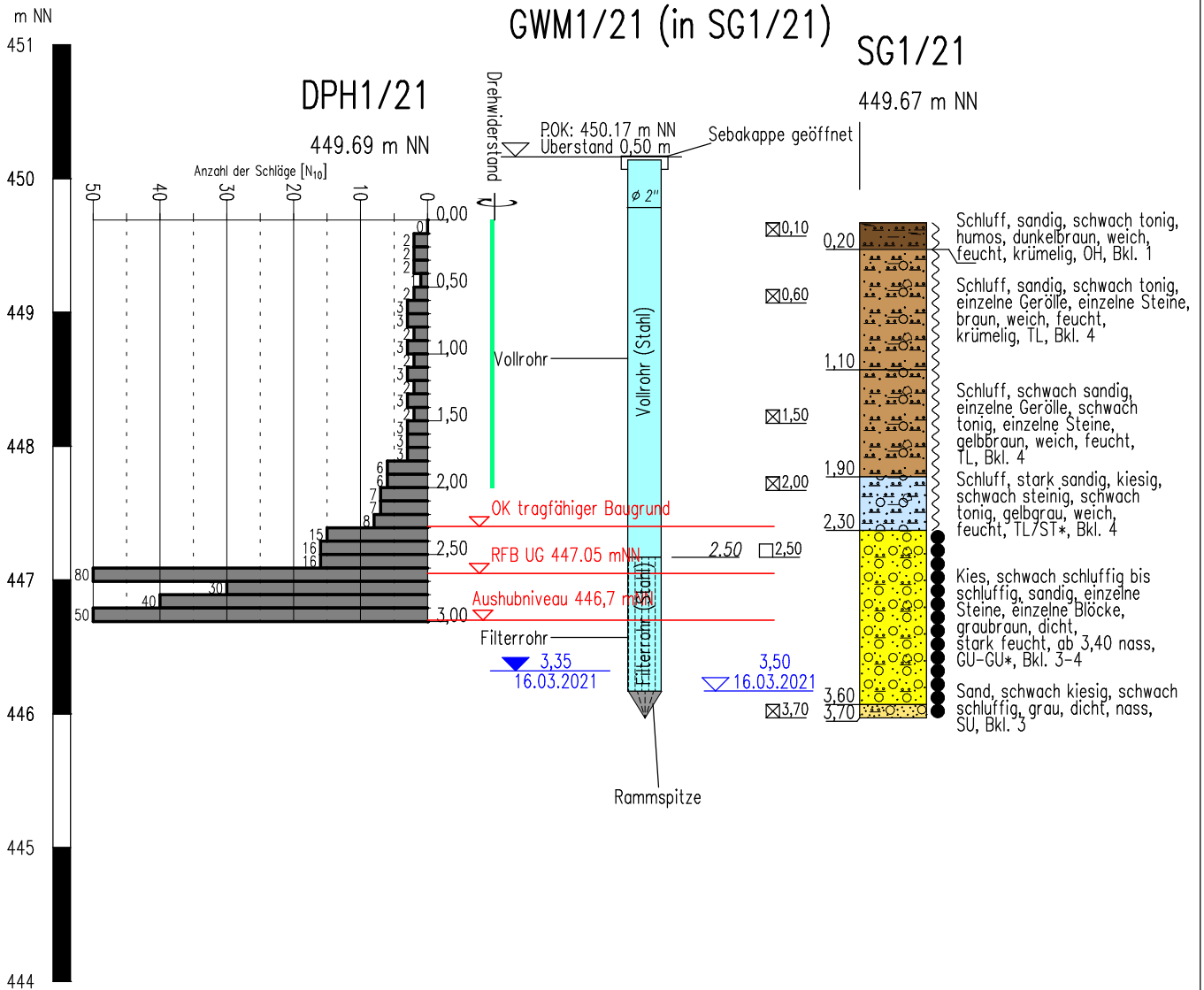
Plan: **Lageplan** Maßstab: **1:500**

Aktenzeichen: 201102-1	Anlage: 1.2	Grundlage: [U1] Heine
----------------------------------	-----------------------	---------------------------------

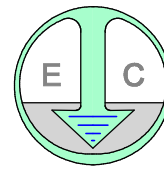
- SG** **Baggerschurf**
- RKS** **Rammkernsondierung**
- GWM** **Grundwassermessstelle**
- DPH** **schwere Rammsondierung**
- HB** **Höhenbezugspunkt:
Schachtdeckel = 451,92 m NN**



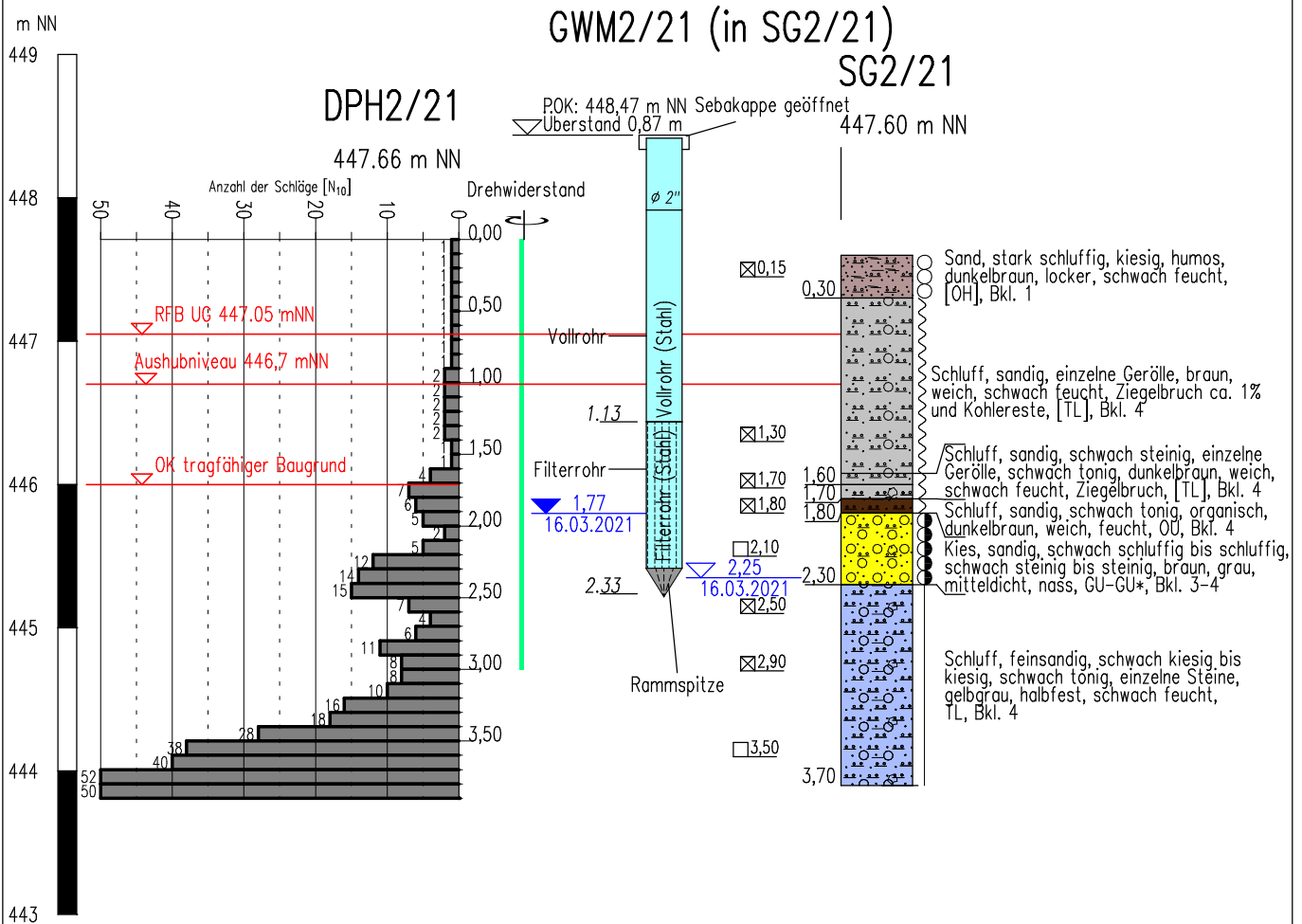
Rammdiagramm, Grundwassermessstelle und Schichtsäule
 Maßstab d. H. 1:50



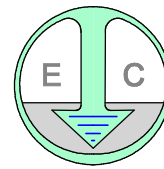
Geologische Bezeichnung	Proben	Drehwiderstand
Mutterboden	Becherprobe	leicht (< ca. 50 Nm)
Verwitterungslehm	5L-Eimerprobe	mittel (ca. 50 - 100 Nm)
Geschiebelehm	Mu Oberbodenprobe	schwer (ca. 100 - 150 Nm)
Moränenkies	AP Asphaltprobe	sehr schwer (> ca. 150 Nm)
Moränensand	MP Mischprobe	
Bodenklassen DIN 18 300 1 4 3-4 3	Konsistenz/Lagerungsdichte	
Bodengruppen DIN 18 196 OH TL TL/ST* GU-GU* SU	weich	
	dicht	
	Grundwasser	
	Grundwasser angetroffen	
	Grundwasserruhepegel	



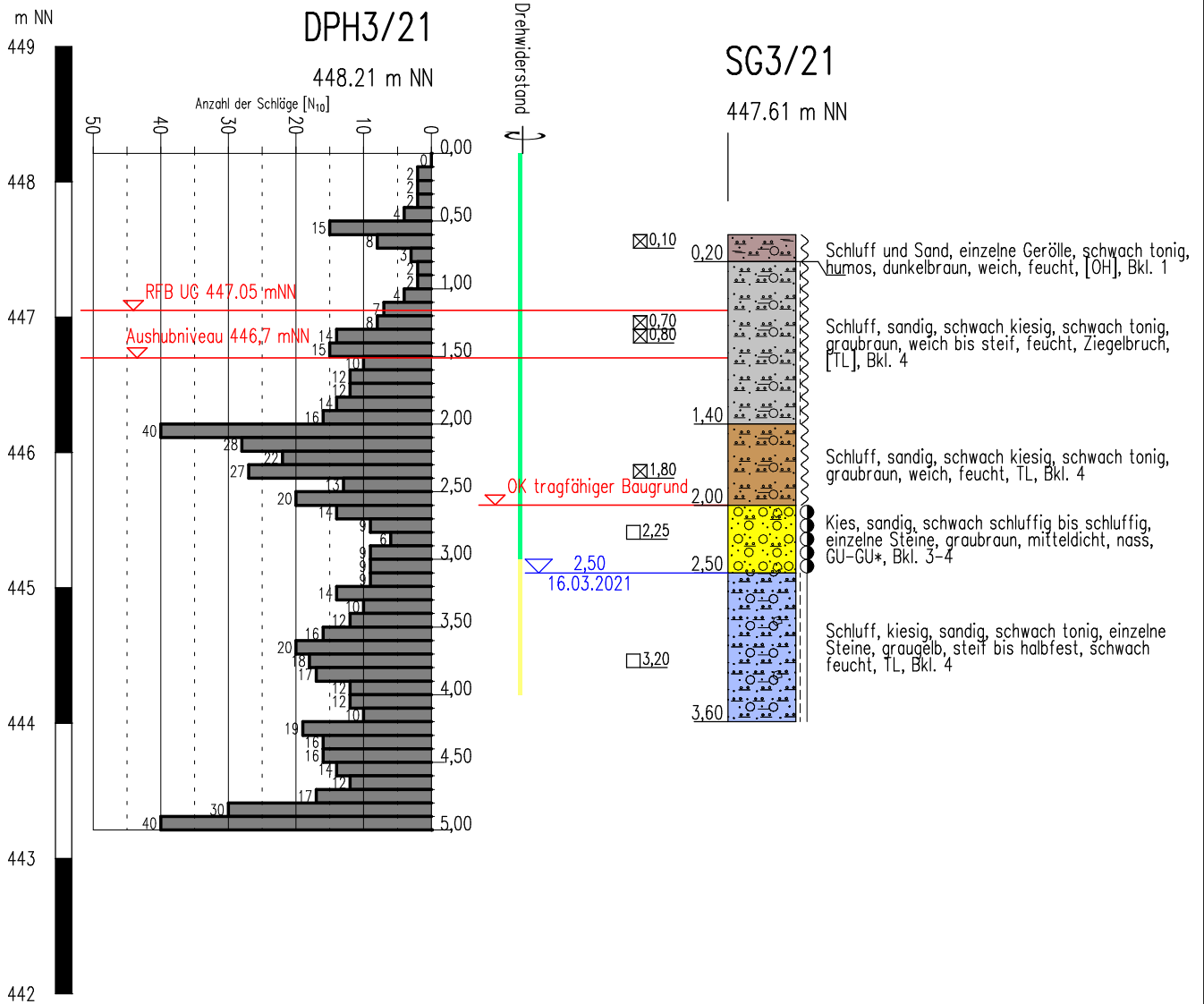
Rammdiagramm, Grundwassermessstelle und Schichtsäule
 Maßstab d. H. 1:50



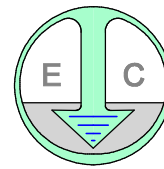
Geologische Bezeichnung	Proben	Drehwiderstand
aufgefüllter Mutterboden	Becherprobe	leicht (< ca. 50 Nm)
Auffüllung	5L-Eimerprobe	mittel (ca. 50 - 100 Nm)
Anmoor	Oberbodenprobe	schwer (ca. 100 - 150 Nm)
Moränenkies	AP Asphaltprobe	sehr schwer (> ca. 150 Nm)
Geschiebemergel	MP Mischprobe	Grundwasser
Bodenklassen DIN 18 300 1 4 3-4	Konsistenz/Lagerungsdichte	Grundwasser angetroffen
Bodengruppen DIN 18 196 [OH] [TL] OU GU-GU* TL	locker	Grundwasserruhepegel
	weich	
	steif bis halbfest	
	mitteldicht	



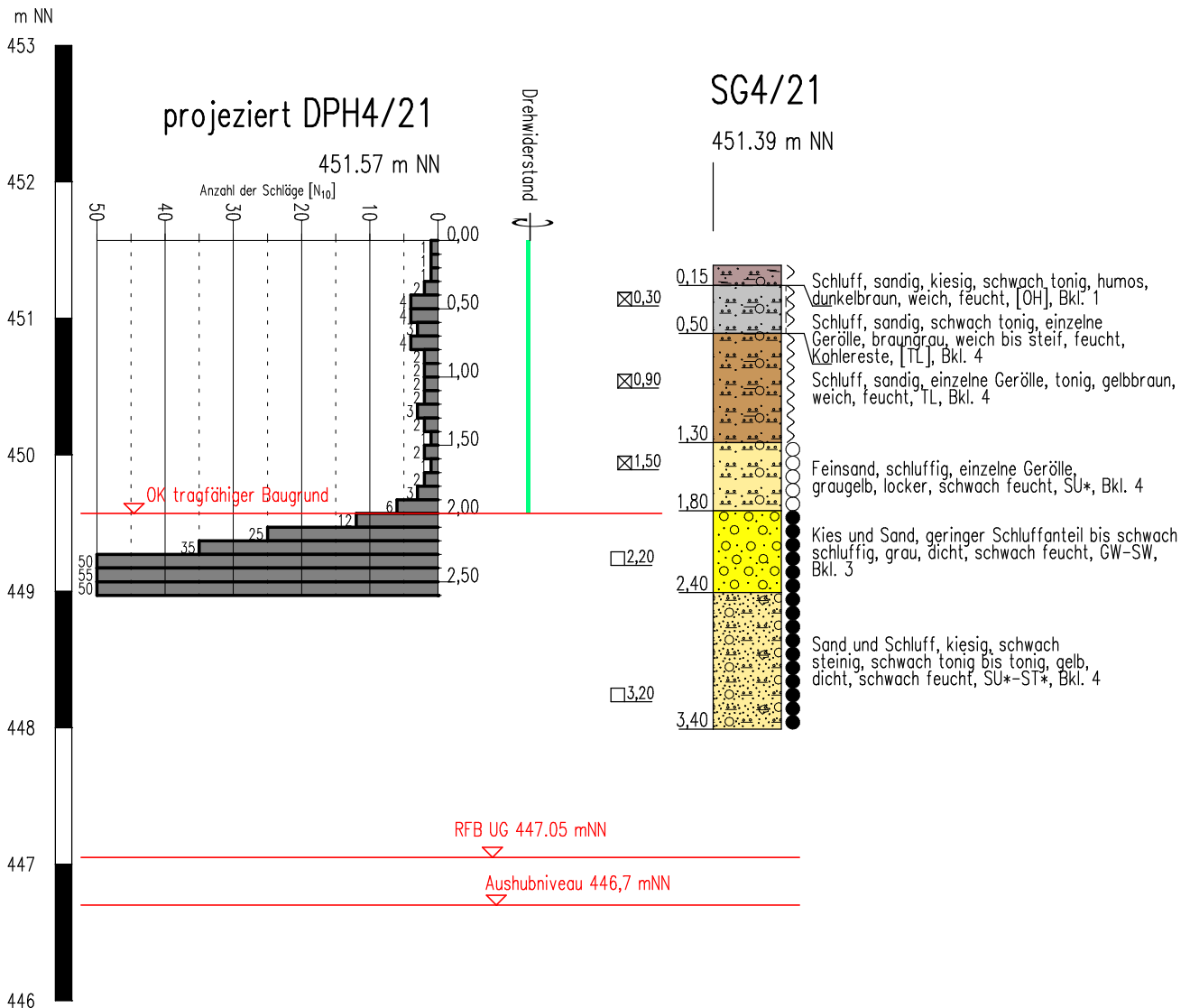
Rammdiagramm und Schichtsäule
 Maßstab d. H. 1:50



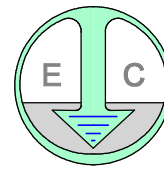
Geologische Bezeichnung	Proben	Drehwiderstand
aufgefüllter Mutterboden	Becherprobe	leicht (< ca. 50 Nm)
Auffüllung	5L-Eimerprobe	mittel (ca. 50 - 100 Nm)
Schwemmlehm	Mu Oberbodenprobe	schwer (ca. 100 - 150 Nm)
Moränenkies	AP Asphaltprobe	sehr schwer (> ca. 150 Nm)
Geschiebemergel	MP Mischprobe	Grundwasser
Bodenklassen DIN 18 300 1 4 3-4	Konsistenz/Lagerungsdichte	Grundwasser angetroffen
Bodengruppen DIN 18 196 [OH] [TL] TL GU-GU*	weich	
	weich bis steif	
	mitteldicht	
	steif bis halbfest	



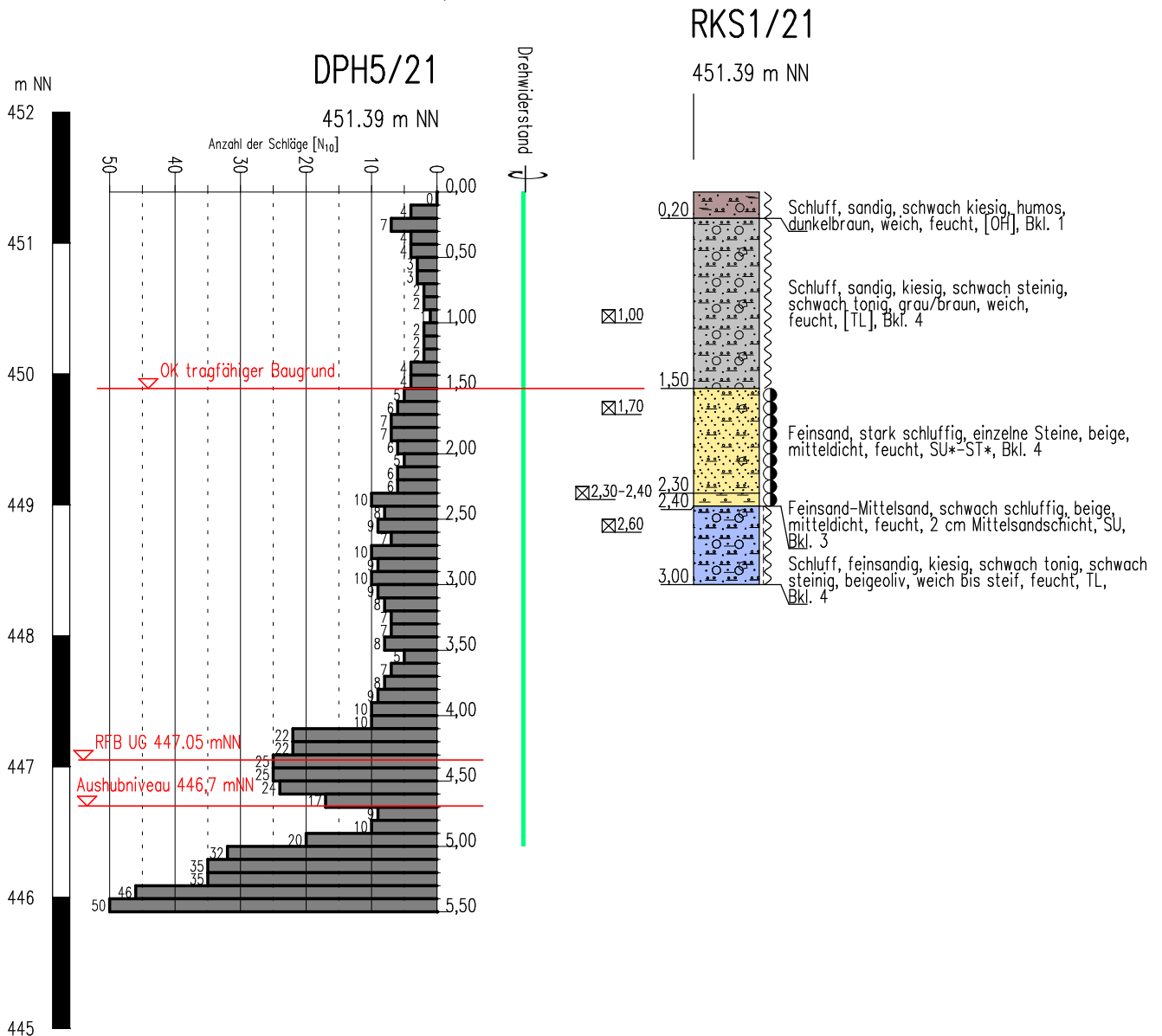
Rammdiagramm und Schichtsäule
 Maßstab d. H. 1:50



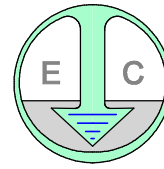
Geologische Bezeichnung	Proben	Drehwiderstand
aufgefüllter Mutterboden	Becherprobe	leicht (< ca. 50 Nm)
Auffüllung	5L-Eimerprobe	mittel (ca. 50 - 100 Nm)
Verwitterungslehm	Mu Oberbodenprobe	schwer (ca. 100 - 150 Nm)
Moränensand	AP Asphaltprobe	sehr schwer (> ca. 150 Nm)
Moränenkies	MP Mischprobe	
Bodenklassen DIN 18 300 1 4 3	Konsistenz/Lagerungsdichte	
Bodengruppen DIN 18 196 [OH] [TL] TL SU*-ST* GW-SW	weich	
	weich bis steif	
	locker	
	dicht	



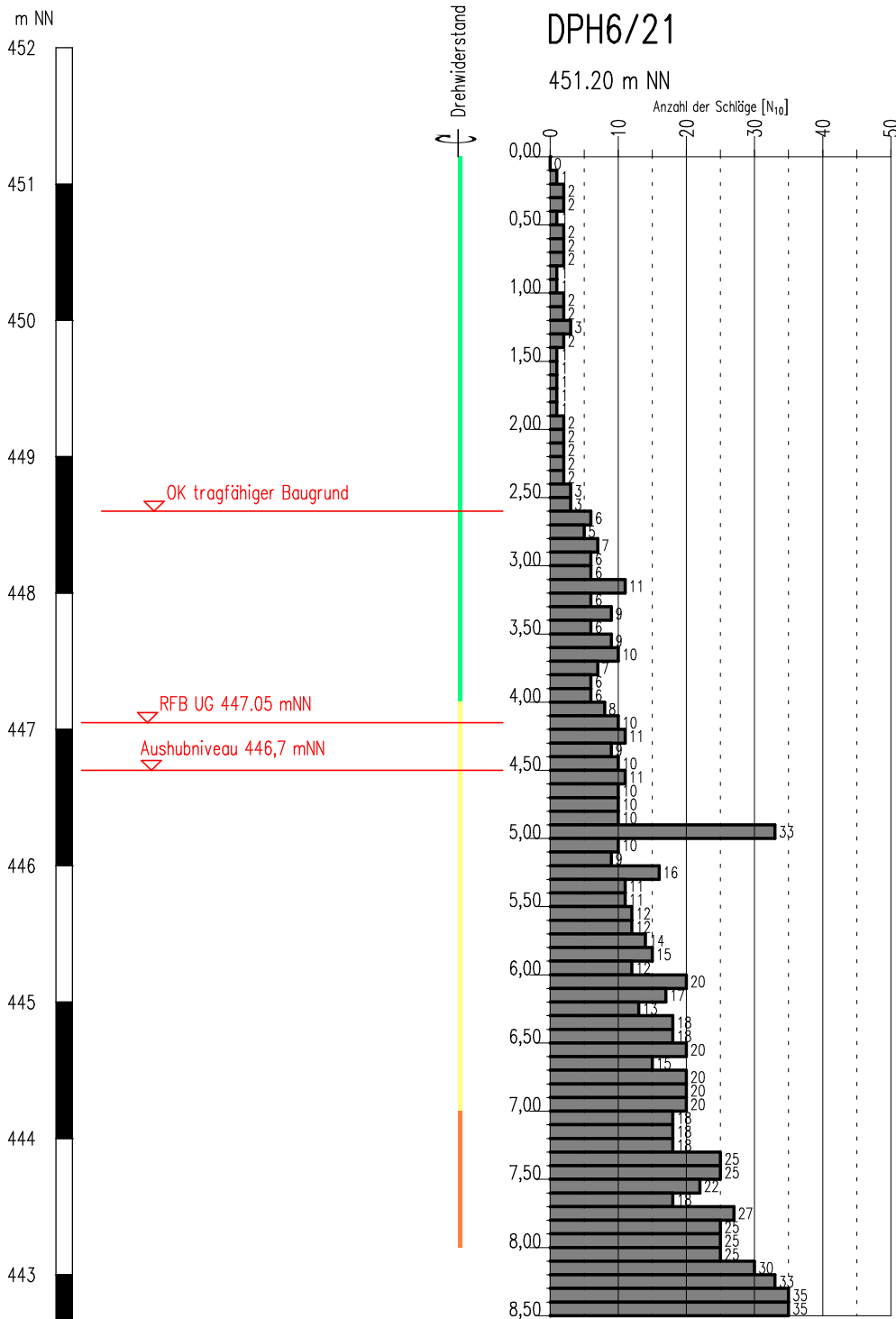
Rammdiagramm und Schichtsäule
 Maßstab d. H. 1:50



Geologische Bezeichnung	Proben	Drehwiderstand
aufgefüllter Mutterboden	Becherprobe	leicht (< ca. 50 Nm)
Auffüllung	Mu Oberbodenprobe	mittel (ca. 50 - 100 Nm)
Moränensand	AP Asphaltprobe	schwer (ca. 100 - 150 Nm)
Geschiebemergel	MP Mischprobe	sehr schwer (> ca. 150 Nm)
Bodenklassen DIN 18 300 1 4 3	Konsistenz/Lagerungsdichte	weich
Bodengruppen DIN 18 196 [OH] [TL] SU* SE TL	mitteldicht	weich bis steif



Rammdiagramm
 Maßstab d. H. 1:50



- Drehwiderstand
- leicht (< ca. 50 Nm)
 - mittel (ca. 50 - 100 Nm)
 - schwer (ca. 100 - 150 Nm)
 - sehr schwer (> ca. 150 Nm)



Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1 durch Ofentrocknung

Nr.	Aufschluss	Tiefe [m u. Gel]	Wassergehalt* [Massen-%]	Benennung
1	SG2	1,8	45,7	Anmoor
2		2,5	10,0	Geschiebemergel
3		2,9	10,1	Geschiebemergel
4		3,5	10,1	Geschiebemergel
5	SG3	1,8	24,1	Schwemmlehm
6		3,2	9,5	Geschiebemergel

SG: Baggerschürfgrube

Dr. Ebel & Co.

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
Bad Wurzach - Arnach

Bearbeiter: Ac

Datum: 16.04.2021

Körnungslinie nach DIN 18123

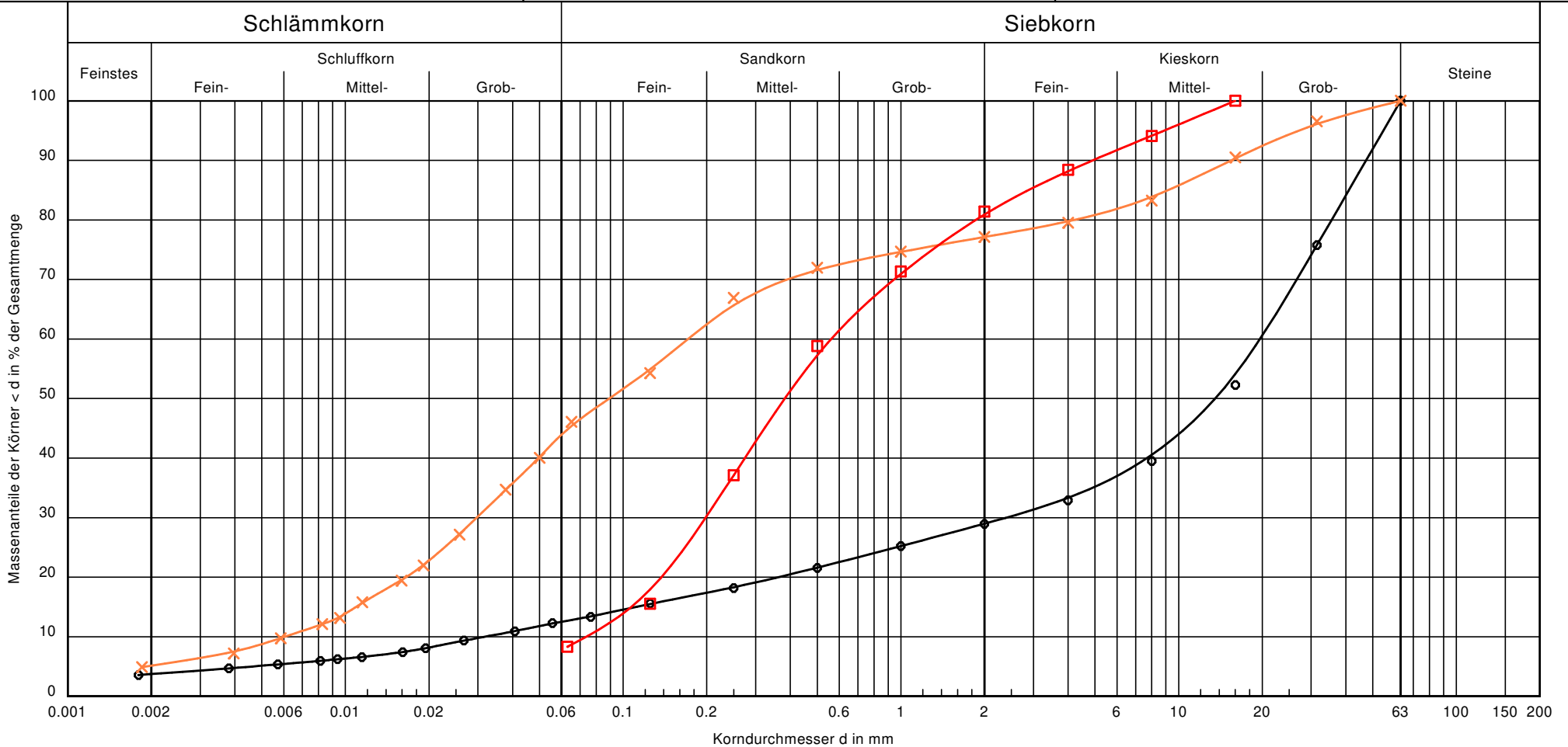
Weingarten - Studentenwohnanlage
Ravensburger Straße - Flurstück Nr. 1201

Prüfungsnummer: Probennahme Dr. Ebel & Co.

Probe entnommen am: 16.03.2021

Art der Entnahme: gestörte Probe

Arbeitsweise: Nasssiebung und Schlämmanalyse



Bezeichnung:	Moränenkies	Moränensand	Moränensand
Bodenart:	G, s, u'	U, s', g	S, u', fg', mg'
Tiefe:	2,5 m	3,2 m	3,7 m
k [m/s] (Beyer, abgeschätzt):	$6.1 \cdot 10^{-6}$	$2.2 \cdot 10^{-7}$	$4.3 \cdot 10^{-5}$
Entnahmestelle:	SG1/21	SG4/21	SG1/21
U/Cc	617.9/9.2	28.3/0.9	7.6/1.0
T/U/S/G [%]:	3.7/9.0/16.3/71.0	5.1/39.7/32.3/22.9	-/8.3/72.6/19.1
Signatur	○ — ○	× — ×	□ — □
Frostbeständigkeit	F2	-	F1

Bemerkungen:

Bericht: AZ 201102-1
 Anlage: 3.2



Zusammenstellung der Auffüllversuche nach NATERMANN

Messstelle	Datum	RWSP [m u. ROK]	WSP ₀ [m u. ROK]	WSP ₁ [m u. ROK]	t ₀	t ₁	Δt [min]	ε _{Natermann}
GWM1/21	16.03.2021	3,85	2,70	3,75	15:53:00	15:54:00	1	1,68
GWM2/21	16.03.2021	2,64	1,68	2,64	16:06:00	16:06:05	0,08	25,00

$$\varepsilon_{\text{Natermann}} = \frac{200 \times (WSP_1 - WSP_0)}{\Delta t \times 100 \times (2 \times RWSP - WSP_0 - WSP_1)}$$

Funktionsfähigkeit erreicht bei $\varepsilon \geq 0,0115$

- Funktionsfähigkeit erreicht
- Funktionsfähigkeit nicht erreicht