

## Ingenieurgeologisches Gutachten

---

<b>Projekt-Nr.:</b>	160753
<b>Bauvorhaben:</b>	<b>Baugebiet „Unserherrn Nord“ (Mäuseäcker) Neubau von Einfamilien- und Reihenhäuser 85049 Ingolstadt</b>
<b>Auftraggeber:</b>	Ingolstädter Kommunalbetriebe AÖR Hindemithstr. 30 85057 Ingolstadt
<b>Umfang:</b>	17 Seiten, 2 Tabellen und 9 Anlagen
<b>Datum:</b>	12.11.2016
<b>Ausführung:</b>	GHB Consult GmbH Dipl.-Geol. N. Kampik Moosstraße 7 82319 Starnberg
<b>Bearbeiter:</b>	S. Dudek, Dipl.-Geol.
<b>Projektleitung:</b>	N. Kampik, Dipl.-Geol. BDG

## **Inhaltsverzeichnis**

1	Anlass	4
2	Untergrundverhältnisse	5
2.1	Geologie	5
2.2	Schichtenfolge und Lagerungsdichte des Bodens	5
2.3	Grund- und Schichtwasser	7
2.4	Bodenklassen und Homogenbereiche nach DIN 18300 alt und neu	7
2.5	Bodenkennwerte	9
3	Baugrund- und Gründungssituation für die Wohnhäuser	9
3.1	Nordosten (BS 3-5; DPH 2-3)	9
3.2	Südwesten (BS 1-2; DPH 1)	10
3.3	Baugrube	10
3.4	Gründung auf einer Bodenplatte	11
3.5	Weitere bautechnische Hinweise	12
4	Kanalbau	12
4.1	Grabenaushub	12
4.2	Wasserhaltung	13
4.3	Rohrauflager	13
4.4	Verfüllung des Kanalgrabens	13
5	Straßenbau	14
6	Versickerung von Niederschlagswasser	14
7	Zusammenfassung	16

## **Anlagen**

1.1	Übersichtslageplan (unmaßstäblich)
1.2	Lageplan mit Aufschlusspunkten, M 1:2000
2.1	Geotechnisches Baugrundprofil A-A', HM 1 : 50, LM unmaßstäblich
3.1-8	Bodenprofile der Bohrsondierungen BS 1-5 mit Rammpegel RP 1-3, M 1 : 50
4.1-3	Rammdiagramme der Rammsondierungen DPH 1-3, M 1 : 50
5.1-6	Siebanalysen DIN 18 123 und Konsistenzgrenzenbestimmung nach DIN 18 122
6.1-3	Sickertests im Bohrloch
7.1-2	Versickerungsberechnungen
8	Kampfmittelfreimessung
9.1-2	Fotodokumentation

### **Unterlagen**

- /U1/ Lageplan geplantes Baugebiet „Mäuseäcker“ – Auszug aus hydrogeologischer Datenbank –, M 1: 1.500, Ingolstädter Kommunalbetriebe vom 03.03.2015
- /U2/ Übersichtsplan geplantes Baugebiet „Mäuseäcker“ – Auszug aus hydrogeologischer Datenbank –, M 1: 15.000, Ingolstädter Kommunalbetriebe vom 03.03.2015
- /U3/ BG Unserherrn Nord: Kanalbestand + Sparten, M 1:1.000, Ingolstädter Kommunalbetriebe vom 12.05.2014
- /U4/ Unserherrn Nord Lage Süden, M 1:500, Ingolstädter Kommunalbetriebe vom 02.08.2016

## 1 Anlass

In Ingolstadt sollen im Bereich des Baugebietes „Unserherrn Nord“ bzw. „Mäuseäcker“ Wohnhäuser errichtet werden. Eine Übersicht der geplanten Neubauten findet sich bei /U3/. Die Lage des Bauvorhabens ist auf dem Übersichtslageplan der Anlage 1.1 markiert. Wir wurden mit der Erstellung eines ingenieurgeologischen Baugrundgutachtens beauftragt.

Die Geländeoberfläche des Baugrundstücks nimmt von Nordosten in Richtung Südwesten leicht ab. Insgesamt hat das Gelände eine Höhenlage von ca. 365,4 – 366,5 mNN.

Zu den einzelnen geplanten Neubauten liegen bisher keine genauen Planunterlagen mit Höhenverlauf vor. Wir nehmen für die Bearbeitung vorläufig folgende Höhen an:

### Nordosten (BS 3-5; DPH 2-3):

OK FFB EG	± 0,00 m	366,50 mNN
OK FFB Keller	- 3,00 m	363,50 mNN

### Südwesten (BS 1-2; DPH 1):

OK FFB EG	± 0,00 m	366,00 mNN
OK FFB Keller	- 3,00 m	363,00 mNN

### - Baugrunduntersuchung

Zur Baugrunduntersuchung wurden am 04.–06.10.2016 an den im Lageplan der Anlage 1.2 bezeichneten Stellen insgesamt

- 5 Kleinbohrungen mit Kern-Ø 60 - 80 mm (BS 1-5) zur Bestimmung der Schichtenfolge und zur Probenahme bis 6,0 m unter OK Gelände abgeteuft sowie
- 3 schwere Rammsondierungen (DPH 1-3) zur Feststellung der Lagerungsdichte des Bodens bis 6,5 – 6,8 m unter OK Gelände ausgeführt.

Die Aufschlusspunkte wurden vorab wegen möglicher nicht entdeckter Kampfmittel des 2. Weltkriegs geophysikalisch freigegeben (Anlage 7). Alle Bohransatzpunkte wurden nach Lage und Höhe mit Bezug auf mNN eingemessen; als Höhenbezugspunkt diente der Höhenfestpunkt-Nr. 2235 an der Kranichstr. 1 mit einer Kote von 366,299 mNN (Status 160).

Die Ansprache der aufgeschlossenen Bodenschichten erfolgte nach DIN 4022-1 (Anlage 3). Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen sind im geotechnischen Baugrundprofil A-A in Anlage 2 als Bodenprofile nach DIN 4023 mit Angabe der Bodenklassen nach DIN 18300 und der Bodengruppen nach DIN 18196 dargestellt.

Zur Klassifizierung des Bodens wurden Proben entnommen und in unserem bodenmechanischen Labor untersucht. Die Ergebnisse sind in der Anlage 5 des Gutachtens dokumentiert.

Zur Festlegung der Mindestanforderungen an Umfang und Qualität der geotechnischen Untersuchungen, Berechnungen und der Bauüberwachung wurde in Abhängigkeit von der Schwierigkeit der baulichen Anlage und des Baugrunds die geotechnische Kategorie GK 2 (mittlerer Schwierigkeitsgrad) gewählt.

## **2      Untergrundverhältnisse**

### **2.1     Geologie**

Das Untersuchungsgebiet gehört geologisch gesehen zum Donautal, das sich zwischen dem tertiären Hügelland im Süden und der Fränkischen Alb im Norden erstreckt.

Die Schichtenfolge in diesem Bereich ist geprägt durch fluviatile Sedimente der Donau, die hier als Terrassensedimente (Sande und Kiese) vorliegen. Das jeweilige Verbreitungsgebiet der Schichten wird durch die stark wechselnden Ablagerungsbedingungen des alternierenden Flusslaufs gekennzeichnet. Je nach Strömungsenergie kam es zu Sand- und Schluffablagerungen (stillwasserfazielle Aueablagerungen) oder Kiesablagerungen (höhere Strömungsenergie).

Die Basis der quartären Ablagerungen, die aber nicht erbohrt wurden, bilden die tertiären Schichten der Vorlandmolasse.

### **2.2     Schichtenfolge und Lagerungsdichte des Bodens**

Die festgestellte Schichtenfolge ist im geotechnischen Baugrundprofile A-A' auf der Anlage 2 dargestellt. Dort sind

- die Bodenprofile der Bohrungen mit Angabe der Bodenklassen nach DIN 18300 und der Bodengruppen nach DIN 18196 sowie
- das Rammdiagramm der schweren Rammsondierung mit der erforderlichen Anzahl an Rammschlägen je 10 cm Eindringtiefe dargestellt.

Die Schnittführung ist auf dem Lageplan der Anlage 1.2 eingetragen. Die Schichtgrenzen zwischen den Aufschlüssen sind vermutet. Folgendes Bodenprofil wurde aufgeschlossen:

### **Nordosten (BS 3-5; DPH 2-3):**

Im Nordosten wurde zuoberst ein schluffiger Oberboden (im geotechnischen Profil der Anlage 2: Oberboden = **braun**) erbohrt. Im Bereich BS 3 wurden zusätzlich Ziegelreste angetroffen, weshalb die Schicht hier als Auffüllung (**grau**) deklariert wurde. Die Ziegelreste stammen meist aus dem Wegebau.

Darunter wurde ein schwach schluffiger Fein- bis Mittelsand (**orange**) bis in eine Tiefe von 0,7 – 1,4 m erbohrt.

Zuunterst wurde durchweg ein sandiger, sehr schwach schluffiger Kies (**gelb**) angetroffen, welche bis zur Bohrendtiefe bei 6 m nicht durchteuft wurde. Siehe hierzu die Sieblinien der Anlage 5.2-5.

### **Südwesten (BS 1-2; DPH 1):**

Auch im Südwesten wurde zuoberst aufgefülltes Material angetroffen (**grau**). Es handelt sich um schluffigen Oberboden (BS 2), bzw. sandigen Kies (BS 1) mit Ziegelresten.

Darunter wurde im Bereich BS 2 bis 1,9 m Tiefe ein stark schluffiger Feinsand (**orange**) erbohrt. Unter dem Feinsand, bzw. bei der BS 1 unter der Auffüllung wurde ein feinsandiger, teils toniger Schluff (**grün**) mit organischen Beimengungen angetroffen. Der weichkonsistente Lehm kann mit dem Sand als typische Aueablagerungen angesprochen werden. Die Bodengruppe kann als OU (organischer Schluff – siehe Anlage 5.6) bezeichnet werden.

Zuunterst ab 3,4 bzw. 3,5 m Tiefe wurde auch hier ein sandiger, sehr schwach schluffiger Kies (**gelb**) erbohrt. Siehe hierzu die Sieblinie der Anlage 5.1.

### **- Lagerungsdichte**

Der Oberboden und die Aueablagerungen (Sand und Schluff) zeigen nur sehr geringe Schlagzahlwerte von  $N_{10} = 1-4$ . Der Schluff hat entsprechend nur eine weiche (lokal steife bis halbfeste) Konsistenz; der Sand kann als locker gelagert bezeichnet werden. In der Rammsondierung DPH 1 mit Schlagzahlen von  $N_{10} = 1-2$  bis 3,0 m Tiefe handelt es sich vermutlich nur um Oberboden und weichen Lehm.

Im Bereich des Kieses zeigen sich Schlagzahlwerte von  $N_{10} = 3-14$ , und somit eine meist lockere bis lokal mitteldichte Lagerung.

### **2.3 Grund- und Schichtwasser**

Das Grundwasser wurde in einer Tiefe von 2,1 – 3,0 m angetroffen. Dies entspricht einer Kote von 363,4 – 363,8 mNN. Gemäß Grundwasserinformation der Ingolstädter Kommunalbetriebe ist im Baugebiet ein mittlerer Grundwasserstand (MW) von 363,50 mNN zu erwarten, was ca. dem an den Bohrtagen angetroffenen Grundwasserspiegel entspricht. Als mittlerer höchster Grundwasserstand (MHGW) ist eine Höhe von 364,00 mNN angegeben.

Vergleicht man die umliegenden länger beobachteten Pegel (Baumannshof und Kothau) bezüglich Grundwasserschwankungen sollte ein Differenzbetrag von 1,4 m zum Mittelwasserstand addiert werden, um den Höchstgrundwasserstand zu berechnen.

Es sollte ein Höchstgrundwasserstand HHW von 364,9 mNN und ein Bemessungswasserstand von 365,1 mNN abgesetzt werden. Genauere Differenzierungen sind nur über drei Pegel möglich.

#### - Bautechnische Folgerung

Bei der angenommenen Höhenlage liegen alle Gründungssohlen im Grundwasser. Alle Keller mit Lichtschächten sind bis zum Bemessungswasserstand von 365,1 mNN druckwasserdicht in WU-Beton auszuführen.

### **2.4 Bodenklassen und Homogenbereiche nach DIN 18300 alt und neu**

Im Jahr 2015 wurde die Umstellung der DIN 18 300 beschlossen. Die neue DIN heißt jetzt DIN 18300:2015-08, bei der die Böden nach Homogenbereichen eingeteilt werden. Hierbei werden die „alten“ Charakteristika wie Lösen, Laden und Fördern mit den „neuen“ Charakteristika des Behandeln, Einbauens und Verdichtens vereint. In Tabelle 1 werden die Homogenbereiche dargestellt.

Bodenart	Bodenklassen nach DIN 18300 (alt)	Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18 300 : 2015-08 (neu)
<b>Oberboden, Schluff</b> , tonig, feinsandig, org. Beimengung, lokal Ziegelreste	Oberboden, Klasse 1	A
<b>Auffüllung, Kies</b> , sandig, schwach schluffig bis schluffig, org. Beimengung, Ziegelreste (BS 1)	Leicht lösbarer Boden, Klasse 3	B
<b>Fein- bis Mittelsand</b> , schwach bis stark schluffig	Leicht bis mittelschwer lösbarer Boden, Klasse 3 - 4	C
<b>Schluff</b> , stark feinsandig, tonig, org. Beimengung	Mittelschwer lösbarer Boden, Klasse 4	C
<b>Kies</b> , sandig, sehr schwach schluffig	Leicht lösbarer Boden, Klasse 3	D
<b>Dito</b> - mit höchstens 30 Gew.-% Steine von > 63 mm bis 0,01 m³ Rauminhalt (Kugel von ca. 0,3 Ø)	Mittelschwer lösbarer Boden, Klasse 4	D

Tab 1. Bodenklassen nach DIN 18300, Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08

**Homogenbereich A:** Oberboden/ Mutterboden der bei der Errichtung und Änderung baulicher Anlagen sowie bei wesentlichen anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben wird, ist in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen. Wenn Oberboden abgefahren wird, ist die „Entsorgung“ meist teuer.

**Homogenbereich B:** künstliche Bodenauffüllungen wie in Bohrung BS 1 sind erfahrungsgemäß sowohl vertikal als auch horizontal inhomogen zusammengesetzt und daher nur schwer qualifiziert wiederzuverwenden oder zu bewerten. Ferner können Schadstoffe eine Weiterverwendung verbieten (Altlast). Die Lösbarkeit ist entsprechend Bodenklasse 3 als leicht lösbarer Boden zu beurteilen. Wir empfehlen, die künstlich aufgefüllten Böden als Haufwerke aufzuhalten und nach einer entsprechenden Analytik einer geordneten Verwertung zuzuführen. Bei Überwiegendem Kiesanteil und einer wirtschaftlich durchführbaren Trennung unterschiedlicher Fraktionen, kann auch ein Wiedereinbau unterhalb der Frosteinwirkungszone angedacht werden.

**Homogenbereich C:** Bindige und sandige Böden (Aueablagerungen) sind für bautechnische Zwecke schlecht geeignet. Entsprechend der weichen Konsistenz der bindigen Böden und dem hohen Schluffanteil bei den Sanden sind Sie überwiegend als leicht bis mittelschwer lösbarer Boden (Bodenklasse 3-4) anzusehen. Die Weiterverwendung im qualifizierten Erdbau ist nur in Verbindung mit einer Bodenstabilisierung mittels Kalk und Zement möglich.

**Homogenbereich D:** quartäre Schotter liegen meist entsprechend ihrer Genese in gebänderter Lagerung vor, wobei sich die Kornzusammensetzung horizontal abwechselt. Die Lösbarkeit ist entsprechend Bodenklasse 3 als leicht lösbarer Boden zu beurteilen. Insgesamt sind die angetroffenen Kiessande aus geotechnischer Sicht zum Wiedereinbau geeignet. Dazu sollte der Aushub vor Witterung geschützt (abgedeckt mit einer Folie) bereitgehalten werden. Im

oberen Meter sollte ein Lieferkies (Bodengruppe GW, Körnung 0/56, frostsicher) verwendet werden.

## 2.5 Bodenkennwerte

Für die erbohrten Böden können die mittleren Bodenkennwerte der Tab. 2 abgeschätzt werden:

<b>Bodenkennwerte</b>	<b>Auffüllung, Kies, Schluff und Oberboden, locker, weich</b>	<b>Fein- bis Mittelsand, schwach bis stark schluffig, locker und Schluff, stark feinsandig, tonig, org. Beimengung, weich</b>	<b>Kies, sandig, sehr schwach schluffig, locker bis mitteldicht</b>
Wichte kN/m <sup>3</sup>	16	19	20
Wichte unter Auftrieb kN/m <sup>2</sup>	6	9,5	10
Reibungswinkel Grad	20	22,5	32,5
Kohäsion c' kN/m <sup>2</sup>	1-5	5	0
Steifezahl Es (Erstbel.) MN/m <sup>2</sup>	1-10	2-4	50
Bodengruppe	(GU,OU)	SE, SW, SU, SU_,OU, UL	GW
Frostempfindlichkeit	F2 – F3	F1-F3	F1
Homogenbereiche	B	C	D

Tab 2. Bodenkennwerte

## 3 Baugrund- und Gründungssituation für die Wohnhäuser

Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen kann die folgende Bestandssituation abgeleitet werden:

### 3.1 Nordosten (BS 3-5; DPH 2-3)

- Im betreffenden Gebiet steht tiefreichend Kies an. Bei den Bohrungen wurde der Kies ab 0,7 – 1,4 m Tiefe angetroffen.
- Der Kies stellt einen tragfähigen und wenig setzungsempfindlichen Bau- und Untergrund für die geplanten Bauwerke dar.
- Bei den vorliegenden Verhältnissen können die Keller auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte gegründet werden.

- Alle Keller und Lichtschächte sind bis zum Bemessungswasserstand von 365,1 mNN druckwasserdicht in WU-Beton auszuführen.

### **3.2 Südwesten (BS 1-2; DPH 1)**

- Im diesem Bereich steht in der Gründungsebene ein nicht tragfähiger weicher Schluff an.
- Wir empfehlen einen Bodenaustausch bis zum unterlagernden Kies.
- Die Gründung kann auf einem Kiespolster aus Kiessanden der Bodengruppe GW nach DIN 18196 erfolgen. Der Kies muss lagig optimal verdichtet werden
- Bei den vorliegenden Verhältnissen können die Keller auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte gegründet werden.
- Alle Keller und Lichtschächte sind bis zum Bemessungswasserstand von 365,1 mNN druckwasserdicht in WU-Beton auszuführen.

### **3.3 Baugrube**

Die Baugrube wird ca. 3,0 – 3,5 m tief. Bei einer Unterkellerung ist mit Grundwasser zu rechnen. Hier ist eine Grundwasserhaltung notwendig, um das Wasser – auch zum Verdichten des Planums – absenken zu können. Hier müsste man noch einen Pumpversuch im Pegel oder Schacht durchführen und die Einleitung des Wassers klären. Ferner müsste man in einer Zeit wie Herbst oder Winter, also bei Niedrig- bis Mittelwasserständen, bauen, in der das Wasser im derzeitigen Bereich oder niedriger ansteht. Es kann Wasserstände (meist im Mai-August) geben, bei denen der Bau eingestellt werden muss.

Bei einer überschlägigen Berechnung kommt man bei einem Einfamilienhaus bei einem Wasserdurchlässigkeitswert  $k_f$  von  $2 \times 10^{-3}$  m/s bis  $5 \times 10^{-3}$  m/s und einer Absenkung von 0,5 m zu einer abzupumpenden Wassermenge von 13-28 l/s. Bei einer Absenkung von 1,0 m erhöht sich die abzupumpende Wassermenge auf 18-38 l/s. Die Pumpleistung ist stark abhängig vom Wasserdurchlässigkeitswert. Eventuell könnten zwei große Sickergruben im Bereich des geplanten Bolzplatzes und nördlich davon errichtet werden. Aufgrund eines möglichen hydraulischen Kurzschlusses müssten die direkt benachbarten Grundstücke im Bereich Bolzplatz mehr im Norden versickern.

In den Sickergruben müsste der Lehm und Sand gegen Kies ausgetauscht werden.

- Alle Maßnahmen der Wasserhaltung sind planerisch durchzurechnen und müssen bei den zuständigen Behörden angezeigt werden. Es ist eine wasserrechtliche Genehmigung zu beantragen, in der die geohydraulischen Parameter (Anzahl der Brunnen, Tiefe, Durchmesser usw.) berechnet werden.

- Die Auftriebssicherheit ist bis zum Bemessungswasserstand durch funktionierende Pumpen zu gewährleisten. Ansonsten droht ein Aufschwimmen mit Schiefstellung.

### **3.4 Gründung auf einer Bodenplatte**

Aufgrund der beschriebenen Grundwassersituation empfehlen wir die Gründung auf einer Bodenplatte vorzunehmen und das Untergeschoss druckwasserdicht in WU-Beton herzustellen.

Nach DIN EN 1990:2010-12 und DIN 1054: 2010-12 sind bei der Planung von Gründungsmaßnahmen Bemessungssituationen (BS-P, BS-T, BS-A und BS-E) wichtig und sollten klassifiziert werden. Hier haben wir es mit vorübergehenden Situationen BS-T und BS-P (Transient und Persistent Situations) zu tun, die sich auf zeitlich begrenzte Zustände beziehen, wie Bauzustände bei der Herstellung des Bauwerks und Baugrubenkonstruktionen.

Nach dem Eurocode EC 7 (Tab. A 2.1, 2.2 und 2.3) wird je nach Bemessungssituation bei Teilsicherheitswerten für Einwirkungen und Beanspruchungen bei Nachweisen differenziert.

Gemäß DIN 1998-1/NA:2011-01 liegt das Projektgebiet innerhalb der Erdbebenzone 0.

#### - Bemessungsansatz

Für die mittleren flächigen Bemessungswerte des Sohldruckwiderstands können bei den mitteldicht bis locker gelagerten Kiesen nach einer flächigen Verdichtung (Anforderung:  $E_{v2} \geq 80 \text{ MN/m}^2$  oder  $E_{vD} \geq 40 \text{ MN/m}^2$ ) unter der Bodenplatte mit  $\sigma_{R,d} < 200 \text{ kN/m}^2$  und in den randlichen Spitzen mit  $\sigma_{R,d} < 240 \text{ kN/m}^2$  angesetzt werden. Sollten bindige Bereiche (Lehmlinsen) in der Baugrubensohle anstehen, so sind diese zu entnehmen und gegen Kiessand der Bodengruppe GW nach DIN 18196 auszutauschen.

Für die Bemessung der Bodenplatte nach dem Bettungsmodulverfahren kann die Bettungszahl mit  $k_s \approx 30 \text{ MN/m}^3$  angesetzt werden.

#### - Setzungsprognose

Mit den angegebenen Sohlspannungen mit Bodenverbesserung können die Setzungen unter der Bodenplatte, abhängig von der Bauwerkslast in der Größenordnung  $s \approx 1,0\text{-}1,5 \text{ cm}$  liegen.

- Abdichtung

Das gesamte Untergeschoß sollte bis auf Kote des Bemessungswasserstands aus WU-Beton nach dem System „Weiße Wanne“ hergestellt werden oder eine Abdichtung nach DIN 18195 Teil 6: Abdichtungen gegen von außen drückendes Wasser und aufstauendes Sickerwasser, Bemessung und Ausführung erfahren.

### **3.5 Weitere bautechnische Hinweise**

- Aufstellung des Baukrans

Der Kranstandplatz sollte lastabhängig teils mit Brunnenringen in den Kies geführt werden. Bei Brunnendurchmesser DN 1500 kann ein mittlerer flächige Sohldruckwiderstand von  $\sigma_{R,d} \leq 350$  kN/m<sup>2</sup> im locker bis mitteldicht gelagerten Kies abgetragen werden.

- Winterbaustelle

Mit dem Thema Frost im Baugrund sollte wie folgt umgegangen werden:

- Zum Schutz vor Frost sollte beim Aushub eine Schutzschicht von 70 cm auf der Gründungssohle belassen werden.
- Falls die Temperaturen nicht unter dem Gefrierpunkt liegen, müssen die Fundamentsohlen nach dem Verdichten mittels Sauberkeitsschicht versiegelt werden.
- Es darf nicht auf gefrorenen Untergrund betoniert werden.
- Sind Fundamente schon betoniert worden, muss seitlich als Schutz angeschüttet werden.

## **4 Kanalbau**

### **4.1 Grabenaushub**

Hier sollte aufgrund der geringen Lagerungsdichte im Kies nicht auf einen Verbau verzichtet werden, da es sonst zu Nachbruch kommt. In den Aueablagerungen (Sand und Schluff) wäre auch ein Graben ohne Verbau möglich, wenn im Sand 45° und im weichen Schluff 50° eingehalten werden.

Wir empfehlen, den Grabenverbau mit beweglichen Verbauelementen auszuschreiben.

Hinsichtlich der Weiterverwendbarkeit der Aushubböden gilt:

- Der feinsandige Boden und der Auelehm sollten für die Grabenverfüllung wegen der schlechten Verdichtbarkeit nicht verwendet werden.
- Der gewachsene Kies kann für die Grabenauffüllung unterhalb des Straßenoberbaus verwendet werden.

#### **4.2 Wasserhaltung**

Bis zu einer Grabensohle von ca. 2 m ist keine Grundwasserhaltung einzuplanen.

Dort wo die die Grabensohle tiefer liegt, sollte eine Einrichtung zur Wasserhaltung mit in die Ausschreibung aufgenommen werden. Man sollte mit kurzen Haltungen (max. 10 m) und einer mitgeführten Drainage sowie 2 Pumpenschächten arbeiten. Die Pumpleistung sollte auf 2 x 10 l/s ausgelegt werden. Die Drainage sollte nach Fertigstellung wieder verpresst werden.

#### **4.3 Rohraufleger**

Der gewachsene Kies stellt einen natürlich ausreichend tragfähigen Bau- und Untergrund dar. Es wird empfohlen, die Aushubsohle des Kanales mit einem Frosch nachzuverdichten. Auf das nachverdichtete Planum kann eine Sand-/Splittbettung von 20 cm auf Vlies aufgebracht werden.

Sollte weichkonsistenter Lehm anstehen, sollte zusätzlich ein ca. 30 cm starker Unterbau aus Material der Körnung 0/45 eingebaut werden. Auf das nachverdichtete Planum kann dann eine Sand-/Splittbettung von 20 cm auf Vlies aufgebracht werden.

#### **4.4 Verfüllung des Kanalgrabens**

Für die Verfüllung des Kanalgrabens kann der beim Aushub anfallende Kies verwendet werden. Der Kies sollte zwischenzeitlich witterungsgeschützt gelagert werden. Ansonsten ist für die Verfüllung der Gräben ein kornabgestufter Kiessand der Bodengruppe GW zu verwenden.

Im Niveau des Straßenoberbaus muss ein frostunempfindliches Material der Klasse F 1 gemäß ZTVE-StB 09 verwendet werden.

Der Einbau ist lagenweise unter optimaler Verdichtung vorzunehmen. Die Verdichtungsprüfung kann in gesamter Schichtdicke z.B. mit leichter Rammsondierungen erfolgen, wobei eine mitteldichte bis dichte Lagerung des Verfüllbodens nachzuweisen ist. Im Niveau der Frostschutzschicht und Tragschicht ist die Verdichtung mit Plattendruckversuchen nach Anforderung der ZTVE-StB 09 bzw. RStO 12 und den geltenden Straßenbaukriterien nachzuweisen.

## 5 Straßenbau

Straßen und sonstige befahrbare Flächen sollten nach Straßenbaurichtlinien ausgeführt werden. Als Grundlagen können die RStO 12 und die ZTVE-StB 09 herangezogen werden. Es liegen folgende Randbedingungen vor:

- Das Gebiet liegt im Bereich der **Frosteinwirkzone II** gem. RStO 12.
- Der im Niveau des Erdplanums meist anstehende Boden (Schluff oder stark schluffiger bis schluffiger Sand) ist ein frostempfindlicher Boden der Klasse **F2-F3** gemäß ZTV E-StB 09.
- Wir unterstellen dem bestehenden Straßenaufbau eine Verkehrsbeanspruchung, die der Belastungsklasse Bk0,3 bis Bk1,0 (**Wohnstraße**) zugeordnet werden kann.

Nach Empfehlung der RStO 12 beträgt in der Bk0,3 bis Bk1,0 der Ausgangswert des frostsicheren Straßenoberbaus 60 cm bei F3-Untergrund. Aufgrund der Lage der Baustelle in der Frosteinwirkungszone II ist eine Mehrdicke von 5 cm gemäß Tab. 7 RStO 12 zu berücksichtigen, so dass der frostsichere Straßenoberbau

- in der Bk 3,2 – 1,0 mit  **$d \geq 65 \text{ cm}$**  zu kalkulieren ist.

Für die Verdichtung des Planums und des frostsicheren Oberbaus werden in Anlehnung an die geltenden Straßenbaurichtlinien folgende Verdichtungskriterien empfohlen:

- auf dem Planum  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$
- auf OK Frostschutzschicht  $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$

### - Stabilisierung des Straßenplanum

Der auf dem Straßenplanum geforderte Verdichtungswert  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  wird auf dem teilweise weichkonsistenten Schluff und locker gelagerten schluffigen Sand vermutlich nicht überall erreicht, so dass ein zusätzlicher Unterbau von ca. 30 cm eingeplant werden sollte. Dazu kann auch Beton – Recycling verwendet werden (Nachweis der Schadstofffreiheit ist einzufordern). Ferner kann natürlich auch mittels Bodenstabilisierung die Gebrauchstauglichkeit für den qualifizierten Erdbau hergestellt werden.

## 6 Versickerung von Niederschlagswasser

Der Wasserdurchlässigkeitswert (kf-Wert) des Kieses liegt nach Berechnungen aus der Siebanalyse nach DIN 18 123 bei rund  $k_f = 1,67 \times 10^{-3} \text{ m/s}$  (Anlage 4). Somit kann mit dem Reduzierungsfaktor bei Siebungen von 0,2 ein Rechenwert von  $k_f = 3,3 \times 10^{-4} \text{ m/s}$  angesetzt werden.

Die Sickertests im Bohrloch mit Rammsetzpegel fielen etwas schlechter aus: Rechenwert von  $k_f = 3,4 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ . Siehe hierzu Anlage 3.6-8 und 6.1-3. Nimmt man hier einen Mittelwert, läge man bei einem Rechenwert von  $k_f = 1,8 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ . Grund für die schlechteren Ergebnisse der Sickertests könnte der lokal erhöhte Sandanteil in den Kiesen sein.

Die Gesamtläche der an eine Versickerungseinrichtung angeschlossenen Dachfläche ist durch einen TGA -Planer zu bestimmen. Für die überschlägige Berechnung möglicher Varianten wurde eine oberirdisch versiegelte Fläche von 150 m<sup>2</sup> angenommen (Anlage 7).

Bei den Dachflächen sollten als Vorreinigungsanlage Siebe oder Körbe zum Grobstoffrückhalt eingebaut werden. Ferner sollte eine Absetzeinrichtung für die mitgeführten absetzbaren Stoffe vorgeschaltet werden. Bei der baulichen Ausführung ist auf einen gleichmäßigen – auf die gesamte Länge verteilten – Wassereintritt zu achten.

Aufgrund der in den letzten Jahren zunehmenden Zahl an Starkniederschlägen und extremen Wetterereignissen empfehlen wir die Kapazität der Versickerungsanlagen um 20 % zu erhöhen. Als Versickerungsmöglichkeiten kommen beispielsweise Mulden- oder Rohrrigolenversickerung in Frage.

Bei der Muldenversickerung müsste man mit einer Muldengröße von 10 m<sup>2</sup> rechnen. Die Mulde sollte mit einem Muldensubstrat ( $k_f$  ca.  $5,5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ ) ausgekleidet werden. Siehe hierzu Anlage 7.1.

Bei der Rohrrigolenversickerung wird das Niederschlagswasser über einen perforierten Rohrstrang in einen kiesgefüllten Graben geleitet und dort zwischengespeichert und zeitlich verzögert versickert. Der Graben sollte mit einem filterstabilen Vlies mit einem Flächengewicht von 150 g/m<sup>2</sup> überlappend (0,5 m) ausgelegt werden, damit Feinanteile den Kiesgraben nicht verschlammen. Man käme hier mit wesentlich weniger Fläche aus, aber das Wasser wird nicht durch die belebte Bodenzone gereinigt. Wollte man das anfallende Wasser einer 150 m<sup>2</sup> großen Fläche mittels Rohrrigole versickern, wäre die Rohrrigole ca. 4,25 m lang, 1,5 m breit und 1,5 m tief. Der Einlauf wurde bei 0,8 m Tiefe angesetzt. Siehe Anlage 7.2. Diese Art der Versickerung ist aufgrund des nicht ausreichenden Abstands vom mittleren höchsten Grundwasserstand (MHGW = 364,0 mNN) bis UK Versickerungseinrichtung nur in Absprache mit dem zuständigen WWA möglich.

Eine Anbindung an den Kies ist bei beiden Varianten notwendig. Bei der Muldenversickerung kann dies auch nur an einigen Punkten durchgeführt werden.

Für Planung, Bau und Betrieb der Versickerungsanlagen sind die Merkblätter DWA-A 138 und M-153 heranzuziehen.

## **7 Zusammenfassung**

In Ingolstadt sollen im Bereich des Baugebietes „Unserherrn Nord“ bzw. „Mäuseäcker“ Wohnhäuser errichtet werden. Die Geländeoberfläche des Baugrundstücks nimmt von Nordosten in Richtung Südwesten leicht ab. Insgesamt hat das Gelände eine Höhenlage von ca. 365,4 – 366,5 mNN.

### - *Untergrundverhältnisse*

Im Nordosten wurde zuoberst größtenteils ein schluffiger Oberboden erbohrt. Darunter wurde ein schwach schluffiger Fein- bis Mittelsand erbohrt. Zuunterst wurde durchweg ein sandiger, sehr schwach schluffiger Kies angetroffen. Die Lagerungsdichte kann mit locker bis mitteldicht angegeben werden.

Im Südwesten wurde zuoberst aufgefülltes Material angetroffen. Darunter wurde im Bereich BS 2 bis 1,9 m Tiefe ein stark schluffiger Feinsand erbohrt. Unter dem Feinsand, bzw. bei der BS 1 unter der Auffüllung wurde ein feinsandiger, teils toniger, weichkonsistenter Schluff angetroffen. Zuunterst wurde auch hier der sandige, sehr schwach schluffige Kies erbohrt.

### - *Grundwasser*

Das Grundwasser wurde in einer Tiefe von 2,1 – 3,0 m angetroffen. Dies entspricht einer Kote von 363,4 – 363,8 mNN. Gemäß Grundwasserinformation der Ingolstädter Kommunalbetriebe ist im Baugebiet ein mittlerer Grundwasserstand (MW) von 363,50 mNN zu erwarten, was ca. dem an den Bohrtagen angetroffenen Grundwasserspiegel entspricht. Als mittlerer höchster Grundwasserstand (MHGW) ist eine Höhe von 364,00 mNN angegeben.

Der Höchstgrundwasserstand HHW sollte mit 364,9 mNN und der Bemessungswasserstand mit 365,1 mNN angenommen werden.

### - *Gründungsempfehlungen*

Aufgrund der Grundwassersituation, empfehlen wir hier als Gründungselement eine elastisch gebettete Bodenplatte in Betracht zu ziehen. Der Keller muss druckwasserdicht bis zum Bemessungswasserstand von 365,1 mNN in WU-Beton ausgeführt werden.

### - *Versickerung*

Der Wasserdurchlässigkeitswert (kf-Wert) des Kieses liegt nach Berechnungen aus der Siebanalyse als Rechenwert bei  $k_f = 3,3 \times 10^{-4}$  m/s. Die Sickertests im Bohrloch mit Rammsetzpegel fielen etwas schlechter aus: Rechenwert von  $k_f = 3,4 \times 10^{-5}$  m/s. Nimmt man hier einen Mittelwert, läge man bei einem Rechenwert von  $k_f = 1,8 \times 10^{-4}$  m/s.

Als Versickerungsmöglichkeiten kommen beispielsweise Mulden- oder Rohrigolenversickerung in Frage. Eine Anbindung an den Kies ist bei beiden Varianten notwendig. Bei der Muldenversickerung kann dies auch nur an einigen Punkten durchgeführt werden.

Für Planung, Bau und Betrieb der Versickerungsanlagen sind die Merkblätter DWA-A 138 und M-153 heranzuziehen.

Für weitere Fragen stehen wir gern zur Verfügung.

Starnberg, den 12.11.2016

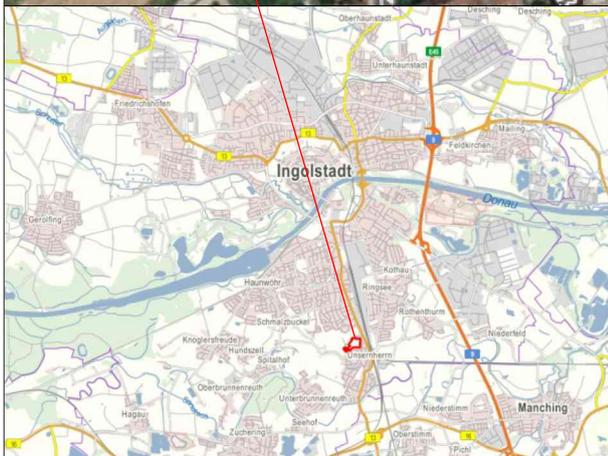


N. Kampik, Dipl.-Geol. BDG

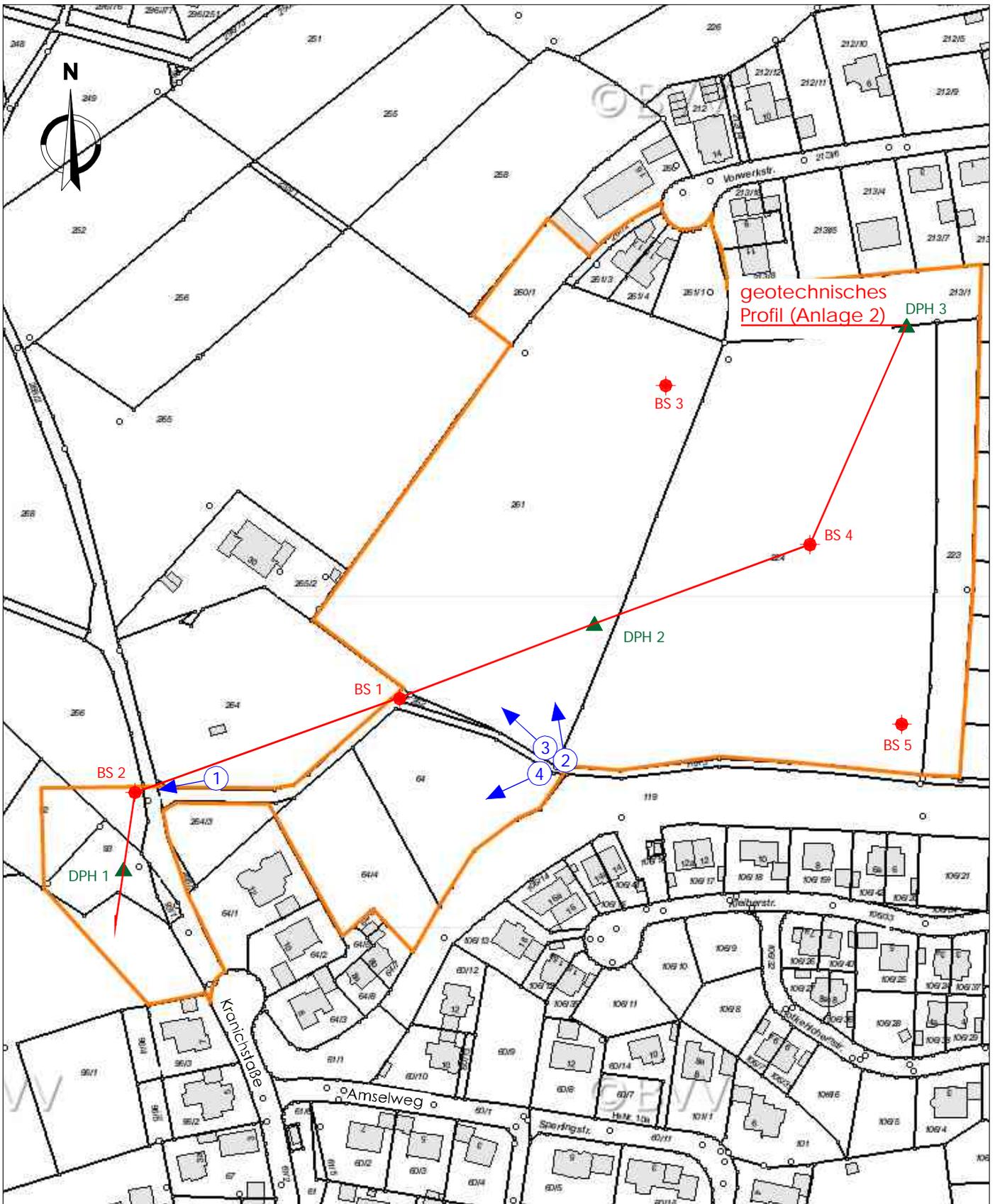
**GHB Consult GmbH**



**Bauvorhaben**



Auftraggeber:		Ingolstädter Kommunalbetriebe AÖR Hindemithstr. 30 85057 Ingolstadt			
Projekt:		<b>BV Baugebiet Mäuseäcker</b> <b>85049 Ingolstadt</b>			
Planbezeichnung:		Übersichtslageplan			
Projektnummer:	160753	Maßstab:	unmaßstäblich		
GHB Consult GmbH N. Kampik, Dipl.-Geol. Moosstraße 7 82319 Starnberg Tel.: 08151 / 656 88 0 Fax: 08151 / 656 88 99					
				Bearbeiter:	N. Kampik
				Zeichner:	J. Selmayr
		Datum:	17.10.2016		
		Anlage:	1.1		



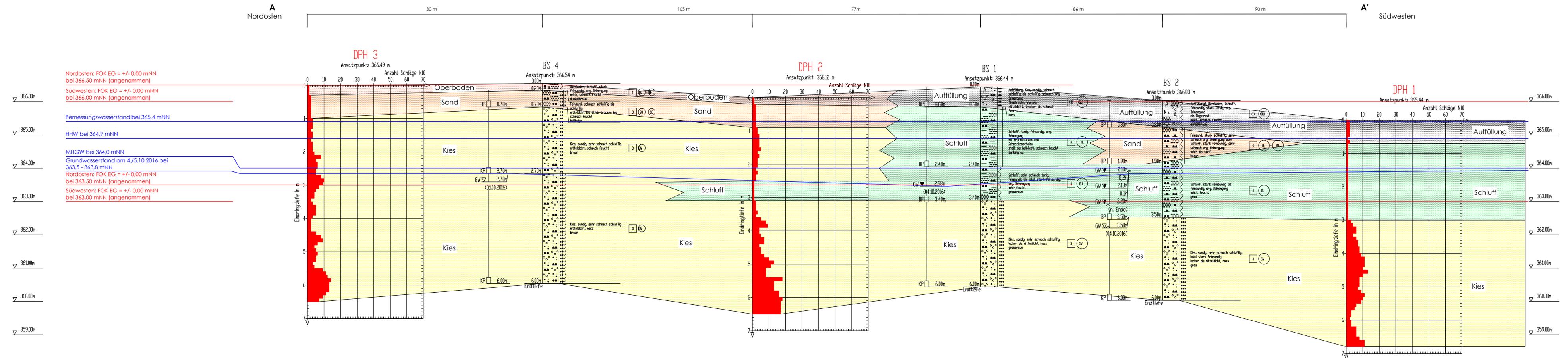
**Legende:**

- BS 1-5 Sondierbohrungen
- ▲ DPH 1-3 Rammsondierungen
- ① → Foto-Nr. mit Blickrichtung
- Linienverlauf des geotechnischen Profils

1 : 2.000



Auftraggeber:		Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR Hindemithstr. 30 85057 Ingolstadt			
Projekt:		BV Baugebiet Mäuseäcker 85049 Ingolstadt			
Planbezeichnung:		Lageplan mit Untersuchungspunkten			
Projektnummer:	160753	Maßstab:	1:2.000		
GHB Consult GmbH N. Kampik, Dipl.-Geol. Moosstraße 7 82319 Starnberg Tel.: 08151 / 656 88 0 Fax: 08151 / 656 88 99		<b>GEO HYDRO BAU CONSULT</b>			
				Bearbeiter:	N. Kampik
				Zeichner:	J. Selmayr
		Datum:	17.10.2016		
		Anlage:	1.2		



Nordosten: FOK EG = +/- 0,00 mNN  
bei 366,50 mNN (angenommen)

Südwesten: FOK EG = +/- 0,00 mNN  
bei 366,00 mNN (angenommen)

Bemessungswasserstand bei 365,4 mNN

HHW bei 364,9 mNN

MHW bei 364,0 mNN

Grundwasserstand am 4./5.10.2016 bei  
363,5 - 363,8 mNN

Nordosten: FOK EG = +/- 0,00 mNN  
bei 363,50 mNN (angenommen)

Südwesten: FOK EG = +/- 0,00 mNN  
bei 363,00 mNN (angenommen)

Die Schichtgrenzen zwischen den  
Aufschlüssen sind interpoliert

**Zeichenerklärung nach DIN 4023**

Untersuchungsstellen:  
 □ Sch Baggerstich  
 ● B Bohrung  
 ◆ BS Sondierbohrung  
 ▲ DPL Rammsondierung  
 ▲ DPH Rammsondierung  
 ● GWM Grundwassermessstelle

Bodengruppen / -klassen, z.B.:  
 GW Bodengruppen nach DIN 18 196  
 3 Boden- und Felsklassen nach DIN 18 300

Probenahme und Grundwasser:  
 □ Bodenprobe (GP=Glaspr., BP= Becherpr., KP = Kübelpr.)  
 ◆ Sonderprobe  
 ▽ Grundwasser angebohrt  
 ▽ Grundwasser nach Bohrende  
 ▽ Ruhewasserspiegel

Bodenbeschaffenheit:  
 ~ nass  
 ~ breilig  
 ~ weich  
 ~ steif  
 ~ halbfest  
 ~ fest  
 ~ klüftig

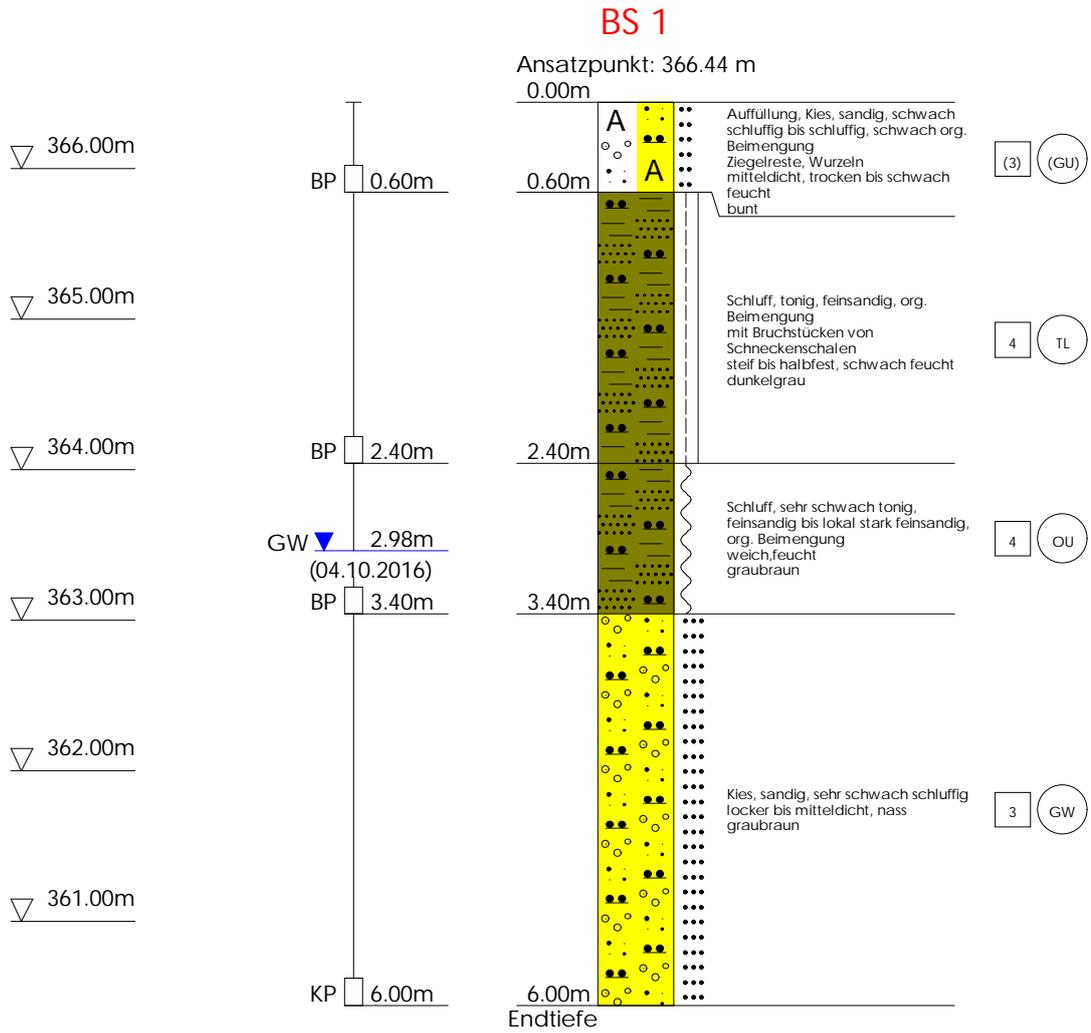
**Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2**

	DPL	DPM	DPH
Spitzendurchmesser	3,5 cm	3,5 cm	4,4 cm
Spitzenquerschnitt	10,0 cm <sup>2</sup>	10,0 cm <sup>2</sup>	15,0 cm <sup>2</sup>
Gestängedurchmesser	2,2 cm	3,2 cm	3,2 cm
Rammabgewicht	10,0 kg	30,0 kg	50,0 kg
Fallhöhe	50,0 cm	50,0 cm	50,0 cm

Index	Änderung	Bearbeiter	Geprüft	Datum
Auftraggeber:		Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR Hindemithstr. 30 85057 Ingolstadt		
Projekt:		<b>BV Baugebiet Mäuseäcker 85049 Ingolstadt</b>		
Planbezeichnung:		Geotechnisches Baugrundprofil A-A'		
Projektnummer:	160753	Maßstab:	Höhe: 1:50 Länge: unmaßstäblich	
GHB Consult GmbH Dipl.-Geol. N. Kampik Moosstraße 7 82319 Starnberg Tel.: 08151 / 656 88-0 Fax: 08151 / 656 88-99	<b>GEO HYDRO BAU CONSULT</b>	Bearbeiter:	N. Kampik	
		Zeichner:	J. Selmayr	
		Datum:	17.10.2016	
		Anlage:	2	

GHB Consult GmbH	Projekt : Ingolstädter Kommunalbetriebe, BV Unsernherrn, Ingolstadt
N. Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr. : 160753
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage : 3.1
Tel: 08151/ 656 88 - 0, Fax: - 99	Maßstab : 1: 50

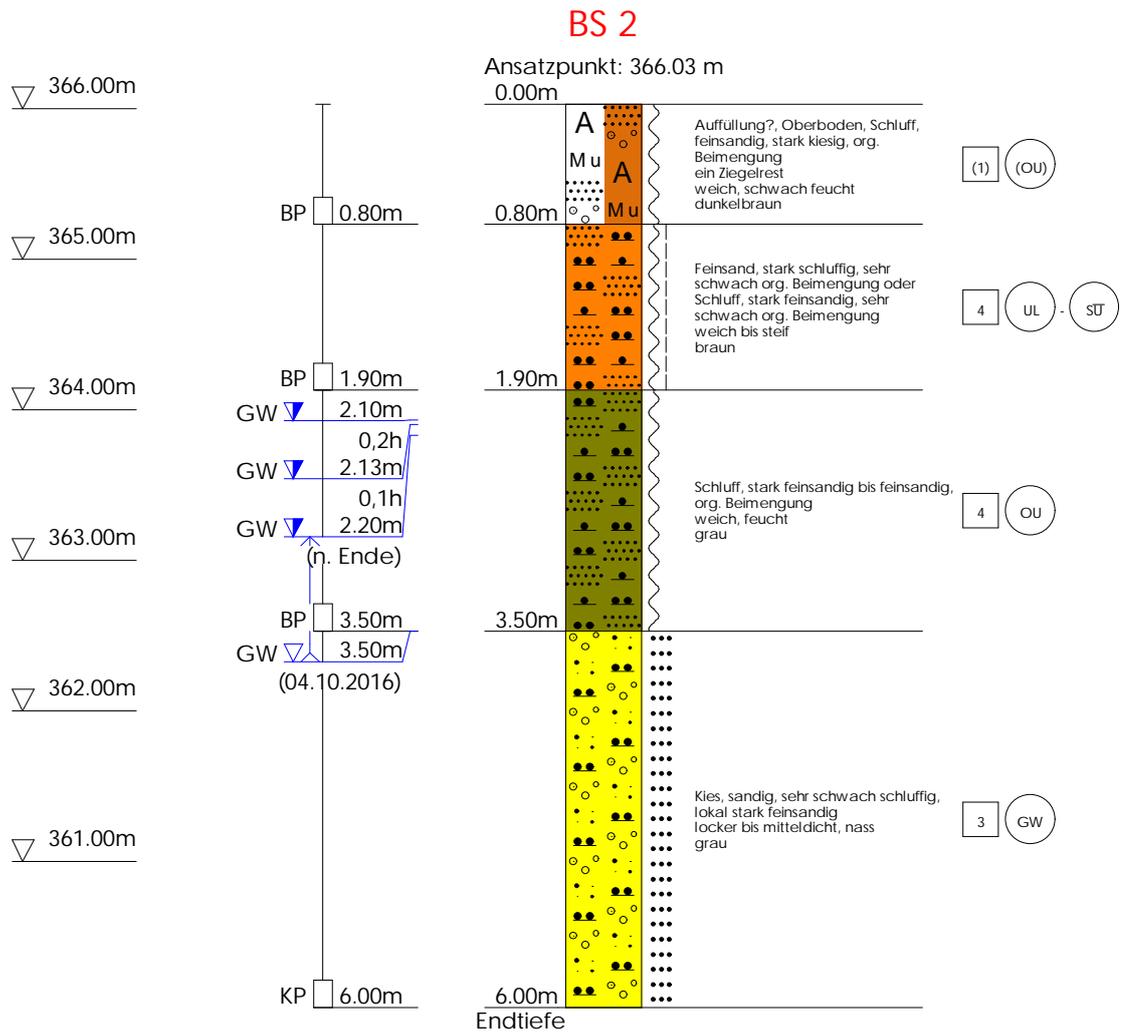
Bohrprofil DIN 4023  
DIN 4023



Bemerkungen:

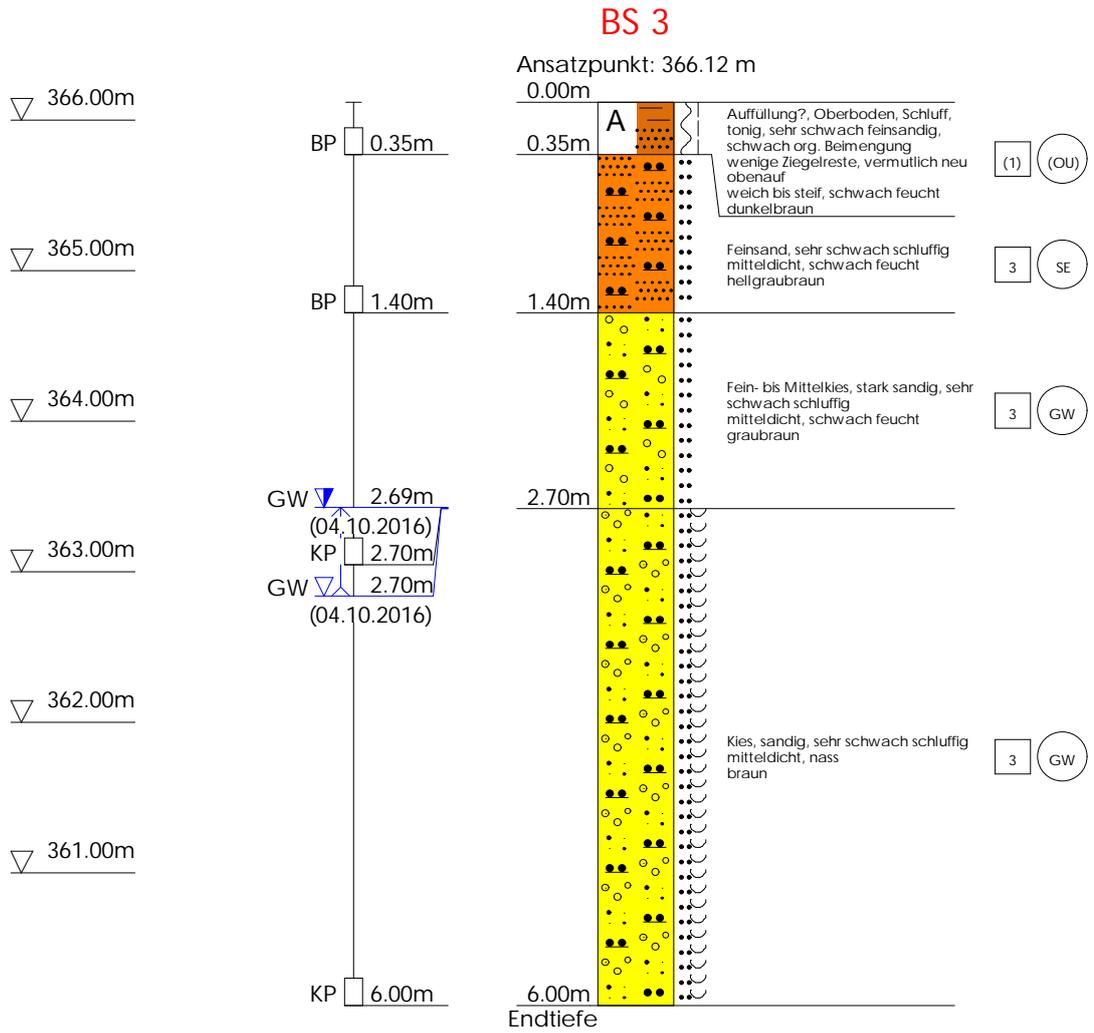
GHB Consult GmbH	Projekt : Ingolstädter Kommunalbetriebe, BV Unsernherrn, Ingolstadt
N. Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr. : 160753
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage : 3.2
Tel: 08151/ 656 88 - 0, Fax: - 99	Maßstab : 1: 50

Bohrprofil DIN 4023  
DIN 4023



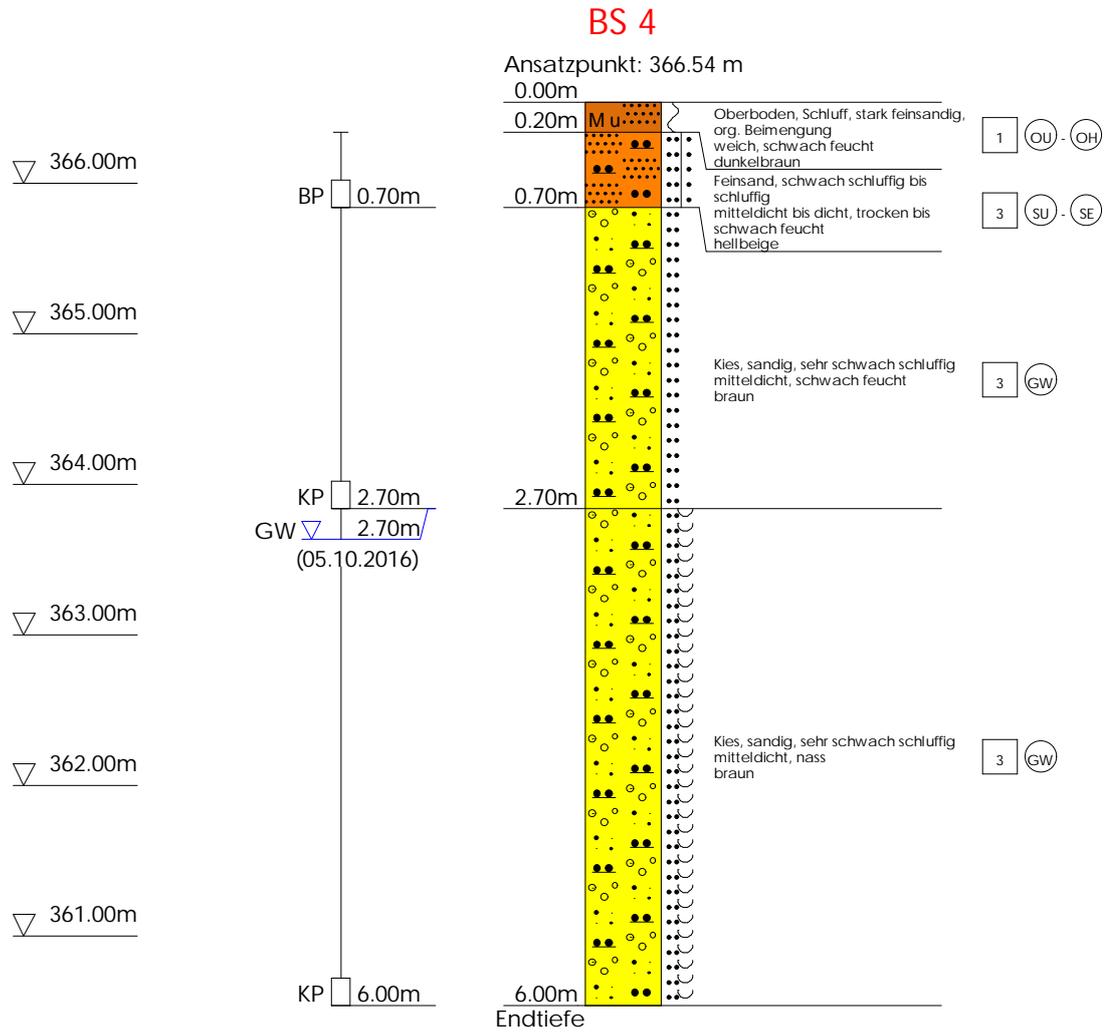
Bemerkungen:

GHB Consult GmbH	Projekt : Ingolstädter Kommunalbetriebe, BV Unsernherrn, Ingolstadt
N. Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr. : 160753
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage : 3.3
Tel: 08151/ 656 88 - 0, Fax: - 99	Maßstab : 1: 50
Bohrprofil DIN 4023 DIN 4023	



Bemerkungen:

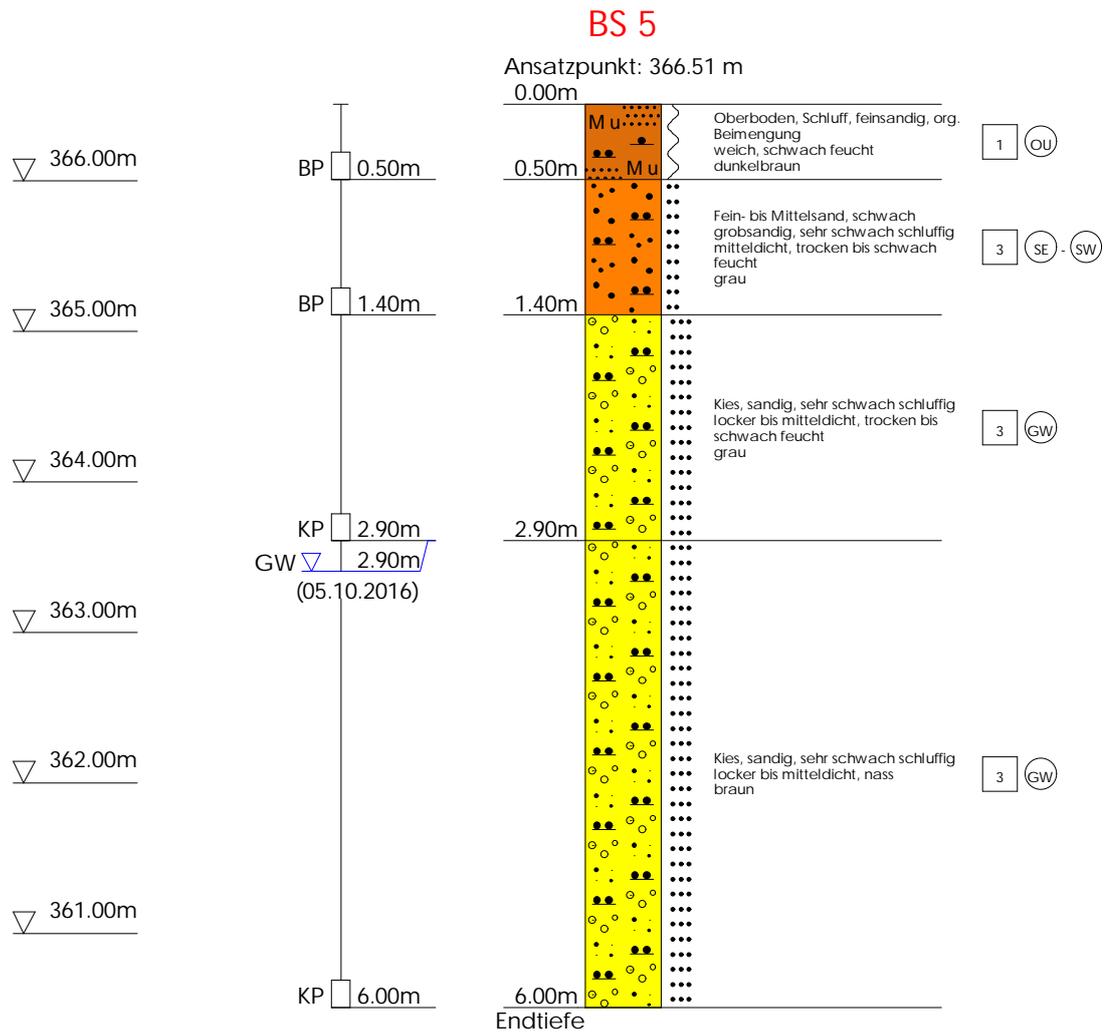
GHB Consult GmbH	Projekt : Ingolstädter Kommunalbetriebe, BV Unsernherrn, Ingolstadt
N. Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr. : 160753
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage : 3.4
Tel: 08151/ 656 88 - 0, Fax: - 99	Maßstab : 1: 50
Bohrprofil DIN 4023 DIN 4023	



Bemerkungen:

GHB Consult GmbH	Projekt : Ingolstädter Kommunalbetriebe, BV Unsernherrn, Ingolstadt
N. Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr. : 160753
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage : 3.5
Tel: 08151/ 656 88 - 0, Fax: - 99	Maßstab : 1: 50

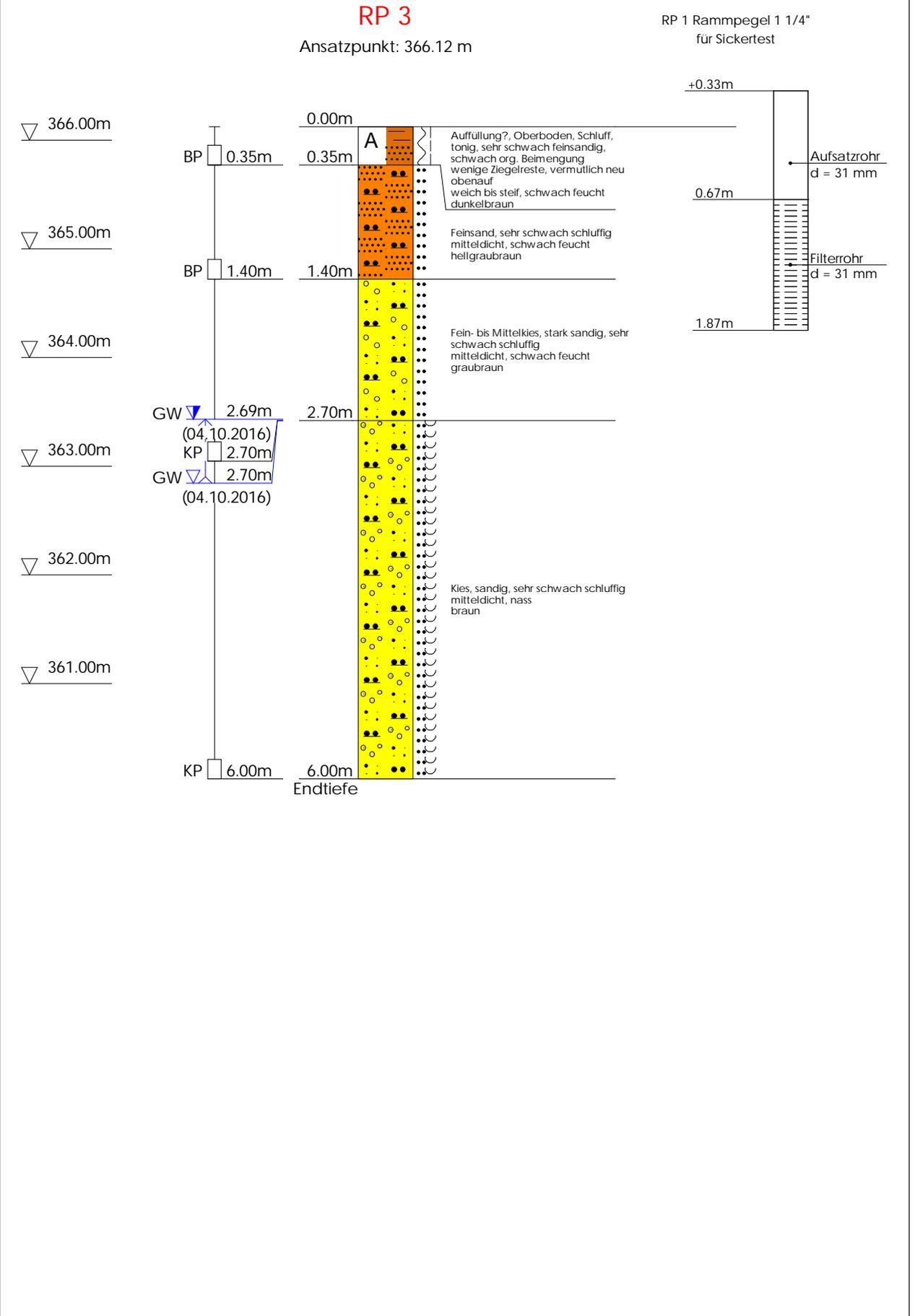
Bohrprofil DIN 4023  
DIN 4023



Bemerkungen:

GHB Consult GmbH	Projekt : Ingolstädter Kommunalbetriebe, BV Unsernherrn, Ingolstadt
N. Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr. : 160753
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage : 3.6
Tel: 08151/ 656 88 - 0, Fax: - 99	Maßstab : 1: 50 / 1: 5

Bohrprofil DIN 4023  
DIN 4023

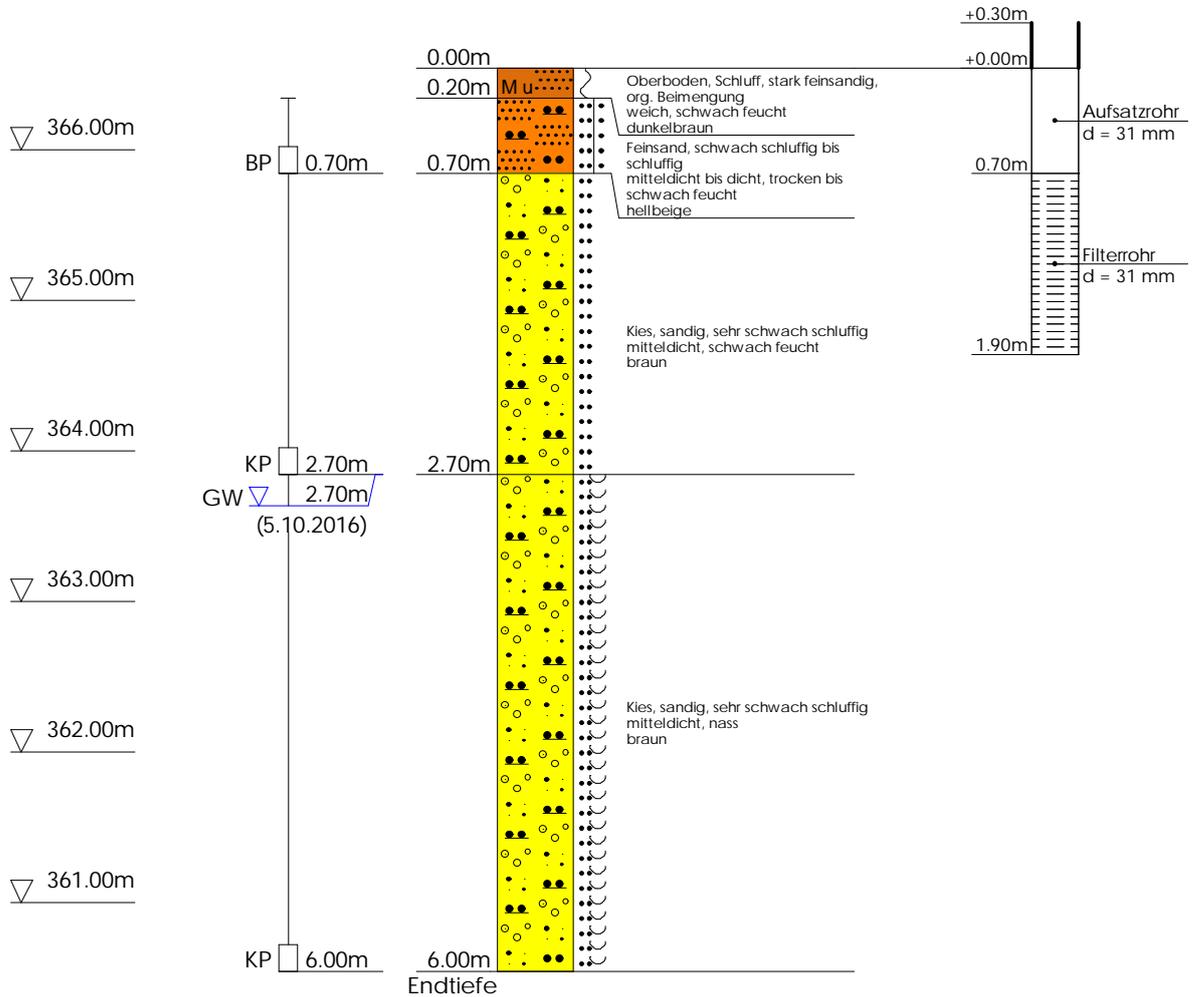


Bemerkungen:

**RP 4**

Ansatzpunkt: 366.54 m

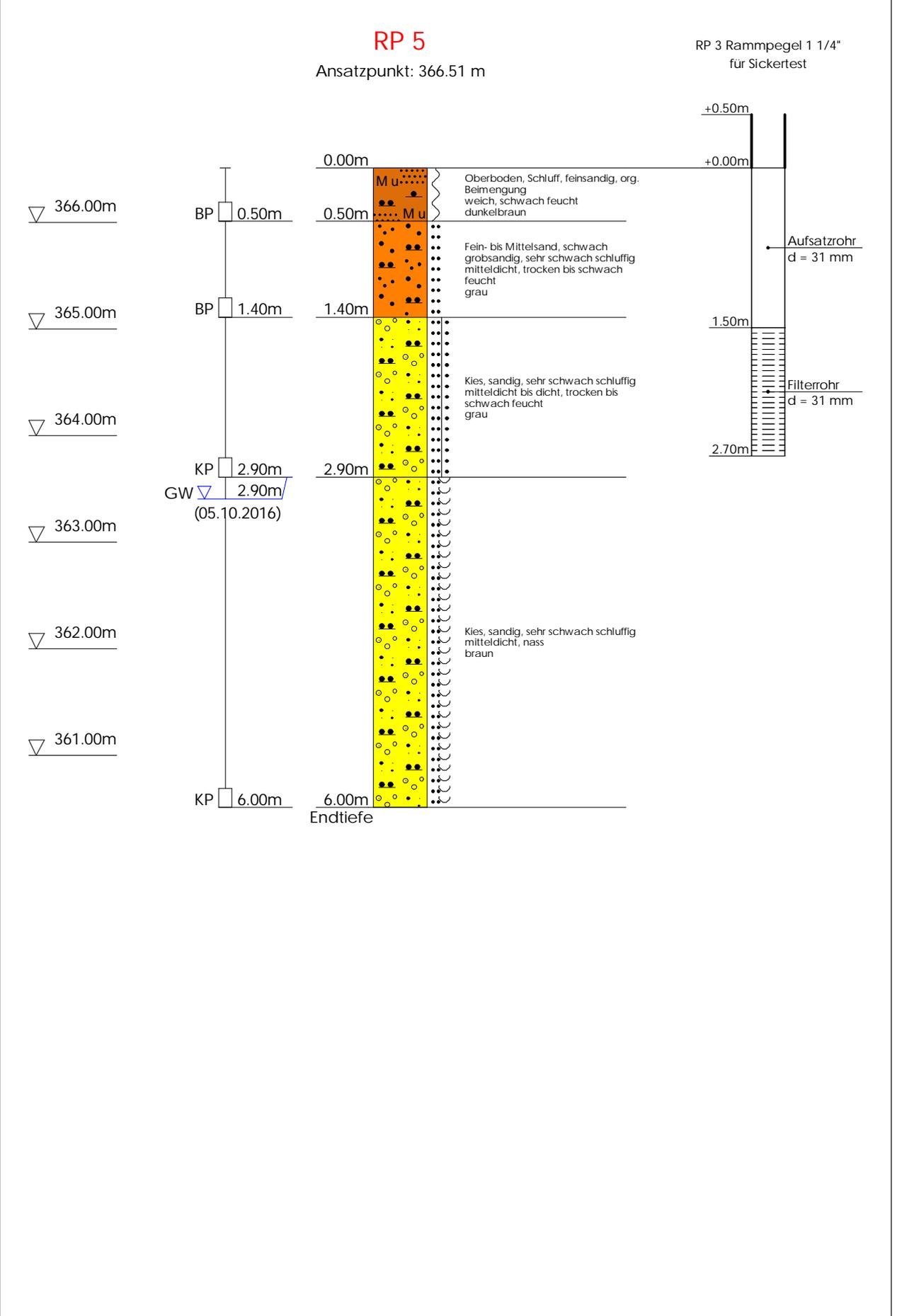
RP 2 Rammpegel 1 1/4"  
für Sickertest



Bemerkungen:

GHB Consult GmbH	Projekt : Ingolstädter Kommunalbetriebe, BV Unsernherrn, Ingolstadt
N. Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr. : 160753
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage : 3.8
Tel: 08151/ 656 88 - 0, Fax: - 99	Maßstab : 1: 50 / 1: 5

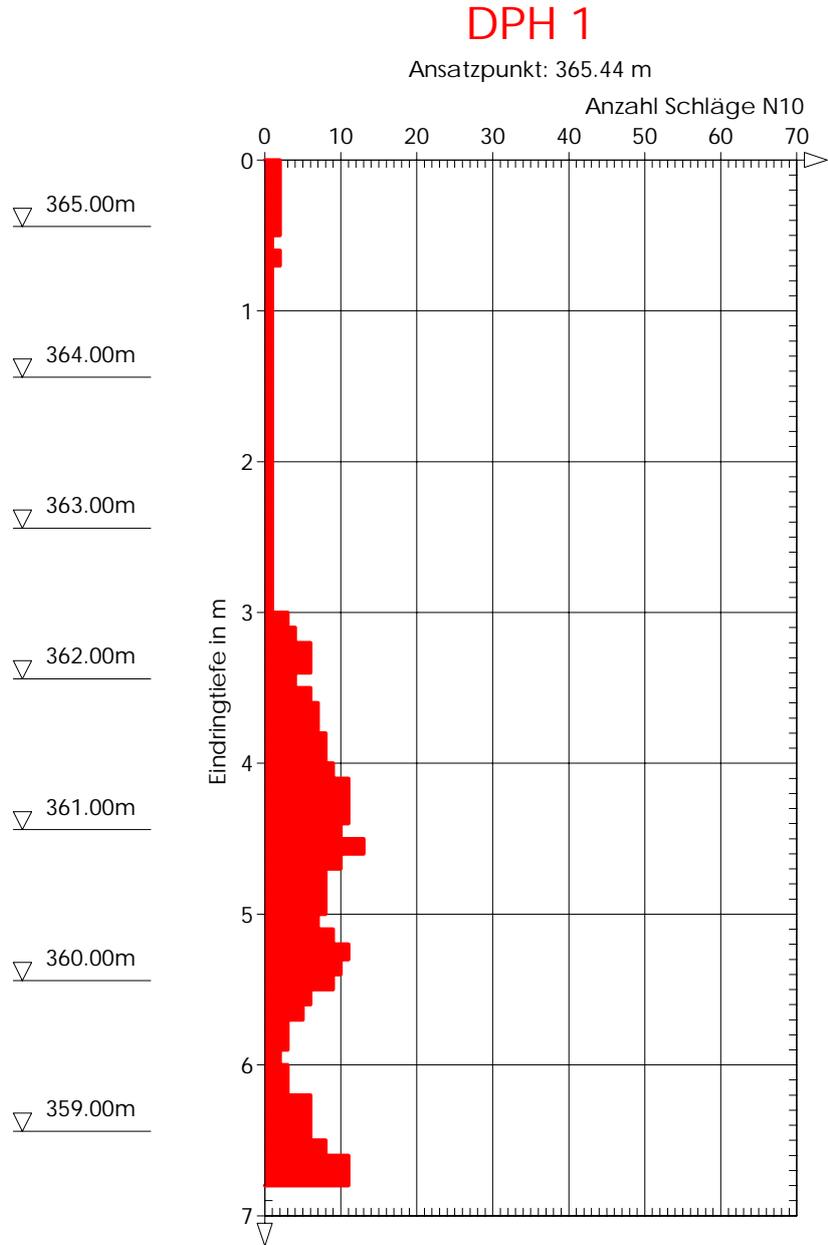
Bohrprofil DIN 4023  
DIN 4023



Bemerkungen:

GHB Consult GmbH	Projekt : Ingolstädter Kommunalbetriebe, BV Unsernherrn, Ingolstadt
N. Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.: 160753
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage : 4.1
Tel: 08151/ 656 88 - 0, Fax: - 99	Datum: 160753
Rammsondierung EN ISO 22476-2 FN ISO 22476-2	Maßstab : 1: 50

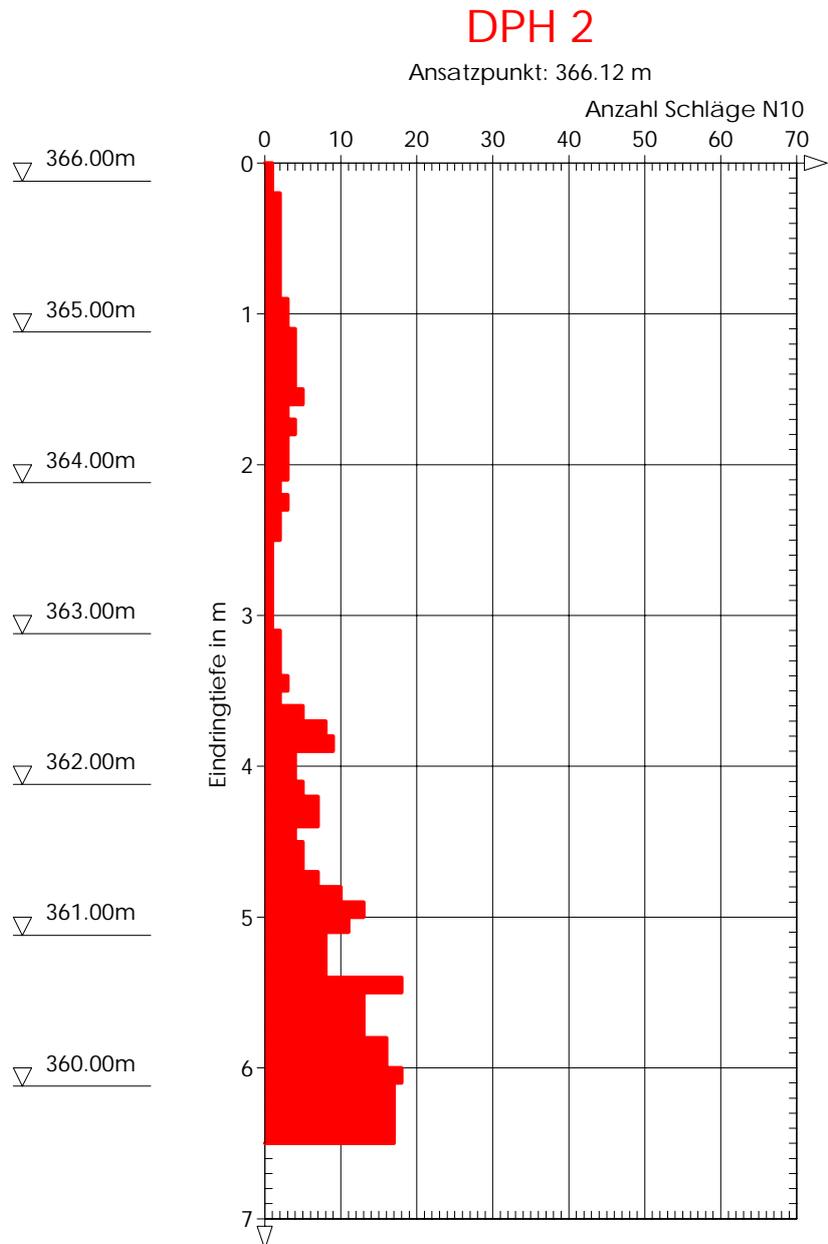
Tiefe	N <sub>10</sub>	Tiefe	N <sub>10</sub>
0.10	2	5.10	7
0.20	2	5.20	9
0.30	2	5.30	11
0.40	2	5.40	10
0.50	2	5.50	9
0.60	1	5.60	6
0.70	2	5.70	5
0.80	1	5.80	3
0.90	1	5.90	3
1.00	1	6.00	2
1.10	1	6.10	3
1.20	1	6.20	3
1.30	1	6.30	6
1.40	1	6.40	6
1.50	1	6.50	6
1.60	1	6.60	8
1.70	1	6.70	11
1.80	1	6.80	11
1.90	1		
2.00	1		
2.10	1		
2.20	1		
2.30	1		
2.40	1		
2.50	1		
2.60	1		
2.70	1		
2.80	1		
2.90	1		
3.00	1		
3.10	3		
3.20	4		
3.30	6		
3.40	6		
3.50	4		
3.60	6		
3.70	7		
3.80	7		
3.90	8		
4.00	8		
4.10	9		
4.20	11		
4.30	11		
4.40	11		
4.50	10		
4.60	13		
4.70	10		
4.80	8		
4.90	8		
5.00	8		



Bemerkungen:

GHB Consult GmbH	Projekt : Ingolstädter Kommunalbetriebe, BV Unsernherrn, Ingolstadt
N. Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.: 160753
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage : 4.2
Tel: 08151/ 656 88 - 0, Fax: - 99	Datum: 05.10.2016
Rammsondierung EN ISO 22476-2 FN ISO 22476-2	Maßstab : 1: 50

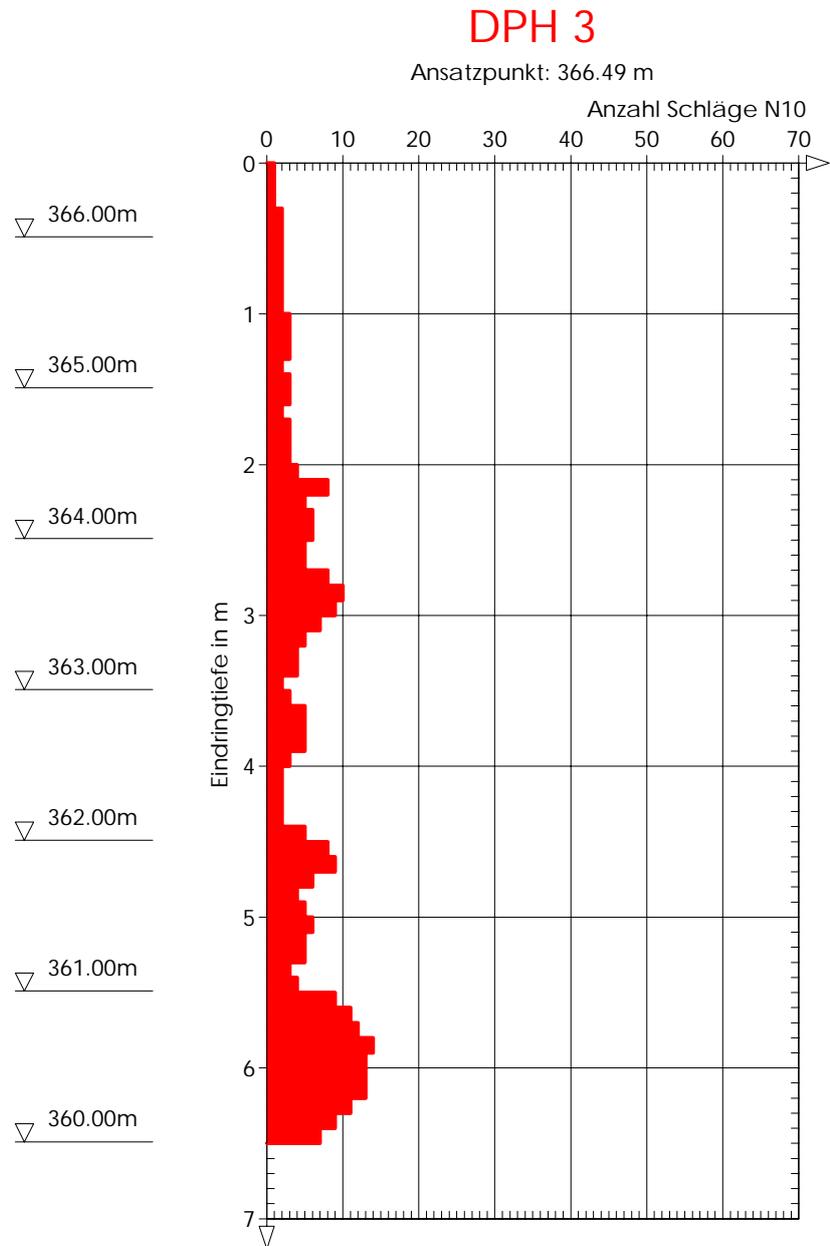
Tiefe	N <sub>10</sub>	Tiefe	N <sub>10</sub>
0.10	1	5.10	11
0.20	1	5.20	8
0.30	2	5.30	8
0.40	2	5.40	8
0.50	2	5.50	18
0.60	2	5.60	13
0.70	2	5.70	13
0.80	2	5.80	13
0.90	2	5.90	16
1.00	3	6.00	16
1.10	3	6.10	18
1.20	4	6.20	17
1.30	4	6.30	17
1.40	4	6.40	17
1.50	4	6.50	17
1.60	5		
1.70	3		
1.80	4		
1.90	3		
2.00	3		
2.10	3		
2.20	2		
2.30	3		
2.40	2		
2.50	2		
2.60	1		
2.70	1		
2.80	1		
2.90	1		
3.00	1		
3.10	1		
3.20	2		
3.30	2		
3.40	2		
3.50	3		
3.60	2		
3.70	5		
3.80	8		
3.90	9		
4.00	4		
4.10	4		
4.20	5		
4.30	7		
4.40	7		
4.50	4		
4.60	5		
4.70	5		
4.80	7		
4.90	10		
5.00	13		



Bemerkungen:

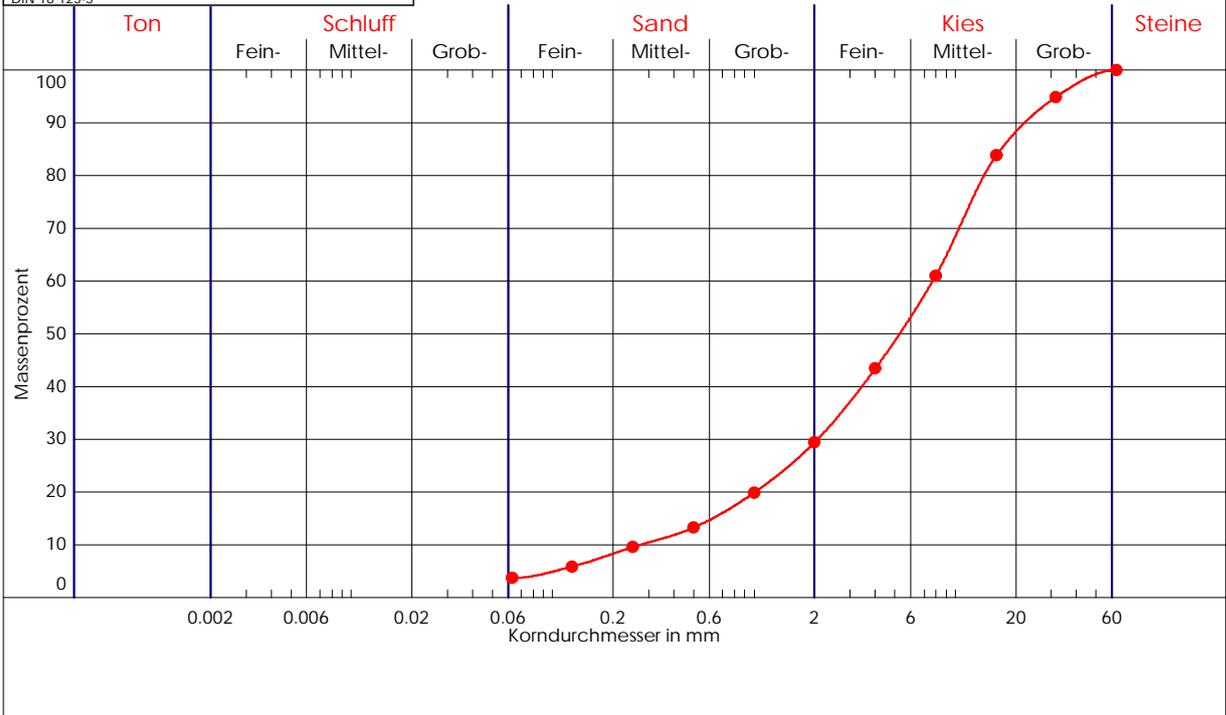
GHB Consult GmbH	Projekt : Ingolstädter Kommunalbetriebe, BV Unsernherrn, Ingolstadt
N. Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.: 160753
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage : 4.3
Tel: 08151/ 656 88 - 0, Fax: - 99	Datum: 05.10.2016
Rammsondierung EN ISO 22476-2 FN ISO 22476-2	Maßstab : 1: 50

Tiefe	N <sub>10</sub>	Tiefe	N <sub>10</sub>
0.10	1	5.10	6
0.20	1	5.20	5
0.30	1	5.30	5
0.40	2	5.40	3
0.50	2	5.50	4
0.60	2	5.60	9
0.70	2	5.70	11
0.80	2	5.80	12
0.90	2	5.90	14
1.00	2	6.00	13
1.10	3	6.10	13
1.20	3	6.20	13
1.30	3	6.30	11
1.40	2	6.40	9
1.50	3	6.50	7
1.60	3		
1.70	2		
1.80	3		
1.90	3		
2.00	3		
2.10	4		
2.20	8		
2.30	5		
2.40	6		
2.50	6		
2.60	5		
2.70	5		
2.80	8		
2.90	10		
3.00	9		
3.10	7		
3.20	5		
3.30	4		
3.40	4		
3.50	2		
3.60	3		
3.70	5		
3.80	5		
3.90	5		
4.00	3		
4.10	2		
4.20	2		
4.30	2		
4.40	2		
4.50	5		
4.60	8		
4.70	9		
4.80	6		
4.90	4		
5.00	5		



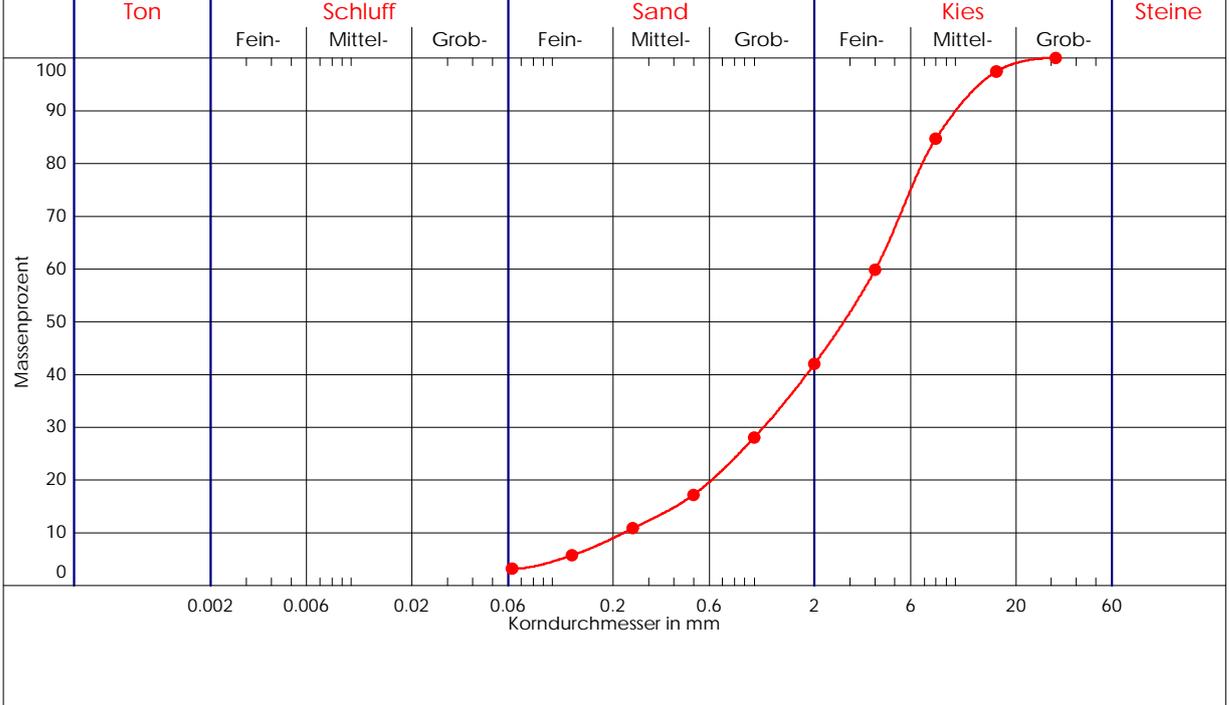
Bemerkungen:

<b>GHB Consult GmbH</b>	Projekt : Ingolstädter Kommunalbetriebe, BV Unsernherrn
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.: 160753
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage: 5.1
Tel: 08151 / 656 88-0, Fax: 08151 / 656 88-99	Datum : 20.10.2016
Kornverteilung DIN 18 123-5	



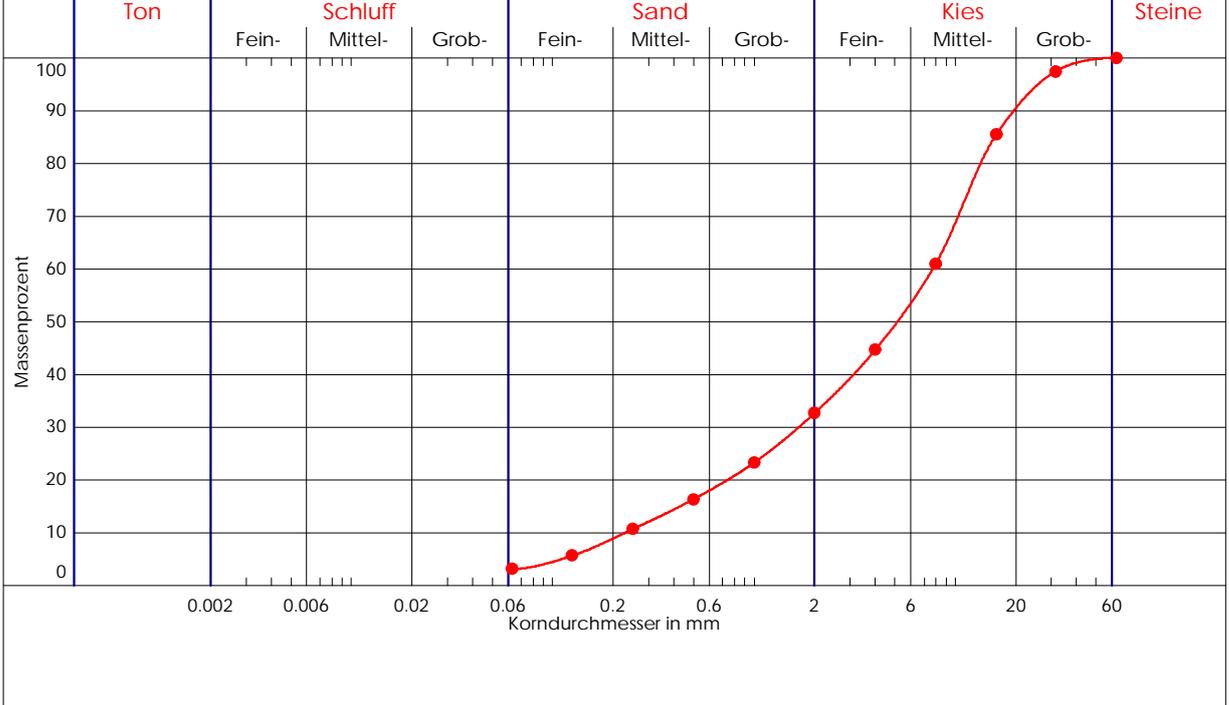
Entnahmestelle	BS 1			
Entnahmetiefe	3,4 - 6,0 m			
Labornummer	—●— BS1/6.0			
Ungleichförm. U	28.3			
Krümmungszahl	2.0			
d10 / d60	0.273/7.717 mm			
Anteil <0.063 mm	3.7 %			
Frostempfindl.kl.	F1			
Kornkennzahl	0037			
Kornfrakt. T/U/S/G	0.0/3.7/25.7/70.6 %			
Bodenart	G,gs',ms'			
Bodengruppe	GW			
Bodenklasse	3			
kf nach Beyer	6.7E-004 m/s			
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)			
kf nach Hazen	- (U > 5)			
kf nach Seiler	2.4E-003 m/s			
kf nach USBR	- (d10 > 0.02)			

<b>GHB Consult GmbH</b>	Projekt : Ingolstädter Kommunalbetriebe, BV Unsernherrn
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.: 160753
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage: 5.2
Tel: 08151 / 656 88-0, Fax: 08151 / 656 88-99	Datum : 20.10.2016
Kornverteilung DIN 18 123-5	



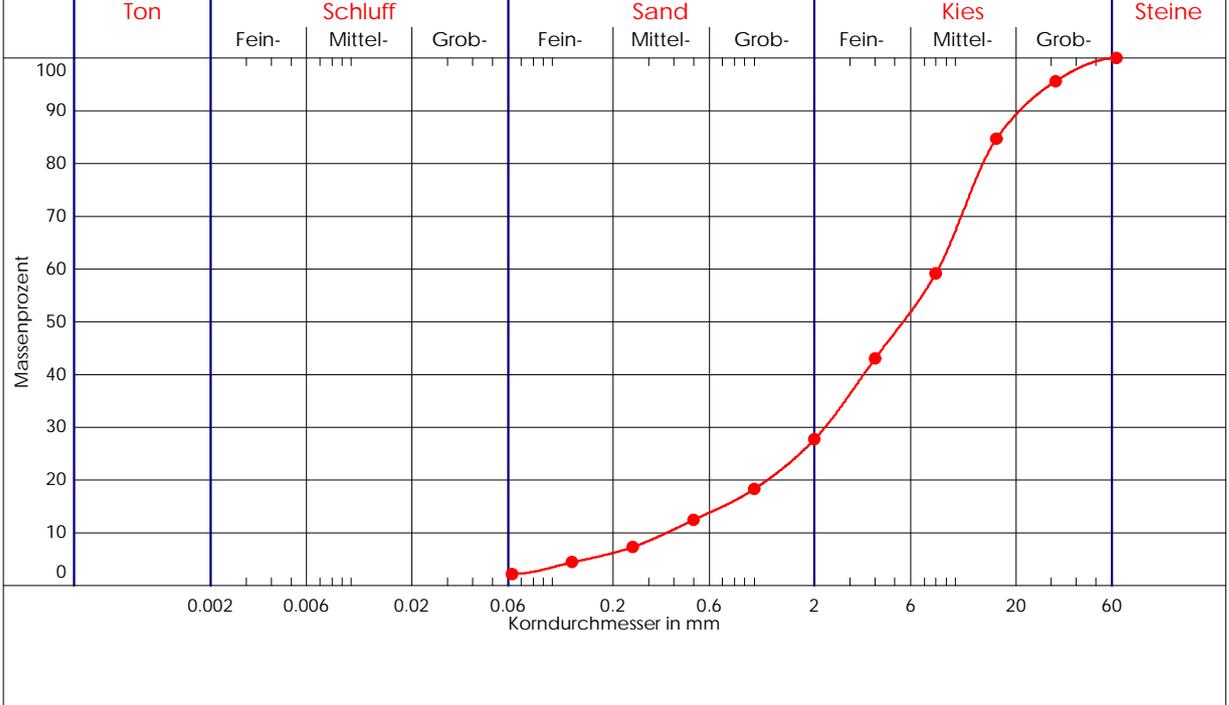
Entnahmestelle	BS 3			
Entnahmetiefe	1,4 - 2,7 m			
Labornummer	—●— BS3/2.7			
Ungleichförm. U	17.8			
Krümmungszahl	1.4			
d10 / d60	0.226/4.017 mm			
Anteil <0.063 mm	3.2 %			
Frostempfindl.kl.	F1			
Kornkennzahl	0046			
Kornfrakt. T/U/S/G	0.0/3.2/38.9/58.0 %			
Bodenart	G <sub>s</sub>			
Bodengruppe	GW			
Bodenklasse	3			
kf nach Beyer	4.9E-004 m/s			
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)			
kf nach Hazen	- (U > 5)			
kf nach Seiler	6.2E-004 m/s			
kf nach USBR	- (d10 > 0.02)			

<b>GHB Consult GmbH</b>	Projekt : Ingolstädter Kommunalbetriebe, BV Unsernherrn
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.: 160753
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage: 5.3
Tel: 08151 / 656 88-0, Fax: 08151 / 656 88-99	Datum : 20.10.2016
Kornverteilung DIN 18 123-5	



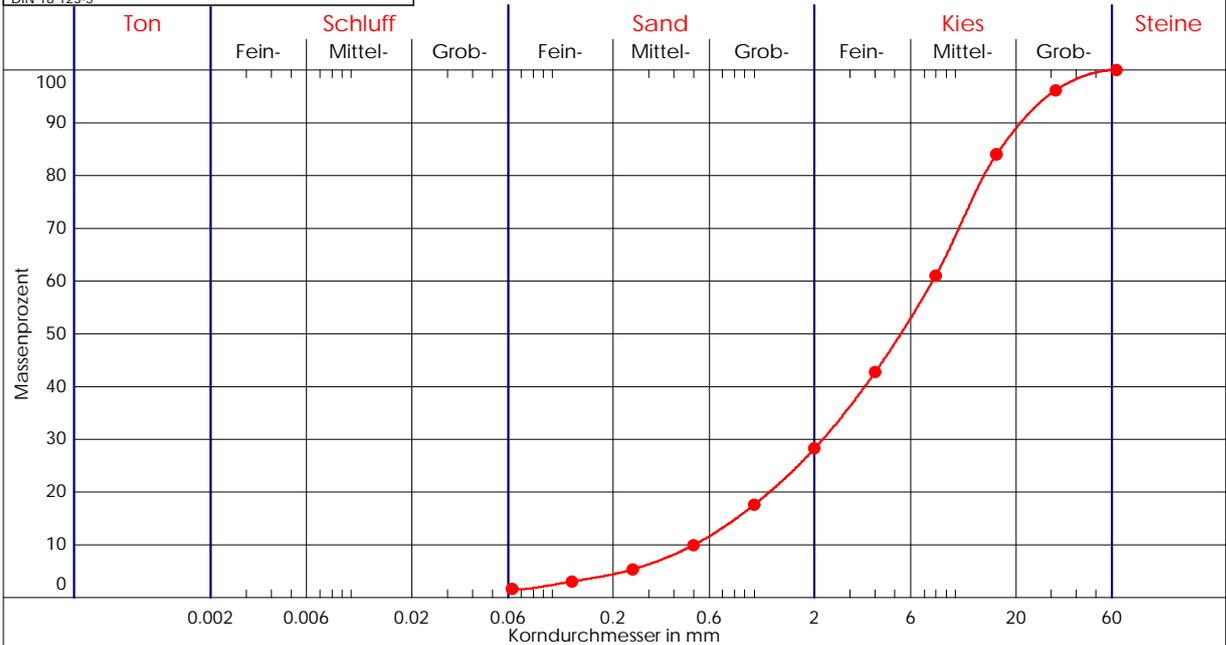
Entnahmestelle	BS 3			
Entnahmetiefe	2,7 - 6,0 m			
Labornummer	—●— BS3/6.0			
Ungleichförm. U	33.7			
Krümmungszahl	1.6			
d10 / d60	0.229/7.720 mm			
Anteil <math><0.063\text{ mm}</math>	3.1 %			
Frostempfindl.kl.	F1			
Kornkennzahl	0037			
Kornfrakt. T/U/S/G	0.0/3.1/29.6/67.3 %			
Bodenart	G,s			
Bodengruppe	GW			
Bodenklasse	3			
kf nach Beyer	- (U > 30)			
kf nach Kaubisch	- (0.063 <math>\leq</math> 10%)			
kf nach Hazen	- (U > 5)			
kf nach Seiler	1.6E-003 m/s			
kf nach USBR	- (d10 > 0.02)			

<b>GHB Consult GmbH</b>	Projekt : Ingolstädter Kommunalbetriebe, BV Unsernherrn
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.: 160753
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage: 5.4
Tel: 08151 / 656 88-0, Fax: 08151 / 656 88-99	Datum : 20.10.2016
Kornverteilung DIN 18 123-5	



Entnahmestelle	BS 4			
Entnahmetiefe	0,7 - 2,7 m			
Labornummer	—●— BS4/2.7			
Ungleichförm. U	22.3			
Krümmungszahl	1.7			
d10 / d60	0.369/8.237 mm			
Anteil <math><0.063\text{ mm}</math>	2.2 %			
Frostempfindl.kl.	F1			
Kornkennzahl	0037			
Kornfrakt. T/U/S/G	0.0/2.2/25.5/72.3 %			
Bodenart	G,gs',ms'			
Bodengruppe	GW			
Bodenklasse	3			
kf nach Beyer	1.3E-003 m/s			
kf nach Kaubisch	- (0.063 <math>\leq</math> 10%)			
kf nach Hazen	- (U > 5)			
kf nach Seiler	2.7E-003 m/s			
kf nach USBR	- (d10 > 0.02)			

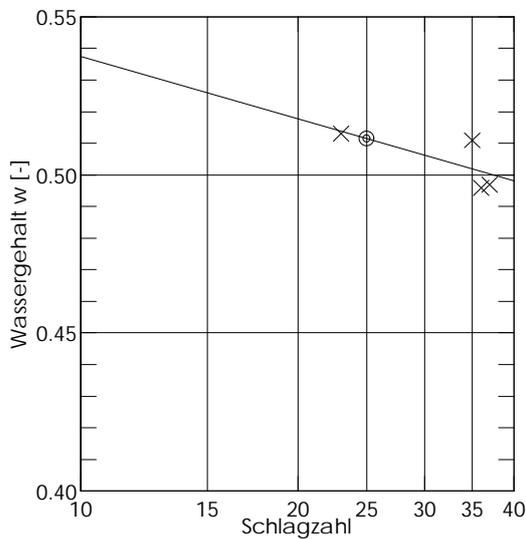
<b>GHB Consult GmbH</b>	Projekt : Ingolstädter Kommunalbetriebe, BV Unsernherrn
N.Kampik, Dipl.-Geol.	Projektnr.: 160753
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage: 5.5
Tel: 08151 / 656 88-0, Fax: 08151 / 656 88-99	Datum : 20.10.2016
Kornverteilung DIN 18 123-5	



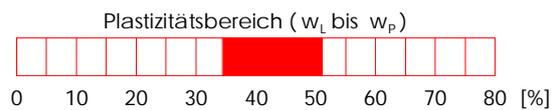
Entnahmestelle	BS 5			
Entnahmetiefe	1,4 - 2,9 m			
Labornummer	—●— BS5/2.9			
Ungleichförm. U	15.3			
Krümmungszahl	1.2			
d10 / d60	0.504/7.713 mm			
Anteil <0.063 mm	1.5 %			
Frostempfindl.kl.	F1			
Kornkennzahl	0037			
Kornfrakt. T/U/S/G	0.0/1.5/26.7/71.8 %			
Bodenart	G,gs,ms'			
Bodengruppe	GW			
Bodenklasse	3			
kf nach Beyer	2.5E-003 m/s			
kf nach Kaubisch	- (0.063 <= 10%)			
kf nach Hazen	- (U > 5)			
kf nach Seiler	1.7E-003 m/s			
kf nach USBR	- (d10 > 0.02)			

GHB Consult GmbH	Projekt : Ingolstädter Kommunalbetriebe, BV Unsernherrn
N.Kampik, Dipl.-Geol.	ProjektNr. : 160753
Moosstraße 7, 82319 Starnberg	Anlage : 5.6
Tel:(08151) 656 88-0, Fax: 656 88-99	Datum : 24.10.2016
Zustandsgrenzen DIN 18 122	Labornummer : BS/3.5
	Tiefe : 1,9 - 3,5 m
Entnahmestelle : BS 2	Bodengruppe : OU
Ausgef. durch : Kralin	Art der Entrn. : gestört
	Entn. am : 04.10.2016

Behälter-Nr.	Fließgrenze				Ausrollgrenze			
Zahl der Schläge	35	23	37	36				
Feuchte Probe + Behälter $m_f + m_b$ [g]	164.40	168.84	168.66	146.62	111.12	112.48	111.64	
Trockene Probe + Behälter $m_t + m_b$ [g]	138.04	140.17	140.39	125.91	104.20	105.03	104.43	
Behälter $m_b$ [g]	86.43	84.25	83.53	84.15	83.85	83.69	83.34	
Wasser $m_f - m_t = m_w$ [g]	26.36	28.67	28.27	20.71	6.92	7.45	7.21	
Trockene Probe $m_t$ [g]	51.61	55.92	56.86	41.76	20.35	21.34	21.09	Mittel
Wassergehalt $\frac{m_w}{m_t} = w$ [-]	0.511	0.513	0.497	0.496	0.340	0.349	0.342	0.344



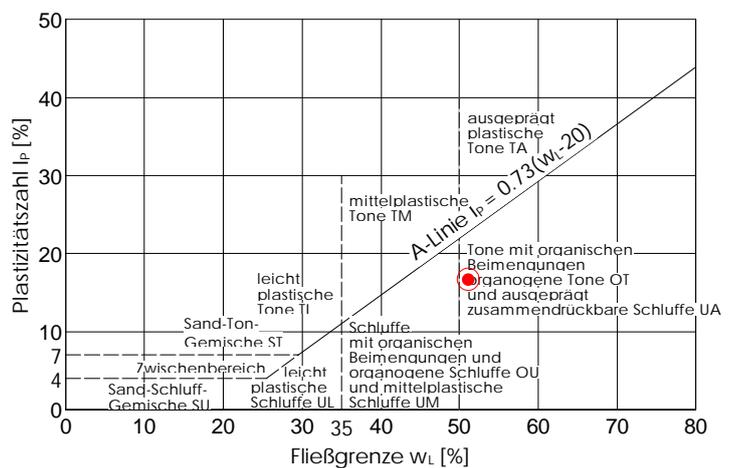
Wassergehalt  $w_N = 0.396$   
 Fließgrenze  $w_L = 0.511$   
 Ausrollgrenze  $w_p = 0.344$



Plastizitätszahl  $I_p = w_L - w_p = 0.167$

Liquiditätsindex  $I_L = \frac{w_N - w_p}{I_p} = 0.311$

Konsistenzzahl  $I_C = \frac{w_L - w_N}{I_p} = 0.689$



<u>Projekt:</u> Ingolstädter Kommunalbetrieb AöR, BV Unsernherrn - mäusacker	GHB Consult GmbH
<u>AZ:</u> 160753	Dipl.-Geol. N. Kampik
<u>Anlage:</u> 6.1	Moosstraße 7, 82319 Starnberg 08151/656 88-0; Fax: -99
<u>Bohrung BS 3 (Rammpegel RP 1)</u>	Datum: 06.10.2016

Rohrsohle: 1,87 m u. GOK POK bis Sohle Pegel 1,87 m  
 Aufsatzrohr bis: 0,67 m u. GOK  
 POK 0,33 m ü. GOK

Rohrdurchmesser 0,0313 m Rohrradius [m]: 0,0156 m

Wasserstand vor Versuchsbeginn: kein Wasser

Auswertung eines Absinkversuchs nach MAAG 2. Versuch						
Zeit		delta t	Höhe	delta h	h <sub>m</sub>	k <sub>f</sub>
min	s	s	m ü. Sohle	m	m	m/s
0	0		0,390			
0	30	30	0,500	-0,110	0,45	-3,22E-05
0	60	30	0,650	-0,150	0,58	-3,40E-05
0	90	30	0,870	-0,220	0,76	-3,77E-05
0	120	30	1,050	-0,180	0,96	-2,44E-05
0	150	30	1,200	-0,150	1,13	-1,74E-05
0	180	30	1,320	-0,120	1,26	-1,24E-05
0	240	60	1,500	-0,180	1,41	-8,31E-06
0	300	60	1,640	-0,140	1,57	-5,81E-06

Zeit		delta t	Höhe	delta h	h <sub>m</sub>	k <sub>f</sub>
min	s	s	m ü Sohle	m	m	m/s
0	0		0,390			
0	300	300	1,640	-1,250	1,015	-1,60E-05

Berechnung nach MAAG:

$$k_f = \frac{r}{4 \cdot h_m} \cdot \frac{\text{delta } h}{\text{delta } t}$$

k<sub>f</sub>-Wert Feldversuch - Korrekturfaktor 2,0

k<sub>f</sub> = 3,20E-05

<u>Projekt:</u> Ingolstädter Kommunalbetrieb AöR, BV Unsernherrn - mäusacker	GHB Consult GmbH
<u>AZ:</u> 160753	Dipl.-Geol. N. Kampik
<u>Anlage:</u> 6.2	Moosstraße 7, 82319 Starnberg
	08151/656 88-0; Fax: -99
<u>Bohrung BS 4 (Rammpegel RP 2)</u>	Datum: 06.10.2016

Rohrsohle: 1,90 m u. GOK POK bis Sohle Pegel 1,90 m  
 Aufsatzrohr bis: 0,70 m u. GOK  
 POK 0,30 m ü. GOK

Rohrdurchmesser 0,0313 m Rohrradius [m]: 0,0156 m

Wasserstand vor Versuchsbeginn: kein Wasser

Auswertung eines Absinkversuchs nach MAAG 2. Versuch						
Zeit		delta t	Höhe	delta h	h <sub>m</sub>	k <sub>f</sub>
min	s	s	m ü. Sohle	m	m	m/s
0	0		1,100			
0	30	30	1,300	-0,200	1,20	-2,17E-05
0	60	30	1,490	-0,190	1,40	-1,77E-05
0	90	30	1,650	-0,160	1,57	-1,33E-05
0	120	30	1,750	-0,100	1,70	-7,66E-06
0	150	30	1,810	-0,060	1,78	-4,39E-06
0	180	30	1,870	-0,060	1,84	-4,25E-06

Zeit		delta t	Höhe	delta h	h <sub>m</sub>	k <sub>f</sub>
min	s	s	m ü Sohle	m	m	m/s
0	0		1,100			
0	180	300	1,870	-0,770	1,485	-6,75E-06

Berechnung nach MAAG:

$$k_f = \frac{r}{4 \cdot h_m} * \frac{\text{delta } h}{\text{delta } t}$$

k<sub>f</sub>-Wert Feldversuch - Korrekturfaktor 2.0

k<sub>f</sub> = 1,34E-05

<u>Projekt:</u> Ingolstädter Kommunalbetrieb AöR, BV Unsernherrn - mäusacker	GHB Consult GmbH
<u>AZ:</u> 160753	Dipl.-Geol. N. Kampik
<u>Anlage:</u> 6.3	Moosstraße 7, 82319 Starnberg 08151/656 88-0; Fax: -99
<u>Bohrung BS 5 (Rammpegel RP 3)</u>	<u>Datum:</u> 06.10.2016

Rohrsohle: 2,70 m u. GOK POK bis Sohle Pegel  
 Aufsatzrohr bis: 1,50 m u. GOK  
 POK 0,50 m ü. GOK

Rohrdurchmesser 0,0313 m Rohrradius [m]: 0,0156 m

Wasserstand vor Versuchsbeginn: kein Wasser

Auswertung eines Absinkversuchs nach MAAG 2. Versuch						
Zeit		delta t	Höhe	delta h	h <sub>m</sub>	k <sub>f</sub>
min	s	s	m ü. Sohle	m	m	m/s
0	0		1,800			
0	30	30	2,200	-0,400	2,00	-2,60E-05
0	60	30	2,850	-0,650	2,53	-3,35E-05

Zeit		delta t	Höhe	delta h	h <sub>m</sub>	k <sub>f</sub>
min	s	s	m ü Sohle	m	m	m/s
0	0		1,800			
0	60	60	2,850	-1,050	2,325	-2,94E-05

Berechnung nach MAAG:

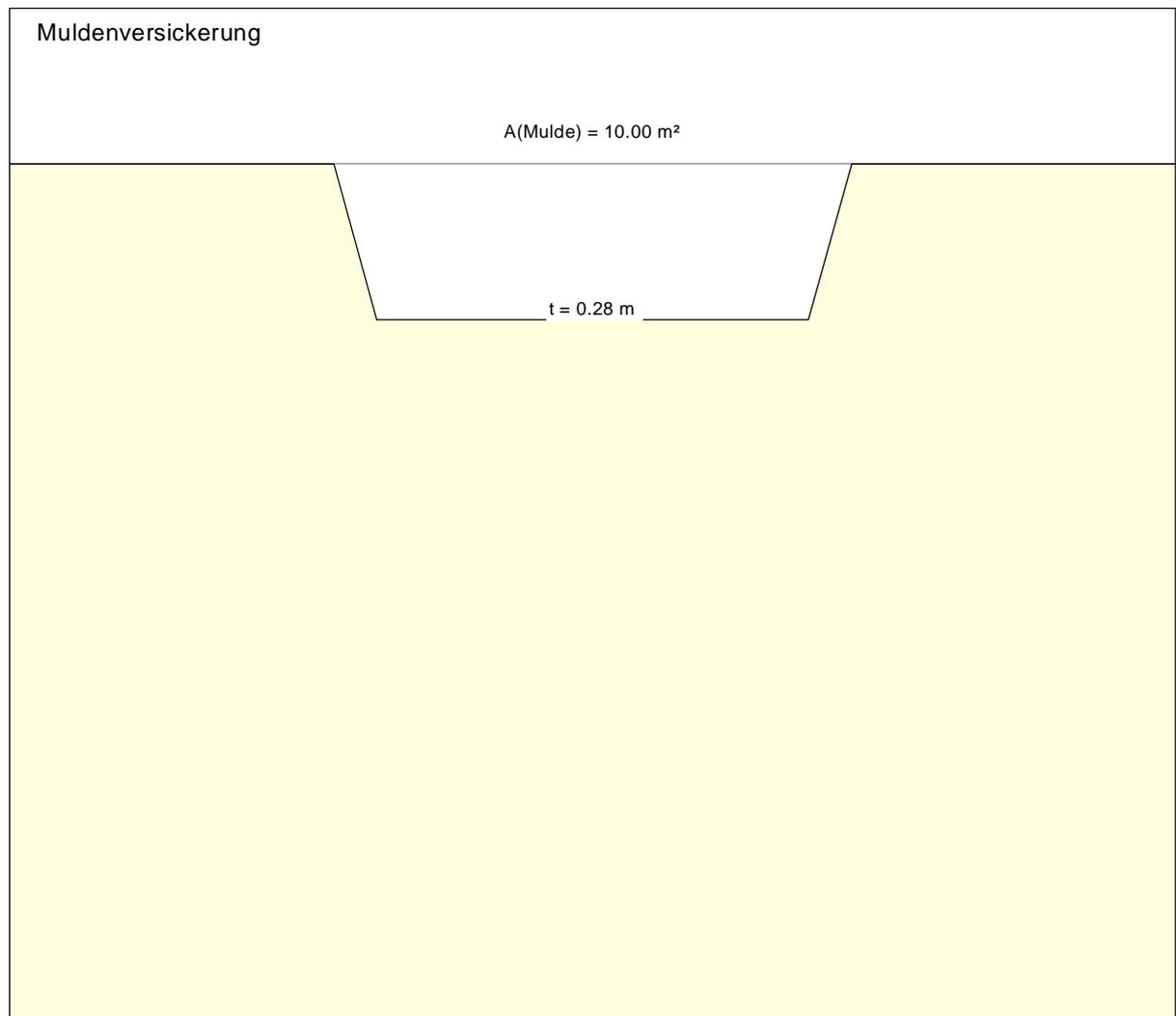
$$k_f = \frac{r}{4 \cdot h_m} * \frac{\text{delta } h}{\text{delta } t}$$

k<sub>f</sub>-Wert Feldversuch - Korrekturfaktor 2,0

k<sub>f</sub> =

## Versickerung nach ATV A-138 (Januar 2002)

Ingolstadt Unsernherrn - Mäuseäcker	5-jährige Überschreitungshäufigkeit
Muldenversickerung	$A(u) = 150.00 \text{ m}^2$
Durchlässigkeit = $5.000 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$	Zulässiger Abstand UK Anlage - GW = 1.00 m
Abstand zum nächsten Keller = 10.00 m	Vorh. Versickerungsfläche = 10.0 m <sup>2</sup>
Grundwasserflurabstand = 2.00 m	
Zuschlagsfaktor = 1.20	
Häufigkeit $n [1/a] = 0.200$	

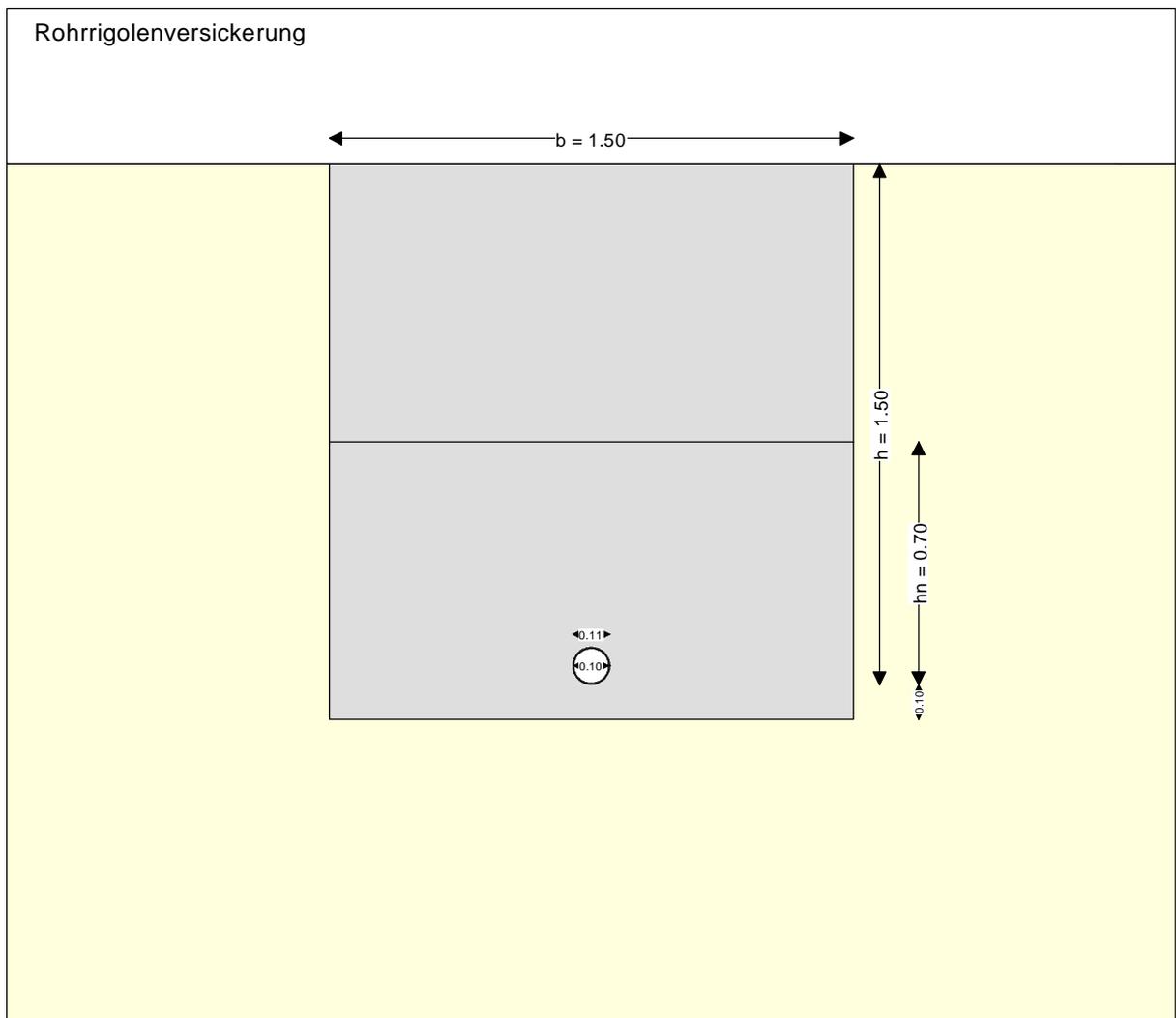


**Ergebnis**  
 Erforderliche Muldentiefe = 0.28 m  
 Erforderliches Speichervolumen = 2.82 m<sup>3</sup>  
 Maßgebende Regendauer = 60.0 Minuten  
 Regenspende = 56.4 Liter/(sec-ha)

Ingolstadt		
D	$r_{[0,2]}$ [l/(s-ha)]	V [m <sup>3</sup> ]
5 min	229.8	1.23
10 min	174.1	1.83
15 min	141.9	2.18
20 min	120.3	2.41
30 min	92.9	2.67
45 min	69.9	2.81
<b>60 min</b>	<b>56.4</b>	<b>2.82</b>
90 min	40.6	2.59
2 h	32.2	2.29
3 h	23.2	1.57
4 h	18.4	0.77
6 h	13.2	-1.01
9 h	9.5	-3.81
12 h	7.6	-6.66
18 h	5.7	-12.35
24 h	4.7	-18.12
48 h	2.9	-42.22
72 h	2.2	-66.81

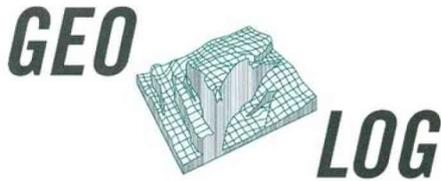
## Versickerung nach ATV A-138 (Januar 2002)

Ingolstadt Unsernherrn - Mäuseäcker Rohrrigolenversickerung Durchlässigkeit = $1.800 \cdot 10^{-4}$ m/s Abstand zum nächsten Keller = 10.00 m Grundwasserflurabstand = 2.55 m Zuschlagsfaktor = 1.20 Häufigkeit $n [1/a] = 0.200$	5-jährige Überschreitungshäufigkeit $A(u) = 150.00 \text{ m}^2$ Zulässiger Abstand UK Anlage - GW = 1.00 m Lichte Weite des Rohres = 0.10 m Dicke des Rohres = 0.003 m Sohlbreite der Rigole $b = 1.50$ m Höhe der Rigole $h = 1.50$ m	Max. Wasserstand Rigole = 0.80 m Nutzbare Höhe der Rigole $h_n = 0.70$ m Speicherkoeffizient $s = 0.350$ Speicherkoeff. (umgerechnet) = 0.354
---	--	--



**Ergebnis**  
 Erforderliche Rohrrigolenlänge = 4.25 m  
 Erforderliches Speichervolumen = 1.58 m<sup>3</sup>  
 Maßgebende Regendauer = 20.0 Minuten  
 Regenspende = 120.3 Liter/(sec-ha)

Ingolstadt		
D	$r_{[0,2]}$ [l/(s-ha)]	L [m]
5 min	229.8	2.87
10 min	174.1	3.82
15 min	141.9	4.16
20 min	120.3	4.25
30 min	92.9	4.11
45 min	69.9	3.73
60 min	56.4	3.35
90 min	40.6	2.72
2 h	32.2	2.30
3 h	23.2	1.78
4 h	18.4	1.47
6 h	13.2	1.09
9 h	9.5	0.81
12 h	7.6	0.66
18 h	5.7	0.50
24 h	4.7	0.41
48 h	2.9	0.26
72 h	2.2	0.20



## Ingenieurbüro für Geophysik und Geologie

- Kampfmittelerkundung
- Bauwerksuntersuchung
- Erschütterungsmessung
- Geophysikalische Messungen
  - Archäologie
  - Lagerstättenprospektion
  - Grundwassererschließung
  - Leitungsortung

GEOLOG Fuß-Hepp GbR Glatzer Straße 5a D-82319 Starnberg

**GHB Consult GmbH**  
**zu. Hd. Herr Kampik**  
**Moosstraße 7**  
**82319 Starnberg**

Ihre Zeichen

Ihre Nachricht vom

Ihre Tel.:  
08151/656880

Ihre Fax.:

Durchwahl  
08151/28070

Unser Zeichen  
jw

**Starnberg, den 04.10.2016**

### **Kampfmittelerkundung von Bohransatzpunkten inklusive GPS-Verortung BV Kranichstraße, Ingolstadt Bericht**

Sehr geehrter Herr Kampik,

am 04.10.2016 wurden bei oben genanntem Bauvorhaben insgesamt acht Bohransatzpunkte mittels Georadar und Geomagnetik auf Kampfmittel untersucht und mittels GPS verortet. Die Messungen dienten der Detektion möglicher Kampfmittel im Vorfeld der Eingriffe in den Untergrund. Die Lage der Bohransatzpunkte wurde von *GHB Consult* bestimmt.

#### **Angewandte Messverfahren**

Wir sondieren Bohransatzpunkte je nach Gegebenheiten vor Ort mittels Georadar und/oder Geomagnetik. Dabei verwenden wir Geräte der Firma *Sensors & Software Inc.* mit einer Arbeitsfrequenz von wahlweise 250 MHz oder 500 MHz und eine Auswertesoftware des Geräteherstellers (*Noggin* Messsystem, *Ekko\_View* Software in der Version V2R1).

Für Geomagnetikmessungen setzen wir ein 1-kanaliges analoges oder digitales Magnetometersystem der Firma *Vallon GmbH* ein.

Die GPS-Verortung erfolgt durch die Software *Trimble Access* (Version 2016.03) in Verbindung mit dem Empfänger *Trimble R2* (hochpräzises DGPS).

## Ergebnis

Die zu untersuchenden Ansatzpunkte wurden uns von der Firma *GHB Consult* vorab mitgeteilt und von uns vor Ort mittels GPS aufgesucht und ausgepflockt bzw. mit Farbspray markiert. Anschließend wurden die Punkte mittels Georadar und/oder Geomagnetik auf Kampfmittel überprüft.

Nach Auswertung der Daten vor Ort konnten entweder keine kampfmittelrelevanten Indikationen an den Bohransatzpunkten festgestellt werden oder die Ansatzpunkte wurden entsprechend so versetzt, das Kampfmittel am neuen Ansatzpunkt ausgeschlossen werden können. Der neue Ansatzpunkt wurde in diesem Fall erneut mittels GPS verortet.

Die Kampfmittelfreigabe kann somit für alle gemessenen Punkte erteilt werden. Die csv-Datei mit den GPS-Koordinaten ist dem Bericht angehängt.

Für Rückfragen stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen,



*K. Wirsching-Hepp*

### Anlage:

1 – Fotodokumentation

2 – GPS-Koordinaten

- Kampfmittelerkundung
- Bauwerksuntersuchung
- Erschütterungsmessung
- Geophysikalische Messungen
  - Archäologie
  - Lagerstättenprospektion
  - Grundwassererschließung
  - Leitungsortung

**Anlage 1 – Fotodokumentation**

Messung am 04.10.2016



*Lage des Bohrersatzpunktes I*



*Lage des Bohrersatzpunktes II*



*Lage des Bohrersatzpunktes III*



*Lage des Bohrersatzpunktes IV*



*Lage des Bohrersatzpunktes V*



*Lage des Bohrersatzpunktes VI*



*Lage des Bohrersatzpunktes VII*

**Projekt:** Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR, Unsernherrn Nord

**Anlage:** 9.1

**Projektnr.:** 160753

GHB Consult GmbH  
N. Kampik, Dipl.-Geol.  
Moosstraße 7  
82319 Starnberg  
Tel.: 08151 / 656 88 0  
Fax: 08151 / 656 88 99

**GEO  
HYDRO  
BAU  
CONSULT**



Foto 1



Foto 2

<b>Projekt:</b> Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR, Unsernherrn Nord	GHB Consult GmbH N. Kampik, Dipl.-Geol. Moosstraße 7 82319 Starnberg Tel.: 08151 / 656 88 0 Fax: 08151 / 656 88 99	<b>GEO HYDRO BAU CONSULT</b>
<b>Anlage:</b> 9.2		
<b>Projektnr.:</b> 160753		



Foto 3



Foto 4