

Geotechnischer Bericht

„Erschließung des Baugebietes ,An der Ludwigstraße' in Stengelheim, Gemeinde Königsmoos“

Bauherr Gemeinde Königsmoos
 Neuburger Straße 10
 86669 Königsmoos

AZ 1210708

Datum 12. November 2012

Dieser Geotechnische Bericht umfasst 25 Seiten und 6 Anlagen

Inhalt	Seite	
1	Veranlassung	3
2	Lage, geologischer Überblick und Erdbebenzone (DIN 4149)	3
3	Durchgeführte Untersuchungen	5
4	Untersuchungsergebnisse	
4.1	Schichtenaufbau	5
4.2	Grundwasserverhältnisse	7
4.3	Boden- und Felsklassen nach DIN 18196, DIN 18300 und DIN 18301	7
4.4	Charakteristische Werte der Bodenkenngrößen	8
4.5	Auswertung der chemischen Laborversuche	9
5	Beurteilung der Verformbarkeit und Tragfähigkeit des Baugrundes	12
6	Gründungsvorschlag für Bauwerke	12
7	Baugrube, Aushub und Befahrbarkeit des Planums	15
8	Schutz der Bauwerke gegen Grundwasser	16
9	Arbeitsraumverfüllung	17
10	Beurteilung der Versickerungsmöglichkeit von Niederschlägen	17
11	Hinweise zur Ausführung der Verkehrsflächen	18
12	Hinweise zur Gründung und Ausführung der Kanal- bzw. Leitungstrassen	21
13	Schlussbemerkungen	24

Anlagen

1	Lage der Untersuchungsstellen DPH 1 bis DPH 4 und BS 1 bis BS 5
2.1-5	Boden- und Schichtenprofile nach DIN 4022
3.1-4	Darstellung der Rammsondiererergebnisse nach DIN EN ISO 22476-2
4.1-11	Ergebnisse der Laborversuche
4.1-9	Kornverteilungen nach DIN EN 933-1
4.10	Glühverlust nach DIN 18128
4.11	Wassergehalt nach DIN 18121
5.1-2	Prüfberichte der synlab Umweltinstitut GmbH Augsburg
5.1	Asphaltuntersuchung PAK nach EPA mit Phenolindex
5.2	Analyse von Auffüllungen gemäß LAGA M20
6	Vordimensionierung Rammpfähle

1 Veranlassung

Die Gemeinde Königsmoos beabsichtigt im Ortsteil Stengelheim das Baugebiet „An der Ludwigstraße“ zu erschließen.

Die Planung des Vorhabens obliegt der WipflerPLAN Planungsgesellschaft mbH in Pfaffenhofen/Ilm.

Die Grundbaulabor Aichach GbR wurde durch den Bauherrn beauftragt, den lokalen Baugrund zu erkunden und einen geotechnischen Bericht (Baugrundgutachten) zu erstellen.

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen und die daraus resultierenden Folgerungen werden im vorliegenden Gutachten zusammengefasst.

2 Lage, geologischer Überblick und Erdbebenzone (DIN 4149)

Stengelheim - Klingsmoos befindet sich nordöstlich von Pöttmes im Donaumoos. Das überplante Gelände grenzt südlich an die Ludwigstraße (St 2049) an und wird nördlich durch die Bestandsbebauung, die an der Neuburger Straße (St 2046) vorhanden ist, begrenzt, siehe Bild 1.

Das ebene Gelände, das in nördliche Richtung um ca. 1,2 m (BS 5 bis BS 1) abfällt, ist durch landwirtschaftliche Nutzung geprägt.

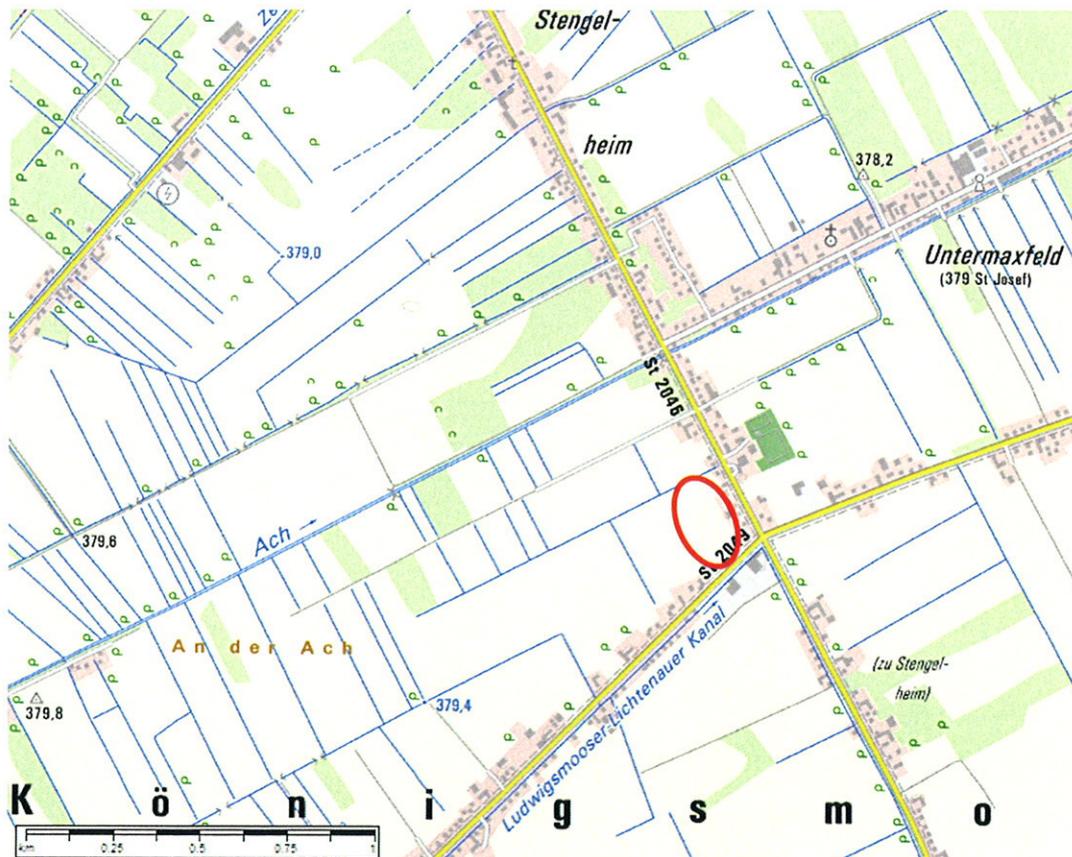


Bild 1: Lage des Baugebietes

Der Geologischen Karte von Bayern (M 1: 500.000) ist zu entnehmen, das im großräumigen Areal holozäne Torfe zu erwarten sind.

Zum Ende des Tertiärs, d.h. vor ca. 10 Millionen Jahren, bildete sich durch mehrere Meeresvorstöße das Ingolstädter Becken, ein Molassebecken aus Meeressedimenten. Durch die Auffaltung der Alpen senkte sich das Becken von Süd-Westen nach Nord-Osten ab. Seit dieser Zeit fließt das Wasser aus dem Donaumoos in diese Richtung. Die Ur-Donau bog am Ende des Tertiärs von Westen kommend bei Rennertshofen nach Norden ab.

Für die Entwicklung des heute ca. 12.000 Hektar großen Donaumooses war die Laufverlegung der Donau nach Osten von entscheidender Bedeutung. Vor ca. 100.000 Jahren (Rißzeit) durchbrach die Donau den Albvorsprung westlich von Neuburg und bildete am Ende des Engtals einen gewaltigen Schwemmfächer. Dieser schwenkte mit seinen Erosions- und Transportkräften nach Süden aus und verstärkte dadurch die Ausräumung des Donaumoosbeckens.

Zur Würmeiszeit (vor ca. 10.000 Jahren) kam es zu Schotterablagerungen, die die Entwässerung in die Donau behinderten. Das Wasser der Donaumoosbäche breitete sich flächig aus. Es entstand ein riesiges Überflutungsgebiet, das allmählich verlandete. Die abgestorbenen Pflanzen, die aufgrund des Sauerstoffmangels nicht verrotten, trugen dazu bei, dass das Niedermoor ca. 1 mm pro Jahr wuchs. Die maximale Mächtigkeit der Torfe (6 m bis 10 m) wurde in der Nähe von Pöttmes erreicht.

Bis vor ca. 200 Jahren war das gesamte Gebiet noch eine unzugängliche Moorlandschaft, das nur an den Rändern als Weidegebiet genutzt wurde. Ab 1795 wurde das Donaumoos zunehmend entwässert und planmäßig besiedelt. Es entwickelte sich eine nahezu ebene Agrarlandschaft mit charakteristischen künstlichen Entwässerungsgräben und typischen, oft kilometerlangen geraden Straßen und Straßendörfern. Durch die landwirtschaftliche Nutzung verdichteten sich die Torfe, wodurch die Wasseraufnahmefähigkeit verringert wurde.

Nach DIN 4149 (Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten) liegt Stengelheim in der Erdbebenzone 0, Untergrundklasse S.

Die Erdbebenzone 0 umfasst Gebiete, denen gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus ein Intensitätsintervall von 6,0 bis < 6,5 zugeordnet ist. Zur Untergrundklasse S zählen Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung. Ein rechnerischer Erdbebennachweis ist nicht erforderlich.

3 Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung der lokalen Baugrundverhältnisse wurden am 26. Oktober 2012 von der Grundbaulabor Aichach GbR fünf Bohrsondierungen (BS 1 bis BS 5) abgeteuft. Die Aufschlüsse erreichten Tiefen zwischen 1,5 m (BS 5) und 4,2 m (BS 3) unter GOK. Die Schichtenprofile sind in den Anlagen 2.1-5 nach DIN 4023 dargestellt.

Die Lagerungsdichte und die Konsistenz der anstehenden Böden wurden durch vier Rammsondierungen erkundet, die als schwere Rammsondierung (DPH 1 bis DPH 4) nach DIN EN ISO 22476 ausgeführt wurden. Die Rammsondierungen, deren Ergebnisse in den Anlagen 3.1-4 dargestellt sind, erreichten Tiefen zwischen 4 m und 5 m unter GOK.

Nach Fertigstellung der Arbeiten wurden die Ansatzpunkte lage- und höhenmäßig eingemessen. Als Bezugspunkt der Höhenmessung wurde die Oberkante des Unterflurhydranten herangezogen (379,42 m NN), dessen Lage in der Anlage 1 eingezeichnet ist.

Die Lage der Bohr- und Rammsondieransatzpunkte ist in der Anlage 1 dargestellt.

Der durch die direkten Aufschlüsse erkundete Schichtenaufbau wurde geologisch und bodenmechanisch aufgenommen.

Aus dem durch die Bohrsondierungen gewonnenen Material wurden gestörte Bodenproben entnommen, an denen die in den Anlagen 4.1-11 dargestellten bodenmechanischen Laborversuche durchgeführt wurden.

4 Untersuchungsergebnisse

4.1 Schichtenaufbau

Durch die ausgeführten Bohrsondierungen wurden von oben nach unten folgende Schichten erschlossen:

- humoser Mutterboden und Auffüllungen,
- Torfe,
- Fein- bis Mittelsande sowie Kiese (Miozän, Tertiär, Obere Süßwassermolasse)

Die einzelnen Schichten werden nachfolgend beschrieben.

Auffüllungen wurden nur im Bereich der Bohrsondierung BS 5 (Ludwigstraße) erkundet. Die Auffüllungen reichen bis in eine Tiefe von 1,2 m und sind unter der 0,27 m mächtigen Asphaltsschicht bis in eine Tiefe von 0,5 m als schwach sandige, schwach schluffige Kiese hellgrauer Farbe zu charakterisieren. Anhand der labortechnischen Untersuchung (vgl. Anlage 4.8) sind die kiesigen Schotter der Bodengruppe GU zuzuordnen.

Der feinkörnige Anteil wurde durch Siebung mit 5,5% ermittelt, so dass die Kiese einen geringen, ausreichend frostsicheren Feinkornanteil aufweisen. Unter den Kiesen folgen stark kiesige, schwach schluffige Sande, die in die Bodengruppe SU einzuordnen sind. Auch diese Schicht genügt den Forderungen, die hinsichtlich des Feinkorngehaltes an ein Material für frostsicheren Straßenunterbau zu stellen sind (6,2 %).

Mit Ausnahme der Bohrsondierung BS 5 wurde in allen Aufschlüssen humoser Mutterboden angetroffen, der eine Schichtdicke von 0,4 m aufweist. Das Material ist zu Beginn der Erd- und Erschließungsarbeiten abzuschleppen, seitlich geschützt zu lagern und kann nach Fertigstellung der Bauarbeiten für die Rekultivierung und Modellierung des Geländes wieder verwendet werden.

Unter dem Mutterboden folgen die Torfe des Donaumooses. Die Torfe sind im oberen Bereich als zersetzte Torfe zu klassifizieren (Bodengruppe HZ). Mit zunehmender Tiefe geht der Zersetzungsgrad zurück, da der Oxidationsvorgang der Torfe durch das Grundwasser behindert wird. Die Unterkante der nicht zur Bebauung geeigneten Torfschicht wurde zwischen 1,6 m (BS 1) und 2,2 m (BS 4) unter GOK angetroffen.

In Abhängigkeit von den organischen Anteilen weisen die Torfe eine schwarze bis braune Färbung auf. Innerhalb dieser Schicht wurden durch die Rammsondierungen Schlagzahlen zwischen $0 \leq N_{10} \leq 1$ ermittelt.

Die Scherfestigkeit und die hieraus ableitbare Tragfähigkeit der Torfe sind als „sehr gering“ einzustufen. Die Torfe sind sehr frostempfindlich.

Die Torfe werden durch schwach bis stark schluffige Fein- bis Mittelsande unterlagert. In der Bohrsondierung BS 1 wurde darüber hinaus eine feinsandige Schluffschicht von 0,1 m Mächtigkeit detektiert, welche die Torfe von den Sanden trennt. Die Mächtigkeit der Sande variiert zwischen 0,2 m (BS 3) und 0,5 m (BS 1, BS 4). Die schluffigen bis stark schluffigen, lokal schwach organischen Sande sind locker bis mitteldicht (zur Tiefe hin) gelagert.

Unter den Sanden folgen stark sandige, schwach schluffige Kiese in denen die Schlagzahlen der schweren Rammsondierungen bis auf Werte von $N_{10} = 50$ bis 62 (DPH 4) ansteigen. Die grundwasserführenden Kiese sind somit als gut tragfähiger Baugrund (dichte bis sehr dichte Lagerung) einzustufen.

Anhand der Ergebnisse der ausgeführten Rammsondierungen ist zu konstatieren, dass der tragfähige Baugrund in einer Tiefe zwischen ca. 2,5 m und 3,0 m unter GOK ansteht.

4.2 Grundwasserverhältnisse

In den Bohrsondierungen wurden zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung folgende Grundwasserstände gemessen:

Bohrsondierung	Grundwasser angetroffen		Grundwasserspiegel (teileingespiegelt)		Datum
	m unter Gel.,	m NN	m unter Gel.	m NN	
BS 1	1,50	376,84	1,20	377,14	26.10.2012
BS 2	Bohrloch eingedrückt, Wasserspiegel nicht messbar				26.10.2012
BS 3	1,77	376,93	1,57	377,13	26.10.2012
BS 4	Bohrloch eingedrückt, Wasserspiegel nicht messbar				26.10.2012
BS 5	bis zur Endtiefe von 1,5 m kein GW angetroffen				26.10.2012

Höhere Wasserstände, die insbesondere aus den Ganglinien langjähriger Grundwasserbeobachtungsmessstellen resultieren, sind nicht auszuschließen. Zum Schutz des Bebauungsgebietes kann eine Ring- und Flächendränage verlegt werden, die höhere Grundwasserstände kappt.

Vorbehaltlich der Messergebnisse von ggf. vorhandenen Grundwassermessstellen ist für die weitere Planung von einem mindestens 1 m höheren Bemessungswasserstand (Schwankungsbereich des Grundwassers und Sicherheitszuschlag) auszugehen. Diese Annahme ist mit dem Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt abzustimmen.

Das Grundwasser wird in den Kiesen geführt, deren (feinkornabhängige) Durchlässigkeit anhand der Kornverteilungen zwischen $6,1 \cdot 10^{-5}$ m/s und $1,7 \cdot 10^{-4}$ m/s variiert. Das Grundwasser folgt den topographisch vorgegebenen Verhältnissen und fließt in nord-östliche Richtung zur Donau.

Aus früheren Untersuchungen ist bekannt, dass das Grundwasser als mindestens „schwach angreifend“ gegenüber Beton einzustufen ist, so dass bei der weiteren Planung mindestens eine Expositionsklasse XA1 zu berücksichtigen ist.

4.3 Boden- und Felsklassen nach DIN 18196, DIN 18300 und DIN 18301

Die durch die Bohrsondierungen erschlossenen Schichten sind gemäß DIN 18196, DIN 18300 und DIN 18301 sowie ZTVE-StB 09 (zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau) und den Ergebnissen der labor-technischen Untersuchungen (vgl. Anlagen 4.1-11) wie folgt einzustufen:

Schichtfolge	Klassifikation der Boden- und Felsklassen gemäß 1			
	DIN 18 196	DIN 18 300	DIN 18 301	ZTV E* (Frostempfindlichkeit)
Auffüllungen	GU, SU	3	BN 1	F1
Mutterboden	OH	1	BO 1	F3
holozäne Torfe	HN, HZ	3, (2)	BO 1, BO 2	F3
Schluffe	UL, OU	4	BB 2	F3
Fein- und Mittelsande	SU, SÜ	3, 4	BN 1, BN 2	F2, F3
Kiese	GI, GU	3	BN 1	F1, F2

* F1: nicht frostempfindlich F2: gering bis mittel frostempfindlich F3: sehr frostempfindlich

Die Erd- und Gründungsarbeiten werden sich auf alle erbohrten Schichten erstrecken. Zur Abrechnung der gelösten und abtransportierten Massen ist ein genaues Aufmaß auf der Baustelle zu empfehlen.

Bei Unklarheiten hinsichtlich der Klassifikation der anstehenden Böden ist der Unterzeichner kurzfristig zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

4.4 Charakteristische Werte der Bodenkenngrößen

Für erdstatische Berechnungen können die nachfolgend aufgeführten, charakteristischen Erfahrungswerte der Bodenkenngrößen verwendet werden:

Schichtfolge	charakteristischen Werte der Bodenkenngrößen				
	Feuchtwichte [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb	Reibungswinkel [°]	Kohäsion [kN/m ²]	Steifemodul [MN/m ²]
	γ_k	γ'_k	φ'_k	c'_k	$E_{s,k}$
Auffüllungen	19,0 bis 21,0	10,0 bis 12,0	32,5 bis 37,5	---	(60 bis 120)
Torfe	11,0 bis 13,0	1,0 bis 3,0	15,0 bis 17,0	2 bis 5	0,1 bis 1
Schluffe	18,0 bis 19,0	8,0 bis 9,0	25,0 bis 27,5	3 bis 5	4 bis 6
Fein- und Mittelsande					
- sehr locker bis locker	17,0 bis 18,0	9,0 bis 10,0	30,0-32,5	---	15 bis 40
- mitteldicht	18,0 bis 19,0	10,0 bis 11,0	32,5 bis 35,0		50 bis 80
- dicht bis sehr dicht	19,0 bis 20,0	11,0 bis 12,0	35,0 bis 38,0		80 bis 100
Kiese	21,0 bis 23,0	11,5 bis 13,5	35,0 bis 40,0	---	60 bis 150

Die in der obigen Tabelle angegebenen Scherparameter gelten für dränierte Böden. Für Erddruckermittlungen, die geböschte Arbeitsräume betreffen, sind die Kennwerte des Verfüllmaterials maßgebend.

Generell kann für verdichtet eingebautes Fremdmaterial, das den Anforderungen der ZTVE-StB 09 (vgl. dort Kapitel 10 „Hinterfüllen und Überschütten von Bauwerken“) entspricht, von folgenden charakteristischen Werten der Bodenkenngrößen ausgegangen werden:

mögliches Verfüllmaterial	Bodengruppe nach DIN 18196	Reibungswinkel ϕ'_k [°]	Wichte, γ_k / γ'_k [kN/m ³]
grobkörnige Böden (Verdichtbarkeitsklasse V 1)	SW, SI, SE, GW, GI, GE	30,0 bis 35,0	20,0 / 12,0
gemischkörnige Böden (Verdichtbarkeitsklasse V 2)	GU, GT, SU, ST	27,5 bis 32,5	20,0 / 10,0

Gemische aus gebrochenem Gestein (z. B. Körnung 0/80) können gleichfalls für die Hinterfüllung verwendet werden, sofern sie geeignete Kornverteilungskriterien aufweisen.

4.5 Auswertung der chemischen Laborversuche

Ergänzend zu der durchgeführten geotechnischen Erkundung wurden, nach Rücksprache mit Herrn Brinkmann, Planungsgesellschaft WipflerPLAN, eine Probe des Asphaltoberbaus und eine Probe aus der vorhandenen Auffüllungen des Straßenunterbaus der Staatsstraße St 2046 für orientierende Schadstoffuntersuchungen ausgewählt.

Die Proben wurden in das akkreditierte Prüflabor synlab Umweltinstitut GmbH in Augsburg eingeliefert und die Feinfraktion < 2 mm der Bodenproben dort auf die Parameter nach LAGA M20, Stand 1997, Feststoff (Tab. II.1.2-2) und Eluat (Tab. II.1.2-3) analysiert. Die Asphaltprobe wurde auf PAK nach EPA analysiert und ergänzend der Phenol-Index ermittelt. Die Ergebnisse der chemischen Analytik sind in den Untersuchungsberichten der synlab Umweltinstitut GmbH vom 05.11.2012 in den Anlagen 5.1-2 dokumentiert.

Im einzelnen wurden folgende Proben analysiert:

Entnahmestelle, Entnahmetiefe	Probenart	Untersuchung	Labornummer
BS 5, 0,0 m bis 0,27 m	Asphaltbohrkern	PAK nach EPA, Phenolindex	UAU-12-005921-01
BS 5, 0,27 m bis 1,2 m	Bodenprobe	LAGA M20 Boden (Feststoff+Eluat)	UAU-12-0059219-02

Asphalt

Die Probe des Fahrbahnbelags wurde gemäß LfW-Merkblatt 3.4/1 „Wasserwirtschaftliche Beurteilung der Lagerung, Aufbereitung und Verwertung von bituminösem Straßenaufbruch (Ausbauasphalt und pechhaltiger Straßenaufbruch)“ Stand 20.03.2001 des Bayerischen Landesamtes für Wasserwirtschaft beurteilt. Zur Ergänzung wurde das Infoblatt des Bayerischen Landesamtes für Umwelt aus dem Jahr 2006 herangezogen. Weiterhin wurde die Verwertungsklasse gemäß RuVA-StB 01 ermittelt.

Die relevanten Analysenergebnisse sowie deren Einstufung sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

Probenbezeichnung, Labornummer	Summe der 16 Einzelparameter PAK nach EPA [mg/kg TS]	Benzo (a)pyren [mg/kg TS]	Phenol- index im Eluat [mg/l]	Einstufung gemäß LfW-Merkblatt Nr. 3.4/1	Verwertungs- klasse gemäß RuVA-StB 01
BS 5, 0,0 m - 0,27 m UAU-12-0059219-01	88,1	11	<0,01	pechhaltiger Straßenaufbau	B

Gemäß den Bewertungsgrundlagen handelt es sich bei den untersuchten Probematerial (BS 5 0,0 m - 0,27 m) um pechhaltigen Straßenaufbruch, der in die Verwertungsklasse B einzustufen ist. Die Aufbereitung pechhaltigen Straßenaufbruchs ist nur im Kaltmischverfahren zulässig, es gelten erhöhte Anforderungen und Einschränkungen bezüglich der Verwertung.

Der pechhaltige Straßenaufbruch kann mit der AVV-Nr. 17 03 02 als „Bitumengemische mit Ausnahme derjenigen, die unter 17 03 01 fallen“ eingestuft werden. Falls eine Zwischenlagerung dieser Materialien nicht vermeidbar ist, sind diese unter Dach auf einer stoffundurchlässigen Fläche zu lagern.

Abweichungen hinsichtlich Schichtmächtigkeit und Schadstoffbelastung zu der punktuellen Untersuchungsstelle können nicht ausgeschlossen werden und sollten in der Beschreibung berücksichtigt werden.

Die Ausbaurbeiten sind zu überwachen. Bei Unklarheiten bezüglich der Einstufung der Ausbaumaterialien sind neben der organoleptischen Prüfung orientierende Schnelltests gemäß FGSV-Arbeitspapier Nr. 27/2 "Prüfung von Straßenausbaumaterial auf carbostämmige Bindemittel - Schnellverfahren" durchzuführen. Steht nicht eindeutig fest, ob es sich um pechfreien oder pechhaltigen Straßenaufbruch handelt, sind ergänzende chemische Analysen durchzuführen.

Für die Wiederverwertung der Ausbauasphalte sind die einschlägigen Merkblätter, Vorschriften und Richtlinien zu beachten. Wir empfehlen, die Verwertung/Entsorgung vorab mit den zuständigen Fachbehörden und der annehmenden Stelle abzustimmen.

Auffüllungen (Boden)

Die Bewertung der Untersuchungsergebnisse der Bodenmischprobe erfolgte auftragsgemäß nach bayerischem Leitfaden zu den Eckpunkten "Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen" (2001/Stand 2005) und der in Bayern eingeführten LAGA M20-Boden (Stand 1997).

Die Beurteilung der Bodenmischproben gemäß bayerischem Leitfaden zu den Eckpunkten "Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen" für die Kategorie Z0 erfolgte für die Bodenart „Sand“.

Die relevanten Analysenergebnisse sowie deren Einstufung sind in den nachfolgenden Tabellen zusammengefasst:

Einstufung gemäß Leitfaden zu den Eckpunkten:

Probenbezeichnung, Labornummer	Einstufung gemäß Leitfaden zu den Eckpunkten	Erhöhte Parameter gemäß Leitfaden zu den Eckpunkten
BS 5, 0,27 m - 1,2 m UAU-12-0059219-02	>Z2	PAK nach EPA (>Z2) pH-Wert Eluat (Z1.2) Kohlenwasserstoffe C10-C40 (Z1.1)

Einstufung gemäß LAGA M20, Tabellen II.1.2-2 (Feststoff) und II.1.2-3 (Eluat):

Probenbezeichnung, Labornummer	Einstufung gemäß LAGA M20 Boden	Erhöhte Parameter gemäß LAGA M20 Boden
BS 5, 0,14 m - 1,2 m UAU-12-0059219-02	>Z2	PAK nach EPA (>Z2) pH-Wert Feststoff (Z1.2) pH-Wert Eluat (Z1.2) Kohlenwasserstoffe C10-C40 (Z1.1)

Die untersuchten Materialien sind anhand der zuvor genannten Bewertungsgrundlagen als Bodenmaterial >Z2 einzustufen. Materialien >Z2 können nicht gemäß den Bewertungsgrundlagen verwertet/entsorgt werden.

Abweichungen hinsichtlich Schichtmächtigkeit und Schadstoffbelastung zu der punktuellen Untersuchungsstelle können nicht ausgeschlossen werden und sollten in der Ausschreibung berücksichtigt werden. Wir weisen darauf hin, dass auch in den anderen, anzutreffenden Materialien Schadstoffbelastungen, z.B. geogen oder nutzungsbedingt, grundsätzlich nicht auszuschließen sind.

Wir empfehlen, die Ausbauarbeiten fachgerecht zu überwachen. Unterschiedlich belastete Bereiche dürfen nicht vermischt werden und sind zu separieren.

Zur endgültigen Einstufung der Ausbaumaterialien empfehlen wir diese, im Zuge der Ausbaurbeiten, vor Ort oder in einem geeigneten Zwischenlager, aufzuhalten, gemäß LAGA PN98 zu beproben und die erforderlichen Deklarationsanalysen durchzuführen.

Für die Wiederverwertung/Entsorgung der Materialien sind die einschlägigen Merkblätter, Vorschriften und Richtlinien zu beachten.

5 Beurteilung der Verformbarkeit und Tragfähigkeit des Baugrundes

Bei den in den Aufschlüssen erkundeten Böden, die in gründungsrelevanter Tiefe (angenommene Tiefe der Kanalisation ca. 1,5 m bis 2 m unter GOK) anstehen, handelt es sich um sehr gering tragfähige Torfe, die als „stark kompressibler Baugrund“ zu bewerten sind. Für die Gründung der Bauwerke, der Straßen sowie als Auflager für Ver- und Entsorgungsleitungen ist diese Schicht nicht geeignet.

Die aus den Bauwerken resultierenden Einwirkungen (= Lasten) sind über geeignete Gründungselemente (z.B. Brunnen, Pfähle etc.) bis in die tragfähigen Sande bzw. Kiese abzutragen. Diese Schichten sind aus geotechnischer Sicht als gering kompressibler und ausreichend tragfähiger Baugrund einzustufen.

Die anstehenden Böden sind frost- und witterungsempfindlich. Die Torfe neigen bei Zutritt von Wasser zum Aufweichen sowie (bei Entwässerung zum Oxidieren = Volumenverlust). Eine Arbeitsebene (geotextilunterlagerte Schroppen bzw. Schotterschicht), deren erforderliche Mächtigkeit durch Testflächen zu ermitteln und die auf das Gewicht der eingesetzten Baugeräte abzustimmen ist, ist einzuplanen.

Die Baumaßnahmen sind gemäß EC 7 (A 2.1.2.3) in die geotechnische Kategorie 2 einzuordnen.

6 Gründungsvorschlag für Bauwerke

Aufgrund der geringen Widerstände, die anhand der Ergebnisse der durchgeführten Rammsondierungen bis in eine Tiefe von 2,5 m bis 3 m unter GOK zu erkennen sind, wird von einer Flachgründung der Bauwerke oberhalb dieser Tiefe abgeraten. Wird keine Unterkellerung geplant, so ist zur Minimierung der Setzungen und Setzungsdifferenzen eine Tiefgründung über Pfähle zu empfehlen.

Oberhalb der Pfähle wird entweder ein biegesteifer Stahlbetonträgerrost oder eine Bodenplatte positioniert, die durch die Pfähle punktuell gestützt werden. Die aus den Bauwerken anfallenden Lasten (Einwirkungen) werden über den Trägerrost bzw. die Platte auf die Pfähle und durch diese in die tragfähigen Sande und Kiese übertragen.

Für die Ausführung der Tiefgründung stehen verschiedene Pfahlsysteme zur Verfügung. Grundsätzlich können im Zuge der Ausschreibung Sondervorschläge zugelassen werden, um Vorteile möglicher Alternativen und anderer (Pfahl-) Systeme nutzen zu können.

Die charakteristischen Widerstände für gerammte **Verdrängungspfähle** können (z.B.) den Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ (EA-Pfähle, 2. Auflage 2012) entnommen werden. Der Pfahlspitzenwiderstand ist in den dicht bis sehr dicht gelagerten Kiesen ($t > 3$ m ab GOK) setzungsabhängig mit $q_{b,k} = 5$ MN/m² bis 10 MN/m² anzusetzen. Die Pfahlmantelreibung $q_{s,k}$ kann ab dieser Tiefe (-3 m) im Bereich von $0,09$ MN/m² $\leq q_{s,k} \leq 0,13$ MN/m² angesetzt werden.

Anhand der in der Anlage 6 durchgeführten Berechnung ist zu erkennen, dass sich für Pfahllängen zwischen 6 m und 9 m zulässige Pfahlwiderstände zwischen 0,76 MN und 1 MN ergeben.

Aus geotechnischer Sicht ist darauf hinzuweisen, dass Fertigpfähle beim Einrammen Lärm und Erschütterungen verursachen können. Die Größe der auftretenden Erschütterungen kann durch eine rambbegleitende Erschütterungsmessung nach DIN 4150 erfasst und bewertet werden.

Als alternativer Fertigpfahl ist der – ebenfalls gerammte – duktile Gusspfahl zu nennen, bei dessen Rammvorgang vergleichsweise geringe Erschütterungen auftreten. Die geringeren Erschütterungen sind auf den kleineren Querschnitt zurückzuführen, da der Durchmesser duktiler Gusspfähle zwischen 11,8 cm und 17,0 cm schwankt.

Der duktile Gusspfahl besteht aus einzelnen Rohrsegmenten mit einer Länge von 5 m, die über eine konische Muffe miteinander verbunden und durch einen hydraulischen Schnellschlaghammer in den Boden eingerammt werden. Da der Hammer an einem Baggergerät montiert wird, muss kein „schweres“ Gerät zur Herstellung der Pfähle eingesetzt werden.

Gemäß der bautechnischen Zulassung des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBT) Berlin vom 2.01.2009 kann in Abhängigkeit vom Pfahltyp (Durchmesser und Wandstärke des eingesetzten Gussrohres) sowie in Abhängigkeit von der Betonfestigkeitsklasse und der Art der Herstellung von folgenden Bemessungswerten $R_{1,d}$ für duktile Rammpfähle ausgegangen werden:

Gussrohr	ohne Mantelverpressung, mit nachträglicher Betonfüllung		mit Mantelverpressung	
	C 20/25	C 25/30	C 20/25	C 25/30
Ø 118 * 7,5 mm	709 kN	737 kN	869 kN	896 kN
Ø 118 * 9,0 mm	842 kN	868 kN	1.001 kN	1.027 kN
Ø 170 * 9,0 mm	1.335 kN	1.396 kN	1.566 kN	1.627 kN
Ø 170 * 10,6 mm	1.545 kN	1.603 kN	1.776 kN	1.834 kN

Die Tragfähigkeit des Einzelpfahles hängt von den lokalen Baugrundverhältnissen ab und wird anhand von gemessenen Eindringwiderständen empirisch bestimmt (Rammzeit).

Horizontallasten sind bei diesem Pfahlsystem durch geneigte Pfähle bzw. die Ausbildung eines Pfahlbocks (Schrägpfähle) aufzunehmen. Die Pfähle sind in die Sande und Kiese mit einer Mindesteinbindelänge von > 3 m einzurammen. Die erforderliche Gesamtpfahllänge des Einzelpfahles ist im Bereich der oben aufgeführten Pfahllasten mit ca. 8 m bis 10 m abzuschätzen. Der Unterzeichner weist darauf hin, dass die vorliegenden Aufschlüsse für die Bemessung einer Tiefgründung nicht ausreichend tief genug sind. Falls Bauwerke über Pfähle gegründet werden, sind für diese Bauwerke tiefer führende Aufschlüsse erforderlich.

Die äußere Pfahltragfähigkeit ist von der ausführenden Firma entsprechend der Zulassung nachzuweisen bzw. zu bestätigen (Probelastung bzw. Probelastung in vergleichbaren Böden). Die Pfähle sind mantelverpreßt herzustellen.

Werden die Bauwerke auf Pfählen gegründet, so ist im Anschlussbereich zu den Verkehrsflächen zu berücksichtigen, dass sich im Laufe der Jahre Setzungen zwischen den tief (= setzungsarm) gegründeten Bauwerken und den Fahrbahnen ergeben werden. Diese Setzungen, die auf die Zersetzung und die Kompression der Torfe zurückzuführen sind, können durch zusätzliche Anschüttungen ausgeglichen werden. Da diese Anschüttungen jedoch die Belastung der Torfe erhöhen, werden wieder zusätzliche Setzungen initiiert. Hieraus folgt, dass wiederholte Nachbesserungen einzuplanen sind, da im Laufe der Zeit immer wieder mit Reparaturen zu rechnen ist.

7 Baugrube, Aushub und Befahrbarkeit des Planums

Für das Erstellen der Bauwerke ist im Fall einer Pfahlgründung (keine Unterkellerung) keine tiefe Baugrube erforderlich.

Die Tiefe des Einschnitts (Betonage des Trägerrostes bzw. der Platte, Arbeitsebene) wird sich (vermutlich) auf $t \leq 2$ m begrenzen. Aufgrund der vorhandenen Platzverhältnisse können freie Böschungen ausgeführt werden, wenn über die Bauzeit eine Wasserhaltung betrieben wird.

In den Torfen wird eine Böschungsneigung von 30° empfohlen. Auf der Böschungsoberfläche sind keine Lasten aufzubringen, da die Scherfestigkeit der Torfe sehr gering ist. Die Hinweise der DIN 4124 sind zu beachten.

Bei einer Wasserhaltung in offener Baugrube besteht die Gefahr von Setzungsschäden an umliegenden Bauwerken resultierend aus der Entwässerung der Torfe, sofern diese Bauwerke auf den Torfen gegründet sind.

Alternativ besteht die Möglichkeit, einen Spundwandverbau herzustellen, um den Aufwand für die Wasserhaltung zu begrenzen und mögliche Setzungsschäden an bestehenden Bauwerken zu vermeiden. Die Spundwände sind bis in die unterlagernden Sande und Kiese zu rammen. Lockerungsbohrungen sind einzuplanen. Bei der Bemessung des Spundwandverbaus ist der Nachweis der Sicherheit gegen aufwärts gerichteten hydrostatischen Wasserdruck zu führen.

Falls Bestandsfundamente durch die Erdarbeiten freigelegt werden, ist der Nachweis der Sicherheit gegen Grundbruch zu führen.

Wasserhaltungsmaßnahmen sind einzuplanen, um das Grundwasser im Bereich der Fundamente ausreichend tief (mindestens 0,5 m unter Gründungssohle) absenken zu können. Falls eine Spundwand zur Sicherung der Baugrube eingesetzt wird, beschränken sich die Wasserhaltungsmaßnahmen auf das Absenken des Grundwassers im geschlossenen Spundwandkasten.

Für die Durchführung der Arbeiten ist eine Arbeitsebene erforderlich. Die Mächtigkeit der Arbeitsebene ist in Abhängigkeit vom Gewicht der für die Pfahlherstellung erforderlichen Geräte zu ermitteln (Grundbruch- und Setzungsberechnung). Für die Arbeitsebene ist Schotter oder ein äquivalentes, gut zu verdichtendes Material der Korngröße 0/56 zu bevorzugen.

Die Tragfähigkeit der Arbeitsebene kann durch ein Geotextil (kombiniertes Trennvlies + Geogitter) erhöht werden, welches direkt auf dem abgeschobenen Planum verlegt wird. Fall die Aushubsohle unter dem Grundwasser liegt, ist es hilfreich, zunächst Schroppen oder Grobschlag einzubauen, um ein oberhalb des Grundwassers liegendes, trockenes Planum zu schaffen. Im Leistungsverzeichnis sollte eine Position für das Erstellen einer ca. 0,3 m mächtigen Arbeitsebene und eine Bedarfsposition für eine Erhöhung um Lagen (ggf. mehrere Lagen) à 0,3 m enthalten sein.

Die Oberfläche des Planums ist witterungs- und frostempfindlich, so dass eine zeitnahe Überschüttung anzustreben ist, um die freigelegte Oberfläche zu schützen. Die Oberfläche des Planums ist nicht mit Radfahrzeugen zu befahren. Der Aushub ist rückschreitend zu realisieren. Die Arbeitsebene wird anschließend vor Kopf geschüttet und verdichtet. Anschließend können die Pfähle hergestellt werden.

In Abhängigkeit von der Verschmutzung und der Oberflächenbeschaffenheit der Arbeitsebene kann es erforderlich sein, deren Oberfläche nach der Pfahlherstellung nochmals nachzuarbeiten.

8 Schutz der Bauwerke gegen Grundwasser

Die Bauwerke werden auf den Pfählen gegründet. Die Angabe eines Bettungsmoduls, der im Fall einer elastisch gebetteten Platte für die statische Bemessung benötigt würde, ist daher nicht erforderlich.

Für alle Bauwerke, die unterkellert werden (Wohn- bzw. Geschäftshäuser) ist eine wasserundurchlässige Bauweise erforderlich.

Wird keine Unterkellerung ausgeführt, so sind Ring- und Flächendränagen zum Schutz gegen das Grundwasser erforderlich. Unterhalb der Bodenplatten sind kapillarbrechende Schichten ($d \geq 0,15 \text{ m}$; 8/16 Körnung) anzuordnen, die durch die Drainage dauerhaft zu entwässern und auf einem Trennvlies zu schütten sind, um den Aufstau von Niederschlags- bzw. Grundwasser zu verhindern. Das Verlegen einer Ringdrainage nach DIN 4095 und deren Anschluss an eine dauerhaft gesicherte Vorflut, die für die Funktionsfähigkeit der Drainage zwingend erforderlich ist, bedarf der Genehmigung durch die zuständigen Ämter und Behörden.

Falls Dränagen verlegt werden, die aus geotechnischer Sicht zu empfehlen sind, genügen die üblichen Abdichtungsarbeiten nach DIN 18195-4 „Abdichtungen gegen Bodenfeuchte (Kapillarwasser, Haftwasser) und nicht stauendes Sickerwasser an Bodenplatten und Wänden, Bemessung und Ausführung“.

Werden keine Dränagen angeordnet, sind die Bauwerke gemäß DIN 18195-6 „Abdichtungen gegen von außen drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser, Bemessung und Ausführung“ abzudichten (WU-Beton, „Weisse Wanne“, Rissbreitenbegrenzung etc.).

Bei unterkellerten Gebäuden und Bauwerken ist der Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen bzw. Auftrieb für alle Bau- als auch den Endzustand zu führen.

9 Arbeitsraumverfüllung

Die im Zuge der Erdarbeiten anfallenden Böden (Torfe) sind für den Wiedereinbau im Bereich der Arbeitsräume nicht geeignet. Für die Verfüllung ist ein gut abgestuftes Kies-Sand-Material zu bevorzugen. Das Material ist in Lagen à 0,3 m einzubauen und lagenweise zu verdichten ($D_{Pr} \geq 100 \%$). Die erzielte Verdichtung ist im Rahmen ausreichender Überwachungsmaßnahmen (z.B. Rammsondierung nach DIN EN ISO 22476-2, Dichtebestimmung nach DIN 18 125 und Proctorversuch nach DIN 18 127, dynamischer Plattendruckversuch gemäß TP BF-StB Teil B 8.3, statischer Plattendruckversuch nach DIN 18 134) zu prüfen.

Um Oberflächenwasser am Einsickern in die verfüllten Arbeitsräume zu hindern, kann die Oberflächenbefestigung so gewählt werden, dass nur eine geringe Durchlässigkeit gegeben ist. Das Gelände ist derart zu profilieren, dass Oberflächenwasser von den Bauwerken wegfließen kann (Gefälleausbildung).

10 Beurteilung der Versickerungsmöglichkeit von Niederschlägen

Für die Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser ist das ATV-Regelwerk, Arbeitsblatt A 138, maßgebend. Danach sind Lockergesteinsböden mit einem Durchlässigkeitsbeiwert $1 \times 10^{-3} \geq k_f \geq 1 \times 10^{-6}$ m/s für die Einrichtung von Versickerungsanlagen geeignet.

Von Versickerungsanlagen dürfen keine Schäden an Gebäuden und Anlagen ausgehen. Bei Gebäuden ohne wasserdruckhaltende Abdichtung sollen Versickerungsanlagen grundsätzlich nicht in Verfüllbereichen in Bauwerksnähe angeordnet werden. Der Mindestabstand dezentraler Versickerungsanlagen vom Baugrubenfußpunkt beträgt mindestens das 1,5-fache der Höhendifferenz zwischen Versickerungsanlage und Gründungssohle des relevanten Bauwerks, sowie $\geq 0,5$ m vom Verfüllbereich. Bei zentralen Versickerungsanlagen muss der Abstand von einer Bebauung größer als die mittlere Beckenbreite sein.

Aufgrund der angetroffenen Baugrundverhältnisse empfehlen wir, bei der Einrichtung von dezentralen Versickerungsanlagen zur Vermeidung von Vernässungsschäden Grenzabstände von mind. 6 m zu unterkellerten Gebäuden und von rd. 3 m zu Grundstücksgrenzen einzuhalten.

Für Versickerungsanlagen ist ein Mindestabstand von 1 m zum Höchstgrundwasserstand einzuhalten. Bei der Planung ist außerdem zu berücksichtigen, dass nur unbelastetes Niederschlagswasser zur Versickerung kommen sollte.

Unter Beachtung der verschiedenen Parameter wird von einer Versickerung des Niederschlagswassers im Bebauungsgebiet abgeraten, da - unter Berücksichtigung einer frostfreien Gründungstiefe der Versickerungsanlagen - ein zu geringer Abstand zum Grundwasser besteht.

11 Hinweise zur Ausführung der Verkehrsflächen

Die Verkehrsflächen sind in Anlehnung an die „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen“ (RStO 01) auszuführen, um eine ausreichende Tragfähigkeit gewährleisten zu können und Schäden durch Frost zu vermeiden.

Nach RStO 01, sind die Verkehrsflächen näherungsweise in die Bauklasse III (Wohnsammelstraße) einzuordnen. Diese Annahme ist im Rahmen der weiteren Planung zu prüfen.

Die Wasserverhältnisse sind gemäß ZTVE-StB 09 als „ungünstig“ zu bewerten.

Stengelheim befindet sich in der Frosteinwirkungszone II, so dass bei der genannten Bauklasse und dem vorherrschenden F3-Untergrund eine frostsichere Gesamtbaustärke (= Frosteinwirkung + frostsichere Tragschicht + Wasserverhältnisse) von

$$60 + 5 + 5 = 70 \text{ cm}$$

zu fordern ist.

Die standardisierten Bauweisen (Bitumen- oder Betondecke, Pflasterung) sind der RStO 01 zu entnehmen.

Die Dicke der Frostschutztragschicht muss erfahrungsgemäß auf mindestens 100 cm verstärkt werden, da zu erwarten ist, dass der auf OK Planum erforderliche Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf den Torfen nicht erreicht werden kann.

Aufgrund des hohen Grundwasserstandes könnten die anstehenden Torfe aber nur bis ca. 1 m unter Geländeoberkante abgetragen werden.

Werden im Zuge der Erdarbeiten breiige oder aufgeweichte Bereiche angetroffen, so sind diese vollständig auszukoffern und zu entfernen. Zur Reduktion von Differenzsetzungen und zur Erhöhung der Tragfähigkeit ist auch im Straßenbereich das Verlegen eines Geogitters (OK Planum) zu empfehlen, langfristige Setzungen sind bei dieser Ausführung jedoch zu erwarten, deshalb empfehlen wir die Möglichkeit, unterhalb der Verkehrsflächen Baugrundverbesserungen (rasterförmige Baugrundverbesserung über Ortbetonrüttelsäulen mit überlagernder Kiestragschicht) durchzuführen. Hierdurch werden die zu erwartenden Setzungen reduziert, die andernfalls auftreten und zu wiederholten Nachbesserungen führen werden.

Aus Sicht des Unterzeichners werden Ortbetonrüttelsäulen, die konstruktiv zu bewehren sind, bevorzugt, da diese nach der Fertigstellung nicht als vertikale Dränelemente (wie z.B. Schottersäulen) wirken. Beim (alternativen) CSV-Verfahren entziehen die einzelnen Säulen dem Baugrund das zur Erhärtung erforderliche Wasser, wodurch gewisse Setzungen zu erwarten sind. Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Scherfestigkeit dieser Säulen sehr gering ist (Gefahr des Scherbruchs).

Schottersäulen weisen in diesem Baugrund den Nachteil auf, dass in den Torfen und den weich bis breiigen Tönen nur eine sehr geringe seitliche Stützkraft vorhanden ist, so dass bei Belastung der Säulen (radiale Aufweitung) ebenfalls bauwerksunverträgliche Setzungen auftreten werden. Zudem ist bei der Herstellung mit einer entsprechenden Massenmehrung zu rechnen, da das eingebrachte Kiesmaterial die Torfe verdrängt.

Für die Ausführung der Ortbetonrüttelsäulen ist eine Arbeitsebene erforderlich, um das Gelände befahren zu können. Die Mächtigkeit der Arbeitsebene ist auf das Gewicht des Gerätes abzustimmen (Gefahr des Grundbruchs).

Nach der Herstellung der Säulen, die rückschreitend erfolgt, wird vor Kopf ausgehoben und eine biaxial geogitterbewehrte Tragschicht (Schotter) oberhalb der Säulen hergestellt. Auf dieser Tragschicht (Anforderung: $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$) kann der frostsichere Aufbau für die Verkehrsflächen erfolgen.

Wird aus Kostengründen auf die Gründung durch Bodenverbesserung mittel Säulen verzichtet und langfristige Setzungen und daraus resultierende Nachbesserungen in Kauf genommen, müsste auf der Aushubsohle als Trennlage zu den Torfen ein Geovlies der Robustheitsklasse 3 oder höher verlegt werden. Darauf ist ein biaxiales Geogitter (z.B. TENSAR SS 40 oder gleichwertig) zu verlegen, in das ein Bodenaustauschkörper mit einer Mächtigkeit von mindestens 0,5 m eingeschlagen wird. Als Bodenaustauschmaterial ist in der unteren Lage Schotter mit einer Mächtigkeit von 0,3 m einzubauen und zu verdichten.

Die erste Lage ist als Vorkopfschüttung einzubringen, die Torfe dürfen, um festigkeitsmindernde Porenwasserüberdrücke zu verhindern, nicht mit Radfahrzeugen befahren werden. Für die zweite Lage des Bodenaustauschkörpers im Planumbereich sind gut verdichtbare, korngestufte Böden mit maximal 10 % Schluffkornanteil (z.B. grobkörniger Kies oder Schotter der Körnung 0/56) zu verwenden. Die Eignung des gewählten Bodenaustauschmaterials ist durch Korngrößenanalysen nachzuweisen. Die Überlappung des Geogitters auf der Oberkante des Bodenaustauschkörpers sollte mindestens 1,5 m betragen. Alternativ zu dem zuvor genannten Geovlies und dem biaxialen Geogitter kann ebenfalls ein Kombigitter (z.B. TENSAR SS-G 40 oder gleichwertig) verwendet werden. Beim Einsatz von Geotextilien sind die Verlegehinweise des Herstellers zu beachten. Auf diesen Bodenaustauschkörper kann die Frostschutzschicht (Mindestmächtigkeit 70 cm) aufgebracht werden. Das Frostschutzmaterial ist lagenweise einzubauen und in jeder Lage auf mind. 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Die Höhe der Schüttlagen richtet sich nach dem zum Einsatz kommenden Verdichtungsgerät, sollte aber 0,3 m bis 0,4 m nicht überschreiten. Zur Vorwegnahme der Restsetzung im Bereich der anstehenden Torfe sollte eine temporäre Überlastschüttung mit Setzungsbeobachtung vorgenommen werden. Für die Überlastschüttung können Baustoffgemische verwendet werden, die zu einem späteren Zeitpunkt in einem anderen Abschnitt auf der Baustelle benötigt werden. Die Überlastschüttung ist mit einer Mächtigkeit von mindestens 1 m auf der gesamten Trassenbreite verdichtet aufzubringen. Zur Überprüfung der Vertikalverformungen sind im Abstand von ca. 30 m bis 50 m Setzungspegel (quadratische, biegesteife Stahlplatte mit Setzungsgestänge in einem Hüllrohr) in die Überlastschüttung einzubringen. Die Setzungen sind mindestens wöchentlich zu kontrollieren und zu dokumentieren. Auf Grundlage dieser Messungen ist zu entscheiden, wann die Primärsetzungen abgeklungen sind und ein Rückbau der Überlastschüttung sowie ein Aufbau der asphaltgebundenen Deckschicht durchgeführt werden kann.

Wir weisen nochmals darauf hin, dass bei einer Gründung im Bereich der restlichen Torfmächtigkeiten langfristig Setzungen nicht ausgeschlossen sind.

Als Einbaumaterial für die Frostschutzschicht, die permanent zu entwässern ist, da andernfalls keine Frostsicherheit besteht, können nach TL SoB-StB 04/07 Kiese bzw. Kies-Sand-Gemische, Sande und Sand-Kies-Gemische der Bodengruppen GE, GI, GW, SE, SI und SW nach DIN 18 196 Verwendung finden. Für die obersten 20 cm der Frostschutzschicht empfehlen wir Baustoffgemische 0/8 bis 0/63, bevorzugt der Körnungen 0/32 bis 0/45 und Böden der Bodengruppen GW und GI zu verwenden.

Die Eignung des Materials ist durch Laborversuche (Kornverteilung nach DIN EN 933-1) zu prüfen. Das Schüttmaterial ist lagenweise einzubauen und in jeder Lage auf mind. 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten.

Die Höhe der Schüttlagen richtet sich nach dem zum Einsatz kommenden Verdichtungsgerät, sollte aber 0,3 m bis 0,4 m nicht überschreiten. Zu fordern ist ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ bzw. ein Verhältniswert der Verformungsmoduln $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ auf Oberkante der Frostschutzschicht.

Die erzielte Verdichtung und Tragfähigkeit ist baubegleitend durch statische Plattendruckversuche zu überprüfen. Bei der Herstellung der Tragschichten sind die Angaben der VOB Teil C DIN 18 315 (2012-09) bzw. DIN 18 316 (2012-09) zu beachten.

Aus geotechnischer Sicht ist anzumerken, dass durch den Eingriff in die vorhandene Baugrundsichtung langfristig in jedem Fall Setzungen auftreten werden. Werden die Verkehrsflächen ohne Maßnahmen zur Verbesserung der Tragfähigkeit des Untergrundes gegründet, so sind Setzungen einzuplanen, da der Zersetzungsprozess der Torfe fortschreitet. Werden keine Maßnahmen zur Verbesserung der Tragfähigkeit des Baugrundes im Bereich der Verkehrsflächen ergriffen, so sind sowohl an den Leitungen / Kanälen als auch an der Straße Setzungsschäden innerhalb weniger Jahre zu erwarten, die Nachbesserungen erfordern werden.

Für jedes Gebäude, das in dem Bebauungsgebiet errichtet wird, ist ein separates Baugrundgutachten dringend zu empfehlen.

Vor Beginn der Bauarbeiten ist an der umliegenden Bebauung ein Beweissicherungsverfahren (Fotodokumentation, Rissaufnahme etc.) durchzuführen.

12 Hinweise zur Gründung und Ausführung der Kanal- bzw. Leitungstrassen

Die Gründungssohlen der geplanten Kanäle sind (vermutlich) in einer Tiefe zwischen ca. 1,5 m und (maximal) 2,0 m unter GOK geplant. In dieser Tiefe stehen flächig Torfe an. Lokal (z.B. BS 1) werden die Torfe vollständig ausgehoben und die unterlagernden Sande erreicht.

Um die Leitungen und Kanäle mit minimalen Differenzsetzungen verlegen zu können, muss der Rohrauflagerbereich ertüchtigt werden. Weiterhin sind Wasserhaltungs- und Grabenverbaumaßnahmen nach DIN 4124 einzuplanen. Der Verbau kann durch Kanaldielen, randgestützte oder Gleitschienen-Verbaugeräte alternativ durch Verbautafeln (Krings-Verbau) im Schutz einer Wasserhaltung erfolgen.

Aus Sicht des Unterzeichners ist eine Vorgehensweise in einzelnen Abschnitten im Schutz eines wasserdichten Verbaus (Spundwand) zu favorisieren, da hierbei dem umliegenden Boden kein Wasser entzogen wird (Gefahr der Initiierung von Setzungen sowie der Zersetzung der Torfe infolge Zutritt von Sauerstoff).

Die Spundwände binden ausreichend tief in die unterlagernden Sande und Kiese ein, welche die Torfe unterlagern.

Der rechnerische Nachweis zur Bestimmung der Sicherheit gegen Aufbruch der Sohle (hydraulischer Grundbruch) ist bei der Bemessung des Verbaus zu berücksichtigen.

Die Wasserhaltungsmaßnahmen sind rechtzeitig zu beantragen (wasserrechtliche Erlaubnis). Im Zuge der wasserrechtlichen Genehmigung ist auch die Frage einer ausreichenden Vorflut zu klären, die während der Baumaßnahme dauerhaft gesichert sein muss.

Es wird empfohlen, die Rohre gemäß der DIN EN 1610 „Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen“ zu verlegen sowie die DIN EN 1295-1 „Statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen unter verschiedenen Belastungsbedingungen“ zu berücksichtigen.

Um eine ausreichende Bettung der Leitung zu gewährleisten, ist die Aushubsohle (Auflager) so zu verdichten, dass ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ sicher erreicht wird.

Da zu erwarten ist, dass dieser Wert in den anstehenden Torfen nicht erreicht werden kann, muss die Tragfähigkeit des Baugrundes verbessert werden. Im Hinblick auf die unterhalb der Leitungen verbleibende Restmächtigkeit der Torfe wird empfohlen, diese Schicht vollständig auszuheben und das Aushubvolumen mit einem Schotterpolster zu füllen (Bild 2).

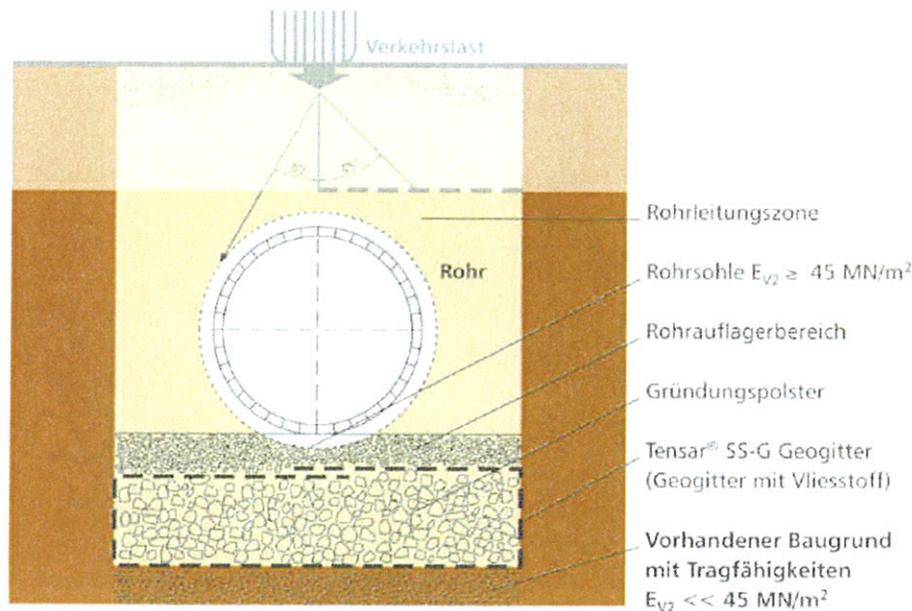


Bild 2: mögliche Ausbildung des Rohraufbauers¹

Als Material für das Schotterpolster ist Brechkorn (0/32 bis 0/56) zu verwenden und - je nach Erfordernis und Tiefenlage der Sande bzw. der Kanalsole - in mehreren Lagen à 0,3 m einzubauen. Die Steifigkeit des Schotterpolsters (vgl. Bild 2) kann durch ein Geogitter (z.B. TENSAR SS 30 oder gleichwertig) erhöht werden.

Aufgrund der Tiefenlage der Grabensohle wird es vermutlich nicht möglich sein, die Verdichtung durch statische Plattendruckversuche zu überprüfen. Daher wird im Bereich des Grabens empfohlen, dynamische Plattendruckversuche auszuführen (Anforderung auf OK Rohraufleger: $E_{vd} \geq 25 \text{ MN/m}^2$).

Gemäß ZTVE-StB 09 sind im Zuge der Eigen- und Fremdüberwachung mindestens je drei Prüfungen auf 150 m Länge je m Grabentiefe auszuführen. Bei der Anwendung des dynamischen Plattendruckversuches ist der Umfang der Prüfungen zu verdoppeln.

Die Leitungszone ist mit gut zu verdichtendem Material (Größtkorn $\leq 22 \text{ mm}$) zu verfüllen, das in einzelnen Lagen einzubauen ist. Die Höhe der einzelnen Einbaulagen ist auf die Verdichtungsleistung der eingesetzten Geräte (bis 1 m über Rohrscheitel nur mit leichtem Verdichtungsgerät) abzustimmen. Der Bettungsbereich und der Bereich der Seitenverfüllung ist auf mindestens auf $D_{Pr} = 97 \%$ zu verdichten.

Das ausgehobene Material (Torfe) ist für die Verfüllung nicht geeignet, da es nicht zu verdichten ist.

¹ Firmenprospekt TENSAR International, „Gründungspolster im Rohrleitungsbau“

Für die Verfüllung ist ein gut abgestuftes Kies-Sand-Material mit maximal 15 M.-% Feinkornanteil zu verwenden. Bei starken Niederschlägen bzw. feuchten Witterungsperioden kann eine Minimierung des Feinkornanteils auf maximal 10 M.-% erforderlich sein. Das Material ist in Lagen à 0,3 m einzubauen und lagenweise zu verdichten (OK Planum bis 0,5 m Tiefe $D_{Pr} \geq 100 \%$, darunter $D_{Pr} \geq 97 \%$). Die erzielte Verdichtung ist im Rahmen ausreichender Überwachungsmaßnahmen zu prüfen.

Beim Ziehen des Verbaus ist darauf zu achten, dass im Bereich der Kanalbettung keine unzulässigen Auflockerungen entstehen, da hierdurch eine verminderte Bettung initiiert wird, die zu Schäden führen kann.

Bei der Planung und Ausführung der Arbeiten ist neben der Mindestgrabenbreite (Außendurchmesser + 0,90 m) gemäß DIN EN 1610 bzw. DIN 4124 zu berücksichtigen, dass der Bodenersatzkörper ausreichend breit hergestellt wird, um die Druckausbreitung zu berücksichtigen.

Durch die Anordnung von sperrenden Lehmschlägen in Abständen von ca. 10 m bis 15 m ist zu verhindern, dass die Trasse nach der Fertigstellung als bevorzugte Wasserwegsamkeit (permanente Drainage) wirkt.

Der Nachweis der Sicherheit gegen Auftrieb ist zu führen.

13 Schlussbemerkungen

Die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse, die durch die vorliegend beschriebenen, punktuellen Aufschlüsse erkundet wurden, werden in gründungsrelevanter Tiefe durch stark kompressible Torfe geprägt, die lokal bis in eine Tiefe von 2,2 m unter GOK erschlossen wurden. Der tragfähige, gering verformbare Baugrund (tertiäre Sande) beginnt in einer Tiefe zwischen 2,5 m bis 3 m unter Geländeoberkante.

Der im Bereich der Staatsstraße St 2046 chemisch analysierte Fahrbahnbelag ist als pechhaltiger Straßenaufbruch einzustufen. Die darunterliegende Auffüllung ist gemäß LAGA M20 und dem Verfüll-Leitfaden (Eckpunktepapier) als >Z2 einzustufen.

Für nicht unterkellerte Bauwerke wird eine Tiefgründung auf gerammten Pfählen (z.B. Stahl- oder Spannbetonfertigpfähle oder gleichwertige Pfahlsysteme) empfohlen, da diese Gründung vorliegend folgende Vorteile bietet:

- definierter Querschnitt,
- kein Betonmehrverbrauch durch Ausweichen der weichen bis breiigen Torfe infolge eines zu geringen Stützdrucks der Frischbetonsäule und
- Minimierung der Gefahr möglicher Schäden bei der Pfahlherstellung.

Die aus den Bauwerken resultierenden Einwirkungen sind über die Pfähle bis in die Sande und Kiese abzutragen. In Abhängigkeit von der Größe der punktuellen Einwirkungen (bis ca. 1 MN) sind Pfahllängen zwischen ca. 6 m bis 9 m erforderlich. Ab einer Tiefe zwischen ca. 3 m bis 3,5 m unter GOK sind die Pfähle nur schwer rammpbar, da die Schlagzahlen der schweren Rammsonde auf Werte $N_{10} \geq 30$ bis 62 ansteigen (sehr dichte Lagerung).

Das Grundwasser wurde zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung in einer Tiefe zwischen 1,2 m bis 1,57 m unter GOK angetroffen. Das Grundwasser ist leicht gespannt. Höhere Grundwasserstände können nicht ausgeschlossen werden. Der Bemessungswasserstand ist anhand der Auswertung langjähriger Grundwasserbeobachtungen festzulegen.

Im Bereich der zukünftigen (nicht unterkellerten) Wohnbebauung, für die jeweils separate Gutachten zu erstellen sind, wird das Verlegen einer Ring- und Flächendränage nach DIN 4095 „Dränung zum Schutz baulicher Anlagen – Planung, Bemessung und Ausführung“ empfohlen.

Unterkellerte Bauwerke sind wasserundurchlässig (WU-Beton, Weiße Wanne etc.) auszubilden.

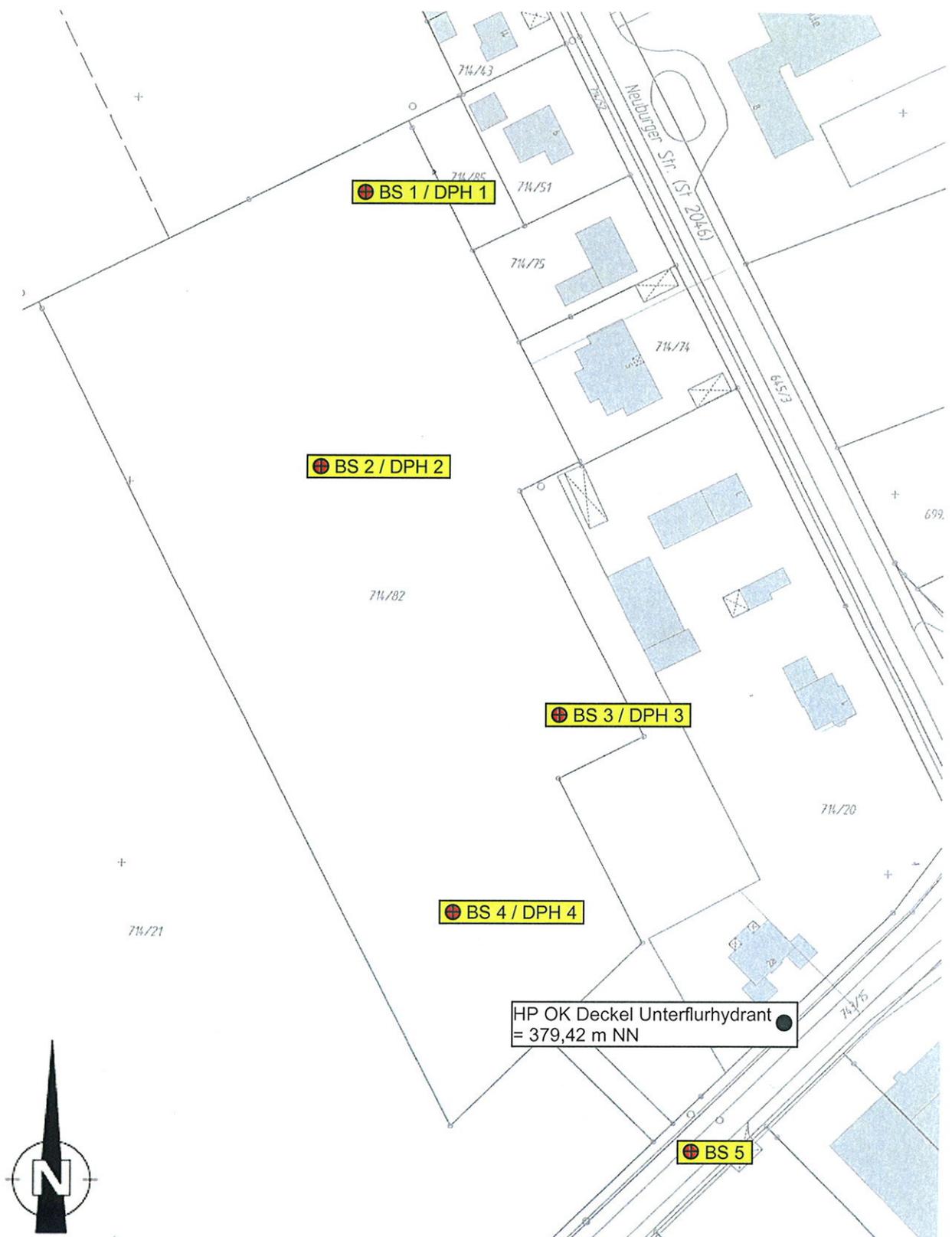
Da Abweichungen zwischen den lokalen Ergebnissen der Baugrunderkundung und dem großflächigen Aufschluss während der Ausführung der Erd- und Gründungsarbeiten (insbesondere Kanaltrasse) nicht vollständig ausgeschlossen werden können, ist eine sorgfältige Überwachung der Arbeiten zu empfehlen. Hierdurch besteht die Möglichkeit, die aus den Ergebnissen der Baugrunderkundung gezogenen Folgerungen an die Erfordernisse des Bauablaufs anzupassen und auf Änderungen in der weiteren Planung zu reagieren.

Punktuelle Baugrundaufschlüsse sind nach DIN 4020 als Stichprobe zu bewerten, die für zwischenliegende Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zulassen, so dass ein Baugrundrisiko verbleibt. Bei allen Erdarbeiten und grundbaulichen Maßnahmen sind die einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften zu beachten.

Für die Beantwortung von geotechnischen Fragen steht der Unterzeichner gern zur Verfügung.

Grundbaulabor Aichach, 12.November 2012

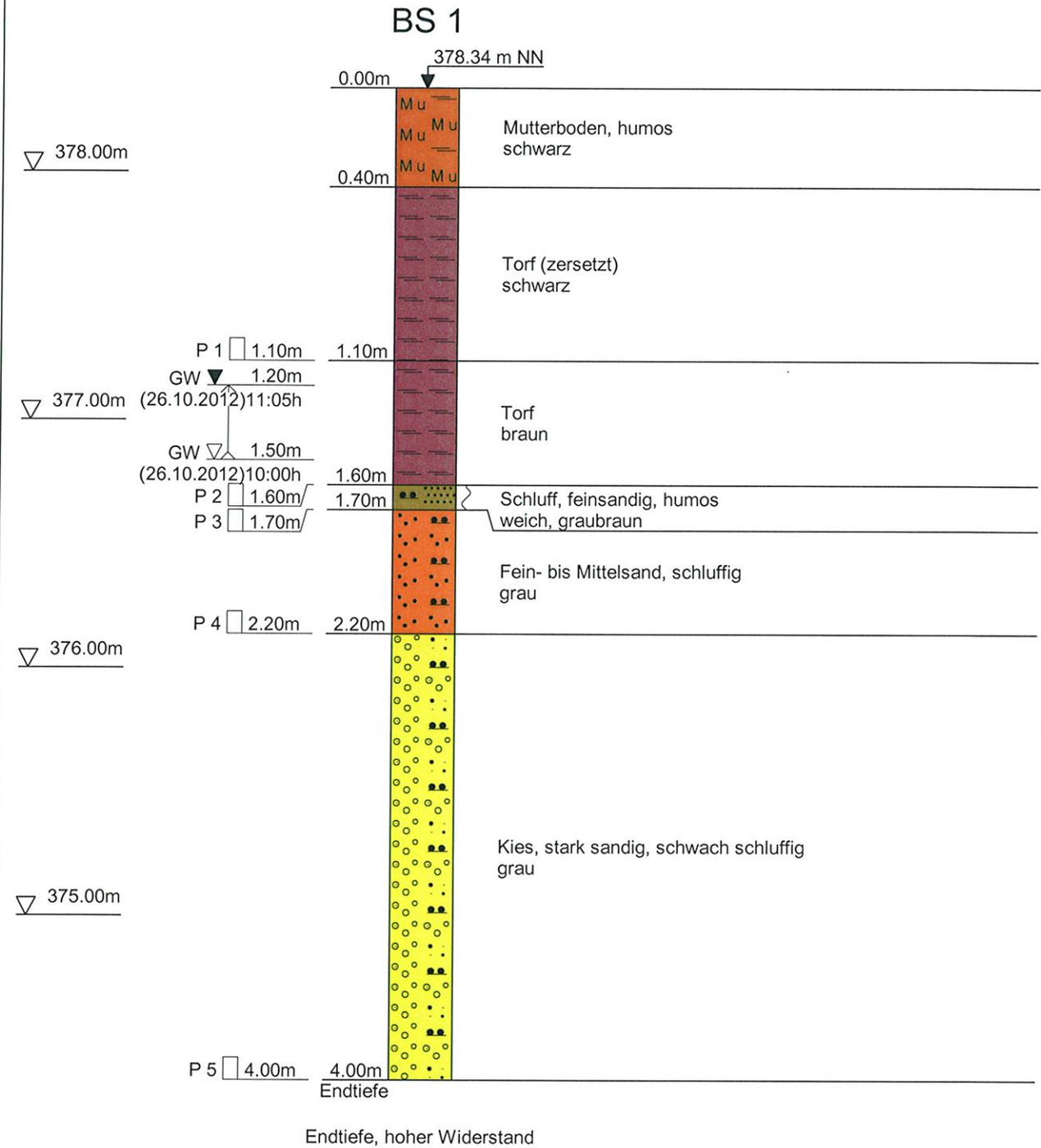




GRUNDBAULABOR AICHACH Bodenphysikalische Prüftechnik		Anlage 1
Freisinger Straße 43a, 86551 Aichach, Tel. 08251/2043170 / Fax 08251/2043175		Datei 1210708
Auftraggeber: Gemeinde Königsmoos, Neuburger Straße 10, 86669 Königsmoos		
Projekt: Erschließung des Baugebiets "An der Ludwigstraße" in Stengelheim		
Planinhalt: Lage der Untersuchungsstellen BS 1 bis BS 5 und DPH 1 bis DPH 4		

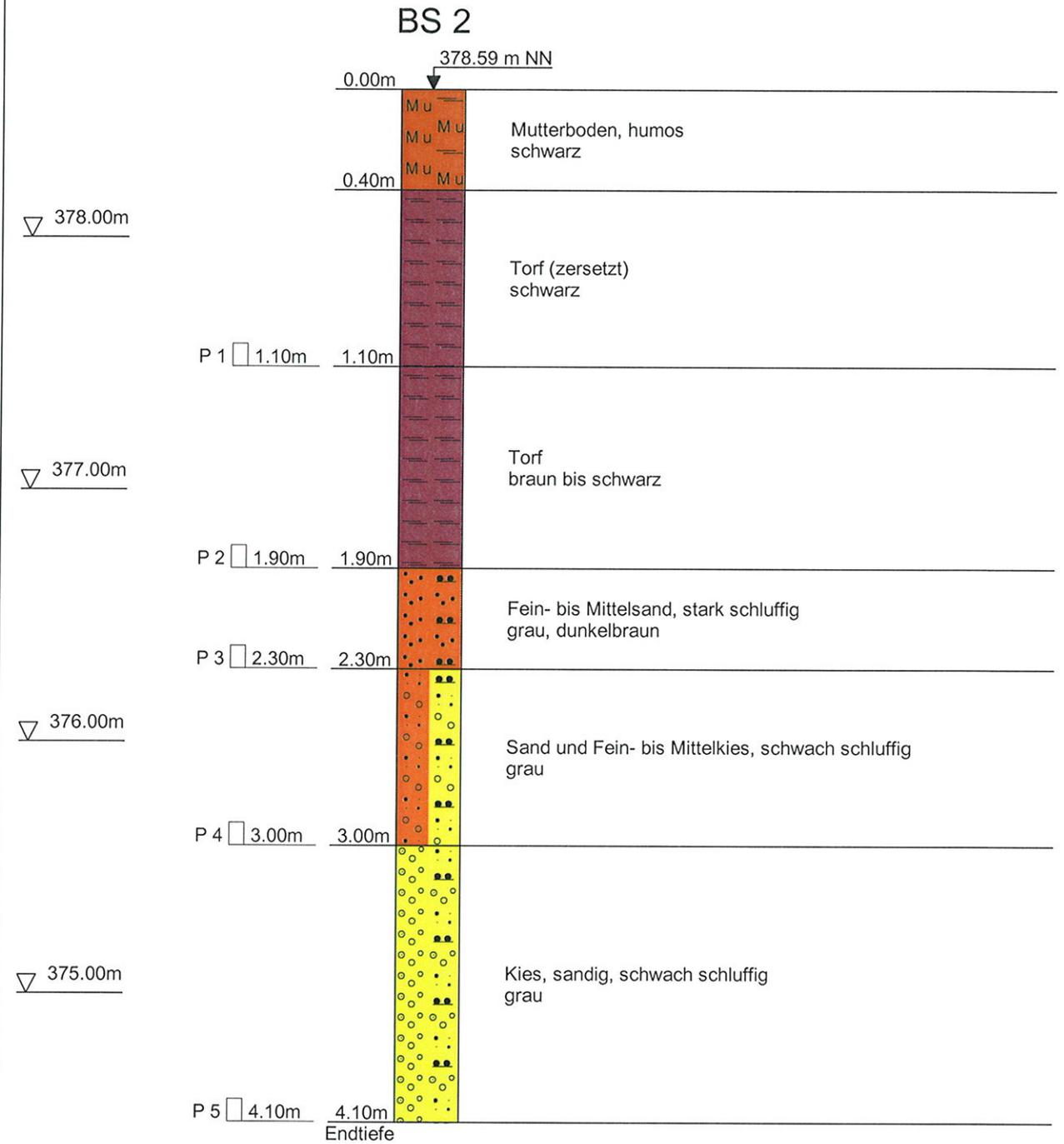
Bodenprofil nach DIN 4023

GRUNDBAULABOR AICHACH	Bauvorhaben: Erschließung BGB an der Ludwigstraße in Stengelheim
Bodenphysikalische Prüftechnik	Datei Nr.: 1210708
86551 Aichach, Freisinger Str. 43a	Datum: 26.10.2012
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175	Anlage: 2.1



Bodenprofil nach DIN 4023

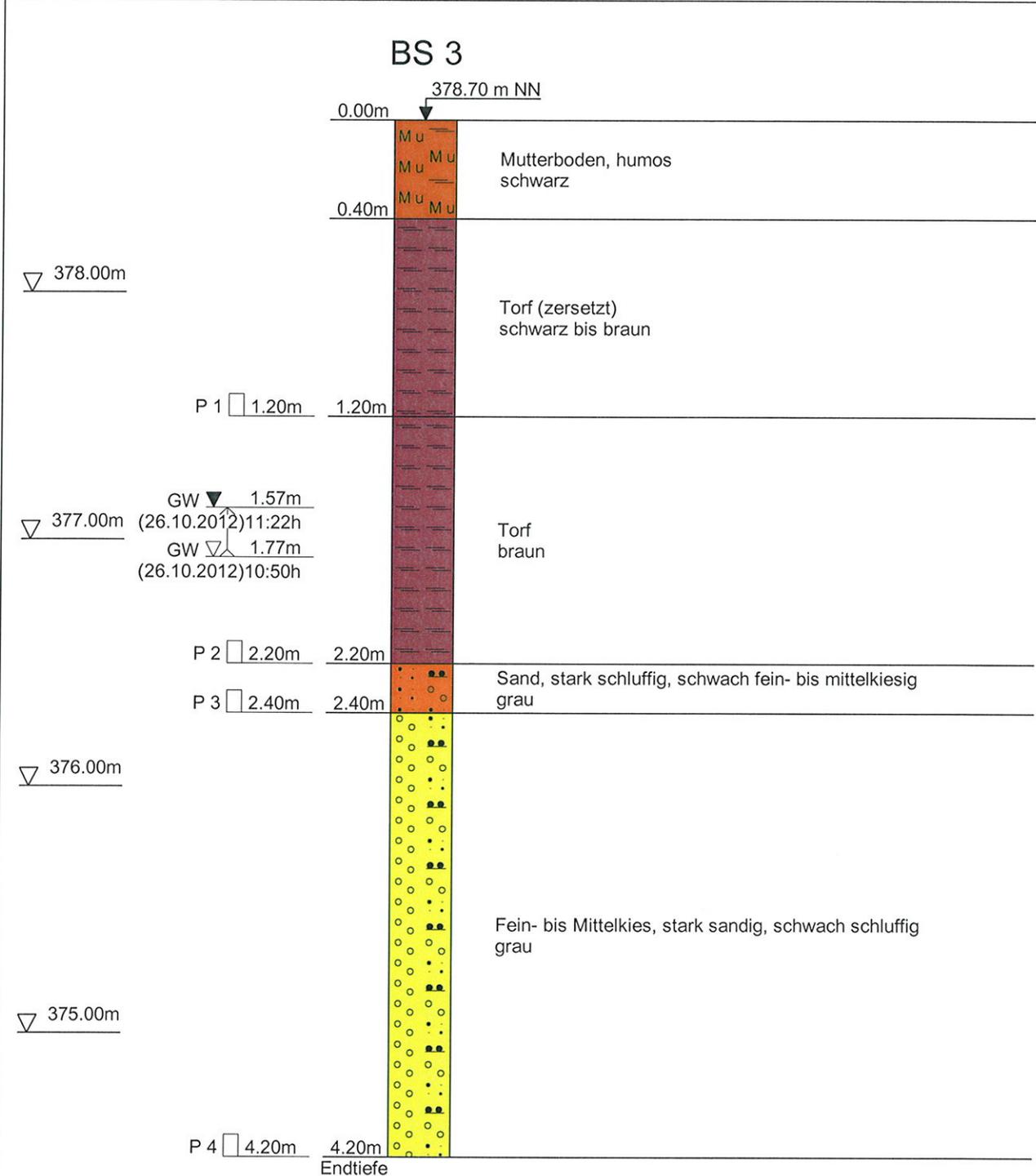
GRUNDBAULABOR AICHACH	Bauvorhaben: Erschließung BGB an der Ludwigstraße in Stengelheim
Bodenphysikalische Prüftechnik	Datei Nr.: 1210708
86551 Aichach, Freisinger Str. 43a	Datum: 26.10.2012
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175	Anlage: 2.2



Endtiefe, hoher Widerstand
Borhloch eingedrückt, WSP nicht messbar

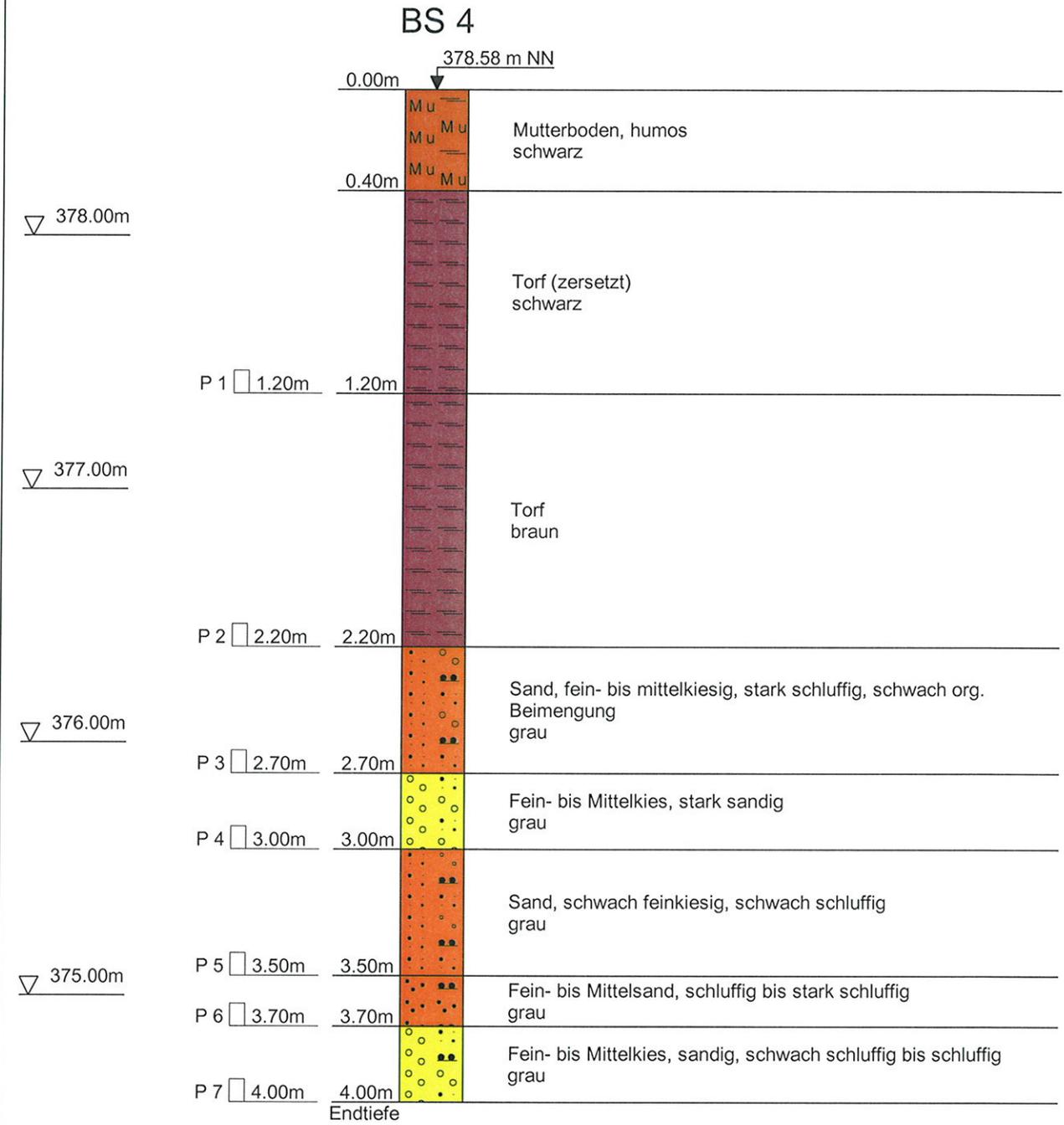
Bodenprofil nach DIN 4023

GRUNDBAULABOR AICHACH	Bauvorhaben: Erschließung BGB an der Ludwigstraße in Stengelheim
Bodenphysikalische Prüftechnik	Datei Nr.: 1210708
86551 Aichach, Freisinger Str. 43a	Datum: 26.10.2012
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175	Anlage: 2.3



Bodenprofil nach DIN 4023

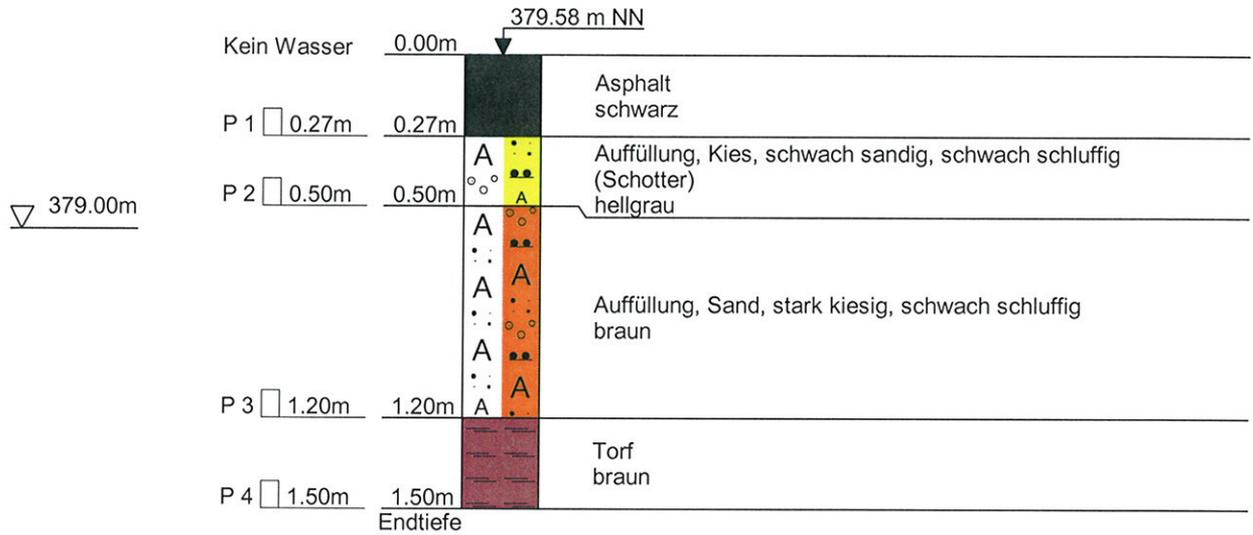
GRUNDBAULABOR AICHACH	Bauvorhaben: Erschließung BGB an der Ludwigstraße in Stengelheim
Bodenphysikalische Prüftechnik	Datei Nr.: 1210708
86551 Aichach, Freisinger Str. 43a	Datum: 26.10.2012
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175	Anlage: 2.4



Bodenprofil nach DIN 4023

GRUNDBAULABOR AICHACH	Bauvorhaben: Erschließung BGB an der Ludwigstraße in Stengelheim
Bodenphysikalische Prüftechnik	Datei Nr.: 1210708
86551 Aichach, Freisinger Str. 43a	Datum: 26.10.2012
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175	Anlage: 2.5

BS 5



Ansatzstelle befestigt, 27 cm Asphalt aufgebohrt und verschlossen

Rammsondierung nach DIN EN ISO 22476-2

GRUNDBAULABOR AICHACH
 Bodenphysikalische Prüftechnik
 Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach
 Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175

Bauvorhaben: Erschließung BGB an der Ludwigstraße in Stegelheim
 Datei Nr.: 1210708
 Datum: 26.10.2012
 Anlage: 3.1

Tiefe	N ₁₀
0.10	1
0.20	1
0.30	1
0.40	1
0.50	1
0.60	0
0.70	1
0.80	0
0.90	1
1.00	0
1.10	1
1.20	0
1.30	0
1.40	1
1.50	0
1.60	0
1.70	1
1.80	2
1.90	2
2.00	3
2.10	5
2.20	8
2.30	9
2.40	15
2.50	22
2.60	30
2.70	31
2.80	34
2.90	41
3.00	50
3.10	49
3.20	42
3.30	33
3.40	26
3.50	20
3.60	19
3.70	24
3.80	36
3.90	37
4.00	23

DPH 1

378.34 m NN

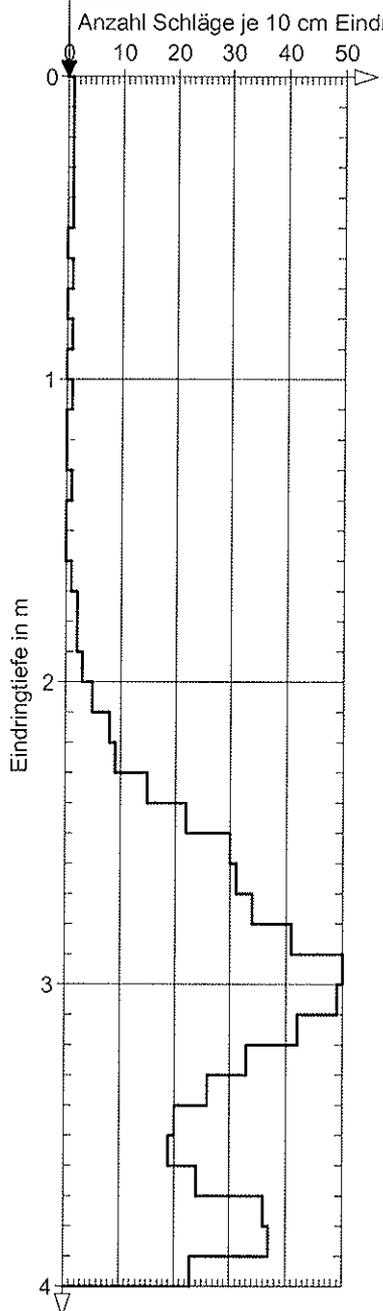
Anzahl Schläge je 10 cm Eindringung

▽ 378.00m

▽ 377.00m

▽ 376.00m

▽ 375.00m



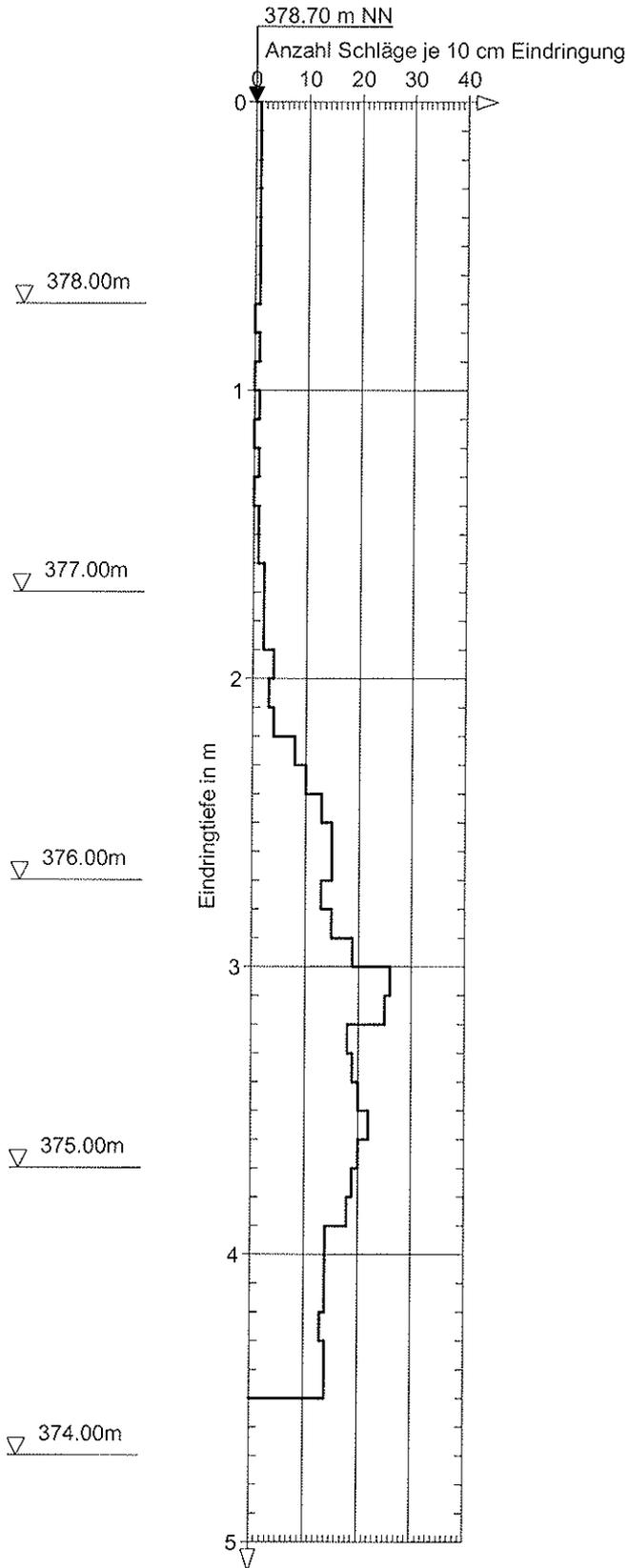
Rammsondierung nach DIN EN ISO 22476-2

GRUNDBAULABOR AICHACH
 Bodenphysikalische Prüftechnik
 Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach
 Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175

Bauvorhaben: Erschließung BGB an der Ludwigstraße in Stegelheim
 Datei Nr.: 1210708
 Datum: 26.10.2012
 Anlage: 3.3

Tiefe	N ₁₀
0.10	1
0.20	1
0.30	1
0.40	1
0.50	1
0.60	1
0.70	1
0.80	0
0.90	1
1.00	0
1.10	1
1.20	0
1.30	1
1.40	0
1.50	1
1.60	1
1.70	2
1.80	2
1.90	2
2.00	4
2.10	3
2.20	4
2.30	8
2.40	10
2.50	13
2.60	15
2.70	15
2.80	13
2.90	15
3.00	19
3.10	26
3.20	25
3.30	18
3.40	19
3.50	20
3.60	22
3.70	20
3.80	19
3.90	18
4.00	14
4.10	14
4.20	14
4.30	13
4.40	14
4.50	14

DPH 3

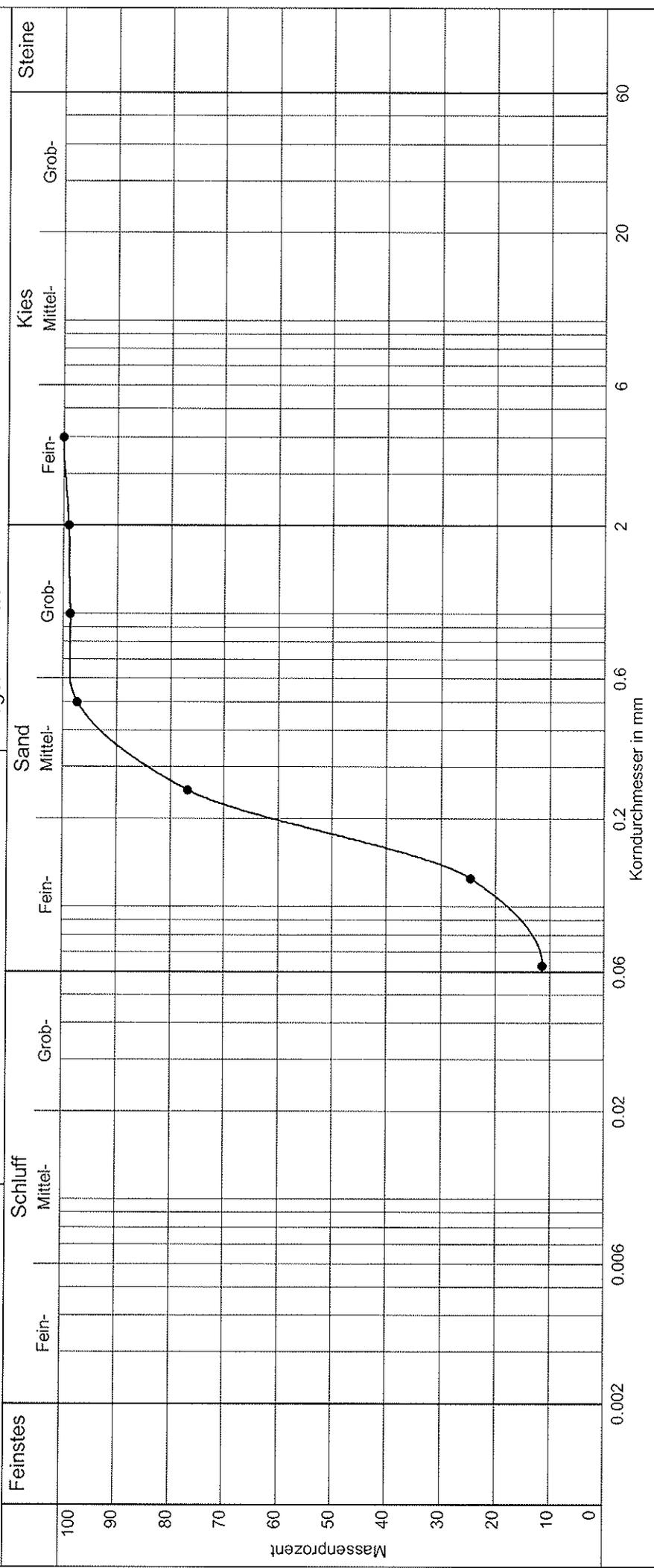


GRUNDBAULABOR AICHACH
 Bodenphysikalische Prüftechnik
 Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach
 Tel. 08251/20431-70 / Fax 2043175

Kornverteilung

DIN 18 123

Bauvorhaben: Erschließung des Baugebietes an der Ludwigstraße in Stengelheim
 Datei-Nr.: 1210708
 Datum: 29.10.2012
 Anlage: 4.1



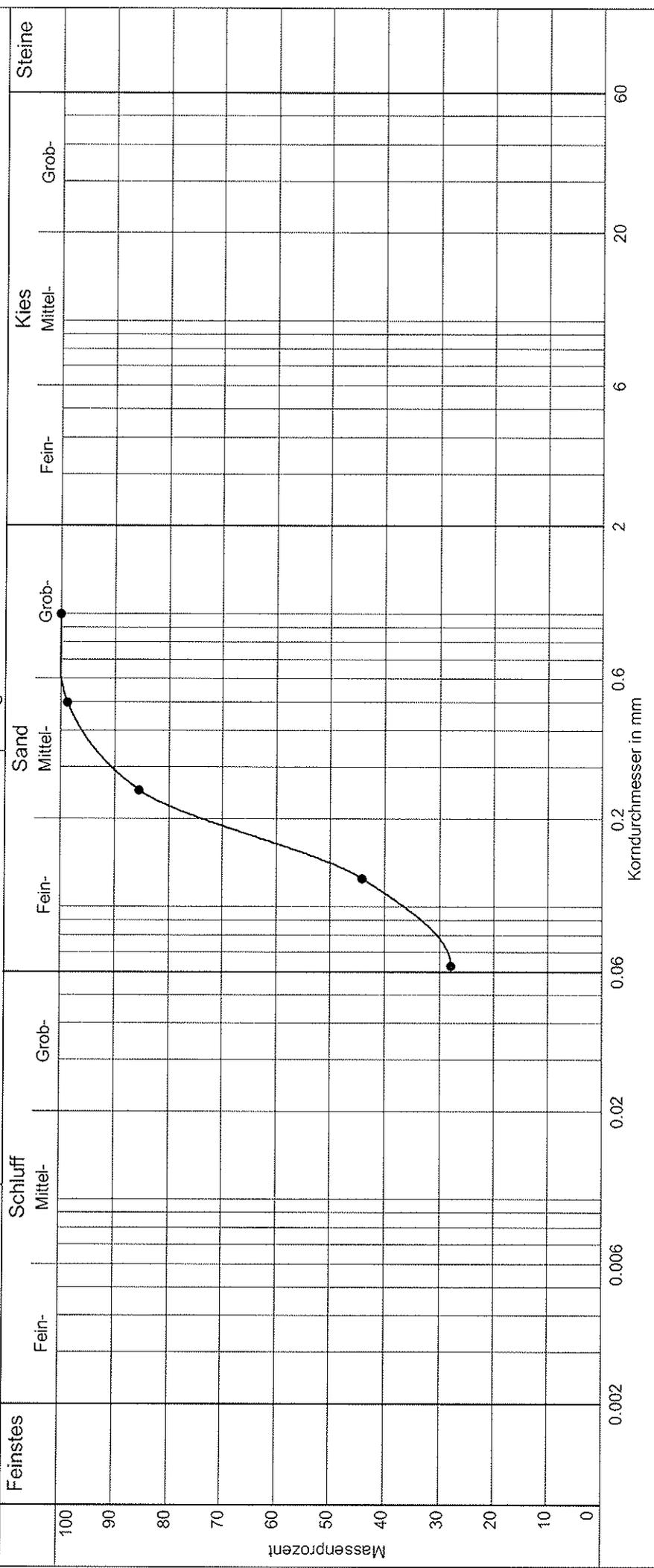
Entnahmestelle	BS 1
Entnahmetiefe	1,7 m - 2,2 m
Bodenart	S,u
Anteil < 0.063 mm	11.3 %
Bodengruppe	SU
Bodenklasse	3
kf nach Kaubisch	1.3E-005 m/s
kf nach Seiler	-

GRUNDBAULABOR AICHACH
 Bodenphysikalische Prüftechnik
 Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach
 Tel. 08251/20431-70 / Fax 2043175

Kornverteilung

DIN 18 123

Bauvorhaben: Erschließung des Baugebietes an der Ludwigstraße in Stengelheim
 Datei-Nr.: 1210708
 Datum: 29.10.2012
 Anlage: 4.2



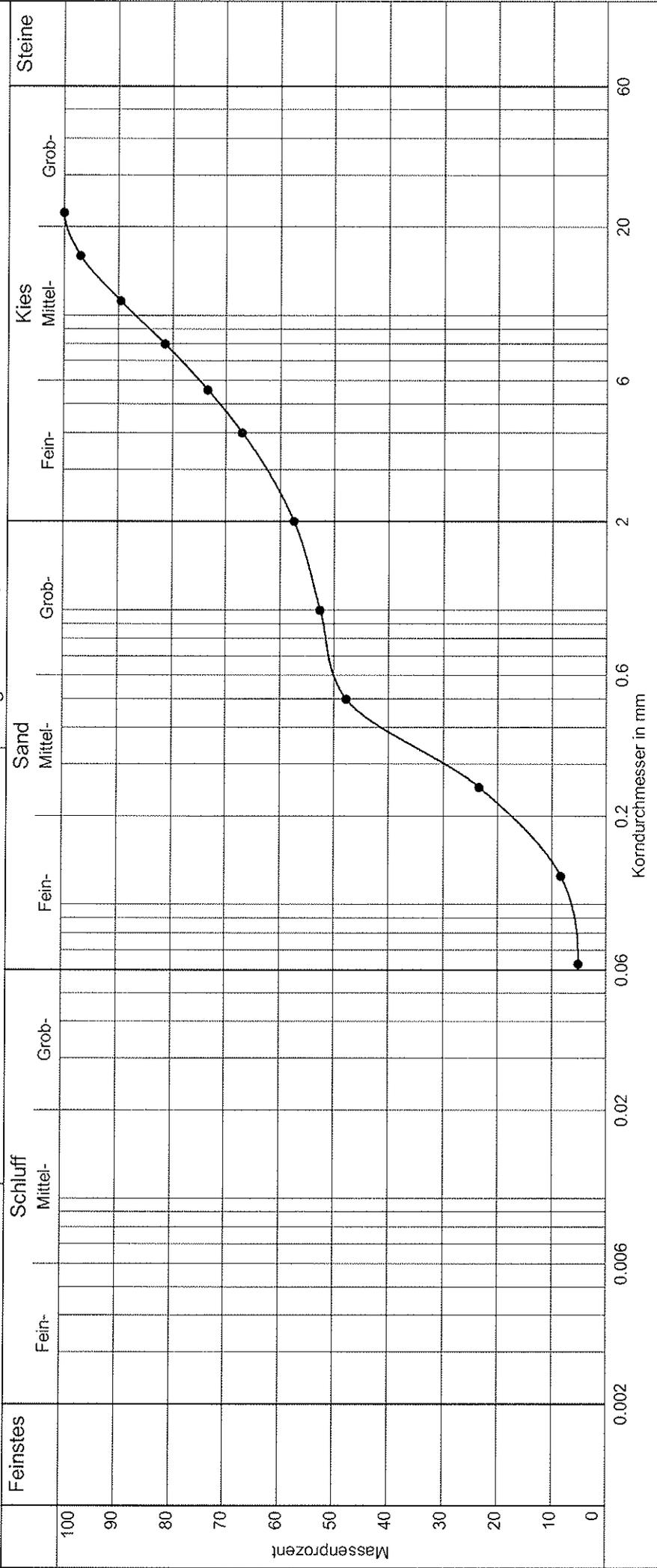
Entnahmestelle	BS 2
Entnahmetiefe	1,9 m - 2,3 m
Bodenart	S _u
Anteil < 0.063 mm	27.9 %
Bodengruppe	S _U
Bodenklasse	4
kf nach Kaubisch	2.8E-007 m/s
kf nach Seiler	-

GRUNDBAULABOR AICHACH
 Bodenphysikalische Prüftechnik
 Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach
 Tel. 08251/20431-70 / Fax 2043175

Bauvorhaben: Erschließung des Baugebietes an der Ludwigstraße in Stengelheim
 Datei-Nr.: 1210708
 Datum: 29.10.2012
 Anlage: 4.3

Kornverteilung

DIN 18 123



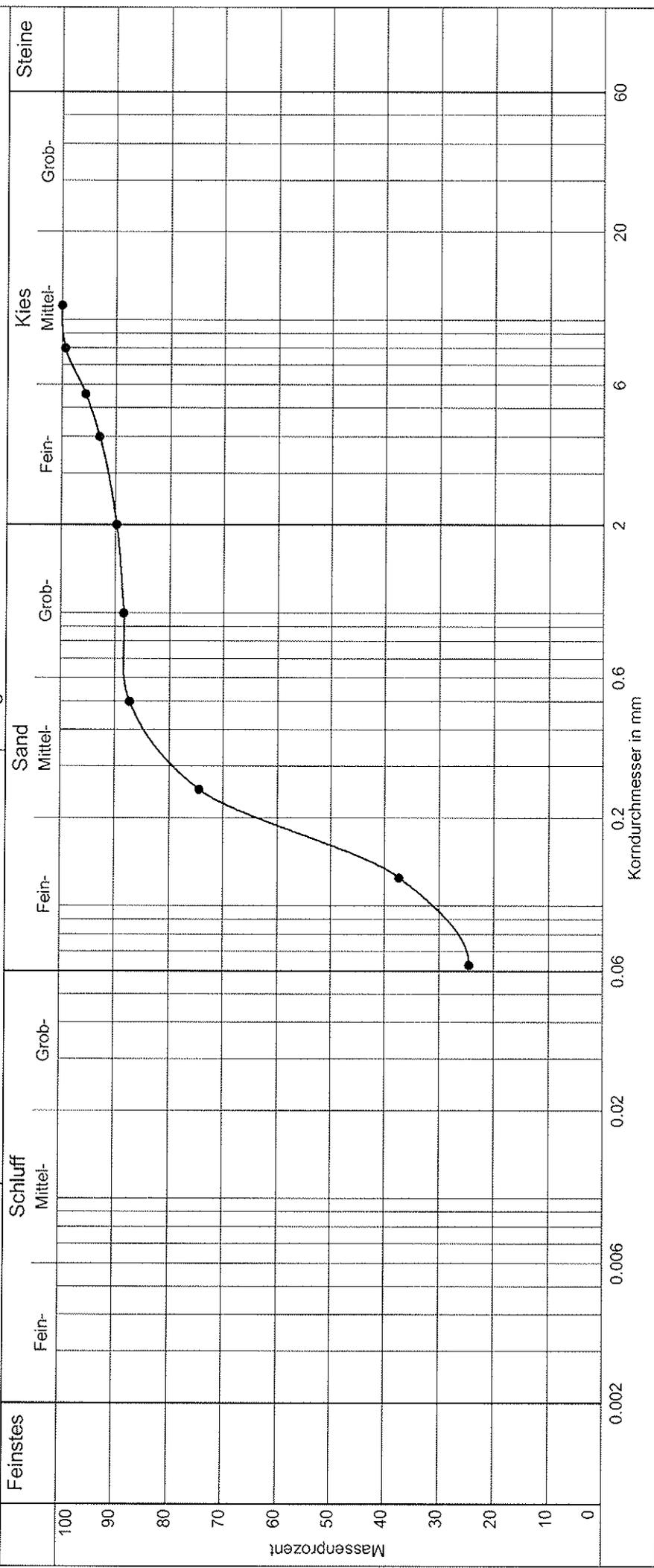
Entnahmestelle	BS 2
Entnahmetiefe	2,3 m - 3,0 m
Bodenart	S+G,u'
Anteil < 0.063 mm	5.0 %
Bodengruppe	GU
Bodenklasse	3
Kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)
Kf nach Seiler	6.1E-005 m/s

GRUNDBAULABOR AICHACH
 Bodenphysikalische Prüftechnik
 Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach
 Tel. 08251/20431-70 / Fax 2043175

Kornverteilung

DIN 18 123

Bauvorhaben: Erschließung des Baugebietes an der Ludwigstraße in Stengelheim
 Datei-Nr.: 1210708
 Datum: 29.10.2012
 Anlage: 4.4



Entnahmestelle	BS 3
Entnahmetiefe	2,2 m - 2,4 m
Bodenart	S _{u.g} '
Anteil < 0.063 mm	24.4 %
Bodengruppe	SU
Bodenklasse	4
kf nach Kaubisch	6.0E-007 m/s
kf nach Seiler	-

GRUNDBAULABOR AICHACH
 Bodenphysikalische Prüftechnik
 Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach
 Tel. 08251/20431-70 / Fax 2043175

Kornverteilung

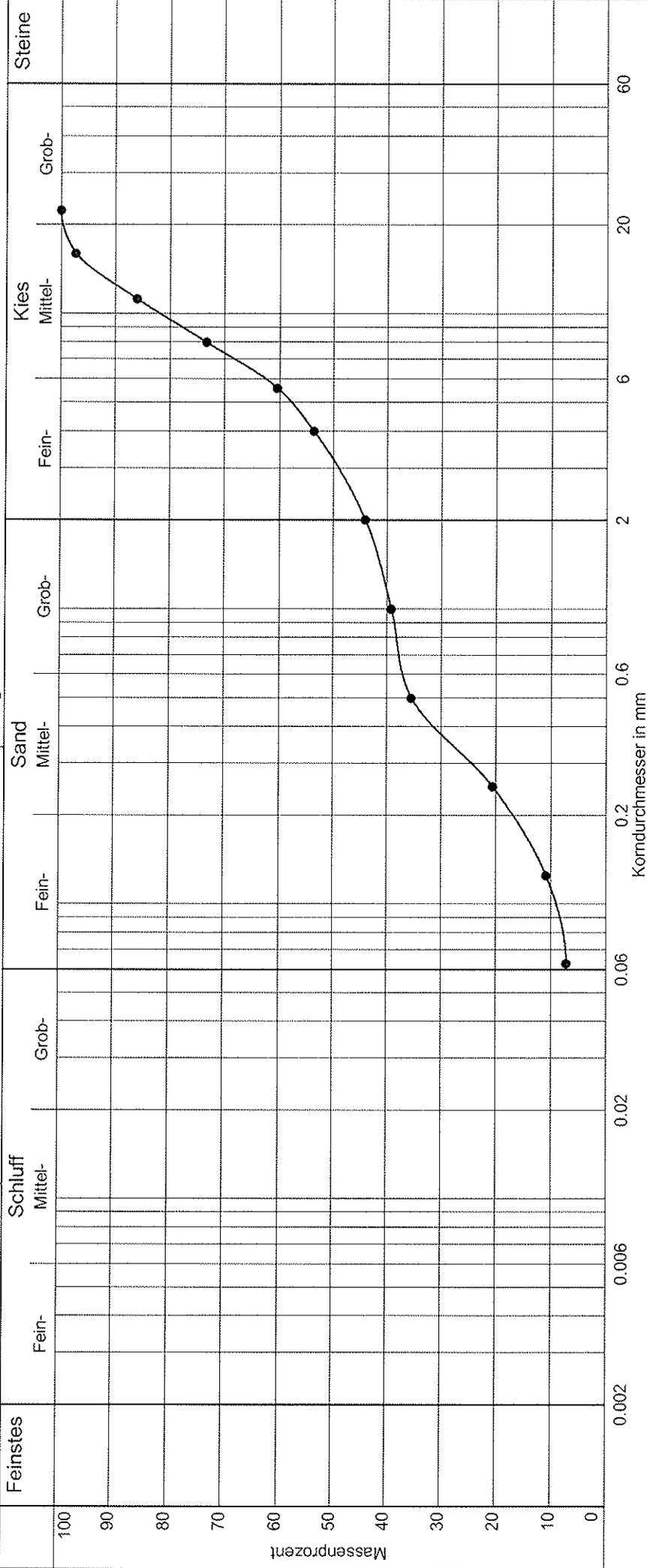
DIN 18 123

Bauvorhaben: Erschließung des Baugebietes an der Ludwigstraße in Stengelheim

Datei-Nr.: 1210708

Datum: 29.10.2012

Anlage: 4.5



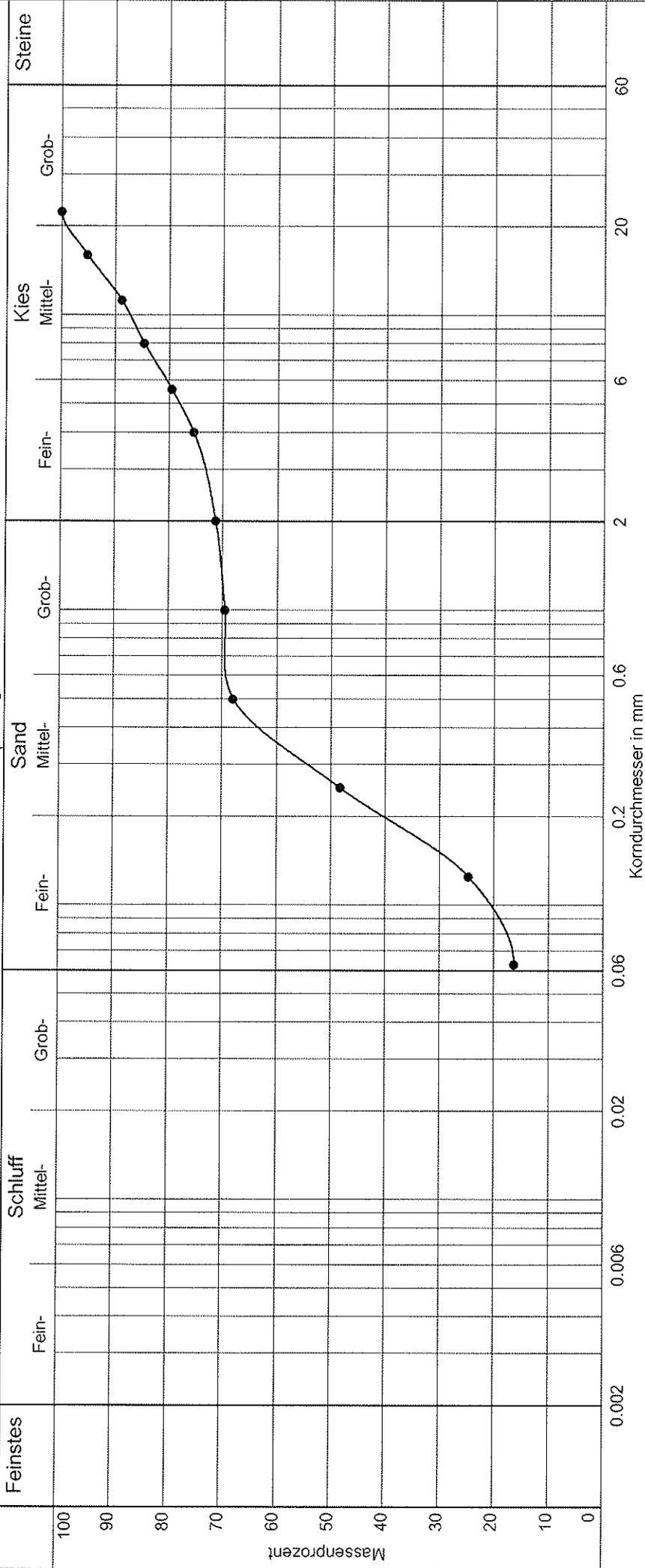
Entnahmestelle	BS 3
Entnahmetiefe	2,4 m - 4,2 m
Bodenart	G _{s,u} '
Anteil < 0.063 mm	7.1 %
Bodengruppe	GU
Bodenklasse	3
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)
kf nach Seiler	1.7E-004 m/s

GRUNDBAULABOR AICHACH
 Bodenphysikalische Prüftechnik
 Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach
 Tel. 08251/20431-70 / Fax 2043175

Kornverteilung

DIN 18 123

Bauvorhaben: Erschließung des Baugebietes an der Ludwigstraße in Stengelheim
 Datei-Nr.: 1210708
 Datum: 29.10.2012
 Anlage: 4.6



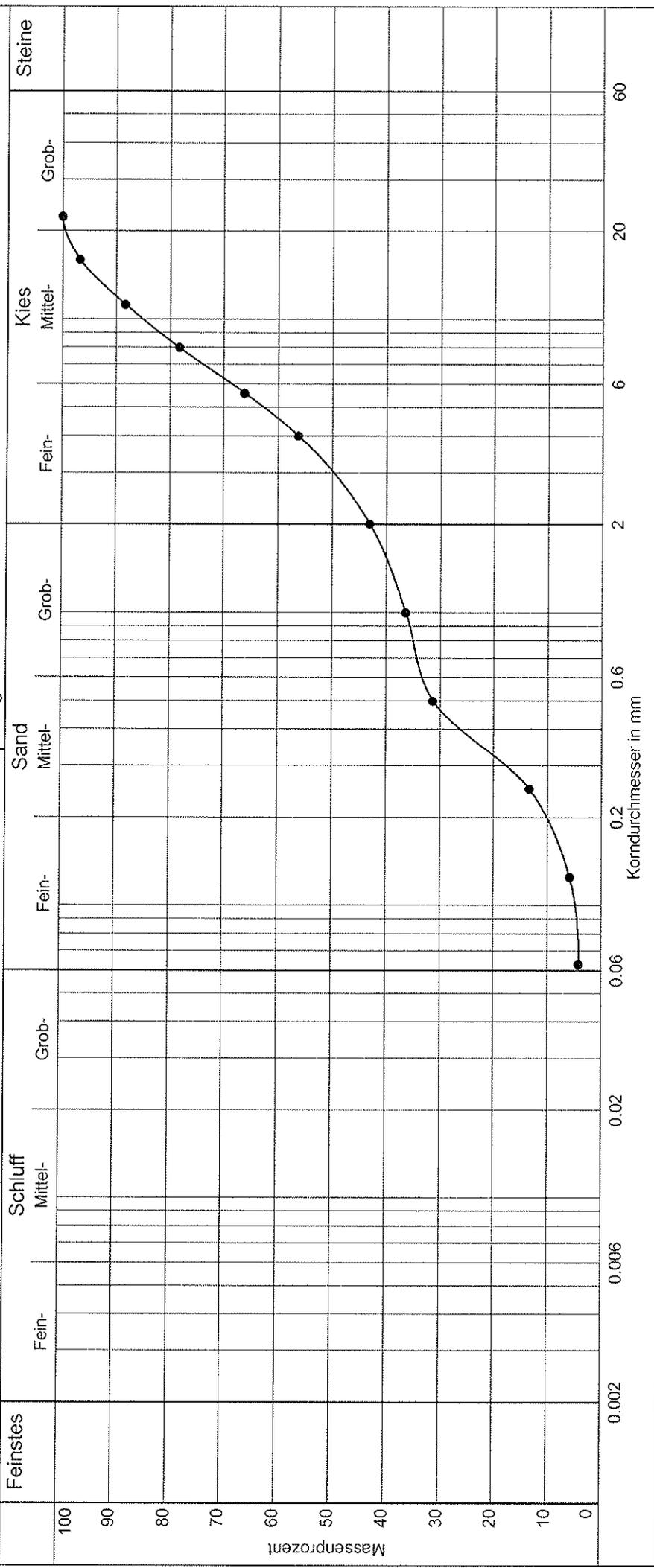
Entnahmestelle	BS 4
Entnahmetiefe	2,2 m - 2,7 m
Bodenart	S _g ü
Anteil < 0.063 mm	16.2 %
Bodengruppe	SÜ
Bodenklasse	4
kf nach Kaubisch	3.9E-006 m/s
kf nach Seiler	-

GRUNDBAULABOR AICHACH
 Bodenphysikalische Prüftechnik
 Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach
 Tel. 08251/20431-70 / Fax 2043175

Kornverteilung

DIN 18 123

Bauvorhaben: Erschließung des Baugebietes an der Ludwigstraße in Stengelheim
 Datei-Nr.: 1210708
 Datum: 29.10.2012
 Anlage: 4.7



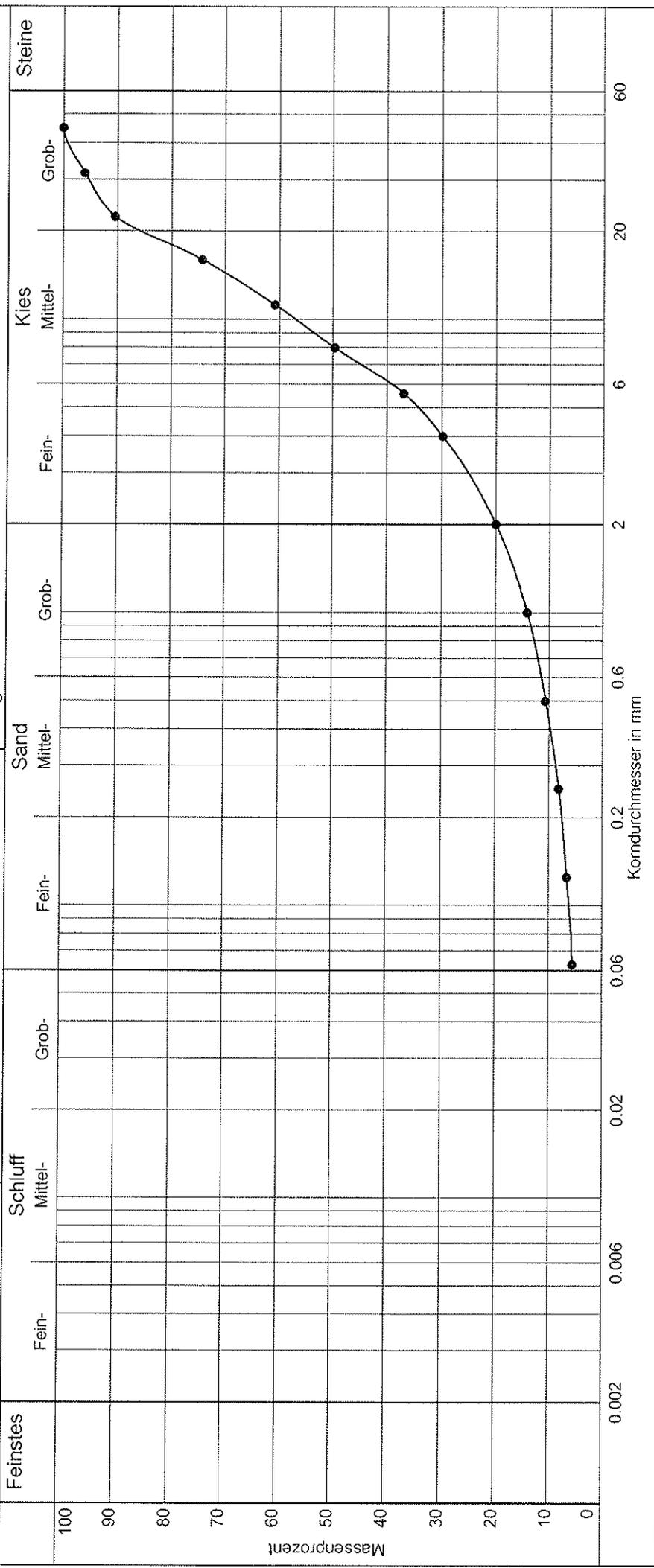
Entnahmestelle	BS 4
Entnahmetiefe	2,7 m - 3,0 m
Bodenart	G _s S
Anteil < 0.063 mm	4.1 %
Bodengruppe	GI
Bodenklasse	3
kf nach Kaubisch	- (0.063 ≤ 10%)
kf nach Seiler	1.4E-004 m/s

GRUNDBAULABOR AICHACH
 Bodenphysikalische Prüftechnik
 Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach
 Tel. 08251/20431-70 / Fax 2043175

Kornverteilung

DIN 18 123

Bauvorhaben: Erschließung des Baugebietes an der Ludwigstraße in Stengelheim
 Datei-Nr.: 1210708
 Datum: 29.10.2012
 Anlage: 4.8



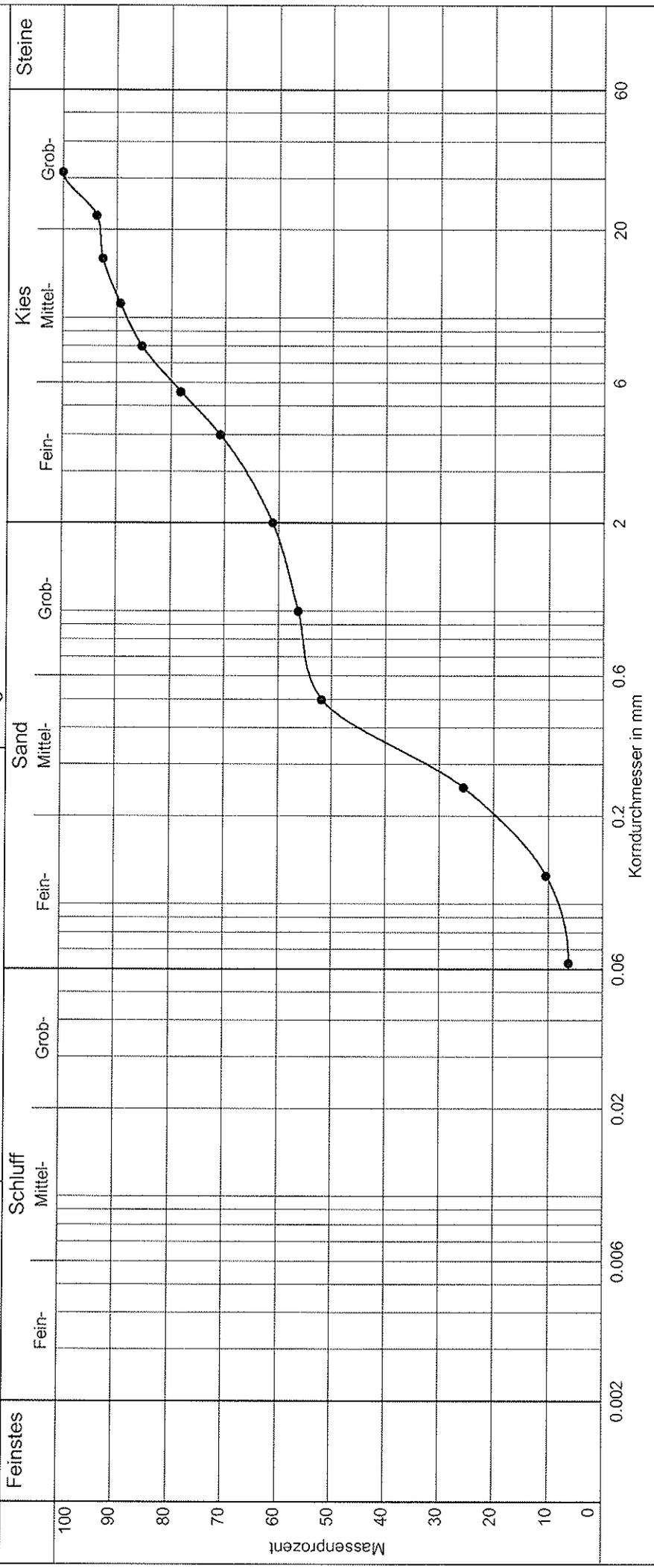
Entnahmestelle	BS 5
Entnahmetiefe	0,27 m - 0,5 m
Bodenart	G,s',u'
Anteil < 0.063 mm	5.5 %
Bodengruppe	GU
Bodenklasse	3
kf nach Kaubisch	- (0.063 ≤ 10%)
kf nach Selter	8.9E-003 m/s

GRUNDBAULABOR AICHACH
 Bodenphysikalische Prüftechnik
 Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach
 Tel. 08251/20431-70 / Fax 2043175

Kornverteilung

DIN 18 123

Bauvorhaben: Erschließung des Baugebietes an der Ludwigstraße in Stengelheim
 Datei-Nr.: 1210708
 Datum: 29.10.2012
 Anlage: 4.9



Entnahmestelle	BS 5
Entnahmetiefe	0.5 m - 1,2 m
Bodenart	S _{g,u}
Anteil < 0.063 mm	6.2 %
Bodengruppe	SU
Bodenklasse	3
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)
kf nach Seiler	1.0E-004 m/s

Glühverlust nach DIN 18 128

Erschließung Baugebiet
Ludwigstraße in Stengelheim

Bearbeiter: le.

Datum: 30.10.2012

Prüfungsnummer:

Entnahmestelle:

Tiefe:

Bodenart:

Art der Entnahme: Becherprobe

Probe entnommen am: 26.10.2012

Probenbezeichnung	BS 1 1,6 m - 1,7 m	BS 2 0,4 m - 1,1 m	BS 2 1,1 m - 1,9 m	BS 4 0,4 m - 1,2 m	BS 4 1,2 m - 2,2 m	BS 5 1,2 m - 1,5 m
Ungeglühte Probe + Behälter [g]	39.90	39.05	29.03	29.39	25.93	29.98
Geglühte Probe + Behälter [g]	38.67	27.60	23.35	22.92	22.98	25.80
Behälter [g]	22.75	26.36	22.74	22.47	22.67	23.98
Massenverlust [g]	1.23	11.45	5.68	6.47	2.95	4.18
Trockenmasse vor Glühen [g]	17.15	12.69	6.29	6.92	3.26	6.00
Glühverlust [-]	7.17	90.23	90.30	93.50	90.49	69.67

Probenbezeichnung						
Ungeglühte Probe + Behälter [g]						
Geglühte Probe + Behälter [g]						
Behälter [g]						
Massenverlust [g]						
Trockenmasse vor Glühen [g]						
Glühverlust [-]						

Probenbezeichnung						
Ungeglühte Probe + Behälter [g]						
Geglühte Probe + Behälter [g]						
Behälter [g]						
Massenverlust [g]						
Trockenmasse vor Glühen [g]						
Glühverlust [-]						

Probenbezeichnung						
Ungeglühte Probe + Behälter [g]						
Geglühte Probe + Behälter [g]						
Behälter [g]						
Massenverlust [g]						
Trockenmasse vor Glühen [g]						
Glühverlust [-]						

Wassergehalt nach DIN 18 121

Erschließung Baugebiet
 Ludwigstraße in Stengelheim

Bearbeiter: le.

Datum: 30.10.2012

Prüfungsnummer:

Entnahmestelle:

Tiefe:

Bodenart:

Art der Entnahme: Becherprobe

Probe entnommen am: 26.10.2012

Probenbezeichnung:	BS 1 1,6 m - 1,7 m	BS 2 0,4 m - 1,1 m	BS 2 1,1 m - 1,9 m	BS 4 0,4 m - 1,2 m	BS 4 1,2 m - 2,2 m	BS 5 1,2 m - 1,5 m
Feuchte Probe + Behälter [g]:	272.80	357.20	386.00	317.20	316.00	310.30
Trockene Probe + Behälter [g]:	209.60	175.20	173.70	150.80	109.30	127.60
Behälter [g]:	60.40	51.20	50.70	47.40	50.80	66.40
Porenwasser [g]:	63.20	182.00	212.30	166.40	206.70	182.70
Trockene Probe [g]:	149.20	124.00	123.00	103.40	58.50	61.20
Wassergehalt [%]	42.36	146.77	172.60	160.93	353.33	298.53

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

Probenbezeichnung:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]						

synlab Umweltinstitut GmbH - Gubener Str. 39 - 86156 Augsburg

Grundbaulabor Aichach GbR
Herr Harald Wagner
Freisinger Straße 43a
86551 Aichach

Niederlassung Augsburg

Telefon: 0821 / 56995-0
Telefax: 0821 / 56995-888
E-Mail: sui-augsburg@synlab.com
Internet: www.synlab.com

Seite 1 von 2

Datum: 05.11.2012

Prüfbericht Nr.: UAU-12-0059219/01-1
Auftrag-Nr.: UAU-12-0059219
Ihr Auftrag: schriftlich vom 30.10.2012
Projekt: BV Erschließung des Baugebiets in Stengelheim an der Ludwigstraße
Eingangsdatum: 30.10.2012
Probenahme durch: Auftraggeber
Probenahmedatum: 26.10.2012
Prüfzeitraum: 30.10.2012 - 05.11.2012
Probenart: Feststoff

Probenbezeichnung: BS 5 0,0 m - 0,27 m

Probe Nr. UAU-12-0059219-01

Original

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Zerkleinern (Backenbrecher)		x	-

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Naphthalin	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287
Acenaphthylen	mg/kg TS	1,7	DIN ISO 18287
Acenaphthen	mg/kg TS	0,61	DIN ISO 18287
Fluoren	mg/kg TS	0,99	DIN ISO 18287
Phenanthren	mg/kg TS	4,6	DIN ISO 18287
Anthracen	mg/kg TS	3,2	DIN ISO 18287
Fluoranthen	mg/kg TS	11	DIN ISO 18287
Pyren	mg/kg TS	11	DIN ISO 18287
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	6,7	DIN ISO 18287
Chrysen	mg/kg TS	7,9	DIN ISO 18287
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg TS	10	DIN ISO 18287
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg TS	4,8	DIN ISO 18287
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	11	DIN ISO 18287
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	2,7	DIN ISO 18287
Benzo(ghi)perylene	mg/kg TS	6,4	DIN ISO 18287
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	5,7	DIN ISO 18287
Summe PAK EPA	mg/kg TS	88,1	DIN ISO 18287

Eluat

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Eluat		x	DIN EN 12457-4
pH-Wert		8,7	DIN 38 404-C 5
elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C	µS/cm	76,0	DIN EN 27888
Phenol-Index	µg/l	<10	DIN EN ISO 14402 (H 37)

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

Dieses edv-gefertigte Dokument trägt keine Unterschrift und ist nur als Vorab-Information zu verstehen.
Rechtsverbindlich gültig ist ausschließlich der Originalprüfbericht mit Unterschrift. Für Fehler bei der Übermittlung per FAX/E-Mail wird keine Haftung übernommen.

synlab Umweltinstitut GmbH - Gubener Str. 39 - 86156 Augsburg

Grundbaulabor Aichach GbR
Herr Harald Wagner
Freisinger Straße 43a
86551 Aichach

Niederlassung Augsburg

Telefon: 0821 / 56995-0
Telefax: 0821 / 56995-888
E-Mail: sui-augsburg@synlab.com
Internet: www.synlab.com

Seite 1 von 4

Datum: 05.11.2012

Prüfbericht Nr.: UAU-12-0059219/02-1
Auftrag-Nr.: UAU-12-0059219
Ihr Auftrag: schriftlich vom 30.10.2012
Projekt: BV Erschließung des Baugebiets in Stengelheim an der Ludwigstraße
Eingangsdatum: 30.10.2012
Probenahme durch: Auftraggeber
Probenahmedatum: 26.10.2012
Prüfzeitraum: 30.10.2012 - 05.11.2012
Probenart: Feststoff

Probenbezeichnung: BS 5 0,27 m - 1,2 m

Probe Nr. UAU-12-0059219-02

Original

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Siebung < 2 mm		x	DIN 18123
Feinkornanteil <2 mm	%	20,2	DIN 18123
Trockensubstanz	%	96,2	DIN ISO 11465
pH-Wert (CaCl ₂)		8,1	DIN ISO 10390
EOX	mg/kg TS	<0,5	DIN 38414-S 17
Kohlenwasserstoffe C10 - C40	mg/kg TS	120	DIN EN 14039/LAGA KW 04

Aromatische Kohlenwasserstoffe

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Benzol	mg/kg TS	<0,1	HLUG/Bd.7,T4
Ethylbenzol	mg/kg TS	<0,1	HLUG/Bd.7,T4
Toluol	mg/kg TS	<0,1	HLUG/Bd.7,T4
o-Xylol	mg/kg TS	<0,1	HLUG/Bd.7,T4
m,p-Xylol	mg/kg TS	<0,1	HLUG/Bd.7,T4
Styrol	mg/kg TS	<0,1	HLUG/Bd.7,T4
Isopropylbenzol (Cumol)	mg/kg TS	<0,1	HLUG/Bd.7,T4
Propylbenzol	mg/kg TS	<0,1	HLUG/Bd.7,T4
1,3,5-Trimethylbenzol	mg/kg TS	<0,1	HLUG/Bd.7,T4
1,2,4-Trimethylbenzol	mg/kg TS	<0,1	HLUG/Bd.7,T4
1,2,3-Trimethylbenzol	mg/kg TS	<0,1	HLUG/Bd.7,T4
Summe AKW	mg/kg TS	--	HLUG/Bd.7,T4

Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Trichlorfluormethan	mg/kg TS	<0,050	HLUG/Bd.7,T4
1,1,2-Trichlortrifluorethan	mg/kg TS	<0,050	HLUG/Bd.7,T4
Dichlormethan	mg/kg TS	<0,050	HLUG/Bd.7,T4
1,1-Dichlorethen	mg/kg TS	<0,050	HLUG/Bd.7,T4
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	<0,050	HLUG/Bd.7,T4
1,1-Dichlorethan	mg/kg TS	<0,050	HLUG/Bd.7,T4
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg TS	<0,050	HLUG/Bd.7,T4
Trichlormethan	mg/kg TS	<0,050	HLUG/Bd.7,T4
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg TS	<0,050	HLUG/Bd.7,T4
Tetrachlormethan	mg/kg TS	<0,050	HLUG/Bd.7,T4
1,2-Dichlorethan	mg/kg TS	<0,050	HLUG/Bd.7,T4
Trichlorethen	mg/kg TS	<0,050	HLUG/Bd.7,T4
Tetrachlorethen	mg/kg TS	<0,050	HLUG/Bd.7,T4
Summe LHKW	mg/kg TS	--	HLUG/Bd.7,T4

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Naphthalin	mg/kg TS	<0,05	DIN ISO 18287
Acenaphthylen	mg/kg TS	0,43	DIN ISO 18287
Acenaphthen	mg/kg TS	0,17	DIN ISO 18287
Fuoren	mg/kg TS	0,25	DIN ISO 18287
Phenanthren	mg/kg TS	1,2	DIN ISO 18287
Anthracen	mg/kg TS	0,91	DIN ISO 18287
Fluoranthren	mg/kg TS	3,3	DIN ISO 18287

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Pyren	mg/kg TS	2,6	DIN ISO 18287
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	1,7	DIN ISO 18287
Chrysen	mg/kg TS	1,8	DIN ISO 18287
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg TS	3,2	DIN ISO 18287
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg TS	2,5	DIN ISO 18287
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	2,1	DIN ISO 18287
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg TS	0,42	DIN ISO 18287
Benzo(ghi)perylen	mg/kg TS	1,2	DIN ISO 18287
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	0,94	DIN ISO 18287
Summe PAK EPA	mg/kg TS	22,7	DIN ISO 18287

Polychlorierte Biphenyle

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
PCB Nr. 28	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308
PCB Nr. 52	mg/kg TS	0,006	DIN EN 15308
PCB Nr. 101	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308
PCB Nr. 118	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308
PCB Nr. 138	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308
PCB Nr. 153	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308
PCB Nr. 180	mg/kg TS	<0,005	DIN EN 15308
Summe PCB (6)	mg/kg TS	0,006	DIN EN 15308
Summe PCB (7 Verbindungen)	mg/kg TS	0,006	DIN EN 15308

Metalle

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Königswasseraufschluss		x	DIN EN 13657
Arsen	mg/kg TS	10	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Blei	mg/kg TS	<3	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Cadmium	mg/kg TS	<0,3	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Chrom (Gesamt)	mg/kg TS	6	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Kupfer	mg/kg TS	9	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Nickel	mg/kg TS	8	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Quecksilber	mg/kg TS	<0,1	DIN EN 1483 (E 12)
Thallium	mg/kg TS	<0,25	DIN 38 406-E 26
Zink	mg/kg TS	19	DIN EN ISO 11885 (E 22)

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Cyanid, gesamt	mg/kg TS	<0,3	E DIN ISO 11262

Eluat

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Eluat		x	DIN EN 12457-4
pH-Wert		9,2	DIN 38 404-C 5
elektrische Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	92,0	DIN EN 27888
Chlorid	mg/l	10	DIN EN ISO 10304-1
Sulfat	mg/l	4	DIN EN ISO 10304-1
Cyanid, gesamt	µg/l	<5	DIN EN ISO 14403
Phenol-Index	µg/l	<10	DIN EN ISO 14402 (H 37)

Metalle

Parameter	Einheit	Messwert	Verfahren
Arsen	µg/l	<5	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Blei	µg/l	<5	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Cadmium	µg/l	<0,5	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Chrom (Gesamt)	µg/l	<5	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Kupfer	µg/l	<5	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Nickel	µg/l	<5	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Quecksilber	µg/l	<0,1	DIN EN 1483 (E 12)
Thallium	µg/l	<1	DIN EN ISO 11885 (E 22)
Zink	µg/l	<10	DIN EN ISO 11885 (E 22)

Eine auszugsweise Veröffentlichung bedarf der Zustimmung der Synlab Umweltinstitut GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die im Prüfbericht spezifizierten Prüfgegenstände. (DIN EN ISO 17025).

Dieses edv-gefertigte Dokument trägt keine Unterschrift und ist nur als Vorab-Information zu verstehen.

Rechtsverbindlich gültig ist ausschließlich der Originalprüfbericht mit Unterschrift. Für Fehler bei der Übermittlung per FAX/E-Mail wird keine Haftung übernommen.

Bebauungsgebiet "An der Ludwigstraße"

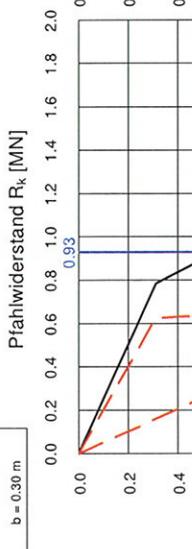
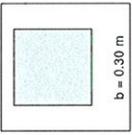
Berechnungsgrundlagen
 Fertigrammpfahl
 Stahlbeton und Spannbeton
 Verhältnswert (min, max) = 1.00
 Interpolation Manteilreibung:
 bei $q_c < 7.5 \text{ MN/m}^2$ deaktiviert
 bei $c_{u,k} < 60 \text{ kN/m}^2$ deaktiviert
 Planbreite = 0.300 m

Grundwasser = 1.20 m
 $\gamma_p = 1.40$
 $\gamma_{(0)} = 1.35$
 $\gamma_{(1)} = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 30.0 %

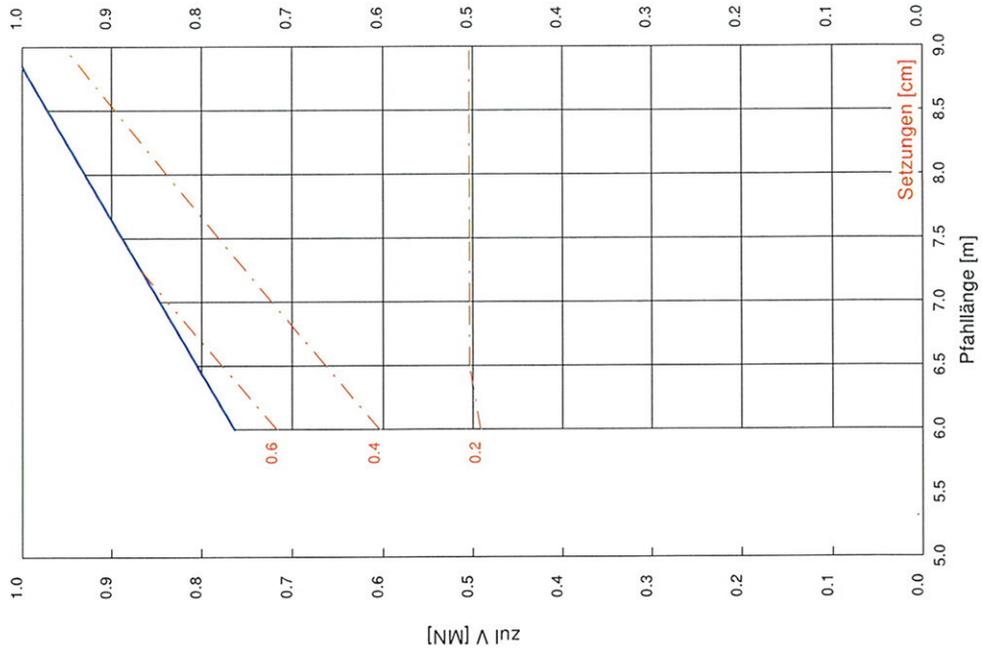
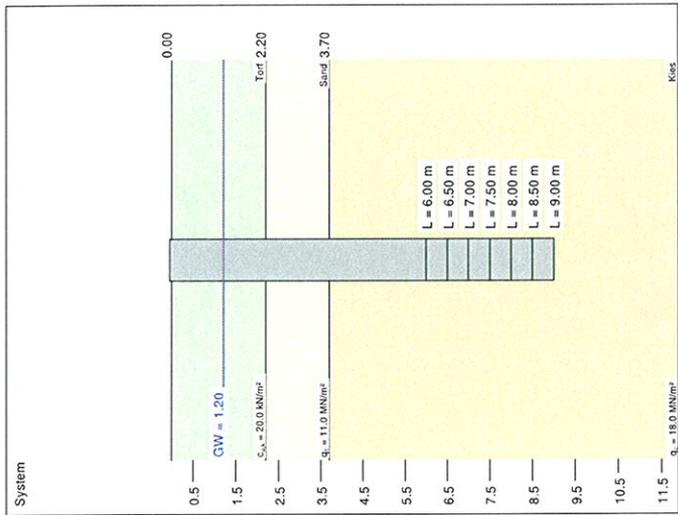
Zul V
 - - - - - Setzung

Boden	q_c [MN/m ²]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	$q_{b,k35}$ [MN/m ²]	$q_{b,k10}$ [MN/m ²]	$q_{(teig),k}$ [MN/m ²]	$q_{(teig),k}$ [MN/m ²]	Bezeichnung
0.0	0.0	20.0	0.000	0.000	0.0000	0.0000	Torf
11.0	0.0	5.700	7.960	0.0633	0.0903	0.0903	Sand
18.0	0.0	6.800	10.590	0.0990	0.1355	0.1355	Kies

Vordimensionierung Rammpfahl



Widerstandssetzungslinie
für Pfahllänge = 8.00 m



b [m]	Länge [m]	R_{1k} [MN]	R_d [MN]	R_{1k} [MN]	Zul V [MN]	s [cm]
0.300	6.00	1.490	1.064	0.763	0.763	0.68
0.300	6.50	1.571	1.122	0.804	0.804	0.65
0.300	7.00	1.652	1.180	0.846	0.846	0.62
0.300	7.50	1.734	1.238	0.888	0.888	0.58
0.300	8.00	1.815	1.296	0.929	0.929	0.55
0.300	8.50	1.896	1.354	0.971	0.971	0.53
0.300	9.00	1.977	1.412	1.013	1.013	0.50

Zul V = $R_{1k} / (\gamma_p \cdot \gamma_{(0)}) = R_{1k} / (1.400 \cdot 1.395) = R_{1k} / 1.95$
 Verhältnis Veränderliche(O)/Gesamtlasten(G+O) [] = 0.30