

## Ingenieurbüro für

Geotechnik                   Baugrundinstitut  
Erd- und Grundbau        Baugrunduntersuchungen  
Spezialtiefbau            Baugrundgutachten

Kargl Geotechnik Ingenieur GmbH & Co. KG · Blumenstr. 18 · 93055 Regensburg

Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR

Hindemithstr. 30

85057 Ingolstadt



Kargl Geotechnik  
Ingenieur GmbH & Co. KG

Blumenstraße 18  
93055 Regensburg  
Telefon 0941 780 30 510  
Telefax 0941 780 30 519

info@kargl-geotechnik.de  
www.kargl-geotechnik.de

Akkreditiert gemäß  
DIN EN ISO/IEC 17025:2005



Die Akkreditierung gilt für die  
beurkundeten Prüfverfahren

03.05.2016

# BAUGRUNDGUTACHTEN

<b>Baumaßnahme</b>	Ingolstadt, Am Samhof
<b>Bauherr</b>	IFG Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR
<b>Untersuchungszweck</b>	Untersuchung und Beurteilung der Boden- und Grundwasser- verhältnisse für die Erschließung eines Baugebietes
<b>Geotechnischer Bericht Nr.</b>	16.02.055-K

Dieser Bericht umfasst 24 Seiten und 5 Anlagen   K:\Projekte\2016\16-055\16-055-K\_Gutachten.docx

Kargl Geotechnik Ingenieur GmbH & Co. KG  
Sitz: Regensburg  
Amtsgericht - Registergericht - Regensburg  
HRA 9071  
Steuer-Nr. 244/165/11906  
USt-Ident-Nr. DE296638661

Persönlich haftende Gesellschafterin:  
Kargl Verwaltungs GmbH  
Sitz: Regensburg  
Amtsgericht - Registergericht - Regensburg  
HRB 14423  
Geschäftsführer: Markus Kargl, Dipl.-Ing. (Univ.)

Sparkasse Regensburg:  
IBAN: DE59 7505 0000 0026 6672 46  
BIC: BYLADEM1RBG

## INHALTSÜBERSICHT

	Seite	
1	VERANLASSUNG	3
2	DIE BAUMASSNAHME	4
3	UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE	4
3.1	Erkundung	4
3.1.1	Geologie und Hydrogeologie	4
3.1.2	Felduntersuchungen	6
3.1.3	Laboruntersuchungen	6
3.1.4	Grundwasserverhältnisse	7
3.1.5	Kontamination / Altlasten	8
3.2	Schichtaufbau und -eigenschaften	9
3.3	Bodenkennwerte	15
4	EMPFEHLUNGEN UND HINWEISE FÜR DIE PLANUNG UND BAUAUSFÜHRUNG	16
4.1	Wohnbebauung	16
4.1.1	Allgemeines	16
4.1.2	Gründung	16
4.1.3	Bauwerksabdichtung und Dränung	17
4.2	Kanalbau	18
4.2.1	Erdarbeiten	18
4.2.2	Wasserhaltung und Verbau	19
4.2.3	Böschungen	19
4.3	Straßenbau	20
4.4	Versickerung	22
4.5	Beweissicherung	23
4.6	Schlussbemerkung	24
5	VERZEICHNIS DER ANLAGEN	24

## 1 VERANLASSUNG

Die Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR beauftragten uns auf Grundlage unseres Angebots vom 15.03.2016 mit einer Baugrunduntersuchung und der Erstellung eines geotechnischen Berichtes als Grundlage für das geplante Neubaugebiet „Am Samhof“ in Ingolstadt.

Zur Bearbeitung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

1. Bayern 3D, Digitale Topographische Karte von Bayern.
2. Geologische Übersichtskarte von Bayern 1 : 500.000.
3. Geologische Karte 1 : 100.000, Geowissenschaftliche Landesaufnahme in der Planungsregion 10 Ingolstadt, Bayerisches Geologisches Landesamt
4. Geologische Karte 1 : 25.000 Blatt-Nr.: 7234 Ingolstadt, Bayerisches Geologisches Landesamt
5. Hydrogeologische Karte 1 : 100.000, Geowissenschaftliche Landesaufnahme in der Planungsregion 10 Ingolstadt, Bayerisches Geologisches Landesamt
6. Erläuterungen zur Geologischen Karte 1 : 100.000, Geowissenschaftliche Landesaufnahme in der Planungsregion 10 Ingolstadt, Bayerisches Geologisches Landesamt
7. Grundwassergleichenkarte von Bayern 1 : 500.000.- Stand 1985; München (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft).
8. Hydrogeologische Raumgliederung von Bayern (GLA-Fachberichte 20, 2003).
9. Grundwasserflurabstandskarte MHGW (online vom 27.04.2016 - Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR)
10. Grundwasserhöhenlinien MHGW (online vom 27.04.2016 - Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR)

Die in der Angebotsanfrage des Auftraggebers vom 02.03.2016 vorgegebenen Felduntersuchungen wurden von unserem Institut vom 18. bis zum 20.04.2016 durchgeführt.

Die Baumaßnahme wird in die geotechnische Kategorie 2 (mittlerer geotechnischer Schwierigkeitsgrad) nach DIN 4020 eingestuft.

## 2 DIE BAUMASSNAHME

Das Baugebiet liegt etwa 3 km westlich der Ingolstädter Innenstadt und schließt unmittelbar südlich an das Ingolstädter Klinikum an. Der in etwa mittig gelegene zweigeschossige Baubestand des Samhofes wird in das Baugebiet integriert. Die angrenzenden, bisher landwirtschaftlich genutzten Flächen sollen bebaut werden.

Es ist vorgesehen eine Bebauung mit Wohngebäuden mit bis zu 7 Vollgeschossen und Tiefgaragen zuzulassen.

Das Gelände fällt von Nordwest nach Südost hin auf einer Länge von etwa 350 m um ca. 5-6 m ab. An der südlichen Grenze des Baugebietes befindet sich entlang der Kriegsstraße ein Entwässerungsgraben.

Die Lage der Baumaßnahme ist in den Lageplänen in Anlage 1.1 dargestellt.

## 3 UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE

### 3.1 Erkundung

#### 3.1.1 Geologie und Hydrogeologie

Einen Überblick über die Geologie geben die Geologische Karte von Bayern 1 : 500.000 sowie die Geologische Karte 1 : 25.000 Blatt-Nr.: 7234 Ingolstadt.

Im nördlichen Bereich des Baugebietes sind Hochterrassenschotter zu erwarten, die oberflächennah von quartären Deckschichten überlagert werden.

Südlich des Samhofes sind quartäre Flusstal- und Aueablagerungen zu erwarten, die mit unterschiedlicher Mächtigkeit und z.T. als nur geringmächtige Auflage den im Untergrund folgenden Sedimenten des Tertiärs auflagern. Zudem sind im Nahbereich des wasserführenden Grabens entlang der Kriegsstraße kleinräumige Bachsedimente und Aueablagerungen zu erwarten.

Die ungefähre Grenze der geologischen Zonen ist aus Anlage 1.2 (s. a. Legende: „Morphologische Geländesprünge“) ersichtlich. Hierzu erfolgte von den Ingolstädter Kommunalbetrieben folgende

Auskunft: „Der Übergangsbereich zur holozänen Flussaue ist entlang der Terrassenkante mit einem Höhenunterschied von rd. 4 m gekennzeichnet.“

Quartäre Flusssedimente und Aueablagerungen bestehen generell aus einer ausgeprägten und kleinräumigen Wechsellagerung von Sanden, Kiesen, Schluffen und Tonen, die in Abhängigkeit der Fließdynamik des Flusses abgelagert wurden. Bei hoher Strömungsdynamik sowie im Stromstrich werden gröbere Sedimente abgelagert, am sog. Gleithang (Innenseite von Flusskurven) tendenziell feinkörnigere Sedimente. Bei Überschwemmungen der Aue gelangen feinkörnige Auelehme zur Ablagerung, in ehemaligen Sumpfgebieten der Aue und in Totarmen können lokal auch organische Tone und Torf nicht ausgeschlossen werden. Am Prallhang (Außenseite von Flusskurven) findet Erosion statt, so dass der Fluss sein Bett im Laufe der Zeit ständig verändert. Daher wechseln sich die einzelnen Schichten sowohl in vertikaler als auch in lateraler Erstreckung kleinräumig ab, so dass die Mächtigkeiten starken Schwankungen unterworfen sind.

Unterhalb der quartären Sedimente folgen allgemein Ablagerungen der tertiären Süßwassermolasse. Bei den Sedimenten der tertiären Molasse handelt es sich um eine wechselhaft zusammengesetzte limnisch-fluviatile Serie aus Sanden, Kiesen, Schluffen und Tonen, in denen auch Mergel und vereinzelt Kalkbänke auftreten können. Vorliegend sind nach der Geologischen Karte von Bayern Ablagerungen einer Mergel-Sand-Wechselfolge der Älteren Oberen Süßwassermolasse zu erwarten, in denen Tonmergel und Glimmerfeinsande dominieren, und die lokal als Stauer des oberen Grundwasserstockwerkes dienen.

Die quartären Kiese und Sande der Terrassenschotter stellen lokal den oberen Grundwasserleiter dar. Im Bereich des Baugebietes befindet sich dieser etwa bei 373 mNN. Der nächstgelegene wirksame Vorfluter ist die Schutter südlich des Baugebietes. Die Entwässerung erfolgt großräumig nach Süd bis Südost in Richtung der Donau.

### 3.1.2 Felduntersuchungen

Der Untergrund wurde durch unser Institut mit folgenden Aufschlüssen erkundet:

Anzahl	Art der Bodenaufschlüsse	max. Tiefe [m]	Ergebnisse
7	Rammkernbohrungen DN 60-80 (RKB)	7,0	Anlage 2
2	Rammsondierungen mit schwerer Rammsonde (DPH)	9,0	Anlage 3

Bei den (Klein-) Bohrungen im Rammkernbohrverfahren wird der Untergrund schichtweise aufgeschlossen. Dabei wurden 21 gestörte Proben gewonnen. Die Proben weisen nach DIN 22475-1 je nach Bohrdurchmesser und Bodenart die Entnahmekategorie A und die Güteklassen 2 (in bindigen Böden) bis Entnahmekategorie C und Güteklasse 5 (in den steinigen Kiesen) auf.

Grundlage für das Einmessen des Höhenniveaus der Aufschlusspunkte war ein Kanaldeckel im nordöstlichen Bereich des Baugebiets mit einer angegebenen Höhe von 377,29 mNN.

Die Lage der Aufschlusspunkte und des Messpunktes ist aus Anlage 1.1 ersichtlich.

### 3.1.3 Laboruntersuchungen

Die bei den Aufschlussarbeiten angetroffenen Bodenschichten konnten den Bodengruppen der DIN 18 196 mittels augenscheinlicher Bodenansprache für den vorgesehenen Zweck hinreichend genau zugeordnet werden.

Ergänzend zur augenscheinlichen Bodenansprache wurden gemäß Vorgabe bzw. Leistungsverzeichnis des Auftraggebers folgende Laborversuche durchgeführt:

- 4 x Korngrößenverteilung nach DIN 18123 (E1.9, E4.20, D5.14, E6.17)
- 1 x Konsistenzgrenzen nach DIN 18122-1 (E2.12)

Die Ergebnisse sind aus den Anlagen 4 ersichtlich.

### 3.1.4 Grundwasserverhältnisse

Bei den Felduntersuchungen im April 2016 wurde der Ruhe-Wasserspiegel in der folgenden Tiefe eingemessen:

Aufschluss-Nr.	Wasserspiegel angebohrt		Ruhewasserspiegel		Druckhöhe [m]
	[m u. GOK]	[mNN]	[m u. GOK]	[mNN]	
RKB 1	2,00	372,68	1,93	372,75	0,07
RKB 2	3,00	372,16	2,15	373,01	0,85
RKB 3	0,70	371,37	0,50	371,57	0,20
RKB 4	1,73	372,68	1,73	372,68	--
RKB 5	4,00	372,85	3,72	373,13	0,28
RKB 6	4,45	373,19	4,45	373,19	--
RKB 7	4,70	373,08	4,70	373,08	--

An den Untersuchungsstellen RKB 1, 2, 3, 5 wurde gespanntes Grundwasser mit einer Druckhöhe von bis zu 0,85 m nachgewiesen. Aufgrund der Hanglage können insbesondere im Anschluss an ergiebige Regenereignisse größere Druckhöhen auftreten.

Die Bohrung RKB 4 wurde zu einem 2" – Rammsetzpegel ausgebaut. Dieser besteht aus 1,3 m Filterrohr und 5,0 m Vollrohr mit einem Überstand von 0,34 m an der Geländeoberkante. Die Oberkante der Grundwassermessstelle liegt somit auf einem Niveau von 374,75 mNN. Beim Nivellement wurde ebenfalls der südlich des Samhof gelegene Brunnenschacht mit folgenden Höhen eingemessen:

- OK-Brunnenschacht (Betonring): 374,52 mNN
- Wasserpegel (20.04.2016): 373,08 mNN

Die Lage der Aufschlusspunkte, der Grundwassermessstelle und des Brunnenschachts ist aus der Anlage 1.1 ersichtlich.

Der mittlere höchste Grundwasserflurabstand (Grundwasserflurabstandskarte MHGW, online vom 27.04.2016 - Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR) nimmt von Nord nach Süd hin ab. Der größte Abstand beträgt im nördlichen Bereich bis zu 6,0 m. Im Süden steht der Grundwasserstand oberflächennah mit Flurabständen (MHGW) von 0,5 m bis 1,0 m unter GOK an.

Die lokale Grundwasserfließrichtung (s. Anlage 1.3: Grundwasserhöhenlinien MHGW, online vom 27.04.2016 - Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR) verläuft im Bereich des Baugebiets von Nord bzw. Nord-Nordwest (etwa 373,3 mNN) nach Süd (371,0 mNN).

Ungeachtet der Grundwasserstände sind insbesondere im Anschluss an ergiebigen Regenereignissen in den oberflächennahen Schichten Stau- und Schichtenwässer zu erwarten, die bis zur GOK ansteigen können.

### 3.1.5 Kontamination / Altlasten

Als Grundlage für eine orientierende und stichprobenartige Beurteilung des Bodens hinsichtlich umweltrelevanter Inhaltsstoffe wurden zwei Mischproben (MP 1 und MP 2) aus verschiedenen Einzelproben erstellt und nach dem „Eckpunktepapier“ (LVGBT) untersucht. Bei Unterschreitung der Grenzwerte kann der Aushub als Füllmaterial wiedereingebaut werden.

Die untersuchten (Misch-) Proben setzen sich aus folgenden Eimerproben zusammen:

Probennummer	Entnahmestelle	Probenbezeichnung	Parameterumfang	Laborbericht in Anlage
<b>MP 1</b>	RKB 1, 2, 3, 5	1.8, 2.10, 3.2, 5.14	Eckpunktepapier (LVGBT)	5.1
<b>MP 2</b>	RKB 1, 2, 3, 5, 6	1.9, 2.11, 3.3, 5.15, 6.17	Eckpunktepapier (LVGBT)	5.2

Als Probengefäße wurden dabei Plastikeimer verwendet und die Proben bei Außen- bzw. Raumtemperatur gelagert und transportiert. Die zu untersuchenden Proben wurden dem akkreditierten Analytiklabor Wessling GmbH zur laborchemischen Untersuchung per Kurier zugestellt. Die Ergebnisse der Laboranalytik sind als Anlage 5 beigefügt. Dabei ergaben sich mit Ausnahme des pH-Wertes der Probe MP2 von 9,1, der minimal über dem Z0-Grenzwert von 9,0 liegt, keine weiteren Z0-Wert Überschreitungen des Eckpunktepapiers (Anlagen 2 und 3).

Die vorliegende stichprobenartige Untersuchung ersetzt nicht Haufwerksbeprobungen des Aushubmaterials.

### 3.2 Schichtaufbau und -eigenschaften

Nachfolgend werden die Bodengruppen und -klassen detailliert beschrieben. In nachfolgender Tabelle erfolgt ein Vorschlag für die Einteilung der Homogenbereiche im Sinne der DIN 18300: 2015-08.

Schichtnr.	Bezeichnung	Homogenbereiche DIN 18300:2015-08
1a	Mutterboden	A
2	Quartär	
2a	Schluff (Lösslehm)	B
2b	Feinsand	B
2c	Torf	C
2d	Kiese der Terrassenschotter	D
3	Tertiär	-

Da die Feinsande in die Schluffe überwiegend mit nur geringer Mächtigkeit eingelagert sind und sich diese daher baupraktisch nur mit hohem Aufwand trennen lassen, wurden diese als Homogenbereich B zusammengefasst.

Nachstehend sind die bautechnischen Eigenschaften, die Verwendungsmöglichkeiten und die Bodengruppen und -klassen detailliert beschrieben. Bodenschichten mit vergleichbaren Eigenschaften wurden dabei zu Schichtpaketen zusammengefasst.

### Schicht 1: Mutterboden

Der Mutterboden wurde bis zu einer maximalen Teufe von 0,4 m erkundet.

Schicht 1/ Mutterboden	Beurteilung
Erkundete Schichtmächtigkeiten	0,3 – 0,4 m
Boden- und Felsklassen (DIN 18300-alt)	1
Boden- und Felsklassen (DIN 18300-2015:08)	A
Bodengruppen (DIN 18196)	überwiegend OU (Schluffe mit organischen Beimengungen), (SI)
Scherfestigkeit (DIN 18196)	Gering bis sehr gering
Verdichtungsfähigkeit (DIN 18196)	Schlecht bis sehr schlecht
Zusammendrückbarkeit (DIN 18196)	Sehr groß
Durchlässigkeitsbeiwert k (DIN 18130)	$k_f = 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ bis $1 \cdot 10^{-9} \text{ m/s}$ [schwach bis sehr schwach durchlässig]
Frostempfindlichkeit (DIN 18196) / Frostempfindlichkeitsklasse (ZTVE-StB 09)	F3 (sehr frostempfindlich)

### Schicht 2: Quartär

#### Schicht 2a: Quartäre bindige Deckschichten

Quartäre bindige Deckschichten wurden in allen Bohrungen unterhalb des Mutterbodens in variabler Mächtigkeit angetroffen. Sie bestehen aus einem Gemisch aus Schluffen mit tonigen Anteilen und überwiegend hohem Nebengemengeanteil an Feinsand. Aufgrund ihrer Zusammensetzung und Entstehung sind sie meist als Lösslehm zu bezeichnen, der bei der Verwitterung und Entkalkung von Löss entsteht. Löss ist ein vom Wind verfrachtetes feinkörniges Sediment, das im vorliegenden Fall während und unmittelbar nach der letzten Eiszeit aus vegetationslosen Sandflächen im Gletschervorfeld verfrachtet wurde. Da Löss bzw. Lösslehm für die Vegetation ein fruchtbares Substrat darstellt, können sich horizontgebunden organische Bestandteile, wie Pflanzenreste, finden.

Im Liegenden der quartären bindigen Deckschichten wurden stets quartäre Kiese angetroffen, wobei die Lösslehme im Bereich der Schichtgrenze zusätzlich Gerölle aus den quartären Kiesen enthalten.

Quartäre bindige Deck- und Zwischenschichten können Wasser aufstauen und weisen in der Regel eine steife, seltener auch eine weiche bzw. halbfeste Konsistenz auf. Sie sind im Vergleich zu den quartären Kiesen deutlich stärker zusammendrückbar und geringer scherfest.

Aufgrund der bindigen Eigenschaften mit überwiegend steifer Konsistenz und dem damit verbundenen Potential zu langanhaltenden und ungleichmäßigen Setzungen bei Belastung sind die quartären bindigen Deckschichten zum Abtrag größerer Bauwerkslasten ohne zusätzliche Verbesserungsmaßnahmen nur wenig geeignet.

Schluffe und Feinsande treten in mehreren Metern mächtigen Schichten über die komplette Länge des Bohrprofils auf.

Es handelt sich dabei hangseitig um Löss(-lehme). Im Süden stehen Auelehme in Form von Schluff und Feinsand an, deren Eigenschaften bautechnisch vergleichbar sind. Vereinfachend werden daher diese Schichten zusammengefasst.

Die feinkörnigen Einheiten sind die dominanten Schichten im Baugebiet.

Schicht 2a / Quartäre bindige Deckschichten	Beurteilung
Erkundete Schichtmächtigkeiten	Mehrere Meter
Boden- und Felsklassen (DIN 18300-alt)	Bodenklasse 4, lokal bei ausgeprägt plastischem Verhalten Klasse 5 möglich, breiige Böden Klasse 2
Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 -08	B
Bodengruppen (DIN 18196)	SU*, ST*, UL, UM, TL, TM
Lagerungsdichte / Konsistenz	überwiegend steif, weich
Scherfestigkeit (DIN 18196)	mittel und gering
Verdichtungsfähigkeit (DIN 18196)	schlecht bis mittel
Zusammendrückbarkeit (DIN 18196)	groß bis mittel
Durchlässigkeitsbeiwert k (DIN 18130)	$k_f = 1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-8}$ m/s (schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig)
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit (DIN 18196) Frostempfindlichkeitsklasse (ZTVE-StB 09)	sehr groß bis mittel, überwiegend F3 (sehr frostempfindlich)

### Schicht 2b: Quartäre Sande

Quartäre Sande wurden in den Bohrprofilen 5 und 7 in Mächtigkeiten bis 1,6 m nachgewiesen. Die Ausbildung der Sande reicht von schluffigem bis schwach schluffigem Feinsand bis hin zu kiesigem Sand. Die Bandbreite der Eigenschaften der Sande ist in nachfolgender Tabelle zusammengestellt:

Schicht 2b / quartäre Sande	Beurteilung
Erkundete Schichtmächtigkeiten	bis 1,6 m
Boden- und Felsklassen (DIN 18300-alt)	Bodenklassen 3, untergeordnet 4
Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 -08	B
Bodengruppen (DIN 18196)	überwiegend SE, SU, untergeordnet SW, SI
Lagerungsdichte / Konsistenz	meist locker bis mitteldicht,
Scherfestigkeit (DIN 18196)	mittel
Verdichtungsfähigkeit (DIN 18196)	mittel
Zusammendrückbarkeit (DIN 18196)	gering
Durchlässigkeitsbeiwert k (DIN 18130)	SE, SU: $k_f = 1 \cdot 10^{-4}$ bis $1 \cdot 10^{-7}$ m/s [durchlässig bis schwach durchlässig]
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit (DIN 18196) Frostempfindlichkeitsklasse (ZTVE-StB 09)	überwiegend F2 (gering bis mittel frostempfindlich), F1 (nicht frostempfindlich)

### Schicht 2c: Torf

Torfablagerungen wurden an der GOK in RKB 3 und 4 erkundet.

Schicht 2c / Torf	Beurteilung
Erkundete Schichtmächtigkeiten	Etwa 0,5 m
Boden- und Felsklassen (DIN 18300-alt)	Bodenklasse 3
Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 -08	C
Bodengruppen (DIN 18196)	HN, HZ
Lagerungsdichte / Konsistenz	weich
Scherfestigkeit (DIN 18196)	Gering bis sehr gering
Verdichtungsfähigkeit (DIN 18196)	Sehr schlecht
Zusammendrückbarkeit (DIN 18196)	Sehr groß
Durchlässigkeitsbeiwert k (DIN 18130)	$k_r = 1 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^{-6}$ m/s (durchlässig)
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit (DIN 18196) Frostempfindlichkeitsklasse (ZTVE-StB 09)	F3 (sehr frostempfindlich)

## Schicht 2d: Quartäre Kiese

Kiese wurden in allen Bohrungen aufgeschlossen. Eine zweifelsfreie Unterscheidung zwischen quartären und tertiären Kiesen ist schwierig und kann insbesondere anhand der Eindringwiderstände der Lagerungsdichte erfolgen. In RKB 6 und 7 dominieren die Kiese gegenüber den Feinkornsedimentschichten.

Die quartären Kiese im Bereich der geplanten Baumaßnahme entstanden hauptsächlich während der vorletzten Eiszeit (Rißvereisung) als fluviatile Ablagerungen, die von einem verzweigten und sich laufend änderndem Netz aus Schmelzwasserströmen transportiert und geschüttet wurden. Zu dieser Zeit floss die Donau noch durch das Schuttertal. Die Schmelzwasserströme hatten ihren Ursprung vornehmlich in den südlich von München gelegenen Vorlandgletschern. Deren Ablagerungen werden Hochterrassenschotter genannt. Entsprechend der variablen Fließgeschwindigkeiten im Ablagerungsraum wechseln sich bei den quartären Kiesen unterschiedlich stark sandige, unterschiedlich stark schluffige Lagen mit fast sand- und schlufffreien Lagen ab. Vorliegend wurden überwiegend stark sandige Kiese erkundet.

Entsprechend ihrer unterschiedlichen Zusammensetzungen weisen die einzelnen Kiesschichten auch kleinräumig unterschiedliche Eigenschaften auf. Deren Bandbreite ist in folgender Tabelle zusammengestellt.

Schicht 2d / Kiese	Beurteilung
Erkundete Schichtmächtigkeiten	Bis 3,6 m in RKB 6
Boden- und Felsklassen (DIN 18300-alt)	Bodenklasse 3
Homogenbereiche nach DIN 18300:2015 -08	D
Bodengruppen (DIN 18196)	GW, GI, GU
Lagerungsdichte / Konsistenz	mitteldicht bis dicht
Scherfestigkeit (DIN 18196)	groß bis sehr groß
Verdichtungsfähigkeit (DIN 18196)	gut
Zusammendrückbarkeit (DIN 18196)	gering
Durchlässigkeitsbeiwert $k$ (DIN 18130)	$k_f = 1 \cdot 10^{-3}$ m/s bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s (stark durchlässig bis durchlässig)
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit (DIN 18196) Frostempfindlichkeitsklasse (ZTVE-StB 09)	überwiegend F1, partiell F2

#### **Schicht 4: Tertiär**

Das Tertiär besteht aus einer Wechselfolge von Sanden, Kiesen, Tonen und Schluffen, partiell können auch geringmächtige Mergel mit felsähnlichen Eigenschaften anstehen.

In RKB 2 wurde glimmerhaltiger Feinsand erbohrt, der mutmaßlich dem Tertiär zugeordnet werden kann. Aufgrund des geringen Eindringwiderstandes kann nicht ausgeschlossen werden, dass dieser fluviatil umgelagert wurde. Daher wurde auf der sicheren Seite liegend dem Schichtpaket 2a zugeordnet. Zur genaueren Abgrenzung werden im Zuge der Gutachten für die Wohnbebauung ergänzende Sondierungen und verrohrte Erkundungsbohrungen empfohlen.

In DPH 8 deuten die hohen Schlagzahlen  $N_{10}$  mit der Schweren Rammsonde ab einer Tiefe von etwa 6 m bis 7 m auf das Tertiär hin.

### 3.3 Bodenkennwerte

Unter Bezugnahme auf die DIN ISO 14688-1, DIN 18196, DIN 1055-2, DIN 1054:2010 und DIN EN 1997-1 können den angetroffenen Böden nachfolgend aufgeführte bodenmechanische Kennwerte zugrunde gelegt werden. Die fett gedruckten charakteristischen Werte sind im Sinne der DIN 1054 als vorsichtige Schätzwerte (Mittelwerte) der zu erwartenden Bodenkenngrößen zu interpretieren. Je nach Aufgabenstellung und Sicherheitsdefinition kann der Ansatz von unteren und oberen Grenzwerten erforderlich werden.

Bodenmechanik	Schicht 2a Decklehme	Schicht 2b Feinsande	Schicht 2c Torf	Schicht 2d Kiese
<b>Bodengruppe DIN 18196</b>	SU*, ST*, UL, UM, TL, TM	SE, SU, (SW, SI)	HN, HZ	GW, GI, GU
<b>Bodenklasse DIN 18300-alt</b>	4, (2, 5)	3, (4)	3	3-5
<b>Homogenbereiche DIN 18300</b>	B	B	C	D
<b>Bodenkennwerte</b> Wichte $\gamma$ , $\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ] Wichte $\gamma'$ , $\gamma'_k$ kN/m <sup>3</sup>	18-20 / <b>19</b> 8-10 / <b>8</b>	18-20/ <b>18</b> 9-11 / <b>10</b>	11-13/ <b>12</b> 1-3/ <b>2</b>	19-20 / <b>19</b> 9-10 / <b>9</b>
<b>Scherparameter</b> $\varphi'$ , $I \varphi'_k$ [°] $c'$ , $c'_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	17,5–25 / <b>22,5</b> 0-10 / <b>2</b>	30,0–35 / <b>32,5</b> 0 – 5 / <b>0</b>	15-2,5/ <b>15</b> 2-5 / <b>2</b>	32,5–37,5 / <b>35</b> 0 – 2 / <b>0</b>
<b>Steifemodul <math>E_s</math>, <math>E_{sk}</math></b> [MN/m <sup>2</sup> ]	3 - 8	30 - 60	1-1,5	30 - 80
<b>Konsistenz/Lagerung</b>	überwiegend steif, weich	meist locker bis mitteldicht	-	mitteldicht bis dicht
<b>Durchlässigkeit <math>k_f</math></b> [m/s]	$1 \cdot 10^{-6}$ - $1 \cdot 10^{-8}$	$1 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^{-7}$	$1 \cdot 10^{-4}$ - $1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-3}$ - $1 \cdot 10^{-5}$
<b>Frostempfindlichkeit</b>	überwiegend F3 (sehr frostempfindlich)	überwiegend F2, partiell F1	F3 (sehr frostempfindlich)	überwiegend F1, partiell F2

## 4 EMPFEHLUNGEN UND HINWEISE FÜR DIE PLANUNG UND BAUAUSFÜHRUNG

### 4.1 Wohnbebauung

#### 4.1.1 Allgemeines

Die vorliegende Baugrunderkundung dient zur Erschließungsplanung des Baugebietes und ersetzt nicht kleinräumige Untersuchungen, die im Zuge der Ausführungsplanung der Wohngebäude erforderlich und aufgrund der Wechselschichtung der Böden sowie der hohen Grundwasserstände (bzw. der Stau- und Schichtenwässer) dringend angeraten werden. In diesem Zusammenhang verweisen wir auch auf die DIN EN 1997-2 und DIN 4020 „Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke“. Vorläufig kann von der geotechnischen Kategorie 2 (mittlerer Schwierigkeitsgrad) ausgegangen werden.

#### 4.1.2 Gründung

Im oberen Hangbereich nördlich des Samhofes kann voraussichtlich (unter Zugrundelegung der stichprobenartigen Aufschlüsse RKB 5-7 und DPH 8) eine Gründung von unterkellerten Wohngebäuden mit 2 Vollgeschossen auf Bodenaustauschpolstern oder partiell direkt in den Terrassenkiesen erfolgen.

Bei Gründungstiefen von bis zu etwa 2,5 m unter GOK ist kein Grundwasser, aber Stau- und Schichtenwasser zu erwarten.

Im mittleren Hangbereich, der im Süden etwa durch die Aufschlüsse 1, 2 und 4 begrenzt wird, ist im Kellerbereich mit Grundwasser zu rechnen.

Eine Gründung von leichten Gebäuden ist hier voraussichtlich auf Bodenaustauschpolstern möglich.

Im Süden ist eine Bebauung wegen der hohen Grundwasserstände schwierig. Selbst bei Durchführung von Bodenaustausch-, Bodenverbesserungs- oder Tiefgründungsmaßnahmen ist die Problematik der Vernässung der Grundstücksflächen nicht gelöst.

Daher wird empfohlen zu prüfen, ob hier nach Durchführung von Bodenaustauschmaßnahmen der oberflächennahen Aueablagerungen (Torf, organische und weiche Schluffe) eine großflächige Geländeanhebung um etwa 1 m bis 2 m praktikabel ist.

Sowohl für die Durchführung der Bodenaustauschmaßnahmen als auch für die Kellerbaugruben ist eine Grundwasserabsenkung erforderlich, deren Auswirkungen auf die Bestandsbebauung vorab geprüft werden muss.

Bei schweren Gebäuden mit bis zu 7 Vollgeschossen ist im gesamten Baugebietsbereich bis in größere Tiefen ein Lasteinfluss zu erwarten. Hier sind generell Bodenaustauschmaßnahmen, Bodenverbesserungsmaßnahmen (z. B. Rüttelsäulen aus Beton oder Schotter, Stabilisierungssäulen nach dem CSV-Verfahren) oder Tiefgründungsmaßnahmen (Bohrpfähle, duktile Pfähle) einzuplanen.

Tendenziell ist südlich des Samhofes mit einem größeren Gründungsaufwand als nördlich zu rechnen.

Aufgrund der begrenzten Erkundungstiefe der Aufschlüsse können hierzu keine vertieften Aussagen getroffen werden, zumal die tiefer liegenden Tertiärschichten ebenfalls in einer Wechselfolge von Kiesen, Sanden, Schluffen, Tonen und Mergeln anstehen können.

#### 4.1.3 Bauwerksabdichtung und Dränung

Wegen der stauenden Lehmschichten ist auch im nördlichen, hangseitigen Bereich mit Schichtenwasser zu rechnen, das sich bis zur Geländeoberkante stauen kann. Im Süden steht das Grundwasser geländenah an.

Für die Festlegung der Bauwerksabdichtungsmaßnahmen sollte der Grundwasserstand deshalb in Höhe der jeweiligen Geländeoberkante angenommen werden, sofern keine Untersuchungen im Einzelfall durchgeführt werden.

Vorliegend werden die Ausbildung von „Weißen Wannen“ oder bei hochwertiger Kellernutzung die Ausbildung von „Schwarzen Wannen“ nach DIN 18195 / T6 (Abdichtung gegen drückendes Wasser) empfohlen. Die Lichtschächte sind druckwasserdicht an die Keller anzuschließen. Die Bestimmungen der WU-Richtlinie (Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton) sind zu beachten.

Erfahrungsgemäß ist die Ausführung einer „Weißen Wanne“ wirtschaftlicher.

## 4.2 Kanalbau

### 4.2.1 Erdarbeiten

Detaillierte Planungen zum Kanalbau lagen zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung noch nicht vor.

Die anstehenden Lehme sind nur in mindestens steifer Konsistenz als Auflager für die vorgesehenen Leitungen und als Verfüllmaterial für die Leitungsgräben geeignet. Die Schluffe sind sehr witterungsempfindlich und weichen bei Wasserzutritt schnell auf. Deshalb sollte in den bindigen Böden ein Bodenaustausch in einer Mächtigkeit zwischen 30 cm und 50 cm (i. M. 40 cm) kalkuliert werden.

Als Bodenaustauschmaterial über dem Grundwasserspiegel und zur Leitungsgrabenverfüllung eignet sich beispielsweise ein gemischtkörniges Kies – Sand – Gemisch mit max. 15 Gew.-% Feinanteilen. Die ausgebauten feinkornarmen Kiese des Homogenbereichs D eignen sich sehr gut zur Wiederverfüllung. Deshalb sollten diese Böden nach dem Ausbau auf der Baustelle getrennt von den Lehmen zwischengelagert und wiederverwendet werden. Für den Einbau wird unterhalb des Planums bis in eine Tiefe von 0,5 m ein Verdichtungsgrad ( $D_{PR}$ ) von 100 %, darunter ein Verdichtungsgrad von 98 % gefordert.

Zur Vermeidung von Erosions- und Suffusionserscheinungen (Einschwemmen von Feinanteilen) empfehlen wir am Übergang zu bindigen Böden eine Vliesummantelung des Bodenaustauschpolders.

Bei Leitungsverlegungen im Grundwasser empfehlen wir hier statt des gemischtkörnigen Bodens den Einbau von mit Vlies ummantelten „Rollkies“ der Körnung 4/16, der während der Grundwasserabsenkung eine Dränfunktion übernimmt. Die Dränagen müssen nach der Grundwasserabsenkung wieder abgedichtet werden.

Die bindigen Böden eignen sich nur dann zum Wiedereinbau, wenn der natürliche Wassergehalt in etwa dem optimalen Wassergehalt (beim Proctorversuch) entspricht. Insbesondere bei Niederschlägen und bei Grundwasserzutritt weichen diese Böden schnell auf.

Aus baubetrieblichen Gründen empfehlen wir einen Einbau von grob- oder gemischtkörnigem Boden (Kies – Sand – Gemisch mit max. 15 Gew.-% Feinanteilen). Die ausgebauten feinkornarmen Kiese und Sande eignen sich gut zur Wiederverfüllung. Infolge der zu erwartenden Dränagewirkung des Kanalgrabens werden im Bereich der Hausanschlüsse Dichtungsriegeln empfohlen.

Alternativ könnte eine Bodenverbesserung der bindigen Böden ausgeführt werden. Im Hinblick auf den Schutz der angrenzenden Bebauung können nur Verfahren mit örtlich begrenzter Staubeentwicklung zugelassen werden.

Für den Einbau der Lehme und gemischtkörnigen Böden wird gemäß den ZTVE - StB 94 / 97 unterhalb des Planums bis in eine Tiefe von 0,5 m ein Verdichtungsgrad ( $D_{PR}$ ) von 97 %, darunter von 95 % gefordert.

#### 4.2.2 Wasserhaltung und Verbau

Zum Zeitpunkt der Gutachtenerstellung lagen uns noch keine Angaben zu den geplanten Leitungen und Kanälen vor. Deshalb sind nachfolgende Angaben noch allgemein gehalten.

Bei gängigen Kanaltiefen von etwa 2 m unter bisheriger GOK können im nördlichen Bereich bei Niedrig- und Mittelwasserständen sog. Grabenverbaugeräte („Kriings“-Verbau) eingesetzt werden.

Für die Planung und Ausführung sind die Bestimmungen der DIN 4124 zu beachten.

In den Aufschlüssen RKB 1 bis RKB 4 wurde u.a. gespanntes Grundwasser in Tiefen von 0,70 m bis 2,15 m unter GOK erbohrt. Sofern das Grundwasser gezielt (ohne Feinteilenzug) bis 0,5 m unter Aushubsole abgesenkt werden kann, dürfen unter Beachtung der sonstigen Voraussetzungen der DIN 4124 auch hier Grabenverbaugeräte eingesetzt werden.

Für die Grundwasserabsenkung ist vor Beginn der Maßnahme eine wasserrechtliche Genehmigung beim Wasserwirtschaftsamt Ingolstadt einzuholen.

Bei Grundwasserabsenkungen über 0,5 m wird zur Vermeidung weitreichender Absenktrichter der Einsatz von „wasserdichten“ Spundwänden empfohlen, die ins Tertiär (Grundwasserstauer) einbinden. Wegen der hohen Eindringwiderstände der tertiären Böden kann der zusätzliche Einsatz von Einbringhilfen (z. B. Lockerungsbohrungen) erforderlich werden.

Zur Vermeidung bzw. Minimierung der Wasserhaltungs- und Verbaukosten wird im Süden eine Geländeanhebung bzw. Auffüllung (s. a. Kap. 4.1) empfohlen.

#### 4.2.3 Böschungen

Gräben und Baugruben mit einer Tiefe von mehr als 1,25 m müssen mit abgeböschten Wänden hergestellt oder entsprechend verbaut werden. Ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit dürfen unter Maßgabe der Anwendungsvoraussetzungen der DIN 4124 für Grabenverbaugeräte folgende Böschungswinkel nicht überschritten werden:

Boden	Konsistenz	Böschungswinkel $\beta$
Nichtbindig	-	45°
Bindig	Weich steif, halbfest	45° 60° *)

\*) nur zulässig, wenn Böschung (z.B. mit PE-Folien) vor Witterungseinflüssen geschützt

### 4.3 Straßenbau

Für die Dimensionierung und Ausführung der Straße sind im Wesentlichen die nachstehenden Vorschriften für Straßenbauarbeiten maßgebend:

- *Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln*
- *Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen RStO 2012*
- *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau ZTVE-StB 09*
- *RAS-Ew 2005*
- *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau ZTV SoB-StB*

Angaben zur Belastungsklasse liegen uns nicht vor.

Nach den ZTVE, ZTV SoB-StB 04/07 bzw. RStO sind folgende Anforderungen einzuhalten:

Schicht	Verformungsmodul $E_{V2}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Verhältniswert max. $E_{V2}/E_{V1}$
OK Tragschicht	muss in Abhängigkeit von der Bauklasse noch abgestimmt werden, i. d. R. 120	2,2

Planum	45	(2,5)
--------	----	-------

Die maßgebende Vorschrift, die Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen - RStO 2012, fordert in Abhängigkeit von der Bauklasse einen frostsicheren Oberbau lt. nachstehender Aufstellung.

### **Belastungsklasse Bk0,3**

Dicke bei Frostempfindlichkeitsklasse F 2 <sup>1)</sup>	40 cm
Frosteinwirkung, Zone II	+ 5 cm
Wasserverhältnisse im Untergrund (ungünstig)	+ 5 cm
<b>Gesamtdicke des Oberbaus</b>	<b>50 cm</b>

<sup>1)</sup> Gilt nur bei Herstellung des Erdplanums in Kiesen und Sanden bzw. Bodenaustausch, sowie bei einer Bodenverfestigung bindiger Böden, in nicht verfestigten bindigen Böden ergibt sich eine um 10 cm höhere Schichtdicke

### **Belastungsklasse Bk 3,2 bis Bk1,0**

Dicke bei Frostempfindlichkeitsklasse F 2 <sup>1)</sup>	50 cm
Frosteinwirkung, Zone II	+ 5 cm
Wasserverhältnisse im Untergrund (ungünstig)	+ 5 cm
<b>Gesamtdicke des Oberbaus</b>	<b>60 cm</b>

<sup>1)</sup> Gilt nur bei Herstellung des Erdplanums in Kiesen und Sanden bzw. Bodenaustausch, sowie bei einer Bodenverfestigung bindiger Böden, in nicht verfestigten bindigen Böden ergibt sich eine um 10 cm höhere Schichtdicke

Wegen der hohen Grundwasserstände im Südlichen Bereich empfehlen wir die Gradienten der Erschließungsstraßen überwiegend in leichter Dammlage zu planen.

Nach den vorliegenden Bodenaufschlüssen dürfte die erforderliche Tragfähigkeit auf dem anstehenden Untergrund mutmaßlich nicht erreicht werden. Zur Erhöhung der Tragfähigkeit sind grundsätzlich folgende Verfahren denkbar:

- Auffüllung bzw. Austausch des anstehenden Bodens mit einem gut verdichtbaren, grobkörnigen oder gemischtkörnigen Boden mit einem Feinkornanteil (<0,063 mm) von höchstens 15 Gew. -% in einer Mächtigkeit von ca. 30 bis 40 cm. Organische Schichten (Torf) sind komplett auszutauschen.

- Verbesserung des Untergrundes mit einem Kalk-Zement-Gemisch (Baugemisch) in einer Mächtigkeit von ca. 30 – 40 cm. Organische Schichten (Torf) sind komplett auszutauschen.

Dabei wäre eine Bodenverbesserung mit einem Kalk – Zement – Gemisch denkbar. Für eine überschlägige Kalkulation kann ein Bindemittelgehalt von etwa 80 kg/m<sup>3</sup> zu verbesserndem Boden mit einem Mischungsverhältnis von Kalk : Zement 2 : 1 angesetzt werden. Das Bindemittel kann vor dem Bodenabtrag mit einem Streugerät aufgebracht werden. Mittels einer geeigneten Straßenbaufräse wird der Boden ca. 30 – 40 cm tief mit dem Bindemittel durchmischt und kann direkt - gegebenenfalls unter Zugabe von geringen Wassermengen – eingebaut und verdichtet werden. Wegen der nahen Bebauung können nur Mischverfahren mit einer geringfügigen, örtlich begrenzten Staubentwicklung toleriert werden.

#### 4.4 Versickerung

Im Süden wurden einerseits hohe Grundwasserstände und Stauschichten in Form von Schluffe abgeschlossen.

Eine Versickerung sollte daher nur im nördlichen Baugebietsbereiches in den Terrassenkiesen (s. a. RKB 6) zugelassen werden.

Da die Böden auch im Norden partiell wechselgeschichtet sind (s. a. RKB 5 und 7), werden hierzu Sickerversuche empfohlen.

Vorliegend werden bei den tief liegenden Terrassenkiesen Versickerungsschächte, bei höher anstehendem Kies Rigolen empfohlen. Dabei sollte ein ausreichender Abstand der Versickerungsanlagen zu den Gebäuden eingehalten werden.

Bei einer Rigolenversickerung wird das Regenwasser über Sickerrohre verteilt. Über die Rohröffnungen strömt das Regenwasser in die umgebende Kiespackung (Rigole) und von dort in den gewachsenen Boden. Zur Kontrolle und Spülung der Rohrstränge können in einem Abstand von maximal 50 m Kontrollschächte vorgesehen werden.

Da die oberflächennah anstehenden Lehme aufgrund ihrer geringen Durchlässigkeit nicht zur Versickerung geeignet sind, müssten diese Böden durch ein gut durchlässiges Kiesgemisch ausgetauscht werden. Um die Filterstabilität und damit eine dauerhafte Versickerung zu gewährleisten, empfehlen wir ein Kiesgemisch 2 / 32, das zu bindigen Schichten hin mit einem Vlies zu umhüllen ist.

Unter diesen Voraussetzungen darf für die Vordimensionierung der Rigolen nachstehend angegebener Rechenwert für die Durchlässigkeit angesetzt werden:

Bei der Dimensionierung der Rigolen sind folgende Richtlinien zu beachten:

- Arbeitsblatt DWA-A138 Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V.
- RAS - Ew Richtlinien für die Anlage von Straßen - Entwässerung
- DIN 4095 (6/90) Dränung zum Schutz baulicher Anlagen
- ZTVE-StB 09 Zusätzliche Technische Vorschriften für Erdarbeiten im Straßenbau

**Wegen der komplexen hydrogeologischen Verhältnisse erachten wir es für erforderlich die Versickerungsfähigkeit mittels Sickerversuchen genauer zu untersuchen.**

Nach Vorliegen der Entwässerungsplanung sollte anhand der ermittelten Versickerungswassermengen die hydrogeologischen Auswirkungen auf die vorhandene Bebauung abgeschätzt werden.

Für eine erste überschlägige Abschätzung im Zuge der Vorplanung dürfen Rohrrigolen in den Terrassenkiesen überschlägig wie folgt vordimensioniert werden:

Porenvolumen der Sickerpackung (Kies 2/32):  $s = 0,35$

Charakteristische Durchlässigkeit der Terrassenkiese unter Rohrsohle:  $k_r = 1,0 \times 10^{-4}$

#### 4.5 Beweissicherung

In den gut durchlässigen Sanden und Kiesen ergeben sich bei großen Grundwasserabsenktiefen (im Zuge des Kanalbaus) weitreichende Absenktrichter bzw. infolge der Versickerung ein Grundwasseraufstau.

Östlich des geplanten Baugebietes liegt ein Wohnviertel und nördlich das Ingolstädter Klinikum. Nachdem bei Baumaßnahmen dieser Größenordnung durch Grundwasserabsenkungen Schäden

an der benachbarten Bebauung nicht auszuschließen sind, ist es im Interesse aller Beteiligten sinnvoll, vor Beginn der Bauarbeiten ein Beweissicherungsverfahren an allen Nachbargebäuden durchzuführen.

#### 4.6 Schlussbemerkung

Für den Fall, dass beim Bau andere Bodenverhältnisse angetroffen werden, als im Gutachten beschrieben, oder dass seitens der örtlichen Bauleitung Zweifel aufkommen oder anderweitige noch offene Fragen bestehen, ist der Unterzeichnende sofort zu verständigen.

Allen an der Maßnahme Beteiligten stehen wir für Rückfragen jederzeit gerne zur Verfügung.

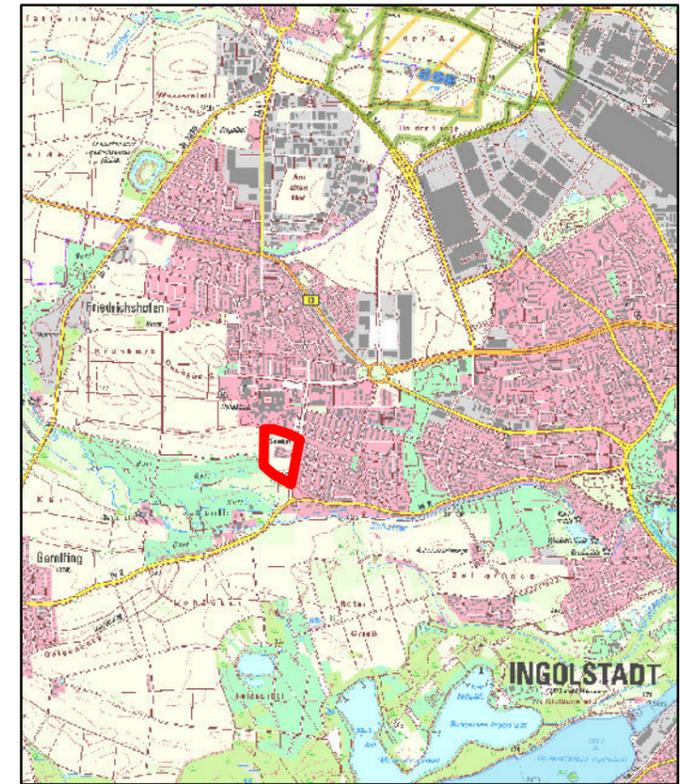
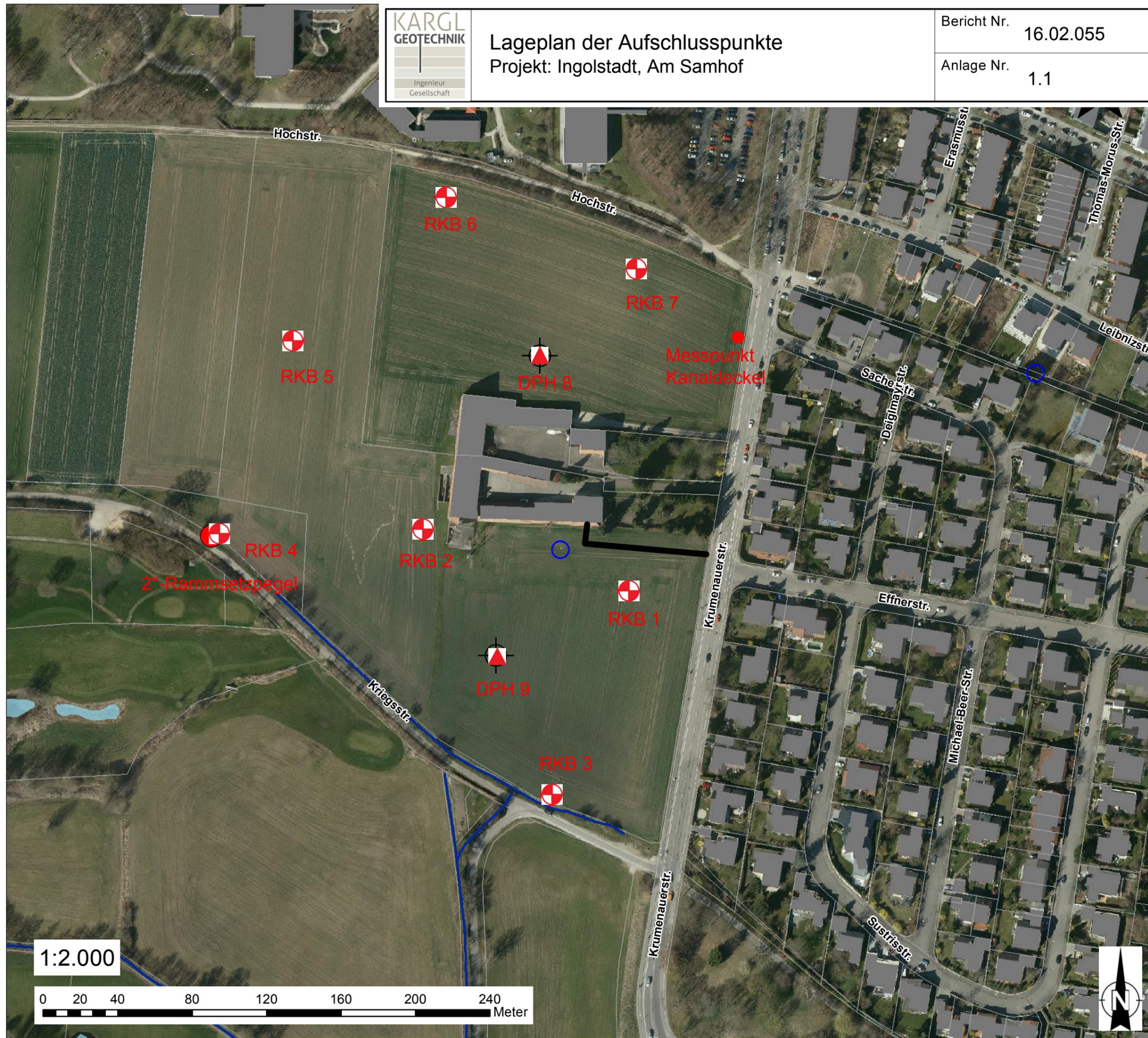


M. Kargl, Dipl.-Ing. (Univ.)

(Fachbereichsleiter Erd- und Grundbau)

## 5 VERZEICHNIS DER ANLAGEN

1. Lageplan der Aufschlusspunkte  
Grundwasserflurabstandskarte  
Karte der Grundwasserhöhenlinien
2. Bohrprofile
3. Sondierungen
4. Bodenmechanische Laborversuche
5. Laboranalytik



-  geplante Rammkernbohrung
-  Grundwassermessstelle
-  Rammsondierung
-  Rammkernbohrung (RKB) DN 60/80
-  Rammsondierung (DPH)

Hinweis:  
 Die Objektdaten geben die in der Datenbank geführten Objekte wieder. Messstellen können gegenüber der Örtlichkeit von der Lage abweichen oder nicht mehr existieren  
 Luftbildaufnahme: Amt für Verkehrsmanagement und Geoinformation, Stadt Ingolstadt

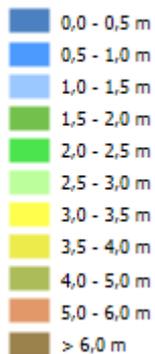
<p><b>Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR</b></p> <p>Hindemithstr. 30, 85057 Ingolstadt          Tel.-Nr. 0841/305-3621 Telefax: -3609</p>		 <p>Ingolstädter          Kommunalbetriebe AöR          Ver- und Entsorgung</p>
<p>Wasserwirtschaftliches GIS          - Auszug aus hydrogeologischer Datenbank -</p>		<p>Netzstrategie und -          informationssystem</p>
<p><b>Baugrunduntersuchung</b>          B-Plan 107 H " Am Samhof"</p>		<p>Projektleiter:           GIS-Bearbeitung: </p>
<p>www.in-kb.de/Grundwasser</p>		<p>Maßstab: 1:2.000          Datum: 13.04.2016</p>

# Grundwasserflurabstandskarte

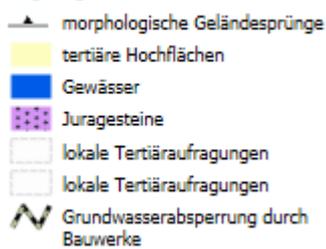
Grundwasserflurabstandskarte MHGW, online vom 27.04.2016 - Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR



Grundwasserflurabstände für MHGW-Verhältnisse

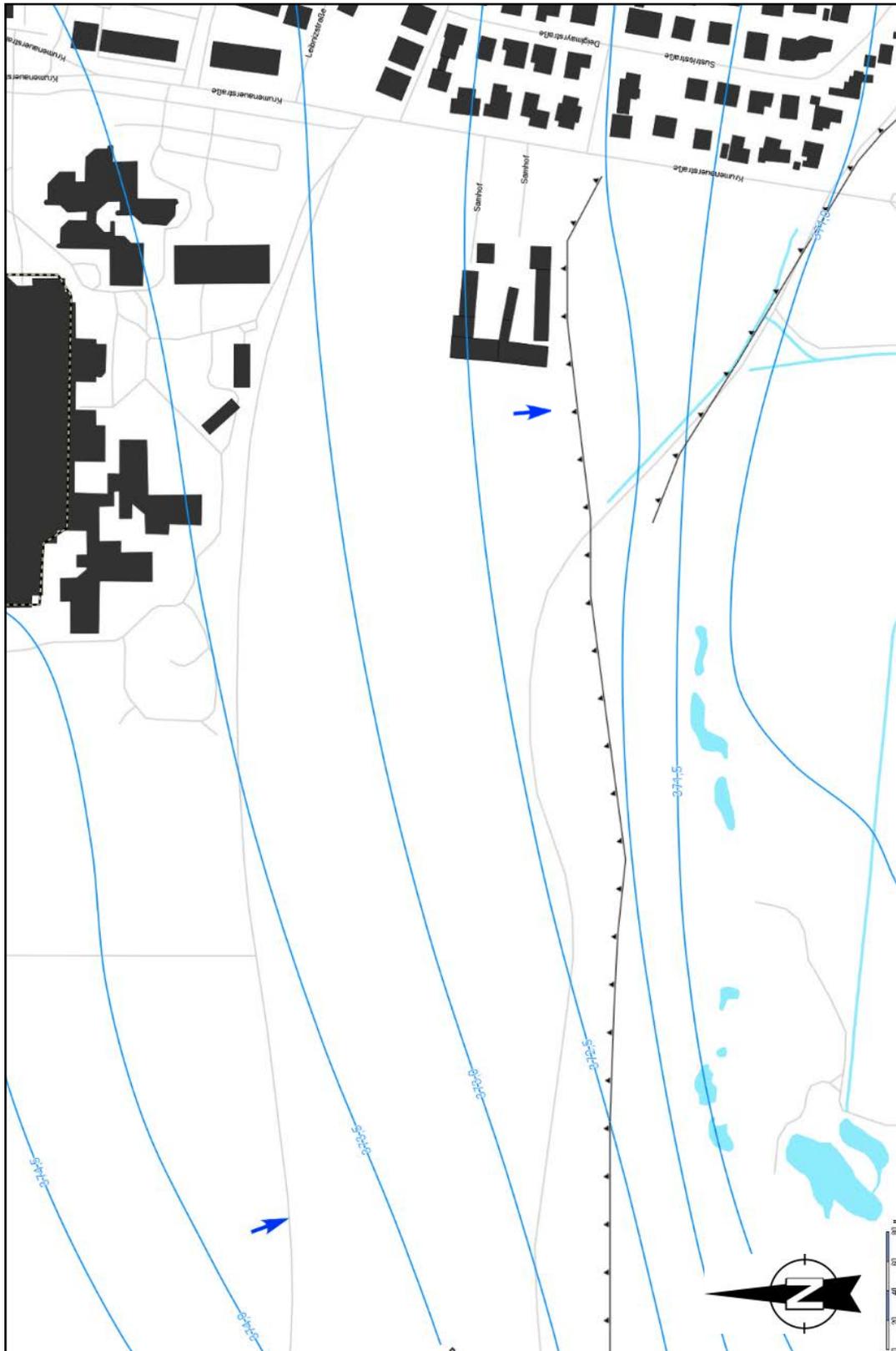


Beeinflussung des Grundwasserkörpers durch geologische Besonderheiten



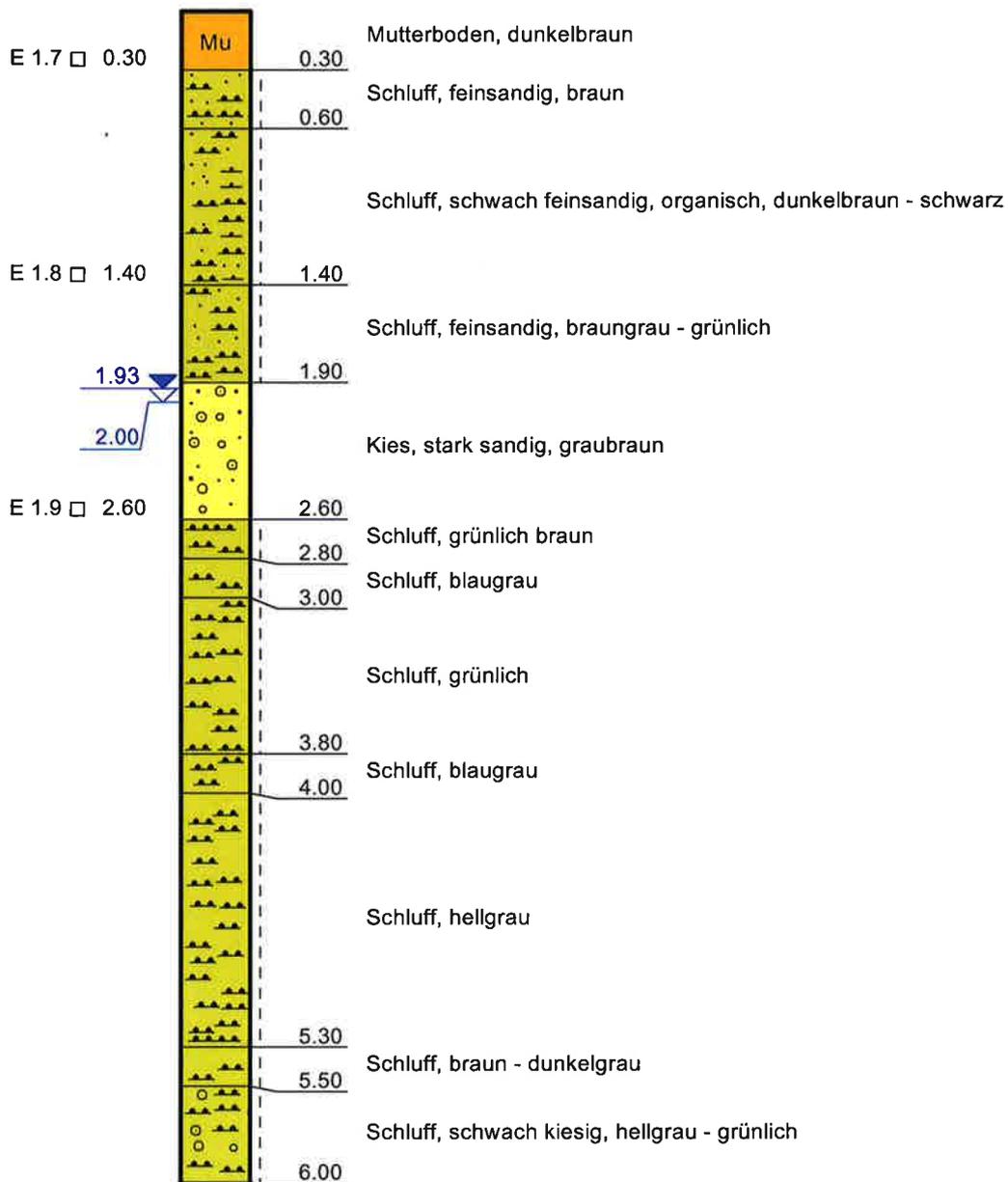
# Grundwasserfließrichtung

Grundwasserhöhenlinien MHGW, online vom 27.04.2016 - Ingolstädter Kommunalbetriebe AöR



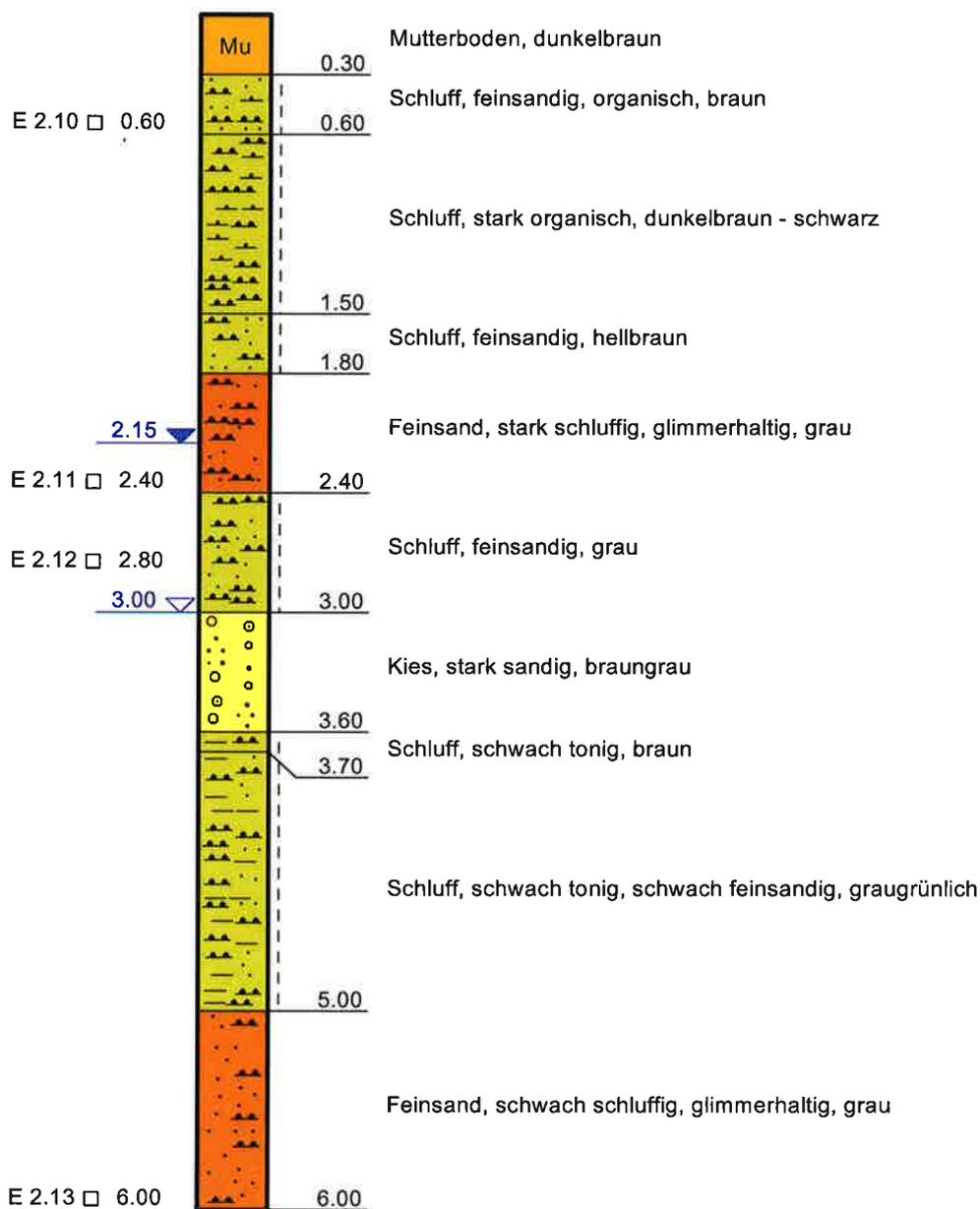
# RKB 1

374,68 mNN



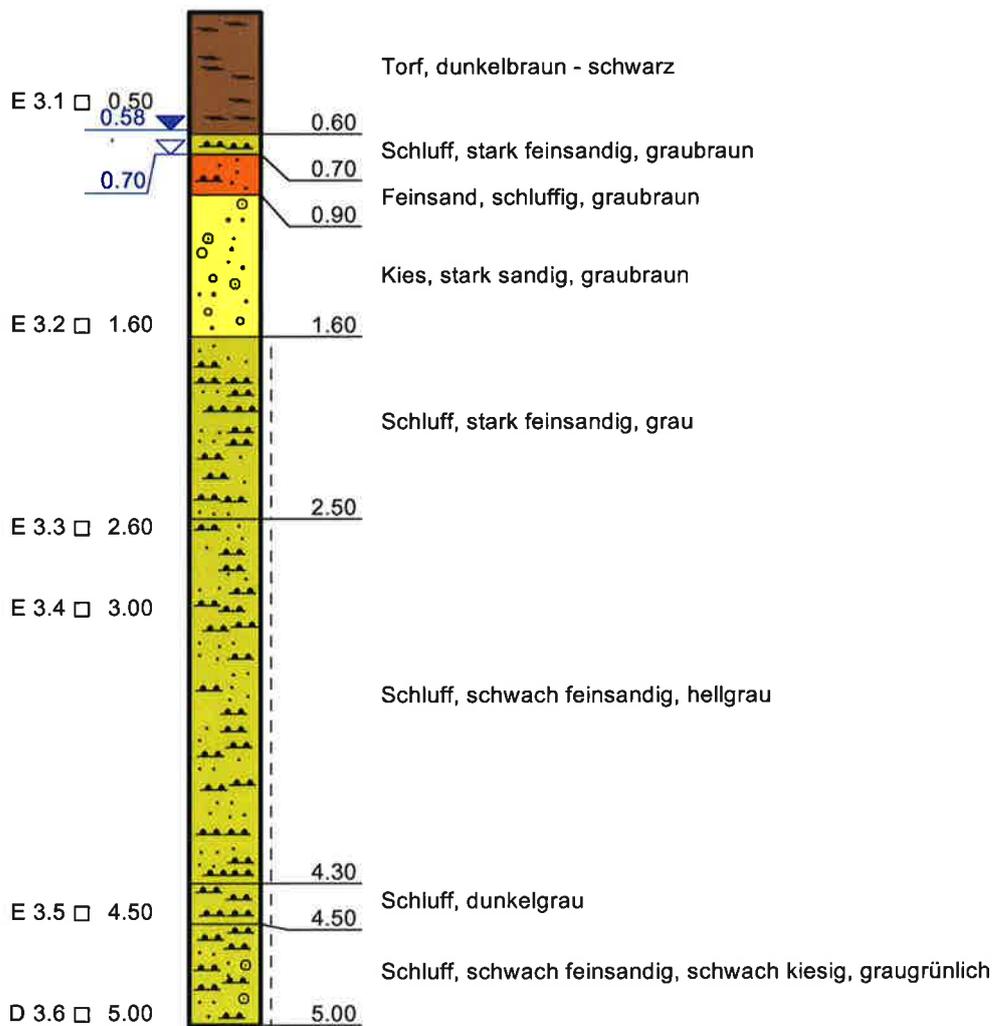
## RKB 2

375,16 mNN

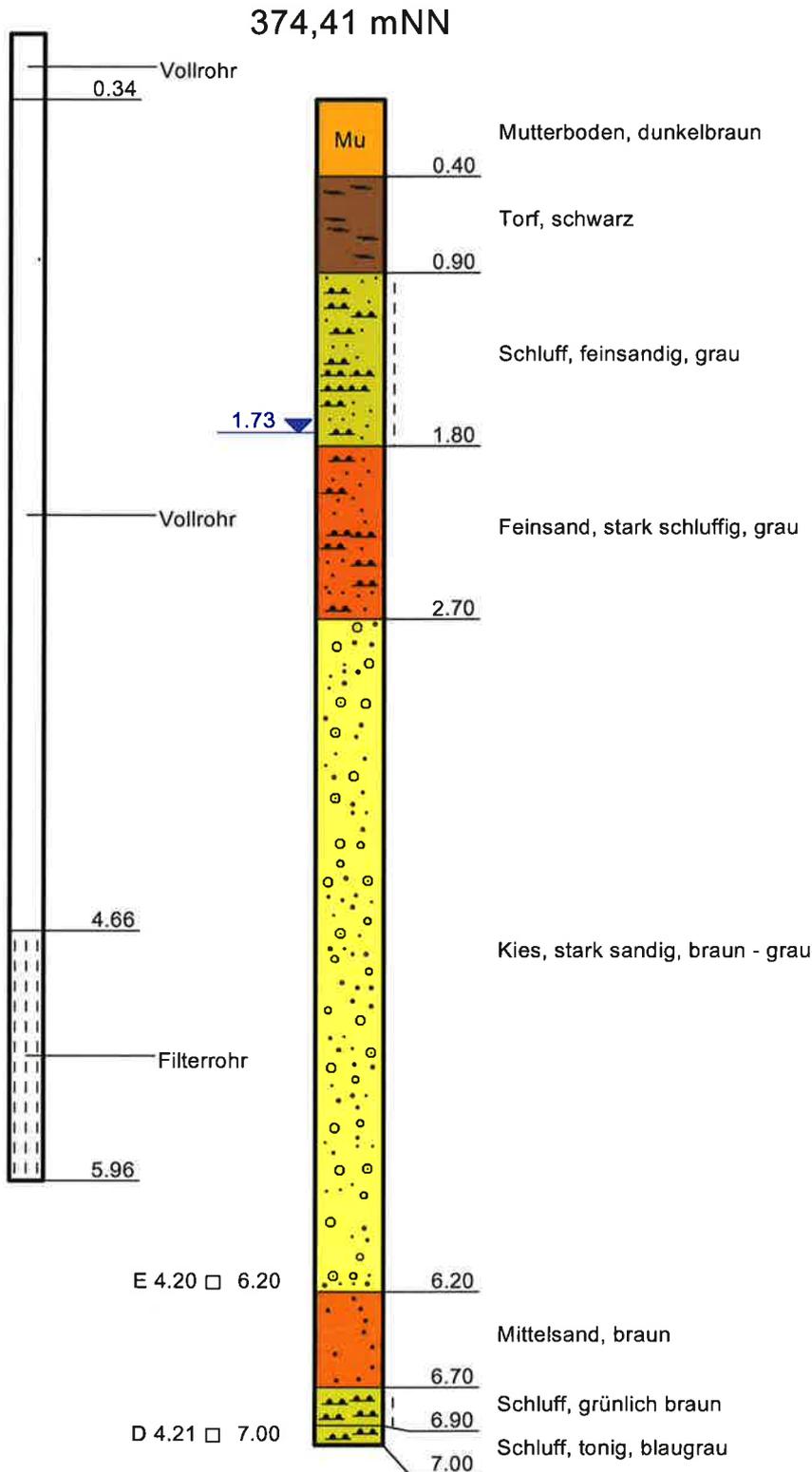


## RKB 3

372,07 mNN

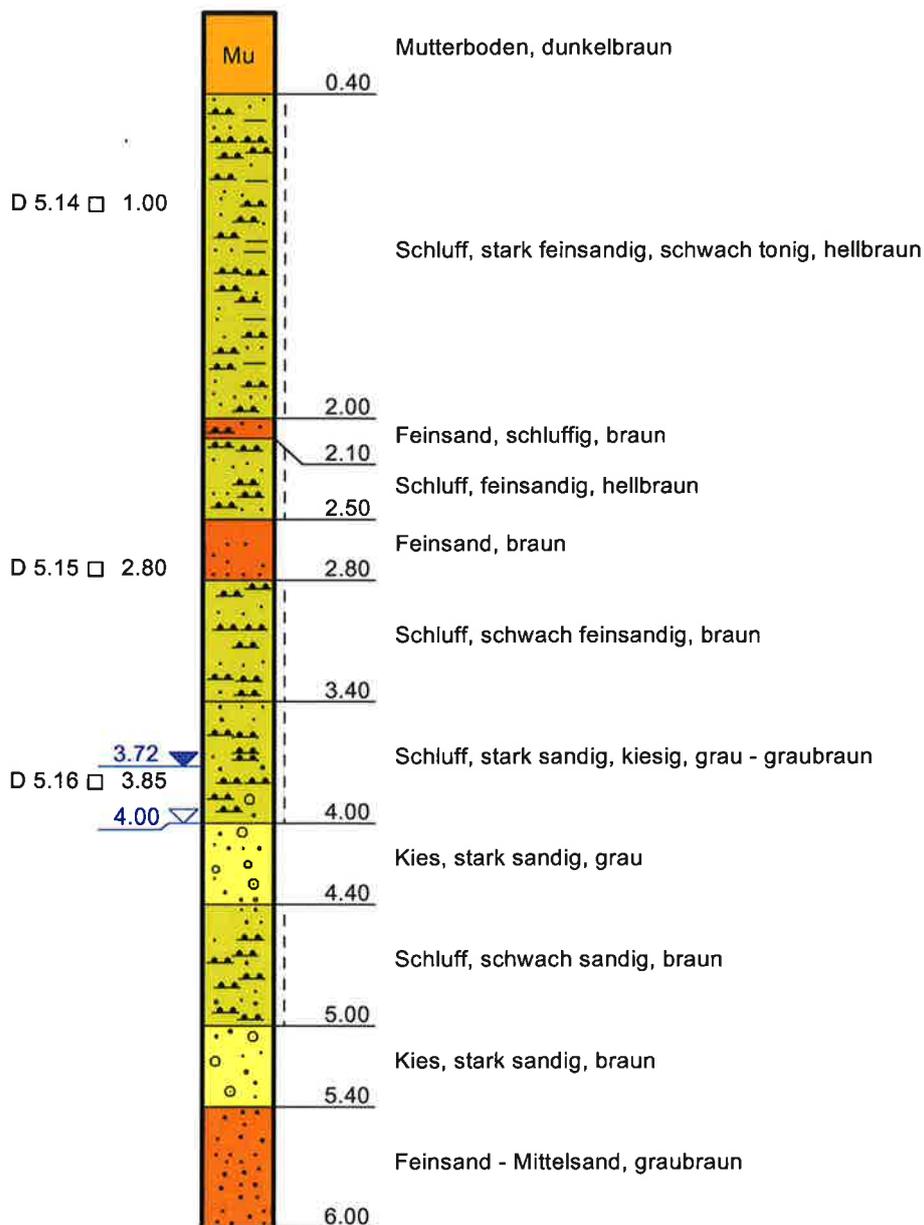


374,75 mNN **RKB 4**



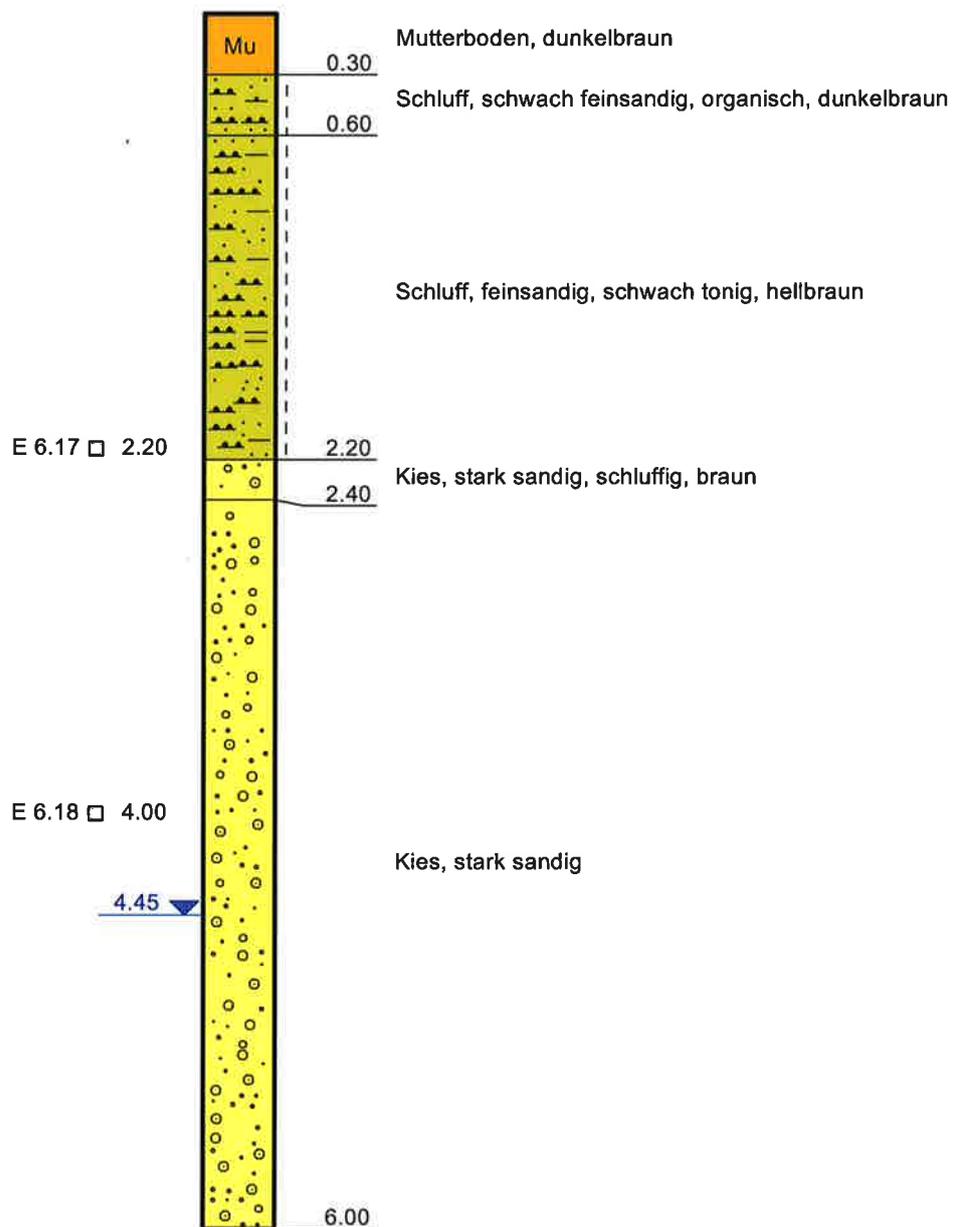
## RKB 5

376,85 mNN



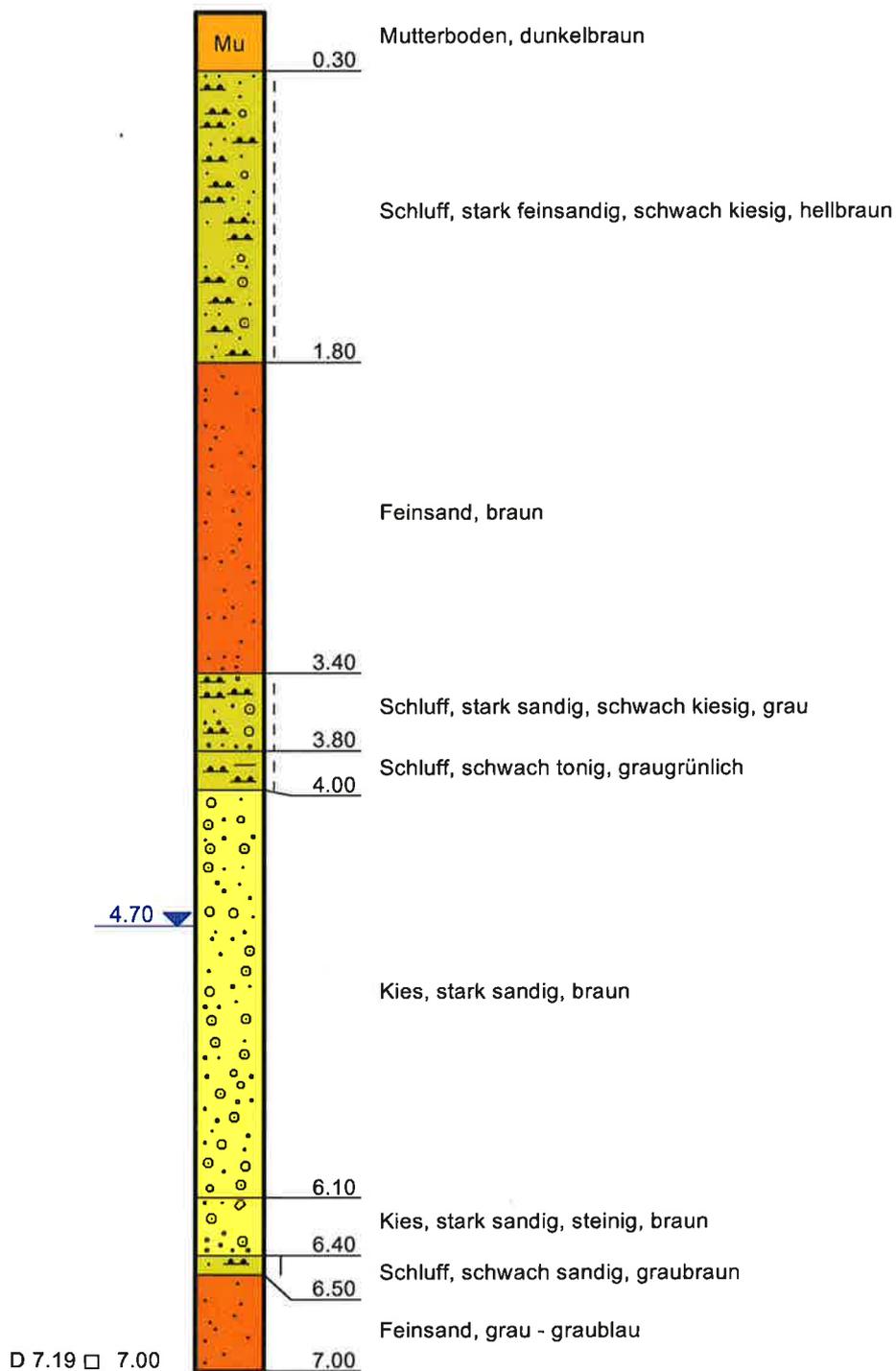
## RKB 6

377,64 mNN



# RKB 7

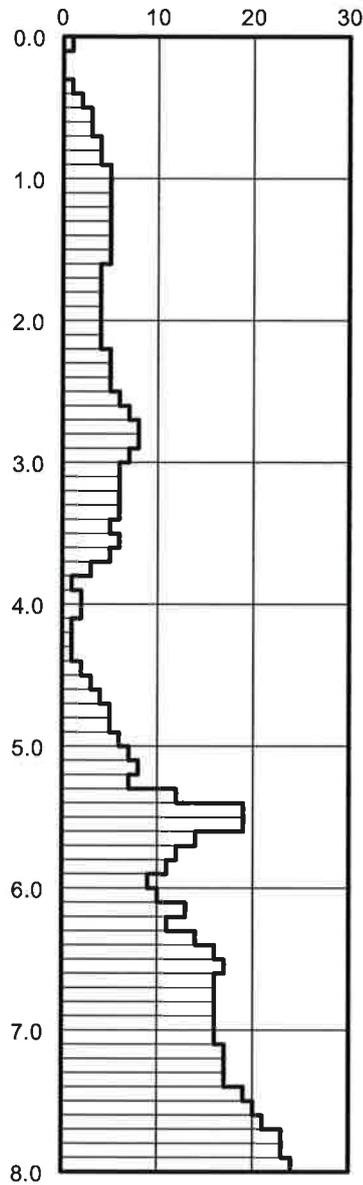
377,78 mNN



# DPH 8

377,02 mNN

Schlagzahlen je 10 cm

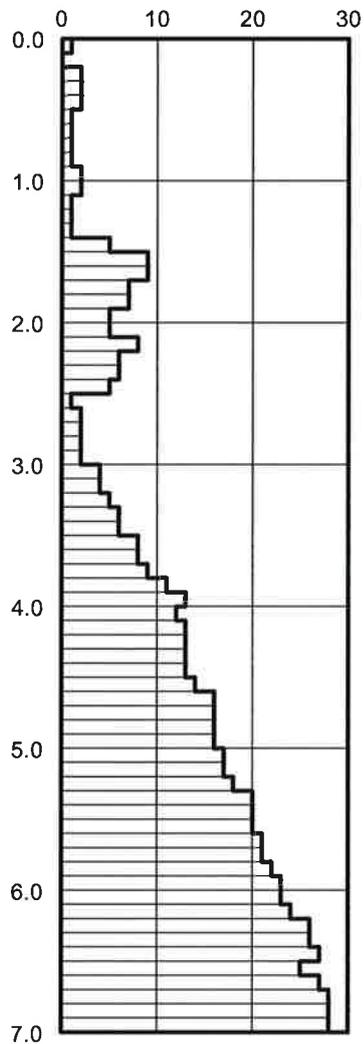


Tiefe [m]	N <sub>10</sub>	Tiefe [m]	N <sub>10</sub>
0.10	1	5.10	7
0.20	0	5.20	8
0.30	0	5.30	7
0.40	1	5.40	12
0.50	2	5.50	19
0.60	3	5.60	19
0.70	3	5.70	14
0.80	4	5.80	12
0.90	4	5.90	11
1.00	5	6.00	9
1.10	5	6.10	10
1.20	5	6.20	13
1.30	5	6.30	11
1.40	5	6.40	14
1.50	5	6.50	16
1.60	5	6.60	17
1.70	4	6.70	16
1.80	4	6.80	16
1.90	4	6.90	16
2.00	4	7.00	16
2.10	4	7.10	16
2.20	4	7.20	17
2.30	5	7.30	17
2.40	5	7.40	17
2.50	5	7.50	19
2.60	6	7.60	20
2.70	7	7.70	21
2.80	8	7.80	23
2.90	8	7.90	23
3.00	7	8.00	24
3.10	6		
3.20	6		
3.30	6		
3.40	6		
3.50	5		
3.60	6		
3.70	5		
3.80	3		
3.90	1		
4.00	2		
4.10	2		
4.20	1		
4.30	1		
4.40	1		
4.50	2		
4.60	3		
4.70	4		
4.80	5		
4.90	5		
5.00	6		

# DPH 9

372,94 mNN

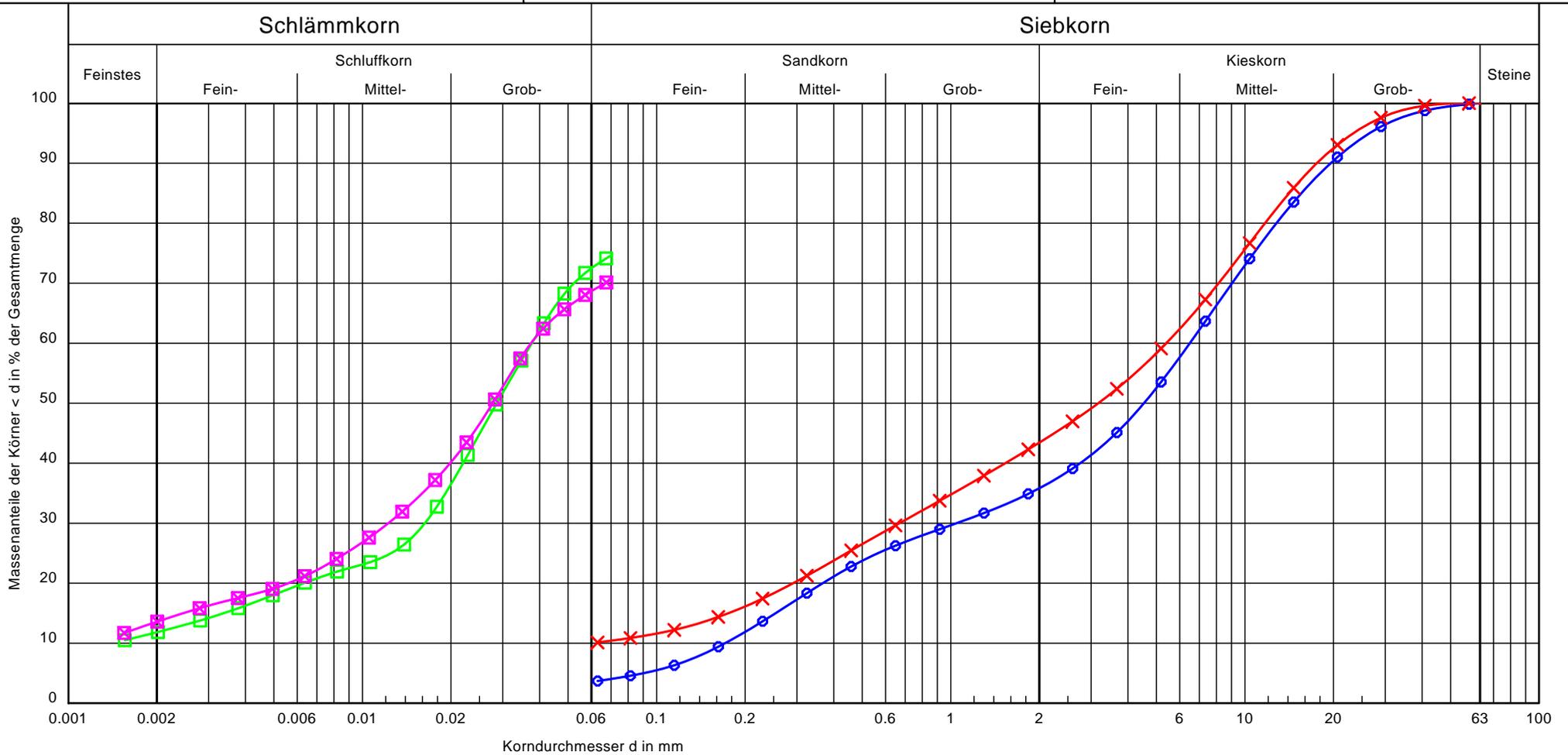
Schlagzahlen je 10 cm



Tiefe [m]	N <sub>10</sub>	Tiefe [m]	N <sub>10</sub>
0.10	1	5.10	17
0.20	0	5.20	17
0.30	2	5.30	18
0.40	2	5.40	20
0.50	2	5.50	20
0.60	1	5.60	20
0.70	1	5.70	21
0.80	1	5.80	21
0.90	1	5.90	22
1.00	2	6.00	23
1.10	2	6.10	23
1.20	1	6.20	24
1.30	1	6.30	26
1.40	1	6.40	26
1.50	5	6.50	27
1.60	9	6.60	25
1.70	9	6.70	27
1.80	7	6.80	28
1.90	7	6.90	28
2.00	5	7.00	28
2.10	5		
2.20	8		
2.30	6		
2.40	6		
2.50	5		
2.60	1		
2.70	2		
2.80	2		
2.90	2		
3.00	2		
3.10	4		
3.20	4		
3.30	5		
3.40	6		
3.50	6		
3.60	8		
3.70	8		
3.80	9		
3.90	11		
4.00	13		
4.10	12		
4.20	13		
4.30	13		
4.40	13		
4.50	13		
4.60	14		
4.70	16		
4.80	16		
4.90	16		
5.00	16		

# Körnungslinie

Ingolstadt, Am Samhof  
 Projekt Nr. 16.02.055



Bezeichnung:	4.20	1.9	6.17	5.14	Bemerkungen:	Bericht: 16.02.055 Anlage: 4.1
Bodenart:	G, fs', ms', gs'	S, G	U, fs, t'	U, fs, t'		
Tiefe:	3,00-6,20	1,9-2,6	1,0-2,2	0,4-1,0		
k [m/s] (Hazen):	$3.4 \cdot 10^{-4}$	-	-	-		
Entnahmestelle:	RKB 4	RKB 1	RKB 6	RKB 5		
U/Cc	38.0/1.0	-/-	-/-	-/-		

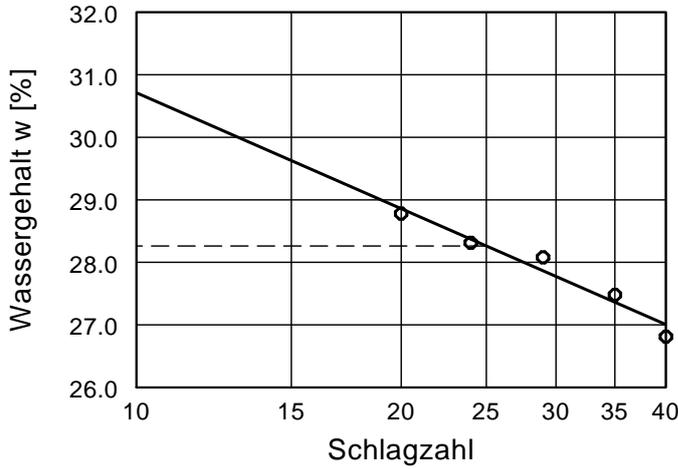
# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Ingolstadt, Am Samhof  
 Projekt-Nr. 16.02.055

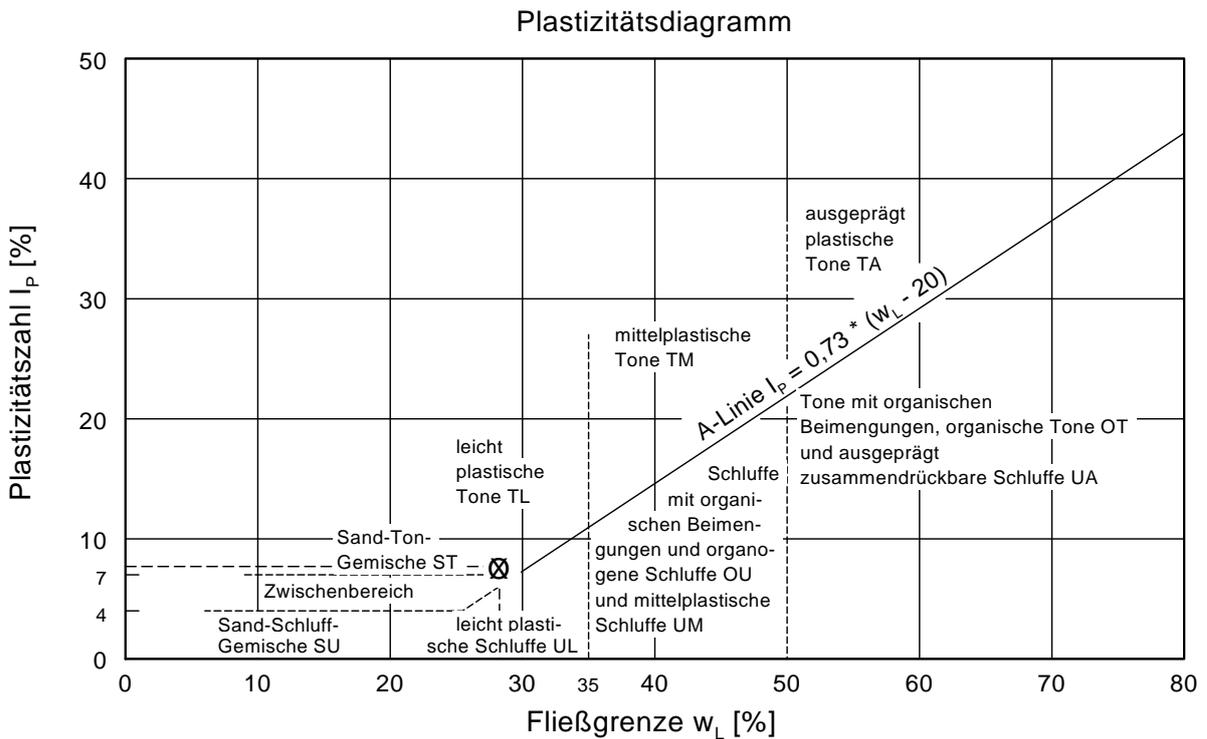
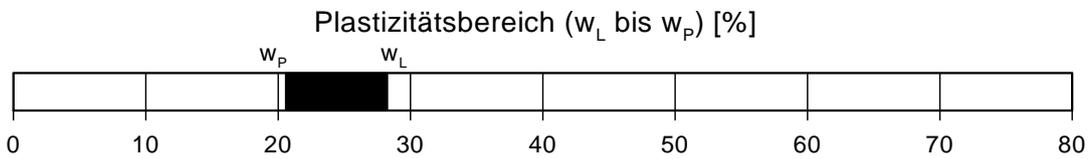
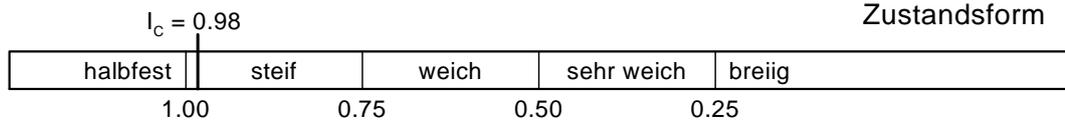
Bearbeiter: TW

Datum: 26.04.2016

Prüfungsnummer: 160553  
 Entnahmestelle: RKB 2 / E2.12  
 Tiefe: 2,4 - 3,0 m  
 Art der Entnahme: gestört  
 Bodenart:  
 Probe entnommen am: 18.04.2016



Wassergehalt w =	20.7 %
Fließgrenze $w_L$ =	28.3 %
Ausrollgrenze $w_P$ =	20.6 %
Plastizitätszahl $I_P$ =	7.7 %
Konsistenzzahl $I_C$ =	0.98



WESSLING GmbH, Forstenrieder Straße 8-14, 82061 Neuried

Kargl Geotechnik  
Ingenieur GmbH & Co. KG  
Herr Kargl  
Blumenstraße 18  
93055 Regensburg

Geschäftsfeld: Umwelt  
Ansprechpartner: T. Schröder  
Durchwahl: +49 89 829969 17  
Fax: +49 89 829969 22  
E-Mail: Thorsten.Schroeder@wessling.de

## Prüfbericht

Ingolstadt, Am Samhof  
16.02.055

Prüfbericht Nr.	CMU16-007088-1	Auftrag Nr.	CMU-02297-16	Datum	03.05.2016
Probe Nr.	16-064369-01				
Eingangsdatum	26.04.2016				
Bezeichnung	MP 1				
Probenart	Boden				
Probenahme durch	Auftraggeber				
Probengefäß	1x5l Eimer				
Anzahl Gefäße	1				
Untersuchungsbeginn	27.04.2016				
Untersuchungsende	03.05.2016				

### Probenvorbereitung

Probe Nr.	16-064369-01	
Bezeichnung	MP 1	
Eluat	28.04.16	
Königswasser-Extrakt	TS	29.04.16

### Physikalische Untersuchung

Probe Nr.	16-064369-01		
Bezeichnung	MP 1		
Trockenrückstand	Gew%	OS	89
Feinanteil < 2mm	Gew%	TS	34
Grobanteil > 2mm	Gew%	TS	66
pH-Wert		W/E	8,9
Leitfähigkeit [25°C], elektrische	µS/cm	W/E	46

### Summenparameter

Prüfbericht Nr.	CMU16-007088-1	Auftrag Nr.	CMU-02297-16	Datum	03.05.2016
Probe Nr.				16-064369-01	
Bezeichnung				MP 1	
Cyanid (CN), ges.	mg/kg	TS	<0,1		
EOX	mg/kg	TS	<0,5		
Kohlenwasserstoff-Index	mg/kg	TS	12		
Phenol-Index nach Destillation	µg/l	W/E	<10		
<b>Kationen, Anionen und Nichtmetalle</b>					
Probe Nr.				16-064369-01	
Bezeichnung				MP 1	
Cyanid (CN), ges.	µg/l	W/E	<5		
Chlorid (Cl)	mg/l	W/E	<1		
Sulfat (SO4)	mg/l	W/E	4		
<b>Polychlorierte Biphenyle (PCB)</b>					
Probe Nr.				16-064369-01	
Bezeichnung				MP 1	
PCB Nr. 28	mg/kg	TS	<0,01		
PCB Nr. 52	mg/kg	TS	<0,01		
PCB Nr. 101	mg/kg	TS	<0,01		
PCB Nr. 138	mg/kg	TS	<0,01		
PCB Nr. 153	mg/kg	TS	<0,01		
PCB Nr. 180	mg/kg	TS	<0,01		
Summe der 6 PCB	mg/kg	TS	-/-		
<b>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)</b>					
Probe Nr.				16-064369-01	
Bezeichnung				MP 1	
Naphthalin	mg/kg	TS	<0,02		
1-Methylnaphthalin	mg/kg	TS	<0,02		
2-Methylnaphthalin	mg/kg	TS	<0,02		
Acenaphthylen	mg/kg	TS	<0,2		
Acenaphthen	mg/kg	TS	<0,02		
Fluoren	mg/kg	TS	<0,02		
Phenanthren	mg/kg	TS	<0,02		
Anthracen	mg/kg	TS	<0,02		
Fluoranthren	mg/kg	TS	<0,02		
Pyren	mg/kg	TS	<0,02		
Benzo(a)anthracen	mg/kg	TS	<0,02		
Chrysen	mg/kg	TS	<0,02		
Benzo(b)fluoranthren	mg/kg	TS	<0,02		
Benzo(k)fluoranthren	mg/kg	TS	<0,02		
Benzo(a)pyren	mg/kg	TS	<0,02		
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	TS	<0,02		
Benzo(ghi)perylen	mg/kg	TS	<0,02		

Prüfbericht Nr.	CMU16-007088-1	Auftrag Nr.	CMU-02297-16	Datum	03.05.2016
Probe Nr.					16-064369-01
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg	TS	<0,02		
Summe nachgewiesener PAK	mg/kg	TS	-/-		
Summe PAK nach EPA ohne Naphthaline	mg/kg	TS	-/-		
Summe Naphthaline	mg/kg	TS	-/-		
<b>Elemente</b>					
Probe Nr.					16-064369-01
Bezeichnung					MP 1
Arsen (As)	mg/kg	TS	6,4		
Blei (Pb)	mg/kg	TS	7,8		
Cadmium (Cd)	mg/kg	TS	<0,3		
Chrom (Cr)	mg/kg	TS	13		
Kupfer (Cu)	mg/kg	TS	7,5		
Nickel (Ni)	mg/kg	TS	13		
Quecksilber (Hg)	mg/kg	TS	<0,1		
Zink (Zn)	mg/kg	TS	27		
Arsen (As)	µg/l	W/E	<5		
Blei (Pb)	µg/l	W/E	<3		
Cadmium (Cd)	µg/l	W/E	<0,5		
Chrom (Cr)	µg/l	W/E	<3		
Kupfer (Cu)	µg/l	W/E	<3		
Nickel (Ni)	µg/l	W/E	<3		
Quecksilber (Hg)	µg/l	W/E	<0,2		
Zink (Zn)	µg/l	W/E	<5		

Prüfbericht Nr. **CMU16-007088-1** Auftrag Nr. **CMU-02297-16** Datum **03.05.2016**

### Abkürzungen und Methoden

Siebung  
Trockenrückstand / Wassergehalt im Feststoff  
Eluierbarkeit mit Wasser  
pH-Wert in Wasser/Eluat  
Leitfähigkeit, elektrisch  
Gelöste Anionen, Chlorid in Wasser/Eluat  
Gelöste Anionen, Sulfat in Wasser/Eluat  
Cyanide gesamt  
Phenol-Index in Wasser/Eluat  
Metalle/Elemente in Wasser/Eluat  
Quecksilber (AAS), in Wasser/Eluat  
Extrahierbare organische Halogenverbindungen (EOX)  
Kohlenwasserstoffe in Feststoff (GC)  
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)  
Polychlorierte Biphenyle (PCB)  
Königswasser-Extrakt vom Feststoff  
Metalle/Elemente in Feststoff  
Quecksilber  
Cyanide gesamt und leichtfreisetzbar im Boden (CFA)

ISO 11464<sup>A</sup>  
DIN ISO 11465<sup>A</sup>  
DIN 38414-4<sup>A</sup>  
DIN 38404-5<sup>A</sup>  
DIN EN 27888<sup>A</sup>  
DIN EN ISO 10304-1<sup>A</sup>  
DIN EN ISO 10304-1<sup>A</sup>  
DIN EN ISO 14403<sup>A</sup>  
DIN EN ISO 14402<sup>A</sup>  
DIN EN ISO 11885<sup>A</sup>  
DIN EN ISO 12846<sup>A</sup>  
DIN 38414 S17<sup>A</sup>  
DIN ISO 16703<sup>A</sup>  
LUA Merkblatt Nr. 1<sup>A</sup>  
DIN 38414 S20<sup>A</sup>  
DIN ISO 11466<sup>A</sup>  
DIN EN ISO 11885<sup>A</sup>  
DIN ISO 16772<sup>A</sup>  
DIN ISO 17380<sup>A</sup>

### ausführender Standort

Umweltanalytik München  
Umweltanalytik München

OS  
TS  
WE

Originalsubstanz  
Trockensubstanz  
Wasser/Eluat

*Dr. Nils Kunze*

Dr. Nils Kunze  
Dipl.-Geologe  
Leitender Sachverständiger Umwelt

WESSLING GmbH, Forstenrieder Straße 8-14, 82061 Neuried

Kargl Geotechnik  
Ingenieur GmbH & Co. KG  
Herr Kargl  
Blumenstraße 18  
93055 Regensburg

Geschäftsfeld: Umwelt  
Ansprechpartner: T. Schröder  
Durchwahl: +49 89 829969 17  
Fax: +49 89 829969 22  
E-Mail: Thorsten.Schroeder@wessling.de

## Prüfbericht

Ingolstadt, Am Samhof  
16.02.055

Prüfbericht Nr.	<b>CMU16-007089-1</b>	Auftrag Nr.	<b>CMU-02297-16</b>	Datum	<b>03.05.2016</b>
Probe Nr.	<b>16-064369-02</b>				
Eingangsdatum	26.04.2016				
Bezeichnung	MP 2				
Probenart	Boden				
Probenahme durch	Auftraggeber				
Probengefäß	1x5l Eimer				
Anzahl Gefäße	1				
Untersuchungsbeginn	27.04.2016				
Untersuchungsende	03.05.2016				

### Probenvorbereitung

Probe Nr.	16-064369-02		
Bezeichnung	MP 2		
Eluat	28.04.16		
Königswasser-Extrakt	TS	29.04.16	

### Physikalische Untersuchung

Probe Nr.	16-064369-02		
Bezeichnung	MP 2		
Trockenrückstand	Gew%	OS	87
Feinanteil < 2mm	Gew%	TS	46
Grobanteil > 2mm	Gew%	TS	54
pH-Wert		W/E	9,1
Leitfähigkeit [25°C], elektrische	µS/cm	W/E	41

### Summenparameter

Prüfbericht Nr.	CMU16-007089-1	Auftrag Nr.	CMU-02297-16	Datum	03.05.2016
Probe Nr.				16-064369-02	
Bezeichnung				MP 2	
Cyanid (CN), ges.	mg/kg	TS	<0,1		
EOX	mg/kg	TS	<0,5		
Kohlenwasserstoff-Index	mg/kg	TS	16		
Phenol-Index nach Destillation	µg/l	W/E	<10		
<b>Kationen, Anionen und Nichtmetalle</b>					
Probe Nr.				16-064369-02	
Bezeichnung				MP 2	
Cyanid (CN), ges.	µg/l	W/E	<5		
Chlorid (Cl)	mg/l	W/E	1		
Sulfat (SO4)	mg/l	W/E	3		
<b>Polychlorierte Biphenyle (PCB)</b>					
Probe Nr.				16-064369-02	
Bezeichnung				MP 2	
PCB Nr. 28	mg/kg	TS	<0,01		
PCB Nr. 52	mg/kg	TS	<0,01		
PCB Nr. 101	mg/kg	TS	<0,01		
PCB Nr. 138	mg/kg	TS	<0,01		
PCB Nr. 153	mg/kg	TS	<0,01		
PCB Nr. 180	mg/kg	TS	<0,01		
Summe der 6 PCB	mg/kg	TS	-/-		
<b>Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)</b>					
Probe Nr.				16-064369-02	
Bezeichnung				MP 2	
Naphthalin	mg/kg	TS	<0,02		
1-Methylnaphthalin	mg/kg	TS	<0,02		
2-Methylnaphthalin	mg/kg	TS	<0,02		
Acenaphthylen	mg/kg	TS	<0,2		
Acenaphthen	mg/kg	TS	<0,02		
Fluoren	mg/kg	TS	<0,02		
Phenanthren	mg/kg	TS	<0,02		
Anthracen	mg/kg	TS	<0,02		
Fluoranthen	mg/kg	TS	<0,02		
Pyren	mg/kg	TS	<0,02		
Benzo(a)anthracen	mg/kg	TS	<0,02		
Chrysen	mg/kg	TS	<0,02		
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg	TS	<0,02		
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg	TS	<0,02		
Benzo(a)pyren	mg/kg	TS	<0,02		
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	TS	<0,02		
Benzo(ghi)perylen	mg/kg	TS	<0,02		

Prüfbericht Nr.	CMU16-007089-1	Auftrag Nr.	CMU-02297-16	Datum	03.05.2016
Probe Nr.					16-064369-02
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg	TS	<0,02		
Summe nachgewiesener PAK	mg/kg	TS	-/-		
Summe PAK nach EPA ohne Naphthaline	mg/kg	TS	-/-		
Summe Naphthaline	mg/kg	TS	-/-		
<b>Elemente</b>					
Probe Nr.					16-064369-02
Bezeichnung					MP 2
Arsen (As)	mg/kg	TS	6,2		
Blei (Pb)	mg/kg	TS	9,9		
Cadmium (Cd)	mg/kg	TS	<0,3		
Chrom (Cr)	mg/kg	TS	12		
Kupfer (Cu)	mg/kg	TS	9,4		
Nickel (Ni)	mg/kg	TS	14		
Quecksilber (Hg)	mg/kg	TS	<0,1		
Zink (Zn)	mg/kg	TS	38		
Arsen (As)	µg/l	W/E	<5		
Blei (Pb)	µg/l	W/E	<3		
Cadmium (Cd)	µg/l	W/E	<0,5		
Chrom (Cr)	µg/l	W/E	<3		
Kupfer (Cu)	µg/l	W/E	<3		
Nickel (Ni)	µg/l	W/E	<3		
Quecksilber (Hg)	µg/l	W/E	<0,2		
Zink (Zn)	µg/l	W/E	<5		

