

Erschließung Baugebiet „Mühlenpark“

Geotechnischer Bericht



Ort: Kitzingen
Auftraggeber: SACO GmbH Beraten_Planen_Bauen
Projektleiter: Dipl.-Ing. (FH) D. Johannsen
GMP-Projektnr.: 211355/g1 Jo/fr
Datum: 01.02.2012

GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG Beratende Ingenieure und Geologen | Winterhäuser Straße 9 | 97084 Würzburg
Telefon: 0931 61 44-0 | Fax: 0931 61 44-200 | mail: mail@gmp-geo.de | web: www.gmp-geo.de

GMP - Geotechnik GmbH & Co. KG
Beratende Ingenieure und Geologen
Würzburg,
Amtsgericht Würzburg, HRA 6477

Pers. haft. Gesellschafterin:
GMP Ingenieurbeteiligungsgesellschaft mbH
Würzburg,
Amtsgericht Würzburg, HRB 10485

Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. Hubert Hansel
Dr.-Ing. Hans-Jörg Franke
Dipl.-Ing. (FH) Dietmar Johannsen

Akkreditiertes Prüflabor
nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005
DAR Registriernummer:
DAP-PL-3367.00

Unterlagen: SACO GmbH Beraten_Planen_Bauen:

/1/ Lageplan, M = 1:1.500 Entwurf vom 19.10.2011

Vermessungsamt Würzburg, Außenstelle Kitzingen:

/2/ Luftbildkarte, M = 1:2.500, Stand 16.11.2011

Anlagen:

1. Übersichtslageplan, M = 1:25.000
2. Lageplan der Aufschlüsse mit Tiefenprofilen und Rammdia-grammen, M = 1:1.500/100
3. Bilddokumentation Schürfe
4. Bilddokumentation Ansatzpunkte der Aufschlüsse
5. Zusammenstellung der Laborversuche
6. Körnungslinien nach DIN 18123

Anhang:

AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg:

- Auftragsnr. 749698 Bauchemische Wasseranalyse

Inhaltsverzeichnis:

	Seite
1. Vorgang.....	4
2. Örtliche Verhältnisse.....	4
3. Untergrunderkundung	4
4. Untergrundverhältnisse	5
5. Ergebnisse der Laborversuche	7
5.1 Bodenmechanische Laborversuche	7
5.1.1 Probenahme.....	7
5.1.2 Kiese.....	8
5.2 Bauchemische Wasseranalyse.....	10
6. Bodenklassen	11
7. Geotechnische Kenngrößen	11
8. Grundbautechnische Empfehlungen für die Verlegung der Kanäle	12
9. Grundbautechnische Empfehlungen für den Ausbau der Straße	16
10. Hinweise für die Bauausführung.....	17
11. Baubegleitende Beratung	18

1. Vorgang

Die SACO GmbH Beraten_Planen_Bauen wurde von einer Investorengemeinschaft mit der Ausarbeitung des Bebauungsplans „Mühlenpark“ in Kitzingen beauftragt.

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse und zur Ausarbeitung des geotechnischen Berichts wurde GMP mit Schreiben vom 25.11.2011 von der SACO GmbH auf Grundlage des Angebotes vom 23.11.2011 beauftragt.

2. Örtliche Verhältnisse

Nach den vorliegenden Planunterlagen und nach Angaben der SACO GmbH soll die Fläche südlich der Armin-Knab-Straße und westlich der Sickershäuser Straße erschlossen werden. Im Erschließungsbereich sollen Kanäle mit einer Verlegetiefe von ca. 5,5 - 6,0 m verlegt werden. Außerdem müssen die Straßen neu gebaut werden.

Bei der zu erschließenden Fläche handelt es sich um brachliegende Grundstücke, die derzeit überwiegend als Wiese genutzt werden. Innerhalb des Grundstückes sind deutliche Höhenunterschiede vorhanden. Bei den Einmessungen durch GMP im Bereich der Untersuchungspunkte wurden Höhen zwischen ca. 189,8 und 194,3 mNN festgestellt.

3. Untergrunderkundung

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden im Untersuchungsbereich drei Sondierungen mit der Rammkernsonde (RKS 1 - RKS 3) niedergebracht und zwei Baggerschürfe (Sch 1 und Sch 2) ausgehoben. Neben den Aufschlüssen wurden insgesamt sechs Sondierungen mit der leichten Rammsonde ausgeführt (DPL 1 - DPL 5, DPL 2a). Die Sondierung DPL 2a wurde mit etwas Abstand zur Sondierung DPL 2 neu angesetzt, nachdem die Sondierung bereits bei 40 cm unter GOK fest kam. Allerdings musste auch die Sondierung DPL 2a in etwa der gleichen Tiefe aufgrund des hohen Eindringwiderstandes abgebrochen werden.

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse sind in den Lageplan der Anlage 2 im Maßstab 1:1.500 eingetragen. Farbfotos der Aufschlussstellen sind in den Anlagen 3 und 4 beigelegt.

Die Aufschlüsse wurden auf mNN eingemessen, wobei von einem Kanaldeckel in einer Stichstraße innerhalb des Erschließungsgebietes ausgegangen wurde, dessen Höhe aus den vorliegenden Plänen mit 191,91 mNN entnommen wurde (siehe Lageplan, Anlage 2).

Die Ergebnisse der Aufschlüsse sind in Form von Tiefenprofilen ebenfalls in den Lageplan der Anlage 2 eingetragen (MdH = 1:100).

Rechts neben den Tiefenprofilen sind die angetroffenen Bodenarten mit Kurzzeichen nach DIN 4023 beschrieben. Angegeben sind außerdem die Farben, die Bodenklassen nach ATV DIN 18300 und die geologischen Kennzeichnungen.

Die am Untersuchungstag angetroffenen Grund- und Sickerwasserstände sind links neben den Tiefenprofilen eingezeichnet. Dort sind außerdem die Nummern und Tiefen der entnommenen Bodenproben angegeben.

Die Anzahl der Schläge, die erforderlich ist, um die leichte Rammsonde nach EN ISO 22476-2:2005 (DPL) 10 cm in den Boden einzurammen, ist in der Anlage 2 in den Rammdiagrammen aufgetragen.

Die verwendeten Signaturen für die Bodenarten sind in den Legenden der Anlage 2 erläutert.

4. Untergrundverhältnisse

Geologische Verhältnisse

Nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung sind im Untersuchungsbereich mächtige quartäre Kiese und Sande vorhanden, die von Auffüllungen und Oberböden überlagert werden.

Die genaue Schichtenfolge kann den Tiefenprofilen der Anlage 2 entnommen werden.

Oberboden und Auffüllungen

Außer Sondierung RKS 4 wurden alle Aufschlüsse im Bereich von Grünflächen ausgeführt, so dass zunächst der Oberboden mit einer Stärke von 0,3 - 0,5 m festgestellt wurde. Mutterboden wird nach DIN 4023 mit dem Kurzzeichen Mu gekennzeichnet.

Bei Sondierung RKS 2 und RKS 3 folgen unter dem Oberboden Auffüllungen bis in Tiefen von 1,0 - 2,3 m unter GOK. Die Auffüllungen sind sehr unterschiedlich zusammengesetzt aus Kiesen mit sandigen, schluffigen und steinigen Beimengungen (Kurzzeichen: G, s, u, t, x) bzw. aus Lehmen mit eingelagerten Kiesen und Steinen (Kurzzeichen: U, s, g, x). Bei Sondierung RKS 3 wurden in den Auffüllungen Schwarzdeckenreste festgestellt, deren Anteil auf < 1 % abgeschätzt wurde.

Der Ansatzpunkt der Sondierung RKS 4 liegt im Bereich eines zugewachsenen asphaltierten Weges (siehe Bild 4, Anlage 4.2). Die Schwarzdecke wurde mit einer Stärke von 3 cm festgestellt. Darunter folgen bis in Tiefen von 0,6 m Auffüllungen aus dem Straßenoberbau bestehend aus Kiesen, Sanden, Schluffen und Tonen (Kurzzeichen: G, s, u, t). In die Auffüllung waren Schlacke- sowie Ziegelreste eingelagert.

Zur Beurteilung der relativen Tragfähigkeit wurden neben den Aufschlüssen Sondierungen mit der leichten Rammsonde abgeteuft.

Bei Sondierung RKS 3 bedeuten Schlagzahlen von $N_{10} > 30$ bis 50 in den Auffüllungen eine relativ gute Tragfähigkeit. Bei RKS 2 musste die Sondierung DPL 2 aufgrund der dichten Lagerung bereits 0,4 m unter Gelände abgebrochen werden. Auch die in gewissem Abstand neu angesetzte Sondierung DPL 2a kam in etwa der gleichen Tiefe mit Schlagzahlen $N_{10} > 100$ fest. Die oberflächennah vorhandenen Kiese und Auffüllungen sind somit dicht bis sehr dicht gelagert.

Quartäre Kiese und Sande

Unter den Auffüllungen bzw. in den übrigen Aufschlüssen unter Oberboden folgen Wechselfolgen aus quartären Kiesen und Sanden, die bis zur jeweiligen Aufschlussendtiefe von 3,5 - 5,0 m unter Gelände festgestellt wurden.

Die Kiese (Kurzzeichen: G, s, u) sind in den Tiefenprofilen der Anlage 2 gelb coloriert, die Sande (Kurzzeichen: S, g, u) orange dargestellt.

Aufgrund der nur relativ geringen bindigen Bestandteile sind die Kiese und Sande nicht oder nur kurzzeitig senkrecht standsicher. So konnte der Schurf Sch 1 nicht tiefer ausgehoben werden, da die Schurfwände nachgebrochen sind.

Grund- und Sickerwasser

Grundwasser wurde nur im Schurf Sch 1 in einer Tiefe von 2,6 m angetroffen. Ab ca. 3,0 m waren die Kiese und Sande weniger stark vernässt.

Bei RKS 1 wurde kein Grundwasser festgestellt. Hier wurden allerdings zwischen 3,7 und 4,5 m unter GOK Vernässungen angetroffen.

In den übrigen Aufschlüssen wurde kein Wasser festgestellt, obwohl die Endtiefe der Aufschlüsse unterhalb des Wasserspiegels des im Süden vorbeilaufenden Baches liegt, dessen Höhe auf 188,12 mNN eingemessen wurde (siehe Lageplan, Anlage 2).

Mit jahreszeitlichen Grundwasserschwankungen sowie mit Sickerwasser in allen Bereichen muss in Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen vor und während der Baumaßnahme gerechnet werden. Angaben zum höchsten und niedrigsten Grundwasserstand sind nicht möglich, da keine langjährigen Pegelbeobachtungen vorliegen.

5. Ergebnisse der Laborversuche

5.1 Bodenmechanische Laborversuche

5.1.1 Probenahme

Zur Bestimmung wichtiger bodenphysikalischer Kennwerte wurden aus den Aufschlüssen insgesamt 12 gestörte Proben entnommen, die in nachfolgender Tabelle zusammengestellt sind. Die Nummern und Tiefen der entnommenen Bodenproben sind außerdem neben den Tiefenprofilen der Anlage 2 angegeben. Die vorgesehene Entnahme von ungestörten Bodenproben war aufgrund der relativ hohen Anteile an Kiesen nicht möglich.

An repräsentativ ausgewählten Proben wurden Versuche im bodenmechanischen Labor von GMP durchgeführt. Die Ergebnisse der Laborversuche sind in Anlage 5 zusammengestellt. Die übrigen Proben wurden als Rückstellproben eingelagert.

Tabelle 1: Bodenproben

Aufschluss	Labor-Nr.	Entnahmetiefe [m u. GOK]	Bodenart	Bemerkung
Sch 1	2980	1,7 - 3,0	Sand, kiesig	RP
Sch 2	2981	0,4 - 2,1	Kies, sandig	w _n , kk
	2982	3,0 - 3,5	Sand, kiesig	w _n , kk
RKS 1	2970	0,4 - 1,6	Sand, schwach kiesig	w _n , kk
	2971	1,6 - 3,0	Kies, sandig-lehmig	w _n , kk
	2972	3,0 - 4,5	Sand, kiesig, schwach lehmig	RP
RKS 2	2973	0,4 - 1,2	Auffüllung, kiesig-lehmig	RP
	2974	1,2 - 2,0	Auffüllung, lehmig-sandig	RP
	2975	2,2 - 3,5	Kies, sandig-lehmig	w _n , kk
RKS 3	2976	1,0 - 2,0	Auffüllung, lehmig-sandig	RP
	2977	3,0 - 4,2	Kies, sandig, schwach lehmig	RP
RKS 4	2979	1,0 - 1,8	Lehm, stark sandig	RP

w_n: natürlicher Wassergehalt

w_{fl}: Wassergehalt an der Fließ- und Ausrollgrenze

kk: Kornverteilungsanalysen

RP: Rückstellprobe

5.1.2 Kiese

Wassergehalte

Aus dem überwiegend kiesigen Boden wurde die Probe Nr. 2971 für die weiteren Laborversuche ausgewählt, bei der ein natürlicher Wassergehalt von 4,1 % festgestellt wurde.

Kornverteilung

Bei Sanden und Kiesen können wesentliche bodenmechanische Eigenschaften an Hand der Kornzusammensetzung beurteilt werden. Zur Beurteilung dieser Kornverteilung wurde die Korngrößenverteilung nach DIN 18123 bestimmt. Die Korngrößen-

Benverteilung gibt die Massenanteile der in einer Bodenart vorhandenen Körnungsgruppen an.

Bei dem Versuch wurden folgende Kornanteile festgestellt:

Tabelle 2: Ergebnisse Kornverteilung (Massenanteile in %)

Aufschluss	Probe Nr.	Ton < 0,002 mm	Schluff 0,002 - 0,063 mm	Sande 0,063 - 2,0 mm	Kiese 2,0 - 63,0 mm	Bodengruppe DIN 18196
RKS 1	2971	7,7	5,3	41,1	45,8	GT

Ursprünglich sollten zur Beurteilung der Durchlässigkeit des anstehenden Untergrundes ungestörte Bodenproben entnommen werden, um die Durchlässigkeit des anstehenden Untergrundes beurteilen zu können.

Aufgrund der kiesig-steinigen Beimengungen konnten jedoch ungestörte Proben nicht entnommen werden. Näherungsweise kann die Durchlässigkeit aber anhand der Kornverteilung abgeschätzt werden. Demnach ergibt sich nach BEYER näherungsweise eine Durchlässigkeit von 4×10^{-7} m/s.

Sande

Aus den schluffig-kiesigen Sanden wurden insgesamt vier Proben zur weiteren Analytik ausgewählt. Die natürlichen Wassergehalte liegen zwischen 2,6 und 8,9 %.

Kornverteilung

Auch bei den Sanden wurden Kornverteilungsanalysen durchgeführt.

Bei einigen Proben erfolgte auf Grund der festgestellten Kornzusammensetzung die Kornverteilung nur für die nicht bindigen Kornfraktionen (Korngrößen > 0,063 mm). Für die Körnung < 0,063 mm wurde nur der Gesamtanteil bestimmt (Ermittlung abschlämmbarer Bestandteile).

Bei den Versuchen wurden folgende Kornanteile festgestellt:

Tabelle 3: Ergebnisse Kornverteilung (Massenanteile in %)

Aufschluss	Probe Nr.	Ton < 0,002 mm	Schluff 0,002 - 0,063 mm	Sande 0,063 - 2,0 mm	Kiese 2,0 - 63,0 mm	Bodengruppe DIN 18196
RKS 1	2970	8,2		80,0	11,8	SU/ST
RKS 2	2975	5,9	6,6	48,5	39,1	SU
Sch 2	2981	6,8	6,0	73,7	13,4	ST
Sch 2	2982	5,1		63,2	31,7	SU/ST

Auch bei den Sanden kann die Durchlässigkeit nur überschlägig anhand der Kornverteilung abgeschätzt werden. Demnach ergeben sich Durchlässigkeiten zwischen 6×10^{-4} und 9×10^{-5} m/s.

5.2 Bauchemische Wasseranalyse

Aus dem Schurf 1 wurde eine Grundwasserprobe entnommen und bauchemisch analysiert.

Die Ergebnisse der Wasseruntersuchung nach DIN 4030 zur Beurteilung betonangreifender Wässer sind in den Prüfbericht im Anhang beigelegt und in der nachfolgenden Tabelle 4 aufgeführt.

Tabelle 4: Untersuchungsergebnisse der Grundwasseranalyse

Aufschluss	Probenahmetiefe [m u. GOK]	Prüfbericht	Betonangriff	ursächlicher Parameter
Sch 1	2,60	749693	nicht angreifend	---

Das Grundwasser wird als nicht betonangreifend nach DIN 4030 eingestuft.

Auffüllungen

Aus den in den Sondierungen RKS 2, 3 und 4 angetroffenen Auffüllungen wurden Bodenproben für eine mögliche orientierende abfalltechnische Deklaration entnommen. Die Proben wurden als Rückstellproben im Labor von GMP eingelagert und können bei Bedarf entsprechend dem Parameterumfang der LAGA analysiert werden.

6. Bodenklassen

Nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung sind im Untersuchungsbereich unter Oberboden und Auffüllungen Wechselfolgen aus quartären Sanden, Kiesen und Lehmen vorhanden.

Die Bodenklassen nach ATV DIN 18300 sind neben den Tiefenprofilen der Anlage 2 angegeben sowie in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt. Der erforderliche Straßenaufbruch sollte in einer gesonderten Position ausgeschrieben werden.

Tabelle 5: Bodenklassen nach ATV DIN 18300

Baugrund	Kurzzeichen nach DIN 4023	Bodenklasse nach ATV DIN 18300
Oberboden	Mu	1
Auffüllung	A + U, s, o, g	4
Lehme	U, fs, t	4
Sande	S, g, u	3/4
Kiese	G, s, u	3

Nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung sind die schluffigen Sande je nach Feinkornanteil der Bodenklasse 3 oder 4 zuzurechnen. Diese Böden sind jedoch sehr wasserempfindlich und können unter mechanischer Beanspruchung (z.B. beim Aushub) in Verbindung mit Wasser in eine breiige Konsistenz übergehen (Bodenklasse 2). Entscheidend für die Einstufung der Bodenklasse ist der Zustand vor dem Aushub. Eine Zustandsänderung z.B. während des Transportes berechtigt nicht zu einer anderen Einstufung der Bodenklassen.

7. Geotechnische Kenngrößen

Nach den Ergebnissen der Aufschlüsse und Laborversuche sowie den Erfahrungen des Gutachters können für erdstatische Berechnungen die nachfolgenden charakteristischen Bodenkennwerte angesetzt werden.

Tabelle 6: Charakteristische Bodenkennwerte

Baugrund	Wichte γ_k [kN/m ³]	Wichte unter Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	Reibungs- winkel ϕ'_k [°]	Kohäsion c'_k [kN/m ²]	Steifemodul ¹⁾ (min - max) E_s [MN/m ²]
Auffüllung	20	10	30,0	0	10 - 30
Sande	19	9	30,0	0	20 - 40
Lehme	20	10	25,0	5 - 10	8 - 12
Kiese	18	8	35,0	0	30 - 50

¹⁾ für Spannungsbereiche von 150 - 250 kN/m²

8. Grundbautechnische Empfehlungen für die Verlegung der Kanäle

Genauere Angaben zur Tiefenlage sowie zum Durchmesser und Gefälle der Kanäle liegen noch nicht vor. Im Folgenden können daher zunächst nur generelle Empfehlungen gegeben werden.

Rohrgrabensicherung

Nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung wurde Wasser nur im Schurf Sch 1 in einer Tiefe von ca. 188,9 mNN festgestellt. In den übrigen Aufschlüssen wurde kein Wasser angetroffen, obwohl die Auffüllungen bis unterhalb des bei Schurf Sch 1 angetroffenen Wasserspiegels ausgeführt wurden. Lediglich leichte Vernässungen bei RKS 1 deuten auf eine zumindest zeitweise Schichtwasserführung hin.

Die erforderlichen Kanalgrabensicherungsmaßnahmen sind entscheidend abhängig von der Einbindetiefe der Kanäle in den anstehenden Untergrund sowie den entsprechenden Grundwasserspiegel. In den Bereichen, in denen die Kanäle oberhalb des Grundwasserspiegels liegen, kann der Rohrgraben geböschet ausgeführt werden oder durch Verbaulemente gesichert werden.

Bei einer Böschung des Rohrgrabens ist die DIN 4124 zu berücksichtigen. In den Kiesen und Sanden sind Böschungswinkel von maximal 45° möglich. In den Lehmen (z.B. RKS 4) kann der Rohrgraben etwas steiler unter 60° hergestellt werden.

Bei einer Sicherung des Rohrgrabens mit Verbauelementen muss davon ausgegangen werden, dass zumindest überwiegend der Verbau im Absenkverfahren eingebracht wird, da das anstehende Erdreich auch kurzzeitig nicht senkrecht standsicher ist. Dies kann z.B. durch Großflächenelemente erfolgen, die sukzessive mit dem Aushub niedergebracht werden. Nur im Bereich von Lehmen (z.B. RKS 4) sind die Böden auch kurzzeitig senkrecht standsicher, so dass die Sicherung konventionell mit Großflächenschalung erfolgen kann.

Bei einer Einbindung des Rohrgrabens in das Grundwasser ist eine Sicherung mit Großflächenelementen oder ein geböschter Rohrgraben nicht mehr möglich. Durch den Einfluss des Wassers gehen die Sande in ein Fließen über und haben keine Standsicherheit mehr.

Der Aushub des Rohrgrabens kann nur im Schutz einer Grundwasserabsenkung erfolgen. Die Art der Wasserhaltung müsste bei Bauausführung festgelegt werden. Entscheidend ist der Feinanteil im Boden. Bei einem hohen Feinanteil kann die Wasserhaltung nur mittels einer Vakuumanlage durchgeführt werden. Die Spüllanzen müssten im Reißverschlussprinzip beidseits außerhalb des Rohrgrabens eingebracht werden. Bei überwiegend kiesigen Böden müssten außerhalb des Rohrgrabens Brunnen ausgehoben werden, aus denen das Wasser mit einem Vorlauf von mindestens 2 Tagen abgepumpt wird. Im Schutz der Wasserhaltung kann dann der Rohrgraben geböschert oder mit Verbauelementen gesichert werden.

Alternativ kann ein wasserdichter Spundwandverbau vorgesehen werden, wobei auch hier für das anfallende Restwasser eine Wasserhaltung innerhalb des Rohrgrabens erforderlich wird.

Die Einbindetiefe der Spundwand ergibt sich aus den erdstatischen und hydraulischen Erfordernissen. Die Spundwand muss aufgrund des festgestellten Grundwassers vermutlich mindestens einlagig ausgesteift werden. Um ein ausreichend tiefes Einrammen der Spundwand zu ermöglichen, sollte ein Profil mit einem hohen Widerstandsmoment verwendet werden.

Wasserhaltung

Bei der Baugrunduntersuchung wurden nur im Bereich von Schurf Sch 1 Grundwasser und im Bereich von RKS 1 Vernässungen angetroffen, die auf Sickerwasser hindeuten. In den übrigen Aufschlüssen wurde kein Wasserzutritt festgestellt.

In den Bereichen, in denen Sickerwasser angetroffen wird, muss zur fachgerechten Verlegung der Kanäle eine Wasserhaltung ausgeführt werden. Anfallendes Sickerwasser kann mit einer offenen Wasserhaltung über Baudrainagen und Pumpensümpfe einer geeigneten Vorflut zugeführt werden.

Bei Einbindung in das Grundwasser muss, wie bereits erwähnt, entweder ein Spundwandverbau oder eine geschlossene Wasserhaltung ausgeführt werden.

Rohrbettung

Je nach Tiefenlage des Kanals liegt die Rohrgrabensohle auf Sanden und Kiesen oder in Teilbereichen auf Lehmen.

Die Sande und Kiese sind nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung generell gut tragfähig. Vor allem die schluffigen Sande können aber in Verbindung mit Wasser tiefgründig aufweichen und somit an Tragfähigkeit verlieren.

In den überwiegenden Bereichen kann daher davon ausgegangen werden, dass die Kanalrohre ohne zusätzliche Stabilisierungsmaßnahmen gebettet werden können. Bei Einbindung in das Grundwasser sollte aber eine ca. 30 - 50 cm mächtige Stabilisierungsschicht berücksichtigt werden. Genaue Art und Umfang der Stabilisierung müssten bei Bauausführung vor Ort festgelegt werden. Infrage kommt ein Bodenaustausch aus Kiessand oder Mineralbeton der Körnung 0/56 mm.

Im Bereich der Lehme sollte ebenfalls eine Stabilisierung vorgesehen werden, wobei hier voraussichtlich eine Mächtigkeit von ca. 20 - 30 cm ausreichend ist.

In den Bereichen, in denen eine Wasserhaltung ausgeführt werden muss, können die erforderlichen Drainagerohre in der Stabilisierung verlegt werden. Ist keine Stabilisierungsschicht vorhanden, müsste eine ca. 20 cm mächtige Filterschicht eingebracht werden.

Rohrgrabenverfüllung

Der Rohrgraben sollte gemäß den Hinweisen für das Zufüllen von Leitungsgräben im Straßenkörper nach ZTVA-StB 97 bis ca. 30 cm über Rohrscheitel mit Sand überdeckt werden.

Für die Verfüllung des restlichen Kanalgrabens sollte geeignetes, gut verdichtbares und gut tragfähiges Material verwendet werden, das lagenweise einzubringen und zu

verdichten ist. Die Dicke der einzelnen Lagen ist gemäß ZTVA-StB 97 in Abhängigkeit von der Bodenart und dem Verdichtungsgerät zu wählen.

Für die Verdichtung sollten folgende Verdichtungskriterien eingehalten und nachgewiesen werden:

Tabelle 7: Verdichtungskriterien

Schicht	Verdichtungskriterium	
	bis 1,0 m unter OK Planum	> 1,0 m unter OK Planum
Proctordichte	≥ 100 %	≥ 98 %
Luftporengehalt	< 12 %	< 12 %
Tragfähigkeit E_{v2}	≥ 45 MN/m ²	---

Soweit kein Grund- oder Sickerwasser vorhanden ist, sind die beim Aushub anfallenden Kiese und Sande gut für die Rückverfüllung geeignet. Bei einer gegebenenfalls erforderlichen Zwischenlagerung sollte aber durch geeignete Maßnahmen sichergestellt werden, dass das Aushubmaterial nicht, z.B. durch Regenfälle, vernässten kann.

Aushubmaterial, das unterhalb des Grundwasserspiegels anfällt oder Material das durch Sicker- bzw. Schichtwasser vernässt ist, lässt sich nicht ausreichend verdichten und ist für die Rückverfüllung nicht geeignet. Auch die Lehme sollten nicht für die Rückverfüllung verwendet werden. Eine Verwendung dieser Materialien kann nur nach Aufbereitung mit Bindemittel erfolgen.

Sollte die Rohrgrabenverfüllung mit Fremdmaterial erfolgen, muss das Material so beschaffen sein, dass die in der Tabelle 6 angegebenen Verdichtungskriterien erreicht werden können. Empfohlen wird ein weitgestuftes Material mit nur geringen Feianteilen (z.B. Bodengruppe GW gemäß DIN 18196). Vor der Rückverfüllung des Rohrgrabens ist das vorgesehene Material durch den Bodengutachter freizugeben.

Im Straßenbereich ist die Kanalgrabenverfüllung so zu verdichten, dass im Planum der Straße ein Tragfähigkeitsbeiwert von $E_{v2} > 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht wird.

Gegebenenfalls kann es erforderlich werden, die obersten 20 - 30 cm der Rohrgrabenverfüllung mit Schottermaterial auszuführen, um die angegebene Tragfähigkeit zu erreichen.

9. Grundbautechnische Empfehlungen für den Ausbau der Straße

Genauere Angaben über die geplante Höheneinstellung der Straße liegen nicht vor. Es wird aber davon ausgegangen, dass die Oberkante der geplanten Straße in etwa auf derzeitiger GOK liegt.

Tragfähigkeit des Planums

In den Bereichen, in denen die Oberkante der Straße auf bzw. unter derzeitiger GOK liegt, dürften bei einer angenommenen Mächtigkeit des Straßenoberbaus von ca. 50 - 60 cm auf Höhe des Planums überwiegend Lehme und lehmige Sande vorhanden sein.

Gemäß ZTVE-StB bzw. RStO muss auf Höhe des Straßenplanums eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ gewährleistet werden. Diese Tragfähigkeit ist auch bei bestmöglicher Verdichtung des Planums nicht bzw. nur in Ausnahmefällen zu erzielen.

Aus diesem Grund muss eine Stabilisierung des Planums durchgeführt werden. Bei den vorhandenen Untergrundverhältnissen wird empfohlen, die Stabilisierung durch einen Bodenaustausch aus Schottermaterial oder Felsklein der Körnung 10/120 mm durchzuführen.

Die genaue Mächtigkeit des Austausches ist abhängig von verschiedenen Faktoren, im Wesentlichen auch von den Witterungsverhältnissen vor und während der Bauausführung, so dass endgültige Angaben erst nach Anlegen von Probefeldern und Ausführung von Plattendruckversuchen gemacht werden können.

Bei den zum Zeitpunkt der Baugrunduntersuchung festgestellten Verhältnissen kann davon ausgegangen werden, dass auf dem Sand eine Stabilisierung von ca. 20 - 30 cm erforderlich wird. Auf den steifplastischen Lehmen muss von einer erforderlichen Stabilisierungsschicht von ca. 30 - 40 cm ausgegangen werden.

Wird ein Bodenaustausch durchgeführt, muss vor dem Einbringen der Stabilisierung auf das vorhandene Planum ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 4 (Flächengewicht ca. 250 – 300 g/m²) verlegt werden. Das Geotextil verhindert ein Eindringen von Feinteilen aus dem Untergrund in die Stabilisierungsschicht, die damit geringer tragfähig werden würde. Auf das Geotextil ist dann das Schottermaterial/Felsklein in Lagen von maximal 30 cm aufzubringen und lagenweise zu verdichten.

Alternativ zu einem Bodenaustausch kann die Stabilisierung auch durch Einfräsen von Bindemittel erfolgen. Die Mächtigkeit der Stabilisierung ist in etwa in der gleichen Größenordnung anzusetzen wie bei einem Bodenaustausch. Die genaue Bindemittelart und -menge ist abhängig vom Wassergehalt während der Bauzeit und kann daher je nach Jahreszeit und Witterungsverhältnissen variieren. Bei den bei der Baugrunduntersuchung festgestellten Wassergehalten muss davon ausgegangen werden, dass ca. 3 - 5 Gew.-% an Bindemitteln zugegeben werden müssen (entspricht ca. 50 - 90 kg/m³). Im Bereich von halbfesten Lehmen kann ein dosiertes Befeuchten des Planums erforderlich werden, damit genügend Feuchtigkeit vorhanden ist, damit das Bindemittel abbinden kann.

Der Vorteil einer Stabilisierung mit Bindemittel liegt darin, dass das Planum nach Stabilisierung relativ witterungsunempfindlich ist und nicht mehr aufweichen kann. Bei einem Bodenaustausch kann sich an der Unterkante der Schotterdecke Wasser sammeln, das zu einer Aufweichung der darunter anstehenden Böden führen kann, was zu einer entsprechenden Reduzierung der Tragfähigkeit führt.

Beurteilung der Frostsicherheit

Nach dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung sind die auf Höhe des Planums angetroffenen Böden als Sand-Schluff-/Sand-Ton-Gemisch bzw. Kies-Schluff-/Kies-Ton-Gemisch einzustufen. Je nach Feinanteil sind die Böden teilweise nicht frostempfindlich und somit der Frostepfindlichkeitsklasse F 1, überwiegend jedoch gering bis mittel frostempfindlich und somit der Frostepfindlichkeitsklasse F2 zuzurechnen. Da optisch eine Unterscheidung des Bodens nach Frostepfindlichkeitsklassen nicht oder nur schwer möglich ist, wird empfohlen, die Mächtigkeit der Frostschutzschicht generell auf die Klasse F2 auszulegen.

10. Hinweise für die Bauausführung

Sollte die Baumaßnahme nach länger anhaltenden Nässeperioden ausgeführt werden, können die bei der Baugrunduntersuchung im Erdplanum der Straße angetroffenen sandigen Schluffe eine geringere Konsistenz besitzen. In diesem Fall müssten zur Erreichung einer ausreichenden Tragfähigkeit des Planums zusätzliche Stabilisierungsmaßnahmen durchgeführt werden, deren Art und Umfang vor Ort festzulegen sind.

Bei einem Befahren der lehmigen Sande mit Rad- oder Kettenladern kann besonders bei ungünstigen Witterungsverhältnissen das Planum so in der Struktur gestört werden, dass es "aufweicht" und gering tragfähig wird. Auf dem Planum ist daher zunächst eine Schutzschicht von 30 - 40 cm zu erhalten. Diese Schutzschicht sollte dann unmittelbar vor dem Einbringen der Stabilisierung mit einem Bagger vor Kopf ausgehoben werden.

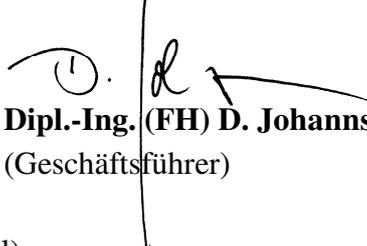
Ein Befahren des Planums sollte besonders in oder nach Nässeperioden vermieden werden, da sonst die Gefahr von tiefgründigen Aufweichungen besteht und umfangreiche zusätzliche Stabilisierungsmaßnahmen notwendig werden können. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen sollten daher die Arbeiten soweit möglich eingestellt werden.

11. Baubegleitende Beratung

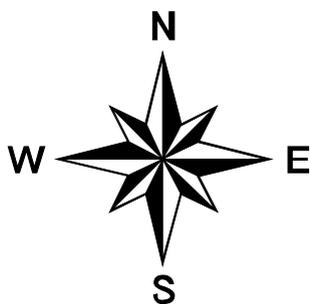
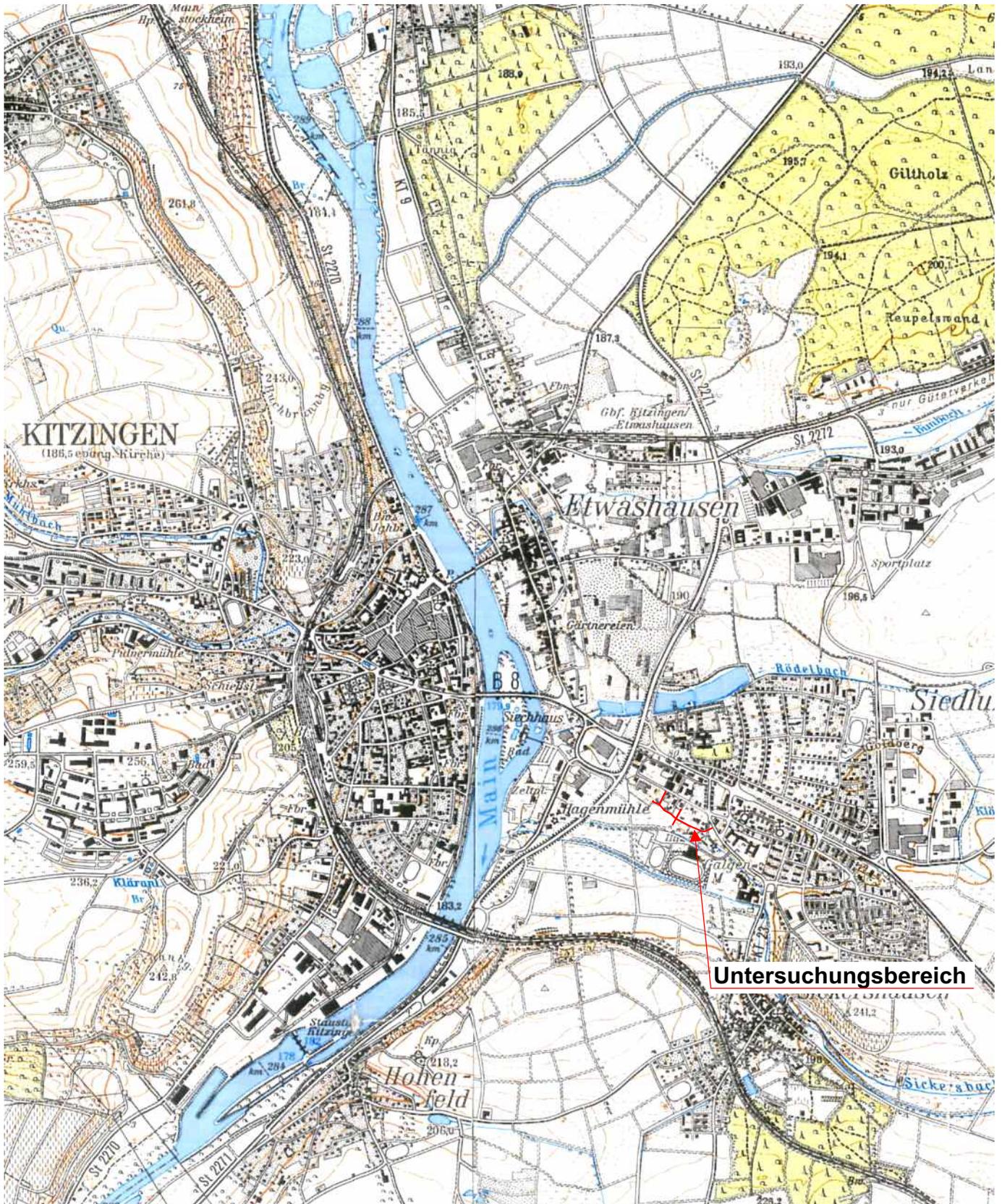
Der Baugrundgutachter sollte zur Festlegung von notwendigen Wasserhaltungsmaßnahmen sowie der erforderlichen Stabilisierung der Rohrgrabensohlen hinzugezogen werden.

Trotz der relativ geringen Abstände der Aufschlüsse können zwischen den einzelnen Untersuchungsstellen andere Untergrundverhältnisse vorhanden sein als im Gutachten beschrieben. Endgültige Angaben über erforderliche Stabilisierungsmaßnahmen können daher erst nach Herstellung des Planums gemacht werden.

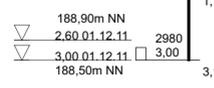
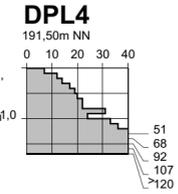
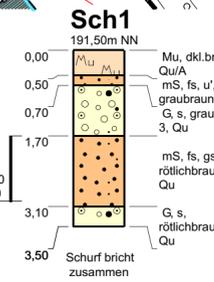
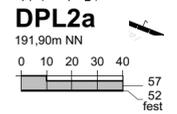
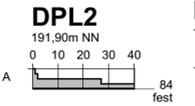
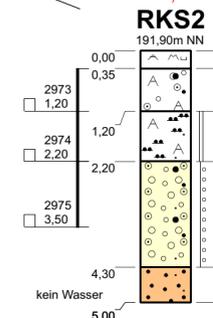
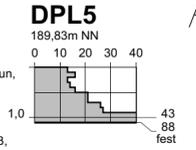
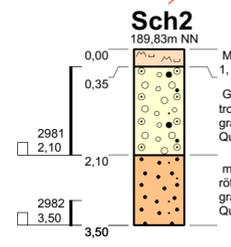
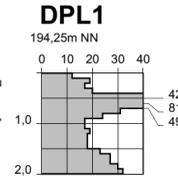
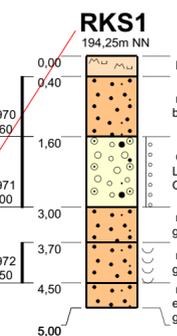
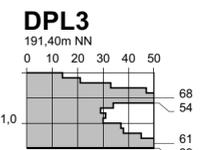
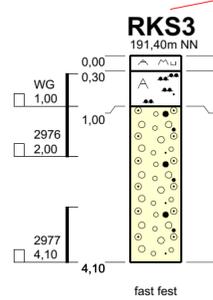
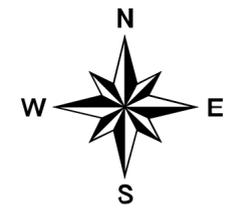
Der Gutachter ist daher zur Überprüfung der Tragfähigkeit des Planums und der Frostschutzschicht und zur genauen Angabe von notwendigen Stabilisierungsmaßnahmen mit heranzuziehen. Die Überprüfung muss durch Plattendruckversuche erfolgen, die an repräsentativ ausgewählten Stellen auszuführen sind. Zusätzlich ist das Planum mit beladenen Lkw abzufahren, um gegebenenfalls vorhandene Schwachstellen bzw. Bereiche unterschiedlicher Tragfähigkeit eingrenzen zu können.


Dipl.-Ing. (FH) D. Johannsen
(Geschäftsführer)

Verteiler: SACO GmbH (3x Schriftform, 1x digital)



GMP Geotechnik GmbH & Co. KG Beratende Ingenieure und Geologen		GMP		
Baugrund Altlasten Umwelttechnik Hydrogeologie Akkreditiertes Prüflabor DIN EN 17025				
GMP - Geotechnique a Matter of Profession				
Projekt		Erschließung Mühlenpark, Kitzingen		
Planinhalt		Übersichtslageplan M=1:25 000		
Datum	Gezeichnet	Geprüft	Projekt-Nr.	Anlage
05.12.11	S. Göpfert	Johannsen	211355	1
GMP Winterhäuser Straße 9 97084 Würzburg Telefon 0931 6144-0 Fax 0931 6144-200				



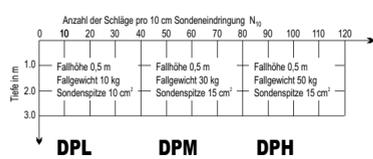
Legende nach DIN 4023: 2006-02

- Aufschlüsse**
 ○ BS Sondierbohrung ⊕ RKS Rammkernsondierung ● DPL/DPM/DPH Sondierung mit der Rammsonde
 ✦ KB Aufschlußbohrung □ Sch Schurf ✕ FVT 50/75 Flügelscherversuch DIN 4094-4

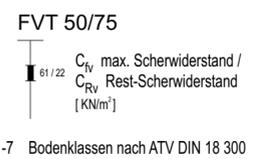
- Zeichen für Boden- und Felsarten**
- | | | |
|---------------|-----------------|----------------|
| G Kies | ms mittelsandig | o organisch |
| g kiesig | fs feinsandig | A Auffüllung |
| s sandig | U Schluff | x steinig |
| gs grobsandig | u schluffig | Mu Mutterboden |
| mS Mittelsand | t tonig | |
- Qu = Quartär

- Proben und Sonderzeichen**
- | | | | | |
|---------------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------|
| 597 ■ Sonderprobe | ~ breiig/weich | ••••• locker/mitteldicht | □ unverwittert | ⊗ mäßig bis stark verwittert |
| 598 ⊠ Kernprobe | steif/halbfest/fest | ••••• dicht/sehr dicht | □ schwach verwittert | ⊗ vollständig verwittert |
| 599 □ gestörte Bodenprobe | ~ geklüftet/nass | | | |

Rammdiagramm EN ISO 22476-2:2005



Flügelscherversuch BDP DIN 4094-4



Grundwasser





Bild 1: Schurf 1



Bild 2: Baggergut Schurf 1

Projekt:	Erschließung Mühlenpark, Kitzingen	Projekt Nr:	211355
Position:	Bilddokumentation Schürfe	Anlage:	3.1



Bild 3: Schurf 2



Bild 4: Baggergut Schurf 2

Projekt:	Erschließung Mühlenpark, Kitzingen	Projekt Nr:	211355
Position:	Bilddokumentation Schürfe	Anlage:	3.2



Bild 1: Ansatzpunkt RKS1



Bild 2: Ansatzpunkt RKS2

Projekt:	Erschließung Mühlenpark, Kitzingen	Projekt Nr:	211355
Position:	Bilddokumentation Ansatzpunkte der Aufschlüsse	Anlage:	4.1



Bild 3: Ansatzpunkt RKS3



Bild 4: Ansatzpunkt RKS4

Projekt:	Erschließung Mühlenpark, Kitzingen	Projekt Nr:	211355
Position:	Bilddokumentation Ansatzpunkte der Aufschlüsse	Anlage:	4.2

Zusammenstellung der Laborversuche

ausgewertet durch:

Labornummer	--	--	2970	2971	2975	2981	2982
Entnahmestelle	--	--	RKS 1	RKS 1	RKS 2	Sch 2	Sch 2
Entnahmetiefe	--	m	0,40-1,60	1,60-3,00	2,20-3,50	0,35-2,10	3,00-3,50
Hauptbodenart	--	--	Sand	Kies	Sand	Sand	Sand
Beimengung			Kies, Schluff	Sand, Ton, Schluff (Qu)	Kies, Schluff, Ton (Qu)	Kies, Ton, Schluff (Qu)	Kies, Schluff (Qu)
Farbe	--	--	braun	graubraun	braungrau	graubraun	rötlich braun
ungestört/gestört	--	--	gest.	gest.	gest.	gest.	gest.
Wichte des feuchten Bodens	γ	kN/m ³					
Wassergehalt	w _n	1	0,029	0,041	0,043	0,089	0,026
Porenanteil	n	1					
Porenzahl	e	1					
Kornwichte	γ_s	kN/m ³					
Kornkennziffer ¹⁾	--	--	0181	1045	1054	1081	0163
Ungleichförmigkeitszahl	U	1	5,0	382,2	82,4	50,4	5,4
Wirksamer Korndurchmesser	d _w	mm	0,105	0,008	0,023	0,009	0,274
Fließgrenze	w _L	1					
Ausrollgrenze	w _P	1					
Plastizitätszahl	I _P	1					
Konsistenzzahl	I _c	1					
Undrainierte Scherfestigkeit ²⁾	c _u	kN/m ²					
lockerste Lagerung	max n	1					
dichteste Lagerung	min n	1					
Lagerungsdichte	D	1					
einfache Proctordichte	ρ_{Pr}	t/m ³					
optimaler Wassergehalt	w _{Pr}	1					
erreichbare Verdichtung bei w _n	D _{Pr}	%					
Steifemodul $\sigma = 0,05 - 0,1$ MN/m ²	E _s	MN/m ²					
Steifemodul $\sigma = 0,1 - 0,2$ MN/m ²	E _s	MN/m ²					
Steifemodul $\sigma = 0,2 - 0,3$ MN/m ²	E _s	MN/m ²					
Kompressionsbeiwert	C _c	--					
OCR	--	--					
Reibungswinkel	ϕ	°					
Kohäsion	c	kN/m ²					
Laborflügelscherfestigkeit ³⁾	τ_{fl}	kN/m ²					
Einaxiale Druckfestigkeit	q _u	MN/m ²					
Einaxiale Festigkeit	R	MN/m ²					
Glühverlust	V _{gl}	M.-%					
Durchlässigkeitsbeiwert	k _f	m/s					
Klassifizierung nach DIN 18196	--	--	SU/ST	GT	SU	ST	SU/ST

1) In Klammern geschätzte Anteile für Ton und Schluff

3) Gemittelt aus 3 Versuchen an Ober- und Unterseite der Probe

2) Undrainierte Scherfestigkeit aus I_c [nach Kiekbusch, Bautechnik 76]

*) Undrainierter Versuch

Projekt:

Projekt-Nr.:

Anlage:

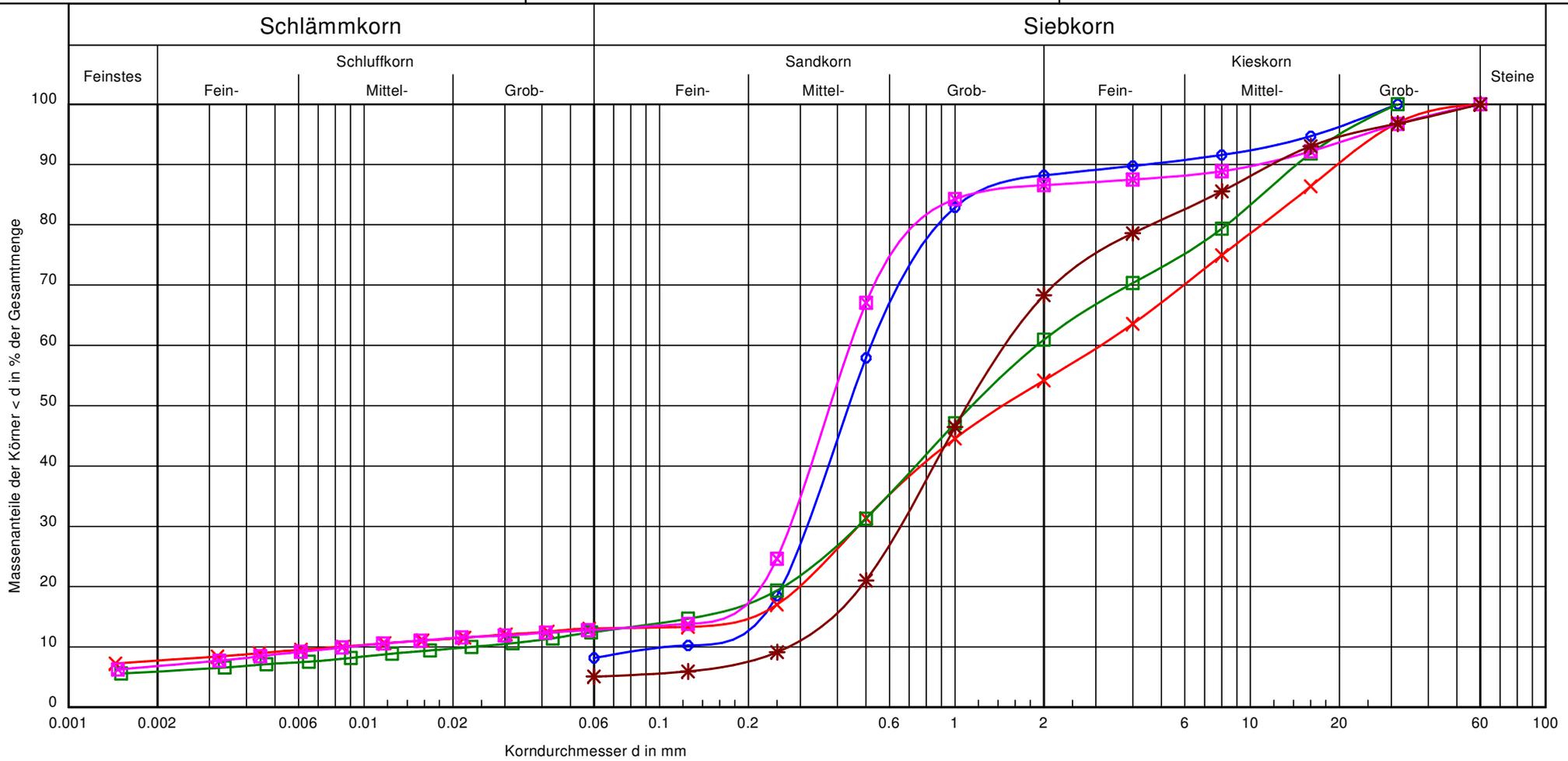
Erschließung Mühlenpark, Kitzingen**211355****5**



Körnungslinie nach DIN 18123

Projekt: Erschließung Mühlenpark, Kitzingen

Projekt-Nr.: 211355



Labor-Nr.:	2970	2971	2975	2981	2982
Entnahmestelle:	RKS 1	RKS 1	RKS 2	Sch 2	Sch 2
Tiefe:	0.40 - 1.60 m	1.60 - 3.00 m	2.20 - 3.50 m	0.35 - 2.10 m	3.00 - 3.50 m
Bodenart:	mS, gs, u', mg' (Qu)	S, G, t', u' (Qu)	S, mg, t', u', fg', gg' (Qu)	S, t', u', mg', gg' (Qu)	S, u', fg', mg', gg' (Qu)
Kornkennzahl	0181	1045	1054	1081	0163
T/U/S/G (%)	- /8.2/80.0/11.8	7.7/5.3/41.1/45.8	5.9/6.6/48.5/39.1	6.8/6.0/73.7/13.4	- /5.1/63.2/31.7
U/Cc	5.0/1.8	382.2/8.7	82.4/5.1	50.4/19.8	5.4/1.1
Klassifizierung (DIN 18196)	SU/ST	GT	SU	ST	SU/ST
k (m/s) (Beyer):	$9.8 \cdot 10^{-5}$	-	-	-	$6.0 \cdot 10^{-4}$
Frostempfindlichkeitsklasse:	F1	F2	F2	F2	F1
Signatur:	○—○	×—×	□—□	⊠—⊠	*—*

Bemerkungen:

Bericht:
Anlage: 6

Anhang

Prüfberichte

AGROLAB Labor GmbH, Bruckberg

749698



Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, Germany
Fax: +49 (08765) 93996-28

AGROLAB Labor Dr.-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

GMP GEOTECHNIK GMBH & CO. KG
WINTERHÄUSER STR. 9
97084 WÜRZBURG

Datum 06.12.2011
Kundennr. 27018091
Seite 1 von 2

PRÜFBERICHT

Auftragsnr. 749698

Analysennr.	352533 Wasser
Auftrag	Projekt Nr.: 211355, Erschließung Baugebiet Mühlenpark, Kitzingen
Probeneingang	02.12.2011
Probenahme	01.12.2011
Probenehmer	Back
Kunden-Probenbezeichnung	Sch1, 2,60m
Probenart	Wasser

Einheit	Ergebnis	Angriffsgrad			Best.-Gr.
		schwach, DIN 4030	stark, DIN 4030	Angrgr. sehr stark, DIN 4030	
Sensorische Prüfungen					
Färbung (Labor)		braun			
Trübung (Labor)		trüb			
Geruch (Labor)		ohne			
Physikalische Parameter					
pH-Wert (Labor)		7,24	5,5-6,5	4,5-5,49	0-4,49
Leitfähigkeit bei 20 °C (Labor)	µS/cm	1080			10
Leitfähigkeit bei 25 °C (Labor)	µS/cm	1210			10
Kationen					
Ammonium (NH ₄)	mg/l	0,07	15-30	>30-60	>60
Calcium (Ca)	mg/l	170			
Magnesium (Mg)	mg/l	38	300-1000	>1000-3000	>3000
Anionen					
Chlorid (Cl)	mg/l	120			
Nitrat (NO ₃)	mg/l	23			
Sulfat (SO ₄)	mg/l	130	200-600	>600-3000	>3000
Sulfid leicht freisetzbar	mg/l	<0,05			
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	6,66			
Säurekapazität bis pH 4,3 nach Marmorlösung	mmol/l	6,64			
Summarische Parameter					
Oxidierbarkeit (KMnO ₄ -Verbrauch)	mg/l	4,5			0,5
KMnO ₄ -Index (als O ₂)	mg/l	1,1			0,1
Berechnete Werte					
Carbonathärte	°dH	18,6			0,3
Carbonathärte	mg/l CaO	186			
Nichtcarbonathärte	°dH	14			0
Nichtcarbonathärte	mg/l CaO	138			0
Gesamthärte	°dH	32,5			1
Gesamthärte	mg/l CaO	325			





AGROLAB Labor GmbH

Dr.-Pauling-Str. 3, 84079 Bruckberg, Germany
 Fax: +49 (08765) 93996-28

Datum 06.12.2011
 Kundennr. 27018091
 Seite 2 von 2

Auftragsnr. 749698 Analysennr. 352533

	Einheit	Angriffsgrad			Best.-Gr.	
		Ergebnis	schwach, DIN 4030	stark, DIN 4030		Angrgr. sehr stark, DIN 4030
Kalkl. Kohlensäure	mg/l	<1	15-40	>40-100	>100	1
Gesamthärte	mmol/l	5,80				0,18

Sonstige Untersuchungsparameter

Belonaggressivität (Angriffsgrad DIN 4030)	nicht angreifend
--	------------------

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

AGROLAB Labor Gregor Patschky, Tel. 08765/93996-22
 Fax 08765/93996-66, E-Mail gregor.patschky@agrolab.de
 Kundenbetreuung

Methodenliste

- analog DIN EN ISO 15682-D31 (CFA), BR_C_179:Chlorid (Cl)
- analog DIN38406-E 5, BR_C_179: Ammonium (NH4)
- berechnet: Carbonathärte Carbonathärte Nichtcarbonathärte Nichtcarbonathärte Gesamthärte Gesamthärte Gesamthärte
- DEV B1/2: Geruch (Labor)
- DIN EN ISO 13395-D28: Nitrat (NO3)
- DIN EN ISO 17294-2 (E29): Calcium (Ca) Magnesium (Mg)
- DIN EN 27888: Leitfähigkeit bei 20 °C (Labor) Leitfähigkeit bei 25 °C (Labor)
- DIN 38404-C5: pH-Wert (Labor)
- DIN 38405-D27: Sulfid leicht freisetzbar
- DIN 38409-H5: Oxidierbarkeit (KMnO4-Verbrauch) KMnO4-Index (als O2)
- DIN 38409-H7-1: Säurekapazität bis pH 4,3 Säurekapazität bis pH 4,3 nach Marmorlöse-V.
- DIN 4030: Belonaggressivität (Angriffsgrad DIN 4030) Kalkl. Kohlensäure
- EN ISO 7887-C1: Färbung (Labor)
- in Anlehnung an DIN 38405-D5, BR_C_179:Sulfat (SO4)
- Visuell: Trübung (Labor)

Beginn der Prüfungen: 02.12.11
 Ende der Prüfungen: 06.12.11

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Bei Proben unbekanntem Ursprungs ist eine Plausibilitätsprüfung nur bedingt möglich. Die auszugswise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig.

