

Institut für Hydrogeologie
und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen



Dipl.-Geol. Wolfram Hammer

Dr. Joachim Hönig
öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Erdbau,
Grundbau und Bodenmechanik

Dr. Marius Schünke
öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Hydrogeologie
(Boden und Grundwasserschäden)

BAUGRUNDGUTACHTEN

Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau

Auftraggeber : Gemeinde Dürnau, Bürgermeisteramt
Hauptstraße 16, 73105 Dürnau

Planung: m-quadrat Mezger
Hauptstraße 25, 73087 Bad Boll

Projekt-Nr. : 2-10-134

Gutachten-Nr. : 2-10-134-01-ts

_. Ausfertigung

14. Oktober 2010



Dr. Joachim Hönig
öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Erdbau,
Grundbau, Bodenmechanik

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

INHALTSVERZEICHNIS

1 Vorgang	4
2 Planunterlagen, Baubeschreibung	4
3 Untersuchungsumfang	5
3.1 Feldarbeiten.....	5
3.2 Bodenmechanische Laborversuche.....	6
3.3 Chemische Untersuchung.....	6
4 Baugrund	7
4.1 Lage, Morphologie und geologischer Überblick.....	7
4.2 Untergrundaufbau.....	7
4.3 Grundwasser.....	9
4.4 Wasserdurchlässigkeit der Bodenschichten.....	13
4.5 Bodenkennwerte und Bodenklassen.....	13
4.6 Chemische Untersuchungsergebnisse.....	16
4.6.1 Betonaggressivität nach DIN 4030.....	16
4.6.2 Übersichtsanalyse für Wasserrechtsverfahren.....	17
5 Erschließung und Bebauung	17
5.1 Kanal- und Leitungsbau.....	17
5.2 Korrosionsverhalten von Böden.....	24
5.3 Wasserhaltung im Bauzustand.....	24
5.4 Verkehrsflächen.....	26
5.5 Verdichtungskontrolle.....	35
5.6 Bebauung.....	37
5.6.1 Baugruben.....	37
5.6.2 Gründung.....	39
5.6.3 Entwässerung und Bauwerksabdichtung.....	40
5.6.4 Bau von Regenwasserzisternen.....	42
5.6.5 Erdbebengefährdung.....	43
5.7 Beschaffenheit von Aushubmaterial hinsichtlich Kontamination, Entsorgung von Aushubmaterial.....	43
5.8 Versickerung von Oberflächen-, Dachflächen- und Dränagewasser.....	44
5.9 Wasserrechtlicher Hinweis.....	46
5.10 Weitere Hinweise zur Erschließung und Bauausführung.....	48
6 Zusammenfassung und Schlußbemerkungen	49

VERZEICHNIS DER ANLAGEN

Anlage 1.1:	Lageplan	M 1 : 1 000
Anlage 1.2:	Isolinienplan Grundwassergleichen	M 1 : 1 000
Anlage 1.3:	Isolinienplan Grundwasser-Flurabstand	M 1 : 1 000
Anlage 2:	Geologische Schnitte	M 1 : 250/100
Anlage 3:	Schichtenverzeichnisse und Schichtprofile	M 1 : 50
Anlage 4:	Versuchsprotokolle bodenmechanischer Versuche	
Anlage 5:	Analysenprotokolle (Prüfberichte des chem. Labors)	

1 Vorgang

Die Gemeinde Dürnau beabsichtigt die Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“. Um Aussagen über die Beschaffenheit des Baugrundes und die Grundwasserverhältnisse zu erhalten, wurde unser Haus am 31.08.2010 beauftragt, Baugrunduntersuchungen durchzuführen und einen geotechnischen Bericht zu erstellen. Grundlage des Auftrags war unser Angebot Nr. B 2-10-142 vom 13.08.2010 mit dem darin enthaltenen Leistungsumfang.

2 Planunterlagen, Baubeschreibung

Für die Feldarbeiten und zur Erstellung des vorliegenden Berichts wurden uns ein „Lageplan zum Aufstellungsbeschluß“ vom 01.03.2010 (Bestandslageplan) im Maßstab 1 : 1 000 und ein Lageplan „Städtebauliches Konzept“ vom 08.06.2010 im Maßstab 1 : 500 jeweils als PDF-Dokument überlassen.

Aus dem firmeneigenen Archiv wurden die Topographische und die Geologische Karte M 1 : 25 000, Blatt 7323 Weilheim a.d. 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 Städtebaulichen Konzept zufolge ist eine Wohnbebauung mit Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäusern und eine verkehrsmäßige Erschließung über eine Zufahrtsstraße von der Gammelshäuser Straße her und mit Wohnwege geplant. Es ist damit von der Errichtung nicht oder einfach unterkellertes Gebäude mit Baugruben von max. 3-4 m Tiefe und üblicher Tiefenlage der Kanäle und Leitungen von rund 3-4 m unter Gelände auszugehen. Nähere Angaben zur geplanten Erschließung und Bebauung liegen uns nicht vor.

3 Untersuchungsumfang

3.1 Feldarbeiten

Zur Erkundung des Bodenaufbaus und der Grundwassersituation wurden am 27.09.2010 **zehn Kleinbohrungen nach DIN 4021** (Rammkernsonde \varnothing 60/50 mm) bis in Tiefen von 2,0 - 6,2 m u.Gel. abgeteuft. Der am Standort der geplanten Versickerungsanlage vorgesehene Sicker-versuch wurde nicht durchgeführt und durch eine Kleinbohrung ersetzt, da am Versuchsort Grundwasser bereits in <2 m Tiefe unter Gelände anstand.

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 und chemischen Laboruntersuchung weitergeleitet. Aus BS 4 wurde zusätzlich eine Grundwasserprobe entnommen und zur chemischen Laboruntersuchung weitergeleitet.

Drei Bohrlöcher (BS 2, BS 4, BS 9) wurden zu 1¼"-Grundwassermeßstellen (NW 35 mm) ausgebaut.

Die Anordnung der Aufschlußpunkte auf dem Gelände ist aus dem Lageplan (Anlage 1.1) ersichtlich. Die Aufschlußpunkte wurden durch das Verbandsbauamt Lage und Höhe eingemessen.

In Anlage 2 sind die Schichtprofile der Aufschlußpunkte in zwei geologischen Schnitten 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), Konsistenzgrenzen (DIN 18 122) und Korngrößenverteilung (DIN 18 123) untersucht. Damit war eine Einstufung in Bodengruppen nach DIN 18 196 und Bodenklassen nach DIN 18 300 sowie die darauf basierende Abschätzung von Bodenkenwerten möglich. Die Versuche erfolgten an gestörten Bodenproben.

3.3 Chemische Untersuchung

Die aus den anstehenden Schichten entnommene Bodenproben wurden gekühlt und abgedunkelt gelagert und in geschlossener Kühlkette dem chemischen Labor der UIS Umweltinstitut synlab GmbH, Stuttgart, angeliefert. Dort erfolgte die Untersuchung auf Betonaggressivität nach DIN 4030 (Untersuchungskomponenten im einzelnen s. Anlage 5).

Bei der Grundwasser-Probenahme wurden vor Ort Temperatur, el. Leitfähigkeit, Sauerstoffgehalt und pH-Wert bestimmt. Anschließend wurde die Probe gekühlt und abgedunkelt gelagert, in geschlossener Kühlkette dem chemischen Labor der UIS Umweltinstitut synlab GmbH, Stuttgart, angeliefert und dort auf Betonaggressivität nach DIN 4030 sowie die im Rahmen eines Wasserrechtsverfahren in der Regel geforderten Parameter Ammonium, Phenolindex, Kohlenwasserstoff-Index, aromatische Kohlenwasserstoffe (AKW), leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) und polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK, 16 Komponenten laut EPA-Liste) untersucht.

Die Analysenergebnisse lagen allerdings zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Baugrundgutachtens noch nicht vor und werden baldmöglichst nachgereicht.

4 Baugrund

4.1 Lage, Morphologie und geologischer Überblick

Das geplante Neubaugebiet „Flenner“ liegt am südwestlichen Ortsrand von Dürnau unmittelbar an die bestehende Bebauung angrenzend. Das Gelände ist leicht nach Norden bis Nordwesten geneigt bei topographischen Höhen von $\approx 425 - 432$ mNN. Gegenwärtig wird das Gelände landwirtschaftlich (Äcker und Streuobstwiesen) genutzt.

Gemäß der geologischen Karte von Baden-Württemberg, M 1 : 25 000, Blatt 7323 Weilheim a.d. Teck, liegt das Baugrundstück im Ausstrichbereich von Schichten des unteren Brauen Jura (Opalinuston, Unter-Aalenium al1, früher Dogger α).

Das Baugebiet liegt außerhalb von rechtsverbindlich ausgewiesenen Wasserschutzgebieten.

4.2 Untergrundaufbau

In den Aufschlüssen wurde Oberboden je nach Lage in Mächtigkeiten um 0,10 m - 0,20 m (Streuobstwiesen) bzw. $\approx 0,30$ m (Acker) angetroffen. Oberboden ist der Bodengruppe Oh nach DIN 18 196 und der Bodenklasse 1 nach DIN 18 300 zuzuordnen.

Örtlich wurden geringmächtige Auffüllungen bis in 0,50 m - 1,00 m Tiefe aus organoleptisch unauffälligen, mineralischen Erdstoffen (Ton, Schluff, Kies) angetroffen. In diesen waren vereinzelt Fremdbeimengungen in Form von Ziegelstückchen enthalten. Die Auffüllungen liegen in steifer bis halbfester Konsistenz vor und als Bodengruppe TM bzw. Bodenklasse 4 zu klassifizieren.

Der natürlich anstehende Baugrund besteht bis in 0,30m - 2,30 m Tiefe größtenteils aus tonig-schluffigem Hanglehm im Übergangsbereich der Bodengruppen TM und TA nach DIN 18 196 und der Bodenklassen 4 und 5 nach DIN 18 300. Die Konsistenz des Hanglehms ist sehr unterschiedlich und schwankt zwischen weich und halbfest.

Im nordöstlichen Teil des Baugebiets (BS 5, BS 6) ist der Hanglehm nicht vorhanden und es steht, wie an den übrigen Aufschlußpunkten unter dem Hanglehm, lehmiger Hangschutt bis in Tiefen von

Baugrundgutachten

Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürrenau

Seite 8 von 52 Seiten

2,40 m bis 4,70 m an. Tendenziell liegt der Hangschutt oberflächennah als stark schluffiger Kies der Bodengruppe GU*/Bodenklasse 4 vor und geht zur Tiefe hin in schwach schluffigen Kies der Bodengruppe GU/Bodenklasse 3 über.

Das tiefste erschlossene Schichtglied sind Schichten des Opalinustons des unteren Braunen Jura. Diese sind zuoberst meist zu Verwitterungston entfestigt, der in steifer bis halbfester Konsistenz vorliegt und der Bodengruppe TM/Bodenklasse 4 zuzuordnen ist.

Zur Tiefe hin erfolgt mit abnehmendem Verwitterungsgrad ohne scharfe Grenzen ein Übergang zu halbfestem und dann zu festem Tonstein der Bodenklasse 6.

Die angetroffenen Bodenschichten sind als mäßig (Hanglehm, Verwitterungston) bis gut tragfähiger Baugrund (Hangschutt, Tonstein) einzustufen.

Die im einzelnen in den Aufschlußpunkten angetroffenen Bodenschichten sind als Schichtenbeschreibungen und Schichtprofilen in Anlage 3 beigefügt. Aus den zwangsläufig punktuellen Aufschlüssen wurden durch Interpolation unter Berücksichtigung der geologischen Zusammenhänge zwei Schnitte gefertigt, die das beschriebene Baugrundmodell darstellen (Anlage 2).

Es ist bekannt, daß der Opalinuston Schwefel in Form von feinverteiltem Pyrit enthält, der sich sekundär zu Sulfat umwandeln und dadurch eine Betonaggressivität von Boden und Grundwasser bewirken kann. Hierbei wird durch sauerstoffführendes Schicht-, Sicker- oder Grundwasser der im Tonstein enthaltene Pyrit oxidiert, wobei wasserlösliche Sulfate (meist Gips, untergeordnet auch Melanterit $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$) entstehen¹. Zur Neubildungen von Sulfatkristallen, bevorzugt in engständigen Schichtfugen, kann es dann kommen, wenn sulfathaltiges Wasser am Kapillarsaum des wassergesättigten Bereichs verdunstet. Voraussetzung für Kristallbildungen in nennenswertem Umfang ist eine ständige kapillare Nachführung von sulfathaltigem Wasser. Betonaggressivität durch feinverteiltes Sulfat kann jedoch auch ohne sichtbare Kristallbildung auftreten.

Um diesem Sachverhalt Rechnung zu tragen, wurde eine Bodenprobe entnommen und auf Betonaggressivität nach DIN 4030 untersucht.

¹Wagenplast, P. (2005): Ingenieurgeologische Gefahren in Baden-Württemberg. Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Informationen 16. Freiburg i.Br.

4.3 Grundwasser

In fast allen Geländeaufschlüssen waren Grundwasserzutritte festzustellen. Grundwasserleiter ist der im unteren Bereich schwach schluffige Hangschutt. Tiefere Grundwasserzutritte im Opalinuston konnten nicht festgestellt werden.

Für eine genauere Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwerts k des Grundwasserleiters wären Pumpversuche oder Slugtests erforderlich, die wiederum nur in größerformatigen Grundwassermeßstellen oder Brunnen möglich wären. Da dies jedoch einen recht hohen, der Aufgabenstellung nicht angemessenen Aufwand bedeuten würde, wurde hierauf verzichtet. Ersatzweise wurde der Durchlässigkeitsbeiwert für den schwach schluffigen Kies (Bodengruppe GU) aus der Korngrößenverteilung nach der Methode von BEYER mit $k \approx 1,1 \cdot 10^{-5}$ m/s abgeschätzt. Erfahrungsgemäß ist diese Methode mit Unsicherheiten behaftet. Weiterhin ist auch mit Schwankungen des Durchlässigkeitsbeiwerts bei schwankendem Feinkronanteil im Kies zu rechnen. Es ist daher daß der Durchlässigkeitsbeiwert mindestens in einem Bereich von $k \approx 5 \cdot 10^{-6}$ - $5 \cdot 10^{-5}$ m/s variieren kann. Im stark schluffigen Kies (Bodengruppe GU*) dürfte der Durchlässigkeitsbeiwert kleiner als $k \approx 10^{-7}$ m/s sein.

Um eine spätere Messung von Ruhe-Grundwasserständen zu ermöglichen, wurden drei Bohrlöcher zu 1¼"- Grundwassermeßstellen (NW 35 mm) ausgebaut. Folgende Wasserstände wurden in den Grundwassermeßstellen und in den noch offenen Bohrlöchern bisher gemessen:

Meßstelle Datum/Zeit	Wasser- stand [m u. Gel.]	Gelände- höhe [mNN]	Wasser- stand [m u. POK]	POK [mNN]	Wasser- stand [mNN]	Bemerkungen
BS 1 27.09.10	3,10	425,30			422,40	GW angebohrt
	3,57				421,93	GW nach Bohrende
	3,33				422,17	GW nach 7 Std.
04.10.10	3,51				421,99	GW Ruhe
11.10.10	3,68				421,82	GW Ruhe
BS 2 27.09.10		425,03		425,86		kein GW
04.10.10						
11.10.10						
BS 3 27.09.10		426,04				kein GW beim Bohren
	2,36				423,68	GW nach Bohrende
	2,33				423,71	GW nach 6 Std.
04.10.10	2,38				423,66	GW Ruhe
11.10.10	2,60				423,44	GW Ruhe

Baugrundgutachten

Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürna

Seite 10 von 52 Seiten

Meßstelle Datum/Zeit	Wasser- stand [m u. Gel.]	Gelände- höhe [mNN]	Wasser- stand [m u. POK]	POK [mNN]	Wasser- stand [mNN]	Bemerkungen
BS 4 27.09.10	2,10	426,50		427,31	424,40	GW angebohrt
	1,20				425,30	GW nach Bohrende
	1,09		1,90		425,41	GW nach 2,5 Std.
04.10.10	1,42		2,23		425,08	GW Ruhe
11.10.10	1,73		2,54		424,77	GW Ruhe
BS 5 27.09.10		428,17				kein GW beim Bohren
	2,44				425,73	GW nach Bohrende
	2,14				426,03	GW nach 2 Std.
04.10.10	2,43				425,74	GW Ruhe
11.10.10	2,70				425,47	GW Ruhe
BS 6 27.09.10		429,35				kein GW beim Bohren
04.10.10						kein GW
11.10.10	4,00				425,35	GW Ruhe
BS 7 27.09.10	2,30	428,72			426,42	GW angebohrt
	1,06				427,66	GW nach Bohrende
	0,88				427,84	GW nach 3 Std.
04.10.10	1,76				426,96	GW Ruhe
11.10.10	2,20				425,52	GW Ruhe
BS 8 27.09.10		430,76				GW angebohrt
	2,36				4287,40	GW nach Bohrende
	2,30				428,46	GW nach 3,5 Std.
04.10.10	2,73				428,03	GW Ruhe
11.10.10	3,12				427,64	GW Ruhe
BS 9 27.09.10		431,57		432,52		kein GW beim Bohren
04.10.10	4,04		4,99		427,53	GW Ruhe
11.10.10	4,28		5,23		426,34	GW Ruhe
SV 1 27.09.10	1,80	424,43			422,63	GW angebohrt
	0,78				423,65	GW nach Bohrende
	0,64				423,79	GW nach 2 Std.
04.10.10	0,83				423,60	GW Ruhe
11.10.10	1,00				423,43	GW Ruhe

Auf Grundlage der Stichtagsmessung vom 04.10.2010 wurde ein Grundwassergleichenplan berechnet (Anlage 1.2). Die Berechnung erfolgt mit der Interpolationssoftware „Surfer“ nach der Methoden der geringsten Krümmung (Minimum Curvature). Hierbei ergab sich ein dem Hanggefälle folgendes, nach Norden bis Nordwesten gerichtetes Grundwassergefälle mit einem hydraulischen Gradienten von $i \approx 0,05$ im Hangbereich, das sich am Hangfuß auf $i \approx 0,03$ verflacht.

Ebenfalls basierend auf dieser Stichtagsmessung wurde ein Isolinienplan des Grundwasserflurabstands (Tiefenlage der Grundwasseroberfläche unter der Geländeoberfläche) berechnet

Baugrundgutachten*Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau*

Seite 11 von 52 Seiten

(Anlage 1.3). Dieser zeigt eine kontinuierliche Zunahme des Grundwasserflurabstands von knapp 1 m im Westen auf gut 4 m im Osten des Baugebiets.

Im Bereich der Aufschlußpunkte BS 2 und BS 6, wo am 04.10.2010 keine Grundwasserstände gemessen werden konnten, wurde interpoliert. Bei BS 2 wäre demnach ein Grundwasserstand bei $\approx 2,3$ m unter Gelände zu erwarten gewesen. Warum sich in der 4 m tiefen Grundwassermeßstelle auch bis zum 11.10.2010 kein meßbarer Grundwasserstand einstellte, ist nicht plausibel. Bei BS 6 dagegen dürfte der Grundwasserstand im Bereich der Aufschlußendtiefe von 4 m gelegen haben. Ein derartiger Grundwasserstand wurde dann am 11.10.2010 auch gemessen.

Der teilweise sehr geländenahe Grundwasserstand reagiert erwartungsgemäß rasch auf die Witterungsverhältnisse. In der Trockenperiode zwischen dem 27.09. und 11.10.2010 fiel der Grundwasserstand um $\approx 0,3 - 1,3$ m. Dementsprechend rasch dürfte auch ein Grundwasseranstieg in niederschlagsreichen Perioden erfolgen.

Mögliche Grundwasserhöchststände konnten bislang noch nicht gemessen werden. Diese stellen sich üblicherweise erst nach Ende der Vegetationsperiode je nach Witterungsverhältnissen im Winterhalbjahr oder im Frühjahr vor Beginn der neuen Vegetationsperiode ein. Es ist daher zu empfehlen, über das Winterhalbjahr hinweg einige weitere Stichtagsmessungen vorzunehmen.

Bereits auf Grundlage der bislang vorliegenden Messungen läßt sich jedoch erkennen, daß im westlichen Teil des Baugebiets bei den Erschließungsarbeiten (Kanalbau) und bei unterkellerten Bauvorhaben in jedem Fall mit Grundwasserzutritten gerechnet werden muß. Hier kann der Grundwasserstand im Extremfall bis auf Geländehöhe oder wenig darunter ansteigen.

Im östlichen, grundwasserferneren Teil liegen die derzeitigen Grundwasserstände im Bereich von wahrscheinlichen Graben- und Baugrubensohlen. Es ist jedoch damit zu rechnen, daß die jahreszeitlichen Schwankungen des Grundwasserstands vor allem im mittleren und oberen Hangbereich den oft angenommenen Wert von 1 m übersteigen. Insofern ist je nach Jahreszeit und Witterung im Vorfeld von Baumaßnahmen auch in diesen Bereichen zumindest zeitweilig mit Grundwasserzutritten in Gräben und Baugruben zu rechnen.

Aufgrund der Hanglage des Neubaugebiets sowie der geneigten Grundwasseroberfläche ist die Festlegung eines einheitlichen, auf Meereshöhe bezogenen Grundwasserstand nicht zielführend.

Vielmehr empfehlen wir, den Bemessungswasserstand differenziert in Abhängigkeit vom minimalen Grundwasserflurabstand festzulegen.

Da die Schwankungsbreite des Grundwasserstands derzeit noch nicht bekannt ist, können die nachfolgenden Empfehlungen nur vorläufiger Natur sein. Sie basieren auf der Annahme maximal 1,5 m höherer Grundwasserstände bezogen auf die Stichtagsmessung vom 04.10.2010.

Um die Trockenhaltung des Erdplanums von Verkehrsflächen zu ermöglichen und damit deren Frostsicherheit zu gewährleisten, empfehlen wir, den Bemessungswasserstand generell nicht höher als 1 m unter Gelände (bezogen auf die endgültige Geländehöhe) festzulegen. Dies gilt etwa für die Westhälfte des Baugebiets. In der Osthälfte des Baugebiets kann ab einem Grundwasser-Flurabstand von 2,5 m (vgl. Isolinienplan Grundwasser-Flurabstand Anlage 1.3) auch ein tieferer Bemessungswasserstand festgelegt werden. Wenn dieser Empfehlung gefolgt wird, muß bzw. kann für jedes Grundstück ein individueller Bemessungswasserstand bezogen auf Meereshöhe festgelegt werden.

Vor allem in der Westhälfte des Baugebiets ist dann allerdings damit zu rechnen, daß bei einer Absicherung von unterkellerten Gebäuden durch eine Sicherheitsdrainage auf Höhe Bemessungswasserstand diese zeitweilig wiederkehrend Grundwasser in Zeiten hohen Grundwasserstands ableitet. Dies ist wasserrechtlich in der Regel nicht zulässig. Wenn anfallendes Dränwasser allerdings, wie für Dachflächenwasser nach unserer Kenntnis geplant, einer Versickerungs- oder Retentionsanlage und damit dem natürlichen Wasserkreislauf ortsnah im Sinne einer Grundwasserumleitung wieder zugeführt werden kann, kann möglicherweise eine Genehmigung einer derartigen Vorgehensweise erwirkt werden. Insbesondere auch in Anbetracht der Tatsache, daß die grundwasserführenden Schichten keine allzu hohe Wasserdurchlässigkeit aufweisen und die anfallenden Wassermengen daher nicht zu groß sein werden.

Diesbezüglich können von unserer Seite aus jedoch nur Vorschläge gemacht werden, an die die Genehmigungsbehörden nicht gebunden sind. Insofern empfehlen wir eine möglichst frühzeitige Einbeziehung der Fachbehörden in die weitere Planung, um diese Aspekte verbindlich zu klären.

4.4 Wasserdurchlässigkeit der Bodenschichten

Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit der anstehenden Bodenschichten war im Bereich der geplanten Versickerungsanlage ein Sickerversuch vorgesehen. Aufgrund der im übrigen Baugebiet festgestellten teilweise recht geländenahen Grundwasserstände bestand jedoch der Verdacht, daß am Standort der Versickerungsanlage ebenfalls mit ungünstigen Grundwasserhältnissen zu rechnen war, die ein Versickerung aus wasserrechtlichen und technischen Gründen nicht erlauben würden. Es wurde daher eine zusätzliche Kleinbohrung bis 2 m Tiefe hergestellt, in der tatsächlich ein Grundwasserstand in weniger als 1 m Tiefe festgestellt wurde.

Da eine Versickerung bei derartigen Grundwasserhältnissen ohnehin nicht möglich ist, wurde von der Durchführung des Sickerversuchs abgesehen. Generell kann die Wasserdurchlässigkeit der im Baugebiet anstehenden Böden und Gesteine anhand deren petrographischer Zusammensetzung jedoch wie folgt abgeschätzt werden:

Bodenschicht	Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s]	Durchlässigkeitsbereich nach DIN 18 130
Hanglehm	$<10^{-8}$	sehr schwach durchlässig
Hangschutt, stark schluffig (GU*)	$<10^{-8}$	sehr schwach durchlässig
Hangschutt, schwach schluffig (GU)	$10^{-4}-10^{-6}$ (*)	durchlässig
Verwitterungston und Tonstein, halbfest	$<10^{-8}$	sehr schwach durchlässig
Tonstein, fest	$10^{-6}-10^{-8}$	schwach durchlässig

(*) $k \approx 5 \cdot 10^{-5} - 5 \cdot 10^{-6}$ m/s nach Abschätzung aus Sieblinie

4.5 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, Laborversuchsergebnissen vergleichbarer Böden, dem Grundbautaschenbuch Teil 1 und weiteren Literaturangaben eingeschätzt.

Bodenschicht	Boden- gruppe nach DIN 18 196	Wichte		Reibungs- winkel	Kohäsion	Steife- ziffer
		über Wasser	unter Auftrieb			
		γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]
Hanglehm, steif-halbfest	TM-TA	18-21	8-11	17,5-22,5	10-25	3-8
Hangschutt, stark schluffig	GU*	20-22	10-12	27,5-30	0-10	10-50
Hangschutt, schwach schluffig	GU	19-21	11-13	30-35	0	40-80
Verwitterungston, steif-halbfest	TM	20-21	10-11	27,5	10-20	4-8
Tonstein, halbfest	TM	21-23	11-13	27,5-30	15-25	8-15
Tonstein, fest, Bkl. 6	-	22-24	12-14	30-32,5	20-50	15-40

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 Profilschnitte, 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.

Die Klassifizierung erfolgt unabhängig von maschinentechnischen Leistungswerten allein nach boden- bzw. felsmechanischen Merkmalen; als maßgebende Kriterien für den Schwierigkeitsgrad beim Bearbeiten werden herangezogen:

- granulometrische Größen: Feinkorn unter 0,06 mm, Steine über 63 mm sowie Blöcke über 0,01 m³ und über 0,1 m³ Rauminhalt.
- plastische Eigenschaften des Feinkorns (Plastizitätszahl I_p , Konsistenzzahl I_c , Zähigkeit)
- wasserhaltende und Fließeigenschaften
- mineralisch-chemischer Zusammenhalt (Verfestigung)
- Gesteins- und Gebirgsfestigkeit nach qualitativen Merkmalen

Nach den Richtlinien und der Boden- und Felsklassifizierung der DIN 18 300 sowie den ZTV E-StB 94² ergibt sich für die betreffende Baumaßnahme folgende Zuordnung der Bodenklassen und Frostempfindlichkeitsklassen:

Bodenschichten	Boden- bzw. Felsklasse DIN 18 300	Frostempfindlichkeitsklasse ZTV E-StB 94
Oberboden (OH)	1	F 2
Hanglehm, steif-halbfest (TM-TA)	4-5	F 3-2
Hangschutt, stark schluffig (GU*)	4	F 3
Hangschutt, schwach schluffig (GU)	3	F 2
Verwitterungston, steif-halbfest und Tonstein, halbfest (TM)	4	F 3
Tonstein, fest	6	F 3

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 ($I_s \leq 0,5$) 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

Nichtbindige bis schwachbindige Sande, Kiese und Sand-Kies-Gemische mit bis zu 15 M-% Beimengungen an Schluff und Ton (Korngröße kleiner als 0,06 mm) und mit höchstens 30 M-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt*.

Organische Bodenarten mit geringem Wassergehalt, z. B. feste 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 einem Anteil von mehr als 15 M-% Korngröße kleiner als 0,06 mm.

Bindige Bodenarten von leichter bis mittlerer Plastizität, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind, und die höchstens 30 M-% Steine von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt* enthalten.

Hierzu gehören

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

²ZTV E-StB 94: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau. - Ausgabe 1994/Fassung 1997, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau. Köln.

Klasse 5: Schwer lösbare Bodenarten

Bodenarten nach den Klassen 3 und 4, jedoch mit mehr als 30 M-% Steinen von über 63 mm Korngröße bis zu 0,01 m³ Rauminhalt.
Nichtbindige und bindige Bodenarten mit höchstens 30 M-% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt**. Ausgeprägt plastische Tone, die je nach Wassergehalt weich bis halbfest sind.

Klasse 6: Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten

Felsarten, die einen inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt haben, jedoch stark klüftig, brüchig, bröckelig, schiefrig, weich oder verwittert sind, sowie vergleichbare feste oder verfestigte bindige oder nichtbindige Bodenarten, z.B. durch Austrocknung, Gefrieren, chemische Bindung.
Nichtbindige und bindige Bodenarten mit mehr als 30 M-% Steinen von über 0,01 m³ bis 0,1 m³ Rauminhalt**. 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 inneren, mineralisch gebundenen Zusammenhalt und hohe Gefügestärke haben und die nur wenig klüftig oder verwittert sind, auch festgelagerter, unverwitterter Tonschiefer, Nagelfluhschichten, Schlackenhalde der Hüttenwerke und dergleichen.
Steine von über 0,1 m³ Rauminhalt**. 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- und Gang- und metamorphen Gesteine wie z.B. Granit, Quarzit, Gneis, Glimmerschiefer).

* 0,01m³ Rauminhalt: Kugeldurchmesser ≈0,25 m oder Würfel mit einer Kantenlänge von ≈0,20 m.

** 0,1m³ Rauminhalt: Kugeldurchmesser ≈0,60 m oder Würfel mit einer Kantenlänge von ≈0,45 m.

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

4.6 Chemische Untersuchungsergebnisse

4.6.1 Betonaggressivität nach DIN 4030

Aufgrund des bekannten Pyritgehalts im Opalinuston und der daraus resultierenden möglichen und andernorts auch teilweise festgestellten Betonaggressivität von Boden und Grundwasser wurde eine Festgesteinsprobe und eine Grundwasserprobe entnommen und im chemischen Labor nach den Vorgaben der DIN 4030 und auf weitere Parameter untersucht.

Hierbei ergab sich für die Feststeinsprobe ein Sulfatgehalt von 3500 mg/kg. Der untersuchte Tonstein ist demnach als stark angreifend (Expositionsklasse XA2) einzustufen. Die übrigen Prüfmerkmale der DIN 4030 waren unauffällig (vgl. Anlage 5).

Diese Einstufung gilt für Festgestein des Opalinustons („Tonstein“). In allen uns bekannten Fällen war eine Betonaggressivität im Opalinuston auf Festgesteinsschichten begrenzt. In verwitterten,

entfestigen Schichten („Ton“) wurde bislang noch keine Betonaggressivität festgestellt. Auch für den oberflächennah anstehenden Hanglehm und Hangschutt besteht nach unserem derzeitigen Kenntnisstand kein Verdacht auf Betonaggressivität. Entsprechende Untersuchungen dieser Bodenschichten wurden allerdings nicht durchgeführt, so daß keine absolute Sicherheit hinsichtlich deren Betonaggressivität besteht. Derartige Untersuchungen können jedoch ggf im Zuge der Erschließung noch relativ kurzfristig nachgeholt werden.

Ebenfalls ist nicht sicher, ob das im Hangschutt fließende Grundwasser eventuell mit dem Opalinuston-Festgestein in Kontakt steht und dann ebenfalls betonaggressiv sein könnte. Es wurde deshalb sicherheitshalber eine Grundwasserprobe aus der Grundwassermeßstelle BS 4 entnommen und ebenfalls auf Betonaggressivität nach DIN 4030 untersucht. Die Ergebnisse der Grundwasseruntersuchung lagen allerdings zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Gutachtens noch nicht vor und werden baldmöglichst nachgereicht.

4.6.2 Übersichtsanalyse für Wasserrechtsverfahren

Die aus BS 4 entnommene Grundwasserprobe wurde zusätzlich auf die im Rahmen eines Wasserrechtsverfahrens üblicherweise geforderten Stoffgruppen untersucht, da zu erwarten ist, daß dies ohnehin Bestandteil der Auflagen der wasserrechtlichen Erlaubnis sein wird.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen lagen zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Gutachtens jedoch ebenfalls noch nicht vor und werden nachgereicht.

5 Erschließung und Bebauung

5.1 Kanal- und Leitungsbau

Herstellung von Kanal- und Leitungsraben

Bei der Herstellung von Kanal- und Leitungsraben sind die Richtlinien der DIN 4124 zu beachten. Danach können nicht verbaute Raben bis zu einer Tiefe von maximal 1,25 m und einer mindestens steifen Konsistenz bei bindigem Untergrund mit senkrechten Wänden hergestellt werden.

Baugrundgutachten

Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau

Seite 18 von 52 Seiten

Tiefere Gräben sind zu böschen oder zu verbauen. Wird frei geböscht, 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 | $\beta \leq 80^\circ$ |

Bei Herstellung freier Böschungen wird empfohlen, auf halber Höhe 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 jedoch generell einen Verbau vorzusehen (z.B. Krings-Verbau). 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.

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°) 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.

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.

Planunterlagen zu den Erschließungsmaßnahmen liegen uns nicht vor, so daß hier nur allgemeine Hinweise gegeben werden können. Bei üblicher Tiefenlage der Kanäle und Leitungen von ca. 3-

Baugrundgutachten

Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau

Seite 19 von 52 Seiten

4 m unter Gelände werden die Grabensohlen in meist im Hangschutt (Bodenklasse 4 und 3), teilweise aber auch im Verwitterungston (Bodenklasse 4) oder Tonstein des Opalinustons (Bodenklasse 6) liegen.

Aufgrund der Untergrundverhältnisse ist damit zu rechnen, daß die anstehenden Böden teilweise (schwach bindige und grundwasserführende Böden, v.a. im unteren Teil des Hangschutts) nur eine sehr geringe Standfestigkeit aufweisen und die Grabenwände bei senkrechter Abschachtung zum Einstellen der Verbauelemente bereits beim Aushub nachbrechen können. Es ist daher nicht gewährleistet, daß vorgefertigte Verbauelemente in die vollständig ausgehobenen Gräben eingestellt werden können. Auch Verbausysteme, bei denen abschnittsweise abgeschachtet werden muß, können problematisch sein, da die Böden aufgrund des teilweise hoch anstehenden Grundwassers bereits bei geringen Abschachthöhen nachbrechen können. Möglicherweise kann z.B. ein Spundwandverbau erforderlich werden. Generell muß die Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch in jeder Bauphase gewährleistet sein. Bei Ausführung eines Spundwandverbaus dürfen bei dessen Ziehen keine schädlichen Einflüsse auf die Rohrleitungen und deren Bettung auftreten (vgl. hierzu DIN EN 1610, Abschnitt 11.4).

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 schwanken können.

Herstellung des Rohraufagers

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

Den Untersuchungsergebnissen zufolge kann von ausreichender bis guter Tragfähigkeit im Auflagerbereich ausgegangen werden. Allerdings können die anstehenden Böden bei Grundwasserzutritt im Baubetrieb auch aufweichen und ihre Tragfähigkeit verlieren. Eventuelle aufgeweichte oder breiige, nicht tragfähige Bodenschichten im Sohlbereich sind auszuräumen und durch das Material der Bettung zu ersetzen.

Es wird empfohlen, die Rohre auf einem Auflager aus Mineralbeton abzusetzen. Die Aushubsohlen/ Auflagerflächen sind zu verdichten, um eventuelle Auflockerungen durch den vorangegangenen Aushub rückzustellen.

Im Fall mächtigerer Weichzonen kann auch ein Bodenaustausch in Form einer Tragschicht aus gut verdichtbarem Material auf voller Grabenbreite vorgenommen werden (z.B. Schottertrag-schichtmaterial der Körnung 0/32 nach ZTV SoB-StB 04³). Zusätzlich sollte ein Geotextil der Georobustheitsklasse GRK 3 oder 4 auf dem Erdplanum verlegt und an den Flanken bis minde-stens OK Bodenaustausch hochgezogen werden.

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 Größt-korn von 32 mm ist bei den meisten Rohrtypen verträglich. Der Einbau ist in Lagen von maximal 0,3 m auszuführen. Die Mindest-Verdichtungsanforderung in der Leitungszone beträgt $D_{Pr} = 97\%$.

Wiederverfüllung von Kanal- und Leitungsgräben

Bei der Wiederverfüllung und Verdichtung von Leitungsgräben sind die Richtlinien der ZTV E-StB 94 und der ZTV A-StB 97/06⁴ einzuhalten.

In den ZTV A-StB 97/06 sind die für die Verfüllzone geeigneten Bodenarten wie folgt in Verdicht-barkeitsklassen eingeteilt:

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

³ZTV 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.

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

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.

Weiche, breiige und organische Böden (v.a. oberflächennahe Bodenschichten, die bei niederschlagsreicher Witterung stark aufgeweicht sind und Schichten im grundwasserberührten Teil des Hangschutts) sind zum Wiedereinbau als Hauptverfüllung in Gräben oberhalb der Leitungszone oder für eine Bodenverbesserung nicht geeignet und daher zu separieren und beseitigen. Eine sichere Abschätzung des Anteils derartiger Böden ist im Vorfeld nicht möglich. Wir empfehlen daher, in der Ausschreibung auch die Lieferung von geeignetem Fremdmaterial zur Grabenverfüllung vorzusehen.

Gut geeignet sind beispielsweise Tragschichtmaterial nach ZTV SoB-StB 04⁵ 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.

Bindiges Aushubmaterial in steifer bis halbfester Konsistenz (Hanglehm und Verwitterungston, Bodengruppen TM-TA) kann mit Einschränkungen (ev. nach Bodenverbesserung) zur Grabenverfüllung verwendet werden. Auf eine homogene Einmischung 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.

Ausgeprägt plastische Böden (Bodengruppe TA) sind allerdings nur bedingt geeignet, da sie sich auch durch Stabilisierungsmaßnahmen nicht oder nur in begrenztem Umfang bezüglich ihrer Verdichtungseigenschaften verbessern lassen.

⁵ZTV 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.

Über dem Grundwasser anstehender, stark lehmiger Kies ist zur Wiederverfüllung voraussichtlich ebenfalls nur nach einer Bodenverbesserung geeignet.

Besser geeignet für den Wiedereinbau sind Schluff, Ton und Tonstein in halbfester-fester Konsistenz. Diese können möglicherweise ohne Veränderung des Wassergehalts beim Einbau optimal verdichtet werden.

Hinsichtlich erforderlicher Bindemittelmenge und Bindemittelart gelten auch für Grabenverfüllung die Empfehlungen und Hinweise in Abschnitt 5.4 Verkehrsflächen.

Für alle zum Wiedereinbau vorgesehenen Böden ist eine witterungsgeschützte Zwischenlagerung erforderlich. Zum Schutz vor Durchfeuchtung kann eine Miene mit geneigter (Quergefälle $\geq 5\%$) und abgewalzter Oberfläche hergestellt oder eine Abdeckung mit sturmsicher angebrachter Folie vorgenommen werden.

Bei Grabenverfüllungen mit unverändertem, ursprünglich vorhandenem Bodenmaterial muß auch bei gewissenhafter Verdichtung mit späteren Setzungen gerechnet werden. Daher sollte von dessen Verwendung im Fahrbahnbereich abgesehen werden. Bei Verwendung von Fremdmaterial zur Grabenverfüllung ist zu beachten, daß aufgrund der Lage im Grundwasser bzw. Grundwasserschwankungsbereich der Einbau von RC-Baustoffen nicht zulässig sind.

Das Verfüllgut ist lagenweise einzubauen und optimal zu verdichten. Die Mächtigkeit der einzelnen Lagen sollte 30-40 cm nicht überschreiten. Die Verdichtungsanforderung in der Verfüllzone beträgt in Abhängigkeit vom eingebauten Erdstoff zwischen $D_{Pr} \geq 95\%$ und $D_{Pr} \geq 100\%$. Es wird jedoch empfohlen, generelle einen Verdichtungsgrad von mindestens $D_{Pr} \geq 97\%$ zu fordern, um die Gefahr nachträgliche Sackungen zu reduzieren. Im übrigen wird auf die Vorgaben der ZTV E-StB 94⁶ für die Verfüllung in Straßenbereichen verwiesen.

Die Verdichtung der eingebauten Materialien ist im geforderten Umfang gemäß ZTV E-StB 94, Abschnitt 14, Tabelle 7 im Zuge der Eigenüberwachung durch den Auftragnehmer nachzuweisen.

⁶ZTV E-StB 94: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau. - Ausgabe 1994/Fassung 1997, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Köln.

Baugrundgutachten

Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau

Seite 23 von 52 Seiten

Unverändertes Aushubmaterial kann eventuell in nicht setzungsempfindlichen Bereichen (z.B. Grünflächen) wieder eingebaut werden. Dies ist ggf. mit dem Baugrundgutachter abzusprechen.

Aufgrund der hydrogeologischen Situation (hoch anstehendes Grundwasser) 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 bzw. bis 1 m über den höchsten Grundwasserzutritt, aber bis höchstens 1 m unter Flur zu führen. Bei steilen Hangneigungen bzw. bei dicht übereinanderliegenden Grundwasserstockwerken sind die Abstände den örtlichen Gegebenheiten anzupassen.

Werden Grundwassersperrern 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.

Bauwerkshinterfüllung, Erddruck auf Bauwerke

Der Erddruck auf Bauwerke (z. B. Schächte) für deren statische Bemessung ist u. a. vom für die Verfüllung verwendeten Material (Kennwerte s. Abschnitt 4.5), von dessen Verdichtung und von der Arbeitsraumbreite abhängig. Hier ist der Erdruchdruck E_0 , mindestens jedoch:

- bei einer Arbeitsraumbreite $\leq 1,0$ m ein Verdichtungserddruck von 40 kN/m²
- bei einer Arbeitsraumbreite $\leq 2,5$ m ein Verdichtungserddruck von 25 kN/m²

anzusetzen. Zwischenwerte können linear interpoliert werden.

5.2 Korrosionsverhalten von Böden

Die im Baugebiet anstehenden Bodenschichten wurden hinsichtlich ihres Korrosionsverhaltens auf erdverlegte Rohrleitungen aus unlegierten oder niedriglegierten Eisenwerkstoffen beurteilt. Grundlage hierfür war das DVGW-Arbeitsblatt GW 9⁷.

Die in diesem Arbeitsblatt beschriebenen chemischen und physikalischen Untersuchungen wurden im vorliegenden Fall nicht durchgeführt. Aufgrund der übrigen Beurteilungskriterien ist jedoch bei Grabenverfüllungen aus bindigen Erdstoffen von geringer (Bodenklasse Ib) bis mittlerer Korrosionswahrscheinlichkeit (Bodenklasse II) auszugehen. Bei Verfüllung mit trockenem oder erdfeuchtem Kies und Sand und über dem Grundwasser ist nicht mit korrosiver Wirkung zu rechnen.

Werden unlegierte und niedrig legierte Rohrleitungen und Behälter kathodisch geschützt oder Kunststoffrohre verwendet, so sind die vorigen Äußerungen nicht relevant.

5.3 Wasserhaltung im Bauzustand

In den Kanal- und Leitungsgräben wird es im größten Teil des Baugebiets zu Grundwasserzutritten kommen, die eine Wasserhaltung erforderlich werden lassen können. Im vorliegenden Fall dürfte allerdings nur mit geringen Wassermengen zu rechnen sein ($Q \leq 0,05$ l/s/lfm), die mit einer offenen Wasserhaltung problemlos beherrscht werden können.

Für eine belastbare Abschätzung des Grundwasserandrangs in den Gräben liegt keine ausreichende Datengrundlage vor. Hierzu wären Pumpversuche in ausreichend dimensionierten Grundwassermeßstellen zur Bestimmung des Durchlässigkeitsbeiwerts im Grundwasserleiter erforderlich. Anhand einer Abschätzung des Durchlässigkeitsbeiwerts aus Kornverteilungskurven nach der Methode von BEYER⁸ ergeben sich Durchlässigkeitsbeiwerte in der Größenordnung von $k \approx 1 \cdot 10^{-5}$ m/s. Diese Methode ist jedoch mit Unsicherheiten behaftet und nicht allzu genau. Die nachfolgende überschlägige Ermittlung des Grundwasserandrangs in den Gräben erfolgt mit

⁷ DVGW Arbeitsblatt GW 9: Beurteilung von Böden hinsichtlich ihres Korrosionsverhaltens auf erdverlegte Rohrleitungen und Behälter aus unlegierten oder niedriglegierten Eisenwerkstoffen. - Technische Regel Arbeitsblatt GW 9. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Eschborn, März 1986

⁸ zit. z.B. in: Hölting, B. und Coldewey, W.G. (2009): Hydrogeologie. Einführung in die Allgemeine und Angewandte Hydrogeologie. 7. neu bearb. und erw. Aufl. Heidelberg (Spektrum Akademischer Verlag).

einem Sicherheitszuschlag von ≈ 5 unter Annahme eines Durchlässigkeitsbeiwerts von $k = 5 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Als Absenkziel wird die Grabensohle bei einer erforderlichen Absenkung von maximal 2 m angenommen. Nach DUPUIT & THIEM bzw. CHAPMANN⁹ (Abschätzung des Grundwasserandrangs zu einem Graben bei offener Wasserhaltung) ergibt sich dann ein Grundwasserandrang von $Q \approx 0,03$ l/s/lfm, was bei einer angenommenen Abschlagslänge von 20 m einem Grundwasserandrang von $Q \approx 0,6$ l/s entspricht.

Sofern die vorgenommenen Abschätzungen zutreffend sind, sollten diese Wassermengen in Form einer offenen Wasserhaltung beherrschbar sein. Werden hierzu Dränleitungen verlegt, so sind diese im Endzustand zu unterbrechen, um ein ständiges Ableiten von Grundwasser zu verhindern (s.o.).

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

Parameter	Kanalisation	Gewässer
pH-Wert	6,0 - 10,0	6,5- 8,5
absetzbare Stoffe nach ½ Std.	1,0 ml/l	0,3 ml/l
abfiltrierbare Stoffe nach DIN EN 872	50 mg/l	20 mg/l
Kohlenwasserstoffe ges. nach DEV V H53	20 mg/l	5,0 mg/l
chlorierte Kohlenwasserstoffe (CKW)	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 keine schädlichen Auswirkungen auf die Nachbargrundstücke bzw. die Nachbarbebauung zu erwarten.

⁹zit. z.B. in: Herth, W., Arndts, E. (1994): Theorie und Praxis der Grundwasserabsenkung. 3. Aufl. Berlin (Ernst).

Austrocknungserscheinungen in den oberflächennahen bindigen Böden und dadurch induzierten Schrumpfsetzungen infolge einer Grundwasserabsenkung sind in Anbetracht der begrenzten Zeitdauer und der durch eine reine Schwerkraft-Grundwasserabsenkung nicht möglichen kurzfristigen Entwässerung bindiger Böden nicht zu rechnen.

5.4 Verkehrsflächen

Bei der Bemessung und Ausführung von Verkehrsflächen sind die Richtlinien der RStO 01¹⁰, der ZTV E-StB 94¹¹ und der ZTV T-StB 95¹². bzw. ZTV SoB-StB 04¹³ zu beachten.

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

¹⁰RStO 01: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen. - Ausgabe 2001, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn, Köln.

¹¹ZTV E-StB 94: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau. - Ausgabe 1994/Fassung 1997, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Köln.

¹²ZTV 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!**

¹³ZTV 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.

Baugrundgutachten

Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau

Seite 27 von 52 Seiten

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.

Die im Bereich des voraussichtlichen Erdplanums anstehenden Bodenschichten (Hanglehm und stark lehmiger Hangschutt) sind der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (sehr frostempfindlich) nach ZTV E-StB 94 zuzuordnen. 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 Frostempfindlichkeit des Bodens aus den „Richtwerten für die Dicke des frostsicheren Straßenaufbaues“ in cm (RStO 01, Abschnitt 3.2, Tabelle 6) und der Mehr- oder Minderdicke (RStO 01, Abschnitt 3.2, Tabelle 7) errechnet werden.

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus ergibt sich aus der Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus und ggf. abzüglich einer nach ZTV E-StB 94 bzw. ZTV T-StB 95 verfestigten oberen Zone eines frostempfindlichen Untergrunds bzw. Unterbaus bis zu einer Dicke von 20 cm.

Der Standort liegt in der Frosteinwirkungszone III nach Bild 6 RStO 01. Die Wasserverhältnisse sind als ungünstig im Sinne der ZTV E-StB 94 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 Abschläge eine Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus von 0,75 m (Bauklassen III und IV) bzw. 0,65 m (Bauklassen V und VI) erforderlich. In Abhängigkeit von der Ausführung der Randbereiche können sich abweichende Aufbaustärken ergeben.

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 gehören z.B. Maßnahmen zur Bodenverbesserung nach ZTV E-StB 94 (z.B. Bindemittelzugabe oder Bodenaustausch) oder Bodenverfestigung gemäß ZTV E-StB 94 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.

Baugrundgutachten

Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau

Seite 28 von 52 Seiten

Die bei Bodenverbesserungsmaßnahmen erreichbare Qualität ist stark von der möglichst homogenen Einmischung des hydraulischen Bindemittels in den Boden abhängig. Optimale Ergebnisse werden mit Bodenfräsen erzielt. Bei Einsatz von Raupen mit Reißzähnen o.ä. wird oft nicht die erwartete Verbesserung erreicht. Bei der Wahl des Bindemittels ist eine eventuell bestehende Nachbarbebauung zu berücksichtigen, da z.B. ungelöschter Kalk ätzend wirkt. Bei innerörtlicher Lage ist die Anwendbarkeit von Bodenverbesserungsmaßnahmen aufgrund möglicher Verwehungen von Bindemittel generell eingeschränkt und im Einzelfall zu prüfen.

Im allgemeinen beträgt der optimale Wassergehalt für die angetroffenen bindigen und gemischtkörnigen Böden im Übergangsbereich der Bodengruppen TM, GU* und TA (Hanglehm, lehmiger Hangschutt und Verwitterungston) rund 20-25 % bei einer Proctordichte um 1,6-1,7 g/cm³.

Oberflächennah (Hanglehm) sowie im stark verwitterten Opalinuston (Ton und Tonstein, halbfest) wurden Böden mit Wassergehalten meist um 20-24 % angetroffen (allerdings auch bis zu 30 % im Extremfall). 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 ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) ohne Bindemittelzugabe nicht erwartet werden. Bei Böden mit einer Konsistenz schlechter als halbfest und bei niederschlagsreicher Witterung wird eine Bindemittelzugabe jedoch ohnehin notwendig werden.

Die angetroffenen Böden liegen im Eignungsbereich für Feinkalk oder Kalkhydrat. Neben einer Kalkstabilisierung kommen auch Kalk-Zement-Gemische (z.B. Dorosol) zur Bodenverbesserung bzw. -verfestigung in Frage. Überschlägig 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 von den obigen Angaben abweichen. Bei anhaltend niederschlagsreicher Witterung muß mit starker Behinderung oder sogar vollständiger Einstellung der Erdarbeiten gerechnet werden. Möglicherweise reicht eine einlagige Stabilisierung (max. erreichbare Einfrästiefe ca. 0,40 m) nicht aus, um den erforderlichen Verformungsmodul auf dem Erdplanum zu erzielen. Es kann daher auch eine zweilagige Bodenverbesserung erforderlich werden.

Baugrundgutachten

Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau

Seite 29 von 52 Seiten

Bei trockenen Böden/trockener Witterung und Bindemittelzugabe zum Erreichen ausreichender Festigkeit kann auch eine Wasserzugabe erforderlich werden, um ein Abbinden des Bindemittels zu ermöglichen. Generell ist in derartigen Fällen der Einsatz eines Mischbinders mit geringem Kalkanteil (z.B. Dorosol C 30) zu empfehlen, da Kalk eine stärkere Verringerung des Wassergehalts bewirkt als Zement. Mit einer Bindemittelmenge von rund 2-3% bezogen auf die Trocken-dichte des Bodens (30-50 kg/m³ bzw. 10-15 kg/m² bei einer Einfrästiefe von 0,30 m) wurden bei von uns betreuten Erdbaumaßnahmen in der Vergangenheit schon gute Erfolge erzielt.

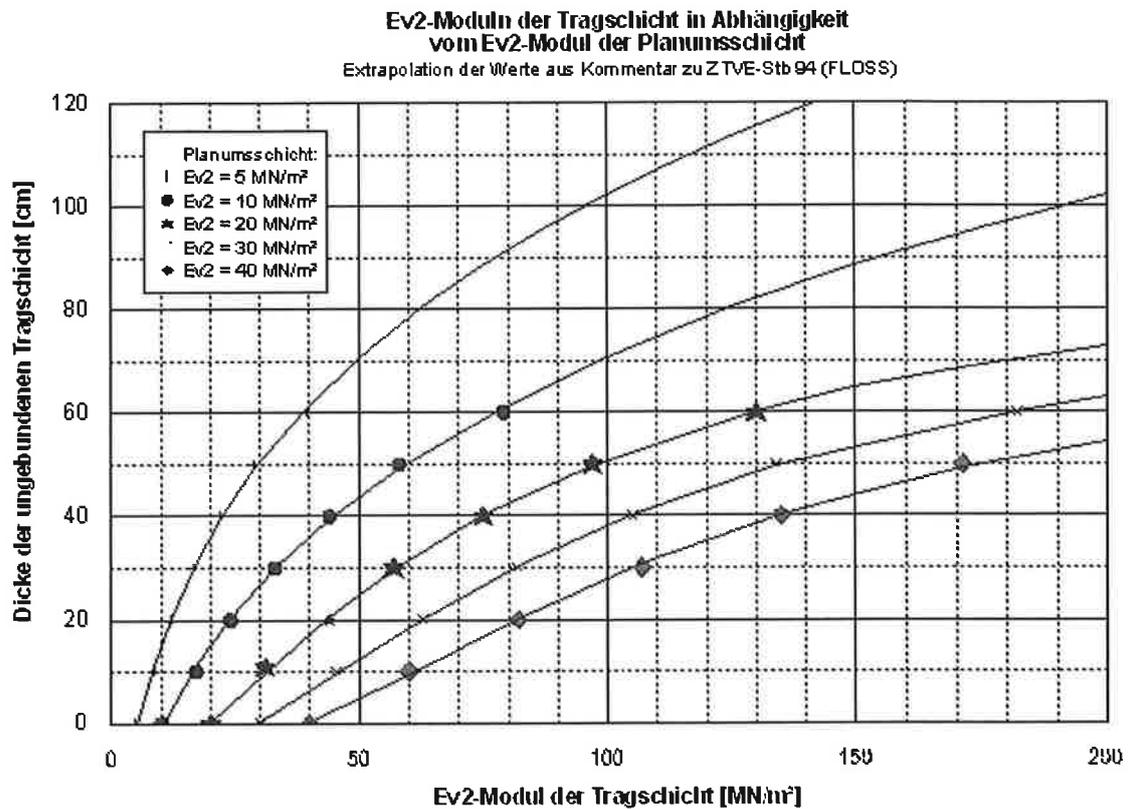
Im Bedarfsfall sind Testfelder zur Ermittlung der optimalen Bindemittelzugabemenge und Dicke der Bodenverbesserung anzulegen oder Eignungsprüfungen durchzuführen (v.a. bei Bodengruppe TA, die im Grenzbereich der Anwendbarkeit von Bodenverbesserungsmaßnahmen liegt). Im Bereich wenig geeigneter oder ungeeigneter Böden (z.B. Böden der Bodengruppe TA oder mit organischen Beimengungen) oder bei hoch anstehendem Grundwasser können auch zusätzlich die anderen genannten Verbesserungsmaßnahmen erforderlich werden. Die Bodenverbesserung ist so zu dimensionieren, daß auf dem Planum der geforderte Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45$ MN/m² erreicht wird und darauf ein Regelaufbau nach RStO 01 hergestellt werden kann.

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 $E_{v2} \geq 45$ MN/m² 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 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 (Hanglehm) bei guter Witterung erreichbare Verformungsmodul wird auf ca. $E_{v2} \approx 10-15 \text{ MN/m}^2$ geschätzt. Dies bedeutet, daß eine Mächtigkeit der ungebundenen Tragschicht von ca. 0,70 m - 0,80 m einzuplanen wäre, um an deren Oberkante einen Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen. Um einen Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen (Bauklassen IV und III) wäre demnach eine Tragschichtdicke von 0,80 m - 0,90 m erforderlich.

In den ZTV E-StB 94 sind nur Angaben für die auf Tragschichten bis 0,60 m Dicke erreichbaren Verformungsmoduln enthalten. 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.

Baugrundgutachten

Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau

Seite 31 von 52 Seiten

Zur wirtschaftlichen Bemessung des Oberbaus werden Plattendruckversuche nach DIN 18 134 auf dem verdichteten Erdplanum empfohlen (können ggf. durch unser Haus durchgeführt werden). Mit den hierdurch nachgewiesenen Verformungsmoduln des Untergrunds läßt sich die Dimensionierung der Tragschichtmächtigkeit bzw. Stärke der Bodenverbesserung optimieren.

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 Fachliteratur¹⁴ entnommen oder bei Bedarf durch unser Haus angegeben werden.

Aufgrund der hydrogeologischen Situation kann es zu geländenahen Wasserständen und den Straßenkörper gefährdenden Vernässungen kommen. Eventuell anfallendes Wasser ist daher durch Sickeranlagen zu fassen und abzuleiten. Hierbei sind die Angaben der RAS-Ew¹⁵ und der ZTV E-StB 94 zu beachten. Danach kann die Frostschutzschicht neben der Frostsicherung und Lastverteilung auch die Funktion einer Planumssickerschicht bzw. Flächendränage erfüllen. Diese gilt als gewährleistet, wenn das Mineralstoffgemisch im eingebauten Zustand eine vertikale Durchlässigkeit von $k \geq 1 \cdot 10^{-5}$ 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 Gegengefälle 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 05¹⁶ mindestens der Georobustheitsklasse GRK 3 als Trennschicht zu gewährleisten. Im Bereich von Baustraßen ist wegen der erhöhten Walkbeanspruchung durch den Baustellenverkehr mindestens GRK 4 zu verwenden. Alternativ kann eine Bodenverbesserung oder Bodenverfestigung erfolgen.

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

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

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

Baugrundgutachten*Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau*

Seite 32 von 52 Seiten

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. Bei großflächigen Maßnahmen ist in der Regel die Ausbildung von Dachprofilen und eine Entwässerung über Dränstränge an den Tiefpunkten sinnvoll und wirtschaftlich. Bei der Planung eines bauzeitlichen Entwässerungskonzepts können wir im Bedarfsfall gerne beratend tätig werden.

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. Es wird in jedem Fall eine ständige Überwachung mittels Densitometerversuchen und Wassergehaltsbestimmungen, Rammsondierungen bzw. Plattendruckversuchen empfohlen (kann ggf. durch unser Haus durchgeführt werden).

Wenn keine Bodenverbesserung erfolgt, ist nach der Herstellung des Rohplanums der Einbau einer Lage aus Grobschotter als Basis zu empfehlen. Darüber kann kornabgestuftes, gebrochenes, gut verdichtbares Material lagenweise bei optimaler Verdichtung eingebaut werden.

Baugrundgutachten

Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau

Seite 33 von 52 Seiten

Sämtliche Böden und Baustoffgemische für Tragschichten müssen die Anforderungen der TL SoB-StB 04¹⁷ erfüllen und nach TL G SoB-StB 04¹⁸ güteüberwacht sein. Baustoffe aus industriell hergestellten Gesteinskörnungen und RC-Baustoffe sind zudem auf Eignung und Reinheit gemäß TL Gestein-StB 04¹⁹ bzw. TL G SoB-StB 04 und Dihlmann-Erlass²⁰ zu prüfen.

Insbesondere bei wasserdurchlässigen Belägen und Bauweisen mit Pflasterdecken ist darauf zu achten, daß das Tragschichtmaterial dauerhaft wasserdurchlässig ($k \geq 2 \cdot 10^{-4}$ 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 verwenden²¹. Auf Gemische mit einem Größtkorn von 56 mm sollte wegen der 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 (Schropfen 0/200, Feinkornanteil <0,063 mm unter 5 M-%) oder KFT 2/45 bzw. 2/56 in einer Dicke von mindestens 0,20 m zu empfehlen.

Bei Ausführung wasserdurchlässiger Beläge auf gering durchlässigem Untergrund kommt es nicht zu einer nennenswerten Versickerung von Niederschlagswasser. Allerdings kann durch die Speicher- und Retentionswirkung der Tragschichten sowie durch Verdunstung mit einer Reduktion des Oberflächenabflusses auf 5-20 % gegenüber versiegelten Flächen gerechnet werden. Oberflächenabfluss tritt im allgemeinen erst dann auf, wenn die Niederschlagsintensität die

¹⁷TL 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.

¹⁸TL 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.

¹⁹TL Gestein-StB 04: Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau. - Ausgabe 2004. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau, Köln.

²⁰Vorläufige 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.

²¹Bei 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.

Baugrundgutachten

Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürna

Seite 34 von 52 Seiten

Infiltrationsleistung des Oberbelags übersteigt. Es ist jedoch zu beachten, daß es durch zeitweiligen Sickerwassereinstau auf dem Erdplanum zu einer temporären Tragfähigkeitsverminderung kommen kann. Dem ist durch entsprechende Dimensionierung der Tragschichten zu begegnen. Im Ausführungsfall können wir bei der Planung diesbezüglicher Maßnahmen gerne beratend tätig werden.

Bei Bauweisen mit Pflasterdecken empfehlen wir, als Verlegebett keinen Muschelkalk- oder Jurasplitt zu verwenden. Nach unseren Erfahrungen neigt Kalksteinmaterial zur Verwitterung zu Feinkorn, welches sowohl das Verlegebett als auch die Tragschicht verschlämmt und wasserundurchlässig macht. Infolgedessen kann es, wenn Wasser durch die Fugen des Pflasterbelags eindringt, durch auf dem Verlegebett stehendes Wasser im Winter zu Frosthebungen und ganzjährig zu Hebungen und Senkungen infolge Durchfeuchtung/Trocknung kommen.

Das verwendete Bettungsmaterial muss daher ebenfalls hochfest (Schlagzertrümmerungswert SZ(8/12) <18 M-%) und von gedrungener Kornform sein, um Zerreibung und Kornzerkleinerung zu vermeiden. Die dauerhafte Wasserdurchlässigkeit des Bettungsmaterials ist bereits bei der Sieblinie zu berücksichtigen (Fülleranteil <0,063 mm \leq 5M%). Nach unserer Einschätzung wäre beispielsweise ein Gemisch²² aus Edelbrechsand 0/2 (30%) und Edelsplitt 2/5 (70%) oder kalkarmer Moränesplitt der Körnung 2/5 als Verlegebett gut geeignet. Vor allem bei Ausführung von Tragschichten ohne Feinkorn (z.B. 2/45 oder 2/56) ist auf die Verwendung weitgestufter Korngemische ($U \geq 13$) und auf ausreichende Filterstabilität²³ zwischen Bettungsmaterial und Tragschichtmaterial zu achten, damit kein Bettungsmaterial in die Tragschicht eindringen kann. Alternativ könnte die Verlegung eines Vlieses als Trennschicht zwischen Tragschicht und Verlegebett erwogen werden.

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).

²² Dieses Gemisch kann bei ausreichender Fugenbreite ggf. auch für die erste Fugenverfüllung verwendet werden. Abschließend muss die Fuge allerdings mit feinen Materialien wie z.B. Edelbrechsand 0/2 oder Brechsand-Splitt-Gemisch 0/5 eingeschlämmt werden.

²³ $D_{15}/d_{85} \leq 5$ und $D_{50}/d_{50} \leq 25$
Korndurchmesser der Tragschicht (D) bzw. Bettung (d) bei 15%, 50% bzw. 85% Siebdurchgang.

5.5 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, spätestens jedoch bei der Auftragsvergabe, ist über die Prüfmethode gem. Abschn. 14.1 ZTV E-StB, das geeignete Verdichtungskriterium und über die geeigneten Prüfverfahren gem. Abschn. 14.2 ZTV E-StB ggf. mit den erforderlichen Kalibrierungen im Rahmen der Probeverdichtung gem. Abschnitt 3.3.2 ZTV E-StB zu entscheiden.

Wenn in der Leistungsbeschreibung keine der drei Prüfmethoden gem. Abschnitt 14.1 ZTV E-StB festgelegt wurde, gilt die Methode M 3 nach Abschnitt 14.1.4 einschließlich des Mindestumfangs der Eigenüberwachungsprüfungen nach Tabelle 7 als vereinbart:

Planum:	3 Prüfungen je angef. 4 000 m ²
Unterbau:	3 Prüfungen je angef. 5 000 m ²
Untergrund:	3 Prüfungen je angef. 5 000 m ²
Bauwerkshinterfüllung:	3 Prüfungen je angef. 500 m ³
Bauwerksüberschüttung:	3 Prüfungen innerhalb des ersten Meters der Überschüttung
Leitungsgraben:	3 Prüfungen je angef. 150 m Länge pro m Grabentiefe
bei kommunalen Straßen und bei abschnittweisem Bauen:	1 Prüfung je angef. 2 000 m ² mindestens aber 1 Prüfung je 100 m

Für Schottertragschichten ist gemäß ZTV SoB-StB 04²⁴ im Zuge der Eigenüberwachung durch den Auftragnehmer die Korngrößenverteilung und der Feinkornanteil alle 2 500 t Baustoffgemisch zu überprüfen. Der Verdichtungsgrad ist im kommunalen Straßenbau alle 100 m, sonst alle 500 m oder je angef. 6 000 m² Einbaufläche und der Verformungsmodul E_{v2} nach Erfordernis, jedoch mindestens je angef. 6 000 m² Einbaufläche zu prüfen.

Die nachfolgende Tabelle gibt die im vorliegenden Fall anzuwendenden Verdichtungsanforderungen, den erforderlichen Umfang der Eigenüberwachungsprüfungen nach Methode M 3 gem. Abschnitt 14.1.4 ZTV E sowie die empfohlenen bzw. geeigneten Prüfmethoden an:

²⁴ZTV 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.

Baugrundgutachten

Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürna

Prüfzone	Verdichtungsanforderung	Umfang der Eigenüberwachungsprüfungen	empfohlene Prüfmethode	alternative Prüfmethode*
Leitungszone	$D_{Pr} \geq 97\%$	3 Prüfungen pro 150 m Grabenlänge	Dichtebestimmung (Densitometer), Ermittlung Bezugsproctorwerte	Rammsondierung (DIN 4094)
Verfüllzone	$D_{Pr} \geq 95\% - 100\%$ (materialabhängig)	3 Prüfungen pro 150 m Grabenlänge und je Meter Einbaustärke	Dichtebestimmung (Densitometer), Ermittlung Bezugsproctorwerte	Rammsondierung (DIN 4094), Plattendruckversuch (DIN 18 134) empfohlen je Einbaulage, min. je Meter Einbaustärke
Bauwerkshinterfüllung, Arbeitsraumverfüllung, Lärmschutzwälle	$D_{Pr} \geq 100\%$ $D_{Pr} \geq 95\%$	3 Prüfungen pro 500 m ³ Einbauvolumen	Dichtebestimmung (Densitometer), Ermittlung Bezugsproctorwerte	Rammsondierung (DIN 4094), Plattendruckversuch (DIN 18 134) empfohlen je Einbaulage, min. je Meter Einbaustärke
Straßenbereich Bauklasse III/IV	$D_{Pr} \geq 103\%$ $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,2$	1 Prüfung je angef. 2000 m ² , mindestens aber 1 Prüfung pro 100 m ^{**}	Plattendruckversuch (DIN 18 134)	
Anliegerstraßen, Parkflächen Bauklasse V/VI	$D_{Pr} \geq 103\%$ $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,3$			
Gehwege	$D_{Pr} \geq 98\%$ $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$ $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,5$			
Erdplanum	$E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,5$ $D_{Pr} \geq 95\% - 100\%$ (material- und tiefenabhängig)			
<p>* keine direkte Korrelation zwischen Prüfmerkmal und Verdichtungsanforderungen; muß durch Kalibrierungsversuche im Einzelfall ermittelt werden ** 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. Bei Schottertragschichten sind Kontrollprüfungen der Korngrößenverteilung und der Feinanteil alle 5 000 t Baustoffgemisch durchzuführen. Der Verdichtungsgrad und der Verformungsmodul E_{v2} sind nach Erfordernis, jedoch mindestens je angef. 6 000 m² Einbaufläche zu prüfen.

Kontrollprüfungen sollten zweckmäßigerweise zusammen mit der Eigenüberwachung erfolgen. Eigenüberwachungsprüfungen im Beisein des Auftraggebers können als Kontrollprüfungen gewertet werden.

Baugrundgutachten

Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau

Seite 37 von 52 Seiten

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

5.6 Bebauung

5.6.1 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 β** 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.

Baugrundgutachten*Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau*

Seite 38 von 52 Seiten

Danach und nach den vorliegenden Untergrundverhältnissen können Baugrubenwände über dem Grundwasser bei ausreichenden Platzverhältnissen bis zu einer Höhe von 2,5 - 3,0 m voraussichtlich größtenteils frei unter einem Winkel von $\beta \leq 60^\circ$ abgeböschet werden.

Wenn grundwasserführende Schichten angeschnitten werden ist der Böschungswinkel mindestens auf 45° zu verringern. Je nach Grundwasserandrang und örtlicher Beschaffenheit des Baugrunds kann auch eine weitere Verflachung, die Anordnung von Bermen oder ein partieller oder vollständiger Baugrubenverbau erforderlich werden. Hierzu können vorab keine allgemein gültigen Angaben gemacht werden. Entsprechende Maßnahme sind im Einzelfall durch einen Baugrund-sachverständigen festzulegen.

In Baugruben wird es je nach Lage im Baugebiet 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 ggf. behördliche Auflagen (Einleitergrenzwerte) zu beachten. 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 der Baugrube bzw. der Arbeitsraumverfüllung zu vermeiden, sind daher in den Gräben der Ver- und Entsorgungsleitungen am Rand der Baugrube Grundwassersperrn (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 (Rohraufleger, Leitungszone, eventuelle bauzeitlichen Dränagen) wirksam unterbrechen.

5.6.2 Gründung

Da noch keine konkrete Planung vorliegt können an dieser Stelle nur allgemeine Hinweise zur Gründung gegeben werden. Diese können eine einzelfallbezogene Gründungsberatung nicht ersetzen. Die im folgenden Abschnitt genannten Bemessungsgrößen sind als Richtwerte zu verstehen. Die im konkreten Einzelfall gültigen Werte können sowohl nach oben als auch nach unten abweichen. Zur Konkretisierung sind voraussichtlich weitere Aufschlüsse erforderlich, deren Zahl, Anordnung und Tiefe auf die jeweilige Planung abzustimmen ist.

Dem zur Verfügung gestellten Bebauungsplan zufolge ist eine Wohnbebauung mit Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäusern geplant. Es ist daher in der Regel von der Errichtung nicht oder einfach unterkellertes Gebäude auszugehen. Nähere Angaben zur geplanten Bebauung liegen uns nicht vor.

Mögliche Gründungssohlen werden damit je nach Lage im Baugebiet im Hanglehm, Hangschutt, Verwitterungston oder mehr oder weniger verwittertem Tonstein sowie teilweise im Grundwasser liegen. Nach den vorliegenden Untergrundverhältnissen wird daher in der Regel eine konventionelle Flach- bzw. Flächengründung mit Streifen- und Einzelfundamenten oder elastisch gebetteter Platte möglich sein. Der Lastabtrag ist generell in Schichten einheitlichen Tragverhaltens vorzunehmen.

Gleichmäßigen Baugrund im Lastabtragsbereich vorausgesetzt kann unter den in DIN 1054 Abschnitt 7.7 genannten Einschränkungen je nach Boden- bzw. Gesteinsart sowie Einbindetiefe und Fundamentbreite ein aufnehmbarer Sohldruck von schätzungsweise $\sigma_{zul} \approx 100-400 \text{ kN/m}^2$ für mittig belastete Fundamente angesetzt werden.

Sollte z.B. aufgrund hoher und/oder asymmetrisch verteilter Gebäudelasten oder bei örtlich bis in größere Tiefe schlechter Tragfähigkeit des Untergrunds eine konventionelle Gründung nicht möglich sein, können je nach den Gegebenheiten des Einzelfalls eine Plattengründung (ggf. mit ausgesteiftem Untergeschoß), ein Bodenaustausch, eine vertiefte Flachgründung („Magerbetonplomben“, Brunnen- oder Pfeilergründung bis auf tragfähigen Untergrund unter Einzelfundamenten und in Abständen unter Streifenfundamenten) sowie Sondergründungsmaßnahmen wie z.B. unvermörtelte oder vermörtelte Schotterrüttelsäulen, Betonrüttelsäulen, Bodenverbesserung/-verfestigung oder Tiefgründung (Bohr- oder Ramppfähle) je nach Gebäudeausführung (Unterkellerung) wirtschaftlich sein oder erforderlich werden.

Aufgrund der örtlichen wechselnden Baugrund- und Grundwasserverhältnisse, die eine einzelfallbezogene Beurteilung auch des ungünstigen Einflusses von Grundwasser hinsichtlich Grundbruchsicherheit von Fundamenten erforderlich machen, ist eine nähere Spezifizierung des im Einzelfall tatsächlich möglichen aufnehmbaren Sohldruck nicht möglich. Eine objektbezogene Baugrunderkundung und Gründungsberatung wird dringen empfohlen.

Durch die bisherige Erkundung im Baugebiet, die hauptsächlich auf Erschließungsmaßnahmen ausgerichtet war, können auch für mögliche Gründungsvarianten noch keine Bemessungsansätze angegeben werden. Insbesondere bei einer eventuellen Plattengründung nicht unterkellertes Gebäude ist deren Realisierbarkeit durch eine Setzungsberechnung sorgfältig zu untersuchen.

5.6.3 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 des Untergrunds mindestens 10^{-4} m/s). Es ist keine Dränage nach DIN 4095 notwendig.

Anwendung bei bindigen Böden und bindiger Arbeitsraumverfüllung (Durchlässigkeitsbeiwert k 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, erdüberschüttete 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).

Baugrundgutachten

Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau

Seite 41 von 52 Seiten

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 ($k < 10^{-4}$ 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 druckwasserdicht²⁵ nach DIN 18 195, Teil 6, Abschnitt 8 (z.B. als "Schwarze Wanne" oder in wasserundurchlässigem Beton nach DIN 1045 ("Weiße Wanne"²⁶) mit entsprechender Rissebewehrung) und auftriebssicher auszuführen. Auf Höhe des Bemessungswasserstands ist eine Sicherheitsdränage ohne Gefälle zu verlegen.

Zur Gewährleistung der Grundwasserumläufigkeit nach Erstellung von Bauwerken und des hydraulischen Anschlusses der Sicherheitsdränage sind die Arbeitsräume mit gut wasserdurchlässigem Material bis auf Höhe des Rohrscheitels der Sicherheitsdränage zu verfüllen.

Die Sicherheitsdränage wird nur bei extremem 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.

Erdeinbindende Bauteile über dem Bemessungswasserstand sind ebenfalls gegen Durchfeuchtung aus dem Untergrund zu schützen. Im vorliegenden Fall (gering wasserdurchlässiger Untergrund mit $k < 10^{-4}$ m/s) ist mindestens eine Abdichtung nach DIN 18 195, Teil 4 gegen Erdfeuchtigkeit erforderlich. Sollte die Anordnung einer Sicherheitsdränage im vorgeschlagenen Niveau nicht möglich oder zulässig sein, so ist eine druckwasserdichte und auftriebssichere Ausführung bis auf Höhe des endgültigen Geländes erforderlich. Die Ausführung erdeinbindender Bauteile

²⁵Fenster/Lichtschächte/außenliegende Abgänge im UG beachten!

²⁶ 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.

über dem Bemessungswasserstand mit einer konventionellen Abdichtung gegen Erdfeuchtigkeit nach DIN 18 195, Teil 4, ist nicht ausreichend, wenn keine Dränage ausgeführt werden kann.

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

Die Festlegung des Bemessungswasserstand im Sinne des höchsten zu erwartenden Grundwasserstands soll möglichst auf Basis langjähriger Grundwasserstandsmessungen erfolgen. Dies ist wegen kurzer Planungszeiträume in der Regel nicht möglich, so daß auch kürzere Meßzeiträume oder Einzelmessungen herangezogen werden. Im vorliegenden Fall sind nach unserer Einschätzung jedoch noch mindestens einige Stichtagsmessungen des Grundwasserstands über das Winterhalbjahr erforderlich, bevor hydrogeologisch begründete Vorschläge zur Festlegung des Bemessungswasserstands gemacht werden können.

Vorläufig kann hinsichtlich der Festlegung des Bemessungswasserstands wie in Abschnitt 4.3 beschrieben verfahren werden. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß dies lediglich ein Vorschlag ist. Die rechtsverbindliche Festlegung des Bemessungswasserstands erfolgt durch die Untere Wasserbehörde im Rahmen eines wasserrechtlichen Erlaubnisverfahrens, das für jedes bis ins Grundwasser oder den Grundwasserschwankungsbereich einbindende Bauvorhaben rechtzeitig vor Beginn der Baumaßnahme durchzuführen ist. Diese ist an unsere Vorschläge nicht gebunden und kann auch abweichende Festlegungen treffen.

5.6.4 Bau von Regenwasserzisternen

Beim Bau von Regenwasserzisternen ist der hohe Grundwasserstand zu berücksichtigen. Zisternen sind so herzustellen, daß sie bis auf Höhe des Bemessungswasserstands (bei Ausführung einer Sicherheitsdränage auch für die Zisterne) bzw. 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.

5.6.5 Erdbebengefährdung

Nach der 2005 neu aufgelegten Karte der Erdbebenzonen für Baden-Württemberg bzw. nach DIN 4149:2005-04 liegt das Baugebiet in der **Erdbebenzone 0**. Es werden daher keine besonderen Erdbebenvorkehrungen gefordert..

5.7 Beschaffenheit von Aushubmaterial hinsichtlich Kontamination, Entsorgung von Aushubmaterial

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 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 VwV²⁷ bzw. des Dihlmann-Erlasses²⁸ einzustufen.

Im vorliegenden Fall ist insbesondere darauf hinzuweisen, daß v.a. im Festgestein des Opalinustons geogen bedingte, sehr hohe Sulfatgehalte vorliegen. Bei der Untersuchung dieses Bodens auf Betonaggressivität nach DIN 4030 wurde ein Sulfatgehalt festgestellt, der den Grenzwert Z 2 der VwV um ein mehrfaches überschreitet.

Derartiges Material kann in Absprache mit den Fachbehörden möglicherweise im Baugebiet wiederverwertet werden. Wenn eine örtliche Wiederverwertung nicht möglich ist, muß Aushubmaterial allerdings auf geeignete Deponien verbracht werden.

²⁷Verwaltungsvorschrift des Umweltministerium Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14.03.2007.

²⁸Vorläufige 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.

Im Hanglehm, Hangschutt und Verwitterungston sind derart hohe Sulfatbelastungen eher nicht zu erwarten. Da diese Böden jedoch diesbezüglich nicht untersucht wurden, sind keine abgesicherten Angaben hierzu möglich.

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

5.8 Versickerung von Oberflächen-, Dachflächen- und Dränagewasser

Die Bemessung und Herstellung von Versickerungsanlagen ist im DWA-Arbeitsblatt A 138²⁹ beschrieben. Zur Versickerung anfallenden Oberflächen-, Dachflächen- und Dränagewassers stehen demnach prinzipiell folgende Möglichkeiten zur Verfügung:

- Flächenversickerung
- Muldenversickerung
- Rigolen- und Rohrversickerung
- Schachtversickerung

sowie Kombinationen dieser Varianten.

Gemäß DWA-Arbeitsblatt A 138 sind für Versickerungen generell Locker- und Festgesteine mit Durchlässigkeitsbeiwerten von $k \geq 10^{-6}$ m/s geeignet. Außerdem ist ein Abstand der Sohle der Versickerungseinrichtung vom mittleren höchsten Grundwasserstand³⁰ von $\geq 1,0$ m einzuhalten, um eine ausreichende Sickerstrecke zu gewährleisten.

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

²⁹ 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.

³⁰ = 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.

Bodenart	Bodengruppe (DIN 18 196)	k [m/s]	Durchlässigkeitsbereich
Hanglehm, stark lehmiger Hangschutt, Verwitterungston, stark verwitterter Tonstein	TM, TA, GU*	$< 10^{-8}$	sehr schwach durchlässig
Tonstein, fest	-	$10^{-8} - 10^{-6}$	schwach durchlässig
schwach lehmiger Hangschutt	GU	$10^{-6} - 10^{-4}$	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.

Im größten Teil des Baugebiets und insbesondere am Standort der geplanten Versickerungsanlage liegen darüber hinaus so geländenahe Grundwasserstände vor, daß der geforderte Abstand von 1 m zwischen der Sohle der Versickerungseinrichtung und dem höchsten zu erwartenden Grundwasserstand nicht eingehalten werden kann und Versickerungsanlagen daher nicht zulässig sind.

Da die direkte, ungedrosselte Ableitung von Regenwasser in Kanalsystemen aus ökologischer und hydrogeologischer Sicht (Verringerung der Grundwasserneubildungsrate) jedoch sehr ungünstig zu bewerten ist, sind möglichst Maßnahmen zur Abflußdämpfung, Retention und Verdunstung des Niederschlagswasser (z.B. Dachbegrünung, Mulden, Teichflächen, Rückhaltebecken, wasser-durchlässige Befestigung von Verkehrsflächen soweit zulässig) vorzusehen. Bei starkem Wasseranfall werden diese Maßnahmen jedoch nicht ausreichend sein, so daß ein Notüberlauf („Hochwasserentlastung“, möglichst mit Anschluß an ein Trennsystem) erforderlich wird.

Diese Anforderungen können durch eine Retentionsanlage mit Hochwasserentlastung und Drosselablauf am geplanten Standort der Versickerungsanlage wahrscheinlich erfüllt werden.

Auch eine Versickerung von Dränwasser auf den jeweiligen Baugrundstücken, das in sehr viel geringeren Mengen anfallen wird, ist wegen der hydrogeologischen Situation ebenfalls nicht

möglich. Dränwasser wird ggf. aus Sicherheitsdränagen anfallen. Wenn nun der Grundwasserstand so weit ansteigt, daß die Sicherheitsdränage anspringt, kann anfallendes Dränwasser aufgrund des zu diesem Zeitpunkt hohen Grundwasserstands nicht versickern. Die Sicherheitsdränage würde in diesem Fall ihre statische Funktion verlieren mit der Folge der Gefahr des Aufschwimmens von Gebäuden oder zu hohen hydrostatischen Drucks auf grundwasserberührte Wände und Fußböden.

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.

5.9 Wasserrechtlicher Hinweis

Wir empfehlen, wasserrechtlich relevante Maßnahmen wie Regenwasserbewirtschaftung, Erdwärmenutzung, eventuell erforderliche Wasserhaltungsmaßnahmen sowie Abdichtung und Entwässerung von Gebäuden frühzeitig mit der Wasserrechtsbehörde abzustimmen, damit eventuelle Auflagen bei der Planung berücksichtigt werden können. Die Wasserrechtsbehörde kann Auflagen erteilen, die von den hier gegebenen Empfehlungen abweichen oder darüber hinaus gehen.

Da sämtliche Baumaßnahmen (sowohl bei der Erschließung als auch bei jedem Einzelbauvorhaben) einen Eingriff ins Grundwasser bzw. den Grundwasser-Schwankungsbereich bedeutet, ist vor Beginn der Baumaßnahmen ein Wasserrechtsverfahren bei der Unteren Wasserbehörde (Wasserwirtschaftsamt) am zuständigen Landratsamt Göppingen einzuleiten (lt. Wasserhaushaltsgesetz, WHG, der Bundesrepublik Deutschland; §§ 2, 3 und 7).

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

Merkblatt

Grundwasserabsenkung

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 Bauwerks
- 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

5.10 Weitere Hinweise zur Erschließung und Bauausführung

In geneigten Baugebieten bei gering wasserdurchlässigen Böden kann es bei und nach Starkregen zu Oberflächen- und/oder Zwischenabfluß kommen. Zwischenabfluß („Schichtwasser“) kann z.B. an der Basis des Mutterbodens oder am Übergang von besser durchlässigem Hanglehm zu sehr gering durchlässigem Verwitterungston oder Tonstein erfolgen. An lokal guten Wasserwegsamkeiten (z.B. alte Felddränagen, Maus- und Maulwurfsgänge) kann der auftretende Zwischenabfluß z.T. bedeutend sein.

In Baugruben ist zu beachten, daß es aufgrund der oben geschilderten Zusammenhänge zu plötzlichem und starkem Wassereintrag kommen kann, auch wenn beim Aushub kein Grund- oder Schichtwasser angetroffen wurde.

Um den Eintrag von Oberflächenwasser in das Baugebiet möglichst zu vermeiden, empfehlen wir, hangseitig des Baugebiets Entwässerungsgräben anzulegen.

Da das vorhandene Gelände teilweise 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 oder Betonrecycling mit Zulassung nach TL Gestein-StB 04³¹ bzw. TL G SoB-StB 04³² und Dihlmann-Erlass³³) oder verbesserten (durch Bindemittelzugabe) bindigen Boden einzubauen.

³¹TL Gestein-StB 04: Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau. - Ausgabe 2004. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau, Köln.

³²TL 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.

³³Vorläufige 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.

Zur Herstellung von Tragschichten unter Bodenplatten sollte körniges Material, wie z. B. Betonrecycling, 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.

6 Zusammenfassung und Schlußbemerkungen

Die Gemeinde Dürnau beabsichtigt die Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“. 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 zehn Kleinbohrungen abgeteuft, bodenmechanische und chemische Laboruntersuchungen durchgeführt sowie die eingangs genannten Unterlagen ausgewertet.

Das geplante Neubaugebiet liegt in der Erdbebenzone 0 und außerhalb von Wasserschutzgebieten.

Baugrundgutachten*Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau*

Seite 50 von 52 Seiten

Den Erkundungsergebnissen zufolge stehen oberflächennah unter lokalen, organoleptisch unauffälligen mineralischen Auffüllungen bindige und gemischtkörnige quartäre Deckschichten an (Hanglehm, stark lehmiger Hangschutt). Der tiefere Teil des Hangschutts ist weniger lehmig und grundwasserführend.

Der präquartäre Untergrund besteht aus zuoberst entfestigten und stark verwitterten Schichten der geologischen Formation des Opalinustons (Brauner Jura α , Unter-Aalenium al1) in Form von Verwitterungston und halbfestem Tonstein. Zur Tiefe hin nimmt der Tonstein mit abnehmendem Verwitterungsgrad feste Konsistenz an.

Besonders im westlichen Teil des Baugebiets liegen sehr geländenahe Grundwasserstände vor, die besondere Maßnahmen beim Bauen erforderlich machen. Bei Baumaßnahmen ist damit zu rechnen, daß das Grundwasser oder der Grundwasserschwankungsbereich berührt wird. Es sind daher Wasserrechtsverfahren für sämtliche Baumaßnahmen durchzuführen.

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

Beim Kanal- und Leitungsbau fallen vorwiegend Böden der Bodenklasse 3 bis 5 an. Örtlich wird auch ein Aushub in festem Tonstein der Bodenklasse 6 erforderlich sein. Mit Grundwasserzutritten, die eine Wasserhaltung erforderlich werden lassen, ist zu rechnen. Die Grundwasserzutritte werden jedoch voraussichtlich nicht allzu stark sein und mit einer offenen Wasserhaltung beherrschbar sein.

Beim Verkehrsflächenbau ist auf dem frostempfindlichen Erdplanum damit zu rechnen, daß eine ausreichende Tragfähigkeit zur Herstellung von Regelaufbauten nach RStO erreicht werden kann. Hier werden besondere Maßnahmen erforderlich (Bodenverbesserung, Bodenaustausch oder Erhöhung der Tragschichtdicke).

Bei ausreichenden Platzverhältnissen können Baugrubenwände für die Wohnbebauung voraussichtlich frei unter einem Winkel von 45° bis 60° geböschet werden. Bei Grundwasserzutritten können Abflachungen und/oder andere Sicherungsmaßnahmen erforderlich werden.

Für Einzelbauvorhaben können nur allgemeine Hinweise zur Gründung gegeben werden. Diese können eine einzelfallbezogene Gründungsberatung nicht ersetzen.

Baugrundgutachten*Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau*

Seite 51 von 52 Seiten

Der Abtrag von Gebäudelasten wird in der Regel in Form einer konventionellen Flach- bzw. Flächengründung möglich sein. Aufgrund der wechselnden Baugrund- und Grundwasserverhältnisse im Baugebiet wird eine objektbezogenen Baugrunderkundung und Gründungsberatung empfohlen.

Erdeinbindende Baukörper im Grundwasser und im Grundwasserschwankungsbereich müssen druckwasserdicht und auftriebssicher ausgeführt und über eine Sicherheitsdrainage auf Höhe des Bemessungswasserstands abgesichert werden. Alternativ kann eine druckwasserdichte und auftriebssichere Ausführung bis auf Höhe des endgültigen Geländes ohne Sicherheitsdrainage erfolgen.

Schwach verwitterter Tonstein des Opalinustons ist aufgrund seines Sulfatgehalts betonaggressiv. Eine eventuelle Betonaggressivität oberflächennaher Schichten (Hanglehm, Hangschutt, Verwitterungston) ist wenig wahrscheinlich, kann jedoch nach gegenwärtigem Kenntnisstand mangels entsprechender Untersuchungen nicht sicher ausgeschlossen werden. Dies gilt auch für das Grundwasser. Eine Grundwasserprobe zur Untersuchung auf Betonaggressivität wurde entnommen, die Ergebnisse der chemischen Analyse lagen jedoch zum Zeitpunkt der Fertigstellung des Baugrundgutachtens noch nicht vor und werden nachgereicht.

Aufgrund des hohen Sulfatgehalts im Tonstein des Opalinustons werden abfallrechtliche Grenzwerte überschritten. Derartiger Aushub ist daher als Abfall auf Deponien zu verbringen, wenn keine Verwertung im Baugebiet erfolgen kann.

Eine Versickerung von Niederschlagswasser und Dränwasser ist in den gering wasserdurchlässigen oberflächennahen Schichten nicht möglich und aufgrund der geländenahen Grundwasserstände auch nicht zulässig. Statt der geplanten Versickerungsanlage wird daher eine Retentionsanlage mit Hochwasserentlastung und Drosselablauf empfohlen. In diese kann ggf. auch Dränwasser aus Sicherheitsdrainagen eingeleitet werden.

Da sämtliche Baumaßnahmen (Erschließung und Bebauung) den Grundwasserschwankungsbereich berühren, sind in jedem Fall Wasserrechtsverfahren durchzuführen.

Die Ergebnisse der Feld- und Laboruntersuchungen sowie die daraus resultierenden Angaben im Baugrundgutachten gelten für die Untersuchungsstellen und den Zeitpunkt der Untersuchungen. Abweichungen hiervon können nicht ausgeschlossen werden, so daß eine sorgfältige und

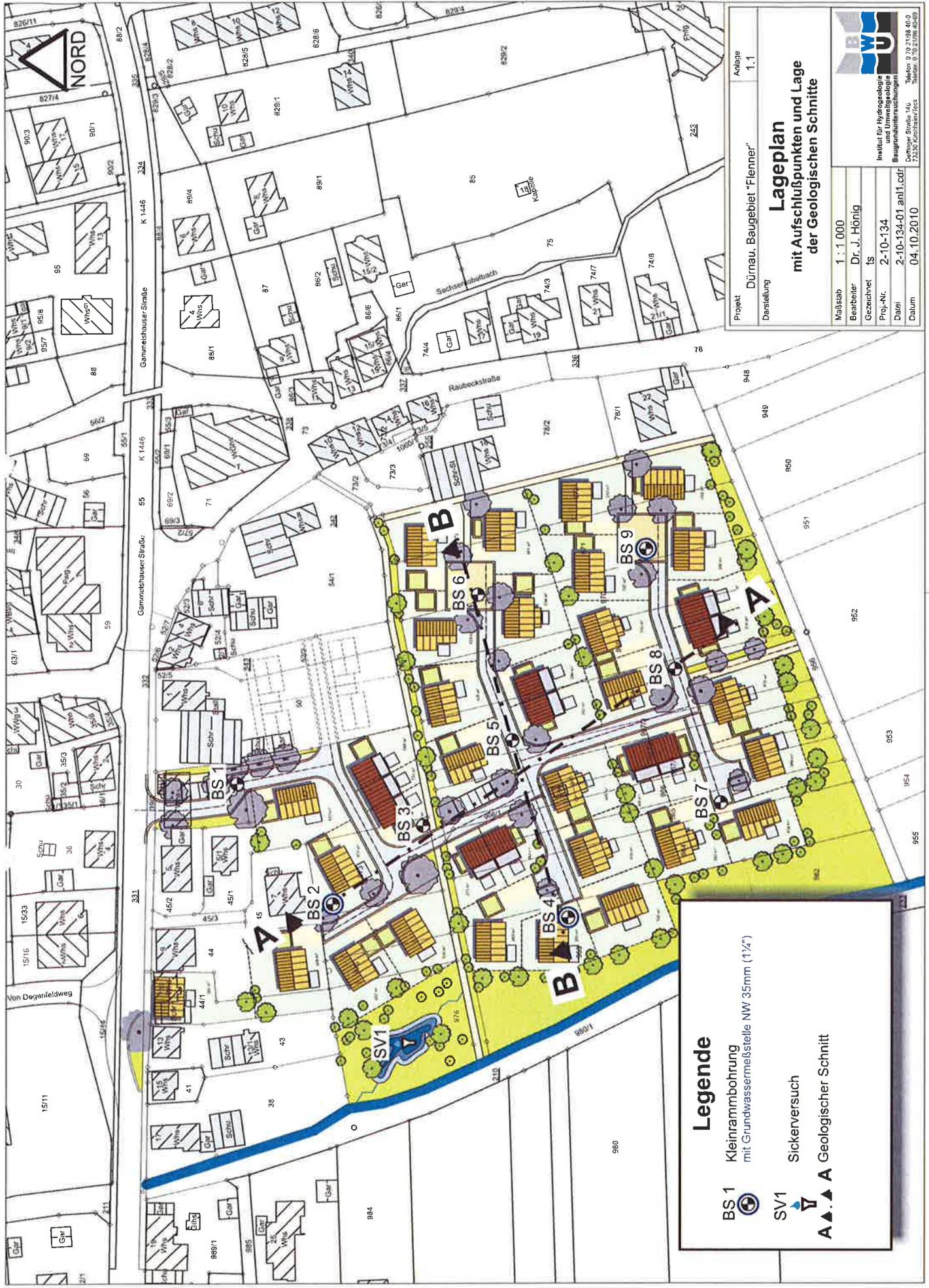
Baugrundgutachten*Erschließung des Neubaugebiets „Flenner“ in 73105 Dürnau*

Seite 52 von 52 Seiten

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 „Flenner“ in 73105 Dürnau 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 anzugeben. 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 4.5) und die in den Schnitten (Anlage 2) eingetragenen Schichtgrenzen können nicht als Grundlage für verbindliche Massenermittlungen dienen und können ein örtliches Aufmaß nicht ersetzen.

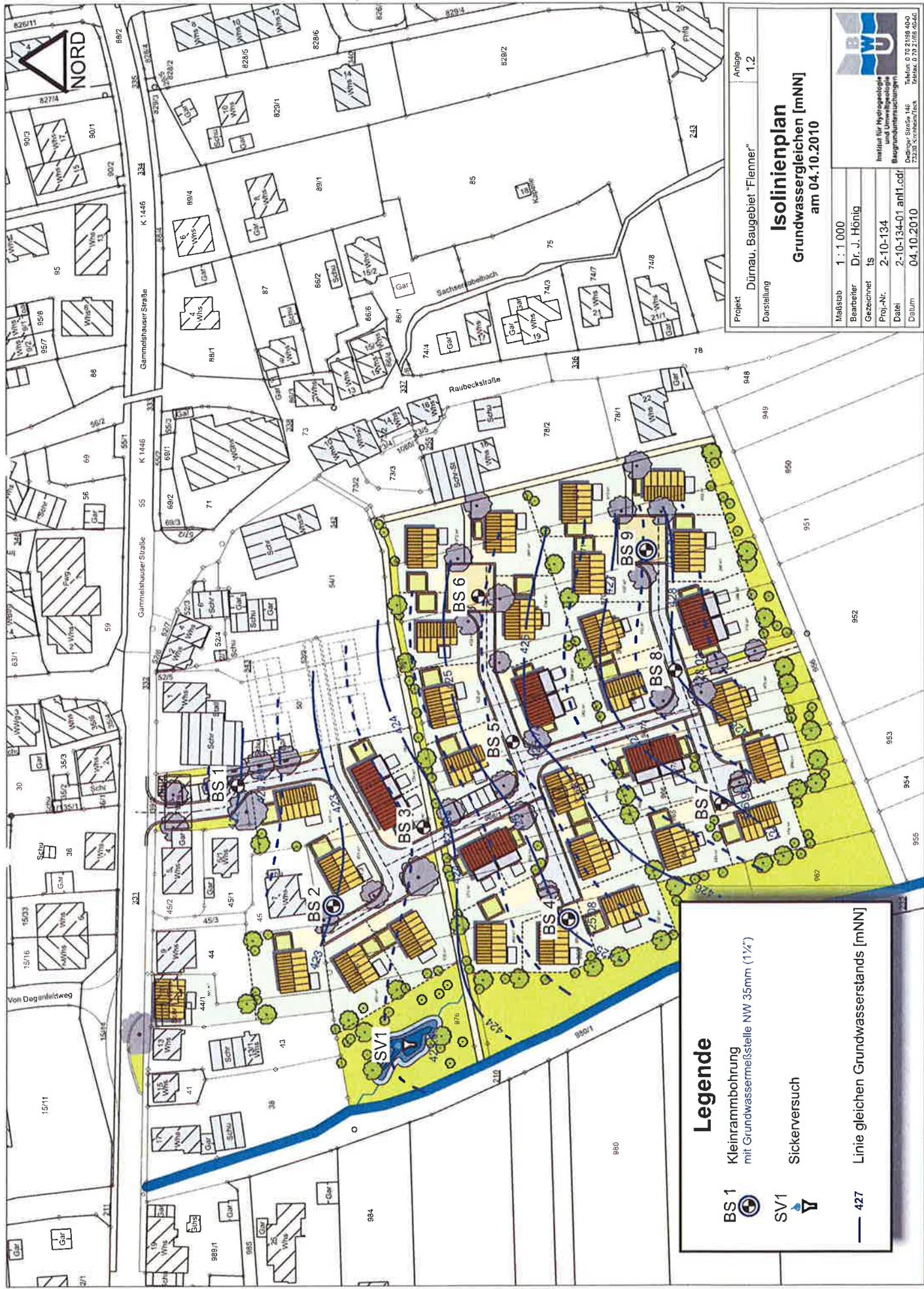


Projekt	Düren, Baugebiet "Flenner"	Anlage	1.1
Darstellung			
Maßstab	1 : 1 000		
Bearbeiter	Dr. J. Hönig		
Gezeichnet	ts		
Proj.-Nr.	2-10-134		
Datum	2-10-134-01.an1.cdr		
Datum	04.10.2010		

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie
 Baugrunderforschungen
 Deming-Str. 14
 52525 Kallert, Pöck
 Telefon: 0 2198 40-0
 Telefax: 0 2198 40-40

Legende

- BS 1 Kleinrammbohrung mit Grundwassermeßstelle NW 35mm (1 1/4")
- SV1 Sickerversuch
- A A Geologischer Schnitt
- B B Geologischer Schnitt



Projekt	Dürnau, Baugebiet "Fienner"	Anlage	1, 2
Darstellung			
Isolinienplan Grundwassergeichen [mNN] am 04.10.2010			
Maßstab	1 : 1 000		
Bearbeiter	Dr. J. Hönig		
Gezeichnet	ts		
Proj.-Nr.	2-10-134		
Dat.	2-10-134-01.am1.cdf		
Datum	04.10.2010		



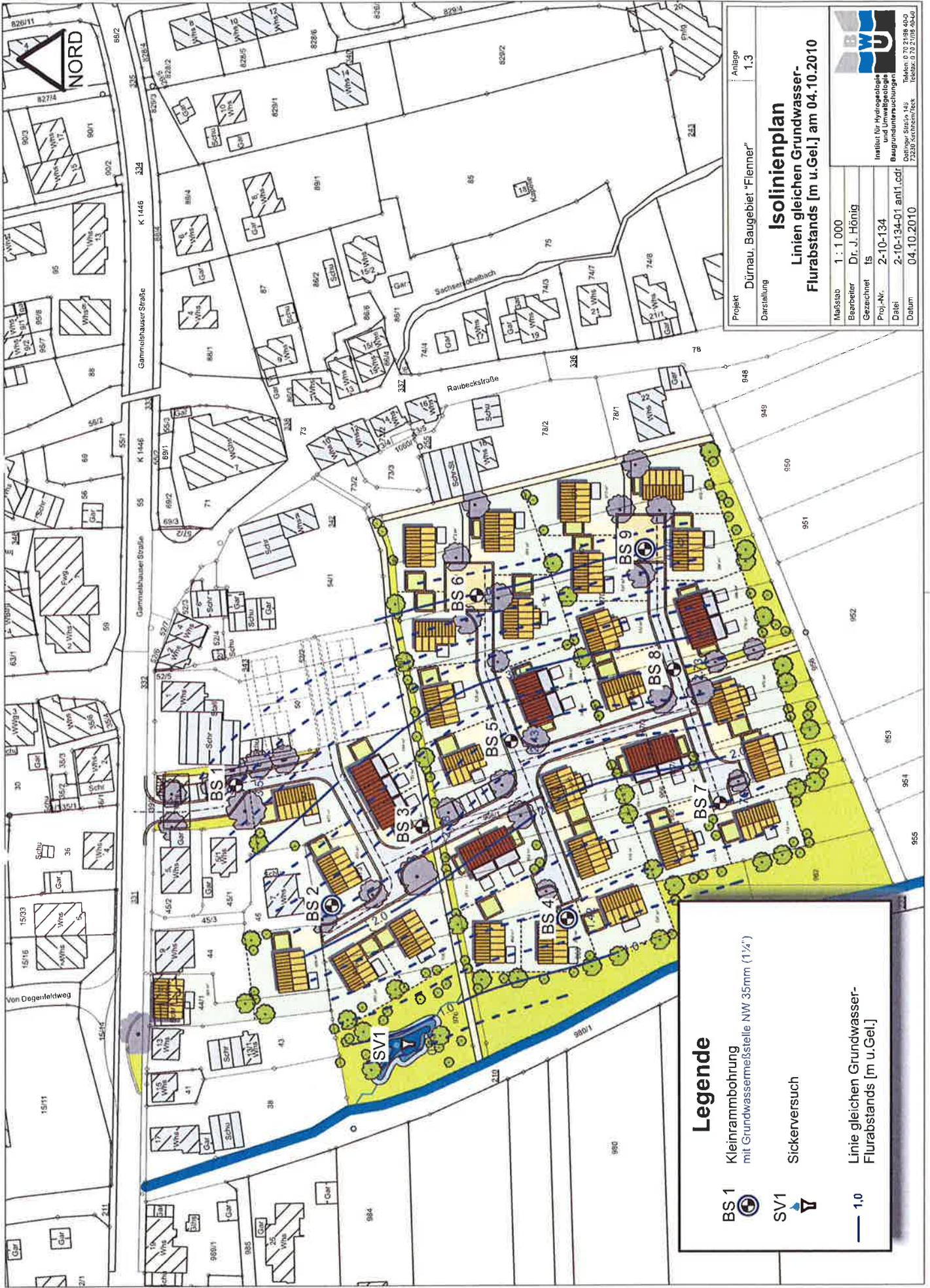
Institut für Hydrologie
und Umwelttechnologie
Baugrunderkundungen
Dornbirn, Strössl 14E
Telefon 0 76 2198 40-0
Fax 0 76 2198 40-60

Legende

BS 1 Kleinrammbohrung
mit Grundwassermeßstelle NW 35mm (1 1/4")

SV 1 Sickerversuch

— 427 Linie gleichen Grundwasserstands [mNN]



Projekt	Dürnau, Baugebiet "Fienner"	Anlage	1,3
Darstellung			
Isolinienplan			
Linien gleichen Grundwasser-Flurabstands [m u.Gel.] am 04.10.2010			
Maßstab	1 : 1 000		
Bearbeiter	Dr. J. Hönig		
Gezeichnet	fs		
Proj.-Nr.	2-10-134		
Datum	2-10-134-01.am1.cdr		
	04.10.2010		



Institut für Hydrogeologie
und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen
Döhner Straße 146
73200 Kirchheim/Tec
Telefon 0 71 2189 4100
Telefax 0 71 2189 4040

Legende

BS 1 Kleinrammbohrung mit Grundwassermeßstelle NW 35mm (1 1/4")

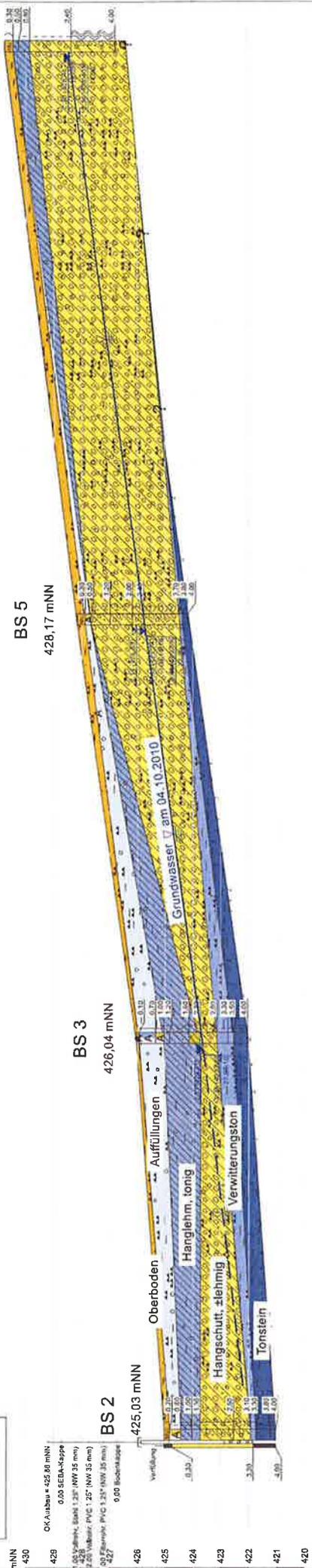
SV1 Sickerversuch

Linie gleichen Grundwasser-Flurabstands [m u.Gel.]

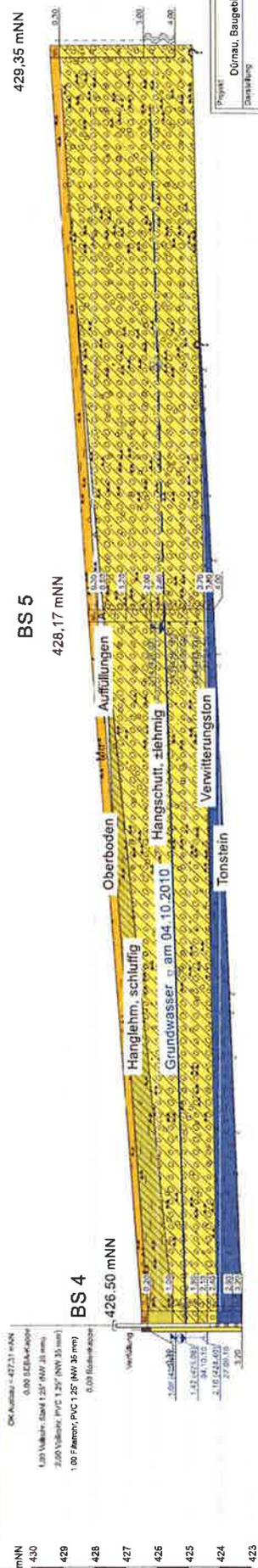
1,0

BS 8
430,76 mNN

Schnitt A



Schnitt B



Projekt: Dürrau, Baugabel "Fleener"		Arbeits-Nr.: 2	
Darstellung:			
Maßstab:	1:250/100		
Bearbeiter:	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet:	Is		
Proj.-Nr.:	2-10-134		
Datum:	2-10-194-01 an/2.10.10		
Datum:	11.10.2010		

Geologische Schnitte A + B
2. Stach Überhöht

Institut für Hydrogeologie
 und Umweltgeologie
 Fachbereich Geowissenschaften
 41093 Osnabrück, 4110 Osnabrück, 41129 Osnabrück

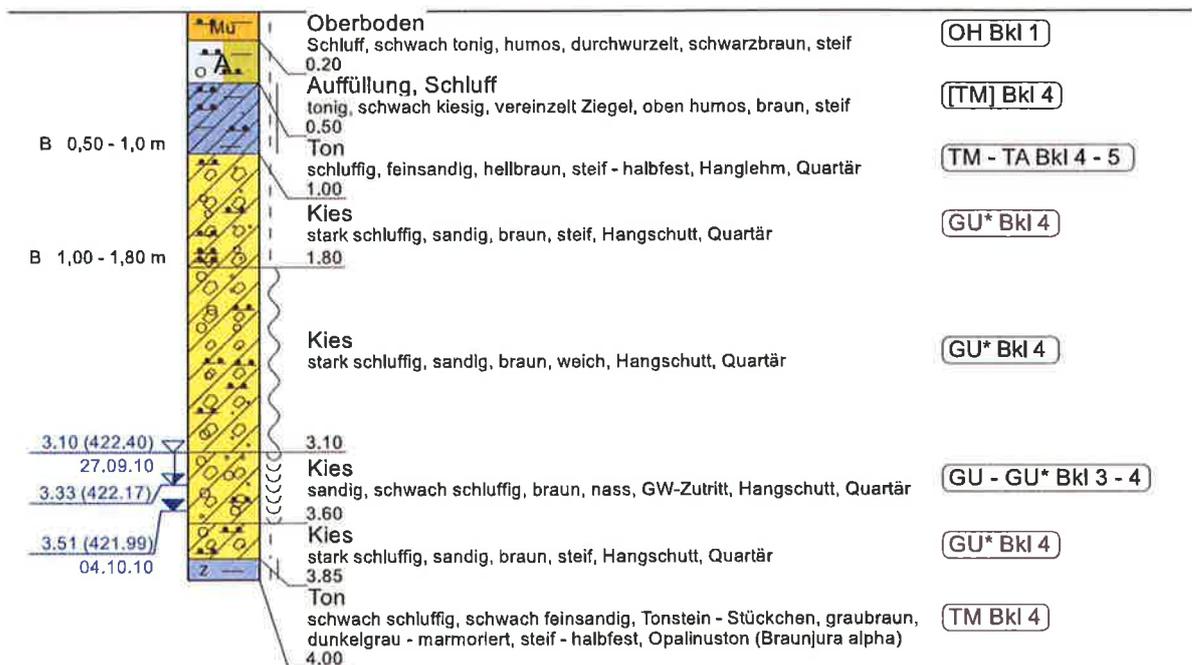
Aufschlussart	Kleinrammbohrung	Nutzung	Garten	Lage	s. Lageplan
Bohrdurchmesser	60 mm	Versiegelung	nein	rechts	3546805.34
Methode	Elektrohammer	Reliefformtyp	Hang	hoch	5389378.66
Zeitraum	27.09.2010	Neigung	N 1	Bem.:	
Bohrkernaufnahme	Dr. Th. Schmid				

Probenart:
 B = Boden
 Bl = Bodenluft
 W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
 Bodenklassen nach DIN 18 300

BS 1

425,50 mNN

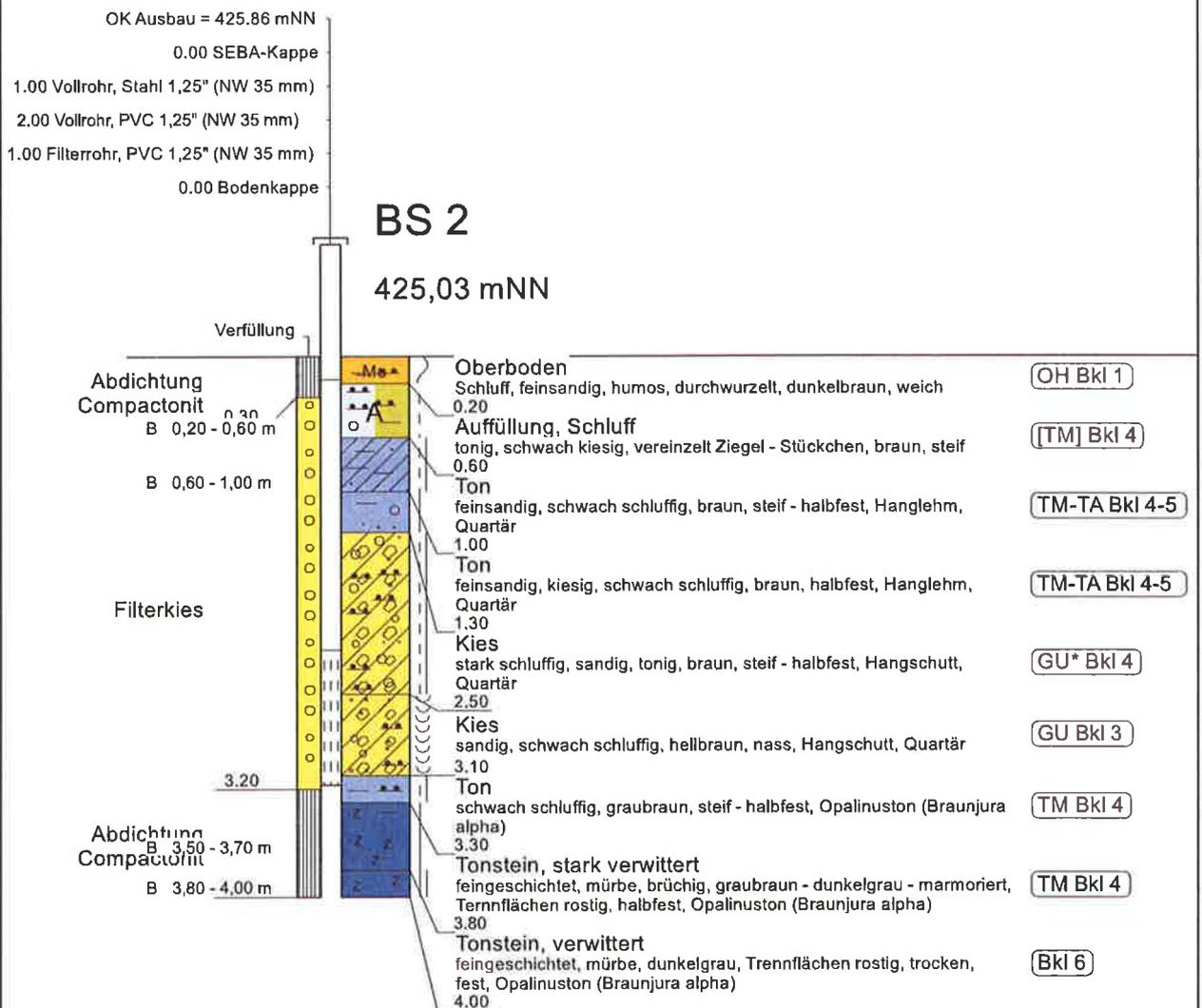


Projekt	Dürnau, Baugebiet "Flenner"	Anlage	3.1
Darstellung	Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 1		
Maßstab	1 : 50	 Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunderhebungen DeWöger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck Telefon: 0 70 24/86 40-0 Telefax: 0 70 21/86 40-50	
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	Chr. Scheck		
Proj.-Nr.	2-10-134		
Datum	30.09.2010		

Aufschlussart	Kleinrammbohrung	Nutzung	Streuobstwiese	Lage	s. Lageplan
Bohrdurchmesser	60 mm	Versiegelung	nein	rechts	3546768.60
Methode	Elektrohammer	Reliefformtyp	Hang	hoch	5389349.68
Zeitraum	27.09.2010	Neigung	N 1	Bem.:	
Bohrkernaufnahme	Dr. Th. Schmid				

Probenart:
 B = Boden
 BI = Bodenluft
 W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
 Bodenklassen nach DIN 18 300



Projekt	Dürnau, Baugebiet "Flenner"	Anlage	3.2
Darstellung	Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 2		
Maßstab	1 : 50		
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	Chr. Scheck		
Proj.-Nr.	2-10-134		
Datei	2-10-134-01 anl3.2.bop		
Datum	30.09.2010		
		 Institut für Hydrogeologie und Umweltingeologie Baugrunduntersuchungen Dellinger Straße 146 Telefon: 0 70 21/98 40-0 72230 Kirchheim/Teck Telefax: 0 70 21/98 40-50	

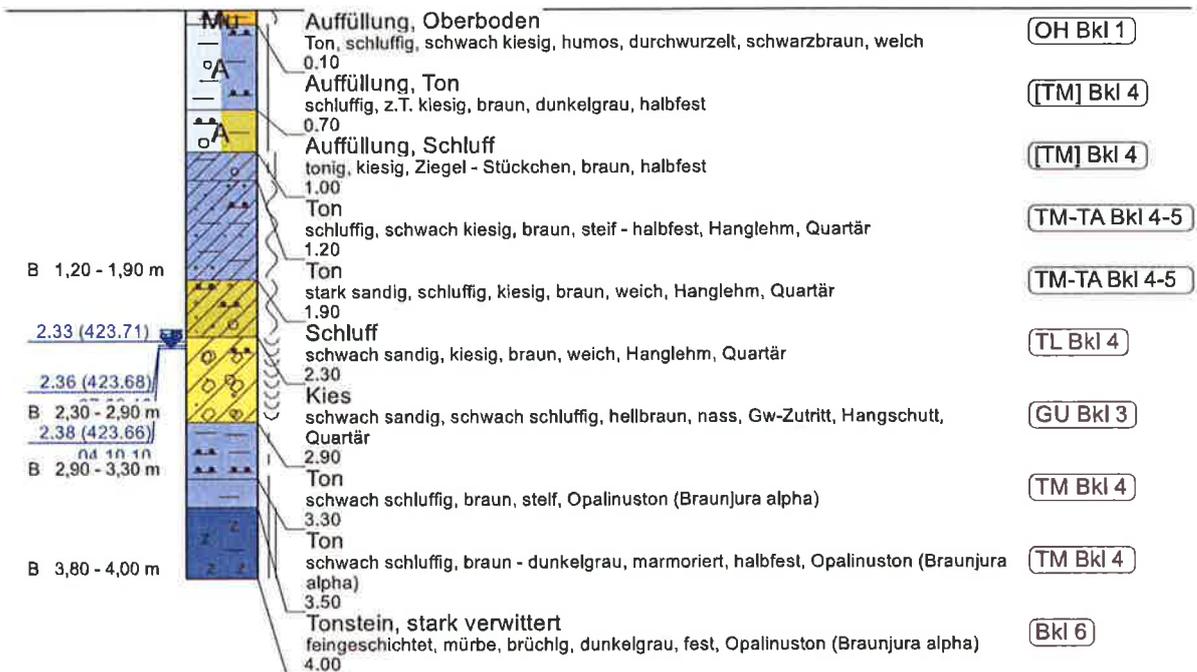
Aufschlussart	Kleinrammbohrung	Nutzung	Streuobstwiese	Lage	s. Lageplan
Bohrdurchmesser	60 mm	Versiegelung	nein	rechts	6546792.55
Methode	Elektrohammer	Relleformtyp	Hang	hoch	5389322.39
Zeitraum	27.09.2010	Neigung	N 2	Bem.:	
Bohrkernaufnahme	Dr. Th. Schmid				

Probenart:
 B = Boden
 Bl = Bodenluft
 W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
 Bodenklassen nach DIN 18 300

BS 3

426,04 mNN

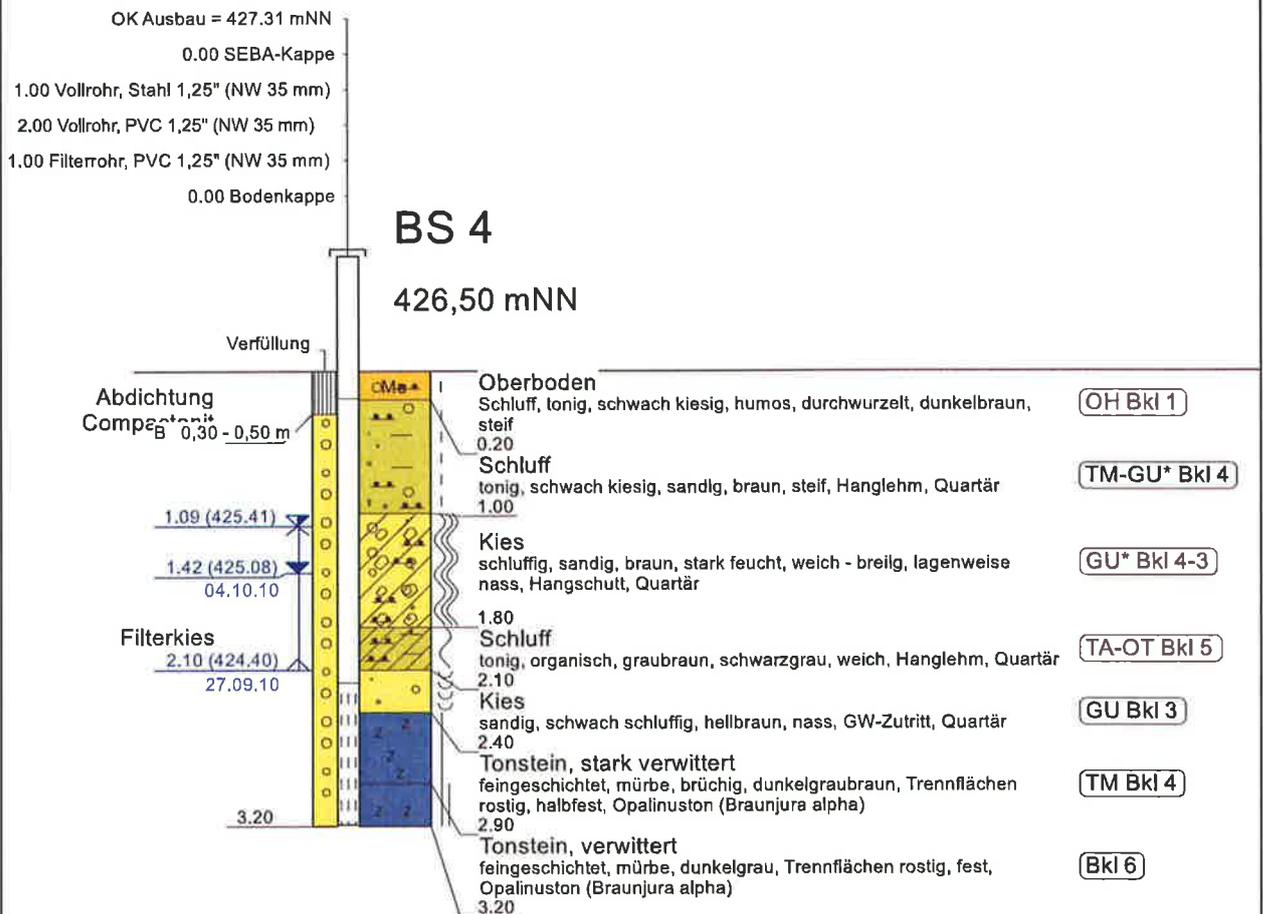


Projekt	Dürmau, Baugebiet "Fleener"	Anlage	3.3
Darstellung	Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 3		
Maßstab	1 : 50	 Institut für Hydrogeologie und Umweltschneegeologie Baugrunduntersuchungen Dellinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck Telefon: 0 70 21/98 40-0 Telefax: 0 70 21/98 40-60	
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	Chr. Scheck		
Proj.-Nr.	2-10-134		
Datum	30.09.2010		

Aufschlussart	Kleinrammbohrung	Nutzung	Wiese	Lage	s. Lageplan
Bohrdurchmesser	60 mm	Versiegelung	nein	rechts	3546764.44
Methode	Elektrohammer	Reliefformtyp	Hang	hoch	5389278.77
Zeitraum	27.09.2010	Neigung	N 1	Bem.:	
Bohrkernaufnahme	Dr. Th. Schmid				

Probenart:
 B = Boden
 Bl = Bodenluft
 W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
 Bodenklassen nach DIN 18 300



Projekt	Dürmau, Baugebiet "Fleener"	Anlage	3.4
Darstellung	Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 4		
Maßstab	1 : 50	 Institut für Hydrogeologie und Umweltingeologie Basisgrunduntersuchungen Delfinger Straße 146 Telefon: 0 70 2199 40-0 73230 Kirchheim/Teck Telefax: 0 70 2199 40-50	
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	Chr. Scheck		
Proj.-Nr.	2-10-134		
Dater	2-10-134-01 anl3.4.bop		
Datum	30.09.2010		

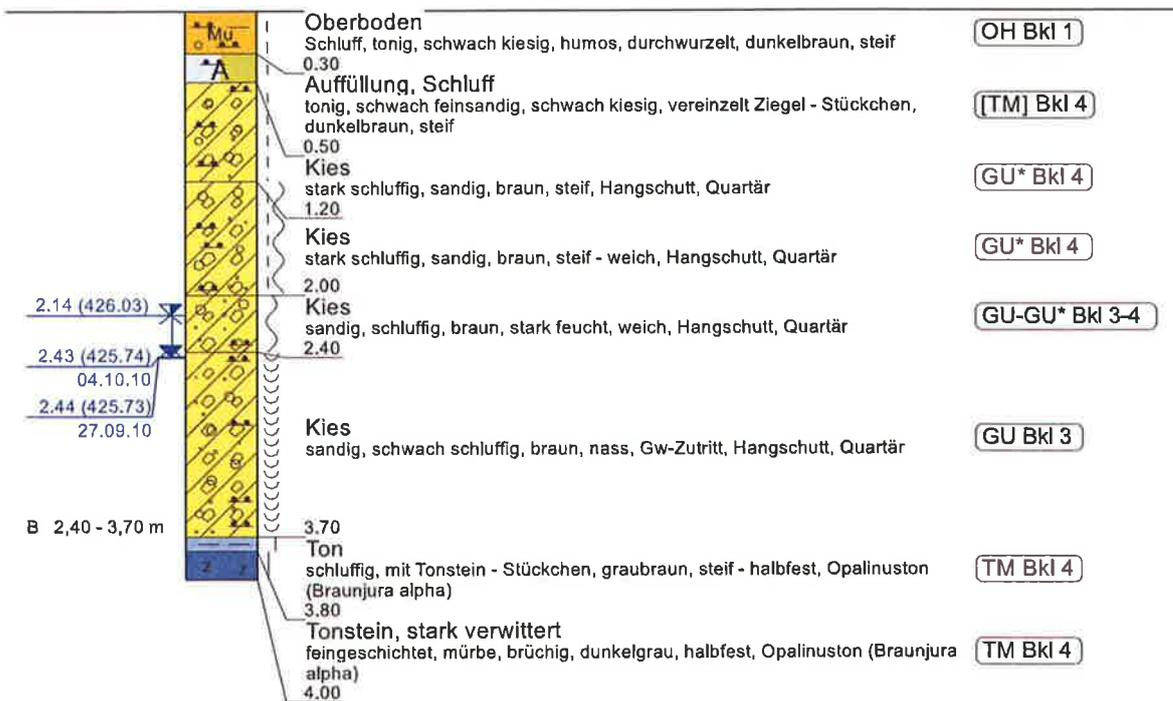
Aufschlussart	Kleinrammbohrung	Nutzung	Acker	Lage	s. Lageplan
Bohrdurchmesser	60 mm	Versiegelung	nein	rechts	3546818.44
Methode	Elektrohammer	Reliefformtyp	Hang	hoch	5389295.51
Zeitraum	27.09.2010	Neigung	N 2	Bem.:	
Bohrkernaufnahme	Dr. Th. Schmid				

Probenart:
 B = Boden
 Bl = Bodenluft
 W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
 Bodenklassen nach DIN 18 300

BS 5

428,17 mNN



Projekt	Dürmau, Baugebiet "Flenner"	Anlage	3.5
Darstellung	Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 5		
Maßstab	1 : 50	 Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen Deminger Straße 146 Telefon: 0 70 21/98 40-0 71230 Kirchheim/Teck Telefax: 0 70 21/98 40-50	
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	Chr. Scheck		
Proj.-Nr.	2-10-134		
Datum	30.09.2010		

Aufschlussart	Kleinrammbohrung	Nutzung	Streuobstwiese	Lage	s. Lageplan
Bohrdurchmesser	60 mm	Versiegelung	nein	rechts	3546862.74
Methode	Elektrohammer	Reliefformtyp	Hang	hoch	5389305.77
Zeitraum	27.09.2010	Neigung	N 2	Bem.:	
Bohrkernaufnahme	Dr. Th. Schmid				

Probenart:
 B = Boden
 Bl = Bodenluft
 W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
 Bodenklassen nach DIN 18 300

BS 6

429,35 mNN



Projekt	Dürnau, Baugebiet "Flenner"	Anlage	3.6
Darstellung	Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 6		
Maßstab	1 : 50	 Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen Dellinger Straße 146 Telefon: 0 70 21/98 40-0 73230 Kirchheim/Teck Telefax: 0 70 21/98 40-60	
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	Chr. Scheck		
Proj.-Nr.	2-10-134		
Datum	30.09.2010		

Aufschlussart	Kleinrammbohrung	Nutzung	Acker	Lage	s. Lageplan
Bohrdurchmesser	60 mm	Versiegelung	nein	rechts	3546799.50
Methode	Elektrohammer	Reliefformtyp	Hang	hoch	5389232.81
Zeitraum	27.09.2010	Neigung	N 2	Bem.:	
Bohrkernaufnahme	Dr. Th. Schmid				

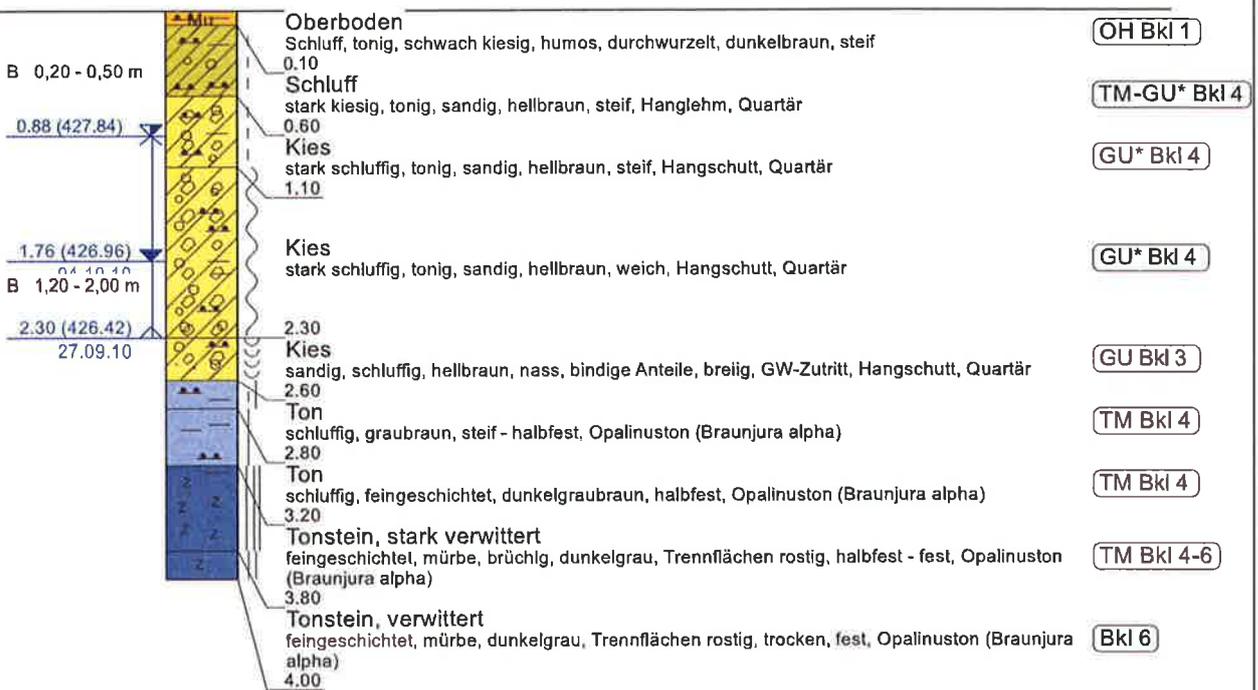
Probenart:

B = Boden
 Bl = Bodenluft
 W = Wasser

BS 7

Bodengruppen nach DIN 18 196
 Bodenklassen nach DIN 18 300

428,72 mNN



Projekt	Dürnau, Baugebiet "Flenner"	Anlage	3.7
Darstellung	Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 7		
Maßstab	1 : 50	 Institut für Hydrogeologie und Umweltschutz Baugrunduntersuchungen Dattmayer Straße 148 73230 Kirchheim/Teck Telefon: 0 70 21/98 43-0 Telefax: 0 70 21/98 40-60	
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	Chr. Scheck		
Proj.-Nr.	2-10-134		
Datei	2-10-134-01 anl3.7.bop		
Datum	30.09.2010		

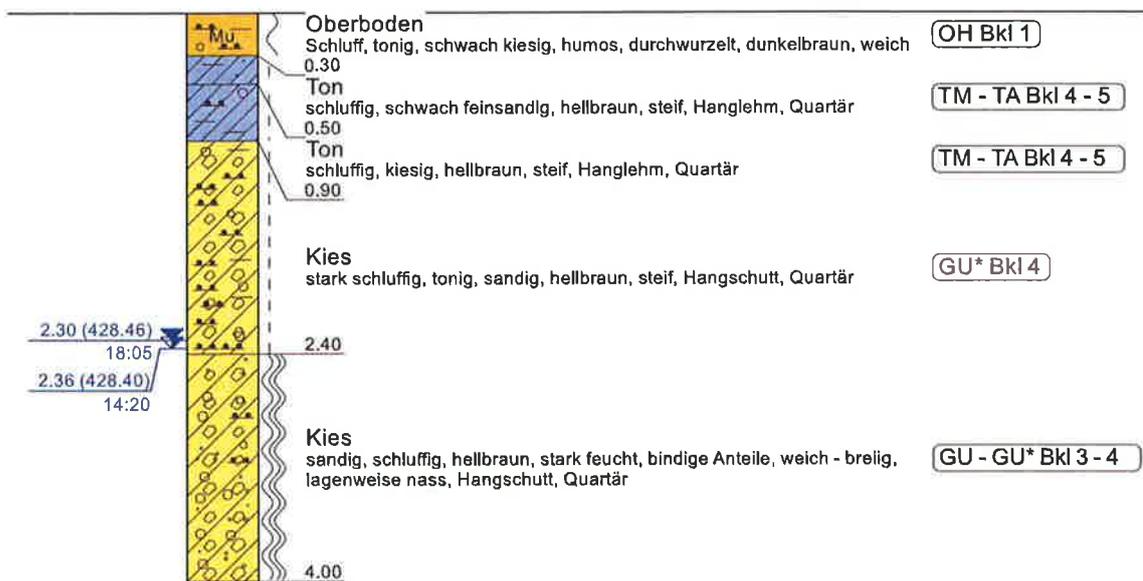
Aufschlussart	Kleinrammbohrung	Nutzung	Acker	Lage	s. Lageplan
Bohrdurchmesser	60 mm	Versiegelung	nein	rechts	3546840.09
Methode	Elektrohammer	Reliefformtyp	Hang	hoch	5389246.32
Zeitraum	27.09.2010	Neigung	N 2	Bem.:	
Bohrkernaufnahme	Dr. Th. Schmid				

Probenart:
 B = Boden
 Bl = Bodenluft
 W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
 Bodenklassen nach DIN 18 300

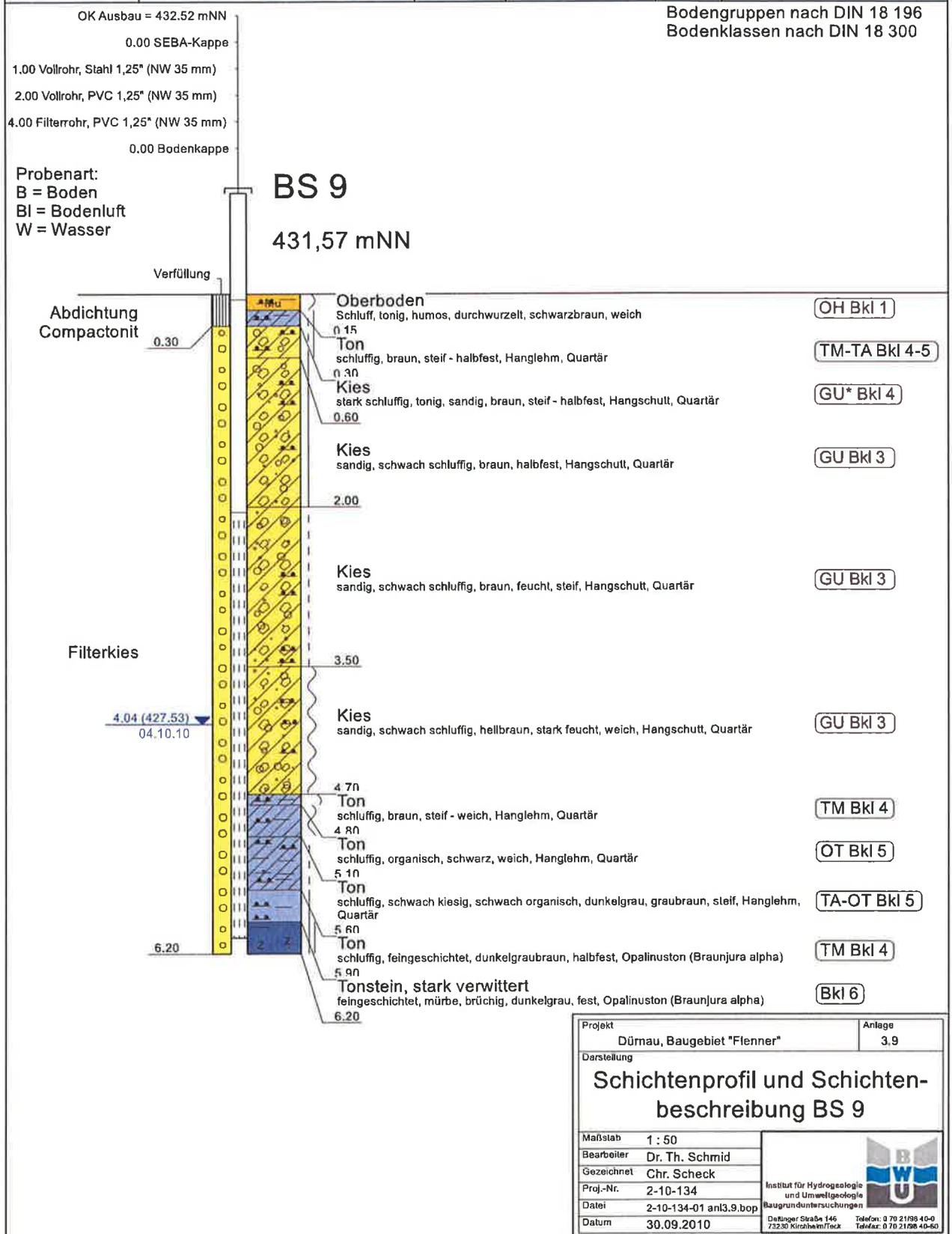
BS 8

430,76 mNN



Projekt	Dürmau, Baugebiet "Flenner"	Anlage	3.8
Darstellung	Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 8		
Maßstab	1 : 50	 Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunderforschungen Gellinger Straße 146 Telefon: 0 70 21/98 40-0 73230 Kirchheim/Tauch Telefax: 0 70 21/98 40-60	
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	Chr. Scheck		
Proj.-Nr.	2-10-134		
Dater	2-10-134-01 anl3.8.bop		
Datum	30.09.2010		

Aufschlussart	Kleinrammbohrung	Nutzung	Wiese	Lage	s. Lageplan
Bohrdurchmesser	60 mm	Versiegelung	nein	rechts	3546876.70
Methode	Elektrohammer	Reliefformtyp	Hang	hoch	5389255.03
Zeitraum	27.09.2010	Neigung	N 2	Bem.:	
Bohrkernaufnahme	Dr. Th. Schmid				



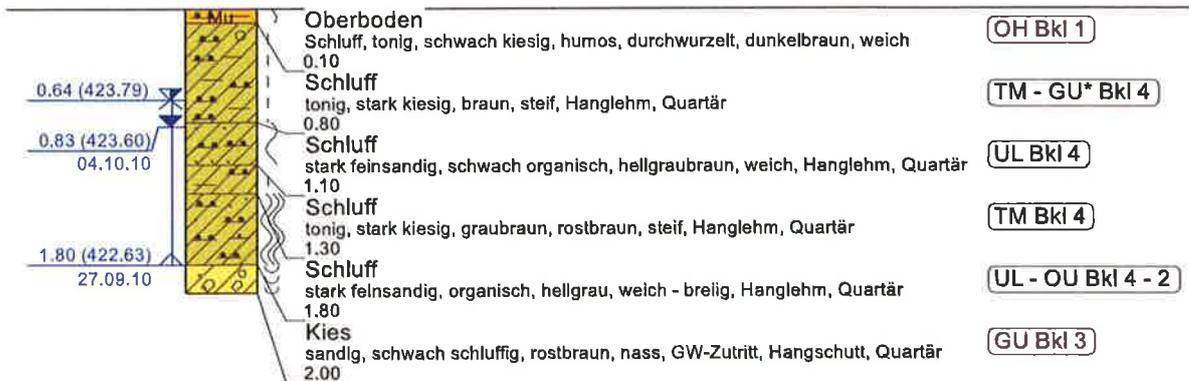
Aufschlussart	Kleinrammbohrung	Nutzung	Wiese	Lage	s. Lageplan
Bohrdurchmesser	60 mm	Versiegelung	nein	rechts	3546726.42
Methode	Elektrohammer	Reliefformtyp	Hang	hoch	5389326.68
Zeltraum	27.09.2010	Neigung	N 1	Bem.:	
Bohrkernaufnahme	Dr. Th. Schmid				

Probenart:
 B = Boden
 Bl = Bodenluft
 W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
 Bodenklassen nach DIN 18 300

Sickerversuch

424,43 mNN



Projekt	Dürnau, Baugebiet "Fienner"	Anlage	3.10
Darstellung	Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung Sickerversuch		
Maßstab	1 : 50	 Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen Durlinger Straße 14b, 73230 Künzelsau/Teck Telefon: 0 71 21/81 40-0 Telefax: 0 71 21/81 40-40	
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	Chr. Scheck		
Proj.-Nr.	2-10-134		
Datei	2-10-134-01 anl3.10.bo		
Datum	30.09.2010		

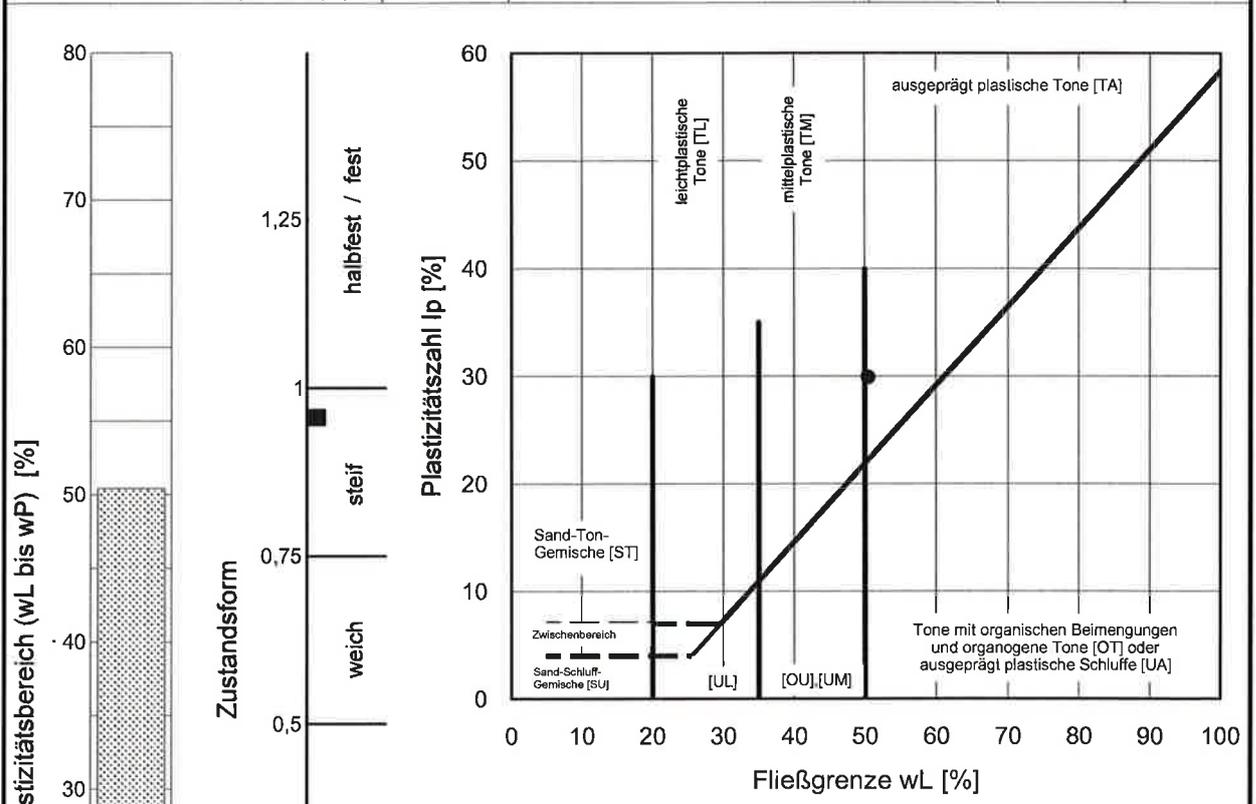
Entnahmestelle:	BS1	BS2	BS2	BS2	BS3	BS3	BS3
Tiefe [m]:	0,50-1,00	0,20-0,60	3,50-3,70	3,80-4,00	1,20-1,90	2,90-3,30	3,80-4,00
Bodenart:	Ton,schl.	Auffüllung	Tonstein	Tonstein	Schluff,s.	Ton, schl.	Tonstein
Entnahme am:	27.09.10	27.09.10	27.09.10	27.09.10	27.09.10	27.09.10	27.09.10
durch:	ts						
Ausgeführt am:	29.09.10	29.09.10	29.09.10	29.09.10	29.09.10	29.09.10	29.09.10
durch:	gh						
Behälter-Nr.:	1	6	7	9	11	151	152
Feuchte Probe+Behälter mF+mB [g]:	150,27	127,73	139,37	103,61	97,73	114,60	88,52
Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]:	131,00	113,59	122,87	95,63	85,30	97,05	80,09
Behälter mB [g]:	42,66	44,03	42,83	43,05	44,05	28,15	29,47
Wasser mW=mF-mD [g]:	19,27	14,14	16,50	7,98	12,43	17,55	8,43
Trockene Probe mD [g]:	88,34	69,56	80,04	52,58	41,25	68,90	50,62
Wassergehalt w=mW/mD [%]:	21,81%	20,33%	20,61%	15,18%	30,13%	25,47%	16,65%

Entnahmestelle:	BS4	BS7					
Tiefe [m]:	0,30-0,50	0,20-0,50					
Bodenart:	Schluff,ton.	Schl.,kies.					
Entnahme am:	27.09.10	27.09.10					
durch:	ts	ts					
Ausgeführt am:	29.09.10	29.09.10					
durch:	gh	gh					
Behälter-Nr.:	153	154					
Feuchte Probe+Behälter mF+mB [g]:	80,45	77,26					
Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]:	70,98	67,67					
Behälter mB [g]:	29,64	28,06					
Wasser mW=mF-mD [g]:	9,47	9,59					
Trockene Probe mD [g]:	41,34	39,61					
Wassergehalt w=mW/mD [%]:	22,91%	24,21%					

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 [%]:							

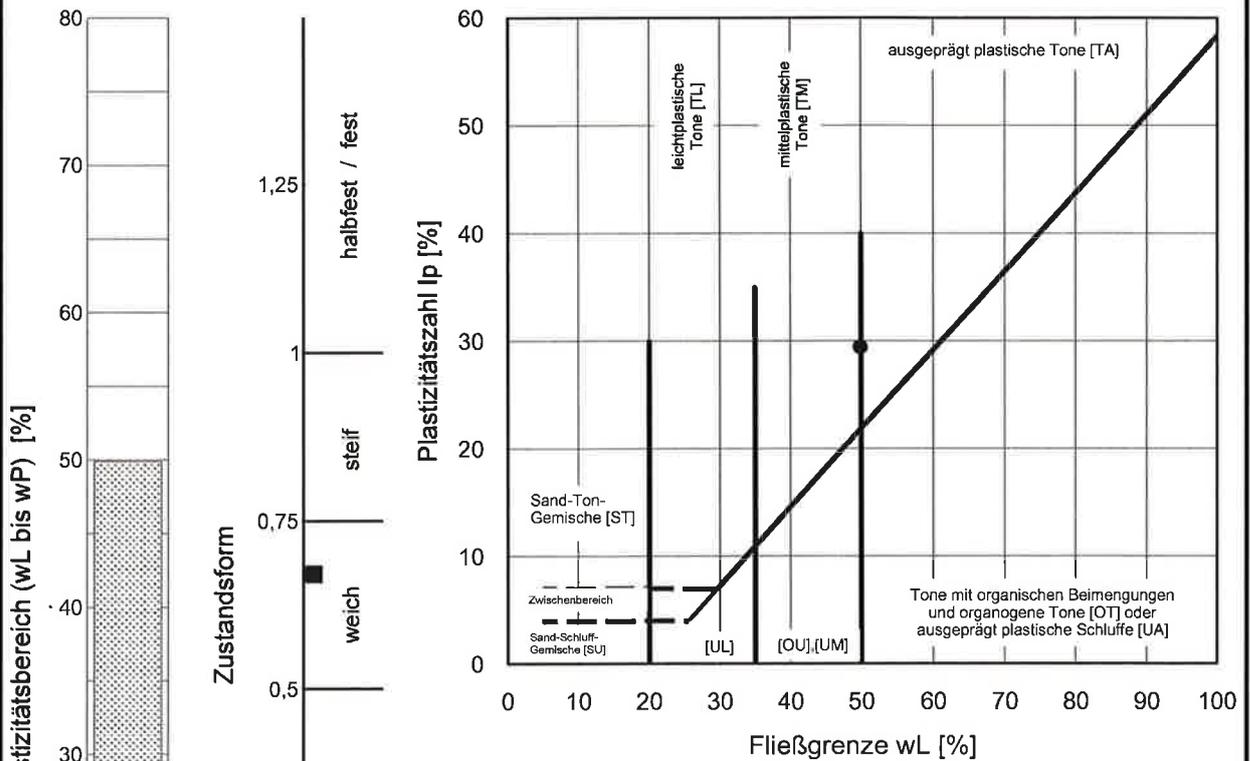
Projekt	Dürnau, Baugebiet "Flenner"	Anlage	4.1
Darstellung	Bestimmung des natürlichen Wassergehalts (DIN 181 21, T1)		
Maßstab			
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid	 Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen	
Gezeichnet	gh		
Proj.-Nr.	2-10-134-01		
Datei	2-10-134-01_WG1.123		
Datum	30.09.2010		
		Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck	Telefon: 0 70 21/98 40-0 Telefax: 0 70 21/98 40-60

Entnahmestelle:	BS1		Entnommen am:	27.09.10	durch:	ts
Tiefe [m]:	0,50-1,00		Ausgeführt am:	29.09.10	durch:	gh
Bodenart:	Ton, schluffig, f.sandig					
	Fließgrenze			Ausrollgrenze		
Behälter-Nr.:	103		104	123	307	
Schlagzahl:	24					
Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]:	25,69		20,27	19,08	18,88	
Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]:	22,03		19,33	18,18	18,03	
Behälter mB [g]:	14,81		14,82	13,84	13,77	
Wasser mW=mF-mD [g]:	3,66		0,94	0,9	0,85	
Trockene Probe mD [g]:	7,22		4,51	4,34	4,26	
Wassergehalt w=mW/mD [%]:	50,69%		20,84%	20,74%	19,95%	
Nat. Wassergehalt wN [%]:	21,81%					
Fließgrenze wL [%]:	50,44%					
Ausrollgrenze wP [%]:	20,51%					
Plastizitätszahl Ip = wL-wP [%]:	29,93%					
Konsistenzzahl Ic = (wL-wN)/Ip:	0,96					



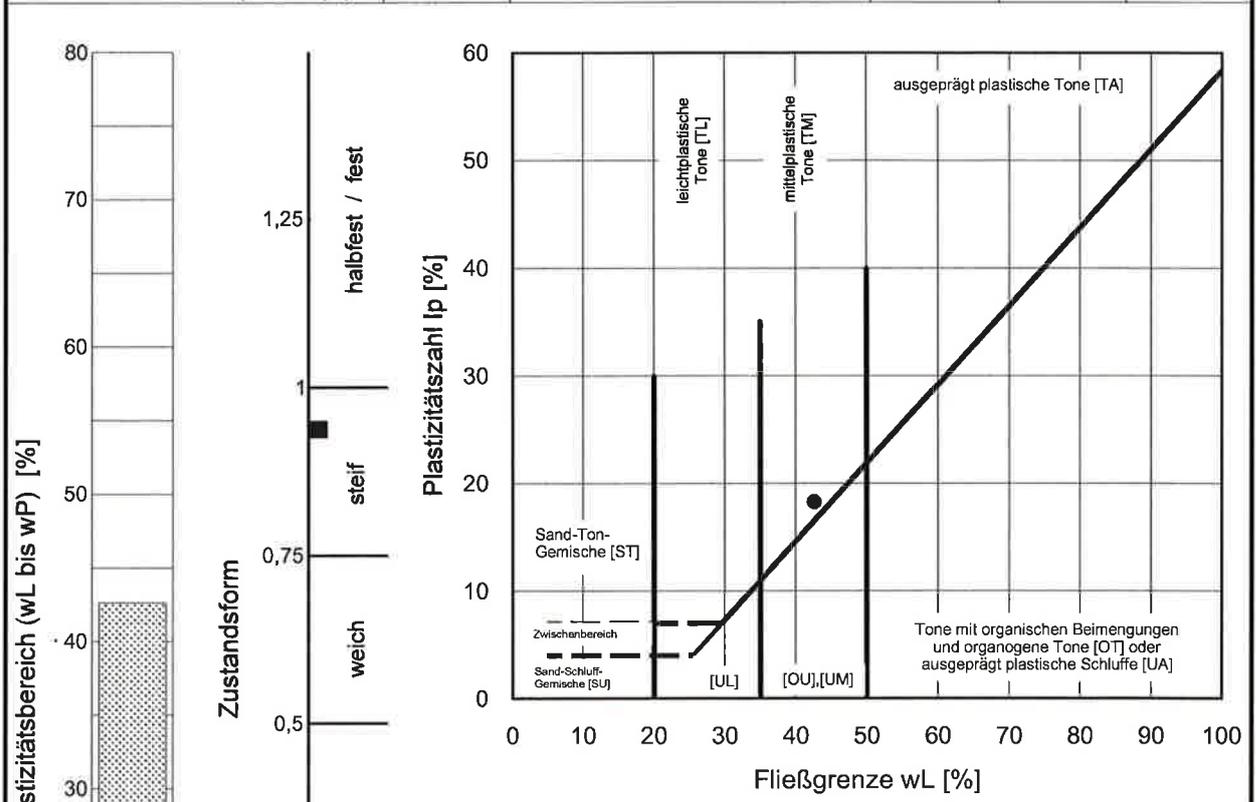
Projekt	Dürnau, Baugebiet "Flenner"	Anlage	4.2
Darstellung	Bestimmung der Zustandsgrenzen (DIN 181 21, T2)		
Maßstab			
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	gh		
Proj.-Nr.	2-10-134-01		
Datei	2-10-134-01_zg1.123		
Datum	30.09.2010		
		 Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen Dettinger Straße 146 Telefon: 0 70 21/98 40-0 73230 Kirchheim/Teck Telefax: 0 70 21/98 40-60	

Entnahmestelle:	BS3		Entnommen am:	27.09.10	durch:	ts
Tiefe [m]:	1,20-1,90		Ausgeführt am:	29.09.10	durch:	gh
Bodenart:	Schluff,sandig,kiesig					
	Fließgrenze		Ausrollgrenze			
Behälter-Nr.:	302		107	120	122	
Schlagzahl:	30					
Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]:	25,48		18,84	18,98	19,54	
Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]:	21,63		17,95	18,12	18,69	
Behälter mB [g]:	13,74		13,73	13,87	14,44	
Wasser mW=mF-mD [g]:	3,85		0,89	0,86	0,85	
Trockene Probe mD [g]:	7,89		4,22	4,25	4,25	
Wassergehalt w=mW/mD [%]:	48,80%		21,09%	20,24%	20,00%	
Nat. Wassergehalt wN [%]:	30,13%					
Fließgrenze wL [%]:	49,88%					
Ausrollgrenze wP [%]:	20,44%					
Plastizitätszahl Ip = wL-wP [%]:	29,44%					
Konsistenzzahl Ic = (wL-wN)/Ip:	0,67					

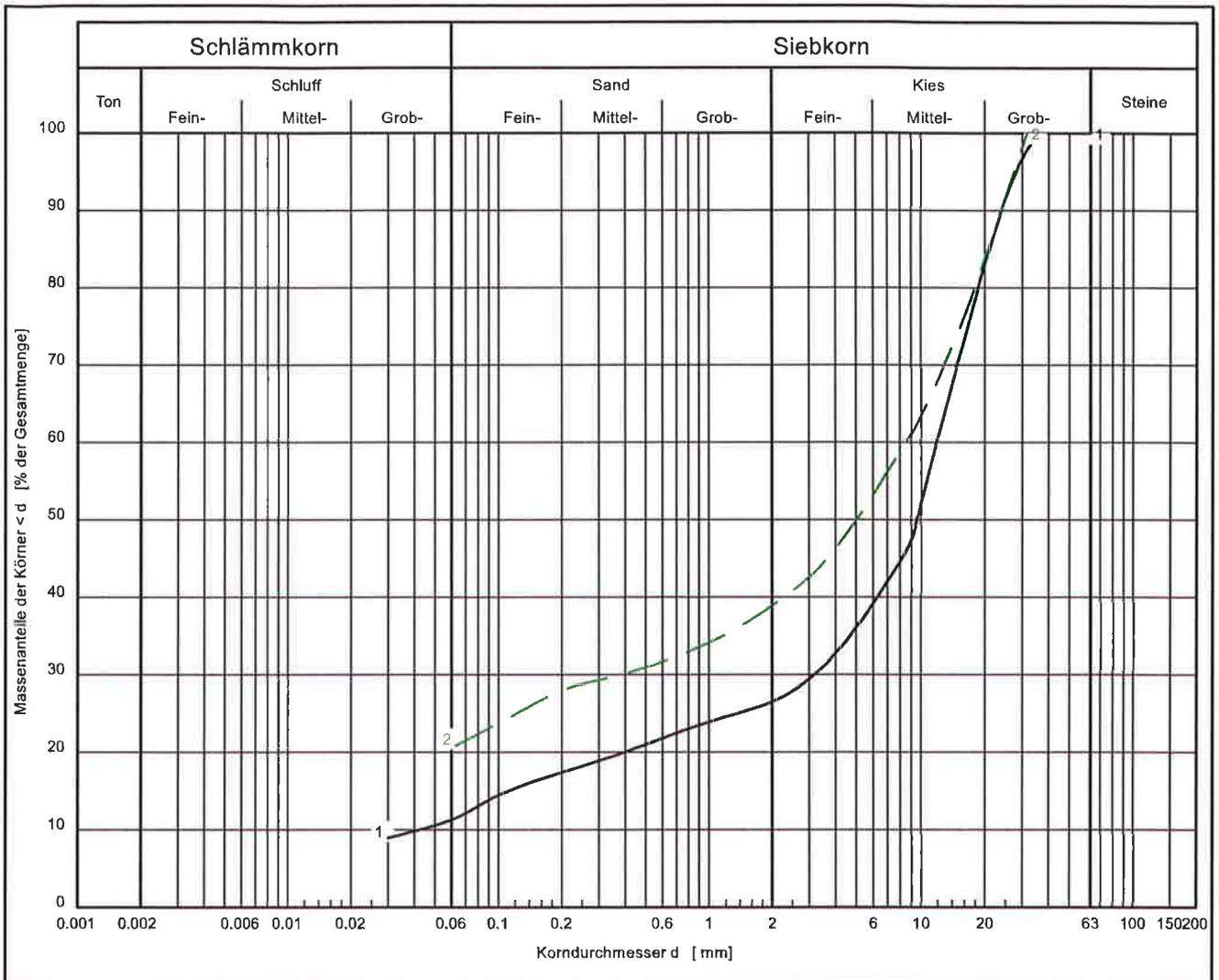


Projekt	Dürnau, Baugebiet "Flenner"	Anlage	4.3
Darstellung	Bestimmung der Zustandsgrenzen (DIN 181 21, T2)		
Maßstab			
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	gh		
Proj.-Nr.	2-10-134-01		
Datei	2-10-134-01_zg2.123		
Datum	30.09.2010		
		 Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen	
		Dettinger Straße 146 Telefon: 0 70 21/98 40-0 73230 Kirchheim/Teck Telefax: 0 70 21/98 40-60	

Entnahmestelle:	BS3		Entnommen am:	27.09.10	durch:	ts
Tiefe [m]:	2,90-3,30		Ausgeführt am:	29.09.10	durch:	gh
Bodenart:	Ton, schluffig					
	Fließgrenze			Ausrollgrenze		
Behälter-Nr.:	301		106	111	306	
Schlagzahl:	20					
Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]:	28,65		19,33	18,98	20,12	
Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]:	24,34		18,35	17,98	19,07	
Behälter mB [g]:	14,50		14,28	13,83	14,84	
Wasser mW=mF-mD [g]:	4,31		0,98	1	1,05	
Trockene Probe mD [g]:	9,84		4,07	4,15	4,23	
Wassergehalt w=mW/mD [%]:	43,80%		24,08%	24,10%	24,82%	
Nat. Wassergehalt wN [%]:	25,47%					
Fließgrenze wL [%]:	42,63%					
Ausrollgrenze wP [%]:	24,33%					
Plastizitätszahl Ip = wL-wP [%]:	18,30%					
Konsistenzzahl Ic = (wL-wN)/Ip:	0,94					



Projekt	Dürnau, Baugebiet "Flenner"	Anlage	4.4
Darstellung	Bestimmung der Zustandsgrenzen (DIN 181 21, T2)		
Maßstab			
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	gh		
Proj.-Nr.	2-10-134-01		
Datei	2-10-134-01_zg3.123		
Datum	30.09.2010		
		 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	



Signatur:	—————	—————
Entnahmestelle:	BS 3	BS 6
Tiefe:	2,30-2,90	3,50-4,00 m
Bodenart:	G, s', u'	G, u, s
U/Cc:	279,6/20,2	-/-
k [m/s] nach BEYER:	$1,1 \cdot 10^{-5}$	-
T/U/S/G [%]:	-/11,5/15,0/73,5	-/20,9/18,0/61,1
Bodengruppe (DIN 18 196):	GU	GU*
Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB 94):	F2	F3
Reibungswinkel:	33,8	33,1

Probe entnommen am: 27.09.2010
 durch: ts
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Nasssiebung

Zu- und Abschläge Reibungswinkel:
 Korrektur für Abstufung: mittel (+-0°)
 Korrektur für Lagerung: mittel (+-0°)
 Korrektur für Kornform: sehr rund (-5°)

Bemerkungen:

Projekt	Dürnau, Baugebiet "Flenner"	Anlage	4,5
Darstellung			
Bestimmung der Korngrößenverteilung (DIN 18 123)			
Maßstab			
Bearbeiter	Dr. Th. Schmid		
Gezeichnet	ts		
Proj.-Nr.	2-10-134		
Datei	2-10-134-01 an14.5.kvs		
Datum	29.09.2010		



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

Anlage 5
Analysenprotokolle
(Prüfberichte des Chemischen Labors)

UIS Umweltinstitut synlab GmbH - Hohnerstraße 23 - 70469 Stuttgart

B W U
Herr Dr. Schmid
Dettinger Str. 146
73230 Kirchheim / Teck

Zentrallabor Stuttgart

Telefon: +49 (0)711 16272-0
Telefax: +49 (0)711 16272-51
E-Mail: uis-stuttgart@synlab.com
Internet: www.uis.de

Seite 1 von 1

Datum: 11.10.2010

Prüfbericht Nr.: UST-10-0032608/01-1
Auftrag-Nr.: UST-10-0032608
Ihr Auftrag: schriftlich vom 30.09.2010
Projekt: Baugebiet "Flenner", Dürnau / Proj.-Nr.: 2-10-134
Eingangsdatum: 01.10.2010
Probenahme durch: Auftraggeber
Probenahmedatum: 27.09.2010
Prüfzeitraum: 01.10.2010 - 11.10.2010
Probenart: Boden

Probenbezeichnung: BS 3 3,8-4,0 m
Probe Nr. UST-10-0032608-01

Laboruntersuchungen

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Trockensubstanz	%	88,2	DIN ISO 11465

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Säuregrad nach Baumann-Gully	ml/kg	4	DIN 4030-2
Sulfat	mg/kg	3500	DIN 4030-2
Sulfid (S)	mg/kg	<3	DIN 4030-2
Chlorid	mg/kg	32	DIN 4030-2

Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung der UIS Umweltinstitut Synlab GmbH.
Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände. (DIN EN ISO 17025).



Robert Ottenberger
Niederlassungsleiter