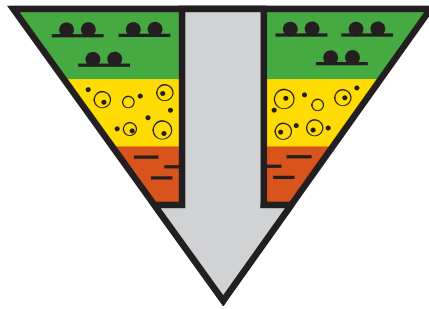




GUTACHTEN

Nr. 1507180

Projekt:	Erschließung des Neubaugebietes D 24 „Hinter dem Dell“
Ort:	Rodgau, Stadtteil Dudenhofen
Bauherr:	Stadt Rodgau
Auftraggeber:	Hessische Landgesellschaft mbH, Kassel
Projektsteuerung:	Dieter Friedrich Ingenieurgesellschaft für Projektsteuerung GmbH, Taunusstein
Klärungsauftrag:	Untergrundverhältnisse, Bauausführung, Versickerung, Aushubentsorgung
Ort und Datum:	Seligenstadt, 14.10.2015
Anlagen:	1. Lageplan 2. Bodenprofile, Rammsondierungen 3. Siebanalysen 4. Chemische Analysen/Laborberichte
Aushändigung:	3 - fach an Ing.-ges. Friedrich (zzgl. pdf-Dateien per E-Mail)

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Anlass und Auftrag.....	3
2. Gelände und Bauvorhaben	3
3. Leistungsumfang.....	3
4. Untergrundverhältnisse	4
4.1 Baugrund + Bodenkennwerte.....	4
4.2 Grundwasser.....	5
4.3 Deponierbarkeit der Aushubböden	5
5. Bauausführung	6
5.1 Bodenklassen	6
5.2 Baugruben.....	6
5.3 Kanalrohrverlegung	7
5.4 Bemessungsgrundlagen gemäß ATV A 127	7
5.5 Kanalgrabenverfüllung.....	8
5.6 Straßenoberbau	8
6. Bodendurchlässigkeit.....	10
7. Zusammenfassung	11
8. Schlussbemerkungen	12

1. Anlass und Auftrag

Das Ingenieurbüro Dieter Friedrich plant im Auftrag der Stadt Rodgau die Erschließung des Neubaugebietes D 24 in Rodgau-Dudenhofen zwischen Mainzer Straße, Claus-von-Stauffenberg-Straße und Rodgau-Ringstraße mit den erforderlichen Straßen- und Kanalarbeiten. Der Unterzeichner wurde mit Schreiben vom 14.08.2015 von der Hessischen Landgesellschaft beauftragt, eine Bodenuntersuchung durchzuführen und Vorschläge für die Bauausführung auszuarbeiten.

Zur Projektbearbeitung stehen uns zur Verfügung:

- [U 1] Geologische Karte, Blatt Seligenstadt, im Maßstab 1 : 25.000
- [U 2] Mitteilungen der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen) vom 06.11.2003 (TR LAGA M 20, sog. „LAGA“-Liste)
- [U 3] Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“ der Regierungspräsidien Darmstadt, Gießen und Kassel vom 15.05.2009
- [U 4] Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung DepV) vom 29.04.2009, herausgegeben vom BMU
- [U 5] Übersichtslageplan im Maßstab 1 : 1.000
- [U 6] Hydrologische Karten des Hessisches Landesamtes für Umwelt und Geologie (HLUG), Grundwasserhöhengleichen Höchstwasserstände April 2001/2002 sowie Karten mit Eintragung der Wasserschutzgebiete
- [U 7] Hydrologische Karten des Zweckverbandes Wasserversorgung Stadt und Kreis Offenbach (ZWO) mit GW-Höhengleichen Höchstwasserstände April 2001/2002)

Der geotechnischen Bearbeitung liegen neben den gängigen DIN-Normen die ZTVE-StB 09, die ZTVA-StB 12 sowie die RStO 12, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, zugrunde.

2. Gelände und Bauvorhaben

Bei dem untersuchten Areal handelt es sich um ein leicht welliges und derzeit landwirtschaftlich genutztes Gelände im Westen des Stadtteils Dudenhofen, dessen geodätische Höhen zwischen ca. 129,6 und 127,4 m über NN schwanken. Es ist vorgesehen, die Kanalrohre in Tiefen von 3 – 3,5 m unter Gelände zu verlegen. Die exakte Höheneinordnung der Leitungstrassen auf m ü. NN ist noch nicht bekannt. Die geplanten Straßen sollen i.A. der derzeitigen Geländemorphologie angepasst werden.

Das aus Straßen bzw. Dachflächen anfallende Niederschlagswasser soll bei ausreichender Sickerleistung des Untergrundes dezentral über Mulden/Rigolen oder zentral über Sickerbecken versickert werden.

3. Leistungsumfang

Zur Erkundung des Baugrundes wurden am 01. und 02.10.2015 insgesamt zehn Kleinbohrungen im Rammkernbohrverfahren (Ø 60 - 50 mm) zur Kenntnis der Bodenbeschaffenheit in Tiefen von 4 m unter GOK abgeteuft. Außerdem wurden drei Rammsondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH/SRS nach DIN ISO 22476-2) zur Feststellung der Tragfestigkeiten ebenfalls 4 m tief niedergebracht.

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse wurden lage- und höhenmäßig eingemessen. Die Lage der Aufschlusspunkte geht aus dem Lageplan in **Anlage 1** hervor. Die Höheneinmessung wurde auf den im Kreuzungsbereich Claus-von-Stauffenberg-Straße / Ingelheimer Weg liegenden und im Lageplan gekennzeichneten Kanaldeckel bezogen, dessen Oberkante nach Auskunft der Stadtwerke mit 128,43 mNN angesetzt wurde.

Aus sämtlichen Bohrungen wurden gestörte Bodenproben entnommen und zum Zweck einer einheitlichen Benennung und Beschreibung nach DIN EN 14688-1 bzw. DIN 4022 sowie zur bautechnischen Klassifizierung nach DIN 18196 und 18300 einer detaillierten bodenmechanischen Ansprache unterzogen. Die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse wurden gemäß DIN 4023 in Form von höhengerecht angeordneten Bodenprofilen gemeinsam mit den Rammdiagrammen in **Anlage 2** dargestellt.

Zur Unterstützung der augenscheinlichen Überprüfung wurden DIN - gerechte Laborversuche durchgeführt, deren Auswertung in **Anlage 3** enthalten ist.

Zur abfallrechtlichen Bewertung des Aushubbodens wurde eine Mischprobe aus den Bodenschichten des geplanten Baugrubenaushubs zusammengestellt und auf die Parameter der LAGA-Richtlinie [U 2] bzw. Deponieverordnung [U 4] analysiert und gemäß [U 3] bzw. [U 4] bewertet. Die Ergebnisse sind in Kapitel 4.3 zusammengefasst, die Laborberichte und Analysen in **Anlage 4** aufgeführt. Sämtliche chemischen Analysen wurden von der Fa. Isega Umweltanalytik GmbH Hanau durchgeführt.

4. **Untergrundverhältnisse**

4.1 **Baugrund + Bodenkennwerte**

Nach der Geologischen Karte stehen im Untersuchungsgebiet Hochflut- und Terrassenablagerungen des Quartärs an. In den Bohrsondierungen wurde im Einzelnen folgender Schichtaufbau festgestellt:

Zuoberst sind in allen Bohrungen locker gelagerte **Acker-** bzw. **Mutterböden** in Stärken zwischen 0,3 und 0,4 m ausgebildet. Unter den Oberböden erstreckt sich ein **Hochflutsand**-Horizont bis in die erbohrten Endtiefen. Vor allem oberflächennah sind hier schwach schluffige bis schluffige Sande der Bodengruppe SU/SU* ausgebildet, während in tieferen Lagen häufig starkmächtige Schichtpakete aus schluffarmen, z.T. schwach kiesigen bis kiesigen Mittel-Grobsanden der Bodengruppen SE/SW vorhanden sind. Der Sandhorizont wird in wechselnden Tiefenlagen von in Bändern bzw. in Stärken bis 0,6 m anstehenden **Hochflutlehm** (stark sandige Schluffe der Bodengruppe UL) und **Hochfluttonen** (schluffig-sandige Tone der Bodengruppen TL/TM) durchzogen.

Die Sande sind oberflächennah bis in Tiefen zwischen 0,7 und 2,0 m unter GOF locker, darunter meist dicht, zonenweise auch mitteldicht gelagert; die Ton- und Schluffschichten weisen i.A. steife bis halbfeste, in Bohrung BS 9 auch weiche Konsistenz auf.

Abweichungen hinsichtlich der Schichtausbildung und Schichtmächtigkeit zwischen den Bohrpunkten sind naturgemäß nicht auszuschließen. Aufgrund der vorliegenden Untersuchungen können für die anstehenden Böden erfahrungsgemäß vereinfachend die folgenden charakteristischen Bodenkennwerte angegeben werden:

	Tone, weich	Tone, steif - halbfest	Schluffe, steif- halbfest	Sande, locker	Sande, mittel- dicht	Sande, dicht
Wichte des Bodens γ_k [kN/m ³]	18,0	19,5	19,5	18,0	19,0	20,0
Reibungswinkel ϕ'_k [°]	27,5	25,0	27,5	32,5	35,0	37,5
Kohäsion c'_k [kN/m ²]	0	5 - 10	5 - 10	0	0	0
Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	4 - 6	8 - 12	10 - 15	20 - 25	40 - 50	60 - 70

Diese Kenngrößen sind für erdstatische Berechnungen zu verwenden. Die Kohäsion darf nur für ungestörten, gewachsenen Boden, der ständig gegen Aufweichen bzw. Austrocknen und Frost geschützt ist, angesetzt werden.

Es ist zu berücksichtigen, dass schon geringfügige Wassergehaltsschwankungen innerhalb der geringplastischen Schluff- und Tonhorizonte (z.B. infolge jahreszeitlicher Einflüsse) zu einer Veränderung der Konsistenzen führen können.

4.2 Grundwasser

Während der Bohrarbeiten im März 2015 wurde bis in die erbohrten Tiefen ($\approx 123,4$ mNN) kein Grund- oder Schichtenwasser angeschnitten.

Aufgrund von Kartenwerken der HLUG [U 6] bzw. ZWO [U 7] ist auf Basis korrelierter Isolinen mit Höchstwasserständen zwischen 121,0 und 121,5 m NN zu rechnen. Damit ist eine Beeinflussung der Rohre bzw. der Bauausführung durch Grundwasser ausgeschlossen.

Bei der Planung ist allerdings zu berücksichtigen, dass sich innerhalb der bindigen Böden nach starken Niederschlägen örtlich und zeitlich begrenzt Schicht- oder Sickerwässer ausbilden können.

4.3 Deponierbarkeit der Aushubböden

Zur Überprüfung und Beurteilung der Deponierbarkeit des Aushubbodens wurde eine Mischprobe aus der geplanten Kanalgrubenzone (0,3 – 3,0 m unter GOF) aller Bohrungen zusammengestellt und auf Schadstoffe gemäß LAGA-Richtlinie [U 2] und Deponieverordnung [U 4] untersucht. Nach organoleptischer Bewertung handelt es sich bei den untersuchten Böden generell um gewachsene Böden ohne Auffälligkeiten.

Auf der Grundlage der durchgeführten chemischen Analysen sind die Aushubböden der **LAGA-Einbauklasse Z 0** zuzuordnen. Die detaillierten Analysenberichte sind in Anlage 4 beigefügt. Der Wiedereinbau ist daher generell bei geotechnischer Eignung möglich. Die zusätzlich gemäß DepV [U 4] untersuchten Parameter zeigen keine Überschreitung von Grenzwerten auf, so dass Überschussmassen auf Deponien der Deponieklasse **DK 0** entsorgt werden können.

Es wird darauf hingewiesen, dass für den Ackerboden infolge ggf. eingetragener Düngemittel höhere Zuordnungen (z.B. LAGA-Einbauklasse Z 1) möglich sind. Um daher spätere Nachtrags-Forderungen zu vermeiden, wird empfohlen, im Falle einer geplanten Verwertung bzw. Deponierung des Ackerbodens entsprechende Analysen zu veranlassen.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass einige Deponien zur Annahme des Aushubbodens zusätzlich zu den Analysen gemäß LAGA-Richtlinie bzw. Deponieverordnung die Untersuchung weiterer chemischer Parameter auf Basis der sog. Hessischen Verfüllrichtlinie (*„Richtlinie für die Verwertung von Bodenmaterial, Bauschutt und Straßenaufbruch in Tagebauen und im Rahmen sonstiger Abgrabungen, Hess. Ministerium für Umwelt, Energie, Landwirtschaft und Verbraucherschutz vom 17.02.2014“*) fordern. Hierzu werden sechs Monate lang Rückstellproben vorgehalten, die bei Bedarf analysiert werden können.

Deponien akzeptieren häufig nur chemische Analysen, die nicht älter als 6 Monate sind. Außerdem werden im Hinblick auf die geplanten Aushubmengen ggf. weitere LAGA-Analysen erforderlich (i.A. pro 500 cbm = 1 LAGA-Analyse). Die vorgelegten chemischen Analysen können daher nur als Orientierung gelten.

5. Bauausführung

5.1 Bodenklassen

Bei den Erdarbeiten werden hinsichtlich Gewinnens, Verwendens und Bearbeitens die nachfolgend aufgeführten Bodenklassen gemäß DIN 18300 alt (siehe auch Anlagen 2) zu erwarten sein:

Mutterboden	Klasse 1
Schluffe UL, Tone TL, bindige Sande SU*	Klasse 4
Nichtbindige Sande SE/SU/SW	Klasse 3

Es wird darauf hingewiesen, dass diese Beurteilung nur auf punktförmigen Aufschlüssen beruht. Für die Klassifizierung des Bodens ist deshalb letztlich der großräumige Aufschluss in den Baugruben maßgebend.

Gemäß der seit August 2015 gültigen DIN 18300:2015 ist der Boden entsprechend seinem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Danach sind beim Lösen überwiegend Sande und untergeordnet Schluff- und Ton-Partien zu erwarten, deren Kennwerte und Klassifizierung in Kapitel 4.1 bzw. den Anlagen 2 angegeben sind.

5.2 Baugruben

Für die Herstellung der Kanalbaugruben gelten die DIN 4124, die DIN EN 1610, das Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127 der DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) und die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau (EAB). Da i.A. ausreichende Platzverhältnisse zur Verfügung stehen, können die Kanalbaugruben frei geböscht werden, wobei wegen der überwiegend anstehenden Sande ein Böschungswinkel von 45° nicht überschritten werden sollte.

Ansonsten können zur Reduzierung der Aushubmassen Grabenverbaugeräte gemäß DIN 4124 bzw. DIN EN 13331-1 eingesetzt werden.

5.3 Kanalrohrverlegung

Bei einer Verlegetiefe von ca. 3,0 - 3,5 m unter Gelände führen die Kanalsohlen überwiegend in mitteldicht bis dicht gelagerte Hochflutsande. Vereinzelt ist in diesen Tiefen mit Ton- und Schluffzonen in i.A. steifer bis halbfester Konsistenz zu rechnen. Lediglich im Bereich BS 9 kann bei entsprechender Kanaleinbindung eine weiche Bodenzone angeschnitten werden.

Die Sande und die steif bis halbfesten Tone und Schluffe stellen einen gut tragfähigen Baugrund dar, so dass eine direkte Rohrauflagerung (ggf. über Sandbettung $a \geq 0,1$ m gemäß DIN EN 1610, Bettung Typ 1) ohne gründungstechnische Zusatzmaßnahmen möglich ist. Bei im Zuge der Bauausführung erfolgten Auflockerungen innerhalb des Sandhorizontes ist eine intensive Nachverdichtung vorzunehmen.

Werden in Kanalverlegetiefe örtlich (wie z.B. im Bereich BS 9) weiche Ton- bzw. Schluffschichten angetroffen, so sind diese mindestens 0,3 m stark auszuräumen und durch geeignetes Ersatzmaterial (z.B. die nichtbindigen Aushubsande) zu ersetzen. Im Bereich wassergesättigter Bodenzonen kann eine zusätzliche Schotterstabilisierung der Grabensohle erforderlich werden.

Rechnerische Sohlpressungen von Schachtbauwerken und Leitungen auf zuvor nachverdichteten Sanden, steif-halbfesten Schluffen bzw. auf Bodenaustauschböden bis $\sigma = 150$ KN/m² sind unproblematisch.

5.4 Bemessungsgrundlagen gemäß ATV A 127

In Abhängigkeit der für die Verfüllung vorgesehenen Böden und unter Berücksichtigung der gemäß ZTVE-StB 09 erforderlichen Verdichtungsgrade sowie der Überschüttungs- und Einbettungsbedingungen gemäß ATV Regelwerk A 127 sind für die statische Bemessung der geplanten Kanäle die Verformungsmoduli $E_1 - E_4$ anzusetzen. Die angegebenen Verformungsmoduli beziehen sich auf die verschiedenen Bodenzonen, die in der ATV A 127 Kap. 6.2.2 definiert sind.

Auf Grundlage der Bohrerergebnisse ist der Baugrund im Bereich der Rohreinbindung nach DIN 18196 in die Bodengruppen SE/SW (gemäß ATV Bodengruppe G1) und SU (gemäß ATV Bodengruppe G2) einzustufen.

Die Verformungsmoduli E_1 und E_2 sind abhängig von der Zusammensetzung des Verfüllmaterials und dessen Verdichtung sowie von den bauspezifischen Überschüttungs- und Einbettungsbedingungen. Die Ermittlung kann auf Grundlage der Tabelle 8 der ATV erfolgen. Hinweise zum geeigneten Verfüllmaterial und zur erforderlichen Verdichtung sind in nächsten Abschnitt enthalten.

Die Verformungsmoduli E_3 und E_4 sind abhängig von der Tiefenlage der geplanten Rohre und der Lagerungsdichte bzw. Zusammendrückbarkeit des in diesem Bereich neben dem Graben sowie unterhalb des Rohraufagers vorhandenen Baugrunds. Als Verformungsmodul für den anstehenden Boden neben dem Graben (E_3) bzw. für den Baugrund unter den Kanalrohren (E_4) können folgende Werte angesetzt werden:

$$\begin{aligned} E_3 &= 30 \text{ MN/m}^2 \\ E_4 &= 40 \text{ MN/m}^2 \end{aligned}$$

5.5 Kanalgrabenverfüllung

Die Rohreinbettung ist mit beidseitiger, lagenweiser Verfüllung und Verdichtung des Rohrgrabens bis 0,3 m über Rohrscheitel vorzunehmen, wobei ein nichtbindiger Boden mit max. Größtkorn von ≤ 20 mm zu verwenden ist. Im Übrigen sind die Hinweise der Rohrhersteller bzw. DIN EN 1610 und ATV Regelwerk A 127 zu beachten.

Bei Einbau von Steinzeugrohren können die Aushubsande der Bodengruppe SE separiert und in abgedeckten Haufwerken zwischengelagert werden, um sie bei Bedarf in Bereichen mit überwiegend bindiger Ausprägung zur Verfüllung in der **Leitungszone** verwenden zu können. Bei Einbau von Betonrohren können auch Sandzonen mit kiesigen Anteilen (Bodengruppe SW) verfüllt werden. Grundsätzlich ist dafür Sorge zu tragen, dass nur rollige Böden mit einem Feinstkornanteil $0,06 \text{ mm} < 5 \%$ in der Leitungszone eingebaut werden.

Ansonsten können die beim Aushub gewonnenen schwachbindigen Sande der Bodengruppen SE/SU/SW in der **Verfüllzone** ohne Einschränkung wieder eingebaut werden. Bei bindigen Aushubsanden (Bodengruppen SU*), wie sie vor allem oberflächennah festgestellt wurden, ist auf eine geringe Schütthöhe und entsprechend geeignete Verdichtungsgeräte zu achten. Hier wird empfohlen, die bindigen Sand-Partien bis zu einer maximalen Höhe von 1 m unter Gelände und darüber bis zum Planum die nichtbindigen Schüttmaterialien einzubauen. Auf die geringe Verdichtungswilligkeit gleichförmiger Sande und die daraus resultierenden geringen Tragfestigkeiten wird hingewiesen.

Für den im Bereich der Leitungs- und Verfüllzone zu erreichenden Verdichtungsgrad gelten die Anforderungen der ZTVE-StB 09, Abs. 4.3.2.

Die zum Wiedereinbau vorgesehenen Aushubsande sind vor Witterungseinflüssen mit Abdeckfolien zu schützen. Wassergesättigte Böden sind für einen Wiedereinbau grundsätzlich ungeeignet. Außerdem wird empfohlen, Ton- und Schluffpartien generell auszulagern und zu entsorgen. Überschussmassen des Aushubs können als Z 0 - Böden entsorgt werden.

5.6 Straßenoberbau

Es wird empfohlen, im Zuge der Bauausführung auf dem jeweiligen Planum Plattendruckversuche zur Überprüfung der Tragfestigkeiten vorzusehen. Für die Ausbildung des Straßenoberbaues ist die RStO 12 heranzuziehen.

Die oberflächennah überwiegend anstehenden schluffigen Sande sind in Frostempfindlichkeitsklasse F 3 einzustufen. Die Zuordnung der Belastungsklasse steht derzeit noch nicht fest: Bei Ansatz der Belastungsklasse **Bk1,0** und höher wird eine Gesamtdicke des frostsicheren Straßenaufbaues von mindestens **0,6 m**, bei Ansatz **Bk0,3** von **0,5 m** erforderlich.

Die o.a. Gesamtdicken setzen auf dem Erdplanum einen Verformungsmodul im Lastplattendruckversuch von mindestens $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ (entsprechend $E_{vd} \geq 25 \text{ MN/m}^2$) voraus. Derartige Tragfähigkeitswerte können erfahrungsgemäß – vor allem bei ungünstigen Witterungsverhältnissen – auf dem schluffig-sandigen Untergrundplanum nicht erreicht werden. Es wird daher empfohlen, für die Straßen eine Schotter-Stabilisierung des Planums (z.B. zusätzlicher Bodenaustausch mit Grobschotter Körnung 0/56 in einer Stärke von 0,2 m) vorzusehen.

Die in Planumsebene anstehenden bindigen Böden weichen bei Zutritt von Wasser und bei Befahren mit Baugeräten oder Baufahrzeugen rasch und tiefgründig auf. Es sollte daher bei ungünstiger Witterung sofort die Grobschotterstabilisierung auf das Planum aufgebracht werden. Erforderlichenfalls ist die empfohlene Bodenaustauschstärke von 0,2 m zu erhöhen.

Anstelle einer zusätzlichen Stabilisierungspackung besteht grundsätzlich auch die Möglichkeit, eine Verfestigung des Planums mit Mischbinder oder Kalk auf der Grundlage der ZTVE-StB 09 durchzuführen. Zur Festlegung des Bindemittelgehaltes werden dann ggf. Eignungsprüfungen erforderlich.

Belastungsklasse Bk0,3: Bei Planung einer **Asphaltdecke** und Bauweise „Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht“ ist auf dem Tragschichtplanum gemäß RStO-12 ein Verformungsmodul im Lastplattendruckversuch von $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ zu fordern. Bei Planung einer **Pflasterung** wird bei Bauweise „Schottertragschicht auf Frostschutzschicht“ auf dem Tragschichtplanum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ erforderlich.

Belastungsklasse Bk1,0: Bei Planung einer **Asphaltdecke** und Bauweise „Asphalttragschicht auf Frostschutzschicht“ wird auf dem Tragschichtplanum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ gefordert. Bei Planung einer **Pflasterung** ist bei Bauweise „Schottertragschicht auf Frostschutzschicht“ auf dem Tragschichtplanum ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen.

Bei anderen Bauweisen wird auf die Tafeln 1 bzw. 3 der RStO verwiesen.

Es wird empfohlen, als Baustoff für die ungebundene Tragschicht ein Brechsand-Splitt-Schotter-Gemisch der Körnung 0/45 zu wählen. Im Übrigen sind die Anforderungen an das Frostschutz- bzw. Tragschichtmaterial gemäß ZTV SoB-StB 04 zu stellen.

Während die Sande der Bodengruppe SE generell sowie die schwach schluffigen Sande SU wegen ihrer hohen Gleichförmigkeit überwiegend frostunempfindlich sind, sind die schluffigen Sande (und ggf. Tone/Schluffe) als sehr frostempfindlich einzustufen und daher vor Frosteinwirkung zu schützen. Falls die Bauarbeiten während einer Frostperiode ausgeführt werden, sind entsprechende Maßnahmen (z.B. Abdecken oder Überschütten) zu treffen, so dass bereits fertiggestellte Abschnitte nicht unterfrieren können.

Werden örtlich Ausgleichsschüttungen zur Höherlegung der Straßen erforderlich, wird empfohlen, nur gut verdichtbaren und tragfähigen Boden (z.B. Kiessand, Schotter, Mineralbeton o.ä. der Körnungen 0/45 oder 0/32) zu wählen, der den Bodengruppen GW oder GU der DIN 18196 entspricht und keine Steine mit Durchmessern über 100 mm aufweisen sollte. Das Schüttmaterial ist lagenweise einzubringen, wobei die Dicke der Schüttlagen 0,3 m nicht übersteigen sollte. Jede Schüttlage ist auf 100 % der einfachen Proctordichte zu verdichten. Die Schüttstoffe sind mit einer ausreichenden seitlichen Verbreiterung gegenüber den Außenkanten des späteren Straßenoberbaues einzubringen (Spannungsverteilung 45°).

Die Mutterbodendecke ist zur Auflagerung des Straßenaufbaues bzw. eventueller Anschüttungen grundsätzlich in ausreichender Stärke (0,3 – 0,4 m) abzuziehen.

6. Bodendurchlässigkeit

Die Durchlässigkeit der anstehenden Böden wurde im Hinblick auf ihre Versickerungsleistung auf Basis der Siebanalysen (siehe Anlagen 3) abgeschätzt. Hierbei wurde der Durchlässigkeitskoeffizient des wassergesättigten Bodens für nichtbindige Sande aufgrund der empirischen Formeln nach BEYER mit $k_f = C \times (d_{10})^2$ ermittelt.

Bindige Sande der Bodengruppen SU*/ST* liegen erfahrungsgemäß mit Durchlässigkeitsbeiwerten $k_f \approx 10^{-6}$ m/s bei Bemessungswerten von $k_{f,u} \approx 1 - 5 \times 10^{-7}$ m/s, so dass keine ausreichende Durchlässigkeit mehr gewährleistet ist. Schluffe und Tone können als weitgehend undurchlässig eingestuft werden. Derartige Böden sind im Wesentlichen innerhalb der oberflächennahen Deckschichten ausgebildet. Unterhalb der starkbindigen Deckschichten stehen meist ausreichend durchlässige, nichtbindige Sandböden an.

Für die **nichtbindigen Sande** der Bodengruppen SE/SW können aufgrund der Siebanalysen Durchlässigkeiten k_f zwischen $2,0$ und $3,0 \times 10^{-4}$ m/s abgeschätzt werden, so dass sich für einen Mittelwert $2,5 \times 10^{-4}$ m/s unter Berücksichtigung des Korrekturfaktors gemäß Arbeitsblatt DWA-A 138 ein maßgeblicher **Bemessungswert $k_{f,u} = 5 \times 10^{-5}$ m/s** ergibt.

Die o.a. Bemessungs- $k_{f,u}$ -Werte können der Anlagenbemessung bei Einbindung in die nichtbindigen Sandhorizonte zugrunde gelegt werden. Für im Bereich der Bohrungen BS 5 – BS 6 geplante Versickerungsanlagen ist dann eine Einbindung von mindestens 2,1 m unter GOF, d.h. unterhalb 126,4 mNN erforderlich.

Ggf. in den Bereichen BS 1 – BS 4, BS 7 und BS 10 vorgesehene Anlagen sind zwischen 1,6 und 2,5 m Tiefe unter GOF, im Bereich BS 8 bis 3,0 m Tiefe zu führen; im Bereich BS 9 liegen die durchlässigen Schichten zwischen 1,0 und 2,9 m unter GOF.

In der oberflächennahen Zone einer ggf. geplanten Versickerung aus Straßenflächen stehen überwiegend starkbindige Decksande, örtlich ggf. auch Schluffe an. Als Versickerungsanlage kann hier eine kombinierte Mulden-Rigolenversickerung gewählt werden.

Auch wenn mit den o.g. Durchlässigkeitsbeiwerten rechnerisch eine vollständige Versickerung des anfallenden Wassers nachweisbar sein sollte, wird im Hinblick auf die naturbedingte Heterogenität der Böden empfohlen, einen Notüberlauf vorzusehen oder Ableitungsreserven vorzuhalten. Andernfalls sollte die Überschreitungshäufigkeit gemäß DWA-A 138, Kap. 3.2.3 mit $n = 0,1/a$ angesetzt werden. Ggf. sind weitere standortbezogene Untersuchungen zu veranlassen. Im Hinblick auf eine ausreichende Mächtigkeit des Sickerraumes dürfen Sickereinrichtungen nicht unter ein Niveau von 122,5 mNN (höchster Grundwasserstand zzgl. 1 m) geführt werden. Die Empfehlungen und Berechnungsgrundlagen des Arbeitsblattes DWA-A 138 sind zu beachten.

Das Baugebiet liegt nach [U 6] im Trinkwasserschutzgebiet Zone III A. Die entsprechenden wasserrechtlichen Bestimmungen sind zu beachten.

7. Zusammenfassung

Das vorliegende Baugrundgutachten beschreibt die durch insgesamt zehn Bohrungen und drei Rammsondierungen festgestellten Baugrundverhältnisse in geologischer, hydrologischer und bodenmechanischer Hinsicht. Die bautechnischen Aussagen beziehen sich auf den zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens bekannten Planungsstand.

Nach den Ergebnissen der Untergrundaufschlüsse führen die Kanalsohlen überwiegend in gut tragfähige Hochflutsande, Hochflutlehme und -tone. Hier können die Kanalrohre ohne zusätzliche Ertüchtigung der Auflagerebene eingebaut werden. Lediglich örtlich muss mit der Einlagerung weicher Tone/Lehme gerechnet werden, die teilweise auszutauschen und durch gut tragfeste Böden zu ersetzen sind.

Da ausreichende Platzverhältnisse zur Verfügung stehen, können die Kanalbaugruben frei geböscht werden, wobei zur Reduzierung der Aushubmassen Grabenverbaugeräte eingesetzt werden können. Die in großen Schichtpaketen anstehenden schwachbindigen Hochflutsande eignen sich gut für die Wiederverfüllung der Gräben. Bei bindigen Sanden ist auf geringe Schütthöhe und geeignetes Verdichtungsgerät zu achten. Vereinzelt anstehende Ton- und Schluffschichten sind für den Wiedereinbau ebenso wenig in Betracht zu ziehen wie wassergesättigte bindige Sande.

Für die Ausbildung des Straßenoberbaues ist Frostepfindlichkeitsklasse F 3 zugrunde zu legen, wobei wegen der gering tragfähigen Deckschichten entweder eine Erhöhung der Tragschichtstärke oder eine Bodenverbesserung mittels Kalk/Mischbinder empfohlen wird.

Die Versickerung von Niederschlagswasser aus befestigten Flächen ist z.B. über Rigolen bzw. Mulden-Rigolen-Systeme möglich, die in den in größeren Tiefen anstehenden nicht-bindigen und ausreichend durchlässigen Sand-Horizont einzubinden sind.

Die gewachsenen Böden sind organoleptisch unauffällig. Überschüssige Aushubmassen können auf Basis der LAGA-Einbauklasse Z 0 und der Deponieklasse DK 0 entsorgt werden. Es wird empfohlen, den Mutterboden bei geplanter Deponierung ebenfalls auf die LAGA-Parameter untersuchen zu lassen. Im Hinblick auf neue gesetzliche Regelungen sind ggf. weitere chemische Analysen (z.B. auf Basis der sog. Hess. Verfüllrichtlinie) vorzusehen.

8. Schlussbemerkungen

Die bautechnischen Aussagen beziehen sich auf den uns zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens bekannten Planungsstand. Sie sind im Rahmen der Planung fortzuschreiben. Bei allen Erdarbeiten sind die einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften zu beachten, vor allem die Sicherheitsvorschriften der Bauberufsgenossenschaft und die Ausführung der DIN 4124. Die technischen Regeln der ZTVE-StB 09 mit Anhang sind als Bestandteil des Bauvertrages festzulegen.

Die zugrunde gelegten Höhenbezüge und die Trassenlage sind wesentlicher Bestandteil des vorliegenden Berichtes. Sie sind daher vor Beginn der Baumaßnahme sorgfältig zu prüfen. Sollten sich im Zuge der weiteren Planung oder bei der Ausführung noch Fragen in gründungstechnischer, hydrogeologischer oder abfallrechtlicher Hinsicht ergeben, bitten wir, unser Büro zur Bearbeitung heranzuziehen. Dies gilt insbesondere, wenn Abweichungen gegenüber den erwähnten Annahmen bzw. der Baugrundbeschreibung im Zuge der Bauausführung vorliegen.

Es wird empfohlen, unser Büro zu Baugrubenabnahmen und zur Überprüfung der in den Kanal- und Straßenbaugruben großflächig anstehenden Bodenarten sowie der Erdbauarbeiten einzuschalten.

Dieses Gutachten ist urheberrechtlich geschützt. Es darf Dritten, ausgenommen für die Vertretung eigener, sich aus dem Zweck des Gutachtens ergebender Interessen, in vielfältigster Form auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Unterzeichners zugänglich gemacht werden.

Seligenstadt, den 14.10.2015

Meßmer, Dipl.-Ing.

