

G e o t e c h n i s c h e r B e r i c h t

für das Bauvorhaben

„Neubau Wertstoffhof Aindling - Todtenweis, Flur-Nr. 1519 mit Ausbau der Zufahrtsstraße“

Bauherr	Gemeinde Todtenweis Verwaltungsgemeinde Aindling Marktplatz 1 86447 Aindling
---------	---

Sachbearbeiter	Dipl.-Ing. Thomas Huch
----------------	------------------------

AZ	1110795
----	---------

Datum	14. November 2011
-------	-------------------

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	bodenmechanische Laborversuche 7
4.4	Boden- und Felsklassen nach DIN 18196, DIN 18300 und DIN 18301 8
4.5	Charakteristische Werte der Bodenkenngößen 8
5	Beurteilung der Verformbarkeit und Tragfähigkeit des Baugrundes 9
6	Gründungsvorschlag Containerstellplätze 10
7	Baugrube, Aushub und Befahrbarkeit des Planums 12
8	Arbeitsraumverfüllung 12
9	Hinweise zur Ausführung der Park- und Verkehrsflächen, Zufahrtsstraße 13
10	Beurteilung der Versickerungsmöglichkeit von Niederschlägen 14
11	Schlussbemerkungen 15

Anlagen

1	Lageplan der Untersuchungsstellen BS 1 bis BS 4, DPH 1 und DPH 2
2.1-4	Boden- und Schichtenprofile nach DIN 4023
3.1-2	Ergebnisse der Rammsondierung nach DIN EN ISO 22476-2
4.1-8	Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche
5	Grundbruch- und Setzungsberechnung für variable Bodenplatten

1 Veranlassung

Der Markt Aindling beabsichtigt auf dem Flurstück Nr. 1519 einen Wertstoffhof zu errichten. Weiterhin ist vorgesehen, die zum Wertstoffhof führende Straße auszubauen.

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

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

2 Lage, geologischer Überblick und Erdbebenzone (DIN 4149)

Der geplante Wertstoffhof befindet sich zwischen Aindling und Todtenweis südlich der Hauptstraße in der Talaue des Kabisbaches. Das Gelände fällt in Richtung zur Straße (nach Norden) hin ab.

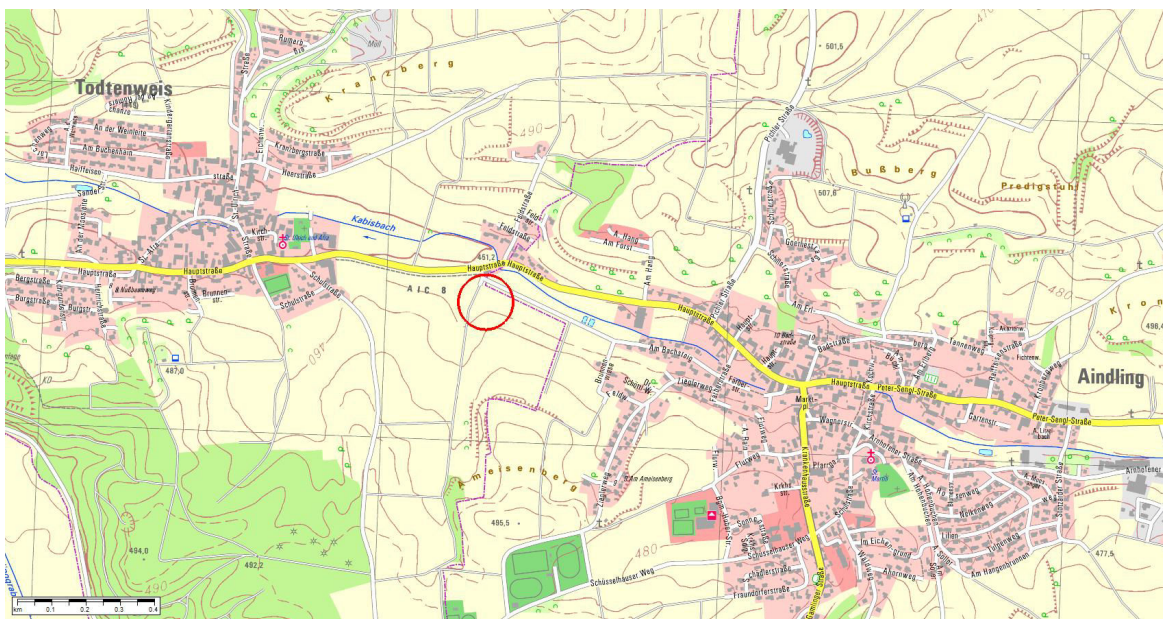


Bild 1: geplante Lage des Wertstoffhofes

Aus geologischer Sicht befindet sich der Standort am südwestlichen Rand der Aindlinger Terrassentreppe sowie am östlichen Rand des Lechtals bzw. dessen Einmündung in das Donautal.

Der Geologischen Karte von Bayern (1 : 500.000) sowie der Geologischen Übersichtskarte der Aindlinger Terrassentreppe zwischen Lech und Donau (M 1:50.000) ist zu entnehmen, das am Standort Ortlfinger Schotter, junge Talfüllungen und Lößlehme anzutreffen sind.

Die tektonischen Bewegungen im Tertiär führten in Zusammenhang mit der beginnenden Hebung der Alpen zur Bildung eines Troges, in dem die Schuttsedimente des südlich aufsteigenden Gebirges abgelagert wurden.

Entsprechend den jeweiligen marinen und limnischen Bildungsbedingungen wird die Abfolge vom Älteren zum Jüngeren in die untere Meeres-Molasse (UMM, Oligocän), die Untere Süßwasser-Molasse (USM, Oligocän, Miocän-Aquitain), die Obere Meeres-Molasse (OMM, Miocän-Burdigal, Helvet) und die Obere Süßwasser-Molasse (OSM, Miocän-Torton, Flinz) untergliedert.

Die im Alpenvorland etwa eine Million Jahre dauernde Eiszeit (Diluvium) wird in fünf Perioden (Donau-, Günz-, Mindel-, Riß- und Würmeiszeit) unterteilt. Während des Diluviums wechselten sich kalte Zeiten der Eisvorstöße und wärmere Interglazialzeiten mehrfach miteinander ab. Das heutige Oberflächenrelief wurde überwiegend durch die aus den Alpen vorrückenden Gletscher und Erosionsvorgänge geprägt.

Die aus dem Schmelzwasser der Gletscher gespeisten Flüsse schnitten sich in das Landschaftsbild ein und bildeten mehrere übereinander liegende Terrassen. Winde lagerten Löß und Flugsand ab (äolische Sedimentation vorwiegend im Pleistozän).

Löss ist ein poröses, zerreibbares und im Allgemeinen ungeschichtetes Staubsediment, das äolisch (= durch den Wind) verfrachtet wurde. Der Löß besteht hauptsächlich aus Quarzkörnchen und kann Kalkgehalte zwischen 8 M.-% bis mehr als 20 M.-% aufweisen. Die Lössanwehung hat im Pleistozän vor allem während der Eiszeiten stattgefunden. Durch kohlendioxidhaltige Sickerwässer wurde der Löß entkalkt, es entstand Lößlehm. Der gelöste Kalk scheidet sich in tieferen Schichten durch kohlendioxidhaltige Sickerwässer in Form von Kalkkonkretionen wieder aus.

Während reiner Löß sehr standfest ist, können in Lößlehmschichten - insbesondere bei Wasseraufnahme - Rutschungen auftreten. Bei Austrocknung wird der Boden rissig und zerfällt in Stücke.

Nach DIN 4149:2005 (Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten) gehört Aindling zu keiner Erdbebenzone. Bei der statischen Berechnung der Baumaßnahme muss der Bemessungswert der Bodenbeschleunigung a_g daher nicht berücksichtigt werden.

Ein rechnerischer Erdbebennachweis ist nicht erforderlich.

3 Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung der lokalen Baugrundverhältnisse wurde am 31. Oktober 2011 von der Grundbaulabor Aichach GbR vier Bohrsondierungen (BS 1 bis BS 4) abgeteuft. Die Tiefe der Aufschlüsse variiert zwischen 3 m und 3,2 m (BS 1, BS 2 im Bereich der Zufahrtsstraße) und 5,2 m (BS 3, BS 4 im Bereich des Wertstoffhofes).

Die Lagerungsdichte und die Konsistenz der anstehenden Böden wurden durch zwei Rammsondierungen erkundet, die als schwere Rammsondierungen (DPH 1, DPH 2) nach DIN EN ISO 22476 ausgeführt wurden. Die Rammsondierungen erreichten eine Tiefe von 3 m bzw. 4 m. Die Ergebnisse der Rammsondierungen sind in den Anlagen 3.1-2 als Schlagzahldiagramm über die Tiefe dargestellt.

Nach Fertigstellung der Arbeiten wurden die Ansatzpunkte lage- und höhenmäßig eingemessen. Die Lage der Aufschlusspunkte ist in der Anlage 1 eingezeichnet. Für die Höhenmessung wurde der in der Anlage 1 dargestellte Kanaldeckel herangezogen (= 452,15 mNN).

Der durch den direkten Aufschluss erkundete Schichtenaufbau wurde geologisch und bodenmechanisch aufgenommen. Die Ergebnisse der Bodenansprache sind in den Anlagen 2.1-4 als Schichtenprofile über die Tiefe dargestellt.

Aus dem durch die Bohrsondierungen gewonnenen Material wurden gestörte Proben entnommen, an denen die in den Anlagen 4.1-8 dargestellten bodenmechanischen Laborversuche (Kornverteilung) durchgeführt wurden.

4 Untersuchungsergebnisse

4.1 Schichtenaufbau

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

- Auffüllungen (BS 1, BS 2) und Mutterboden (BS 3, BS 4),
- holozäne Talablagerungen (Schluffe, Talsande, Talkiese),
- tertiäre Sande (BS 3)

Die einzelnen Schichten werden nachfolgend beschrieben.

In der Bohrsondierung BS 1 wurde bis 0,34 m Tiefe ein nicht frostsicherer Kies mit einem Feinkornanteil von 11,2 % gemessen. Darunter folgten bis 0,48 m Tiefe Kiese mit einem Feinkornanteil von 6,6 % und bis 0,7 m Tiefe mit einem Feinkornanteil von 6,2 % die als frostsicher einzustufen sind.

In der Bohrsondierung BS 2 wurden bis 0,7 m Tiefe nicht frostsichere Kiese erkundet, deren Feinkornanteile zwischen 10,6 % und 15,1 % variiert.

Im Zuge des Straßenausbaus sind die nicht frostsicheren Kiese auszubauen und durch frostsicheres Material zu ersetzen.

In den Bohrsondierungen BS 3 und BS 4 wurde als oberste Schicht eine 0,3 m mächtige Humusschicht angetroffen. Der sehr frost- und witterungsempfindliche Mutterboden ist seitlich geschützt zu lagern und kann für die spätere Geländemodellierung wieder verwendet werden.

Mit Ausnahme der Bohrsondierung BS 2 wurden in allen Bohrsondierungen Schluffe (Löß, Lößlehm) erbohrt. Die Mächtigkeit dieser wasser- und sehr frostempfindlichen Schicht variiert zwischen 1,1 m (BS 4) und 3,4 m (BS 3). Die Schluffe sind als fein- bis mittelsandiger, sehr schwach fein- bis mittelkiesiger Boden zu beschreiben: Die Konsistenz schwankt zwischen weich (BS 3 ab 3 m Tiefe) und halbfest (BS 1: 0,7 m bis 1,8 m).

Die Schluffe werden in der Bohrsondierung BS 3 durch stark schluffige, zur Tiefe hin schwach schluffige bis schluffige Fein- bis Mittelsande (tertiäre Sande) unterlagert.

In der Bohrsondierung BS 4 wurde unter den Schluffen eine 0,8 m mächtige Kiesschicht erbohrt. Die Kiese sind als sandige, schwach schluffige Kiese der Bodengruppe GU zuzuordnen. Unter den Kiesen folgen bis zur Endtiefe der Bohrsondierung schwach schluffige Sande. Aufgrund der differierenden Höhenlage der Sande ist davon auszugehen, dass die tertiären Sande ein Relief aufweisen, so dass Höhendifferenzen von ca. 1,5 m möglich sind.

Die Bohrsondierung BS 2 wird bis zur Endtiefe von 3,2m unter GOK durch stark schluffige bis schwach schluffige (zur Tiefe hin abnehmender Schluffanteil) Kiese dominiert. Die Kiese sind den Bodengruppen GU und GÜ zuzuordnen.

Die anstehenden Böden sind aufgrund der bindigen Charakteristik und der lokal weichen Konsistenz als nur bedingt tragfähige Böden einzustufen. Bei Belastung sind insbesondere aus den Schluffen sowohl Sofortsetzungen als auch Konsolidationssetzungen zu erwarten.

Da eine Schadstoffuntersuchung der organoleptisch unauffälligen Asphalte und Auffüllungen nach Rücksprache mit Herrn Michael Mayr, Ingenieurbüro Mayr, nicht Gegenstand der Beauftragung war, sind die hierfür notwendigen Untersuchungen vor dem Abtransport der geförderten Erdmassen durchzuführen, um diesbezüglich eine Einstufung der Auffüllungen gemäß den einschlägigen Vorschriften vornehmen zu können.

4.2 Grundwasserverhältnisse

In den Bohrsondierungen wurden zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung kein Wasser angetroffen. Sickerwasser ist jedoch nicht auszuschließen. Als Grundwasserleiter sind die Talkiese und -bedingt- Sande zu betrachten. Entsprechend der Topografie ist kleinräumig von einer nordwestlich gerichteten Fließrichtung des Grundwassers auszugehen.

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist das Grundwasser für das Bauvorhaben von untergeordneter Bedeutung, da keine Unterkellerungen oder anderweitig tiefen Eingriffe geplant sind.

4.3 bodenmechanische Laborversuche

Aus den Kleinbohrungen wurden insgesamt 24 Bohrproben entnommen, aus denen in unserem Labor acht repräsentative Bodenproben ausgewählt und die Korngrößenverteilung nach DIN EN 933-1 bestimmt wurde.

Die Körnungslinien sind in den Anlagen 4.1-8 zum Gutachten zeichnerisch dargestellt. Außerdem wurden auf der Grundlage der Korngrößenverteilungen die Frostsicherheit beurteilt und mit den Näherungsverfahren nach Kaubisch und Seiler die Durchlässigkeitsbeiwerte der einzelnen Bodenproben rechnerisch ermittelt.

Prüf- stelle	Tiefe [m]	Bodenart (Bodengruppe nach DIN 18196 / Frost- empfindlichkeitsklasse ZTV E-StB 09)	Feinkorn ≤ 0,063 mm [M.-%]	Wasserdurch- lässigkeit k_f [m/s]
BS 1	0,13 - 0,34	Auffüllung, Kies, sandig, schluffig (GU / F2)	11,2	$1,4 \cdot 10^{-5}$
BS 1	0,34 - 0,48	Auffüllung, Kies, sandig, schwach schluffig (GU / F2)	6,6	-
BS 1	0,48 - 0,7	Kies, sandig, schwach schluffig (GU / F2)	6,2	$1,3 \cdot 10^{-2}$
BS 1	2,6 – 3,0	Kies, sandig, schwach schluffig (GU / F2)	7,4	$5,9 \cdot 10^{-4}$
BS 2	0,1 - 0,4	Auffüllung, Kies, stark sandig, stark schluffig (GU* / F3)	15,1	$5,1 \cdot 10^{-6}$
BS 2	0,4 – 0,7	Auffüllung, Kies, sandig, schluffig	10,6	$1,6 \cdot 10^{-6}$
BS 2	0,9 - 2,0	San- und Fein- bis Mittelkies, stark schluffig (GU* / F3)	15,3	$5,0 \cdot 10^{-6}$
BS 2	2,0 - 2,5	Kies, stark sandig, schluffig (GU / F2)	11,9	$1,1 \cdot 10^{-5}$
BS 4	2,3 - 3,5	Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig (SU / F1)	6,9	$1,4 \cdot 10^{-4}$

4.4 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 ZTV E-StB 09 (zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau) und den in den Anlagen 4.1-8 dargestellten bodenmechanischen Laborergebnissen wie folgt einzustufen:

Schichtfolge	Klassifikation der Boden- und Felsklassen gemäß			
	DIN 18196	DIN 18300	DIN 18301	ZTV E* (Frostempfindlichkeit)
Oberboden	OH	1	(BB 2)	(F3)
Auffüllungen	GU, GÜ	3, 4	BN 1, BN 2	F2, F3
Schluffe	UL, UM	4	BB 2, BB 3	F3
Kiese	GU, GÜ	3, 4	BN 1, BN 2	F2, F3
Fein- und Mittelsande	SU	3	BN 1	F1, F2

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

Die durchzuführenden Erdarbeiten werden sich nach bisherigem Kenntnisstand auf die Auffüllungen, die Schluffe und die unterlagernden Kiese 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.

4.5 Charakteristische Werte der Bodenkenngrößen

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

Schichtfolge	charakteristischen Werte der Bodenkenngrößen				
	Feuchtwichte [kN/m³]	Wichte unter Auftrieb	Reibungswinkel [°]	Kohäsion [kN/m²]	Steifemodul [MN/m²]
	γ_k	γ'_k	φ'_k	c'_k	$E_{s,k}$
Auffüllungen	18,0 bis 20,0	9,0 bis 11,0	33,0 bis 37,5	---	(50 bis 80)
Schluffe	17,0 bis 18,5	9,0 bis 10,5	25,0 bis 27,5	3 bis 5	4 bis 12
Kiese	20,0 bis 22,0	11,0 bis 13,0	33,0 bis 37,5	---	30 bis 50
Fein- und Mittelsande	17,0 bis 18,0	9,0 bis 10,0	30,0 bis 32,5	---	15 bis 30

Die 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 ZTV E-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/m³]
grobkörnige Böden (Verdichtbarkeitsklasse V 1)	SW, SI, SE, GW, GI, GE	30,0 bis 35,0	20,0 / 12,0
bindige, gemischkörnige Böden (Verdichtbarkeitsklasse V 2)	GU, GT, SU, ST	27,5 bis 32,5	20,0 / 10,0

Gemische aus gebrochenem Gestein können gleichfalls für die Hinterfüllung verwendet werden, sofern sie geeignete Kornverteilungskriterien aufweisen.

5 Beurteilung der Verformbarkeit und Tragfähigkeit des Baugrundes

Nach derzeitigem Kenntnisstand ist der Bau eines Wertstoffhofes geplant, so dass vorrangig von befestigten Abstell- und Hofflächen für die Sammelcontainer und entsprechende Zufahrtsmöglichkeiten für die Entsorgungsfahrzeuge auszugehen ist.

Bei dem am Standort erkundeten Baugrund handelt es sich um Schluffe weicher bis steifer Konsistenz (BS 3). Aufgrund des als sehr frostempfindlich einzustufenden Bodens und der aus den Stellflächen zu erwartenden Einwirkungen (Lasten), die zum Zeitpunkt der Gutachtenbearbeitung nicht vorlagen, ist für die Gründung Containerstellplätze ein frostsicherer Unterbau zu empfehlen, der zugleich als Tragschicht fungiert.

Da die Schluffe eine geringe Durchlässigkeit aufweisen, ist das Planum so zu profilieren, das Niederschlagswasser abfließen kann (Gefälleausbildung). Weiterhin ist darauf zu achten, dass die Tragschicht einheitlich bis in Schluffe steifer Konsistenz geführt wird oder (wie im Fall der BS 3) ein entsprechend tieferer Aushub (ca. 0,4 m) getätigt wird.

Aus geotechnischer Sicht wird empfohlen, die Schluffe weicher Konsistenz vollständig auszuheben oder durch geeignete Maßnahmen der Baugrundverbesserung (z.B. CSV-Verfahren) zu stabilisieren. Die anstehenden Böden stellen einen Baugrund dar, aus dem vorrangig Konsolidationssetzungen zu erwarten sind. Im Bereich der BS 3 sind bei Belastung deutlich größere Setzungen als im Bereich der Bohrsondierung BS 4 zu erwarten.

Gemäß DIN 1054 ist das Vorhaben in die geotechnische Kategorie II einzuordnen.

6 Gründungsvorschlag Containerstellplätze

Mit Blick auf die erkundeten Schluffe (BS 3 weiche bis steife Konsistenz und BS 4 steife Konsistenz) wird für die Gründung der Containerstellplätze eine frostsichere Tragschicht aus nichtbindigem, frostsicherem Kies-Sand-Material (z.B. Körnung 0/32 oder 0/56, $U > 7$) empfohlen.

Da anzunehmen ist, dass unterhalb der frostsicheren Tragschicht der zu erreichende Verformungsmodul der Zweitbelastung von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf OK Planum nicht erreicht wird, ist mit Bodenaustauschmaßnahmen im Planumsbereich zu rechnen. In der Ausschreibung sollte ein Bodenaustausch von ca. 0,5 m angesetzt werden. Die Aushubsohle darf nicht mit Radfahrzeugen befahren werden und der Bodenaustausch soll vor Kopf geschüttet und verdichtet werden.

Damit die einzubauende Tragschicht die Funktion einer Frostschutzschicht übernehmen kann, muss der Anteil der Korngröße $< 0,06 \text{ mm}$ unter 5 % bzw. im eingebauten Zustand $< 7 \%$ liegen. Die Eignung des verwendeten Materials ist durch Laborversuche (Kornverteilung nach DIN 18123) zu prüfen. Das Schüttmaterial ist lagenweise einzubauen und sorgfältig zu verdichten. Auf OK Tragschicht ist ein Verformungsmodul der Zweitbelastung von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ und ein Verhältniswert E_{v2}/E_{v1} von $\leq 2,2$ zu fordern. Ein Höherer Verhältniswert kann zugestimmt werden, wenn der E_{v1} -Wert das 0,6 fache vom geforderten E_{v2} -Wert erreicht. Die Verdichtung auf der Bodenverbesserung und auf der frostsicheren Tragschicht ist durch statische Plattendruckversuche nach DIN 18134 nachzuweisen.

Aus geotechnischer Sicht ist von Bedeutung, dass die Niederschläge, die in die Tragschicht eindringen können, über eine Dränage gefasst und abgeleitet werden.

Andernfalls staut sich das Wasser auf den Schluffen auf, so dass die Tragschicht nicht mehr als frostsicherer Unterbau betrachtet werden kann und die Gefahr besteht, dass die gebundene Tragschicht (Asphalt- oder Betonfläche) durch Frosthebungen geschädigt wird.

Das Setzungspotential der Schluffe kann durch die Anwendung des CSV-Verfahrens (*Combined Soil Stabilization with Vertical Columns*) reduziert werden. Ob dieses Verfahrens erforderlich wird, ist von der Größe der Einwirkungen und der Größe der zulässigen Setzungen abhängig.

Bei diesem Verfahren wird die Scherfestigkeit des Baugrundes durch rasterförmig eingebrachte Säulen erhöht. Die Säulen sind - vorbehaltlich der statischen Bemessung - mindestens bis in eine Tiefe von ca. 3,8 m einzubringen, so dass die weichen Schluffe überbrückt werden.

Beim CSV-Verfahren handelt es sich um eine Bodenverbesserung mit Kalk-/Zement-/Sandsäulen. Von einer Arbeitsebene aus wird mit einem speziellen Bohrkopf eine Trockenmischung aus Sand und Zement bzw. Kalk in den gering tragfähigen, bindigen Boden eingebracht, wodurch Säulen mit einem Durchmesser von ca. 10 cm bis 20 cm entstehen.

Oberhalb der Säulen wird eine lastverteilende Tragschicht aus (z.B.) Recyclingmaterial geschüttet. Nach dem Schütten der Tragschicht wird diese statisch verdichtet.

Die CSV-Säulen sind in einem zu definierenden Abstand zwischen 0,6 m und ca. 1,0 m herzustellen. Das erforderliche Raster ergibt sich im Zuge der weiteren Planung aus Setzungsberechnungen. Im Bereich des Säulenkopfes ist es zu empfehlen, das Material bis in eine Tiefe von ca. 0,30 m zu stopfen, um eine höhere Lagerungsdichte zu erzielen.

Die Herstellung und Bemessung der Säulen erfolgt nach dem „Merkblatt für die Herstellung, Bemessung und Qualitätssicherung von Stabilisierungssäulen zur Untergrundverbesserung, Teil 1 – CSV Verfahren“, das von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik (DGGT, Essen) herausgegeben wurde.

Infolge der – im Vergleich zum anstehenden Baugrund – höheren Steifigkeit der Säulen konzentrieren sich die Einwirkungen auf die Säulen (Lastumlagerung). Die einzelne Säule besitzt eine Tragfähigkeit zwischen ca. 50 kN und 70 kN.

Die Setzungsberechnungen sowie die Standsicherheitsnachweise des Beckens sind gemäß DIN 1054 mit den tatsächlichen Einwirkungen und Fundamentabmessungen zu führen.

Bei einer Gründung auf einem frostsicheren Unterbau (ohne die Anwendung des CSV-Verfahrens) kann für die weitere Planung ein zulässiger Sohldruck von

$$80 \text{ kN/m}^2 \leq \sigma_{\text{zul}} \leq 100 \text{ kN/m}^2$$

angesetzt werden (vgl. Anlage 5). Bei Ausnutzung dieses Sohldrucks sind rechnerische Setzungen von $s \leq 2,0$ cm zu erwarten. Der Anteil der Konsolidationssetzungen ist hierbei nicht berücksichtigt.

7 Baugrube, Aushub und Befahrbarkeit des Planums

Für die Baumaßnahme können aufgrund der vorhandenen Platzverhältnisse freie Böschungen ausgeführt werden. Unter Berücksichtigung der weichen Konsistenz der Schluffe wird eine Böschungsneigung von 45° empfohlen. Eine steilere Neigung der Böschungen (60°) ist möglich, wenn in den Schluffen eine steife Konsistenz vorherrscht. Die Hinweise der DIN 4124 sind zu beachten.

Wasserhaltungsmaßnahmen beschränken sich auf das Fassen und Ableiten der Niederschläge, um einen Aufstau von Niederschlagswasser auf dem Planum zu verhindern (offene Wasserhaltung mit Drängräben und Pumpensümpfen als Bedarfsposition im Leistungsverzeichnis, Dachprofil des Planums mit ausreichendem Seitengefälle von mindestens 4 %). Ein Aufweichen der Sohle ist durch geeignete Maßnahmen gemäß ZTV E-StB 09, Punkt 4.4.6 zu vermeiden.

Der Aushub ist rückschreitend zu realisieren. Die Oberfläche des Planums ist witterungs- und sehr frostempfindlich, so dass eine zeitnahe Überschüttung anzustreben ist, um die freigelegte Oberfläche zu schützen. Um eine Verringerung der Tragfähigkeit des Planums zu verhindern, ist dessen Oberfläche nicht mit Radfahrzeugen zu befahren. Die Arbeitsebene (= Tragschicht) wird vor Kopf geschüttet und verdichtet.

8 Arbeitsraumverfüllung

Die im Zuge der Erdarbeiten anfallenden Böden sind für den Wiedereinbau im Bereich der Arbeitsräume nur bedingt geeignet. Die Schluffe sind der Verdichtbarkeitsklasse „V 3“ zuzuordnen und nur schwer verdichtbar.

Für die Verfüllung der Arbeitsräume sind gut abgestufte Sande und Kiese in Lagen von ca. 0,3 m einzubauen und lagenweise zu verdichten ($D_{pr} \geq 100$ %). Die erzielte Verdichtung ist im Rahmen ausreichender Überwachungsmaßnahmen durch Plattendruckversuche nach DIN 18134 oder zusätzliche Sondierungen zu prüfen.

9 Hinweise zur Ausführung der Verkehrsflächen, Zufahrtsstraße

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 II (Industriestraße, Straße im Gewerbegebiet, Tabelle 2 der RSTO 01) einzuordnen.

Hinsichtlich der Wasserverhältnisse ist von günstigen Verhältnissen auszugehen. Die Gradienten liegen etwa in Geländehöhe, außerhalb geschlossener Ortslage.

Die Frosteinwirkungszone II, in der Aindling liegt, erfordert bei den genannten Bauklassen und dem vorherrschenden F 3-Untergrund eine frostsichere Gesamtbaustärke (= Frosteinwirkung + frostsichere Tragschicht) von

$$65 \text{ cm} + 5 \text{ cm} + 0 \text{ cm} + 0 \text{ cm} + 0 \text{ cm} = 70 \text{ cm}$$

Hinsichtlich der Wasserverhältnisse ist von günstigen Verhältnissen auszugehen. Teilweise durchlässige Randbereiche sowie das Vorhandensein von Entwässerungseinrichtungen wurden mit einem Abschlag von 5 cm berücksichtigt.

Da auf OK der Frostschutzschicht ein Verformungsmodul (bestimmt durch statische Plattendruckversuche nach DIN 18134), von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden muss und dieser Wert erfahrungsgemäß nur erreicht wird, wenn auf OK Planum (= UK Frostschutzschicht) ein Wert von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachgewiesen werden kann, sind vorliegend Zusatzmaßnahmen (Bodenaustausch von ca. 0,2 bis 0,4 m) im Planumsbereich einzuplanen, da davon auszugehen ist, dass diese Anforderung in den Auffüllungen bzw. Schluffen nicht erreicht wird. Die genauere Bodenaustauschmächtigkeit kann zu Beginn der Aushubarbeiten durch Plattendruckversuche genauer optimiert werden.

Der Aushub ist vorzugsweise rückschreitend zu realisieren. Die Oberfläche des Planums ist frost- und witterungsempfindlich, so dass eine zeitnahe Überschüttung anzustreben ist, um die freigelegte Oberfläche zu schützen. Um eine Verringerung der Tragfähigkeit des Planums zu verhindern, ist dessen Oberfläche nach Möglichkeit nicht mit Radfahrzeugen zu befahren.

Als Einbaumaterial für die Frostschutzschicht ist ein Kies-Sand-Gemisch (z.B. Böden der Bodengruppe GW oder gleichwertig) zu bevorzugen.

Damit die einzubauende Tragschicht die Funktion einer Frostschutzschicht übernehmen kann, muss der Anteil der Korngröße $< 0,06 \text{ mm}$ unter 5 % bzw. im eingebauten Zustand $< 7 \%$ liegen. Die Eignung des Materials ist durch Laborversuche zu prüfen (Kornverteilung).

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.

Auf OK Frostschutzschicht ist ein Verformungsmodul der Zweitbelastung von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ und ein Verhältniswert von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ zu fordern. Ein Höherer Verhältniswert ist zulässig, wenn der E_{v1} -Wert das 0,6 fache des geforderten E_{v2} -Wertes erreicht.

Die erzielte Verdichtung und Tragfähigkeit ist baubegleitend durch statische Plattendruckversuche nach DIN 18134 zu überprüfen. Bei der Herstellung der Tragschichten sind die Angaben der VOB Teil C DIN 18315 bzw. DIN 18316 zu beachten.

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 $1 \times 10^{-3} \geq k_f \geq 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ für die Einrichtung von Versickerungsanlagen geeignet.

Bei der Einrichtung von Versickerungsanlagen sind 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. Hinweise zur Behandlung von belasteten Niederschlagsabflüssen gibt das ATV Regelwerk DVWK-M 153.

Wegen der geringen Durchlässigkeiten der Schluffe und Tone ($k_f \leq 1 \times 10^{-8}$) sind diese für die Versickerung nicht geeignet. Die Durchlässigkeitsbeiwerte der Sande und Kiese wurden mit den Näherungsverfahren nach Kaubisch und Seiler bestimmt (siehe Seite 7). Demnach sind die in der Bohrsondierung BS 4 unterhalb der Schluffe ab 1,5 m Tiefe anstehenden Böden für die Versickerung geeignet. Die in der Bohrsondierung BS 2 anstehenden Böden sind aufgrund ihrer Durchlässigkeit als grenzwertig zu betrachten, die in der Kleinbohrung BS 3 aufgeschlossenen Böden sind aufgrund der geringen Durchlässigkeit für die Errichtung von Versickerungsanlagen nicht geeignet.

Wir empfehlen, nach Fortschreibung der Planung bei Bedarf zur Dimensionierung einer Versickerungsanlage weitere Bodenaufschlüsse in Form von Baggerschürfen im gewählten Sickerbereich anzulegen. In den Schürfen sind Sickerversuche zur Ermittlung des Durchlässigkeitsbeiwertes durchzuführen.

11 Schlussbemerkungen

Die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse, die durch die vorliegend beschriebenen, punktuellen Aufschlüsse erkundet wurden, werden im Bereich des zukünftigen Wertstoffhofes durch Schluffe weicher bis steifer Konsistenz geprägt. Aus dieser Schicht sind bei Belastung Setzungen zu erwarten, deren Größe auf ein zulässiges Maß zu begrenzen ist.

Aus geotechnischer Sicht wird für den Wertstoffhof eine Gründung auf einem Bodenersatzkörper von ca. 0,5 m empfohlen. Um Frost- und Nässeschäden zu vermeiden, ist durch eine Dränage zu gewährleisten, dass Niederschläge gefasst und an eine dauerhaft gesicherte Vorflut abgeführt werden (wasserrechtliche Genehmigung erforderlich). Die Aushubsohle ist mit Gefälle zu profilieren.

Im Bereich der Zufahrtsstraße ist es erforderlich, den nicht frostsicheren Unterbau abzuschleifen und durch ein frostsicheres Material zu erneuern. Im Planumsbereich der Zufahrtsstraße ist mit einem Bodenaustausch von ca. 0,3 bis 0,4 m zu rechnen.

Zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung wurde kein Grundwasser angetroffen. Wasserhaltungsmaßnahmen beschränken sich daher auf das Fassen und Ableiten der Niederschläge (Schutz des Planums vor aufstauendem Wasser, Gefahr des Aufweichens).

Für die Dimensionierung von Versickerungsanlagen sind zusätzliche Sickerversuche zu empfehlen.

Da Abweichungen zwischen den lokalen Ergebnissen der Baugrunderkundung und dem großflächigen Aufschluss der Baugrube nicht vollständig ausgeschlossen werden können, ist eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten 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.

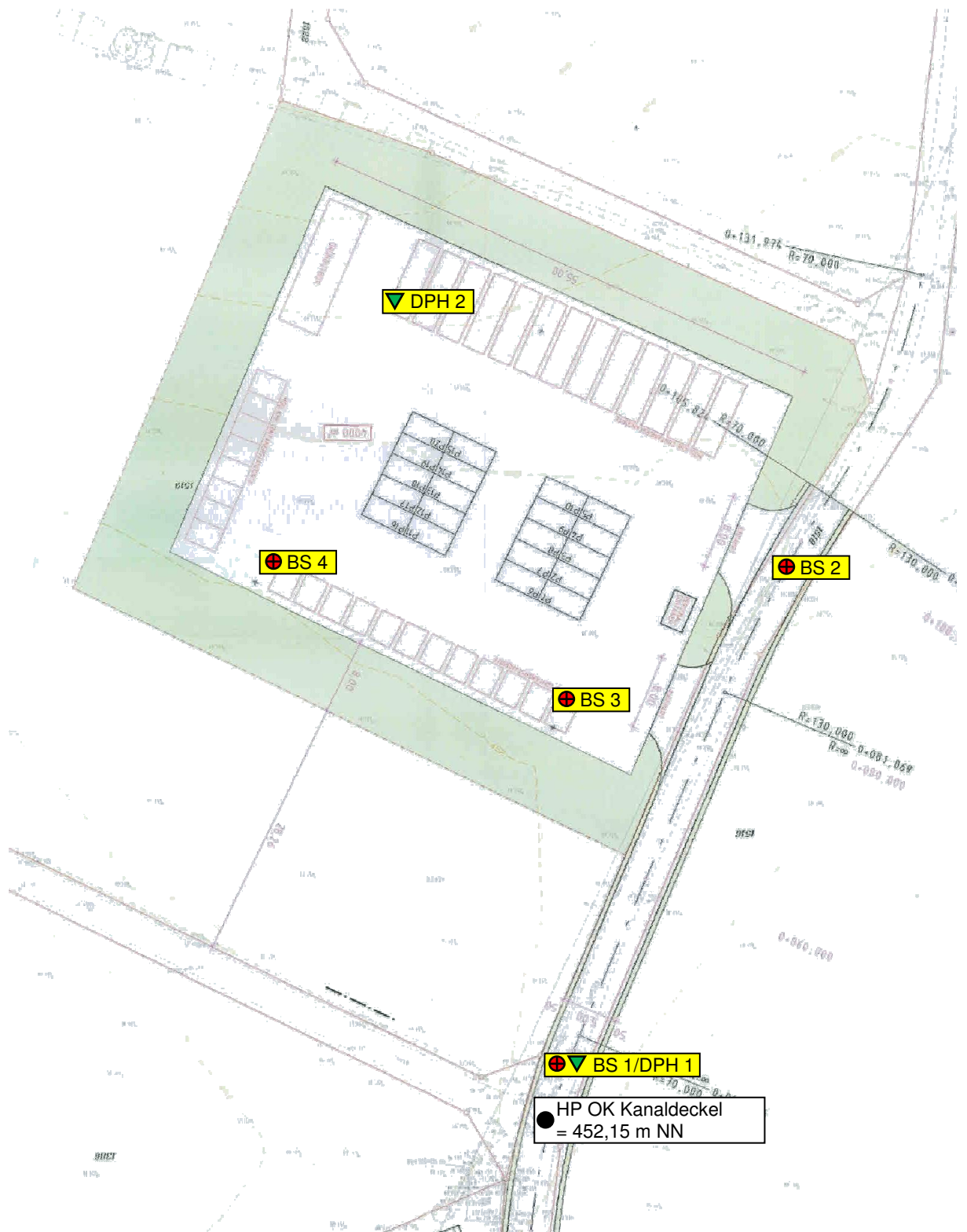
Für die Beantwortung von geotechnischen Fragen, die sich infolge der weiteren Projektbearbeitung bei den projektbeteiligten Architekten, Fachplanern und Ingenieuren ergeben, steht der Unterzeichner gern zur Verfügung.

Grundbaulabor Aichach, 14. November 2011



Sachbearbeiter

Dipl.-Ing. Thomas Huch



LEGENDE

▼ Rammsondierung (DPH)

⊕ Kleinbohrung (BS)

GRUNDBAULABOR AICHACH Bodenphysikalische Prüftechnik

Anlage 1

Freisinger Straße 43a, 86551 Aichach, Tel. 08251/2043170 / Fax 08251/2043175

Datei 1110795

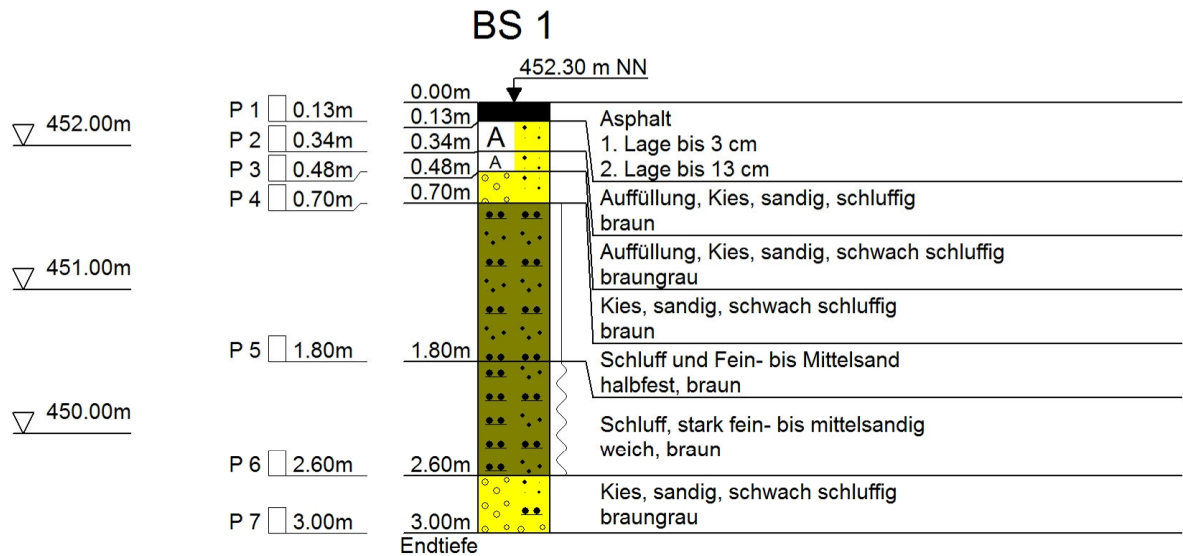
Auftraggeber: Gemeinde Todtenweis, Verwaltungsgemeinde Aindling, Marktplatz 1, 86447 Aindling

Projekt: Neubau Wertstoffhof Aindling - Todtenweis, Flur-Nr. 1519 mit Ausbau der Zufahrtsstraße

Planinhalt: Lage der Untersuchungsstellen BS 1 bis BS 4, DPH 1 und DPH 2

Bodenprofil nach DIN 4023

GRUNDBAULABOR AICHACH	Bauvorhaben: Wertstoffhof Aindling - Todtenweis
Bodenphysikalische Prüftechnik	Datei Nr.: 1110795
Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach	Datum: 31.10.2011
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175	Anlage: 2.1

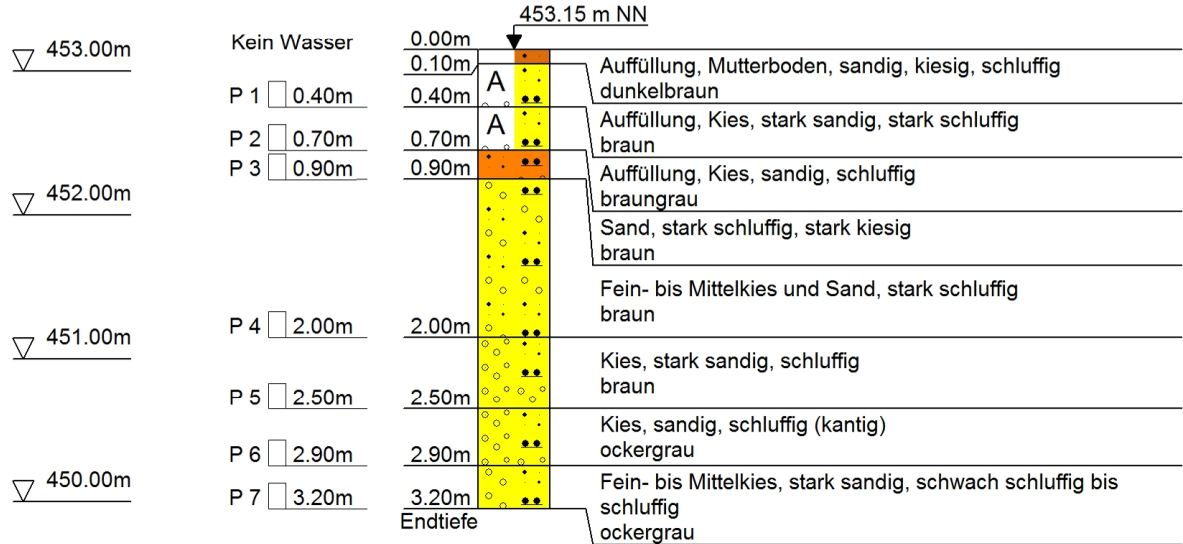


Bohrloch bei 2,8 m Tiefe zugefallen - kein Wasserspiegel messbar
 Ansatzstelle befestigt, 0,13 m Asphalt aufgebohrt und verschlossen

Bodenprofil nach DIN 4023

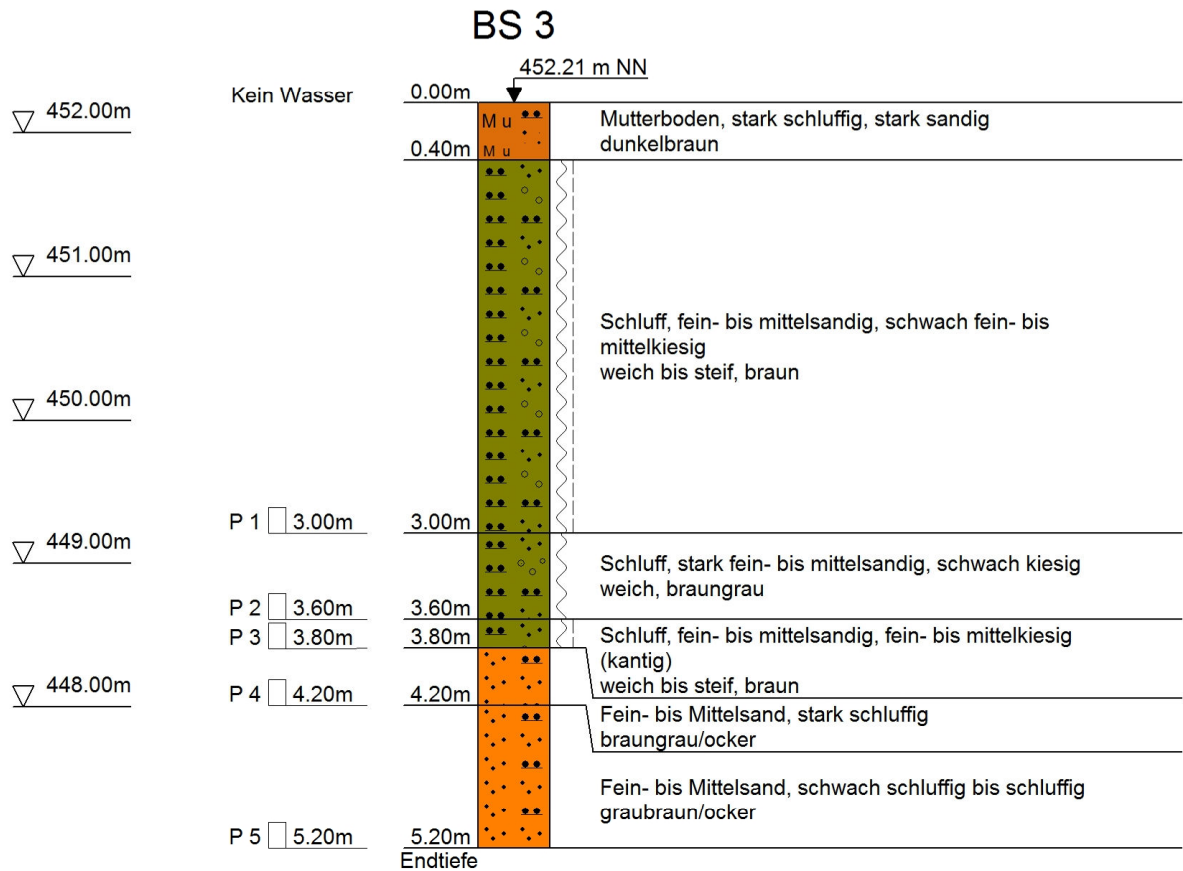
GRUNDBAULABOR AICHACH	Bauvorhaben: Wertstoffhof Aindling - Todtenweis
Bodenphysikalische Prüftechnik	Datei Nr.: 1110795
Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach	Datum: 31.10.2011
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175	Anlage: 2.2

BS 2



Bodenprofil nach DIN 4023

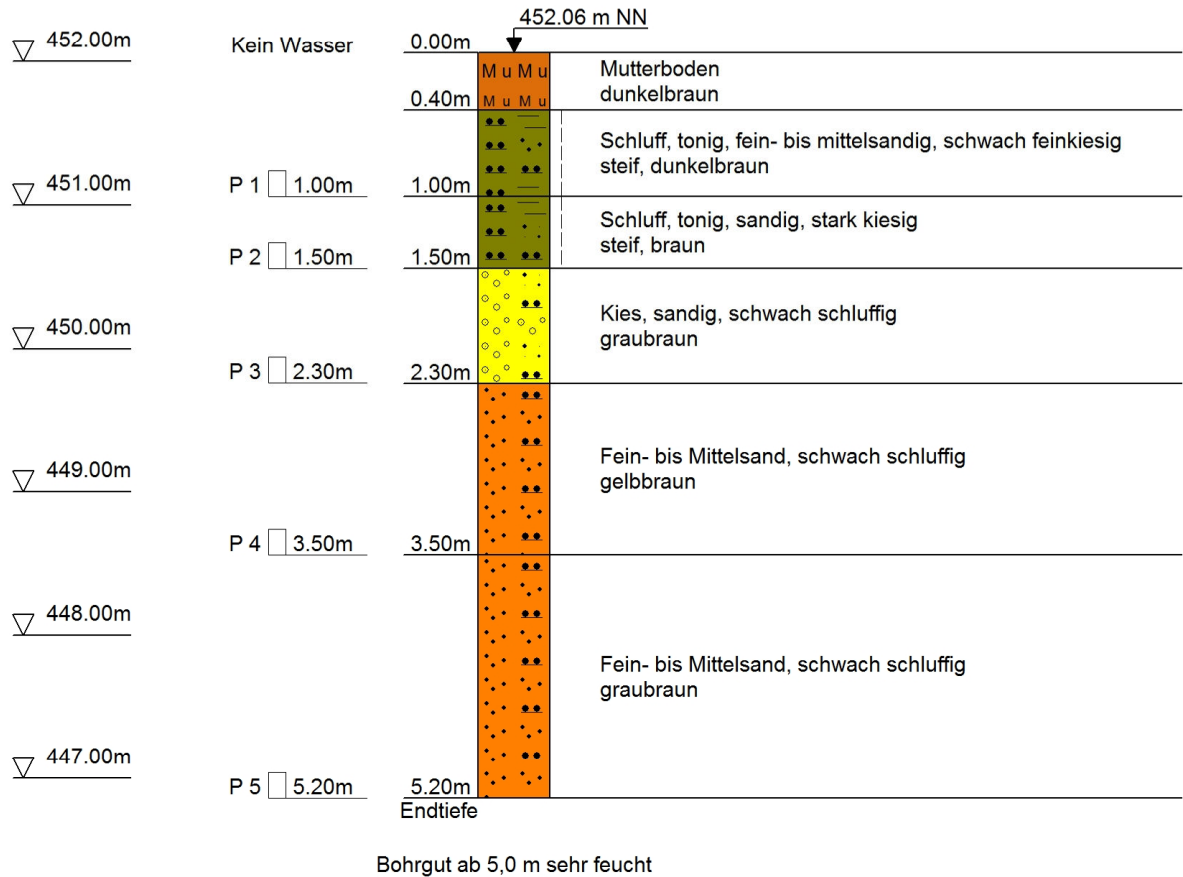
GRUNDBAULABOR AICHACH	Bauvorhaben: Wertstoffhof Aindling - Todtenweis
Bodenphysikalische Prüftechnik	Datei Nr.: 1110795
Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach	Datum: 31.10.2011
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175	Anlage: 2.3



Bodenprofil nach DIN 4023

GRUNDBAULABOR AICHACH	Bauvorhaben: Wertstoffhof Aindling - Todtenweis
Bodenphysikalische Prüftechnik	Datei Nr.: 1110795
Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach	Datum: 31.10.2011
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175	Anlage: 2.4

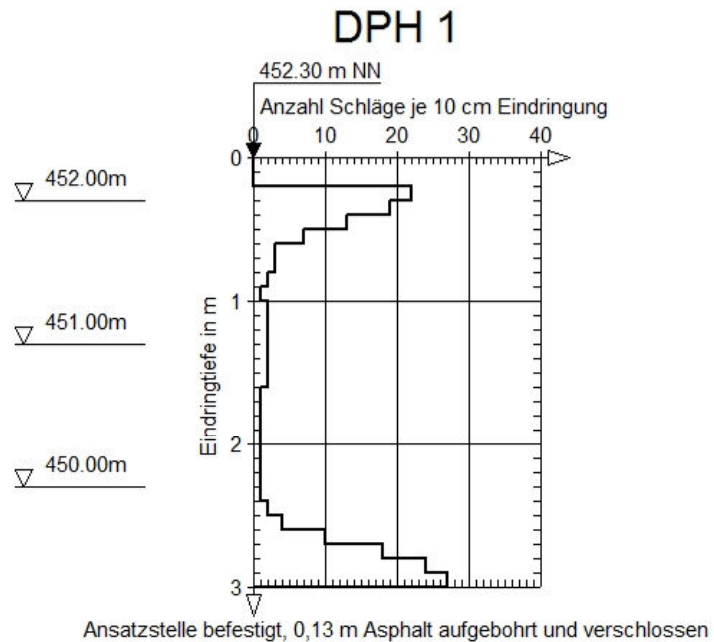
BS 4



Rammsondierung nach DIN EN ISO 22476-2

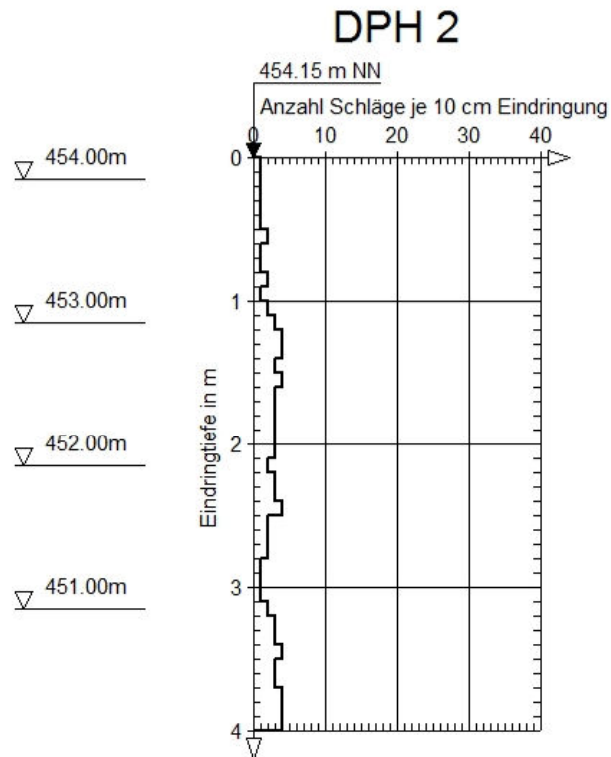
GRUNDBAULABOR AICHACH	Bauvorhaben: Wertstoffhof Aindling - Todtenweis
Bodenphysikalische Prüftechnik	Datei Nr.: 1110795
Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach	Datum: 31.10.2011
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175	Anlage: 3.1

Tiefe	N ₁₀
0.10	0
0.20	0
0.30	22
0.40	19
0.50	13
0.60	7
0.70	3
0.80	3
0.90	2
1.00	1
1.10	2
1.20	2
1.30	2
1.40	2
1.50	2
1.60	2
1.70	1
1.80	1
1.90	1
2.00	1
2.10	1
2.20	1
2.30	1
2.40	1
2.50	2
2.60	4
2.70	10
2.80	18
2.90	24
3.00	27

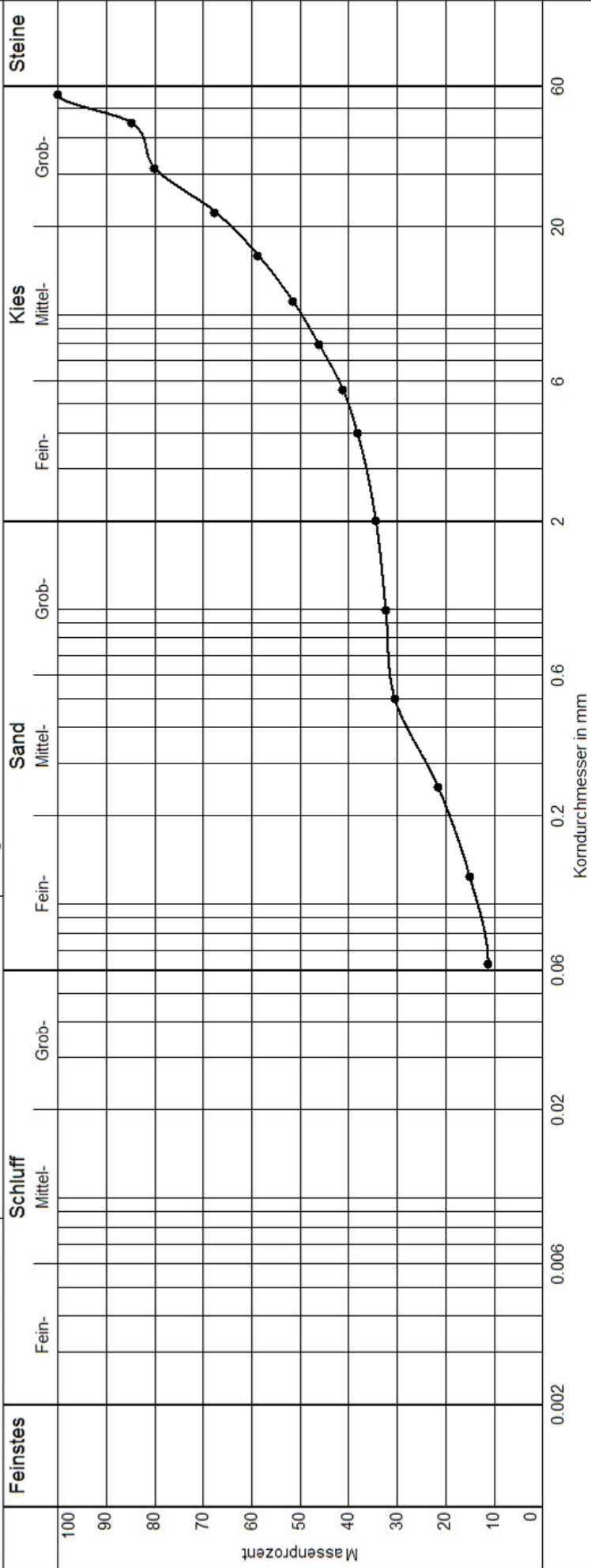


Rammsondierung nach DIN EN ISO 22476-2

GRUNDBAULABOR AICHACH	Bauvorhaben: Wertstoffhof Aindling - Todtenweis
Bodenphysikalische Prüftechnik	Datei Nr.: 1110795
Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach	Datum: 31.10.2011
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175	Anlage: 3.2

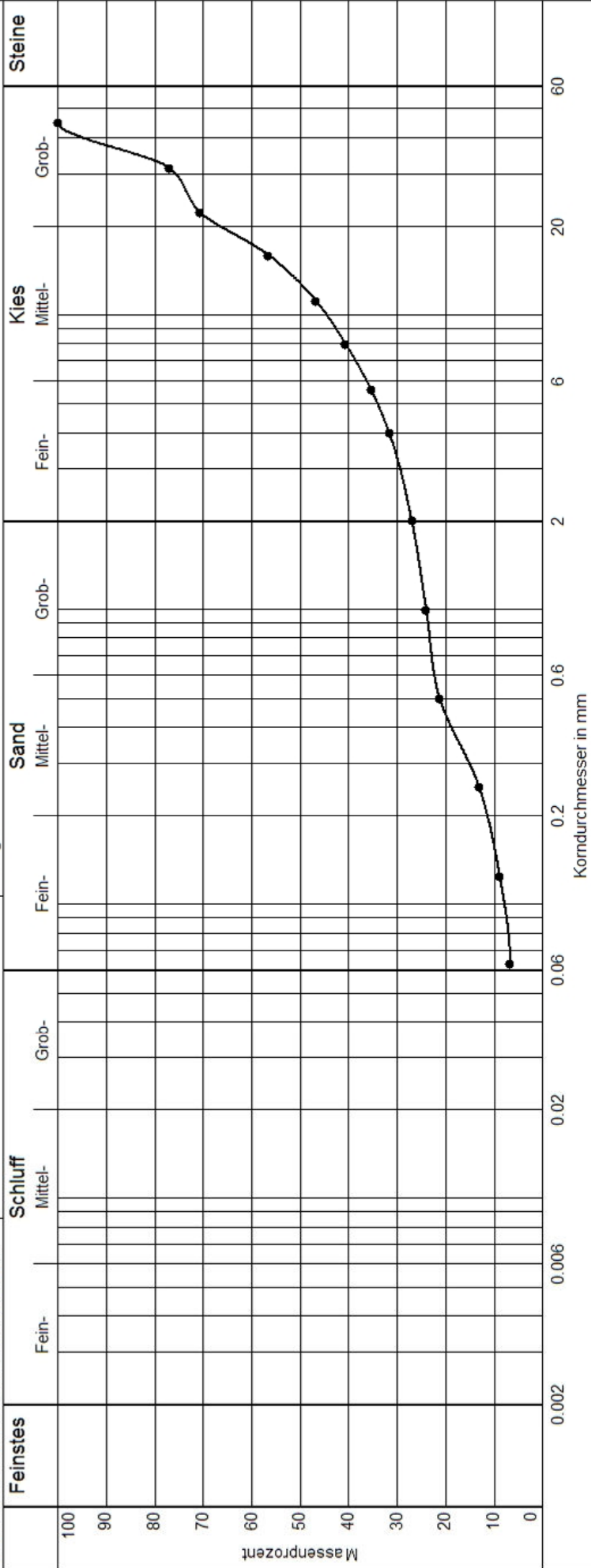
[illegible]

GRUNDBAULABOR AICHACH		Kornverteilung DIN EN 933-1	Bauvorhaben:	Wertstoffhof Aindling - Todtenweis
Bodenphysikalische Prüftechnik			Datei Nr.:	1110795
Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach			Datum:	04.11.2011
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175			Anlage:	4.1



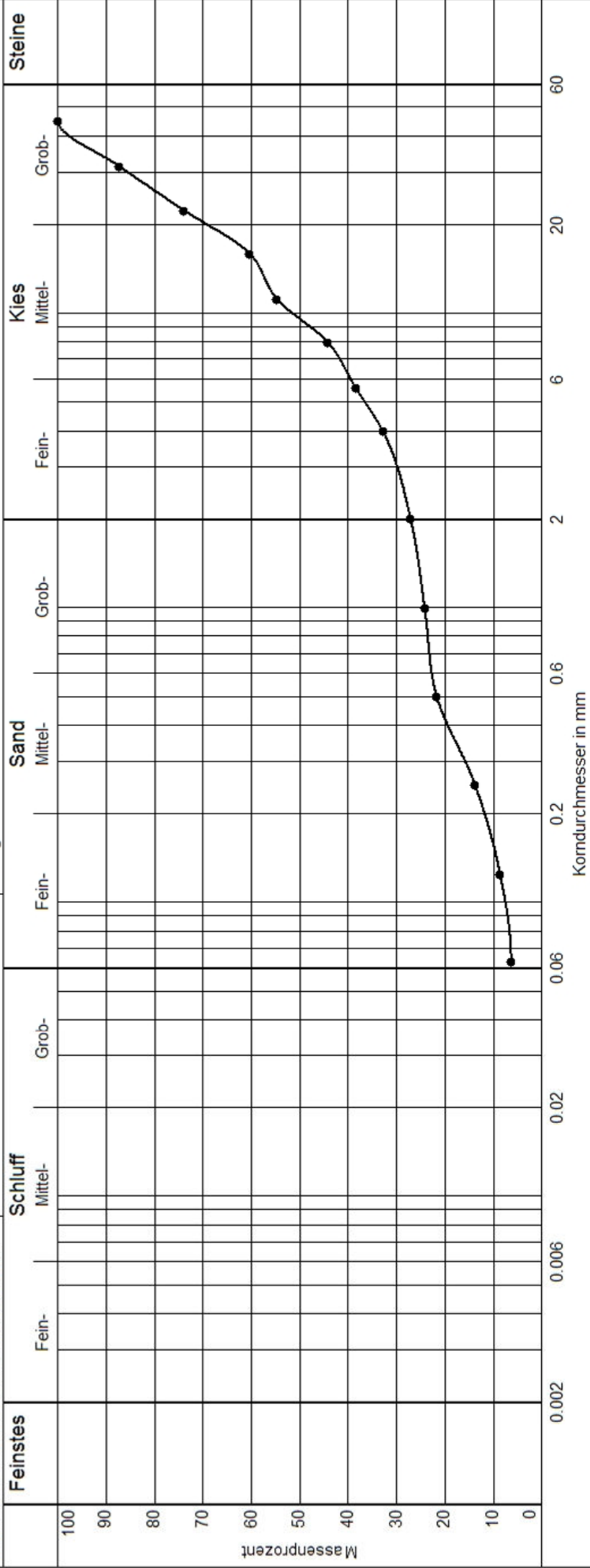
Entnahmestelle	BS 1
Entnahmetiefe	0,13 m bis 0,34 m
Anteil < 0.063 mm	11.2 %
Bodenart	G _s ,u
Bodengruppe	GU
Bodenklasse	3
Frostempfindlichkeitsklasse	F2
kf nach Beyer	-
kf nach Kaubisch	1.4E-005 m/s
kf nach Seiler	-

GRUNDBAULABOR AICHACH		Kornverteilung DIN EN 933-1	Bauvorhaben:	Wertstoffhof Aindling - Todtenweis
Bodenphysikalische Prüftechnik			Datei Nr.:	1110795
Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach			Datum:	04.11.2011
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175			Anlage:	4.2



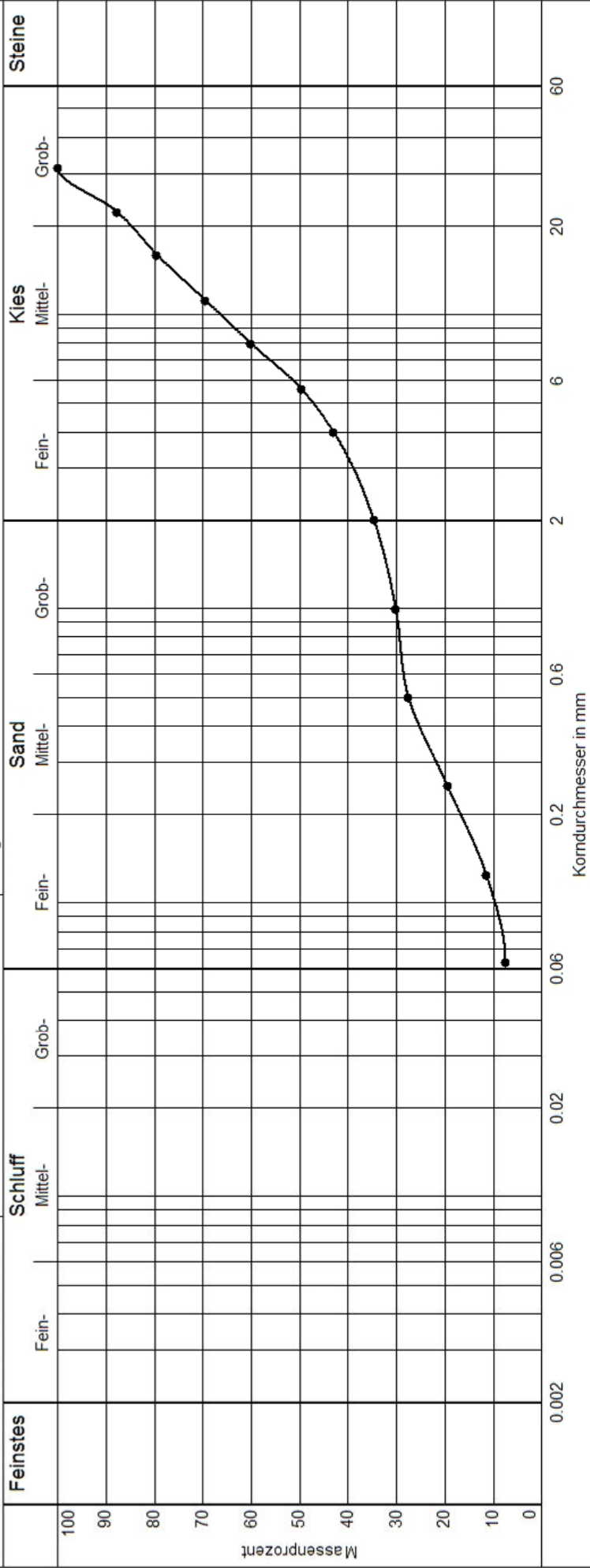
Entnahmestelle	BS 1
Entnahmetiefe	0,34 m bis 0,48 m
Anteil < 0.063 mm	6.6 %
Bodenart	G _s u'
Bodengruppe	GU
Bodenklasse	3
Frostempfindlichkeitsklasse	F2
kf nach Beyer	- (U > 30)
kf nach Kaubisch	- (0.063 ≤ 10%)
kf nach Seiler	-

GRUNDBAULABOR AICHACH		Kornverteilung DIN EN 933-1	Bauvorhaben:	Wertstoffhof Aindling - Todtenweis
Bodenphysikalische Prüftechnik			Datei Nr.:	1110795
Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach			Datum:	04.11.2011
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175			Anlage:	4.3



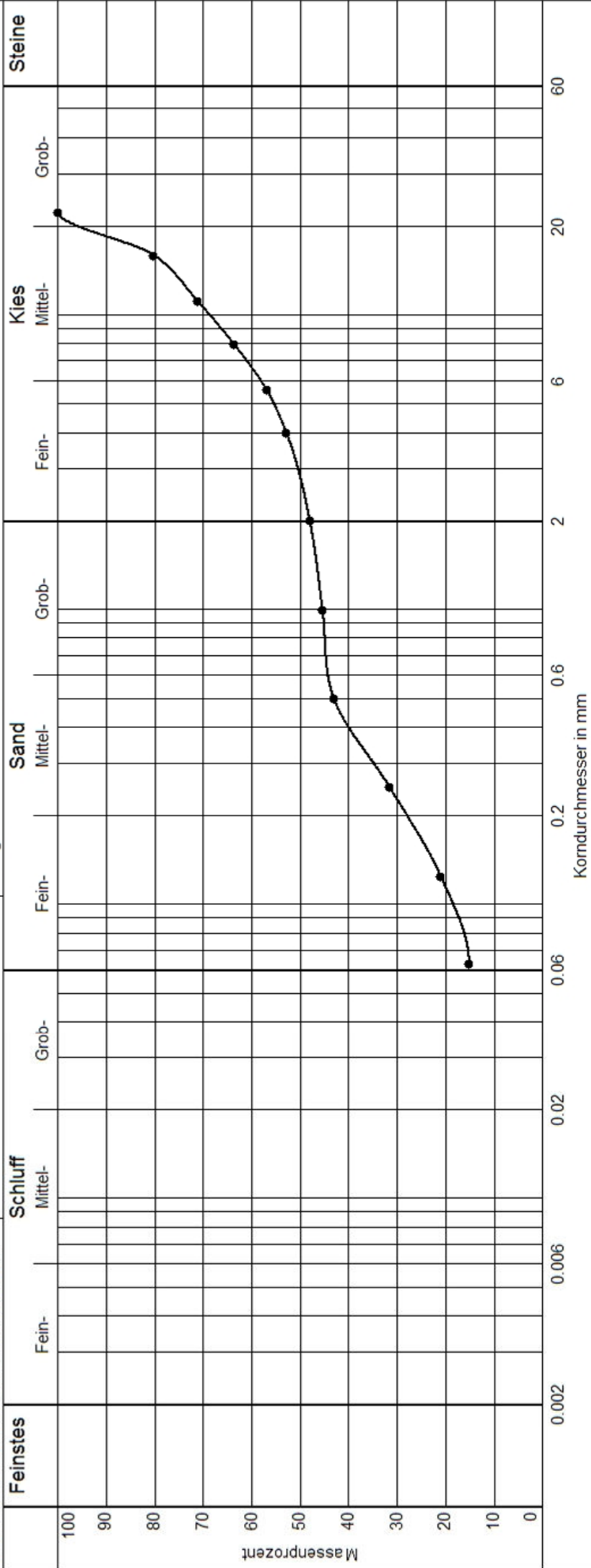
Entnahmestelle	BS 1
Entnahmetiefe	0,48 m bis 0,70 m
Anteil < 0.063 mm	6.2 %
Bodenart	G _s ,u'
Bodengruppe	GU
Bodenklasse	3
Frostempfindlichkeitsklasse	F2
kf nach Beyer	- (U > 30)
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)
kf nach Seiler	1.3E-002 m/s

Kornverteilung		Bauvorhaben:	Wertstoffhof Aindling - Todtenweis
GRUNDBAULABOR AICHACH Bodenphysikalische Prüftechnik Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175		Datei Nr.:	1110795
		Datum:	04.11.2011
		Anlage:	4.4



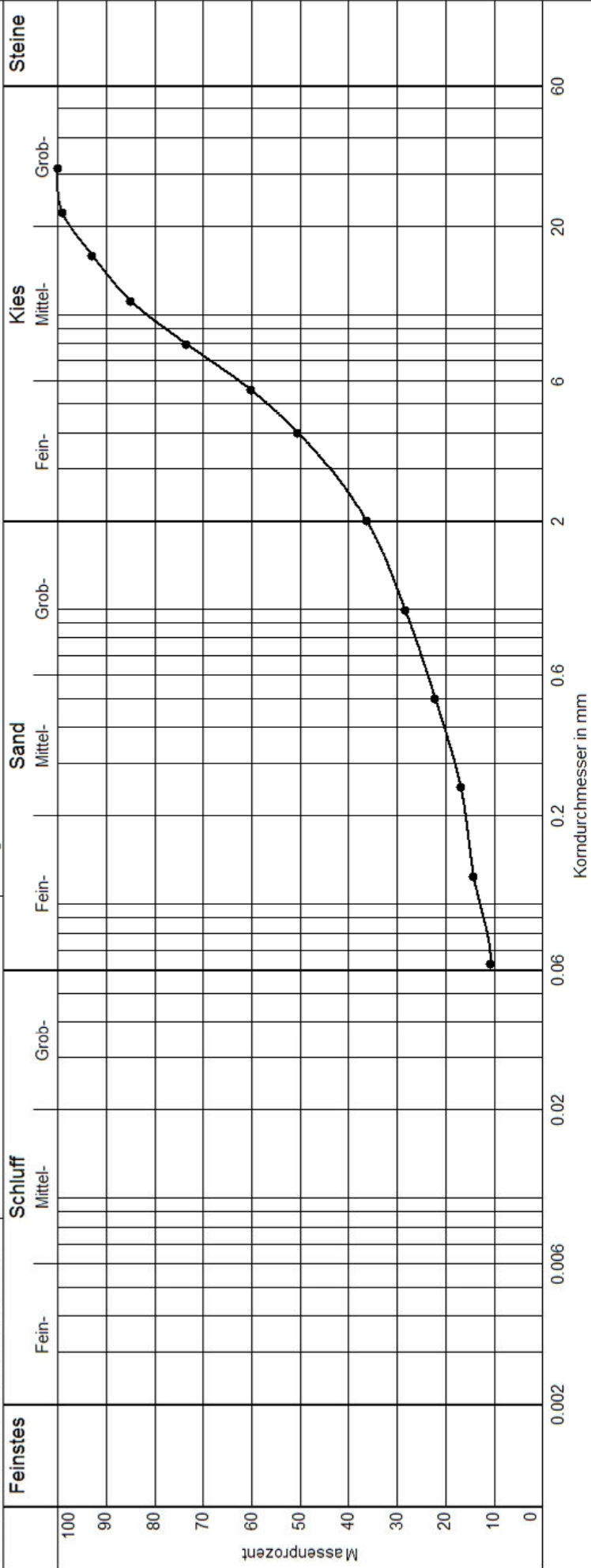
Entnahmestelle	BS 1
Entnahmetiefe	2,6 m bis 3,0 m
Anteil < 0.063 mm	7.4 %
Bodenart	G _s ,u'
Bodengruppe	GU
Bodenklasse	3
Frostempfindlichkeitsklasse	F2
kf nach Beyer	- (U > 30)
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)
kf nach Seiler	5.9E-004 m/s

GRUNDBAULABOR AICHACH		Kornverteilung DIN EN 933-1	Bauvorhaben:	Wertstoffhof Aindling - Todtenweis
Bodenphysikalische Prüftechnik			Datei Nr.:	1110795
Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach			Datum:	04.11.2011
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175			Anlage:	4.5

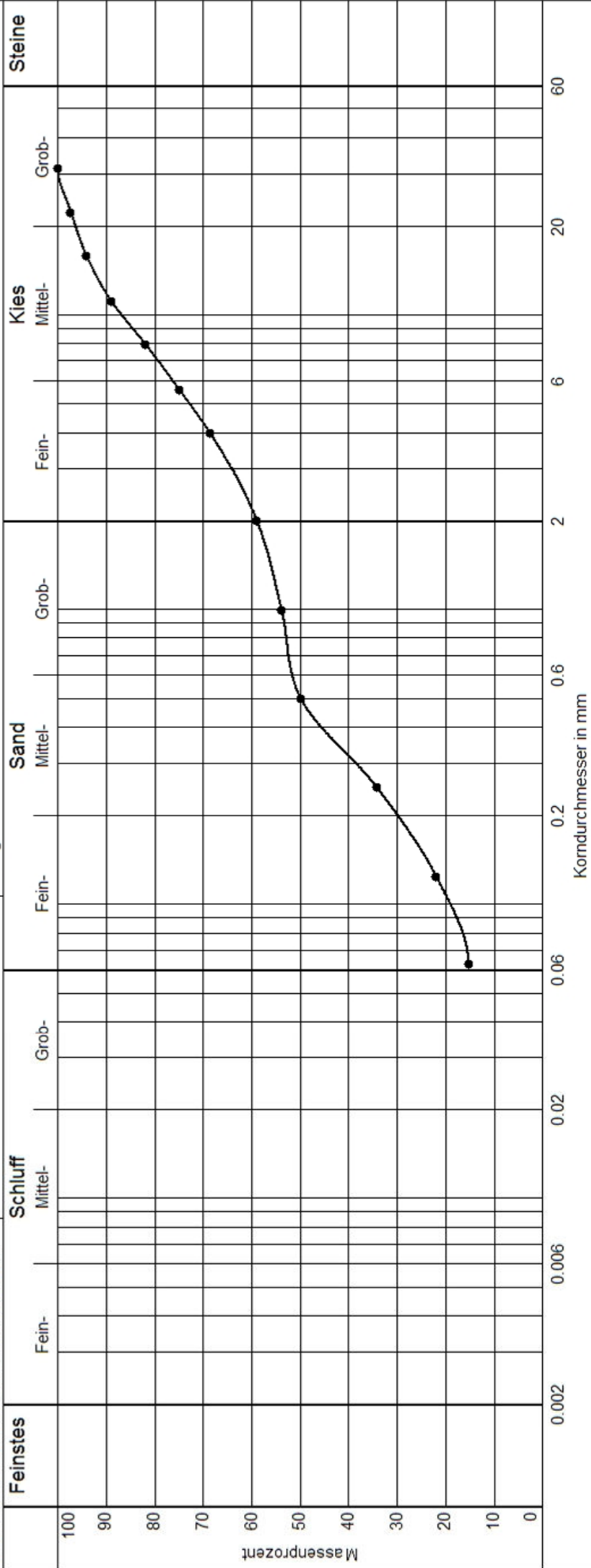


Entnahmestelle	BS 2
Entnahmetiefe	0,1 m bis 0,4 m
Anteil < 0.063 mm	15.1 %
Bodenart	G, s, ũ
Bodengruppe	GŪ
Bodenklasse	4
Frostempfindlichkeitsklasse	F3
kf nach Beyer	-
kf nach Kaubisch	5.1E-006 m/s
kf nach Seiler	-

GRUNDBAULABOR AICHACH		Kornverteilung DIN EN 933-1	Bauvorhaben:	Wertstoffhof Aindling - Todtenweis
Bodenphysikalische Prüftechnik			Datei Nr.:	1110795
Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach			Datum:	04.11.2011
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175			Anlage:	4.6

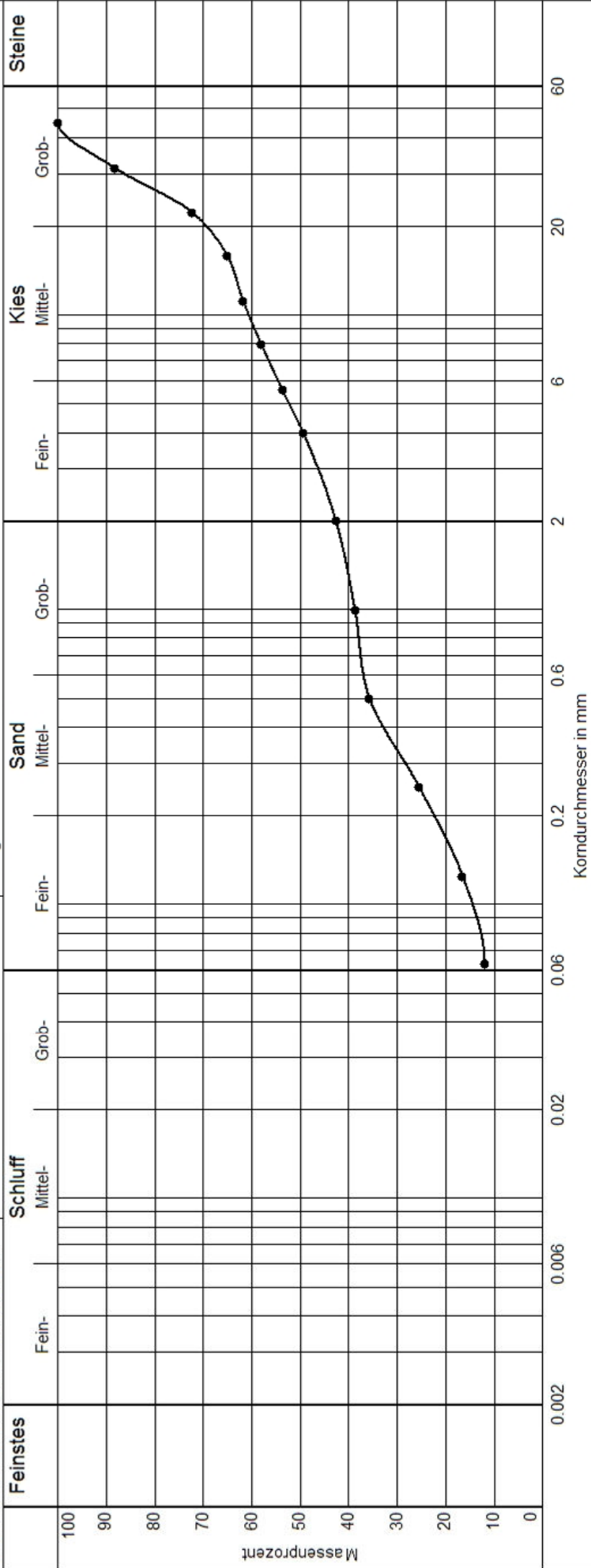


GRUNDBAULABOR AICHACH		Kornverteilung DIN EN 933-1	Bauvorhaben:	Wertstoffhof Aindling - Todtenweis
Bodenphysikalische Prüftechnik			Datei Nr.:	1110795
Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach			Datum:	04.11.2011
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175			Anlage:	4.7



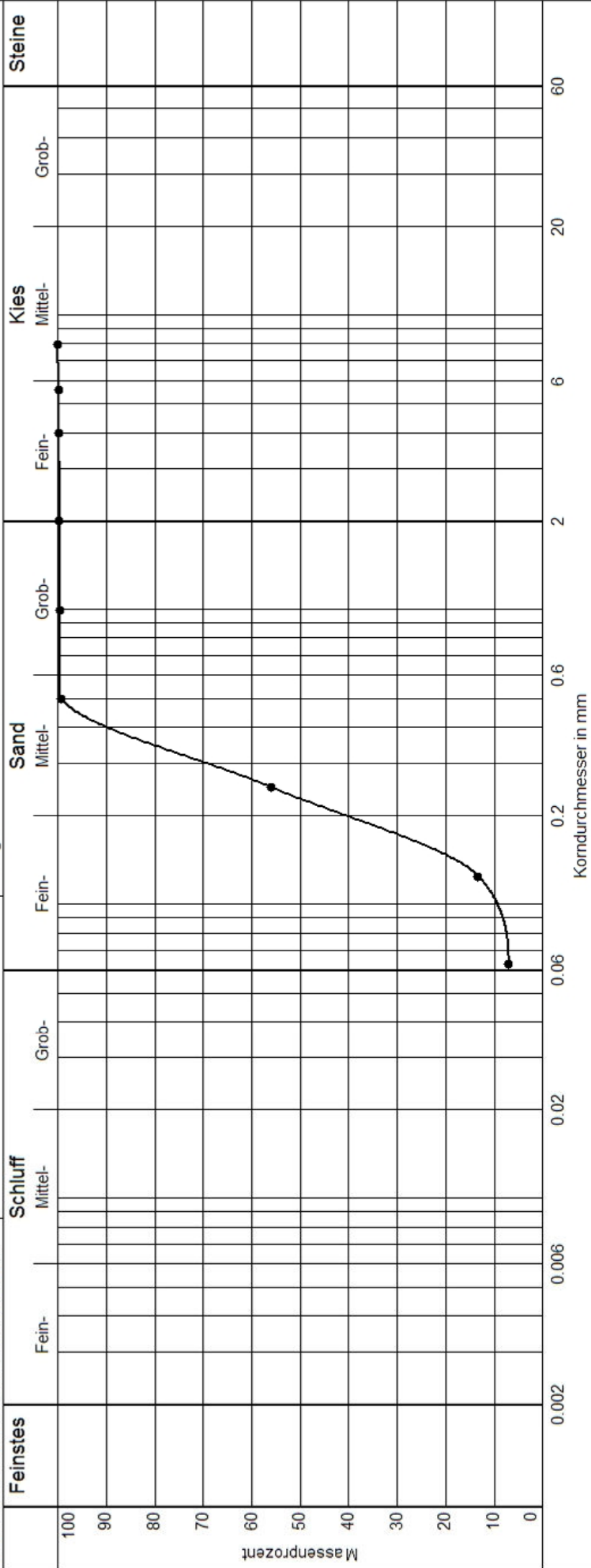
Entnahmestelle	BS 2
Entnahmetiefe	0,9 m bis 2,0 m
Anteil < 0.063 mm	15.3 %
Bodenart	S+G,ü
Bodengruppe	GU
Bodenklasse	4
Frostempfindlichkeitsklasse	F3
kf nach Beyer	-
kf nach Kaubisch	5.0E-006 m/s
kf nach Seiler	-

GRUNDBAULABOR AICHACH		Kornverteilung DIN EN 933-1	Bauvorhaben:	Wertstoffhof Aindling - Todtenweis
Bodenphysikalische Prüftechnik			Datei Nr.:	1110795
Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach			Datum:	04.11.2011
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175			Anlage:	4.8



Entnahmestelle	BS 2
Entnahmetiefe	2,0 m bis 2,5 m
Anteil < 0.063 mm	11.9 %
Bodenart	G, s, u
Bodengruppe	GU
Bodenklasse	3
Frostempfindlichkeitsklasse	F2
kf nach Beyer	-
kf nach Kaubisch	1.1E-005 m/s
kf nach Seiler	-

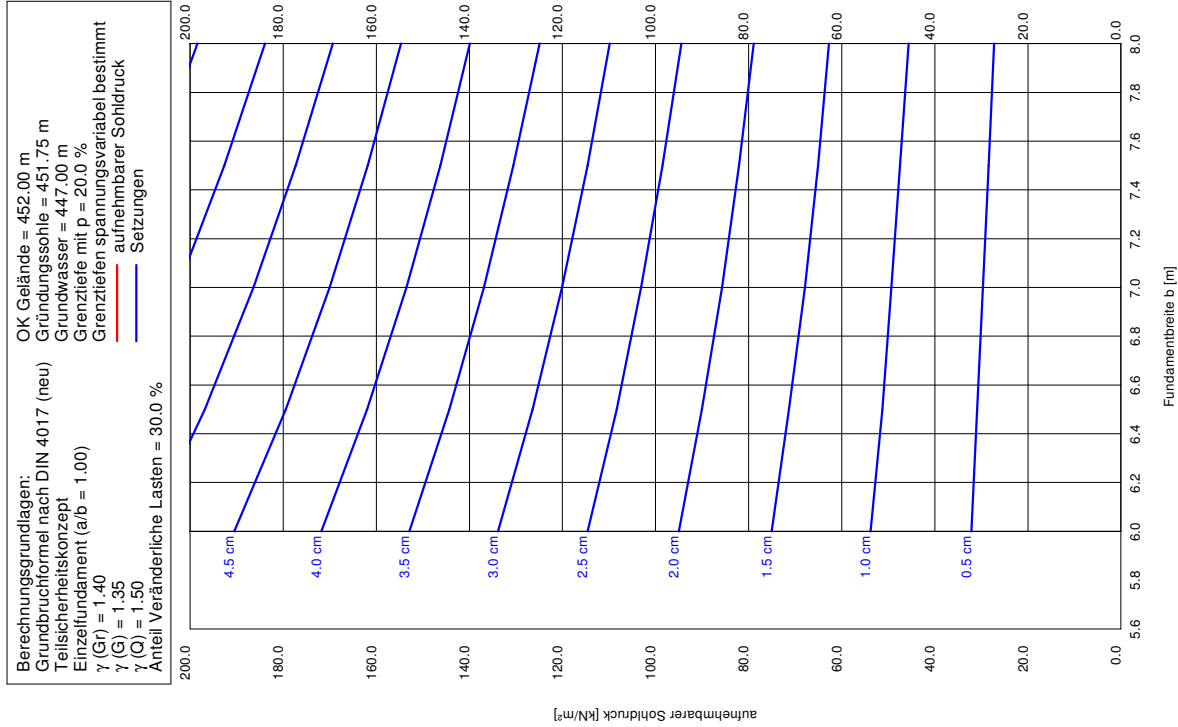
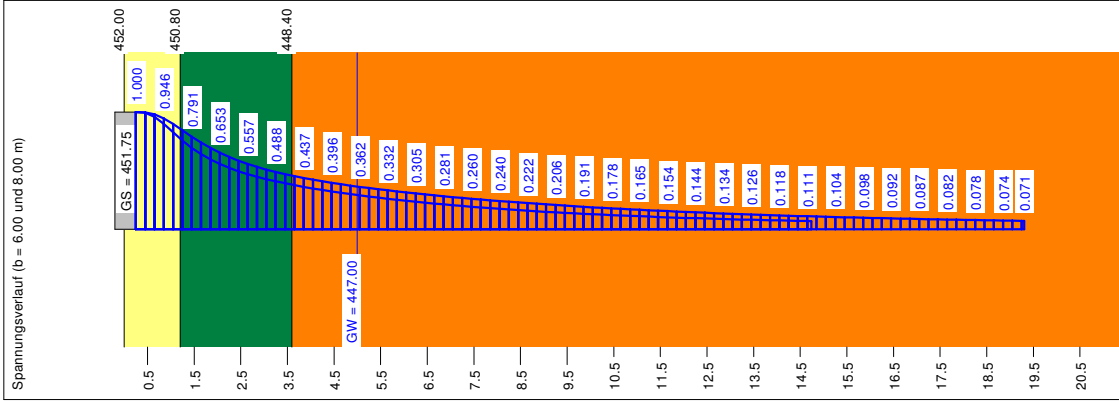
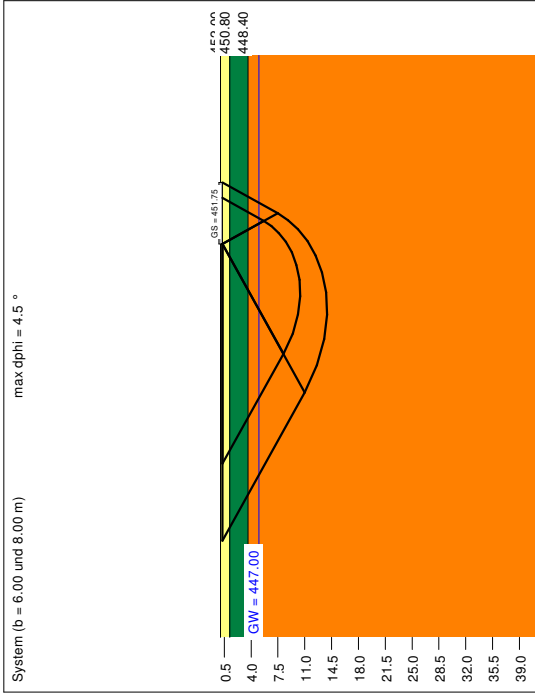
GRUNDBAULABOR AICHACH		Kornverteilung DIN EN 933-1	Bauvorhaben:	Wertstoffhof Aindling - Todtenweis
Bodenphysikalische Prüftechnik			Datei Nr.:	1110795
Freisinger Str. 43a, 86551 Aichach			Datum:	04.11.2011
Tel. 08251/2043170 / Fax 2043175			Anlage:	4.9



Entnahmestelle	BS 4
Entnahmetiefe	2,3 m bis 3,5 m
Anteil < 0.063 mm	6.9 %
Bodenart	S _u '
Bodengruppe	SU
Bodenklasse	3
Frostempfindlichkeitsklasse	F1
kf nach Beyer	1.4E-004 m/s
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)
kf nach Seiler	-

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	v [-]	Bezeichnung
	21.0	12.0	35.0	0.0	80.0	0.00	Tragschicht (frostsicher)
	18.0	9.0	27.5	3.0	8.0	0.00	Schluff
	18.0	10.0	32.5	0.0	20.0	0.00	Sande

Neubau Wertstoffhof Aindling - Todtenweis
Grundbruch- und Setzungsberechnung für Bodenplatten



a	b	zul σ [kN/m ²]	zul R [kN]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ²]	σ_0 [kN/m ²]	t_g [m]	k_s [MN/m ²]
6.00	6.00	553.2	19916.7	14.58	31.8	0.55	15.39	5.25	14.74	3.8
6.50	6.50	582.9	24628.2	16.56	31.9	0.51	15.04	5.25	15.89	3.5
7.00	7.00	612.2	29998.3	18.64	31.9	0.47	14.73	5.25	17.03	3.3
7.50	7.50	641.2	36067.5	20.81	32.0	0.44	14.45	5.25	18.17	3.1
8.00	8.00	669.7	42862.9	23.08	32.0	0.41	14.20	5.25	19.30	2.9

zul $\sigma = \sigma_{Nk} / (\gamma_G \cdot \gamma_{Gk}) = \sigma_{Nk} / (1.40 \cdot 1.40) = \sigma_{Nk} / 1.95$
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.30