



## **BAUGRUNDGUTACHTEN**

### **Erschließung des Neubaugebiets „Wertäcker II“ in 72622 Nürtingen-Reudern**

**Auftraggeber :** Stadt Nürtingen, vertr. d. stv. Planungsamtsleiter H. Paak  
Marktstraße 1, 72622 Nürtingen

**Erschließungsträger:** TERRA KOMMUNAL Gesellschaft für Planung, Bodenordnung und  
Baulanderschließung mbH, Zeppelinstraße 4, 73105 Dürnau

**Planung Städtebau:** Stadt Nürtingen, Stadtplanungsamt

**Planung Tiefbau:** IB Weiler, Watzmannstraße 9, 72622 Nürtingen-Reudern

**Projekt-Nr. :** 2-11-179

**Gutachten-Nr. :** 2-11-179-01-ts

\_. Ausfertigung

26. Januar 2012



Bearbeiter:  
Dr. Th. Schmid  
Dipl.-Geol.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1 Vorgang</b>	<b>3</b>
<b>2 Planunterlagen, Baubeschreibung</b>	<b>3</b>
<b>3 Untersuchungsumfang</b>	<b>4</b>
3.1 Feldarbeiten	4
3.2 Bodenmechanische Laborversuche	5
<b>4 Baugrund</b>	<b>5</b>
4.1 Lage, Morphologie und geologischer Überblick	5
4.2 Untergrundaufbau	6
4.3 Grundwasser	7
4.4 Bodenkennwerte und Bodenklassen	10
<b>5 Erschließung und Bebauung</b>	<b>13</b>
5.1 Kanal- und Leitungsbau	13
5.2 Wasserhaltung im Bauzustand	20
5.3 Verkehrsflächen	22
5.4 Verdichtungskontrolle	29
5.5 Bebauung	31
5.5.1 Baugruben	31
5.5.2 Gründung	33
5.5.3 Fußbodenauflagerung	35
5.5.4 Entwässerung und Bauwerksabdichtung	36
5.5.5 Bau von Regenwasserzisternen	38
5.5.6 Erdbebengefährdung	38
5.5.7 Versickerung von Oberflächen-, Dachflächen- und Dränagewasser	39
5.6 Beschaffenheit von Aushubmaterial hinsichtlich Kontamination, Entsorgung	40
5.7 Weitere Hinweise zur Erschließung und Bauausführung	41
<b>6 Zusammenfassung und Schlussbemerkungen</b>	<b>44</b>

## VERZEICHNIS DER ANLAGEN

<b>Anlage 1:</b>	Lagepläne	M 1 : 10 000/500
<b>Anlage 2:</b>	Geologischer Schnitt	M 1 : 250/100
<b>Anlage 3:</b>	Schichtenverzeichnisse und Schichtprofile	M 1 : 50
<b>Anlage 4:</b>	Versuchsprotokolle bodenmechanischer Versuche	

## 1 Vorgang

Die Terra Kommunal GmbH plant im Auftrag der Stadt Nürtingen die Erschließung des Neubaugebiets „Wertäcker II“ im Ortsteil Reudern. Um Aussagen über die Beschaffenheit des Baugrundes und die Grundwasserverhältnisse zu erhalten, wurde unser Haus mit Schreiben der Stadt Nürtingen vom 21.11.2011 beauftragt, Baugrunduntersuchungen durchzuführen und einen geotechnischen Bericht zu erstellen. Grundlage des Auftrags war unser Angebot Nr. B 2-11-181 vom 26.09.2011 mit dem darin enthaltenen Leistungsumfang.

## 2 Planunterlagen, Baubeschreibung

Für die Feldarbeiten und zur Erstellung des vorliegenden Berichts wurde uns ein Lageplan „Zuteilungsentwurf September 2011“ vom 12.09.2011 im Maßstab 1 : 500 überlassen.

Aus dem firmeneigenen Archiv wurde ein Gutachten<sup>1</sup> von einer naheliegenden Baumaßnahme ausgewertet. Weiterhin wurden die Topographische und die Geologische Karte M 1 : 25 000, Blatt 7320 Kirchheim unter Teck nebst Erläuterungen, die Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg, M 1 : 350 000 und der Online-Kartenservice der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) mit herangezogen.

Dem Zuteilungsentwurf zufolge ist eine Wohnbebauung und eine verkehrsmäßige Erschließung über eine Zufahrtsstraße von der Stephanstraße westlich des Baugebiets mit einer Wendepalte in der Südostecke geplant. Es ist damit von der Errichtung nicht oder einfach unterkellelter Gebäude mit Baugruben von max. 3-4 m Tiefe und üblicher Tiefenlage der Kanäle und Leitungen von rund 3-4 m unter Gelände auszugehen. Weitere Angaben zur geplanten Erschließung und Bebauung liegen uns nicht vor.

---

<sup>1</sup>Baugrundgutachten: Büro- und Lagergebäude in 72622 Reudern, In den Breitäckern (Flst. 1748). BWU Gutachten-Nr. 2-04-013-01-hö vom 23.03.2004.

### 3 Untersuchungsumfang

#### 3.1 Feldarbeiten

Zur Erkundung des Bodenaufbaus und der Grundwassersituation wurden am 14. und 19.12.2011 vier Schürfgruben bis in Tiefen von 3,50 m - 4,50 m u.Gel. angelegt. Die Schürfgruben wurden mit dem ausgehobenen Material wieder verfüllt und beim Einbau mit dem Baggerlöffel bestmöglich verdichtet.

Die Schichtenfolge wurde nach geologischen und bodenmechanischen Kriterien aufgenommen. Die Benennung und Beschreibung erfolgte nach DIN 4022, die bautechnische Klassifizierung nach DIN 18 196 und 18 300. Weiterhin wurde auf Wasserzutritte/-anstiege und das Bohrgut organoleptisch auf mögliche Verunreinigungen geprüft.

Zur Unterstützung der bodenmechanischen Beurteilung im Gelände wurden aus den anstehenden Schichten gestörte Bodenproben entnommen, luftdicht konserviert und zur geotechnischen Laboruntersuchung weitergeleitet.

Zwei Schürfe wurden durch Einstellen von geschlitzten PVC-Rohren als provisorische Grundwassermessstellen ausgebaut, um Messungen des Grundwasserstands nach Ende der Aufschlussarbeiten zu ermöglichen.

Die Anordnung der Aufschlusspunkte auf dem Gelände ist aus dem Lageplan (Anlage 1.2) ersichtlich.

Die Aufschlusspunkte wurden nach Höhe nivelliert und auf örtliche Bezugspunkte (Straße, bestehende Gebäude, Flst.-Grenzen) eingemessen. Als Höhenbezug diente der Kanaldeckel K8172 auf Flurst.-Nr. 975 mit 360,01 mNN.

In Anlage 2 sind die Schichtprofile der Aufschlusspunkte in einem schematischen geologischen Schnitte dargestellt. Anlage 3 enthält alle vom Gutachter dokumentierten Aufschlüsse in Form von Schichtenbeschreibungen und Schichtprofilen.

### 3.2 Bodenmechanische Laborversuche

Die aus den anstehenden Schichten entnommenen Proben kamen zur bodenmechanischen Kennzeichnung ins Labor und wurden auf natürlichen Wassergehalt (DIN 18 121) und Konsistenzgrenzen (DIN 18 122) untersucht. Damit war eine Einstufung in Bodengruppen nach DIN 18 196 und Bodenklassen nach DIN 18 300 sowie die darauf basierende Abschätzung von Bodenkennwerten möglich. Die Versuche erfolgten an gestörten Bodenproben.

## 4 Baugrund

### 4.1 Lage, Morphologie und geologischer Überblick

Das geplante Neubaugebiet „Wertäcker II“ liegt nördlich der Ortsmitte zwischen der Reuderner Straße im Süden, der Stephanstraße im Westen, der Wertäckerstraße im Norden und der Breitäckerstraße im Osten in einer flachen, nach Westen geöffneten Senke (vgl. Übersichtslageplan Anlage 1.1). Die Geländehöhen betragen ca. 357 - 363 mNN.

Gegenwärtig wird das Gelände landwirtschaftlich genutzt (Wiese, Streuobst) und ist abgesehen von einem Einfamilienwohnhaus und zwei Schuppen unbebaut. Hinweise auf weitere eventuelle frühere bauliche Nutzungen waren vor Ort nicht erkennbar.

Gemäß der geologischen Karte von Baden-Württemberg, M 1 : 25 000, Blatt 7320 Kirchheim unter Teck, liegt das Baugebiet im Ausstrichbereich von Schichten des obersten Schwarzen Jura (Jurensismergel, Ober-Toarcium tc2, früher Lias ξ). Diese sind jedoch von quartärem Decklehm überlagert.

Dem Online-Kartenservice der LUBW zufolge befindet sich das geplante Neubaugebiet in der Schutzzone III des mit Rechtsverordnung vom 17.07.1981 vom Landratsamt Esslingen ausgewiesenen Wasserschutzgebiet Nr. 116040 „Oberer Wasen Oberboihingen“.

## 4.2 Untergrundaufbau

An den Aufschlusspunkten wurde eine 0,20 m - 0,25 m dicke Oberbodendecke angetroffen, die zum Zeitpunkt der Erkundung in steifer Konsistenz vorlag. Oberboden ist der Bodengruppe OH nach DIN 18 196 und der Bodenklasse 1 nach DIN 18 300 zuzuordnen.

Darunter folgt bis in Tiefen von 1,20 m - 2,50 m unter Gelände mittel bis ausgeprägt plastischer, toniger Decklehm in steifer bis halbfester Konsistenz. In diesen ist an den Aufschlusspunkten SG 3 und SG 4 eine verwitterte und zu einzelnen Brocken aufgelöste Kalk- bzw. Mergelsteinbank eingeschaltet. Der Decklehm ist in die Bodengruppen TM und TA, im Bereich der aufgelösten Kalk-/Mergelsteinbank auch GT\* nach DIN 18 196 und in die Bodenklassen 4 und 5 nach DIN 18 300 einzustufen.

Lokal sind oberflächennah geringmächtige Auffüllungen aus organoleptisch unauffälligen, mineralischen Erdstoffen der Bodengruppe TM/Bodenklasse 4 (Schluff, tonig) mit geringen Fremdbeimengungen (vereinzelte Ziegelstückchen) vorhanden. Bei SG 3 reichen diese bis 0,50 m Tiefe.

Der präquartäre Untergrund setzt mit stark verwittertem Tonstein in halbfester - fester Konsistenz ein, der zur Tiefe hin mit abnehmendem Verwitterungsgrad zunehmende Festigkeit annimmt. Am Aufschlusspunkt SG 3 sind mehrere Kalksteinbänkchen im Tonstein mit Mächtigkeit von 0,10 m - 0,30 m vorhanden. Halbfester Tonstein ist der Bodengruppe TM und Bodenklasse 4 zuzuordnen, fester Tonstein und Kalkstein der Bodenklasse 6.

Das tiefste erschlossene Schichtglied ist ab 2,70 m bis >4,50 m Tiefe fester bis harter Mergelstein der Bodenklasse 6, der an den Aufschlusspunkten SG 1 und SG 2 ab den Aufschlussendtiefen von 3,50 m und 3,70 m mit dem Bagger nicht mehr lösbar war. Bei SG 3 wurde Mergelstein bis zur Aufschlussendtiefe von 4,50 m nicht erreicht. Bei SG 4 folgte Mergelstein bereits unmittelbar unter dem Decklehm (kein Tonstein vorhanden) und war bis zu Aufschlussendtiefe von 4,50 m mit dem Bagger lösbar.

In größerer Tiefe, bei SG 1 und SG 2 auch bereits ab den Aufschlussendtiefen muss auch mit dem Auftreten von Fels der Bodenklasse 7 nach DIN 18 300 gerechnet werden.

Die im einzelnen an den Aufschlusspunkten angetroffenen Bodenschichten sind als Schichtenbeschreibungen und Schichtprofilen in Anlage 3 beigefügt. Aus den zwangsläufig punktuellen

Aufschlüssen wurde durch Interpolation unter Berücksichtigung der geologischen Zusammenhänge ein schematischer Geologischer Schnitt gefertigt, der das beschriebene Baugrundmodell darstellt (Anlage 2).

### 4.3 Grundwasser

In allen Geländeaufschlüssen kam es zu Grundwasserzutritten. Diese waren teilweise während der Aufschlussarbeiten nicht oder nur anhand nasser Schicht- und Kluftflächen feststellbar. Bis zum Verschließen der Schürfe hatte sich in SG 1 an der Sohle ein Wasserstand in 3,40 m Tiefe eingestellt. Die übrigen Schürfe blieben zunächst trocken.

Die Schürfe SG 2 und SG 4 wurden zu behelfsmäßigen Grundwassermeßstellen durch Einstellen von 2"-PVC-Rohren mit 2 m Filterrohr im unteren Bereich ausgebaut und die Schürfe anschließend mit Aushubmaterial verfüllt.

Folgende Grundwasserstände wurden gemessen:

Meßstelle Datum/Zeit	Wasser- stand [m u. Gel.]	Gelände- höhe [mNN]	Wasser- stand [m u. POK]	POK [mNN]	Wasser- stand [mNN]	Bemerkungen
SG 1 19.12.11	3,40	357,56			354,16	GW nach Bohrende
SG 2 19.12.11 11.01.12 23.01.12	3,00 1,42 1,04	358,81	2,08 1,70	359,47	355,81 357,39 357,77	GW angetroffen GW Ruhe
SG 3 19.12.11	3,30	360,34			357,04	GW angetroffen
SG 4 14.12.11 11.01.12 23.01.12	2,90 0,62 0,41	360,51	1,16 0,95	361,05	357,61 359,89 360,10	GW angetroffen GW Ruhe

Die Grundwasserzutritte erfolgten jeweils im Festgestein unterhalb des Decklehms in rund 3 m Tiefe. In den beiden Behelfsmessstellen stieg der Wasserstand in der Folge stark an. Der Decklehm wirkt demnach abdichtend und es liegt gespanntes Grundwasser im Jurensismergel mit einem geländenahe Druckwasserspiegel vor. Aufgrund des bereits bei den wenigen Stichtags-

messungen und in der kurzen Beobachtungszeit bis knapp unter Gelände angestiegenen Grundwasserstands in SG 4 muss damit gerechnet werden, dass der höchste Druckwasserspiegel auch über Gelände liegen kann und es zu einem freien (artesischen) Auslauf von Grundwasser an der Geländeoberfläche kommen kann.

Nach den bisherigen Grundwasserstandsmessungen zu schließen muss damit gerechnet werden, dass der Grundwasserstand im gesamten Baugebiet bis auf weniger als 1 m unter Gelände ansteigen kann. Aufgrund des geneigten Geländes ist die Festlegung eines auf eine einheitliche Meereshöhe bezogenen Bemessungswasserstand nicht zielführend. Es wird daher vorgeschlagen den Bemessungswasserstand für einzelne Bauvorhaben jeweils auf einer Höhe von 1 m unter Gelände festzulegen.

Sollte der Grundwasserstand kurzfristig auf ein höheres Niveau ansteigen, so kann aus hydrogeologischer Sicht in Kauf genommen werden, eine zeitweilige Ableitung von Grundwasser über eine Sicherheitsdränage oder Entwässerungseinrichtungen im Straßenraum vorzunehmen, um einen ausreichend dicken frostsicheren Straßenaufbau zu ermöglichen.

Ohne Sicherheitsdränage ist der Bemessungswasserstand im Hinblick auf die Auftriebssicherung von Bauwerken allerdings auf Höhe des endgültigen Geländes festzulegen.

Trotz des teilweise wenig unter Gelände liegenden Ruhegrundwasserstands bzw. Druckwasserspiegels kann davon ausgegangen werden, dass Grundwasser bei nicht unterkellelter Bauweise bautechnisch keine Rolle spielen wird (Grundwasserzutritte erfolgen erst in größerer Tiefe).

Bei den Erschließungsarbeiten (Kanal- und Leitungsbau) und bei unterkellerten Gebäuden oder Gebäudeteilen werden grundwasserführende Schichten jedoch angeschnitten. Zu Grundwasserzutritten wird es jedoch erst dann kommen, wenn der abdichtende Decklehm durchstoßen und die grundwasserführenden Schichten freigelegt werden. Lokal kann es allerdings, v.a. in niederschlagsreichen Perioden, auch bereits in höheren Niveaus zu Schicht- und Sickerwasserzutritten kommen (Wurmgänge, Wurzelröhren usw.).

Auch wenn Baugruben oder Gräben noch im Decklehm wenig über den grundwasserführenden Schichten enden kann es im Lauf der Zeit zu Grundwasserzutritten kommen, da sich infolge Druckentlastung durch Aushub (Wegfall des Eigengewichts des Bodens) Risse und Wasserwegsamkeiten in der Sohle bilden können, durch die gespanntes Grundwasser zutreten kann.



Außerdem besteht insbesondere bei hohem Druckwasserspiegel und geringer Überdeckung der grundwasserführenden Schicht die Gefahr eines hydraulischen Grundbruchs.

Im Zusammenhang mit dem Schutz künftiger Gebäude gegen Grundwasser und dem Schutz des Grundwassers selbst ist unbedingt anzustreben, die bestehenden Grundwasserverhältnisse innerhalb und außerhalb des Baugebiets nicht dauerhaft zu verändern.

Die oberflächennah anstehenden bindigen Böden erhalten aufgrund des Kontakts zum von unten drückenden Grundwasser immer ausreichend Feuchtigkeitsschub und können nicht austrocknen. Im Fall einer dauerhaften Absenkung des Grundwasserspiegels ist daher mit einer Schrumpfung infolge Austrocknung derartiger Böden zu rechnen. Dies kann sich über Jahre und Jahrzehnte hinziehen und auch über diesen Zeitraum zu Setzungsschäden an bestehenden oder neu gebauten Gebäuden führen.

Gebäude, die bis ins Grundwasser reichen, dürfen nicht als Hindernis und Staukörper für den Grundwasserstrom wirken. Es sind daher Maßnahmen zur dauerhaften Gewährleistung der Grundwasserumlaufbarkeit<sup>2</sup> vorzusehen.

Weiterhin ist durch entsprechende Maßnahmen (Grundwassersperren bis auf Höhe des Bemessungswasserstand in Baugruben, Kanal- und Leitungsgräben) dafür Sorge zu tragen, dass Grundwasser nicht dauerhaft über die gut wasserdurchlässige Rohrbettung und Grabenverfüllung abgeleitet wird.

In niederschlagsreichen Perioden kann oberflächennah Schicht- und Sickerwasser mit Staunäsebildung über geringer wasserdurchlässigen Bereichen auftreten. Aufgrund der insgesamt geringen Wasserdurchlässigkeit des Untergrunds kann einsickerndes Niederschlagswasser nicht bzw. nur mit größerer Verzögerung zur Tiefe hin versickern. Das Tiefenniveau und die Intensität der Sickerwasserführung unterliegt jahreszeitlichen und witterungsabhängigen Schwankungen. Es ist nicht auszuschließen, dass zeitweilig Wassersättigung bis nahe der Geländeoberfläche auftritt.

---

<sup>2</sup> In der Regel Kiesfilterschicht unter der Bodenplatte und wasserdurchlässige Verfüllung der Arbeitsräume bis auf Höhe des Bemessungswasserstands

## 4.4 Bodenkennwerte und Bodenklassen

### Bodenkennwerte

Die über die bodenmechanischen Laborversuche ermittelten Kennzahlen für die untersuchten Bodenproben können Anlage 4 entnommen werden. Die im folgenden für die an den Untersuchungspunkten aufgeschlossenen Bodenschichten angegebenen geotechnischen Bodenkennwerte (charakteristische Werte) wurden nicht direkt durch bodenmechanische Laborversuche bestimmt. Sie wurden unter Berücksichtigung der Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche und dem Geländebefund gemäß DIN 1055, Labor Versuchsergebnissen vergleichbarer Böden, dem Grundbautaschenbuch Teil 1 und weiteren Literaturangaben eingeschätzt.

Bodenschicht	Boden- gruppe nach DIN 18 196	Wichte		Reibungs- winkel $\varphi$ [°]	Kohäsion $c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Steife- ziffer $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Wasserdurch- lässigkeits- beiwert $k_f$ [m/s]
		über Wasser $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	unter Auftrieb $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]				
Decklehm (Ton, schluffig, steif-halbfest)	TM-TA	19-20	9-10	17,5- 22,5	10-25	3-8	<10 <sup>-8</sup>
Tonstein, s. st. verw., halbfest-fest*	TM	21-22	11-12	22,5-25	15-30	8-15	<10 <sup>-8</sup>
Tonstein, verw., fest*	Bkl. 6	23-24	13-14	25-30	15- >50	15-40	10 <sup>-6</sup> -10 <sup>-8</sup>
Mergelstein, fest-hart**	Bkl. 6	24-25	14-15	25-30	20	≥80	10 <sup>-4</sup> -10 <sup>-6</sup>

\*Die teilweise eingeschalteten Hartgesteinsbänke wurden bei den Kennwerten nicht berücksichtigt. Ihre Scherfestigkeits- und Verformbarkeitsparameter sind - für sich betrachtet - wesentlich höher als diejenigen der umgebenden Schichten.

\*\*Kennwerte variieren je nach Verwitterungsgrad, Trennflächengefüge und Richtung der Beanspruchung in weiten Grenzen und können auf Trennflächen bis auf Werte wie bei bindigen Böden zurückgehen. Im zusammenhängenden Schichtverband werden die angegebenen Mindestwerte i.d.R. jedoch nicht unterschritten.

Zur Erddruckermittlung im Bereich verfüllter, geböschter Arbeitsräume sind in der Regel die Kennwerte des Verfüllmaterials anzusetzen. Für verdichtet eingebautes Material können folgende Kennwerte angesetzt werden:

Material	Reibungswinkel $\varphi$ [°]	Wichte $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]
Schotter, Splittgemische	35	20/12
Kiesgemische und Siebschutt	32,5	20/12
bindige und kiesig-steinige Böden (Aushub)	20-25	19/9

**Für erdstatische Berechnungen sind jeweils die ungünstigsten angegebenen Werte zu verwenden.**

Werden Schichten in der offenen Baugrube längere Zeit der Witterung ausgesetzt, können sich die Kennwerte rapide verschlechtern. Dies gilt auch für Profilabschnitte, in denen Schichtwasser austritt und zu einem Aufweichen der Bodenschicht führt.

## Bodenklassen nach DIN 18 300

Die DIN 18 300 fasst Boden- und Felsarten nach dem Schwierigkeitsgrad beim Bearbeiten (Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten) in sieben Klassen zusammen. Sie gilt auch für das Aufbereiten und Behandeln von Boden und Fels zur erdbautechnischen Verwertung sowie erdbautechnische Arbeiten mit RC-Baustoffen, industriellen Nebenprodukten und sonstigen Stoffen. Die Klassifizierung erfolgt unabhängig von maschinentechnischen Leistungswerten allein nach boden- bzw. felsmechanischen Merkmalen entsprechend ihrem Zustand beim Lösen. Als maßgebende Kriterien für den Schwierigkeitsgrad beim Bearbeiten werden herangezogen:

- granulometrische Größen: Feinkorn unter 0,063 mm, Steine über 63 mm sowie Blöcke über 200 mm und über 630 mm Korngröße
- plastische Eigenschaften des Feinkorns (Plastizitätszahl  $I_p$ , Konsistenzzahl  $I_c$ , Zähigkeit)
- wasserhaltende und Fließeigenschaften
- mineralisch-chemischer Zusammenhalt (Verfestigung)
- Gesteins- und Gebirgsfestigkeit nach qualitativen Merkmalen
- Trennflächengefüge und Verwitterungszustand

Nach den Richtlinien und der Boden- und Felsklassifizierung der DIN 18 300 sowie den ZTV E-StB 09<sup>3</sup> ergibt sich für die betreffende Baumaßnahme folgende Zuordnung der Bodenklassen und Frostempfindlichkeitsklassen:

Bodenschichten	Boden- bzw. Felsklasse DIN 18 300	Frostempfindlichkeitsklasse ZTV E-StB 09
Oberboden	1	F 2
Decklehm	4-5	F 3-2
Tonstein, halbfest	4	F 3
Kalksteinbänke <0,40 m, fester Ton- und Mergelstein	6	F 3
Mergelstein, hart	6-7	F 3

<sup>3</sup>ZTV E-StB 09: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau. Ausgabe 2009. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau. Köln.

## Erläuterungen:

### **Klasse 1: Oberboden (Mutterboden)**

Oberboden ist die oberste Schicht des Bodens, die neben anorganischen Stoffen, wie z. B. Kies-, Sand-, Schluff- und Tongemischen, auch Humus und Bodenlebewesen enthält.

### **Klasse 2: Fließende Bodenarten**

Bodenarten, die von flüssiger bis breiiger Beschaffenheit sind und die das Wasser schwer abgeben.

Hierzu gehören bei entsprechender Beschaffenheit:

1. organische Böden der Bodengruppe HN, HZ und F;
2. feinkörnige Böden sowie organogene Böden und Böden mit organischen Beimengungen der Bodengruppen OU, OT, OH und OK, wenn sie breiige oder flüssige Konsistenz ( $I_p \leq 0,5$ ) haben;
3. gemischtkörnige Böden der Bodengruppen SU\*, ST\*, GU\* und GT\* mit einem Anteil an Korn unter 0,063 mm von mehr als 15 M-%, wenn sie eine breiige oder flüssige Konsistenz haben.

Das Ausfließen von grobkörnigen Böden der Bodengruppen SW, SI, SE, GW, GI und GE beim Lösen ist kein kennzeichnendes Kriterium.

### **Klasse 3: Leicht lösbare Bodenarten**

Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit höchstens 15 M-% von Schluff und Ton mit Korngröße kleiner 0,063 mm und mit höchstens 30 M-% Steinen mit Korngrößen über 63 mm bis 200 mm.

Organische Bodenarten, die nicht von flüssiger bis breiiger Beschaffenheit sind, und Torfe.

Hierzu gehören

1. grobkörnige Böden der Bodengruppen SW, SI, SE, GW, GI und GE;
2. gemischtkörnige Böden der Bodengruppen SU, ST, GU und GT;
3. organische Bodenarten mit geringem Wassergehalt nur als Torfe der Bodengruppe HN, soweit sie sich im Trockenen ausheben lassen und dabei standfest bleiben).

### **Klasse 4: Mittelschwer lösbare Bodenarten**

Gemische von Sand, Kies, Schluff und Ton mit über 15 M-% der Korngröße kleiner als 0,063 mm.

Bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind und höchstens 30 M-% an Steinen enthalten.

Hierzu gehören

1. feinkörnige Böden der Bodengruppen UL, UM, TL und TM;
2. gemischtkörnige Böden der Bodengruppen SU\*, ST\*, GU\* und GT\*;

### **Klasse 5: Schwer lösbare Bodenarten**

Bodenarten nach den Klassen 3 und 4, jedoch mit über 30 M-% Steinen.

Bodenarten mit höchstens 30 M-% an Blöcken der Korngröße über 200 mm bis 630 mm.

Ausgeprägt plastische Tone, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind.

### **Klasse 6: Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten**

Felsarten, die einen mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig oder verwittert sind, sowie vergleichbare feste oder verfestigte Bodenarten, z.B. durch Austrocknung, Gefrieren, chemische Bindung.

Bodenarten mit über 30 M-% an Blöcken

Werden solche Fels- und Bodenarten zur Erleichterung des Lösens durch Bohr- oder Sprengarbeit gelockert, ändert sich ihre Einstufung nicht.

### **Klasse 7: Schwer lösbarer Fels**

Felsarten, die einen mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Festigkeit haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind, auch festgelagerter, unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, verfestigte Schlacken und dergleichen.

Haufwerke aus großen Blöcken mit Korngrößen über 630 mm

Schlackenhalde gehören zu dieser Klasse nur, soweit es sich um verfestigte Schlacken handelt. Werden solche Felsarten oder verfestigte Materialien durch Reißgeräte gelöst, ändert sich ihre Einstufung nicht.

Die Unterscheidung von Fels der Klassen 6 und 7 entspricht einer einfachen, in der Praxis häufig vorgenommenen Einteilung in folgende zwei Hauptgruppen:

- a) Weicher, witterungsempfindlicher Fels mit geringer Festigkeit, der bei mechanischer Beanspruchung durch Einbauen, Verdichten und durch Verkehr zerbrechen oder durch Frost, Wasser, Luft oder andere Witterungsvorgänge zu wasserempfindlichen Bodenarten zerfallen kann (z.B. Mergel- und Kalkstein, Sand-, Schluff-, Tonstein).
- b) Harter, gegen Witterungseinflüsse wenig oder nicht empfindlicher Fels, dessen Korngröße und Kornform bei mechanischer Beanspruchung durch Einbau, Verdichten und Verkehr praktisch unverändert bleibt (die meisten Tiefen-, Erguss-, Gang- und metamorphen Gesteine wie z.B. Granit, Quarzit, Gneis, Glimmerschiefer).

**Sollte es zu Unstimmigkeiten bezüglich der Bodenklassifizierung kommen, so kann der Baugrundgutachter beim Baugrubenaushub hinzugezogen werden.**

## 5 Erschließung und Bebauung

### 5.1 Kanal- und Leitungsbau

#### Herstellung von Kanal- und Leitungsgräben

Planunterlagen zu den Erschließungsmaßnahmen liegen uns nicht vor, so dass hier nur allgemeine Hinweise gegeben werden können. Bei etwa geländegleichem Niveau der Erschließungsstraße und üblicher Tiefenlage der Kanäle und Leitungen von bis zu ca. 3-4 m unter Gelände werden die Gräben den Decklehm durchstoßen und in festen Tonstein und Mergelstein einschneiden.

Bei der Herstellung und Sicherung von Kanal- und Leitungsgräben sind die Richtlinien der DIN 4124 und DIN EN 1610 zu beachten. Danach können nicht verbaute Gräben bis zu einer Tiefe von maximal 1,25 m und einer mindestens steifen Konsistenz bei bindigem Untergrund mit senkrechten Wänden hergestellt werden. Tiefere Gräben sind zu böschen oder zu verbauen. Wird freigebösch, so sind bei Böschungen bis 5 m Höhe ohne rechnerischen Standsicherheitsnachweis nach DIN 4084 folgende Böschungswinkel einzuhalten:

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| a) nichtbindige oder weiche, bindige Böden | $\beta \leq 45^\circ$ |
| b) steife bis halbfeste bindige Böden      | $\beta \leq 60^\circ$ |
| c) Fels                                    | $\beta \leq 80^\circ$ |

Es kann damit gerechnet werden, dass bis 1,20 m - 2,50 m Tiefe im Decklehm für freie Böschungen meist ein Böschungswinkel von  $\beta \leq 60^\circ$  möglich sein wird. Im festen Ton- oder Mergelstein kann der Böschungswinkel auf  $\beta \leq 80^\circ$  erhöht werden, wenn dieser im ungestörten Schichtverband vorliegt und keine Wasserzutritte erfolgen.

Bei Herstellung freier Böschungen wird empfohlen, auf halber Höhe bzw. am Übergang von bindigem Decklehm zum Festgestein Bermen (Breite  $\geq 1,50$  m) zum Auffangen eventuell abrutschenden Erdmaterials vorzusehen. Bei Wasserzutritten kann es auch bei Einhaltung der genannten Böschungswinkel zu Ausbrüchen und/oder Instabilitäten an den Grabenwänden kommen.

Für Gräben über 2 m Tiefe empfehlen wir, generell einen Verbau vorzusehen (z.B. Krings-Verbau). Bei Grabentiefen  $>3$  m ist mit Grundwasserzutritten zu rechnen und ein Verbau wird unumgänglich sein.

Sofern z.B. aufgrund begrenzter Reichweite von Hebefahrzeugen oder aufrecht zu erhaltendem Verkehr keine ausreichenden Abstände eingehalten werden können, müssen die Verkehrslasten bei der statischen Bemessung des Verbaus berücksichtigt werden.

Um die Massen für Aushub und Verfüllung möglichst gering zu halten, werden Kanal- und Leitungsgräben meist ohnehin mit senkrechten Wänden hergestellt und mit einem Verbau gesichert. Dabei gelten ebenfalls die Vorgaben der DIN 4124 und DIN EN 1610. Es sind Verbausysteme zu bevorzugen, bei denen die Verbauelemente kontinuierlich mit dem Aushub abgesenkt werden. Einfache Verbaukörbe, die nach dem Aushub in die Gräben eingestellt werden, können nur bei ausreichend standfesten Grabenwänden eingesetzt werden, wenn nicht mit Nachbrüchen zu rechnen ist. Die Wahl des Verbausystems ist daher den Baugrundverhältnissen anzupassen und fällt in den Verantwortungsbereich des Tiefbauunternehmers.

Es ist zu beachten, dass ein Verbau mit vorauseilendem Erdaushub und anschließender Sicherung des Grabens mit einem nichtkraftschlüssigen Verbau (z. B. durch Verbauplatten) Spannungsumlagerungen im benachbarten Untergrund bewirkt, welche Setzungen oder Sackungen bis hin zur Geländeoberkante verursachen können. Es muss daher sichergestellt sein, dass bereits bestehende Bauteile (z. B. Wasserleitungen, Strom- oder Telefonkabel) insbesondere in den Anschlussbereichen zu den bestehenden Kanälen nicht setzungsempfindlich sind bzw. keine unzulässigen Verformungen erfahren.

Beim Aushub ist im gesamten Baugebiet mit zunehmender Aushubtiefe mit Erschwernissen zu rechnen. Bereits in geringer Tiefe ab ca. 1,2 m bis 1,8 m unter Gelände treten örtlich feste und harte Bänke auf. Sie sind in Oberflächennähe zunächst der Bodenklasse 6 nach DIN 18300 zuzuordnen. Wir empfehlen daher, für den erforderlichen Felsaushub in der Ausschreibung ausreichende Massenansätze zu wählen. Für eine zuverlässige Massenermittlung der einzelnen Boden- und Felsklassen ist ein sorgfältiges Aufmaß während des Aushubes erforderlich.

Beim Aushub der Schürfgruben war der Mergelstein im Bereich der Endtiefen der Schürfgruben SG 1 und SG 2 mit dem eingesetzten Bagger nicht mehr lösbar. Zum Lösen von Felsbänken in dieser Tiefe im beengten Leitungsgraben werden voraussichtlich besondere Maßnahmen erforderlich. Der Einsatz von Hydraulikmeißeln ist allerdings mit Erschütterungen verbunden. Wo Lärm und Erschütterungen gering gehalten werden müssen, kommen zum Lösen von Fels auch erschütterungsarme Techniken in Frage (z. B. Einsatz einer Felsfräse oder hydraulischer Spaltkeile in Perforationsbohrungen).

Weiterhin ist zu beachten, dass im Bereich von steinig zerlegten und flächenhaft zusammenhängenden Felsbänken ein maßhaltiger Aushub des Leitungsgrabens vielfach nicht möglich sein wird, da sich die Bänke nur an vorgegebenen Trennflächen (Klüften und Schichtfugen) lösen lassen. Insbesondere in Fels der Klassen 6 und 7 lassen sich vielfach keine ebenflächigen Aushubsohlen und Grabenwände herstellen. Mehraushub an der Sohle muss mit Bettungsmaterial ausgeglichen werden. Dies ist bei der Ausschreibung und Massenabschätzung der Arbeiten zu berücksichtigen. Weiterhin ist zu beobachten, dass beim Lösen von Steinen oder Kluftkörpern aus dem Verband Auflockerungen an den Grabenwänden auftreten können.

Verbauten von Gräben außerhalb des Straßenraumes bzw. ohne Nachbarbebauung können auf den aktiven Erddruck bemessen werden. Im Straßenraum und besonders im Anschlussbereich an den Bestand empfehlen wir eine Bemessung des Verbaus auf den erhöhten aktiven Erddruck  $E = 0,5 (E_a + E_0)$ . Sofern Bauwerke, unterirdische Einbauten oder Verkehrslasten in einer geringeren Entfernung als der einfachen Baugrubentiefe (Lastausbreitungswinkel  $45^\circ$ ) vorhanden sind, sind diese bei der Ermittlung des Erddrucks auf den Verbau ebenfalls zu berücksichtigen. Im Bereich naheliegender sehr schlanker, verformungsempfindlicher Bauteile (z.B. Strom-, Leitungs-, Straßenbeleuchtungsmasten) sollte der Verbau auf den Erdruhedruck ausgelegt werden.

Je nach Witterungsverhältnissen vor und während der Baumaßnahmen ist mit Zutritten von Grund- und/oder Schicht- bzw. Sickerwasser zu rechnen, die in ihrer Höhenlage und Intensität stark schwanken können. Im vorliegenden Fall dürfte allerdings nur mit überschaubaren Wassermengen zu rechnen sein, die mit einer offenen Wasserhaltung problemlos beherrscht werden können. Werden hierzu Dränleitungen verlegt, so sind diese im Endzustand zu unterbrechen, um ein ständiges Ableiten von Grundwasser zu verhindern.

## **Rohrauflager und Leitungszone**

Das Rohrauflager (Bettung) und die Leitungszone sind gemäß DIN EN 1610 auszuführen.

Den Untersuchungsergebnissen zufolge kann von guter bis sehr guter Tragfähigkeit im Auflagerbereich ausgegangen werden.

Rohre können auf einer Bettung nach Typ 1 nach DIN EN 1610, Abschnitt 7.2.1 verlegt werden. Dabei soll die Dicke der unteren Bettungsschicht a mindestens 10-15 cm betragen, um Linien- und

Punktlagerungen im Fels zu vermeiden. Das Material für die Bettungsschicht muss die Anforderungen nach Abschnitt 5.3 der DIN EN 1610 erfüllen. Wir empfehlen, als Bettungsmaterial Fremdmaterial zu verwenden (z. B. Schotter-Splitt-Gemisch 0/32).

Aushubsohlen/Auflagerflächen in bindigen Böden sind zu verdichten, um eventuelle Auflockerungen durch den vorangegangenen Aushub rückzustellen.

Eventuelle weiche oder breiige, nicht tragfähige Bodenschichten im Sohlbereich sind auszuräumen und durch das Material der Bettung zu ersetzen. Bei Grundwasserzutritten ist auch bei Böden mit steifer oder besserer Konsistenz damit zu rechnen, dass die Grabensohle bei der Bearbeitung aufweicht.

In der Leitungszone und bis 0,15 m darüber ist Material nach den Anforderungen der DIN EN 1610 einzubauen. Das Größtkorn ist in Abhängigkeit vom verwendeten Rohrtyp festzulegen. Ein Größtkorn von 32 mm ist bei den meisten Rohrtypen verträglich. In den ZTV E-StB 09 wird jedoch ein Größtkorn von 22 mm empfohlen. Der Einbau ist in Lagen von maximal 0,3 m auszuführen. Die Anforderung an das 10%Mindestquantil des Verdichtungsgrads  $D_{pr}$  beträgt 97%.

Wegen der Grundwasserverhältnisse ist darauf zu achten, dass keine suffosions- oder erosionsgefährdeten Erdbaustoffe zum Einsatz kommen (z.B. Sand), um einen Volumenverlust in Folge Auswaschung und dadurch bedingte Sackungen/Setzungen zu vermeiden.

### **Wiederverfüllung von Kanal- und Leitungsgräben**

Bei der Wiederverfüllung und Verdichtung von Leitungsgräben sind die Richtlinien der ZTV E-StB 09 und der ZTV A-StB 97/06<sup>4</sup> sowie DIN EN 1610 einzuhalten. In den ZTV A-StB 97/06 sind die für die Verfüllzone geeigneten Bodenarten wie folgt in Verdichtbarkeitsklassen eingeteilt:

---

<sup>4</sup>ZTV A-StB 97/06: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen. - Ausgabe 1997/Fassung 2006. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau, Köln.



Verdichtbarkeits- klasse	Kurzbeschreibung	Bodengruppe (DIN 18 196)
<b>V 1</b>	nicht bindige bis schwach bindige, grobkörnige und gemischtkörnige Böden	GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST
<b>V 2</b>	bindige, gemischtkörnige Böden	GU*, GT*, SU*, ST*
<b>V 3</b>	bindige, feinkörnige Böden	UL, UM, TL, TM
	für das Verfüllen von Leitungsgräben nicht geeignet	HN, HZ, F, OU, OT, OK, TA

Für die Verfüllzone sind in der Regel Böden der Klasse V 1 zu verwenden, da sie wegen ihrer geringeren Wasser- und damit Witterungsempfindlichkeit in der Regel leichter zu verdichten sind als Böden der Klasse V 2 und V 3. Werden Böden der Klassen V 2 und V 3 verwendet, so muss der Wassergehalt dem optimalen Wassergehalt beim Proctorversuch entsprechen.

Die anstehenden und beim Aushub anfallenden Böden sind größtenteils der Verdichtbarkeitsklasse V 3 (Bodengruppe TM) zuzuordnen bzw. ungeeignet (Bodengruppe TA). Sie sind daher zum Wiedereinbau nur bedingt geeignet

Gut für Verfüllzwecke geeignet sind beispielsweise Tragschichtmaterial nach ZTV SoB-StB 04<sup>5</sup> oder gleichwertige Schotter-Splitt-Gemische. Bei nicht güteüberwachtem Material ist dessen Eignung vor dem Einbau nachzuweisen.

Über Grabenverfüllungen mit grobkörnigem Material sollte ein wasserundurchlässiger Oberbelag angeordnet werden, um die Einsickerung von (möglicherweise belastetem) Oberflächenwasser zu vermeiden. Im Bereich unbefestigter Flächen sollte im oberen Teil eine Lage aus gering durchlässigem, bindigem Boden („Lehmschlag“, Dicke  $\geq 1$  m) lagenweise verdichtet eingebaut werden.

Bindiges Aushubmaterial in steifer bis halbfester Konsistenz der Bodengruppe TM kann mit Einschränkungen (ev. nach Bindemittelstabilisierung) zur Grabenverfüllung verwendet werden, wenn eine witterungsgeschützte Zwischenlagerung möglich ist. Zum Schutz vor Durchfeuchtung kann eine Miete mit geneigter (Quergefälle  $\geq 5\%$ ) und glatt abgewalzter Oberfläche hergestellt oder eine Abdeckung mit sturmsicher angebrachter Folie vorgenommen werden.

<sup>5</sup>ZTV SoB-StB 04: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau. - Ausgabe 2004/Fassung 2007. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau, Köln.

Auf eine homogene Einmisch des Bindemittels (z.B. durch Einfräsen) ist hierbei ggf. sorgfältig zu achten. Bei einer Einmischung mit dem Baggerlöffel oder Separator kann die erwartete Verbesserung möglicherweise nicht erreicht werden.

Tonige, mittel- bis ausgeprägt plastische Böden (Verwitterungston, Bodengruppe TA) sind nur bedingt geeignet, da sie sich auch durch Stabilisierungsmaßnahmen nicht oder nur in begrenztem Umfang bezüglich ihrer Verdichtungseigenschaften verbessern lassen.

Besser geeignet für den Wiedereinbau sind Tonstein in halbfester-fester Konsistenz sowie Kalk- und Mergelstein, deren Wassergehalt beim Einbau dem optimalen Wassergehalt ( $w_{opt}$  gemäß Proctorversuch nach DIN 18 127) entsprechen muss (ev. Wasserzugabe erforderlich). Beim Aushub anfallende größere Steine oder Blöcke sind vor dem Wiedereinbau auszusortieren oder zu zerkleinern. Wir empfehlen, das Größtkorn beim Wiedereinbau auf  $\leq 100$  mm zu beschränken.

Der natürliche Wassergehalt steifplastischer Böden ist meist etwas zu hoch für optimale Verdichtbarkeit. Eine Verringerung des Wassergehalts wird in der Praxis üblicherweise durch Zugabe von Bindemittel (Kalk und/oder Zement) erreicht. Die angetroffenen Böden der Bodengruppe TM liegen im Eignungsbereich für Feinkalk, Kalkhydrat oder Mischbinder (Kalk-Zement-Gemische). Überschlüssig kann von einer Verringerung des Wassergehalts von 1 - 2 % bei Zugabe von 1 M-% Bindemittel ausgegangen werden. 2 - 6 M-% Bindemittelzugabe sollten nicht überschritten werden. Durch Zugabe von Bindemittel werden neben dem Wassergehalt auch die plastischen Eigenschaften, die Konsistenz sowie die Verdichtungseigenschaften verändert. Die tatsächlich erforderliche Bindemittelmenge ist u.a. auch witterungsabhängig und kann daher nicht sicher vom aktuellen Wassergehalt der zu bearbeitenden Böden abgeleitet werden.

Im allgemeinen beträgt der optimale Wassergehalt für Böden der Bodengruppe TM rund 17-22 % bei einer Proctordichte um 1,6-1,7 g/cm<sup>3</sup>. Die natürlichen Wassergehalte der angetroffenen Böden liegen bei ca. 20 bis 30 %, so dass eine Bindemittelzugabe meist notwendig werden wird.

Teilweise wurden Böden mit Wassergehalten unter 20% angetroffen. Sollten diese bei trockener Witterung bearbeitet werden können, so ist ein ausreichender Verdichtungsgrad voraussichtlich auch ohne Bindemittelzugabe erreichbar. Allerdings kann ein ausreichender Verformungsmodul auf dem Erdplanum ( $E_{v2} \geq 45$  MN/m<sup>2</sup>) ohne Bindemittelzugabe kaum erwartet werden. Bei Böden mit einer Konsistenz schlechter als halbfest und bei niederschlagsreicher Witterung wird eine Bindemittelzugabe jedoch ohnehin notwendig werden.

Bei Grabenverfüllungen mit unverändertem, ursprünglich vorhandenem Bodenmaterial muss auch bei sorgfältiger Verdichtung mit späteren Setzungen gerechnet werden. Daher sollte von dessen Verwendung im Fahrbahnbereich abgesehen werden. Hier sollte z.B. Schotter, Kies, Siebschutt mit <15% Feinanteil oder gleichwertiges verwendet werden. Der Einsatz von RC-Baustoffen ist wegen des hoch anstehenden Grundwassers und der Lage im Wasserschutzgebiet nicht zulässig.

Das Verfüllgut ist lagenweise einzubauen und optimal zu verdichten. Die Mächtigkeit der einzelnen Lagen sollte 30-40 cm nicht überschreiten. Die Anforderung an das 10%-Mindestquantil des Verdichtungsgrades  $D_{pr}$  in der Verfüllzone beträgt in Abhängigkeit vom eingebauten Erdstoff zwischen  $\geq 97\%$  und  $\geq 100\%$ . Im übrigen wird auf die Vorgaben der ZTV E-StB 09<sup>6</sup> für die Verfüllung in Straßenbereichen verwiesen.

Die Verdichtung der eingebauten Materialien ist im geforderten Umfang gemäß ZTV E-StB 09, Abschnitt 14 je nach gewählter Prüfmethode im Zuge der Eigenüberwachung durch den Auftragnehmer nachzuweisen. Unabhängige Kontrollprüfungen durch den Auftraggeber werden empfohlen.

Unverändertes Aushubmaterial kann eventuell in nicht setzungsempfindlichen Bereichen (z.B. unter Grünflächen, in Lärmschutzwällen, zur Geländemodellierung) wieder eingebaut werden, wo keine besonderen Anforderungen hinsichtlich optimaler Verdichtbarkeit zu stellen sind und im Lauf der Zeit auftretenden Konsolidationssetzungen der Grabenverfüllung ggf. im Zuge der gärtnerischen Pflege ausgeglichen werden können.

Aufgrund des hoch anstehenden Grundwassers sind an jedem Schacht und v.a. im Hangbereich je nach Gefälle in Abständen von ca. 20 m bis max. 50 m Grundwassersperrern (z.B. Lehmschlag oder Betonriegel) einzubauen, um eine Grundwasserableitung entlang der Leitungsgräben zu verhindern. Diese müssen sämtliche hydraulisch leitfähigen Schichten (Rohraufleger, Leitungszone, eventuelle bauzeitliche Dränagen) wirksam unterbrechen. Sie sind seitlich und nach unten 0,5 m in den ungestörten Baugrund einzubinden und bis auf Höhe des Bemessungswasserstands, aber bis höchstens 1 m unter Gelände zu führen.

---

<sup>6</sup>ZTV E-StB 09: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau. Ausgabe 2009. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau. Köln.

Werden Grundwassersperren nicht ausgeführt, so kann es aufgrund des dauerhaften Ableitens von Grundwasser (wasserrechtlich nicht zulässig!) zu einer weitreichenden Dränierung der Hangbereiche kommen. Hierdurch können infolge Schrumpfung durch Austrocknung Setzungen und damit verbundene Gebäudeschäden auch noch nach Jahrzehnten auftreten.

## **Gründung, Bauwerkshinterfüllung/Erddruck auf Bauwerke**

Im Gründungsbereich der Schachtbauwerke kann überwiegend mit gut tragfähigem Baugrund gerechnet werden.

Der Erddruck auf erdeinbindende Bauwerke für deren statische Bemessung ist u. a. vom für die Verfüllung verwendeten Material (Kennwerte s. Abschnitt 4.4), von dessen Verdichtung und von der Arbeitsraumbreite abhängig. Hier ist der Erdruchedruck  $E_0$ , mindestens jedoch:

- bei einer Arbeitsraumbreite  $\leq 1,0$  m ein Verdichtungserddruck von  $40 \text{ kN/m}^2$
- bei einer Arbeitsraumbreite  $\leq 2,5$  m ein Verdichtungserddruck von  $25 \text{ kN/m}^2$

anzusetzen. Zwischenwerte können linear interpoliert werden.

## **5.2 Wasserhaltung im Bauzustand**

In den Kanal- und Leitungsgräben kann es zu Grundwasserzutritten kommen, die eventuell eine Wasserhaltung erforderlich werden lassen können. Bei nur geringen Grundwasserzutritten ist dies in Form einer offenen Wasserhaltung möglich.

Für eine belastbare Abschätzung des Grundwasserandrangs in den Gräben liegt keine ausreichende Datengrundlage vor. Hierzu wären Pumpversuche zur Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwerts im Grundwasserleiter erforderlich. Mit einem diesbezüglich konservativ angenommenen Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f = 10^{-4} \text{ m/s}$  und einem Druckwasserspiegel  $1,0 \text{ m}$  bis  $2,5 \text{ m}$  über Grabensohle ergeben sich nach SICHARDT (Reichweite der Grundwasserabsenkung) und DUPUIT & THIEM bzw. CHAPMANN<sup>7</sup> (Abschätzung des Grundwasserandrangs zu einem Graben bei offener Wasserhaltung) folgende Rechengrößen:

---

<sup>7</sup> zit. z.B. in: Herth, W., Arndts, E. (1994): Theorie und Praxis der Grundwasserabsenkung. 3. Aufl. Berlin (Ernst).

Grundwasserabsenkung s [m]	Reichweite der Grundwasserabsenkung R [m]	Grundwasserandrang im Graben Q [l/s/lfm]
1,0	18	0,1
2,5	44	0,15

Sofern die vorgenommenen Abschätzungen zutreffend sind, sollten diese Wassermengen in Form einer offenen Wasserhaltung beherrschbar sein. Auf eine Abschlagslänge von 10 m ergibt sich damit ein Grundwasserandrang von 1 - 1,5 l/s.

Bei der Einleitung von Grundwasser in die Kanalisation oder in ein Gewässer sind nach unserer Kenntnis folgende Grenzwerte einzuhalten:

Parameter	Kanalisation	Gewässer
<b>pH-Wert</b>	6,5 - 10,0	6,5- 8,5
<b>absetzbare Stoffe nach ½ Std.</b>	1,0 ml/l	0,3 ml/l
<b>abfiltrierbare Stoffe nach DIN EN 872</b>	-.-	100 mg/l
<b>Kohlenwasserstoffe ges. nach DEV V H53</b>	20 mg/l	5,0 mg/l
<b>chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW)</b>	0,05 mg/l	0,01 mg/l

Zur Einhaltung der Grenzwerte ist gegebenenfalls die Zwischenschaltung eines Absetzbeckens und bei Ableitung von durch Beton verdrängtem oder mit frischem Beton in Berührung gekommenem Wasser einer Neutralisation erforderlich.

Bei einer zeitweiligen Grundwasserabsenkung bzw. -ableitung während der Bauzeit sind trotz der relativ großen Reichweite der Absenkung keine schädlichen Auswirkungen auf die Nachbargrundstücke bzw. die Nachbarbebauung zu erwarten.

Mit Austrocknungserscheinungen und dadurch induzierten Schrumpfsetzungen infolge einer Grundwasserabsenkung ist in Anbetracht der begrenzten Zeitdauer und der durch eine reine Schwerkraft-Grundwasserabsenkung nicht möglichen völligen Entwässerung bindiger Böden nicht zu rechnen.

### 5.3 Verkehrsflächen

Wir empfehlen, bei der Bemessung und Ausführung von Verkehrsflächen die Richtlinien der RStO 01<sup>8</sup>, der ZTV E-StB 09<sup>9</sup> und der ZTV T-StB 95<sup>10</sup>, bzw. ZTV SoB-StB 04<sup>11</sup> zu beachten. Weiterhin sind aufgrund der Lage im Wasserschutzgebiet die RiStWag<sup>12</sup> anzuwenden.

Bei der Erschließung von Baugebieten ist nach RStO 01 in der Regel ein stufenweiser Ausbau der Fahrbahnbefestigung vorzusehen, dessen erste Ausbaustufe den zu erwartenden Baustellenverkehr aufnehmen muss. Dafür sind in der Regel Bauweisen mit gebundenen Tragschichten zu wählen. Soll nach weitgehender Fertigstellung der angrenzenden Bebauung der vollständige Aufbau hergestellt werden, ist der Zustand der verbleibenden Teilbefestigung gemäß RStO 01, Abschnitt 4, zu berücksichtigen. Ist kein stufenweiser Ausbau der Fahrbahnbefestigung vorgesehen, so ist bei der Ermittlung der Bauklasse der Baustellenverkehr zu berücksichtigen.

Gemäß RStO 01 sind die Erschließungsstraßen unter Berücksichtigung des Baustellenverkehrs wahrscheinlich der Bauklasse IV zuzuordnen. Eine diesbezüglich verbindliche Festlegung kann jedoch nicht durch unser Haus erfolgen und ist noch vorzunehmen.

Auf dem Erdplanum frostempfindlicher Böden wird bei Regelbauweisen nach RStO 01 ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  verlangt. An der Oberkante des Oberbaus (ungebundene Tragschicht) werden in Abhängigkeit von der Bauweise bestimmte 10%-Quantile des  $E_{v2}$ -Werts gefordert. Die Anforderungen bei Wegen betragen  $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$  und bei Straßen je nach Bauweise  $E_{v2} \geq 120\text{-}150 \text{ MN/m}^2$  (Bauklassen SV - IV) bzw.  $E_{v2} \geq 100\text{-}120 \text{ MN/m}^2$  (Bauklassen V + VI). Die auf dem Erdplanum und der Tragschicht geforderten Werte sind durch Plattendruckversuche nach DIN 18 134 nachzuweisen.

---

<sup>8</sup>RStO 01: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen. - Ausgabe 2001, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn, Köln.

<sup>9</sup>ZTV E-StB 09: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau. Ausgabe 2009. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau. Köln.

<sup>10</sup>ZTV T-StB 95: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau. - Ausgabe 1995, Fassung 2002, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Sonderaufgaben, Köln. **Teilweise ersetzt durch ZTV SoB-StB 04 und TL SoB-StB 04!**

<sup>11</sup>ZTV SoB-StB 04: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau. - Ausgabe 2004/Fassung 2007. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau, Köln.

<sup>12</sup>RiStWag: Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten. Ausgabe 2002. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Köln.

Die im Bereich des voraussichtlichen Erdplanums anstehenden Bodenschichten sind der Frostepfindlichkeitsklasse F 3 (sehr frostepfindlich) und F 2 (mittel frostepfindlich) nach ZTV E-StB 09 zuzuordnen. Da eine genauere Abgrenzung unterschiedlich frostepfindlicher Bereiche nicht möglich ist, empfehlen wir, sämtliche Verkehrsflächen für sehr frostepfindlichen Untergrund (F 3) zu dimensionieren.

Demnach sind nach RStO 01 dimensionierte Frostschutz- und Tragschichten aufzubringen. Sofern nicht spezielle Untersuchungen zur Bestimmung der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaues durchgeführt werden, kann diese Dicke unter Berücksichtigung der Frostepfindlichkeit des Bodens aus den „Richtwerten für die Dicke des frostsicheren Straßenaufbaues“ in cm (RStO 01, Abschnitt 3.2, Tabelle 6)

Frostepfindlichkeitsklasse	Dicke bei Bauklasse		
	SV / I / II	III / IV	V / VI
F 1	Böden der Frostepfindlichkeitsklasse F 1 erfordern keine Frostschutzmaßnahmen		
F 2	55	50	40
F 3	65	60	50

und der Mehr- oder Minderdicke (RStO 01, Abschnitt 3.2, Tabelle 7) errechnet werden.

Der Standort liegt in der Frosteinwirkungszone II nach Bild 6 RStO 01. Die Wasserverhältnisse sind als ungünstig<sup>13</sup> zu beurteilen. Wir gehen davon aus, dass die Verkehrsflächen etwa geländegleich verlaufen und mit teilweise wasserdurchlässigen Randbereichen sowie mit Entwässerungseinrichtungen ausgeführt werden.

Im vorliegenden Fall ist daher gemäß RStO 01, Abschnitt 3.2 unter Berücksichtigung der entsprechenden Zu- und Abschlüge eine Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus von 0,65 m (Bauklassen III und IV) bzw. 0,55 m (Bauklassen V und VI) erforderlich.

Die angegebene Mindestdicke ist auf einem Untergrund mit einem Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  vorgesehen. Wird dieser Wert nach Verdichtung des Planums nicht erreicht (im vorliegenden Fall sehr wahrscheinlich), so sind besondere Maßnahmen vorzusehen. Hierzu

<sup>13</sup>Grundwasser kann während der Frostperioden dauernd oder auch nur zeitweise höher als 2 m unter Planum vorkommen und/oder Wasser kann von angrenzenden Bereichen seitlich (z.B. von Nebestreifen, Mittelstreifen) oder durch den Oberbau dem frostepfindlichen Boden zusickern.

gehören z.B. Maßnahmen zur Bodenverbesserung nach ZTV E-StB 09 (z.B. Bindemittelzugabe oder Bodenaustausch) oder Bodenverfestigung gemäß ZTV E-StB 09 bzw. ZTV T-StB 95 oder eine Erhöhung der Tragschichtdicke. Außerdem kann die Tragschicht durch Einbau von geeigneten Geogittern als Bewehrung oder durch Zugabe von Tragschichtbinder verbessert werden.

Aufgrund der innerörtlichen Lage und der Kleinflächigkeit der Maßnahme wird eine Bodenverbesserung durch Bindemittelzugabe möglicherweise nicht in Frage kommen (unwirtschaftlich, Verwehung von aggressivem Kalkstaub). Sollte dies erwogen werden, so gelten die in Abschnitt 5.1 „Wiederverfüllung von Kanal- und Leitungsgräben“ angegebenen Hinweise und Empfehlungen hinsichtlich Bindemittelstabilisierung..

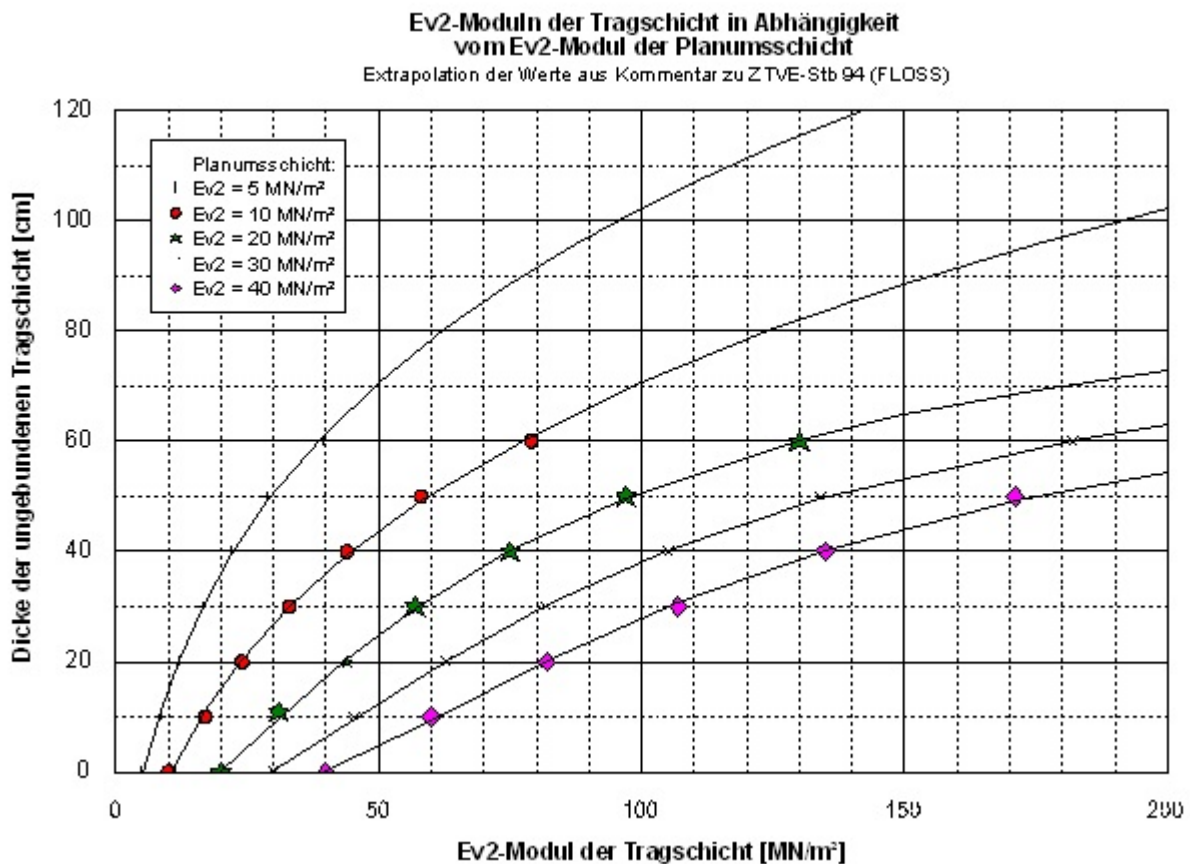
Im Fall eines Bodenaustauschs werden nicht ausreichend tragfähige Schichten unterhalb des Erdplanums ausgeräumt und durch gut verdichtbares, lagenweise bei optimaler Verdichtung eingebautes, körniges Fremdmaterial ersetzt. Die Mächtigkeit des Bodenaustauschs richtet sich nach dem Verformungsmodul des Untergrunds und den Verdichtungseigenschaften des Austauschmaterials und sollte auf Testfeldern bestimmt werden. Sie ist ebenfalls so zu bemessen, dass an der Oberkante des Bodenaustauschs ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  erreicht wird und darauf ein Regelaufbau nach RStO 01 hergestellt werden kann.

Die Erhöhung der Mächtigkeit der ungebundenen Tragschicht ist als Variante des Bodenaustausches zu betrachten. Hierbei wird die Tragschichtmächtigkeit soweit erhöht, dass der an Oberkante Tragschicht geforderte Verformungsmodul trotz zu geringem Verformungsmodul auf dem Erdplanum erreicht werden kann.

Ein Bodenaustausch mit körnigem, nichtbindigem Fremdmaterial oder eine Erhöhung der Tragschichtmächtigkeit kann auch bei niederschlagsreicher Witterung ausgeführt werden. Gegebenenfalls kann auf dem Erdplanum ein reißfestes Geotextil der Georobustheitsklasse GRK 4 verlegt werden, um ein Einarbeiten des Austausch- bzw. Tragschichtmaterials in den Untergrund zu verhindern.

Folgendes Diagramm, angelehnt an den Kommentar zu den (nicht mehr gültigen) ZTV E-StB 94, Abschnitt 3.4.7, gibt den Zusammenhang zwischen der Dicke des Oberbaus (ungebundene Tragschicht) und dem  $E_{v2}$ -Modul des Planums (OK Tragschicht) für verschiedene  $E_{v2}$ -Moduln des Rohplanums wieder:





Der auf dem verdichteten Erdplanum bei guter Witterung erreichbare Verformungsmodul wird bei dem anstehenden Boden auf ca.  $E_{v2} \approx 10\text{-}15 \text{ MN/m}^2$  geschätzt. Es ist demnach eine Mächtigkeit der ungebundenen Tragschicht von ca. 0,70 m - 0,80 m einzuplanen, um an deren Oberkante einen Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$  zu erreichen. Für einen Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$  (Bauklassen IV und III) ist eine Tragschichtdicke von 0,80 m-0,90 m erforderlich.

Vor der Herstellung des Oberbaus empfehlen wir jedoch, die tatsächliche Festigkeit des verdichteten Planums mittels Plattendruckversuchen nach DIN 18 134 zu überprüfen (können ggf. durch unser Haus durchgeführt werden), um eine Tragschichtdimensionierung anhand tatsächlich gemessener Werte zu ermöglichen.

Das obige Diagramm liefert nur für die auf Tragschichten bis 0,60 m Dicke erreichbaren Verformungsmoduln abgesicherte Angaben. Da im vorliegenden Fall voraussichtlich eine größere Tragschichtdicke erforderlich wird, stellen die obigen Angaben nur eine Schätzung auf Grundlage einer Extrapolation dar und es ist die Anlage von Testfeldern zur Überprüfung des tatsächlich erreichbaren Verformungsmoduls auf der vorgeschlagenen Tragschicht erforderlich.

Zur Schaffung des Erdplanums ist der humose Oberboden abzutragen.

Insbesondere bei wasserdurchlässigen Belägen ist das Erdplanum bereits mit ausreichendem Gefälle herzustellen, um einen Wasserabfluss zu ermöglichen. Weiterhin sind in diesem Fall auch Dränschichten und Dränagen an der Basis der Tragschicht vorzusehen. Weitere Hinweise zur Gestaltung wasserdurchlässiger Pflasterbeläge auf gering durchlässigem Untergrund können der einschlägigen Fachliteratur<sup>14</sup> entnommen oder bei Bedarf durch unser Haus angegeben werden.

Aufgrund des gering wasserdurchlässigen Untergrunds und der Grundwassersituation kann es in langanhaltenden Niederschlagsperioden zu geländenahen Wasserständen und Vernässungen kommen. Eventuell anfallendes Wasser kann den Straßenkörper gefährden und ist durch Sickeranlagen so zu fassen, dass es schadlos abgeleitet werden kann. Hierbei sind die Angaben der RAS-Ew<sup>15</sup> und der ZTV E-StB 09 zu beachten. Danach kann die Frostschutzschicht neben der Frostsicherung und Lastverteilung auch die Funktion einer Planumssickerschicht bzw. Flächen-dränage erfüllen. Diese gilt als gewährleistet, wenn das Mineralstoffgemisch im eingebauten Zustand eine vertikale Durchlässigkeit von  $k_f \geq 1 \cdot 10^{-5}$  m/s aufweist. Anfallendes Wasser ist durch ein Dränsystem abzuleiten, damit es sich nicht im Straßenkörper einstaut. Bei anbaufreien Straßen ist hierzu ab 1,0 m vom Rand der Asphaltdecke ein Gefälle von 4% nach außen auszubilden.

Da Grundwasser bis auf Höhe des Erdplanums ansteigen kann, ist die Filterstabilität zwischen Frostschutzschicht und Untergrund durch geeignete, filterstabil abgestufte Korngemische oder die Anordnung eines Geotextils nach TL Geok E-StB 05<sup>16</sup> als Trennschicht zu gewährleisten. Alternativ kann eine Bodenverbesserung oder Bodenverfestigung erfolgen.

Wir empfehlen, das Erdplanum auf jeden Fall mit Gefälle und Entwässerungseinrichtungen herzustellen und unter dem frostsicheren Oberbau eine wasserführende Schicht aus gut wasserdurchlässigem Material (z.B. Grobschotter oder Schotter-Splitt-Gemisch 2/45 oder 5/45) von mindestens 0,20 m Dicke vorzusehen, um den frostsicheren Oberbau wasserfrei zu halten. Diese

---

<sup>14</sup>z.B. HANSES, U., WOLF, G., HOFMANN, T.: Wasserdurchlässiges Pflaster auf gering durchlässigem Untergrund, Tiefbau Ingenieurbau Straßenbau, April 1999, Heft 4, S. 61-69.

<sup>15</sup>RAS-Ew: Richtlinien für die Anlage von Straßen - Teil: Entwässerung. - Ausgabe 2005. Forschungsgesellschaft für Straßen - und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau. Köln.

<sup>16</sup>TL Geok E-StB 05: Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaus. - Ausgabe 2005. Forschungsgesellschaft für Straßen - und Verkehrswesen Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau. Köln.

Schicht kann ggf. auf die zum Erreichen ausreichender Tragfähigkeit erforderliche Dicke der ungebundenen Schottertragschicht angerechnet werden, jedoch nicht auf die erforderliche Minstdicke des frostsicheren Oberbaus.

Bei bindigen Böden spielt der aktuelle Wassergehalt eine große Rolle. Sollte es während der Erdarbeiten zu Niederschlägen kommen, darf das ungeschützte Erdplanum nicht befahren werden, um Aufweichungen durch Walkbeanspruchung zu vermeiden. Während der Bauarbeiten ist das Erdplanum wasserfrei zu halten. Hierzu ist ein ausreichendes Quergefälle zur Ableitung von Niederschlagswasser während der Bauphase bzw. von Sickerwasser nach Fertigstellung des Oberbaus vorzusehen.

Das erforderliche Querneigungsgefälle ist u.a. von der Ausführung der Randbereiche abhängig, muss bei bindemittelstabilisiertem Erdplanum jedoch mindestens 2,5% und bei nicht bindemittelstabilisiertem Erdplanum mindestens 4% betragen.

Insbesondere bei für längere Zeit unmittelbar befahrenen Flächen und bei Winterbaustellen sind besondere Maßnahmen zur Sicherung der Planumsflächen vorzusehen. Ein Einbau auf gefrorener Unterlage ist nicht zulässig.

Für den Wiedereinbau bestimmte Massen sollten witterungsgeschützt zwischengelagert werden, um die Einbaufähigkeit zu erhalten (Wassergehalt!).

Der Einbau von Massen ist lagenweise (0,2 bis 0,4 m Lagenstärke) mit geeigneten Verdichtungsgeräten vorzunehmen. Der Verdichtungserfolg ist durch Eigenüberwachungsprüfungen des Auftragnehmers im Umfang gemäß ZTV E-Stb 09 Abschnitt 14 sowie durch Kontrollprüfungen des Auftraggebers nachzuweisen (können ggf. durch unser Haus ausgeführt werden).

Nach der Herstellung des Rohplanums kann der Einbau einer Lage aus Grobschotter als Basis empfohlen werden, wenn keine Bodenverbesserung durchgeführt wird. Alternativ oder zusätzlich zur Grobschotterlage kann auch ein Geotextil (Vlies) der Georobustheitsklasse GRK 3 nach TL Geok E-StB 05<sup>17</sup> und/oder ein Geogitter verlegt werden, falls schlechte Befahrbarkeit und/oder Bearbeitbarkeit des Untergrunds dies erforderlich macht. Im Bereich von Baustraßen ist wegen

---

<sup>17</sup> TL Geok E-StB 05: Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaus. - Ausgabe 2005. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau. Köln.

der erhöhten Walkbeanspruchung durch den Baustellenverkehr GRK 4 zu verwenden. Dies sollte als Bedarfsposition in die Ausschreibung der Erdarbeiten aufgenommen werden.

Sämtliche Böden und Baustoffgemische für Tragschichten müssen die Anforderungen der TL SoB-StB 04<sup>18</sup> erfüllen und nach TL G SoB-StB 04<sup>19</sup> güteüberwacht sein. Wegen des hoch anstehenden Grundwassers sowie aufgrund der Lage im Wasserschutzgebiet ist der Einsatz von Baustoffen aus industriell hergestellten Gesteinskörnungen und RC-Baustoffen nicht zulässig.

Insbesondere bei wasserdurchlässigen Belägen und Bauweisen mit Pflasterdecken ist darauf zu achten, dass das Tragschichtmaterial dauerhaft wasserdurchlässig ( $k_f \geq 2 \cdot 10^{-4}$  m/s), dauerhaft frostsicher (bezogen auf die Korngrößen) und dauerhaft frostbeständig (bezogen auf das Material selbst) ist. Die Schlagzertrümmerungswerte sind auf SZ(8/12) <18 M-% zu begrenzen, um eine eventuelle Nachverdichtung wegen Kornzertrümmerung zu minimieren. Wir empfehlen, als Tragschichtmaterial KFT der Körnung 0/45 mit Feinkornanteil <0,063 mm unter 3% oder KFT der Körnung 2/45 zu verwenden<sup>20</sup>. Auf Gemische mit einem Größtkorn von 56 mm sollte wegen deren Entmischungsneigung verzichtet werden. Gemäß ZTV T-StB 95 bzw. ZTV SoB-StB 04 sind Tragschichten in der Regel mit dem Fertiger einzubauen. Nur bei kleineren Flächen und schwieriger Profilgestaltung der Straßenoberfläche sowie bei zahlreichen Einbauten dürfen Tragschichten auch ohne Fertiger eingebaut werden. Bei wasserdurchlässigen Belägen ist zudem der Einbau einer basalen Dränschicht mit Grobschotter (Schroppen 0/200, Feinkornanteil <0,063 mm unter 3 M-%) oder KFT 2/45 bzw. 5/45 in einer Dicke von mindestens 0,20 m zu empfehlen.

Verfüllte Gräben im Straßenbereich sollten ebenfalls auf ihren Verdichtungsgrad überprüft werden (Plattendruckversuche nach DIN 18 134 oder Rammsondierungen nach DIN 4094 zusammen mit geeigneten Kalibrierungsversuchen, die ggf. durch unser Haus durchgeführt werden können).

---

<sup>18</sup>TL SoB-StB 04: Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau. - Ausgabe 2004/Fassung 2007. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau, Köln.

<sup>19</sup>TL G SoB-StB 04: Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau. Teil: Güteüberwachung. - Ausgabe 2004/Fassung 2007. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau, Köln.

<sup>20</sup>Bei Verwendung von Material mit Nullkorn sollte sich die Sieblinie im unteren zulässigen Bereich der ZTV SoB-StB 04 bewegen. Neben dem Schlämmkorn sollte auch der Sand- und Größtkorngehalt in der Ausschreibung definiert werden, um in der Kontrollprüfung die Eignung der Gemische kontrollieren zu können.

## 5.4 Verdichtungskontrolle

Bei Erdarbeiten für Planumsschichten, Dämme, Baugruben und Gräben sowie für das Hinterfüllen von Bauwerken nehmen Verdichtungsprüfungen einen vorrangigen Stellenwert bei der Qualitätssicherung ein.

Bereits bei der Ausschreibung ist in der Leistungsbeschreibung die Prüfmethode gem. Abschn. 14.2 ZTV E-StB 09, das geeignete Verdichtungskriterium und die geeigneten Prüfverfahren gem. Abschn. 14.3 ZTV E-StB 09 ggf. mit den erforderlichen Kalibrierungen im Rahmen der Probeverdichtung gem. Abschnitt 4.3.1.1 ZTV E-StB 09 festzulegen. Der Einsatz indirekter Prüfverfahren bedarf der vorherigen Vereinbarung zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer.

Die automatische Vereinbarung der Methode M 3 nach ZTV E-StB bei Fehlen entsprechender Festlegungen in der Leistungsbeschreibung ist mit Einführung der ZTV E StB 09 entfallen, gilt jedoch durch eine länderspezifische Regelung<sup>21</sup> einschließlich des Mindestumfangs der Eigenüberwachungsprüfungen nach Tabelle 8 weiterhin.

Gemäß ETV-StB-BW sind bei der Durchführung der Einzelversuche die bisher angewandten Prüfverfahren anzuwenden, bei denen ein ausreichender Erfahrungshintergrund besteht (vorrangig Dichtebestimmungen nach DIN 18 125 und Proctorversuche nach DIN 18 127 sowie statische Plattendruckversuche nach DIN 18 134). Sollen ausnahmsweise Schnellverfahren angewendet werden, so bedürfen diese der Zustimmung des Auftraggebers.

Die nachfolgende Tabelle gibt die anzuwendenden Verdichtungsanforderungen (10% Mindest- bzw. Höchstquantil), den erforderlichen Umfang der Eigenüberwachungsprüfungen nach Methode M 3 gem. Abschnitt 14.2.4 ZTV E StB 09 bzw. ZTV SoB-StB 04 und die empfohlenen bzw. geeigneten Prüfverfahren an:

---

<sup>21</sup>ETV-StB-BW: Ergänzungen zu den Technischen Vertragsbedingungen im Straßenbau - Baden-Württemberg, Teil 1, Ausgabe 2010. Innenministerium Baden-Württemberg

**Baugrundgutachten**

Erschließung des Neubaugebiets „Wertäcker II“ in 72622 Nürtingen-Reudern

Seite 30 von 46 Seiten

Prüfzone	Verdichtungsanforderung	Umfang der Eigenüberwachungsprüfungen	empfohlenes Prüfverfahren	alternatives Prüfverfahren
<b>Leitungszone Verfüllzone</b>	$D_{Pr} \geq 97\%$ $D_{Pr} \geq 97\% - 100\%$ (material- und tiefenabhängig)	3 Prüfungen pro 150 m Grabenlänge und je Meter Einbaustärke	Dichtebestimmung Ermittlung Bezugsproctorwerte	Rammsondierung (DIN 4094), Plattendruckversuch (DIN 18 134) empfohlen je Einbaulage, min. je Meter Einbaustärke
<b>Bauwerkshinterfüllung und -überschüttung, Arbeitsraumverfüllung</b>  <b>Planum</b>	$D_{Pr} \geq 100\%$  $E_{v2} \geq 50-65 \text{ MN/m}^2$	1 Prüfung in jeder 3. Schüttlage (Schüttlagendicke $\leq 30 \text{ cm}$ ) je 200 m <sup>2</sup> Schüttlagenfläche 1 Prüfung je 100 m <sup>2</sup> Fläche und je Widerlager.	Dichtebestimmung Ermittlung Bezugsproctorwerte  Plattendruckversuch (DIN 18 134)	Rammsondierung (DIN 4094), Plattendruckversuch (DIN 18 134) empfohlen je Einbaulage, min. je Meter Einbaustärke dyn. Plattendruckversuch TP BF-StB B 8.3 (doppelter Prüfumfang)
<b>Lärmschutzwälle</b>	$D_{Pr} \geq 95\%$	keine Angaben in ZTV E-StB 09, empfohlener Umfang und Methoden wie bei Bauwerkshinterfüllung/-überschüttung		
<b>OK ungeb. Trag-schicht</b> <b>Bauklassen SV, I-IV</b>	$D_{Pr} \geq 103\%$ $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,2$	1 Prüfung je angef. 6000 m <sup>2</sup> , mindestens aber je 100 m <sup>**</sup>	Plattendruckversuch (DIN 18 134)	dyn. Plattendruckversuch TP BF-StB B 8.3 (doppelter Prüfumfang)
<b>Anliegerstraßen, Parkflächen</b> <b>Bauklasse V-VI</b>	$D_{Pr} \geq 100\%$ $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,3$			
<b>Gehwege</b>	$D_{Pr} \geq 98\%$ $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,5$			
<b>Erdplanum</b>  <b>bei frostsicherem Untergrund/Unterbau</b>	$D_{Pr} \geq 97\% - 100\%$ (material- und tiefenabhängig) $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,5$ $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,3$	1 Prüfung je angef. 1000 m <sup>2</sup> , mindestens aber je 100 m und mindestens 2 Prüfungen <sup>**</sup>	Dichtebestimmung Ermittlung Bezugsproctorwerte Plattendruckversuch (DIN 18 134)	dyn. Plattendruckversuch TP BF-StB B 8.3 (doppelter Prüfumfang)
<p>* keine direkte Korrelation zwischen Prüfmerkmal und Verdichtungsanforderungen; muss durch Kalibrierungsversuche im Einzelfall ermittelt werden</p> <p>** bei kommunalen Straßen und bei abschnittweisem Bauen. Bei großflächigen Baumaßnahmen ggf. geringerer Prüfungsumfang</p>				

Kontrollprüfungen durch den Auftraggeber sind ggf. je nach gewählter Prüfmethode im Umfang der Eigenüberwachungsprüfungen zusätzlich durchzuführen und sollten zweckmäßigerweise zusammen mit der Eigenüberwachung erfolgen. Eigenüberwachungsprüfungen im Beisein des Auftraggebers können als Kontrollprüfungen gewertet werden.

Aus der Erfordernis von Eigenüberwachungsprüfungen durch den Auftragnehmer sowie von Kontrollprüfungen durch den Auftraggeber können sich doppelte und an der gleichen Stelle durchgeführte Verdichtungskontrollen ergeben. Im Hinblick auf eine sinnvolle und vom Umfang her wirtschaftliche Verdichtungsprüfung kann dem Auftragnehmer vorgegeben werden, ein unabhängi-

ges, vorzugsweise dem Auftraggeber bekanntes und als vertrauenswürdig eingestuftes Institut für die baubegleitenden Eignungs-, Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen zu beauftragen. Die Kosten teilen sich dann Auftragnehmer und Auftraggeber. Dies ist im Leistungsverzeichnis detailliert festzulegen und zu beschreiben. Hierbei können wir im Bedarfsfall behilflich sein.

Verdichtungskontrollen sowohl im Zuge der Eigenüberwachung als auch Kontrollprüfungen können im Bedarfsfall durch unser Institut ausgeführt werden.

## 5.5 Bebauung

Nähere Angaben zur geplanten Bebauung liegen uns nicht vor. Da es sich im wesentlichen um ein allgemeines Wohngebiet handelt, ist von der Errichtung nicht oder einfach unterkellelter Wohngebäude mit EFH-Niveaus etwa im Bereich der jetzigen Geländeoberfläche und Baugrubentiefen um ca. 3 m auszugehen.

### 5.5.1 Baugruben

Bei der Herstellung von Baugruben sind die Richtlinien der DIN 4124 maßgebend und einzuhalten. Sie besagt, dass ab einer Böschungshöhe von 1,25 m abgeböscht werden muss. Abweichend hiervon dürfen Böschungen bis zu einer Höhe von 1,75 m in den unteren 1,25 m ebenfalls senkrecht hergestellt werden, wenn der darüber liegende Teil unter 45° abgeböscht wird. Der zulässige Böschungswinkel richtet sich u.a. nach den bodenmechanischen Eigenschaften des Baugrunds. Nach DIN 4124, Abschnitt 3.2.2 sind für Böschungen bis 5 m Höhe folgende Böschungswinkel  $\beta$  maximal zulässig:

- |  |                       |
|--|-----------------------|
| a) nichtbindige oder weiche, bindige Böden | $\beta \leq 45^\circ$ |
| b) steife bis halbfeste bindige Böden      | $\beta \leq 60^\circ$ |
| c) Fels                                    | $\beta \leq 80^\circ$ |

Bei Böschungshöhen über 5 m ist der rechnerische Nachweis der Standsicherheit zu erbringen oder ein Verbau vorzusehen. Dies gilt auch für Böschungshöhen <5 m, wenn durch Wasserandrang die Standfestigkeit der Baugrubenwand beeinträchtigt ist oder wenn bestehende Gebäude oder sonstige bauliche Anlagen (Straßen, Leitungen, usw.) gefährdet sind.



Danach und nach den vorliegenden Untergrundverhältnissen können Baugrubenwände bei ausreichenden Platzverhältnissen voraussichtlich größtenteils frei unter einem Winkel von  $\beta \leq 60^\circ$  abgeböscht werden. In das Festgestein einbindende Baugrubenteile können unter  $\beta \leq 80^\circ$  abgeböscht werden, wenn es nicht zu Grundwasserzutritten kommt. Dies muss im Einzelfall vor Aushubbeginn geprüft werden.

Bei tieferen Baugruben und/oder Grundwasserandrang sowie beim Auftreten von Bodenschichten mit einer Konsistenz schlechter als steif können besondere Anforderungen an die Baugrubengestaltung (flachere Böschung, Bermen, Verbau) erforderlich werden.

Da die Baugrubensohle aus witterungsempfindlichen, bindigen Bodenschichten besteht, die bei Regen schnell aufweichen können, ist die Einbringung einer Schottertragschicht von ca. 20 cm Stärke zumindest im von Baufahrzeugen genutzten Bereich empfehlenswert. Im Bereich hochbelasteter oder stark frequentierter Baustraßen können auch größere Aufbaustärken erforderlich werden. Der Baugrubenaushub sollte daher von außerhalb mit einem Tieflöffelbagger erfolgen.

Anfallendes Oberflächenwasser ist zu fassen und aus Baugruben abzuleiten, da stehendes Wasser den Boden unnötig aufweicht. Längere Stillstandszeiten offener Baugruben sind zu vermeiden.

In tieferen Baugruben kann es zu Grundwasserzutritten kommen, die eine Wasserhaltung erforderlich werden lassen können. Bei nur geringen Grundwasserzutritten ist dies in Form einer offenen Wasserhaltung möglich. Bei der Einleitung von Grundwasser in die Kanalisation oder in ein Gewässer sind nach unserer Kenntnis folgende Grenzwerte einzuhalten:

Parameter	Kanalisation	Gewässer
<b>pH-Wert</b>	6,0 - 10,0	6,5- 8,5
<b>absetzbare Stoffe nach ½ Std.</b>	1,0 ml/l	0,3 ml/l
<b>abfiltrierbare Stoffe nach DIN EN 872</b>	50 mg/l	20 mg/l
<b>Kohlenwasserstoffe ges. nach DEV V H53</b>	20 mg/l	5,0 mg/l
<b>chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW)</b>	0,05 mg/l	0,01 mg/l

Zur Einhaltung der Grenzwerte ist gegebenenfalls die Zwischenschaltung eines Absetzbeckens und eventuell einer Neutralisation erforderlich.



Eine dauerhafte Ableitung von Grundwasser (z.B. durch Dränagen) ist wasserrechtlich nicht zulässig. Außerdem führt dies bei Kanalanschluß zu einem dauerhaften Wassereintrag in die öffentliche Kanalisation, was von deren Trägern nicht toleriert wird. Weiterhin können durch eine dauerhafte Grundwasserabsenkung in bindigen Böden auch Schrumpfungen infolge Austrocknung im Umfeld der Baumaßnahme und damit verbundene setzungsbedingte Gebäudeschäden auch noch nach Jahren auftreten.

Um eine dauerhafte Ableitung von Grundwasser aus Baugruben bzw. deren Arbeitsraumverfüllung zu vermeiden, sind daher in den Gräben der Ver- und Entsorgungsleitungen am Rand der Baugruben Grundwassersperrern (Lehmschlag oder Betonriegel) bis auf Höhe des Bemessungswasserstands, höchstens jedoch bis 1 m unter Gelände herzustellen. Diese sind seitlich und nach unten 0,5 m in den ungestörten Baugrund einzubinden und müssen sämtliche hydraulisch leitfähigen Schichten (Rohrauflager, Leitungszone, eventuelle bauzeitlichen Dränagen) wirksam unterbrechen.

Nach dem Baugrubenaushub ist während der Bauzeit eine erhöhte Gefährdung des Grundwassers gegeben, weil schützende Deckschichten abgetragen wurden und der Untergrund bzw. grundwasserführende Schichten ungeschützt frei liegen. Es muss deswegen insbesondere auch wegen der Lage des Baugebiets im Wasserschutzgebiet während der Bauzeit erhöhter Wert auf den Schutz des Grundwassers gelegt werden. Wir empfehlen daher, die Hinweise der RiStWag<sup>22</sup> sinngemäß zu beachten (z.B. Abstellen, Betanken und Warten von Baugeräten nur auf befestigten Flächen außerhalb der Baugrube).

### 5.5.2 Gründung

Da noch keine konkrete Planung vorliegt können an dieser Stelle nur allgemeine Hinweise zur Gründung gegeben werden. Diese können eine einzelfallbezogene Gründungsberatung unter Berücksichtigung der konkreten Planung (insbesondere abzutragende Lasten und Fundamentgeometrie) nicht ersetzen. Zur Konkretisierung sind voraussichtlich weitere Aufschlüsse erforderlich, deren Zahl, Anordnung und Tiefe auf die jeweilige Planung abzustimmen ist.

---

<sup>22</sup>RiStWag: Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten. Ausgabe 2002. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Köln.

**Baugrundgutachten**

Seite 34 von 46 Seiten

*Erschließung des Neubaugebiets „Wertäcker II“ in 72622 Nürtingen-Reudern*

Bei der Gründung von Gebäuden ist der Lastabtrag generell in Schichten einheitlichen Tragverhaltens und Beschaffenheit vorzunehmen. Geeignet hierfür ist bei nicht unterkellelter Bauweise der steif-halbfeste Decklehm sowie bei unterkellelter Bauweise der feste Ton- und Mergelstein. Sollte die Gründungssohle im Bereich von Kalksteinbänken liegen, so kann auf diesen gegründet werden, wenn sie im intakten Schichtverband vorliegen. Da es sich nur um dünne Felsbänke handelt, sind für die Gründung die Eigenschaften der unterlagernden Schichten maßgeblich. Stark verwitterte und zu einzelnen Blöcken aufgelöste Kalksteinbänke, die sehr wahrscheinlich beim Aushub auch in ihren Lage gestört werden, sind auszuräumen.

Nach den vorliegenden Untergrundverhältnissen dürfte in der Regel eine konventionelle Flach- bzw. Flächengründung mit Streifen- und Einzelfundamenten oder elastisch gebetteter Platte möglich sein. In einfachen Fällen (geringe Lasten bei gleichmäßiger Lastverteilung) kann der aufnehmbare Sohldruck für eine vorläufige überschlägige Dimensionierung nach DIN 1054 Abschnitt 7.7 und den Tabellen A.5 und A.6 sowie Bild A.1 ermittelt werden. Die übrigen Vorgaben und Einschränkungen der Norm sind ebenfalls zu beachten.

Voraussetzung für eine Flachgründung sind gleichmäßige und vom Betrag her bauwerksverträgliche Setzungen, die sich bei einer gleichmäßigen Lastverteilung und geringer Last i.d.R. auch ergeben. Bei ungleicher Lastverteilung kann ein gleichmäßiges Setzungsverhalten in gewissem Umfang auch durch eine Abstufung der Bodenpressung in der Gründungssohle in Abhängigkeit von der jeweils abzutragenden Last erreicht werden. Hierfür ist eine sorgfältige Abstimmung zwischen Tragwerksplaner und Baugrundgutachter erforderlich.

Falls in der planmäßigen Gründungssohle nicht tragfähige Böden angetroffen werden, sind diese auszuräumen und durch Magerbeton zu ersetzen. Es wird empfohlen, die Fundamentsohlen sofort nach dem Aushub zu betonieren oder mit Sohlbeton gegen Witterungseinflüsse zu schützen.

Sollte es in den Fundamentschächten zu Grundwasserzutritten kommen, so sind diese vor dem Verfüllen leerzupumpen. Sollte dies aufgrund zu starken Grundwasserandrangs nicht möglich sein, so ist im Kontraktorverfahren (Betonierrohr) von unten her mit Unterwasserbeton zu betonieren. Bei der Ableitung von durch Beton verdrängtem Wasser sind ggf. behördliche Auflagen (Einleitergrenzwerte) zu beachten.

Die Gründungssohle oberflächennaher Außenfundamente muss gemäß DIN 1054 frostfrei in  $\geq 0,80$  m Tiefe liegen. Zum Schutz gegen Austrocknung und der damit verbundenen Schrumpf-

gefährdet und ausgeprägt plastischer Böden ist jedoch eine Einbindung von  $\geq 2,00$  m dringend zu empfehlen, wenn nicht bereits in einem höheren Niveau fester Tonstein angetroffen wird. Hierfür erforderliche Fundamentvertiefungen können mit Magerbeton hergestellt werden. Außerdem ist von einer gebäudenahen Bepflanzung mit stark wasserziehenden Pflanzen abzuraten.

### 5.5.3 Fußbodenauflagerung

Gering belastete Fußböden können auf einer Sauberkeitsschicht und einer Filterschicht ( $> 15$  cm, vgl. Abschnitt 5.5.4) hergestellt und dem natürlichen Untergrund direkt aufgelagert werden, sofern dieser mindestens steife Konsistenz aufweist. Bei bindigem Untergrund ist ein Geotextil der Georobustheitsklasse GRK 3 nach TL Geok E-StB 05<sup>23</sup> auf dem Erdplanum zu verlegen.

Als Filterschicht ist Kies (Rundkorn) z.B. der Körnung 4/8, 8/16 oder 2/8-2/32 einzubauen. Von der Verwendung gebrochener Gesteinskörnungen ist im vorliegenden Fall abzuraten, da mit häufigerem Andrang von kalkhaltigem Grundwasser zu rechnen ist und gebrochene Gesteinskörnungen zu Versinterung neigen.

Weiche oder durchnässte Böden sind auszuräumen und durch das Material der Filterschicht zu ersetzen. Dies gilt auch für Bereiche, in denen die Baugrubensohle durch Aushub, Befahrung oder Witterungseinflüsse aufgelockert, durchnässt oder gefroren ist.

Bei Bauausführung im Winter ist zu beachten, dass der Einbau des Kiesfilters auf gefrorenem Untergrund nicht zulässig ist und dieser auch nach dessen Einbau nicht gefrieren darf.

Über Arbeitsräumen an Gebäudesprüngen innerhalb des Gebäudes sollte die Bodenplatte als freitragende Decke ausgebildet werden. Da die Arbeitsraumverfüllung in diesem Fall lediglich kurzzeitig als Schalungsträger dient, spielen Art und Qualität der Arbeitsraumverfüllung bzw. Eigensetzungen keine Rolle. Auf den Kiesfilter unter der Bodenplatte kann jedoch dennoch nicht verzichtet werden. Bei nicht freitragender Fußbodenausbildung in diesen Bereichen sind die Arbeitsräume mit gut verdichtbarem, lagenweise bei optimaler Verdichtung eingebautem körnigem Material zu verfüllen.

---

<sup>23</sup>TL Geok E-StB 05: Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaus. - Ausgabe 2005. Forschungsgesellschaft für Straßen - und Verkehrswesen Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau. Köln.

Bei der Planung und Ausführung von höher und/oder punktförmig belasteten Betonböden ist zu beachten, dass an die Festigkeit der Tragschicht und des Untergrunds bestimmte Anforderungen gestellt werden. Diese sind von der als Einzellast wirkenden Belastungen der Betonplatte abhängig. Nähere Angaben zur Planung und Ausführung entsprechender Tragschichten können im Bedarfsfall durch unser Haus erfolgen.

## 5.5.4 Entwässerung und Bauwerksabdichtung

### Allgemeines

Unter Dränung wird die Entwässerung des Bodens durch Dränschicht und Dränleitung verstanden, um das Entstehen von drückendem Wasser auf erdberührte Bauteile zu verhindern. Für die Planung, Bemessung und Ausführung von Dränmaßnahmen gilt die DIN 4095. Dränungen können Abdichtungen niemals ersetzen, sondern müssen stets in Verbindung mit Abdichtungen nach DIN 18 195 geplant und ausgeführt werden.

### Bauwerksabdichtungen nach DIN 18 195

#### **Teil 4: Abdichtungen gegen Bodenfeuchte (Kapillar- und Haftwasser) und nichtstauendes Sickerwasser an Bodenplatten und Wänden.**

Anwendung bei nicht bindigen Böden und bei nicht bindiger Verfüllung der Arbeitsräume (Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  des Untergrunds mindestens  $10^{-4}$  m/s). Es ist keine Dränage nach DIN 4095 notwendig.

Anwendung bei bindigen Böden und bindiger Arbeitsraumverfüllung (Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  des Untergrunds kleiner als  $10^{-4}$  m/s) in Verbindung mit einer Dränage nach DIN 4095. Falls aufgrund der Abwasserbeseitigungsvorschriften nicht gedränt werden kann, muss eine Abdichtung nach Teil 6, Abschnitt 9 erfolgen.

#### **Teil 5: Abdichtung gegen nicht nichtdrückendes Wasser auf Deckenflächen und in Nassräumen.**

Anwendung bei mäßiger Beanspruchung (Abschnitt 7.2: Balkone und ähnliche Flächen im Wohnungsbau, unmittelbar spritzwasserbelastete Fußboden- und Wandflächen in Nassräumen) und bei hoch beanspruchten Flächen (Abschnitt 7.3: Dachterrassen, intensiv begrünte Flächen, Parkdecks, Hofkellerdecken und Durchfahrten, erdüberhöhte Decken). Diese Flächen sind je nach Beanspruchung nach Abschnitt 8.2 oder Abschnitt 8.3 abzudichten.

#### **Teil 6: Abdichtung gegen von außen drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser (d.h. Wasser, das von außen einen hydrostatischen Druck ausübt).**

Anwendung bei Bauwerken, die ganz oder teilweise in das Grundwasser eintauchen (Abschnitt 7.2.1). Abdichtung von Kelleraußenwänden und Bodenplatten nach Abschnitt 8 gegen drückendes Wasser (Grundwasser, Schichtenwasser, stauendes Sickerwasser) unabhängig von Gründungstiefe, Eintauchtiefe und Bodenart.

Anwendung bei Bauwerken, die oberhalb des Bemessungswasserstands errichtet werden (Abschnitt 7.2.2). Abdichtung von Kelleraußenwänden und Bodenplatten nach Abschnitt 9 gegen aufstauendes Sickerwasser bei Gründungstiefen bis 3,0 m unter GOK in wenig durchlässigen Böden ( $k_f < 10^{-4}$  m/s) ohne Dränung nach DIN 4095, wenn Bodenart und Geländeform nur Stauwasser erwarten lassen. Die Unterkante der Kellersohle muss mindestens 0,30 m über dem nach Möglichkeit langjährig ermittelten Bemessungswasserstand liegen.

### **Entwässerung und Abdichtung erdeinbindender Baukörper**

Bauwerksteile im Grundwasser und Grundwasserschwankungsbereich, d.h. unterhalb des Bemessungswasserstands, sind generell druckwasserdicht<sup>24</sup> nach DIN 18 195, Teil 6, Abschnitt 8 und auftriebssicher auszuführen (z.B. als "Schwarze Wanne" oder in wasserundurchlässigem Beton nach DIN 1045 ("Weiße Wanne"<sup>25</sup>) mit entsprechender Rissebewehrung). Auf Höhe des Bemessungswasserstands ist eine Sicherheitsdränage ohne Gefälle zu verlegen.

Unter dem UG-Fußboden ist nach DIN 4095 eine kapillarbrechende Filterschicht von mindestens 15 cm Stärke einzubauen. Aufgrund der Lage im Grundwasser wird voraussichtlich jedoch eine Minstdicke von 0,20 m Auflage der Baugenehmigung werden.

Um die Filterstabilität zu gewährleisten, ist zwischen Bodenplatte und Filterschicht eine Folie und zwischen Filterkies und Erdplanum ein Geotextil (Vlies) als Filter- und Trennschicht zu verlegen.

Zur Gewährleistung der Grundwasserumlaufigkeit nach Erstellung von Bauwerken und des hydraulischen Anschlusses der Sicherheitsdränage sind die Arbeitsräume mit gut wasserundurchlässigem Material bis auf Höhe des Rohrscheitels der Sicherheitsdränage zu verfüllen. Der Flächenfilter unter der Bodenplatte ist hydraulisch an die Arbeitsraumverfüllung anzuschließen. In Streifenfundamenten sind hierzu Durchflussöffnungen vorzusehen (DN 100, Abstand 2 - 3 m).

Um den Eintrag von Oberflächenwasser abzumindern (z.B. nach Starkregen), sollte im obersten Meter des Arbeitsraums gering wasserundurchlässiger Lehm Boden gut verdichtet eingebaut werden ("Lehmschlag").

Die Sicherheitsdränage wird nur bei starkem Anstieg des Grundwassers bzw. starkem Sickerwasserandrang nach anhaltenden Starkniederschlägen Wasser führen. Sie hat eine vorwiegend statische Funktion und begrenzt den höchsten Wasserstand am Bauwerk, um den Verlust der Auftriebssicherheit zu verhindern.

---

<sup>24</sup> Fenster/Lichtschächte/Lichthöfe und ev. Treppenabgänge im UG beachten!

<sup>25</sup> Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass mit einer „Weißen Wanne“ keine absolute Wasserdichtigkeit erreicht werden kann. Bei dieser Abdichtungsart kann noch Wasser bzw. Wasserdampf in geringem Umfang durch die Wände hindurchdiffundieren. Die anfallende Wassermenge ist hierbei jedoch so gering, dass sie an der Innenseite der Wände in der Regel schadlos verdunsten kann. Ist jedoch eine höherwertige Nutzung (Wohnraum) vorgesehen, so ist eine derartige Abdichtung möglicherweise nicht zweckmäßig, da es bei Versiegelung der Wandoberflächen oder nicht ausreichender Luftzirkulation (z.B. hinter Schränken) zu Feuchtigkeitsschäden kommen kann.

Sollte die Anordnung einer Sicherheitsdränage im vorgeschlagenen Niveau nicht möglich oder zulässig sein, so ist eine druckwasserdichte und auftriebsichere Ausführung des Bauwerks bis auf Höhe des endgültigen Geländes (maßgeblich ist der tiefste Geländepunkt am Gebäude) erforderlich. Die Grundwasserumläufigkeit muss aber dennoch gewährleistet sein.

Bei der Planung und Ausführung von Dränanlagen sind die Vorgaben der DIN 4095 sorgfältig zu beachten.

### 5.5.5 Bau von Regenwasserzisternen

Beim Bau von Regenwasserzisternen ist der hohe Grundwasserstand zu berücksichtigen. Zisternen sind so herzustellen, dass sie bis auf Höhe der Geländeoberkante dauerhaft (auch in entleertem Zustand) auftriebssicher sind.

Hierzu sind die Zisternen entweder entsprechend schwer zu bauen (z.B. ausreichend dicke Bodenplatte und Deckel) oder es ist eine ausreichende Erdüberdeckung (pro 1 m Zisternenhöhe mindestens 0,5 m Erdüberdeckung) bzw. ein Überstand der Bodenplatte vorzusehen. Die Alternative wäre eine Rückverankerung mit Dauer-Zugankern.

### 5.5.6 Erdbebengefährdung

Nach der Karte der Erdbebenzonen für Baden-Württemberg bzw. nach DIN 4149:2005-04 liegt das Baugrundstück in der Erdbebenzone 1. Gemäß DIN 4149:2005-04 Abschnitt 5.2.2 liegt die Geologische Untergrundklasse R und gemäß Abschnitt 5.2.3 die Baugrundklasse C (Gründung im Decklehm) bzw. B (Gründung im Festgestein) vor. Für die geplante Baumaßnahme gilt:

<b>Erdbebenzone nach DIN 4149:2005-04</b>	1	1
<b>Bemessungswert der Bodenbeschleunigung <math>a_g</math> [m/s<sup>2</sup>]</b>	0,4	0,4
<b>Baugrundklasse/Untergrundklasse</b>	B-R	C-R
<b>Untergrundparameter S</b>	1,25	1,50

### 5.5.7 Versickerung von Oberflächen-, Dachflächen- und Dränagewasser

Die Bemessung und Herstellung von Versickerungsanlagen ist im DWA-Arbeitsblatt A 138<sup>26</sup> beschrieben. Zur Versickerung anfallenden Oberflächen-, Dachflächen- und Dränagewassers stehen demnach prinzipiell folgende Möglichkeiten sowie deren Kombinationen zur Verfügung:

- Flächenversickerung
- Muldenversickerung
- Rigolen- und Rohrversickerung
- Schachtversickerung

Gemäß DWA-Arbeitsblatt A 138 sind für Versickerungen generell Locker- und Festgesteine mit Durchlässigkeitsbeiwerten von  $k_f \geq 10^{-6}$  m/s geeignet. Außerdem ist ein Abstand der Sohle der Versickerungseinrichtung vom mittleren höchsten Grundwasserstand<sup>27</sup> von  $\geq 1,0$  m einzuhalten, um eine ausreichende Sickerstrecke zu gewährleisten.

Die angetroffenen Bodenschichten sind nach DIN 18 130 wie folgt einzustufen:

Bodenart	Bodengruppe (DIN 18 196)	$k_f$ [m/s]	Durchlässigkeitsbereich
<b>Decklehm (Ton, steif-halbfest) und Tonstein, halbfest</b>	TM, TA	$< 10^{-8}$	sehr schwach durchlässig
<b>Tonstein, fest</b>		$10^{-8} - 10^{-6}$	schwach durchlässig
<b>Mergelstein, hart, klüftig</b>		$10^{-6} - 10^{-4}$	durchlässig
		$10^{-4} - 10^{-2}$	stark durchlässig
		$> 10^{-2}$	sehr stark durchlässig

Wie aus der obigen Zusammenstellung ersichtlich wird, eignen sich die im Untersuchungsgebiet oberflächennah angetroffenen Bodenschichten aufgrund ihres geringen Durchlässigkeitsbeiwerts nicht zur Wiederversickerung von nach Niederschlägen anfallendem Oberflächen-, Dachflächen- und Dränagewasser. Eine planmäßige oberflächennahe Versickerung im Sinn des DWA-Arbeitsblatts A 138 ist daher nicht sinnvoll und wirtschaftlich durchzuführen.

<sup>26</sup> DWA-Arbeitsblatt A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser (April 2005). DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef.

<sup>27</sup> = arithmetisches Mittel der Jahreshöchstwerte mehrerer Jahre mit Angabe des Zeitraums. Da in der Regel jedoch langjährige Meßreihen des Grundwasserstands nicht verfügbar sind, kann ggf. der angegebene Bemessungswasserstand als Kriterium herangezogen werden.

Generell sind Versickerungsanlagen so zu planen, dass eine belebte Bodenzone durchströmt wird. Hierdurch und durch die geforderte Sickerstrecke von  $\geq 1,0$  m bis zum Grundwasser erfolgt eine biologische und physikalisch-chemische Reinigung des Sickerwassers. Im vorliegenden Fall kann dieser Mindestabstand jedoch aufgrund des hoch anstehenden Grundwassers nicht eingehalten werden. Die Ausführung von Versickerungsanlagen ist daher ohnehin nicht zulässig.

In diesem Zusammenhang ist noch anzumerken, dass das natürliche, flächenhafte Versickern von unbelastetem Oberflächenwasser (z.B. Dachwasser) auf Freiflächen außerhalb von Wasserschutzgebieten keinen besonderen Vorschriften und Gesetzen unterliegt.

Wird das Wasser jedoch gezielt mit besonderen Einrichtungen (s.o.) versickert, gilt dies als Einleitung in ein Gewässer und bedarf der wasserrechtlichen Erlaubnis. Dies gilt insbesondere auch z.B. für Straßenwasser, wo Belastungen nicht ausgeschlossen werden können. In Wasserschutzgebieten können weiterreichende Beschränkungen auferlegt werden.

## **5.6 Beschaffenheit von Aushubmaterial hinsichtlich Kontamination, Entsorgung**

Die Beurteilung des Untergrunds im Hinblick auf mögliche Verunreinigungen war nicht Gegenstand unseres Erkundungsauftrags. Bei der Baugrunderkundung konnten organoleptisch jedoch keine schädlichen Verunreinigungen des Untergrunds festgestellt werden.

Es ist dennoch nicht sicher auszuschließen, dass örtlich Schadstoffe auftreten können (z.B. erhöhte Schwermetallkonzentrationen, die auch geogen bedingt, d.h. bei der Gesteinsbildung entstanden sein können). In Auffüllungen werden sehr häufig auch bei organoleptischer Unauffälligkeit Schadstoffe angetroffen.

Je nach Höhe eventueller Schadstoffgehalte ist Aushubmaterial möglicherweise als belastet im Sinne der VwV<sup>28</sup> bzw. des Dihlmann-Erlasses<sup>29</sup> einzustufen. Es ist nicht auszuschließen, dass entsprechende Grenzwerte (Zuordnungswert Z 0) überschritten werden und eine uneingeschränkte Verwertung von Aushubmaterial nicht in jedem Fall möglich ist.

---

<sup>28</sup>Verwaltungsvorschrift des Umweltministerium Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14.03.2007.

<sup>29</sup>Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Recyclingmaterial, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, 13.04.2004 und ergänzender Erlass vom 10.08.2008 sowie Verlängerungserlasse vom 22.12.2006 und 18.12.2007.



Um diesbezüglich Kostensicherheit zu erhalten, empfehlen wir, bei der Ausschreibung der Erdarbeiten Positionen zur Beseitigung von Aushubmaterial der Zuordnungsklassen Z 1.1, Z 1.2 und Z 2 sowie Bauschutt vorzusehen. Für weitergehende Untersuchungen und Beurteilungen sind ggf. Altlastuntersuchungen durchzuführen.

## 5.7 Weitere Hinweise zur Erschließung und Bauausführung

Sämtliche Baumaßnahme sowohl bei der Erschließung als auch bei der späteren Bebauung bedeuten einen Eingriff ins Grundwasser bzw. den Grundwasser-Schwankungsbereich. Es ist daher für jede Baumaßnahme rechtzeitig vor Beginn (mindestens 4-6 Wochen) ein Wasserrechtsverfahren bei der Unteren Wasserbehörde (Amt für Wasserwirtschaft und Bodenschutz) am zuständigen Landratsamt Esslingen einzuleiten (lt. Wasserhaushaltsgesetz, WHG, der Bundesrepublik Deutschland; §§ 2, 3 und 7).

Diesem formlosen Antrag sind folgende Unterlagen in 4facher Ausfertigung beizufügen.

### **Merkblatt**

#### G r u n d w a s s e r a b s e n k u n g

#### **I Antragsunterlagen**

- Antrag auf vorübergehende Absenkung und Entnahme von Grundwasser während der Bauzeit und auf Grundwasserumleitung nach Erstellung des Bauwerks
- Erläuterungsbericht (s. II)
- Lageplan M 1 : 500 (1 : 2 500)
- Schnitte mit Darstellung des Wasserspiegels und den vorgesehenen Maßnahmen zur Gewährleistung der GW-Umläufigkeit
- Angaben über die zu erwartende Wassermenge (l/s), die Durchlässigkeit (k-Wert) des Untergrundes, Reichweite der Absenkung und die eventuellen Auswirkungen bezüglich Setzungen (Baugrundgutachten bzw. hydrogeologisches Gutachten eines Sachverständigen).
- Ergebnisse der Baugrundaufschlußbohrungen
- Erlaubnis des des Kanalnetzes zur Abführung des Grundwassers in die öffentliche Kanalisation

## II Beschreibung des Bauvorhabens

- Erfordernis der Grundwasserabsenkung
- Baubeginn
- Absenkungsbeginn
- Absenkdauer
- Absenkziel bzw. Eintauchtiefe ins Grundwasser
- abzuführende Wassermenge in l/s
- Grundwasseranalyse (s.u.)
- Ableitung des Grundwassers während der Bauzeit
- Gründung (Flachgründung, Streifenfundamente, Einzelfundamente)
- Maßnahmen zur Gewährleistung der Grundwasserumläufigkeit nach Erstellung des Bauwerkes
- Verbaumaßnahmen
- Auswirkungen auf die Nachbarbebauung

Parameter für die Grundwasseranalyse:

- Vor Beginn und nach Beendigung der Grundwasserabsenkung ist eine Grundwasserprobe zu entnehmen, deren Analyse dem Landratsamt umgehend vorzulegen ist: Folgende Parameter sind zu untersuchen: Temperatur, el. Leitfähigkeit, pH-Wert, CKW, BTX-Aromaten, PAK, Kohlenwasserstoffe, Phenol, Ammonium

Die Baugrunderkundung wurde mit Baggerschürfen durchgeführt, die mit dem ausgehobenen Material wieder verfüllt wurden. Eine Verdichtung konnte hierbei nur durch Andrücken mit dem Baggerlöffel erfolgen. Da die Schürfgruben im Straßenraum liegen, empfehlen wir, diese nochmals auszuheben und mit bei lagenweisem Einbau optimal verdichtetem, körnigem Material zu verfüllen. Es ist damit zu rechnen, dass die Schürfgruben mit Grundwasser vollgelaufen sind und vor dem Verfüllen leergepumpt werden müssen.

Da das vorhandene Gelände geneigt ist, können bei nicht unterkellerten Bauwerken je nach Festlegung der Erdgeschoßhöhen nach dem Humusabtrag talseitig Geländeauffüllungen erforderlich werden.

Sämtliche Aufschüttungen sind lagenweise vorzunehmen und optimal zu verdichten. Die Mächtigkeit der einzelnen Lagen sollte 40 cm nicht überschreiten. Um ein flächiges Abrutschen von Auffüllungen zu vermeiden, sind Erdhaken anzulegen.

Die Wahl des Schüttmaterials richtet sich nach der späteren Nutzung. Wir empfehlen, als Schüttung entweder körniges Material (Schotter mit Zulassung nach TL Gestein-StB 04<sup>30</sup> bzw. TL G

---

<sup>30</sup>TL Gestein-StB 04: Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau. - Ausgabe 2004. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau, Köln.

SoB-StB 04<sup>31</sup> und Dihlmann-Erlass<sup>32</sup>) oder verbesserten (durch Bindemittelzugabe) bindigen Boden einzubauen. Wegen des hoch anstehenden Grundwassers sowie aufgrund der Lage im Wasserschutzgebiet ist der Einsatz von Baustoffen aus industriell hergestellten Gesteinskörnungen und RC-Baustoffen nicht zulässig.

Zur Herstellung von Tragschichten unter Bodenplatten sollte in jedem Fall körniges Material, wie z. B. Schotter oder Schotter-Splitt-Gemisch eingebaut werden. Die Mächtigkeit der Tragschicht hängt von der Belastung des Fußbodens und von der Festigkeit des Planums ab, auf dem die Tragschicht aufgebaut wird.

Um die erforderlichen  $E_{v2}$ -Werte auf dem Erdplanum, Planum (Oberkante Auffüllung) und an der Oberkante der Tragschicht zu erreichen, ist bei den Erdarbeiten sorgfältig vorzugehen. Die Arbeiten sollten durch Verdichtungsprüfungen mittels Plattendruckversuchen nach DIN 18 134 kontrolliert werden (können ggf. durch unser Haus durchgeführt werden).

Die erreichbaren Qualitäten (Verdichtungsgrad) bei Auffüllarbeiten sind bei bindigen Böden stark vom Wassergehalt des verwendeten Bodenmaterials und somit von der herrschenden Wetterlage abhängig. Vor angekündigten Niederschlägen ist es ratsam, die Lagen mit Folien abzudecken, um ein Aufweichen des Planums zu vermeiden und so einen zügigen Baufortschritt zu ermöglichen. Wiedereinbau auf aufgeweichtem Untergrund ist nicht zulässig.

Anschüttungen im Außenbereich (Garten) sind bei größerer Höhe ggf. durch Stützbauwerke zu sichern. Es ist hierbei die innere und äußere Sicherheit durch Grund- und Böschungsbruchberechnungen nachzuweisen.

---

<sup>31</sup>TL G SoB-StB 04: Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau. Teil: Güteüberwachung. - Ausgabe 2004/Fassung 2007. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau, Köln.

<sup>32</sup>Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Recyclingmaterial, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, 13.04.2004 und ergänzender Erlass vom 10.08.2008 sowie Verlängerungserlasse vom 22.12.2006 und 18.12.2007.

## 6 Zusammenfassung und Schlussbemerkungen

Die Stadt Nürtingen beabsichtigt die Erschließung des Neubaugebiets „Wertäcker II“ im Ortsteil Reudern. Um Aussagen über die Beschaffenheit des Baugrundes und die Grundwasserverhältnisse zu erhalten, wurde unser Haus mit der Baugrunderkundung und der Erstellung eines geotechnischen Gutachtens beauftragt.

Hierzu wurden vier Schürfgruben hergestellt, bodenmechanische Laborversuche durchgeführt sowie die eingangs genannten Unterlagen ausgewertet.

Das Neubaugebiet liegt in der Erdbebenzone 1 und in der Schutzzone III des Wasserschutzbereichs „Oberer Wasen Oberboihingen“.

Der unter dem Oberboden anstehende natürliche Untergrund besteht aus Decklehm (Ton, schluffig, steif-halbfest), Tonstein mit eingelagerten Kalksteinbänken sowie Mergelstein. Lokal sind geringmächtige, organoleptisch unauffällige Auffüllungen vorhanden.

An allen Aufschlusspunkten wurde Grundwasser angetroffen. Die grundwasserführenden Schichten liegen in rund 3 m Tiefe. Es herrschen gespannte Grundwasserverhältnisse mit einem Druckwasserspiegel nahe der Geländeoberfläche, so dass der Grundwasserstand nach Freilegen der grundwasserführenden Schichten in Kanal- und Leitungsgräben sowie Baugruben stark ansteigen kann.

Das geotechnische Baugrundmodell wird in Schichtenbeschreibungen, Schichtenprofilen und geologischen Schnitten dargestellt.

Der Aushub von Kanal- und Leitungsgräben wird größtenteils in Lockerböden und leichtem Fels der Bodenklasse 6 erfolgen. Vor allem im westlichen Teil des Baugebiets kann jedoch bei tiefem Aushub auch schwerer Fels der Bodenklasse 7 vorliegen. Mit Grundwasserzutritten und der Erfordernis von Wasserhaltungsmaßnahmen ist zu rechnen.

Verkehrsflächen werden auf sehr frostempfindlichem und mäßig tragfähigem Untergrund hergestellt. Entsprechende Aufbaustärken des frostsicheren Oberbaus sind vorzusehen. Wegen der Grundwassersituation sind besondere Maßnahmen zur Planumsentwässerung erforderlich.

Bei ausreichenden Platzverhältnissen können Baugrubenwände frei unter einem Winkel von 60° bis 80° geböscht werden. Bei Grundwasserzutritten können Abflachungen oder besondere Maßnahmen erforderlich werden, die im Einzelfall festzulegen sind.

Für Einzelbauvorhaben liegen keine konkreten Planungen und Lastangaben vor. Es können daher nur allgemeine Hinweise zur Gründung gegeben werden. Diese können eine einzelfallbezogene Gründungsberatung nicht ersetzen.

Mögliche Gründungssohlen liegen in steif-halbfestem Decklehm, Ton-, Kalk- oder Mergelstein. Der Abtrag von Gebäudelasten kann in Form einer konventionellen Flach- bzw. Flächengründung erfolgen.

Wegen der Grundwassersituation ist eine druckwasserdichte und auftriebssichere Ausbildung von Untergeschossen erforderlich.

Eine Versickerung von Niederschlagswasser ist in den gering wasserdurchlässigen oberflächennahen Schichten nicht möglich und wegen des hoch anstehenden Grundwassers auch nicht zulässig.

Wegen der Grundwassersituation ist für alle Baumaßnahmen im Baugebiet ein Wasserrechtsverfahren durchzuführen.

Die Ergebnisse der Feld- und Laboruntersuchungen sowie die daraus resultierenden Angaben im Baugrundgutachten gelten nur für die Untersuchungsstellen und den Zeitpunkt der Untersuchungen. Abweichungen hiervon können nicht ausgeschlossen werden, so dass eine sorgfältige und laufende Überprüfung der angetroffenen Verhältnisse im Vergleich zu den Erkundungsergebnissen und Folgerungen im Gutachten erforderlich ist.

Das vorliegende Baugrundgutachten beschreibt die Untergrundverhältnisse im geplanten Neubaugebiet „Wertäcker II“ in 72622 Nürtingen-Reudern und die aus der Baugrunderkundung resultierenden baulich notwendigen Maßnahmen im Zuge der Erschließung, soweit sie aus dem derzeitigen und uns bekannten Planungsstand absehbar sind, und gibt Hinweise zur späteren Bebauung. Der Gutachter muss über den Beginn und die Durchführung von Aushub- sowie Gründungsarbeiten rechtzeitig verständigt und beigezogen werden, ferner bei Abschluß und/oder Änderung der Planung, um gegebenenfalls erforderliche Änderungen und Ergänzungen an-

**Baugrundgutachten**

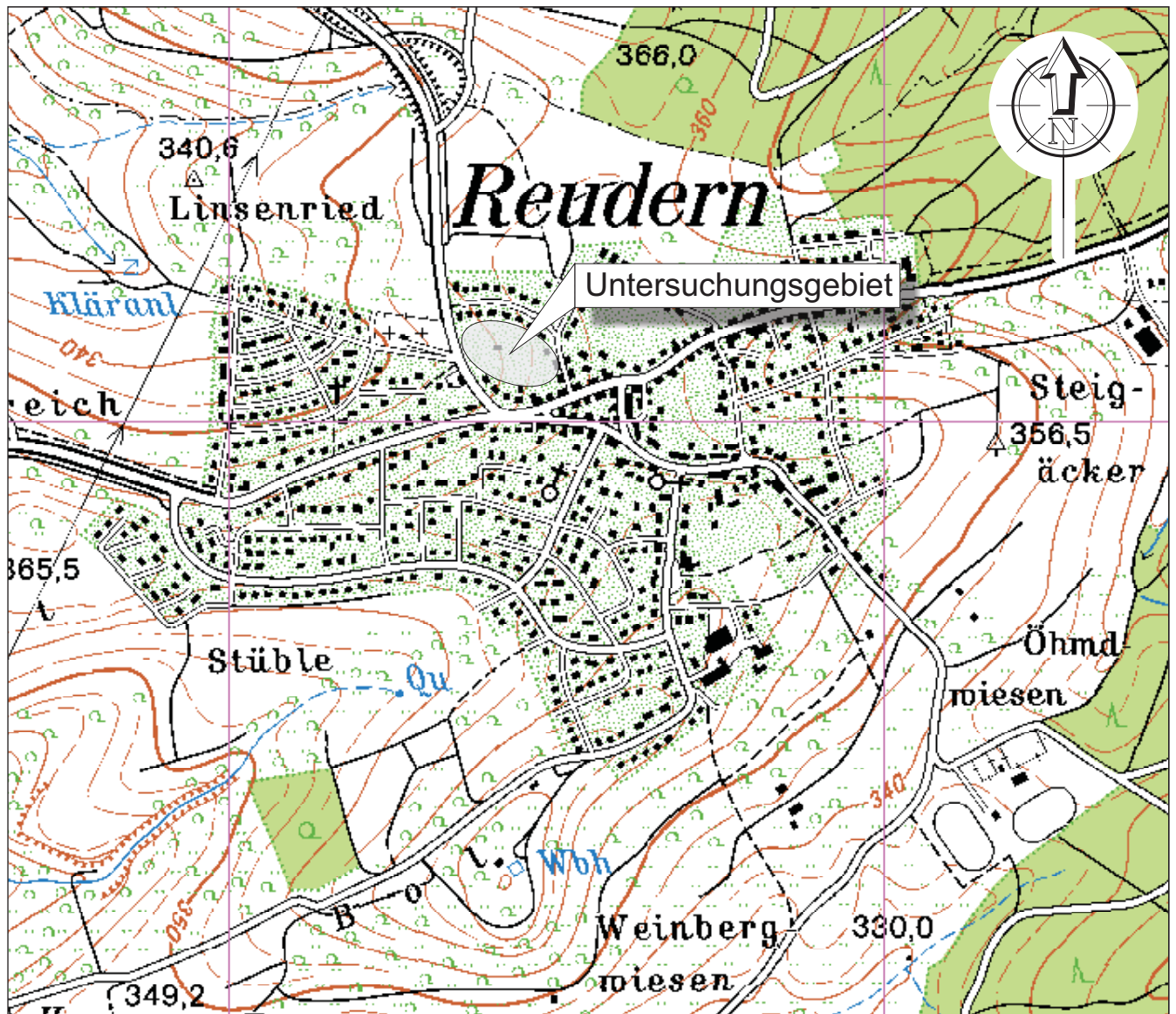
Seite 46 von 46 Seiten

*Erschließung des Neubaugebiets „Wertäcker II“ in 72622 Nürtingen-Reudern*

zugeben. Sollten bei der Baumaßnahme unvorhergesehene Schwierigkeiten oder Unklarheiten hinsichtlich der Angaben im Baugrundgutachten auftreten, so ist der Gutachter ebenfalls unverzüglich zu benachrichtigen.

Die Angabe der zu erwartenden Bodenklassen (Abschnitt 4.4) und die in den Schnitten (Anlage 2) eingetragenen Schichtgrenzen können nicht als Grundlage für verbindliche Massenermittlungen dienen und können ein örtliches Aufmaß nicht ersetzen.

Die geologischen Ergebnisse der Baugrunderkundung (Lageplan und Bohrprofile/Schichtenbeschreibungen) werden nach Fertigstellung des Gutachtens entsprechend den Auflagen des wasserrechtlichen Bescheids des Landratsamts Esslingen vom 06.12.2011 gemäß § 3 Lagerstättengesetz dem Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg - Zweigstelle Stuttgart - und gemäß Verordnung des Innenministeriums über die Überwachung von Erdaufschlüssen i. V. mit § 37 Wassergesetz dem Landratsamt Esslingen - Amt für Wasserwirtschaft und Bodenschutz - übersandt.



Projekt Nürtingen-Reudern  
Neubaugebiet "Wertäcker II"

Anlage  
1.1

Darstellung

## Übersichtslageplan

vergr. Ausschnitt aus der TK 25  
Blatt 7320 Kirchheim unter Teck

Maßstab 1 : 10 000

Bearbeiter Dr. Th. Schmid

Gezeichnet ts

Proj.-Nr. 2-11-179

Datei 2-11-179-1 anl1.cdr

Datum 29.11.2011

Veröffentlichung genehmigt vom Landes-  
vermessungsamt unter Az. 2851.2 - D/2423  
thematisch ergänzt durch BWU

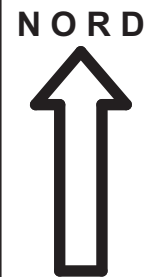
Institut für Hydrogeologie  
und Umweltgeologie  
Baugrunduntersuchungen



Dettinger Straße 146  
73230 Kirchheim/Teck

Telefon: 0 70 21/98 40-0  
Telefax: 0 70 21/98 40-60





# Zuteilungsentwurf September 2011

Maßstab 1:500

Stadt Nürtingen  
Gemarkung Reudern  
Umlegung "Wertäcker II"

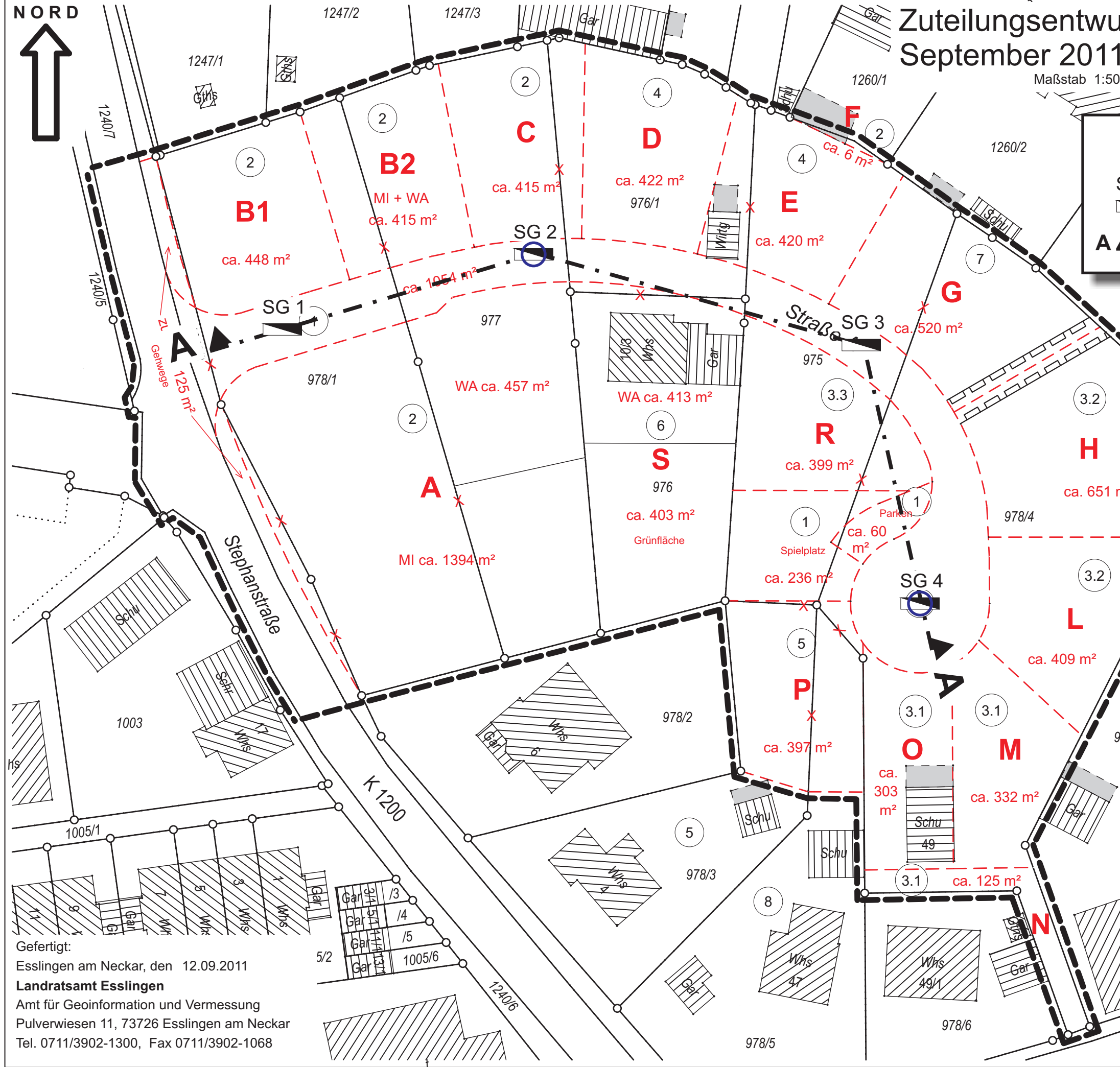
## Legende

- SG 1 Schürfgrube mit Grundwassermeßstelle NW 50 mm (2")
- A▲.▲A Geologischer Schnitt

### Zeichenerklärung:

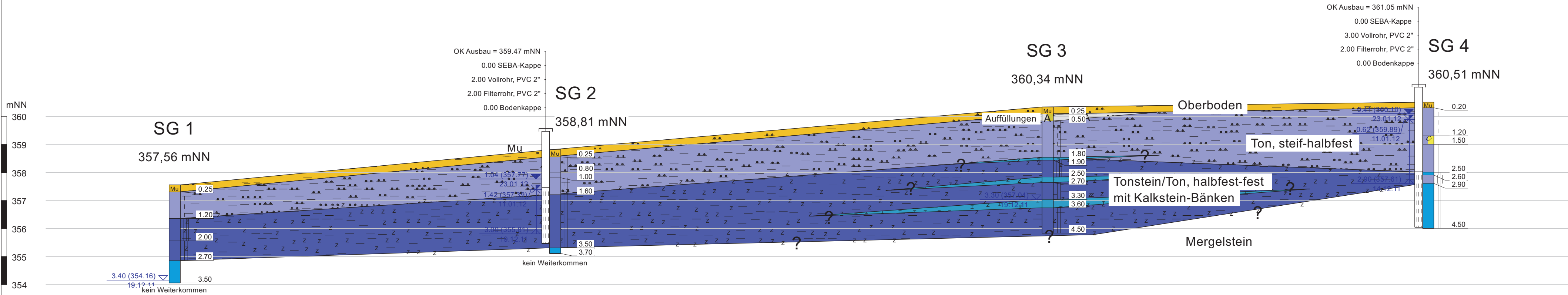
- Gebietsgrenze
- (2) Ordnungsnummer des Eigentümers nach dem Bestandsverzeichnis
- A, B, C neue Grundstücke
- Leitungsrecht zugunsten der Stadt Nürtingen
- - - geplante Grenzen

Projekt Nürtingen-Reudern Neubaugebiet "Wertäcker II"		Anlage 1.2
Darstellung		
<b>Lageplan mit Aufschlußpunkten und Lage des Geologischen Schnittes</b>		
Maßstab	1 : 500	
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid	
Gezeichnet	ts	
Proj.-Nr.	2-11-179	
Datei	2-11-179-01 anl1.cdr	
Datum	24.01.2012	Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck Telefon: 0 70 21/98 40-0 Telefax: 0 70 21/98 40-60



Gefertigt:  
Esslingen am Neckar, den 12.09.2011  
**Landratsamt Esslingen**  
Amt für Geoinformation und Vermessung  
Pulverwiesen 11, 73726 Esslingen am Neckar  
Tel. 0711/3902-1300, Fax 0711/3902-1068





? : Verlauf der Schichtgrenzen unsicher, nicht bekannt

Projekt		Anlage
Reudern, Neubaugebiet "Wertäcker II"		2
Darstellung		
Geologischer Schnitt 2,5fach überhöht		
Maßstab	1 : 250/100	<div><div><div></div><div>B</div><div>W</div><div>U</div></div><div><div>Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen</div><div>Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck</div><div>Telefon: 0 70 21/98 40-0 Telefax: 0 70 21/98 40-60</div></div></div>
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid	
Gezeichnet	ts	
Proj.-Nr.	2-11-179	
Datei	2-11-179-01 anl2.bop	
Datum	23.01.2012	

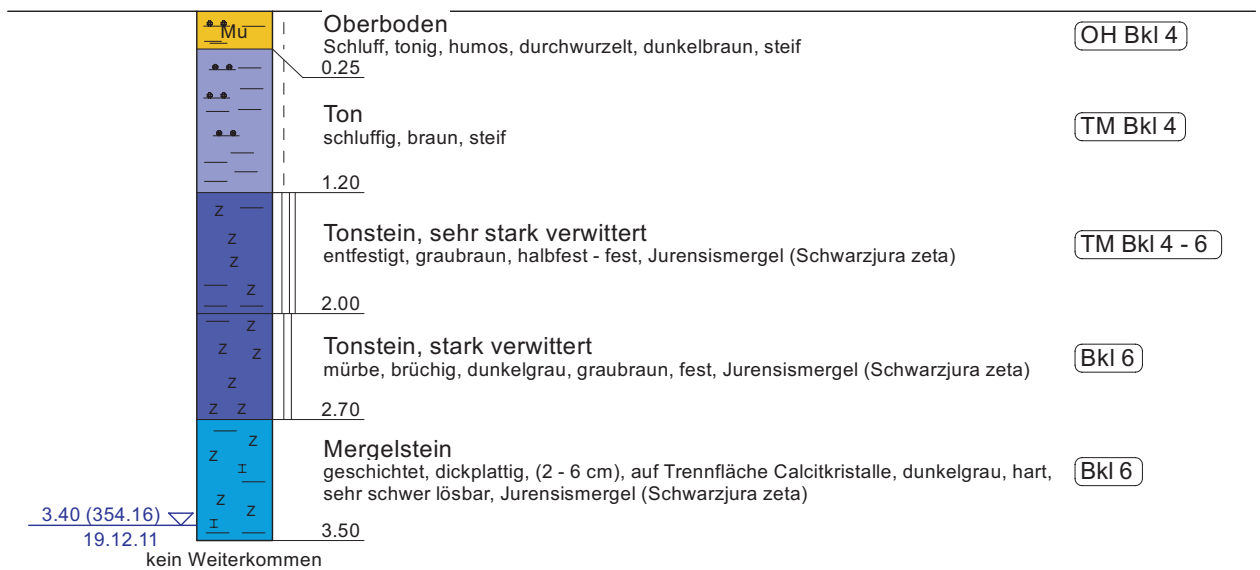
Aufschlussart	Schurf	Nutzung	Grünfläche	Lage	s. Lageplan
Bohrdurchmesser	0,80 x 4,00 m	Versiegelung	nein	rechts	nicht bekannt
Methode	Bagger	Reliefformtyp	-	hoch	nicht bekannt
Zeitraum	19.12.2011	Neigung	-	Bem.:	
Bohrkernaufnahme	Dr. Th. Schmid				


Probenart:  
B = Boden  
Bl = Bodenluft  
W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196  
Bodenklassen nach DIN 18 300

# SG 1

357,56 mNN

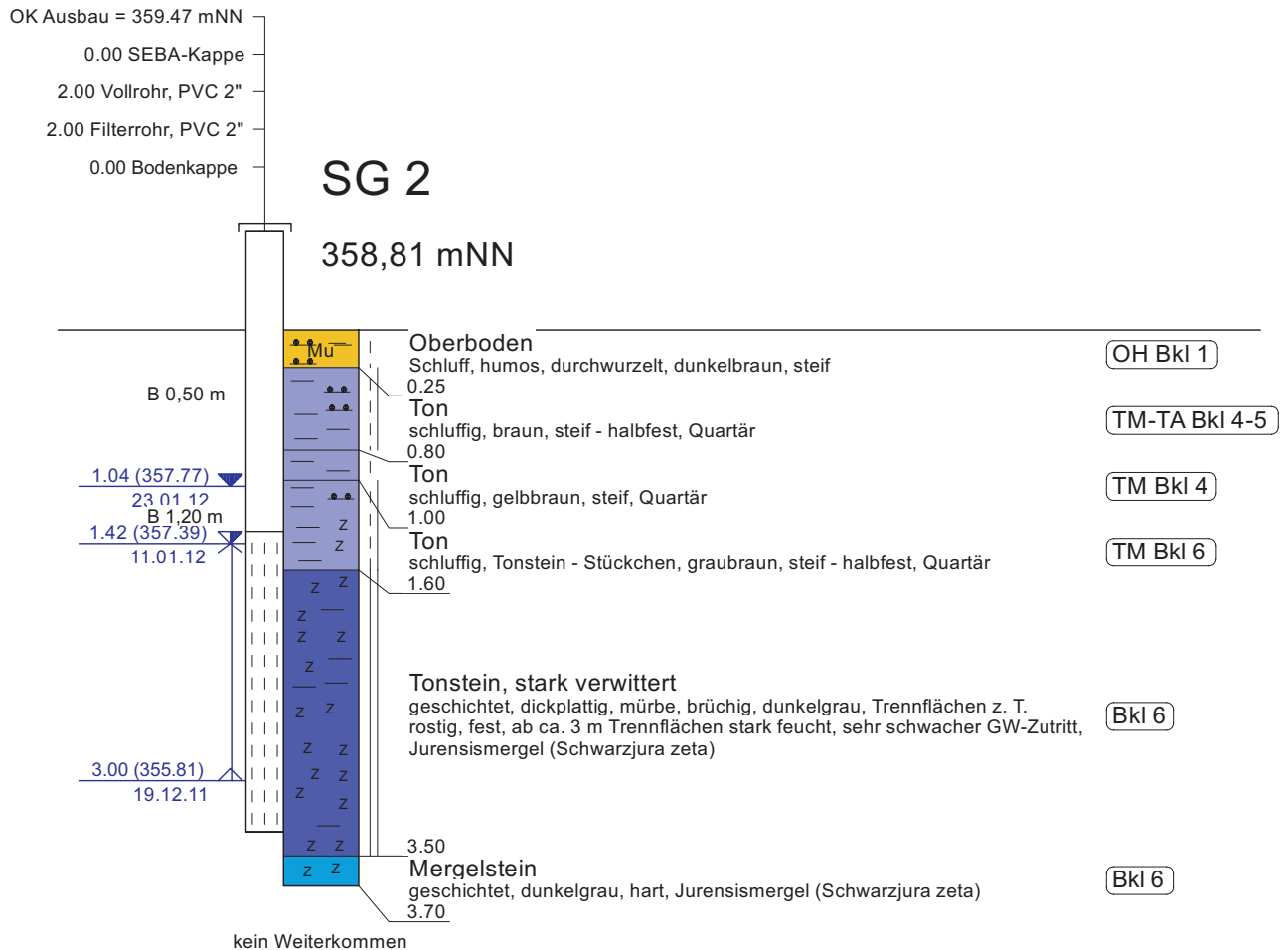



Projekt	Reudern, Neubaugebiet "Wertäcker II"	Anlage	3.1
Darstellung	Schichtenprofil und Schichten- beschreibung SG 1		
Maßstab	1 : 50	 Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck Telefon: 0 70 21/98 40-0 Telefax: 0 70 21/98 40-60	
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	Chr. Scheck		
Proj.-Nr.	2-11-179		
Datei	2-11-179-01 anl3.1.bop		
Datum	20.12.2011		

Aufschlussart	Schurf	Nutzung	Grünfläche	Lage	s. Lageplan
Bohrdurchmesser	0,80 - 4,00 m	Versiegelung	nein	rechts	nicht bekannt
Methode	Bagger	Reliefformtyp	-	hoch	nicht bekannt
Zeitraum	19.12.2011	Neigung	-	Bem.:	
Bohrkernaufnahme	Dr. Th. Schmid				

Probenart:  
B = Boden  
Bl = Bodenluft  
W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196  
Bodenklassen nach DIN 18 300



Projekt	Reudern, Neubaugebiet "Wertäcker II"	Anlage	3.2
Darstellung	<b>Schichtenprofil und Schichten- beschreibung SG 2</b>		
Maßstab	1 : 50	 <b>Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie</b> <b>Baugrunduntersuchungen</b> Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck Telefon: 0 70 21/98 40-0 Telefax: 0 70 21/98 40-60	
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	Chr. Scheck		
Proj.-Nr.	2-11-179		
Datei	2-11-179-01 anl3.2.bop		
Datum	20.12.2011		

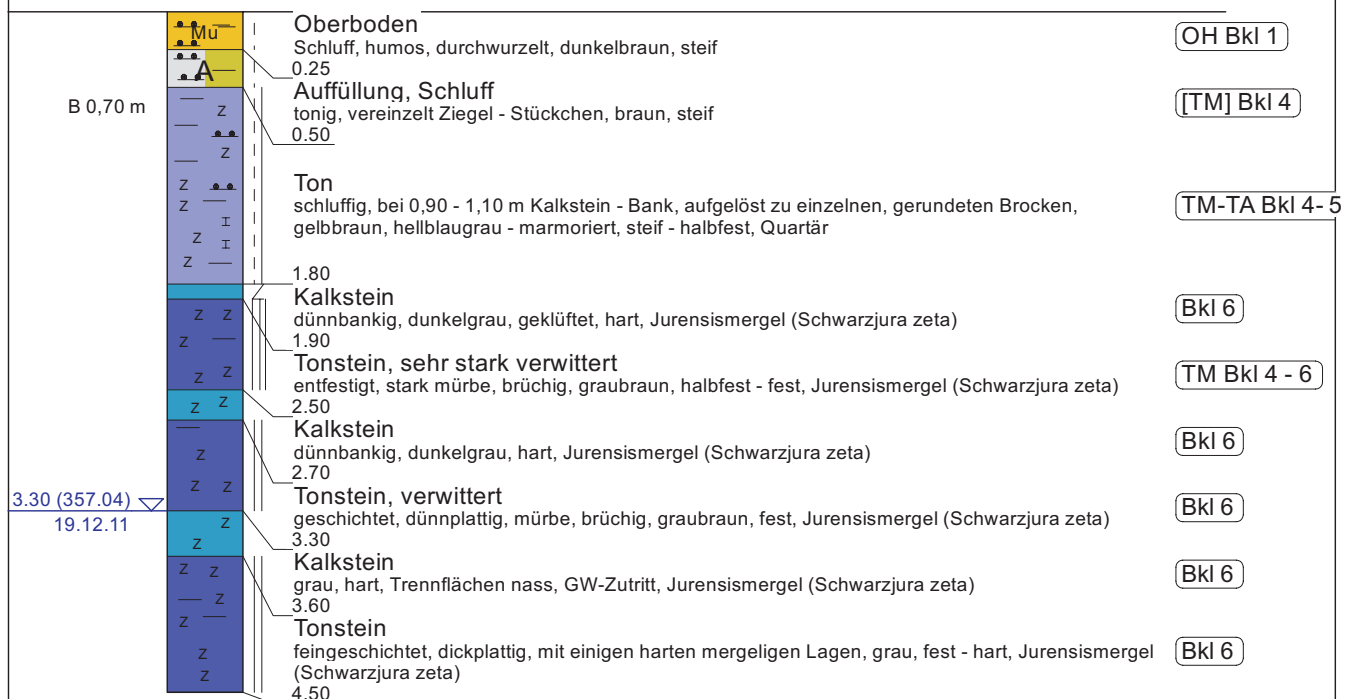
Aufschlussart	Schurf	Nutzung	Grünfläche	Lage	s. Lageplan
Bohrdurchmesser	0,80 x 4,00 m	Versiegelung	nein	rechts	nicht bekannt
Methode	Bagger	Reliefformtyp	-	hoch	nicht bekannt
Zeitraum	19.12.2011	Neigung	-	Bem.:	
Bohrkernaufnahme	Dr. Th. Schmid				


Probenart:  
B = Boden  
Bl = Bodenluft  
W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196  
Bodenklassen nach DIN 18 300

# SG 3

360,34 mNN



Projekt	Reudern, Neubaugebiet "Wertäcker II"	Anlage	3.3
Darstellung	Schichtenprofil und Schichten- beschreibung SG 3		
Maßstab	1 : 50	 Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck Telefon: 0 70 21/98 40-0 Telefax: 0 70 21/98 40-60	
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	Chr. Scheck		
Proj.-Nr.	2-11-179		
Datei	2-11-179-01 anl3.3.bop		
Datum	20.12.2011		

Aufschlussart	Schurf	Nutzung	Grünfläche	Lage	s. Lageplan
Bohrdurchmesser	1,20 x 4,00 m	Versiegelung	nein	rechts	nicht bekannt
Methode	Bagger	Reliefformtyp	-	hoch	nicht bekannt
Zeitraum	14.12.2011	Neigung	-	Bem.:	
Bohrkernaufnahme	Dr. Th. Schmid				

Probenart:  
B = Boden  
Bl = Bodenluft  
W = Wasser

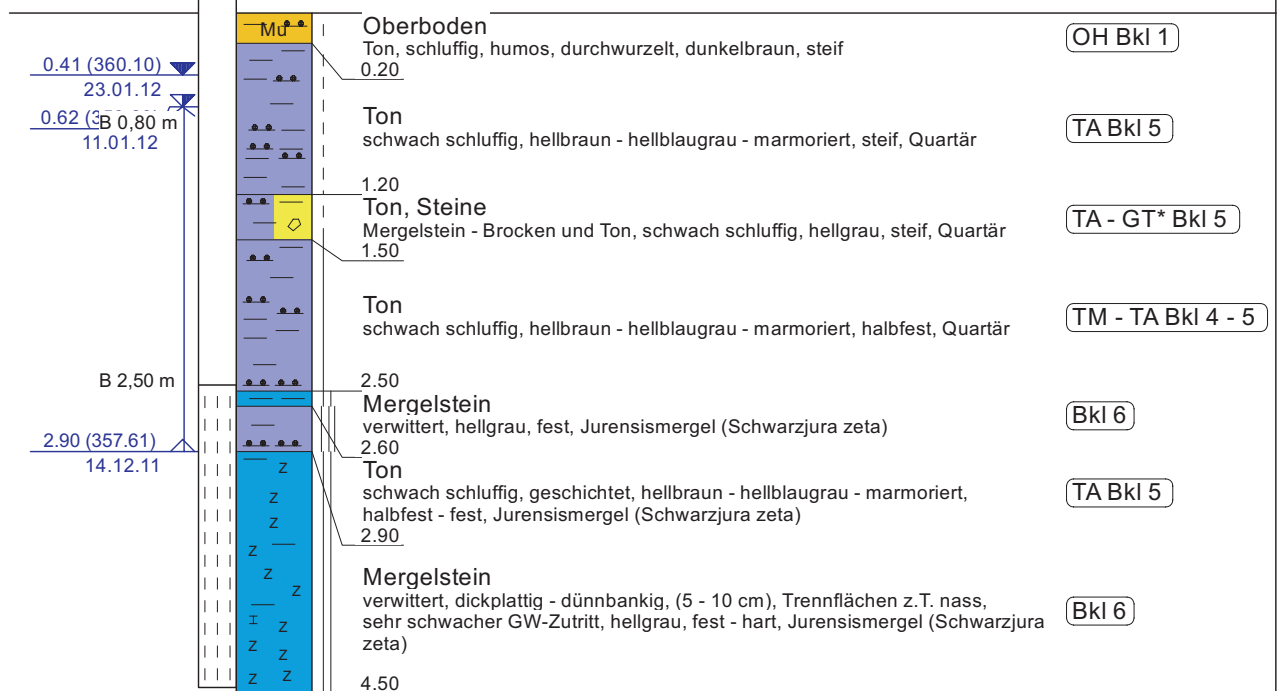
Bodengruppen nach DIN 18 196  
Bodenklassen nach DIN 18 300


OK Ausbau = 361.05 mNN

0.00 SEBA-Kappe  
3.00 Vollrohr, PVC 2"  
2.00 Filterrohr, PVC 2"  
0.00 Bodenkappe

**SG 4**

360,51 mNN



Projekt	Reudern, Neubaugebiet "Wertäcker II"	Anlage	3.4
Darstellung	<b>Schichtenprofil und Schichten- beschreibung SG 4</b>		
Maßstab	1 : 50	 Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck Telefon: 0 70 21/98 40-0 Telefax: 0 70 21/98 40-60	
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	Chr. Scheck		
Proj.-Nr.	2-11-179		
Datei	2-11-179-01 anl3.4.bop		
Datum	20.12.2011		

Entnahmestelle:	SG2	SG2	SG3	SG4	SG4		
Tiefe [m]:	0,50	1,20	0,70	0,80	2,00		
Bodenart:	U	T	T	T	T		
Entnahme am:	19.12.11	19.12.11	19.12.11	14.12.11	14.12.11		
durch:	ts	ts	ts	ts	ts		
Ausgeführt am:	19.12.11	19.12.11	19.12.11	19.12.11	19.12.11		
durch:	gh	gh	gh	gh	gh		
Behälter-Nr.:	203	204	205	9	151		
Feuchte Probe+Behälter mF+mB [g]:	419,50	471,74	525,50	141,39	169,34		
Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]:	407,06	446,64	495,52	119,37	146,15		
Behälter mB [g]:	358,37	361,84	360,25	43,05	28,15		
Wasser mW=mF-mD [g]:	12,44	25,10	29,98	22,02	23,19		
Trockene Probe mD [g]:	48,69	84,80	135,27	76,32	118,00		
Wassergehalt w=mW/mD [%]:	<b>25,55%</b>	<b>29,60%</b>	<b>22,16%</b>	<b>28,85%</b>	<b>19,65%</b>		

Entnahmestelle:							
Tiefe [m]:							
Bodenart:							
Entnahme am:							
durch:							
Ausgeführt am:							
durch:							
Behälter-Nr.:							
Feuchte Probe+Behälter mF+mB [g]:							
Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]:							
Behälter mB [g]:							
Wasser mW=mF-mD [g]:							
Trockene Probe mD [g]:							
Wassergehalt w=mW/mD [%]:							

Entnahmestelle:							
Tiefe [m]:							
Bodenart:							
Entnahme am:							
durch:							
Ausgeführt am:							
durch:							
Behälter-Nr.:							
Feuchte Probe+Behälter mF+mB [g]:							
Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]:							
Behälter mB [g]:							
Wasser mW=mF-mD [g]:							
Trockene Probe mD [g]:							
Wassergehalt w=mW/mD [%]:							

Projekt

Reudern, Baugeb. "Wertäcker II"

Anlage

4.1

Darstellung

## Bestimmung des natürlichen Wassergehalts (DIN 181 21, T1)

Maßstab

Bearbeiter Dr. Th. Schmid

Gezeichnet gh

Proj.-Nr. 2-11-174-o1

Datei 2-11-179-01\_wg1.123

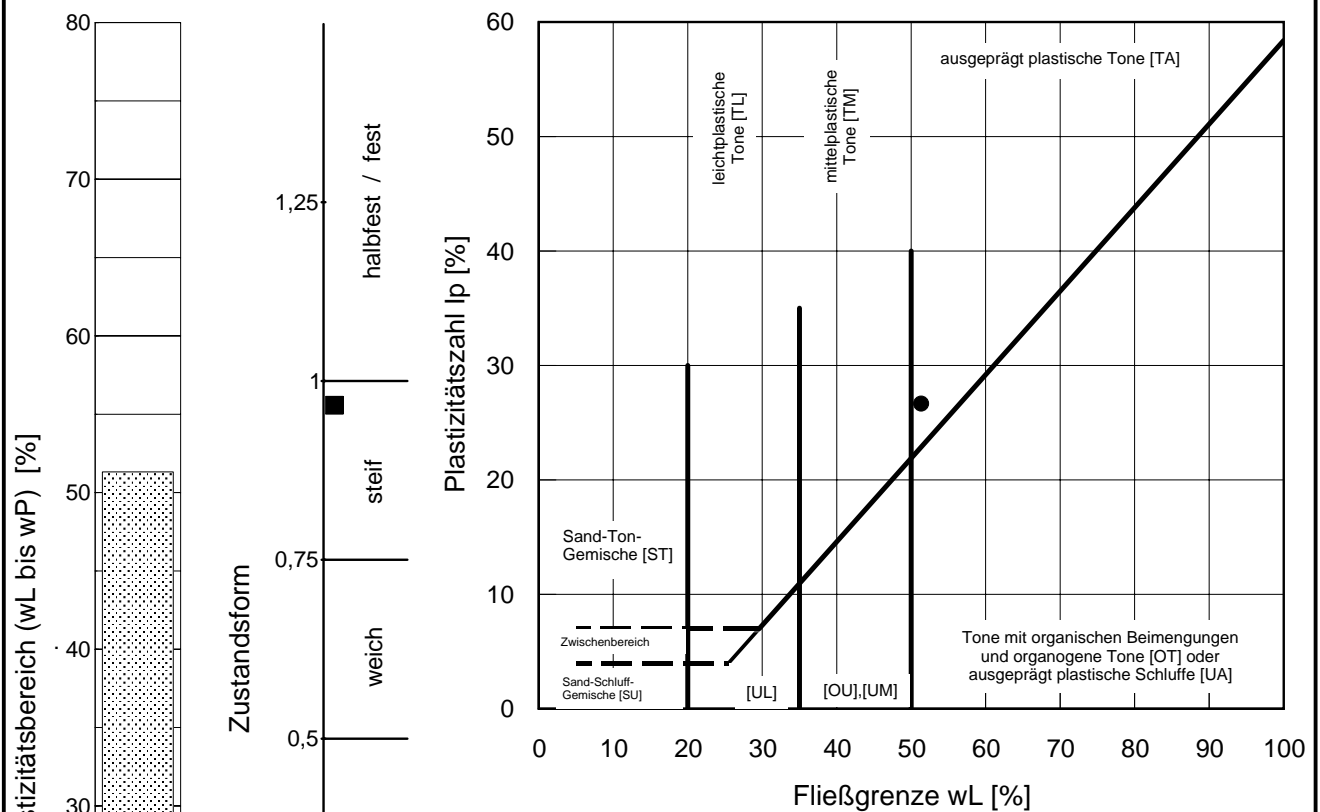
Datum 22.12.2011


Institut für Hydrogeologie  
und Umweltgeologie  
Baugrunduntersuchungen

Dettinger Straße 146  
73230 Kirchheim/Teck

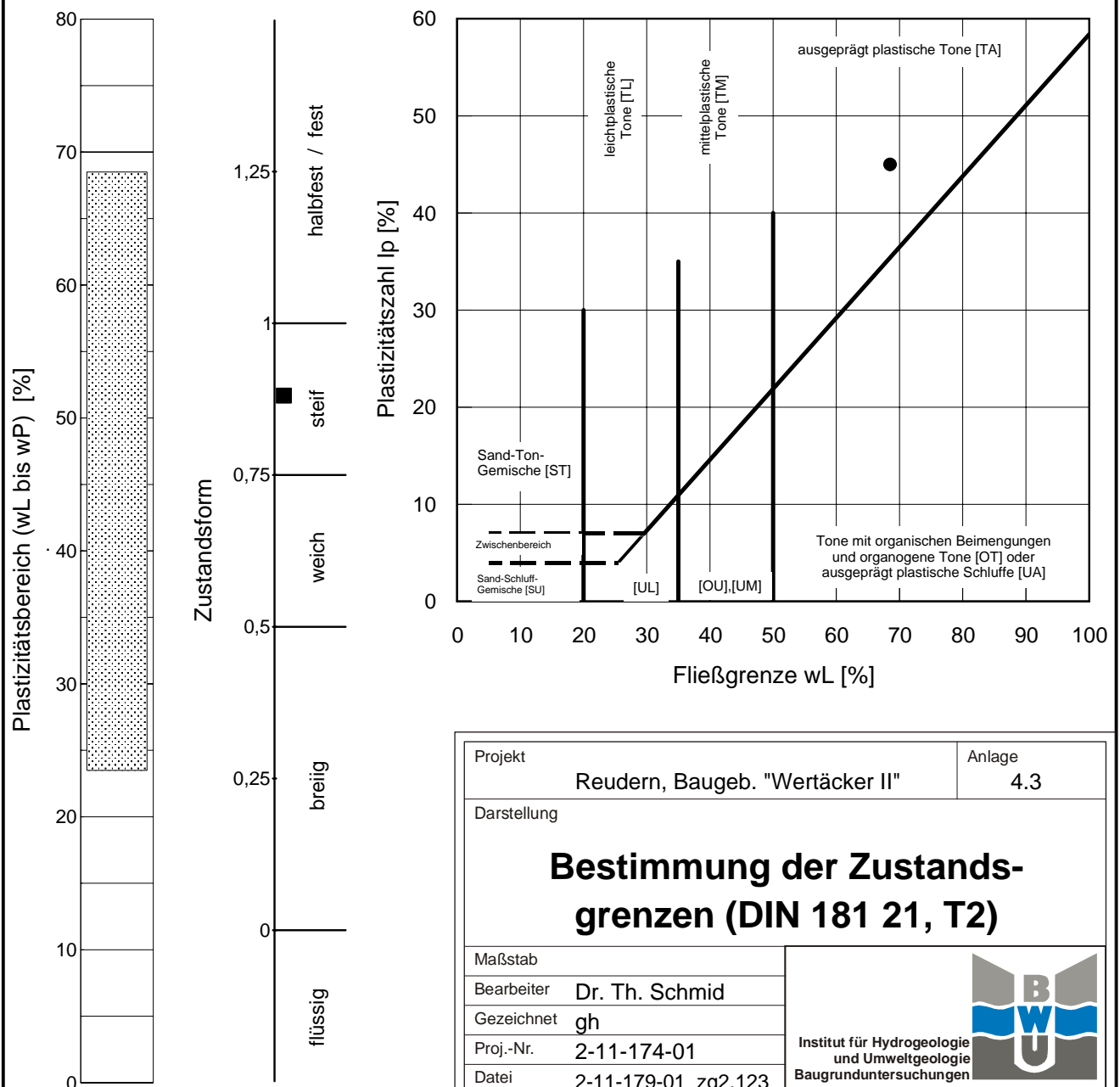
Telefon: 0 70 21/98 40-0  
Telefax: 0 70 21/98 40-60

Entnahmestelle:	SG2	Entnommen am:	19.12.11	durch:	ts
Tiefe [m]:	0,50	Ausgeführt am:	19.12.11	durch:	gh
Bodenart:	T				
	Fließgrenze		Ausrollgrenze		
Behälter-Nr.:	121		114	125	304
Schlagzahl:	35				
Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]:	20,94		18,85	19,60	18,77
Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]:	18,56		17,84	18,59	17,75
Behälter mB [g]:	13,73		13,75	14,36	13,73
Wasser mW=mF-mD [g]:	2,38		1,01	1,01	1,02
Trockene Probe mD [g]:	4,83		4,09	4,23	4,02
Wassergehalt w=mW/mD [%]:	49,28%		24,69%	23,88%	25,37%
Nat. Wassergehalt wN [%]:	<b>25,55%</b>				
Fließgrenze wL [%]:	<b>51,32%</b>				
Ausrollgrenze wP [%]:	<b>24,65%</b>				
Plastizitätszahl Ip = wL-wP [%]:	<b>26,67%</b>				
Konsistenzzahl Ic = (wL-wN)/Ip:	<b>0,97</b>				



Projekt	Reudern, Baugeb. "Wertäcker II"	Anlage	4.2
Darstellung	Bestimmung der Zustandsgrenzen (DIN 181 21, T2)		
Maßstab			
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	gh		
Proj.-Nr.	2-11-174-01		
Datei	2-11-179-01_zg1.123		
Datum	22.12.2011		
Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen		 Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck Telefon: 0 70 21/98 40-0 Telefax: 0 70 21/98 40-60	

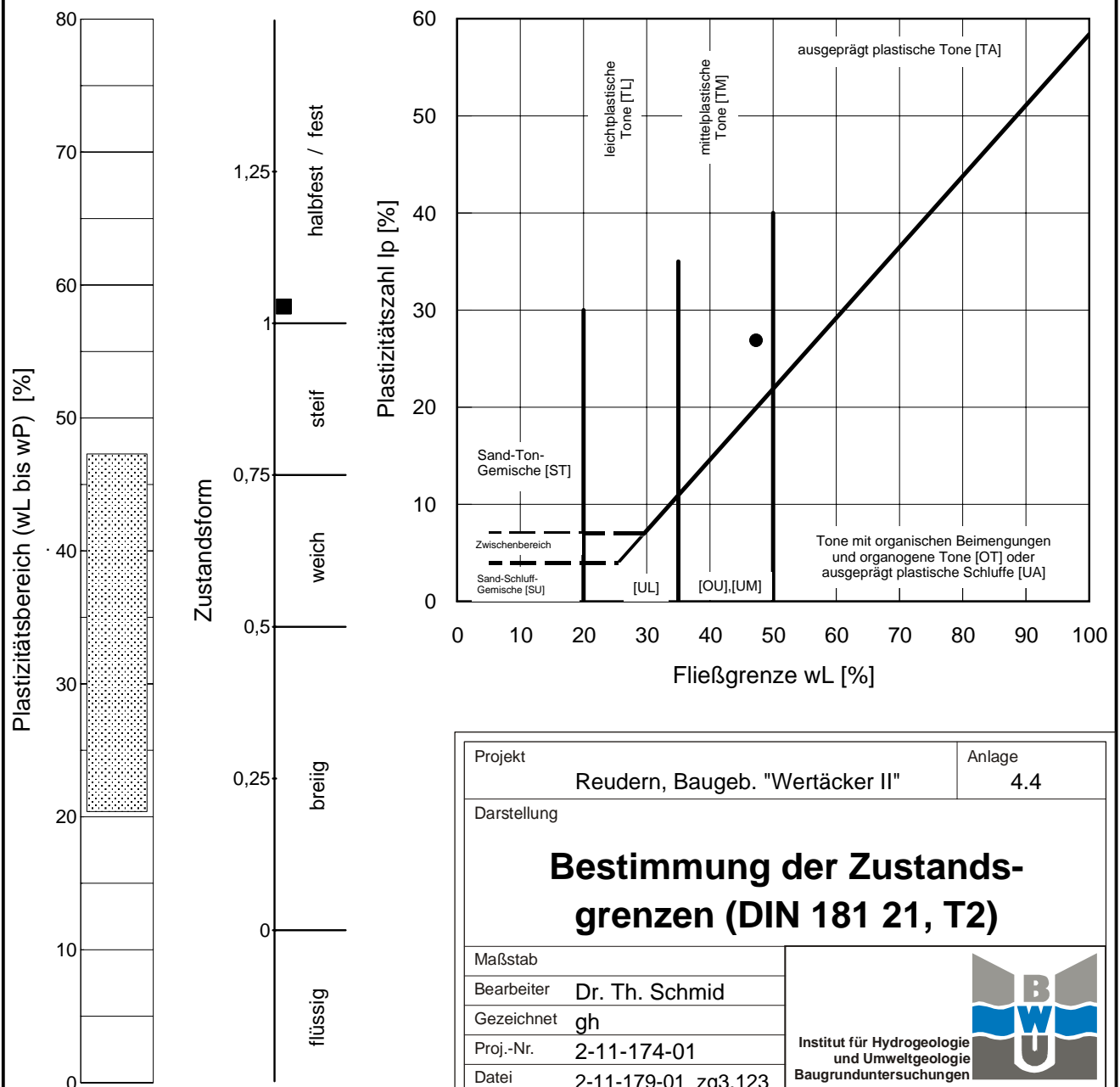
Entnahmestelle:	SG4	Entnommen am:	14.12.11	durch:	ts
Tiefe [m]:	0,80	Ausgeführt am:	19.12.11	durch:	gh
Bodenart:	T				
	Fließgrenze		Ausrollgrenze		
Behälter-Nr.:	110		113	121	306
Schlagzahl:	35				
Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]:	21,40		19,11	18,94	19,88
Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]:	18,36		18,07	17,96	18,93
Behälter mB [g]:	13,77		13,75	13,73	14,84
Wasser mW=mF-mD [g]:	3,04		1,04	0,98	0,95
Trockene Probe mD [g]:	4,59		4,32	4,23	4,09
Wassergehalt w=mW/mD [%]:	66,23%		24,07%	23,17%	23,23%
Nat. Wassergehalt wN [%]:	<b>28,85%</b>				
Fließgrenze wL [%]:	<b>68,50%</b>				
Ausrollgrenze wP [%]:	<b>23,49%</b>				
Plastizitätszahl Ip = wL-wP [%]:	<b>45,01%</b>				
Konsistenzzahl Ic = (wL-wN)/Ip:	<b>0,88</b>				



Projekt	Reudern, Baugeb. "Wertacker II"	Anlage	4.3
Darstellung	<h2>Bestimmung der Zustandsgrenzen (DIN 181 21, T2)</h2>		
Maßstab			
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	gh		
Proj.-Nr.	2-11-174-01		
Datei	2-11-179-01_zg2.123		
Datum	22.12.2011		



Entnahmestelle:	SG4	Entnommen am:	14.12.11	durch:	ts
Tiefe [m]:	2,00	Ausgeführt am:	19.12.11	durch:	gh
Bodenart:	T				
	Fließgrenze		Ausrollgrenze		
Behälter-Nr.:	116		103	107	125
Schlagzahl:	15				
Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]:	28,66		19,90	18,86	19,43
Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]:	23,70		19,02	18,00	18,58
Behälter mB [g]:	13,84		14,81	13,73	14,36
Wasser mW=mF-mD [g]:	4,96		0,88	0,86	0,85
Trockene Probe mD [g]:	9,86		4,21	4,27	4,22
Wassergehalt w=mW/mD [%]:	50,30%		20,90%	20,14%	20,14%
Nat. Wassergehalt wN [%]:	<b>19,65%</b>				
Fließgrenze wL [%]:	<b>47,29%</b>				
Ausrollgrenze wP [%]:	<b>20,40%</b>				
Plastizitätszahl Ip = wL-wP [%]:	<b>26,89%</b>				
Konsistenzzahl Ic = (wL-wN)/Ip:	<b>1,03</b>				



Projekt	Reudern, Baugeb. "Wertäcker II"	Anlage	4.4
Darstellung	<h2>Bestimmung der Zustandsgrenzen (DIN 181 21, T2)</h2>		
Maßstab			
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	gh		
Proj.-Nr.	2-11-174-01		
Datei	2-11-179-01_zg3.123		
Datum	22.12.2011		