



GEOTECHNISCHER BERICHT

Projekt-Nr.: 12334/17

Datum: 04.12.2018

Projekt: **Stadt Marktheidenfeld,
Erschließung Wohnbaugebiet im STT Altfeld,
Kirschengraben**

**Auftraggeber
und Bauherr:** **Stadt Marktheidenfeld
vertreten durch die 1. Bürgermeisterin Frau Schmidt-Neder
Luitpoldstraße 17
97828 Marktheidenfeld**

Planung: **Ingenieurbüro für Bauwesen
Thomas Harth
Am Hainszaun 10a
97828 Marktheidenfeld**

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorhaben - Veranlassung	4
2. Geotechnische Untersuchungen	4
3. Umwelttechnische Untersuchungen	5
4. Untergrundverhältnisse	6
4. 1 Morphologischer und geologischer Überblick	6
4. 2 Bodenschichten	7
4. 3 Grundwasserverhältnisse	8
4. 4 Bodenklassifizierung und -kenngößen	9
5. Ergebnis der Schadstoffuntersuchungen	11
5. 1 Boden	11
5. 2 Schwarzdecken	11
6. Grundbautechnische Empfehlungen	12
6. 1 Erdbautechnische Klassifizierung und Frostempfindlichkeit	12
6. 2 Grundwasserverhältnisse	13
6. 3 Empfehlungen für die Wohnbebauung	13
6. 4 Empfehlungen für den Straßenausbau	15
6. 5 Kanalgrabenaushub	16
6. 6 Kanalgrabensicherung	17
6. 7 Rohrbettung	17
6. 8 Kanalgrabenverfüllung	17
6. 9 Durchlässigkeit des Untergrundes – Versickerung	19
7. Weitere Hinweise	20
Inhaltsverzeichnis	21

Anlagen

1. Lage der Aufschlüsse
2. Schichtenverzeichnisse - Schichtenprofile
3. Rammsondierungen - Rammdiagramme
4. Ergebnis der chemischen Laborversuche

Unterlagen

Für die Erstellung des Berichtes wurden dem BBD vom Ingenieurbüro Harth folgende Planunterlagen zur Verfügung gestellt:

- /1/ Übersichtslageplan; M \approx 1:4.500, undatiert
- /2/ Lageplan, Auszug aus dem Liegenschaftskataster; M = 1:2.500, undatiert
- /3/ Geländeaufnahme Neubaugebiet; M = 1:1000, undatiert

Weiterhin wurde als Unterlage verwendet:

- /4/ Geologische Karte von Bayern 1:25.000, 6123 Marktheidenfeld, München 1979, mit zugehörigen Erläuterungen
- /5/ Topographische Karte 1:25.000, 6123 Marktheidenfeld, Bayerisches Landesvermessungsamt 2004
- /6/ LAGA LÄNDERARBEITSGEMEINSCHAFT ABFALL: Mitteilung der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20; Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen, 1997; Stand: November 1998
- /7/ BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT: Merkblatt Nr. 3.4/1, Stand: 20.03.2001
- /8/ Anforderungen an die Verfüllung von Gruben und Brüchen sowie Tagebauen - ECKPUNKTEPAPIER, 09.12.2005

1. Vorhaben – Veranlassung

Die Stadt Marktheidenfeld beabsichtigt im STT Altfeld die Erschließung des Wohnbaugebietes Kirschengraben durchzuführen. Dieses schließt auf der Nordostseite der Römerstraße bzw. des Märzwegs an die bestehende Bebauung an.

Mit der Planung der Maßnahme und der hydraulischen Bemessung der zu verlegenden Kanalleitungen ist das Ingenieurbüro Harth, Marktheidenfeld, betraut.

Das Baugrund-Büro Dengel wurde mit Schreiben vom 24.07.2017 (Ingenieurvertrag vom 27.09.2017) von Herrn Chesauan, Bauamtsleiter Stadt Marktheidenfeld, gemäß dem Angebot vom 02.09.2017 beauftragt die Untergrundverhältnisse im Bereich des Baugebietes zu erkunden und zu beurteilen und die Ergebnisse in einem geotechnischen Bericht zusammenzufassen und zu bewerten.

Im Rahmen des vorgegebenen geotechnischen Untersuchungsprogramms sollte auch die Belastungssituation der Schwarzdecken und des zuoberst vorliegenden Bodens überprüft und Aussagen bezüglich der Schadstoffbelastung und der Wiederverwertbarkeit des Aushubmaterials getroffen werden.

Die angetroffenen geologischen und hydrologischen Verhältnisse werden beschrieben und bewertet und es werden grundbautechnische Empfehlungen für die tiefbauliche Erschließung gegeben.

2. Geotechnische Untersuchungen

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse und Schichtenfolge wurden am 10.11.2017 zwei Rammkernsondierungen (RKS 1 u. RKS 2) mit der Rammkernsonde (Ø 35 mm) bis auf Tiefen von jeweils 2,00 m niedergebracht. In dieser Tiefe konnte die Sonde wegen Bohrhindernissen (Sandstein) nicht weiter eingetrieben werden.

Die Art der dabei erschlossenen Böden, ihre Mächtigkeit und Tiefenlage ist in den Schichtenverzeichnissen und Schichtenprofilen nach DIN 4023 beschrieben und dargestellt (Anlagen 2.1 u. 2.2).

Zur Ermittlung der Lagerungsdichte und Festigkeit der anstehenden Böden wurden am 10.11.2017 insgesamt sieben Rammsondierungen (RS 1 – RS 7) mit der leichten Rammsonde DPL-5 (Spitzenquerschnitt = 5 cm²) bis auf Tiefen zwischen 0,9 - 2,9 m niedergebracht. In diesen Tiefen stand die Sonde jeweils auf und konnte nicht tiefer eingeschlagen werden.

Bei der Rammsondierung wird eine konische Rammspitze mit definierter Energie in den Untergrund gerammt. Gemessen werden die Schlagzahlwerte N_{10} , die nötig sind für 10 cm Eindringtiefe der Rammsonde.

Die erzielten Schlagzahlen sind gemäß DIN 4094-3 als Stufendiagramme dargestellt. (Anlagen 3.1 – 3.7).

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse wurden nach ihrer Lage und Höhe eingemessen und in einen Lageplan eingetragen (Anlage 1).

3. Umwelttechnische Untersuchungen

Die in den Rammkernsondierungen erschlossenen Böden wurden organoleptisch (= sensorische Bewertung hinsichtlich Geruch, Aussehen, Farbe, Zusammensetzung) überprüft.

Um das Ausbaumaterial in umwelttechnischer Hinsicht beurteilen und die erforderliche Verwertung angeben zu können, wurden aus den Rammkernsondierungen auftragsgemäß Bodenproben für eine orientierende Untersuchung entnommen, um eine eventuelle Schadstoffbelastung abzuklären.

Es wurden folgende Proben entnommen:

RKS 1: P 1, 0,2 – 1,0 m Tiefe

RKS 2: P 2, 0,1 – 1,0 m Tiefe

Die Proben, die die gleiche Zusammensetzung aufwiesen, wurden zu einer Mischprobe (MP 1) vereinigt.

Die alte Fahrbahn des Märzenwegs und des Flurwegs an der Nordwestseite wurde randlich aufgebrochen und es wurden Schwarzdeckenproben entnommen. Da die organoleptische Untersuchung keinen Verdacht auf teerhaltige Inhaltsstoffe ergab, wurde vom Unterbau aus Kalkschotter keine Probe entnommen.

Die Mischprobe und die Schwarzdeckenproben wurden neutral verpackt und unverzüglich zum akkreditierten Vertragslabor Wessling Laboratorien GmbH, Labor Rhein-Main, Weiterstadt, verbracht. Die Mischprobe wurde dort nach /6/, LAGA, Tab. II. 1.2-1, Mindestuntersuchungsprogramm für Boden bei unspezifischem Verdacht, analysiert. Die Schwarzdeckenproben wurden nach /7/, BfW Merkblatt Nr. 3.4/1, auf kohlenteeerhaltige Inhaltsstoffe untersucht.

Die Analyseergebnisse sind als Anlage 4.1 u. 4.2 beigelegt.

Tabelle 1: Auf Schadstoffe untersuchte Proben

Entnahmestelle	Probenbezeichnung	Analysenparameter
RKS 1, RKS 2	MP 1	LAGA, Tab. II.1.2-1
Märzenweg	SD 1	PAK nach EPA
Märzenweg	SD 2	PAK nach EPA
Flurweg	SD 3	PAK nach EPA

4. Untergrundverhältnisse

4.1 Morphologischer und geologischer Überblick

Altfeld liegt auf der durch Dellen, Mulden und flache Täler wenig reliefierten Ostabdachung der Spessartschichtstufe.

Das geplante Wohnbaugebiet liegt nordöstlich der bestehenden Bebauung auf einer gleichmäßig nach Südost geneigten Fläche. Diese wurde bisher ausschließlich landwirtschaftlich genutzt. Es erstreckt sich in einer Höhe zwischen ca. 278 bis 296 m NN.

Nach /4/, Geologische Karte, wird der tiefere Untergrund des Baufeldes von Gesteinen des Oberen Buntsandstein aufgebaut. Es handelt sich dabei um den Schichtenkomplex des Rötquarzit, der in der Umgebung von Altfeld großflächig ausstreicht und die geringe Relieferung der Spessartostabdachung verursacht. Im Rötquarzitkomplex herrschen quarzitisch gebundene Sandsteine vor, tonig gebundene Schluff- und Feinsandsteine treten nur untergeordnet auf. Bereichsweise sind über diesem noch dünne Restmächtigkeiten der Tonsteine des Oberen Röttons vorhanden.

Die Gesteine sind durch Verwitterungseinflüsse entfestigt und Tonsteine sind zu Verwitterungslehm zersetzt.

Die Gesteine bzw. die Verwitterungszone werden im Bereich des Erschließungsgebietes von äolischen Deckschichten, Löss oder Lösslehm, überlagert. Diese können mehrere Meter Mächtigkeit besitzen. Durch Niederschlagswässer ist der primäre Löss zu oberst entkalkt und zu Lösslehm umgewandelt.

Die Geländeoberfläche wird von der belebten Bodenzone, dem Mutterboden gebildet.

4.2 Bodenschichten

Nach dem Ergebnis der durchgeführten Sondierungen ist im Erschließungsgebiet folgende Bodenschichtung zu erwarten:

Mutterboden:

Wurde stets als oberste Bodenschicht festgestellt. Er besitzt eine Mächtigkeit zwischen 0,1 m - 0,2 m.

Lösslehm:

Wurde unter dem Mutterboden bis in Tiefen zwischen 0,6 m – 2,2 m, meist knapp 2 m, angetroffen

Er besteht aus feinsandigem, schwach tonigem Schluff, gelegentlich mit geringen Beimengungen von Feinkies. An der Basis überwiegt meist der Feinsand.

Das hellbraune, ockerbraune oder braune Bodenmaterial besitzt leichte Plastizität. In den Rammkernsondierungen wurde eine steife bis weiche Konsistenz festgestellt. Bei RKS 2 wurde zwischen 1,5 – 1,85 m eine weiche bis gegen breiige Konsistenz festgestellt. In den Rammsondierungen wurden für 10 cm Eindringtiefe der Sondenspitze Schlagzahlen erzielt, die eine lockere bis knapp dichte Lagerung anzeigen.

Verwitterungszone / Entfestigte Tonsteine

Diese wurden in den RKS ab 1,95 m angetroffen. In den Rammsondierungen setzen diese Böden zwischen 0,6 m – 2,2 m, meist knapp 2 m, unter Gelände ein. Ihre Mächtigkeit wurde mit 0,1 m – 0,7 m festgestellt.

Diese Bodenzone besteht aus zu schluffigem Ton entfestigte Tonsteine mit steifer bis halbfester Konsistenz und mittlerer Plastizität sowie aus stark entfestigten Sandsteinen. Nach dem Ergebnis der Rammsondierungen ist sie stets dicht gelagert.

Festgesteine

In den RKS konnte der Sandstein lediglich 5 cm tief durchörtert werden. Er liegt erfahrungsgemäß als plattiger bis dünnbankiger, klüftiger bis stark klüftiger, feinkörniger Sandstein mit feinen Tonzwischenlagen vor. Er kann weiße, rote oder rotbraune Färbung aufweisen.

Beim Aufsitzen der Rammsondierungen ist ebenfalls die Oberfläche der Sandsteine des Rötquarzites anzunehmen.

Die Oberfläche des Sandsteins ist demnach in folgenden Tiefen anzunehmen:

Tabelle 2: Oberfläche des Sandsteins

	RKS 1	RKS 2	RS 1	RS 2	RS 3
Meter unter Gelände:	1,95	1,95	2,5	1,5	0,8
NN - Höhe:	277,95	289,5	276,4	283,2	287,1

	RS 4	RS 5	RS 6	RS 7
Meter unter Gelände:	2,0	2,1	2,3	2,6
NN - Höhe:	289,0	291,7	286,7	284,6

4.3 Grundwasserverhältnisse

Die erschlossenen Böden waren stets normal erdfeucht. Grundwasser wurde in den durchgeführten Aufschlüssen nicht angetroffen.

Aufgrund des geschichteten Untergrundes mit unterschiedlich gut durchlässigen Böden ist das Auftreten von Stau- oder Schichtenwasser jedoch nicht auszuschließen. Darauf

deutet auch die aufgeweichte Bodenzone hin, die im unteren Bereich von RKS 2 angetroffen worden ist.

Da der Rötquarzit bekanntermaßen als Grundwasserleiter fungiert, muss bei dessen Erreichen mit Schichtenwasser gerechnet werden.

4.4 Bodenklassifizierung und -kenngrößen

Die bei den Untergrunderkundungen angetroffenen und in Abschnitt 4.2 beschriebenen Bodenschichten können den folgenden Bodengruppen und Bodenklassen zugeordnet werden:

Tabelle 3: Bodengruppen sowie Bodenklassifizierung

Bodenschicht	Kurzzeichen nach DIN 4023	Bodengruppe nach DIN 18.196	Bodenklasse nach DIN 18.300 (2012)
Lösslehm	U, \pm fs, t', (g')	TL	4
Verw.zone / Tonstein	T, \pm u, \pm x, \pm g	TM	4
Sandstein	Sst	--	6 / 7

Für die anstehenden Böden können unter Berücksichtigung natürlicher Schwankungsbreiten und aufgrund örtlicher Erfahrung folgende mittlere bodenmechanische Parameter (Wichte des feuchten Bodens; Winkel der inneren Reibung: φ ; Kohäsion: c' ; Steifemodul: E_s) angenommen werden:

Tabelle 4: Charakteristische Bodenkenngrößen

Bodenschicht	γ [kN/m ³]	φ [°]	c' [kN/m ²]	E_s ¹⁾ [MN/m ²]
Lösslehm	18	27,5	2 – 7	4 – 8
Verw.zone / Tonstein	19 – 20	27, 5 – 32,5	6 – 15	15 – 30
Sandstein	23	40	30 – 50	80 – \geq 200

¹⁾: Im Spannungsbereich für 150 kN/m²

Mit Einführung der DIN 18300: 2015-08, sind Böden und Festgesteine bei der Ausschreibung der Erdarbeiten in Homogenbereiche einzuteilen. Hierbei beschreiben diese Homogenbereiche Böden und Felsschichten mit vergleichbaren bautechnischen Eigenschaften für das Lösen, Laden, Einbauen und Verdichten.

Für die Ausschreibung der Erdarbeiten nach DIN 18300: 2015-08 wird die Einteilung in zwei Homogenbereiche vorgeschlagen.

Tabelle 5: Homogenbereich Lockerboden

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereich B 1	Homogenbereich B 2
ortsübliche Bezeichnung	Lösslehm	Verw.-zone / Tonstein
Kornverteilung (T/U/S/G) [%]	--	--
Massenanteil Steine (> 63 - 200 mm) [%]	0	0
Massenanteil Blöcke (> 200 - 630mm) [%]	0	0
Dichte, feucht [kN/m³]	18	19
Plastizität	leichtplastisch	mittel plastisch
Konsistenz	weich bis steif	halbfest bis fest
Lagerungsdichte	locker bis knapp dicht	dicht bis sehr dicht
Frostempfindlichkeit nach ZTV E StB 09	F3	F3
Verdichtungsklasse nach ZTV A StB	V3	V2
Bodengruppe nach DIN 18196	TL	TM
Bodenklasse nach DIN 18300 (2012)	4	4

Tabelle 6: Homogenbereich Festgestein

Eigenschaft / Kennwert	Homogenbereich 2
ortsübliche Bezeichnung	Rötquarzit
Benennung von Fels	Sandsteine mit Tonsteinlagen
Dichte	23 kN/m³
Verwitterung, Veränderung und Veränderlichkeit	mittel bis kaum verwittert, wenig veränderlich
Druckfestigkeit des Gesteins	geschätzt: 20 - 80 N/mm²,
Trennflächenrichtung	± sählig gelagert
Trennflächenabstand	plattig bis dünnbankig
Gesteinskörperform	tafelförmig
Bodenklasse nach DIN 18300 (2012)	6 / 7

5. Ergebnis der Schadstoffuntersuchungen

5.1 Boden

Bei den chemischen Analysen der untersuchten Mischprobe MP 1 aus der oberen Bodenzone nach /6/, LAGA, wurde bei keinem Parameter der Zuordnungswert Z-0 überschritten. Auch nach /8/, Eckpunktepapier, wurde der Zuordnungswert Z-0 stets eingehalten. Auch die organoleptische Bewertung ergab keine Hinweise auf eine Schadstoffbelastung.

Der bei den Erdarbeiten zu lösende Boden ist damit sowohl nach /6/, LAGA, als auch nach /8/, Eckpunktepapier, durchwegs als **Z 0-Material** einzustufen.

Bei der Untersuchung der oberen Zone des natürlich anstehenden Bodens wurde somit keinerlei Schadstoffbelastung festgestellt. Demnach kann logischerweise auch eine Schadstoffbelastung im darunter anstehenden Boden ausgeschlossen werden.

Die bei den Erdarbeiten zu lösenden und überschüssigen Bodenmaterialien können somit uneingeschränkt für jegliche erdbautechnische Zwecke verwendet oder abgelagert (deponiert) werden.

5.2 Schwarzdecken

Die chemische Analyse der Schwarzdeckenprobe auf polyzyklische-aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) erbrachte folgende Ergebnisse:

Tabelle 7: Chemische Analyse auf PAK

Entnahmestelle	Probenart	Entnahmetiefe [m]	PAK-Gehalt [mg/kg]	Einstufung gemäß LfW-Merkblatt 3.4/1 *
SD 1, Märzenweg	Schwarzdecke	0,0 – 0,04 m	0,644	a)
SD 2, Märzenweg	Schwarzdecke	0,0 – 0,04 m	--	a)
SD 3, Flurweg	Schwarzdecke	0,0 – 0,05 m	--	a)

* a): Ausbauasphalt ohne Verunreinigung (≤ 10)

b): gering verunreinigter Ausbauasphalt ($> 10 - \leq 25$)

c): Pechhaltiger Straßenaufbruch ($> 25 - \leq 100$)

d): Pechhaltiger Straßenaufbruch ($> 100 - \leq 1000$)

e): Pechhaltiger Straßenaufbruch, besonders überwachungsbedürftig (> 1000)

[jeweils in mg/kg]

Bei der chemischen Untersuchung der entnommenen Schwarzdeckenproben wurde somit keine Belastung mit PAK's festgestellt.

Nach /7/, LfW-Merkblatt, sind die Schwarzdecken damit als Ausbauasphalt ohne Verunreinigungen einzustufen.

Das bei der Erschließung anfallende Schwarzdeckenmaterial kann damit uneingeschränkt verwertet werden.

Die Analyse-Ergebnisse sind als Anlage 4.1 - 4.2 beigelegt.

6. Grundbautechnische Empfehlungen

6.1 Erdbautechnische Klassifizierung und Frostepfindlichkeit

In der Fläche des neuen Baugebietes steht unter dem **Mutterboden** durchwegs bis in ca. 2 m Tiefe Lockerboden in Form von **Lösslehm** an. Darunter setzt eine **Verwitterungszone** ein, die zu **Tonsteinen** oder **Sandsteinen** des Oberen Buntsandsteins überleitet.

Die Oberfläche der Sandsteine ist in den in Tab. 2 (s. S. 8) angegebenen Tiefen zu erwarten.

Die Bodenklassen der angetroffenen Böden und Gesteine nach DIN 18 300 (2012) und DIN 18 196 können Tab. 3 (s. S. 9) entnommen werden.

Mit schwer lösbarem Fels der Bodenklasse 7 muss dabei ab 2 m unter Gelände gerechnet werden.

Der Lösslehm ist in die Bodengruppe TL nach DIN 18 196 zu stellen und damit nach ZTV E-StB 09, Tab. 1, S. 8, der Frostepfindlichkeitsklasse F3, sehr frostepfindlich, zuzuordnen.

6.2 Grundwasserverhältnisse

Die erschlossenen Böden waren stets erdfeucht. Wasser wurde nicht angetroffen und ist bis in Tiefen von 1,5 m unter Planum auch nicht zu erwarten.

Es kann somit von günstigen Wasserverhältnissen nach ZTVE-StB-94, Abs. 2.3.3.3, bzw. nach RStO 12, Tab. 7, für den Straßenaufbau ausgegangen werden.

Wird im Kanalbau der Sandstein erreicht ist der Zutritt von Schichtenwasser nicht auszuschließen.

Es sind deshalb entsprechende Vorkehrungen zur Ableitung von Grundwasser zu treffen bzw. Tauchpumpen vorzuhalten.

Werden Betonrohre verlegt, muss die Betonaggressivität von Schichtenwasser überprüft werden.

6.3 Empfehlungen für die Wohnbebauung

Der im geplanten Baugebiet bis in größere Tiefen anstehende Lösslehm ist stark frostempfindlich. Im oberen Bereich bildet er zudem einen wenig gut tragfähigen Baugrund. Er sollte ohne eine Verbesserung seiner Tragfähigkeit nicht mit Gründungskörpern von Wohngebäuden belastet werden. Lediglich untergeordnete Nebengebäude können direkt, aber stets frostfrei, in Lösslehm gegründet werden.

Bei nicht unterkellerten Gebäuden wird somit unter Fundamenten oder unter tragenden Bodenplatten der Einbau einer ausreichend dicken Lastverteilungsschicht aus Schotter bzw. einer Schottertragschicht erforderlich.

Die zulässigen Sohlnormalspannungen bzw. Bettungsmodule sind dann abhängig von der Dicke der Schotterschicht, die eingebaut wird.

Im unteren Bereich bildet der Lösslehm für die vorgesehene Wohnbebauung einen ausreichend gut tragfähigen Baugrund.

Bei unterkellerten Wohnhäusern ist bei einer flächigen Lastabtragung über die tragend ausgebildete Bodenplatte lediglich der Einbau einer ca. 25 cm dicken Schotterschicht notwendig.

Der Bemessung der Bodenplatte als elastisch gebettete Platte nach dem Bettungsmodulverfahren kann dann ein Bettungsmodul von $k_s = 10 - 20 \text{ MN/m}^3$ zugrunde gelegt werden.

Die maximal zulässigen Kantenpressungen (nach DIN 1054, 1976) betragen **180 – 220 kN/m²**.

Bei unterkellerten Wohnhäusern, deren Baugrubensohle bereits in der Verwitterungszone oder den Buntsandsteinen zu liegen kommt, kann bei einer flächigen Lastabtragung über die tragend ausgebildete Bodenplatte deren Bemessung als elastisch gebettete Platte nach dem Bettungsmodulverfahren ein Bettungsmodul in den Grenzen von $k_s = 35 - 50 \text{ MN/m}^3$ zugrunde gelegt werden.

Für die Bodenpressungen (nach DIN 1054, 1976) können dabei Werte von **300 kN/m² – 450 kN/m²** angenommen werden.

Der Lösslehm ist nur im erdfeuchten Zustand und bei mindestens steifer Konsistenz für den Wiedereinbau als Arbeitsraumverfüllung geeignet. Er ist außerdem stark feuchtigkeitsempfindlich. Die zum Wiedereinbau vorgesehenen Massen sind deshalb durch geeignete Maßnahmen vor Durchfeuchtung zu schützen. Sie sind somit abzudecken oder in qualifizierten Erdmieten mit glatten und geneigten Oberflächen aufzusetzen.

Böschungen zur Baugrubensicherung nach DIN 4124 können mit folgenden Neigung angelegt werden:

Lösslehm, Verwitterungszone:	60°
Tonstein, Sandstein:	80°

Für die Berechnung des Erddrucks zur Bemessung von Stützbauwerken oder Kellerwänden können die in Tab. 4 (s. S. 9) angegebenen Bodenkennwerte angenommen werden.

Keller sind aufgrund der leichten Hanglage und des bindigen Untergrunds nach DIN 18 195 durch entsprechende Maßnahmen gegen Wasser zu schützen.

Sie sind entweder nach DIN 18 195, Teil 6, gegen drückendes Wasser abzudichten oder nach Teil 4 gegen nicht drückendes Wasser abzudichten, wobei dann gleichzeitig

durch eine Dränierung nach DIN 4095 sichergestellt werden muss, dass es nicht zu Stauwasserbildungen (= drückendes Wasser) an den Außenwänden kommen kann.

Bei einer Abdichtung gegen nichtdrückendes Wasser sind an den Außenwänden vertikale Flächenfilter und unter der Sohlplatte eine Kiesfilterschicht (= kapillarbrechende Schicht) anzuordnen.

Die Flächenfilter sind über Dränagen zu entwässern, die einer gesicherten Vorflut zuzuführen sind. Als gesicherte Vorflut gilt ein Regenwasserkanal, ein oberirdischer Auslauf oder ein ausreichend dimensionierter Sickerschacht.

Außerdem muss der oberirdische Zulauf von Wasser an das Gebäude durch geeignete Maßnahmen verhindert werden.

Wenn der Sandstein in der Baugrube nicht angeschnitten wird, ist nur mit einem untergeordneten Wasserandrang zu rechnen. Wenn eine gesicherte Vorflut für die Dränage geschaffen werden kann, wird dann empfohlen, die in den Untergrund einbindenden Bauwerksteile nach DIN 18 195, Teil 4, abzudichten und Dränagen anzuordnen.

Die in diesem Kapitel genannten Angaben sind als genereller Überblick über das Baugebiet zu verstehen. Genaue Aussagen können erst nach Vorlage der spezifischen Einbindetiefen und Gründungssituation getroffen werden.

6.4 Empfehlungen für den Straßenausbau

Aufgrund des anstehenden, stark frostempfindlichen Bodens, beträgt der Richtwert für den frostsicheren Straßenaufbau nach RStO 12 bei Bauklasse Bk0,3 50 cm und bei B3,2 bis Bk1,0 60 cm.

Aufgrund der Lage von Altfeld in Frosteinwirkungszone II ist nach RStO 12, Tab. 7, eine Mehrdicke von 5 cm anzusetzen.

Der in Planumshöhe anstehende Boden ist nur nach längeren Trockenperioden ausreichend gut tragfähig als Untergrund für den neuen Straßenkörper.

Im Normalfall ist er dies aber nicht und lässt sich auch nicht genügend verdichten um als Untergrund für den neuen Straßenkörper verwendet werden zu können.

Der nach ZTV E-StB 09 auf dem Planum im Plattendruckversuch geforderte Verformungsmodul E_{v2} von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ lässt sich darauf in der Regel nicht erreichen.

Es ist deshalb eine Untergrundverbesserung mit einer Dicke von mindestens 25 cm erforderlich.

Die Dicke des frostsicheren Straßenaufbaus kann dann um 10 cm reduziert werden.

Bei ungünstigen Witterungsbedingungen während der Bauausführung kann auch eine zusätzliche Stabilisierung des Untergrunds durch das Einrütteln von Grobschotter oder Felsenklein erforderlich werden.

Die Art und der Umfang von Verbesserungsmaßnahmen richten sich nach den Witterungsbedingungen zur Zeit der Bauausführung und kann daher erst dann endgültig festgelegt werden.

Alternativ ist auch eine Bodenverbesserung mittels Einfräsen von Bindemitteln möglich. Dabei ist eine Dicke der verbesserten Schicht von $\geq 40 \text{ cm}$ erforderlich. Um eine dauerhafte Stabilisierung zu erzielen sollte als Bindemittel ein Kalk-Zement-Gemisch im Verhältnis von 30 % zu 70 % gewählt werden.

Da die erforderliche Bindemittelmenge vom aktuellen Wassergehalt des zu verbessernden Bodens abhängig ist, kann sie erst zum Zeitpunkt der Ausführung bestimmt werden. Erfahrungsgemäß ist jedoch von einer Bindemittelmenge von $20 - 30 \text{ kg/m}^3$ auszugehen.

6.5 Kanalgrabenaushub

Die zu lösenden Lockerböden sind nach DIN 18300 (2012) der Bodenklasse 4 zuzuordnen.

Die Sandsteine des Rötquarzites sind sehr hart und bilden ein dichtes Gefüge. Sie sind bereits wenige Dezimeter unter ihrer Oberfläche der Klasse 7 zuzuordnen. Es ist außerdem davon auszugehen, dass zum Lösen der Sandsteine der Einsatz von Felsmeißeln erforderlich wird.

Es wird vorgeschlagen die Klassen 3 - 6 in einer Position auszuschreiben und Fels der Klasse 7 als Zulage, mit einer ausreichend großen Position, anzusetzen.

6.6 Kanalgrabensicherung

Der Lösslehm ist aller Voraussicht nach zumindest kurzfristig ausreichend standfest, um die Kanalgräben senkrecht ausheben und durch einen frei eingehobenen Verbau sichern zu können.

Die Ausbauabschnitte, d.h. die offen stehenden Grabenabschnitte dürfen jedoch nicht zu groß ausgeführt werden.

Da genügend Platz vorhanden ist, könnten die Kanalgräben auch durch Abböschungen nach DIN 4124 gesichert werden.

Dabei sind folgende folgenden Neigungen zulässig:

- Lösslehm / Verwitterungszone: 60°
- Tonstein, Sandstein: 80°

6.7 Rohrbettung

Die anstehenden Böden sind überwiegend ausreichend tragfähig zur Auflagerung der Rohre. Lediglich lokal kann bei aufgeweichtem Lösslehm eine Verbesserung der Rohrgrabensohle erforderlich werden.

Beim Übergang von Lockerböden auf Festgesteine muss eine Sattellagerung des Rohres durch entsprechende Vorkehrungen verhindert werden. Entweder ist ein ausreichendes dickes Splitt- oder Sandbett über dem Fels vorzusehen, oder es ist eine Betonsohle im Bereich des Lockerbodens einzubauen.

Bei der Bettung der Rohre ist der Scheitelbruchnachweis nach DIN EN 1610 bzw. dem ATV-Arbeitsblatt A 127 zu beachten.

6.8 Kanalgrabenverfüllung

Bei der Verfüllung der Rohrgräben ist Abschnitt 9 der ZTV E-StB 09 zu beachten: danach ist im Bereich der Leitungszone (d.h. von Rohrgrabensohle bis ≥ 30 cm über Rohrscheitel) grobkörniger Boden mit einem Größtkorn 20 mm (z.B. mittelmäßig Sand) zu verwenden; oberhalb der Leitungszone sollte der ausgehobene Boden wieder eingebaut werden, sofern dieser zur Wiederverfüllung geeignet ist.

Darüber hinaus sind bei der Verfüllung die Vorgaben der ZTV A-StB 97 zu beachten.

Die beim Aushub zu lösenden Lehme sind nur bei günstiger, d.h. hoher Konsistenz zum Wiedereinbau geeignet. Vor allem weichsteifer oder weicher Lösslehm, wie er teils angetroffen worden ist, lässt sich nicht ausreichend verdichten und ist daher nicht zum Wiedereinbau geeignet.

Beim Ausschachten muss somit darauf geachtet werden, dass nur entsprechend fester Lehm, bevorzugt Verwitterungslehm, zum Wiedereinbau zurückgehalten wird. Außerdem müssen die zum Wiedereinbau vorgesehenen Massen durch geeignete Maßnahmen vor Durchfeuchtung geschützt werden. Sie sind somit entweder qualifiziert abzudecken oder in entsprechenden Erdmieten mit abgeschrägten und glatten Oberflächen aufzusetzen.

Die Sandsteine lösen sich aller Voraussicht nach sehr grobstückig. Sie lassen sich deshalb nicht hohlraumarm verdichten und sind somit nicht zum Wiedereinbau geeignet.

Voraussichtlich ist deshalb für die Kanalgrabenverfüllung Liefermaterial erforderlich. Es sollten deshalb in entsprechendem Umfang Massen hierfür vorgesehen werden.

Nach ZTV E-StB 09, Abs. 9.4.2, darf das Verdichten in der Leitungszone und im Bereich bis 1 m über Rohrscheitel nur mit leichtem Verdichtungsgerät erfolgen; darüber bis 3 m über Rohrscheitel darf auch mittelschweres und darüber auch schweres Verdichtungsgerät eingesetzt werden. Dies bedeutet, dass bei Wiederverwendung der anstehenden Böden stets die nach Abs. 10.3.2 maximal zulässigen Schütthöhen von 30 cm möglich sind. Bei Verwendung von grobkörnigen Lieferböden sind bis 1 m über Rohrscheitel nur Schütthöhen bis 25 cm zulässig.

Für die Rohrgrabenverfüllung innerhalb von Straßenkörpern sind nach ZTV E-StB 09, Tab. 2, folgende Verdichtungsgrade zu fordern:

- Leitungszone: 97 % D_{Pr}
- bis 1,0 m unter Straßenplanum: ≥ 98 % D_{Pr}
- darüber bis zum Straßenplanum: ≥ 100 % D_{Pr}
- für fein- bis gemischtkörnige Verfüllböden bis zum Straßenplanum: ≥ 97 % D_{Pr}

Der erzielte Verdichtungsgrad ist über die gesamte Verfüllhöhe gemäß ZTV E-StB 09 (z.B. durch Dichtebestimmungen, dynamische Plattendruckversuche oder Rammsondierungen) nachzuweisen.

Um bei unzureichender Verdichtung rechtzeitig handeln zu können, sollte eine ausreichende Anzahl von Kontrollprüfungen (am zweckmäßigsten dynamische Plattendruckversuche) bereits in teilverfüllten Gräben erfolgen.

Da die Kanaltasse stets im Straßenbereich liegt, ist die Grabenverfüllung so zu verdichten, dass ihre Oberfläche genügend tragfähig ist, um dort im Plattendruckversuch ein Verformungsmodul E_{V2} von $\geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreichen zu können.

Zuoberst ist somit eine $\geq 20 \text{ cm}$ dicke Schottererschicht vorzusehen.

6.9 Durchlässigkeit des Untergrundes – Versickerung

Das Niederschlagswasser der befestigten Flächen soll zur Versickerung gebracht werden.

Dem bis ca. 2 m unter Gelände anstehenden, stark bindigen Lösslehm können aufgrund seiner Zusammensetzung (Kornverteilung) mittlere Durchlässigkeitsbeiwerte von $k_f = 1 \cdot 10^{-6} - 1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$ zugeordnet werden.

Er ist somit nur schwach durchlässig bzw. besitzt nur sehr geringe hydraulische Leitfähigkeit.

Nach den Richtlinien des ATV „Arbeitsblatt A 138 (Jan. 1990): Bau und Bemessung von Anlagen zur dezentralen Versickerung von nicht schädlich verunreinigtem Niederschlagswasser (Abwassertechnische Vereinigung e.V. 1990)“ liegt die wirtschaftliche Grenze für eine Versickerung bei einem Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$. Der anstehende Boden ist daher für eine direkte Versickerung nicht geeignet.

Eine Versickerung wäre nur mit entsprechend überdimensionierten Rigolen mit einem entsprechend sehr großen Rückstauvolumen möglich.

Bei der Verwendung von Rigolensystemen, z.B. der Hersteller Premier Tech Aqua, Rehau oder Fränkische Rohrwerke, ist ein wesentlich höheres Speichervolumen gegenüber Kiesrigolen vorhanden, so dass das erforderliche Stauraumvolumen dabei etwa um die Hälfte reduziert werden könnte.

Es wird deshalb empfohlen für das Niederschlagswasser eine Speichermöglichkeit mittels eines Regenrückhaltebeckens oder einer entsprechenden Dimensionierung der Rohrleitungen zu schaffen.

Eine Versickerung in den klüftigen Sandstein wäre zwar möglich, ist aber nicht zulässig, da dabei keine Reinigungswirkung gegeben ist.

7. Weitere Hinweise

Der vorliegende Geotechnische Bericht gilt nur in seiner Gesamtheit. Bei einer Weitergabe von einzelnen Kapiteln oder Anlagen an mit der Bauausführung Beteiligte, kann dies zu einer Fehlinterpretation führen.

Dieser Bericht gilt nur für die untersuchte und bewertete Fläche und für das beurteilte Bauvorhaben. Eine Verwendung darüber hinaus ist nur mit der Zustimmung des Verfassers gestattet.

Da die Untergrundverhältnisse nur an einigen Bereichen untersucht wurden und damit nur punktuelle Erkenntnisse vorliegen, sind Abweichungen von den im Bericht dargestellten Verhältnissen nicht auszuschließen.

Nach DIN 4020 ist bei der Bauausführung zu überprüfen, ob die tatsächlich angetroffenen Baugrundverhältnisse den im Geotechnischen Bericht beschriebenen entsprechen. Bei Abweichungen ist zu überprüfen, ob die Folgerungen des Geotechnischen Berichts noch zutreffen. Der Baugrundgutachter sollte dann sofort informiert werden.

Bei weiteren Fragen sowie zur Verdichtungskontrolle sollte der Baugrundgutachter nochmals hinzugezogen werden.

Helmstadt, den 04.12.2018



Dipl.-Ing. (FH) G. Dengel

Baugrundbüro Dengel
Frühlingstraße 21
97264 Helmstadt

Tabellenverzeichnis

	Seite
1 Auf Schadstoffe untersuchte Proben	6
2 Oberfläche des Sandsteins	8
3 Bodengruppen sowie Bodenklassifizierung	9
4 Charakteristische Bodenkenngößen	9
5 Homogenbereich Lockerboden	10
6 Homogenbereich Festgestein	10
7 Chemische Analyse auf PAK	11