

Baugrundgutachten und abfalltechnischer Prüfbericht

09-079-1

**Stadt Hochheim,
Erschließung Gewerbegebiet
" Östliche Frankfurter Straße "**

**Auftraggeber: Hessische Landgesellschaft mbH
Wilhelmshöher Allee 157/159
34121 Kassel**

Datum: Hungen, 19.05.2009

Projekt-Nr.: 09-079

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. ALLGEMEINE ANGABEN.....	3
1.1 Anlass und Auftrag	3
1.2 Bearbeitungsunterlagen	3
1.3 Derzeitige Nutzung und bautechnische Angaben	5
2. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN UND PROBENAHME.....	5
3. ERGEBNISSE.....	6
3.1 Örtlicher Bodenaufbau / Schichtenbeschreibung	6
3.2 Grund- bzw. Schichtwasser	7
3.3 Durchlässigkeit / Versickerung	7
4. BODENMECHANISCHE KENNWERTE	8
5. BAUGRUNDBEURTEILUNG.....	9
5.1 Allgemeines.....	9
5.2 Kanalbau	9
5.2.1 Gründung Kanal	9
5.2.2 Rohraufleger und Leitungszone.....	9
5.2.3 Rückverfüllung / Einbau / Verdichtungsanforderungen	10
5.3 Sicherung der Leitungsgräben / Wasserhaltung	11
5.4 Straßenbau	13
5.4.1 Allgemein	13
5.4.2 Bemessung des Fahrbahnoberbaus nach RStO 01.....	13
5.4.3 Erdplanum / Bodenverbesserung	15
5.5 Lärmschutzwall	17
5.6 Geotechnische Eignung der angetroffenen Böden / Lösbarkeit	18
5.7 Verdichtungskontrolle / Qualitätssicherungsprogramm.....	19
6. UMWELT- UND ABFALLTECHNISCHE UNTERSUCHUNG.....	20
6.1 Bewertungsgrundlagen	20
6.2 Untersuchungsumfang	20
6.3 Untersuchungsergebnisse Boden.....	21
6.4 Untersuchungsergebnisse Beton.....	21
6.5 Abfalltechnische Bewertung	22
6.5.1 Boden.....	22
6.5.2 Beton.....	23
7. ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN	23

TABELLENVERZEICHNIS

	Seite
Tabelle 1	Untersuchungsumfang der entnommenen Bodenproben.....6
Tabelle 2	Auffüllungen6
Tabelle 3	Bodenmechanische Kennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte sowie DIN 18300, DIN 18196 sowie ZTVE-StB und ZTVA8
Tabelle 4	Vorgaben gemäß RStO 01 zum Aufbau der Straßenfläche bei einer Asphaltdecke auf einer Frostschutzschicht, Bauklasse III 14
Tabelle 5	Vorgaben gemäß der RStO 01 zum Aufbau der Gehwege 15
Tabelle 6	Vorgeschlagenes Qualitätssicherungsprogramm..... 19
Tabelle 7	Übersicht der analysierten Proben.....20
Tabelle 8	Chemisch-analytischer Befund gemäß LAGA Boden.....21
Tabelle 9	Chemisch-analytischer Befund gemäß LAGA Bauschutt22

ANLAGEN

1. Lageplan, ohne Maßstab, mit Kennzeichnung der Aufschlusspunkte (1 Blatt)
2. Zeichnerische Darstellung der Bohrprofile gemäß DIN 4023, M 1 : 40 (3 Blatt)
3. Bodenmechanische Laborversuche
 - 3.1 Labordatenblatt Bodenmechanik (1 Blatt)
 - 3.2 Kornverteilungskurven (1 Blatt)
4. Probenahmeprotokoll zur Bodenanalyse (1 Blatt)
5. Prüfberichte der CAU Analytik:
 - 5.1 Nr. 0906515 MP1 Boden (4 Blatt)
 - 5.2 Nr. 0906518 Beton (3 Blatt)
6. Bewertungsgrundlagen Bodenaushub
 - 6.1 Informationsblatt zur Entsorgung von Bodenaushub / Bauschutt (3 Blatt)
7. Auswerteprotokolle gemäß Hessischem Merkblatt (2006)
 - 7.1 Boden (1 Blatt)
 - 7.2 Bauschutt (1 Blatt)

1. ALLGEMEINE ANGABEN

1.1 Anlass und Auftrag

Die b^{gm} baugrundberatung GmbH wurde von der Hessische Landgesellschaft mbH mit Schreiben vom 12.03.2009 beauftragt, in Hochheim, Baugrunduntersuchungen für die Erschließung des Gewerbegebietes "Östliche Frankfurter Straße" durchzuführen und die Ergebnisse gutachterlich zu bewerten.

In dem vorliegenden Baugrundgutachten wird auf der Grundlage der bei den Gelände- und Laborarbeiten gewonnenen Erkenntnisse zu folgenden Punkten Stellung genommen:

- Auswertung und Darstellung der Baugrunderkundung sowie der Labor- und Feldversuche
- Dokumentation der Schichtenfolge im baugrundrelevanten Tiefenbereich nach DIN ISO 22475-1
- geotechnische Klassifikation der Schichten nach DIN 18196, Bodenklassen nach DIN 18300, Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE-StB 94
- Angabe relevanter geotechnischer Bodenkennwerte
- Aussagen zur Grundwassersituation
- Abschätzen des Schwankungsbereichs von Wasserständen im Boden
- Angaben zur Betonaggressivität des Grundwassers
- Gründungsempfehlungen für den Kanalbau
- Vorschläge zur Wasserhaltung
- Gründungsempfehlungen zum Straßenbau (Aufbau, Verdichtungsanforderungen, etc.)
- Angaben zum Aufbau der Verkehrsflächen
- Angaben zur Anlage der Baugruben und deren Sicherung
- Aussagen und Empfehlungen zur Wiederverwendbarkeit des Aushubs und Bodenverbesserungsmaßnahmen
- Empfehlungen zur Errichtung von Lärmschutzwällen
- Hinweise zur Bauausführung
- Angaben zur Versickerung (Hydrogeologische Situation, Durchlässigkeit der Böden)

1.2 Bearbeitungsunterlagen

[A1] Planungsunterlagen:

- [A1] Lageplan, ohne Maßstab, zur Verfügung gestellt durch die Dieter Friedrich Ingenieurgesellschaft für Projektsteuerung GmbH
- [A2] Lageplan Rüdeshimer Straße, ohne Maßstab, zur Verfügung gestellt durch das Magistrat der Stadt Hochheim
- [A3] Geologische Übersichtskarte, CC 6310 (Blatt Frankfurt a.M.-West), M 1 : 200.000
- [A4] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Übersichtskarte der Trinkwasserschutzgebiete, Wiesbaden, Stand Januar 2005.

- [A5] Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie: Übersichtskarte der Heilquellenschutzgebiete, Wiesbaden, Stand Januar 2009.

[B] Normen, Regelwerke und Literatur:

- [B1] Regelwerk der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 138: "Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser"
- [B2] DIN Taschenbuch 113: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes – Beuth-Verlag, Berlin, Ausgabe August 2005.
- [B3] DIN Taschenbuch 289: Schwingungsfragen im Bauwesen – Beuth-Verlag, 1. Auflage, Berlin, 2001.
- [B4] DIN Taschenbuch 36: Erd- und Grundbau – Beuth-Verlag, 8. Auflage, Berlin, 2004.
- [B5] Floss, Rudolf (1997): ZTVE Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Kommentar mit Kompendium Erd- und Felsbau - 2. Auflage, Bonn, 2004.
- [B6] Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO), Ausgabe 2001, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen.
- [B7] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau (ZTVT-StB), Ausgabe 1995, Fassung 1998, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen.
- [B8] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen (ZTVA-StB), Ausgabe 1997, Fassung 2006, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen.
- [B9] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau (ZTV-SoB), Ausgabe 2004, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen.
- [B10] Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Fahrbahndecken aus Asphalt (ZTV Asphalt-StB), Ausgabe 2001, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen.
- [B11] Schneider, Klaus-Jürgen (2004): Bautabellen für Ingenieure mit Berechnungshinweisen und Beispielen – 16. Auflage, München, August 2004.
- [B12] Smoltczyk, Ulrich (2001): Baugrundtaschenbuch, Band 1 bis 3 – 6. Auflage, Berlin, 2001.
- [B13] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA, 1997), "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen", -Technische Regeln- Stand: 06. November 1997 LAGA.
- [B14] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA, 2003), "Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen", - Technische Regeln, Allgemeiner Teil - Überarbeitung, Stand: 06. November 2003.
- [B15] Hessische Regierungspräsidien (2006): Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“ der hessischen Regierungspräsidien (Abt. Staatliche Umweltämter) vom 04.04.2006.

- [B16] Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (2002): Gemeinsame Richtlinie für die Verwertung von Bodenmaterial, Bauschutt und Straßenaufbruch in Tagebauen und im Rahmen sonstiger Abgrabungen – Wiesbaden, den 09.09.2002.
- [B17] Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen, Stand 20.02.2001 (AbfAbIV).

1.3 Derzeitige Nutzung und bautechnische Angaben

Die Hessische Landgesellschaft mbH (HLG) plant die Erschließung des Gewerbegebietes „Östliche Frankfurter Straße“ in Hochheim. Die bestehenden Flächen werden derzeit vorwiegend landwirtschaftlich genutzt (Acker) und werden über unbefestigte und betonierte Wege erschlossen. Sie liegen unmittelbar östlich der Ortslage bzw. nördlich (Bereiche A, C und D) und südlich (Bereich B) der Frankfurter Straße. Das Gelände fällt mit einer Höhendifferenz von mehr als 8 m nach Osten hin ab. Im Zuge der Erschließungsarbeiten sind Kanalbauarbeiten und der Bau von Verkehrsflächen geplant. Die Straßen sollen die in [A1] ausgewiesenen Bereiche erschließen. Die vorgesehenen Kanaltrassen folgen dem geplanten Straßenverlauf, wobei Kanaleinbindetiefen zwischen 3 m und 4 m erreicht werden.

Gemäß den hessischen Karten für Heilquellen- und Trinkwasserschutzgebiete liegt die geplante Maßnahme in keiner Schutzzone.

2. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN UND PROBENAHME

Am 24.04.2009 wurden die Geländearbeiten durchgeführt. Das Untersuchungsprogramm wurde mit dem Auftraggeber abgestimmt, wobei die Bohrpunkte von der Ingenieurgesellschaft für Projektsteuerung GmbH Dieter Friedrich vorgegeben und den örtlichen Gegebenheiten angepasst wurden (siehe Anlage 1):

- 7 Rammkernsondierungen (RKS) bis auf maximal 4 m unter Geländeoberkante (u. GOK)
- 2 Bohrkernentnahmen neben RKS 2 und RKS 3 zur Entnahme von Betonproben bis maximal 0,165 m unter Fahrbahnoberkante
- Nivellement des Bohransatzpunktes
 - Festpunkt = OK Kanaldeckel 1220 in der Rüdesheimer Straße
 - Höhe des Festpunkts = 131,49 m ü. NN
- Geologische Beschreibung des Bodenaufbaus nach DIN ISO 22475-1 DIN EN ISO 14688 und 14689
- Darstellung gemäß DIN 4023
- Beprobung des Bodens bzw. des Bohrguts nach organoleptischen sowie geologischen Kriterien gemäß DIN 4021.

Die Probenbezeichnung erfolgte nach ihrer Entnahmestelle, der Probennummer und der Entnahmetiefe. Die Proben wurden zum Teil für bodenmechanische Laborversuche und chemisch-analytische Untersuchungen eingesetzt und alle weiteren entnommenen Pro-

ben als Rückstellproben im Probenarchiv der b^{gm} baugrundberatung GmbH für ein Jahr eingelagert.

Tabelle 1 Untersuchungsumfang der entnommenen Bodenproben

Untersuchungsparameter	Untersuchungsfrequenz, Art der Probe
Bestimmung des Wassergehaltes gemäß DIN 18 121, Teil 1.	2 x, EP
Wasseraufnahmevermögen gemäß DIN 18132	2 x, EP
Korngrößenverteilung gemäß DIN 18123	2 x, EP

EP = Einzelprobe

3. ERGEBNISSE

3.1 Örtlicher Bodenaufbau / Schichtenbeschreibung

Im Rahmen der Geländearbeiten wurden im Wesentlichen die folgenden Schichten angetroffen (vgl. auch Anlage 2 – Bohrprofildarstellungen):

Schicht 0 – Oberboden

Im Bereich des geplanten Gewerbegebietes ist ein rund 0,2 m bis 0,3 m mächtiger humoser Oberboden ausgebildet.

Schicht 1 – Auffüllungen, Straßenoberbau

Im Bereich der RKS 2 und RKS 3 befinden sich betonierte Wirtschaftswege:

Tabelle 2 Auffüllungen

Aufschluss- position	Beton (Schicht 1)
RKS	[cm]
neben 2	16
neben 3	16,5

Schicht 2 – Löss und Lösslehm

Unterhalb des Oberbodens wurden in allen Aufschlusspositionen Löss und Lösslehm angetroffen. Es handelt sich in der Regel um feinsandige Schluffe, die zum Teil auch schwach tonige Beimengungen enthalten. Die Zustandsform des stark thixotropen Lösses und Lösslehms war zum Zeitpunkt der Außenarbeiten meist günstig, da steifplastisch oder halbfest.

Der Löss / Lösslehm lässt sich bodenmechanisch überwiegend in die Bodengruppe UL – TL einstufen, was ihn als sehr wasserempfindlich charakterisiert. Außerdem verfügt das Material über thixotrope Eigenschaften. Die hohe Wasserempfindlichkeit sowie das thixotrope Verhalten des Löss / Lösslehms führen insbesondere bei dynamischen Beanspruchungen dazu,

dass das Material durch Gefügezerstörung aus einem steifplastischen Zustand, quasi ohne signifikante Wassergehaltsänderung, in den weichplastischen oder sogar breiigen Zustand wechseln kann.

Die Mächtigkeit der Löss- bzw. Lösslehmbedeckung reicht im Untersuchungsgebiet bei den RKS 2 bis RKS 4 und bei RKS 6 bis in eine Tiefe von 2,0 m bis 2,1 m. Abweichend befindet sich bei RKS 5 die Untergrenze des Lösslehmes bei 3,0 m, bei RKS 1 bei 2,5 m und bei RKS 7 bei 1,1 m unter GOK.

Schicht 3 – Terrassenablagerungen unter Löss, Lösslehm

In allen Profilen stehen bis maximal 4,0 m unter GOK kiesige Sande und sandige Kiese mit schwach schluffigen und schluffigen Anteilen an, die als pleistozäne Terrassenablagerungen zu interpretieren sind.

Bei den RKS 2 bis RKS 4 wurde die vorgesehene Endteufe nicht erreicht, da zwischen 2,4 m und 3,7 m unter GOK aufgrund hoher Lagerungsdichten und geringer Wassergehalte der Sedimente kein Bohrfortschritt mehr zu verzeichnen war.

3.2 Grund- bzw. Schichtwasser

Während der Außenarbeiten am 24.04.2009 wurde in den Rammkernsondierungen kein frei messbares Grund- oder Schichtwasser angetroffen.

Weitere Hinweise auf einen zeitweise höheren Grundwasserstand wie Bleichhorizonte oder erhöhte Wassergehalte der Substrate wurden nicht festgestellt.

Für die sichere Festlegung eines Bemessungswasserstandes sind Messdaten aus langjährigen Grundwasserbeobachtungen erforderlich. Diese sind bei den zuständigen Fachbehörden bauseits zu erfragen.

Nach dem Grundwassermessstellenverzeichnis des Landes Hessen wurden die Messungen der, im Westen Hochheims gelegenen, Messstelle Hochheim mit der Nr. 507061 im Jahr 1986 eingestellt, so dass in der Nähe des Untersuchungsgebietes keine Messstellen existieren aus denen Aussagen zur Tiefenlage des Grundwasserspiegels gewonnen werden können.

Sollten sich auch durch bei der Kontaktaufnahme bei den zuständigen Fachbehörden keine anderen Hinweise ergeben, empfehlen wir davon auszugehen, dass bis zu den erkundeten Tiefen keine grundwasserbedingten Beeinträchtigungen zu erwarten sind.

Da bei den Außenarbeiten kein Grundwasser angetroffen wurde, sind keine Aussagen zur Betonaggressivität des Grundwassers möglich

3.3 Durchlässigkeit / Versickerung

Die Systemdurchlässigkeit der oberflächennah anstehenden Bodenfolge im Baugebiet (Löss, Lösslehm) wird anhand plastischer Eigenschaften (vgl. Labordatenblatt – Anlage 3.1) mit etwa $k \leq 1 \cdot 10^{-7}$ m/s abgeschätzt. Damit liegt die Durchlässigkeit der Böden der Schicht 2 außerhalb des entwässerungstechnisch relevanten Versickerungsbereiches laut ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 138 [B1].

Zur Beurteilung der Durchlässigkeit der sandigen Böden der Schicht 3 wurde die Kornverteilung mittels Siebanalysen gemäß DIN 18123 bestimmt. Die Kornverteilungskurven sind dem Gutachten als Anlage 3.2 beigelegt.

Die Berechnung der Durchlässigkeit erfolgte nach dem Verfahren von HAZEN.

Für die Sande der Schicht 3 wurden Werte von $k = 1,5 \cdot 10^{-4}$ bis $4,0 \cdot 10^{-4}$ m/s abgeleitet.

Nach dem ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 138 sind die aus Siebanalysen abgeleiteten Werte mit einem Faktor 0,2 zu multiplizieren, um sie für die Bemessung von Versickerungsanlagen zu Grunde zu legen.

Somit kann für die am Projektstandort anstehenden Sande (Schicht 3) aufgrund der vorgenommenen Körnungsanalysen ein Durchlässigkeitsbeiwert von $k \approx 5 \cdot 10^{-5}$ m/s angesetzt werden.

Hinsichtlich der Durchlässigkeit ist daher gemäß den einschlägigen Vorschriften (ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 138) eine Versickerung von Niederschlagswasser in diesen Böden möglich.

Empfehlenswert ist eine Rigolenversickerung, wobei die Rigolen innerhalb der bindigen Böden (Schicht 2) liegen sollten und über eine Dränpackung an die ausreichend wasserdurchlässigen sandigen Terrassensedimente (Schicht 3) anzubinden sind. Dafür ist zwischen der Rigole und den sandigen Terrassenablagerungen eine wasserdurchlässige Kiespackung einzubringen und ausreichend lagenweise zu verdichten.

4. BODENMECHANISCHE KENNWERTE

Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse können den angetroffenen örtlichen Bodenarten die folgenden bodenmechanischen Kennzahlen und Bodenklassen zugeordnet werden.

Tabelle 3 Bodenmechanische Kennwerte in Anlehnung an DIN 1055 T 2 und eigene Erfahrungswerte sowie DIN 18300, DIN 18196 sowie ZTVE-StB und ZTVA

Schicht Nr. Boden- material Lagerung bzw. Zustandform	Boden- klasse DIN18300	Boden- gruppe DIN18196	Verdichtbar- keitsklasse ZTVA	Frost- klasse ZTVE-StB	Wichte γ/γ' ⁽¹⁾ cal γ , γ_k [kN/m ³]	Kohäsion ⁽²⁾ calc', c' _k [kN/m ²]	Reibungs- winkel ⁽³⁾ cal ϕ' , ϕ'_k [Grad]	Steife- modul E _s , E _{sk} [MN/m ²]
2 Löss und Lößlehme steif halbfest	2 ⁽⁴⁾ - 4 4	UL, UM UL, UM	V 3 V 3	F 3 F 3	19,5/9,5 19,5/9,5	3 – 6 5 – 10	27,5 27,5	6 – 10 8 – 15
3 Terrassen- ablagerungen	3	SE, SU, GU	V 1	F 1 – F 2	20/10	0 – 2	30 – 35	40 – 80

(1) γ/γ' = Wichte / Wichte unter Auftrieb; Rechenwerte (alte DIN 1054) bzw. charakteristische Werte (DIN 1054:2005-01)

(2) Rechenwert (alte DIN 1054) bzw. charakteristischer Wert (DIN 1054:2005-01) für die Kohäsion des konsolidierten bindigen Bodens

(3) Rechenwert (alte DIN 1054) bzw. charakteristischer Wert (DIN 1054:2005-01) für den inneren Reibungswinkel des nichtbindigen- und des konsolidierten bindigen Bodens

(4) geht bei Wasserzufuhr und dynamischer Beanspruchung sehr leicht in breiigen Zustand über

5. BAUGRUNDBEURTEILUNG

5.1 Allgemeines

Das Untersuchungsgelände gehört gemäß der aktuellen Ausgabe der DIN 4149 (April 2005) zur Erdbebenzone 0 sowie zur Untergrundklasse S (Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtiger Sedimentfüllung).

Im Zusammenhang mit der Baugrubensicherung wird in Ortsnähe die Durchführung eines Beweissicherungsverfahrens empfohlen.

5.2 Kanalbau

5.2.1 Gründung Kanal

Das Kanalunterlager wird bei den Verlegetiefen von 3 m bis 4 m, nach dem durchteufen der steifplastischem bis halbfestem Löss und Lösslehme, von den ausreichend tragfähigen Terrassensedimenten (Schicht 3) gebildet. Hier sind keine Maßnahmen zur Erhöhung der Tragfähigkeit erforderlich; die zulässige Bodenpressung kann mit 250 kN/m^2 angesetzt werden.

5.2.2 Rohraufleger und Leitungszone

Vor Beginn der Bauausführung muss die Tragfähigkeit der Rohrleitungen in Übereinstimmung mit der Statik und den Angaben der Rohrersteller nachgewiesen sein. Zur Dimensionierung sind die Bodenkennwerte aus dem Kapitel 4 heranzuziehen.

Die Baustoffe für die Bettungszone ergeben sich aus den Forderungen der DIN EN 1610 Ziffer 5.3.1, wobei in der Rohrbettung keine Bestandteile enthalten sein sollen, die größer sind als:

- 22 mm bei $\text{DN} \leq 200$
- 40 mm bei $\text{DN} > 200$ bis $\text{DN} 600$

Die Rohrbettung sollte nach Typ 1 EN 1610 ausgeführt werden. Die Dicke der Bettungsschicht a sollte 100 mm nicht unterschreiten. Die Dicke der Bettungsschicht b muss der statischen Berechnung entsprechen.

Geeignet für die Herstellung der Bettungsschichten sind stark sandige Kiese mit Größtkorn 20 mm, Sande, Brechsande und Splitt mit einer Größe von 11 mm bzw. 16 mm.

Die stark sandigen Kiese sollen einen Feinkornanteil $< 0,02 \text{ mm}$ von $< 5 \text{ M.} - \%$ und eine Ungleichförmigkeitszahl $U > 10$ besitzen, damit eine gute Verdichtung erreichbar ist. Enggestufte Kiese (GE nach DIN 18196) sind hierzu nicht geeignet.

Die Verdichtung ist mittels Hand oder mit leichten maschinellen Geräten vorzunehmen, die Schütthöhe richtet sich hierbei direkt nach dem ausgewählten Verdichtungsgerät und darf maximal nur 20 cm betragen.

Die Rohrleitung darf bei der Verdichtung nicht nach der Seite oder Höhe verschoben werden. Insbesondere der Zwickel unter dem Rohr ist sorgfältig zu verdichten, damit eine gleichmäßige Auflagerung des Rohrs gewährleistet ist. Für eine Rohreinbettung ist gemäß ZTVA-StB 97 % der einfachen Proctordichte nachzuweisen.

Schwer zugängliche Bereiche in der Leitungszone, in denen sich der Verfüllboden nicht einwandfrei verdichten lässt, sind mit anderen geeigneten Baustoffen (z. B. Boden-Bindemittel-Gemisch, Beton geeigneter Güte) zu verfüllen, sofern sich dies nicht nachteilig auf die Rohrbettung, die Leitung und den Oberbau auswirkt. Je nach Planungsstand sollte im Leistungsverzeichnis eine Eventualposition hierfür vorgesehen werden.

Die Verdichtung direkt über dem Rohr sollte von Hand erfolgen. Die mechanische Verdichtung der Hauptverfüllung direkt über dem Rohr sollte erst erfolgen, wenn eine Schicht mit mindestens einer Stärke von 30 cm über dem Rohrscheitel eingebracht worden ist.

5.2.3 Rückverfüllung / Einbau / Verdichtungsanforderungen

In der Verfüllzone zwischen Leitungszone und Rohplanum (ca. 0,6 m unter späterer Oberkante der Verkehrsflächen) wird empfohlen, soweit wie möglich die anstehenden Bodenmaterialien wiedereinzusetzen, um den Bodenwasserhaushalt möglichst nicht zu beeinflussen und um ressourcenschonend zu arbeiten. Hierzu ist jedoch eine Konditionierung der wasserempfindlichen Materialien der Schicht 2 erforderlich (Verbesserung durch Bindemittelzugabe). Da die Verbesserung mit Bindemitteln mit einer gewissen Staubentwicklung verbunden ist, eignet sich diese Verfahrensweise besonders im östlichen Bereich des Untersuchungsgebietes. Die Materialien aus dem Kanalbereich in Bebauungsnähe (westlicher Bereich des Untersuchungsgebietes) könnten gegebenenfalls im östlichen Untersuchungsgebiet mit aufbereitet und anschließend wieder in den vorhandenen Straßenbereichen eingebaut werden. Eine Verwendung in eventuell zu errichtenden Lärmschutzwällen ist ebenfalls denkbar.

Details zur Eignung der beim Aushub anfallenden Bodenmaterialien und den erforderlichen Maßnahmen sind in Kapitel 5.6 angegeben.

Für fehlende Massen bzw. alternativ als Ersatz für die Löss- und Lösslehme können grobkörnige Erdstoffe (z.B. bindigkeitsarme Steinerde) mit einem Anteil der Korngröße $< 0,06$ mm von weniger als 15% zur Rückverfüllung eingesetzt werden.

Die Rückverfüllung des Leitungsgrabens hat in Lagen von maximal 0,3 m (Schütthöhe vor der Verdichtung) zu erfolgen. Das Einbaumaterial ist in der Regel mit einem mittelschweren dynamisch wirkenden Verdichtungsgerät zu verdichten. Jede Lage ist in mindestens 5 - 6 Übergängen zu verdichten. Der erforderliche Verdichtungsgrad ist abhängig vom verwendeten Material und richtet sich nach den Tabellen 2, 3 und 8 der ZTVE-StB 94 (Fassung 97) bzw. ZTVA-StB.

Zur Vermeidung von Dräneffekten durch den Kanalgraben, insbesondere im Bereich der Leitungszone sollten auf der Kanalgrabensohle Tonriegel eingeplant werden. Es kann hierzu der anfallende mindestens steifplastische Bodenaushub verwendet werden.

5.3 Sicherung der Leitungsgräben / Wasserhaltung

Im Hinblick auf die Erstellung von Leitungsgräben und die dabei zu erwartenden Erschütterungen wird die Durchführung eines Beweissicherungsverfahrens im Bereich der Ortslage (Eltviller Straße, Geisenheimer Straße) empfohlen.

Sicherung der Leitungsgräben

Zur Erstellung des Kanalgrabens werden Grabentiefen bis zu rund 4 m erforderlich. Für die Ausführung von frei geböschten Baugrubenwänden und Böschungen ist unbedingt die DIN 4124 (Kapitel 4.1 und 4.2) zu beachten, wonach insbesondere aufgrund der sich anschließenden Geländeneigung, der Böschungshöhe und bei auftretenden Verkehrslasten ein freies Böschchen nur noch eingeschränkt möglich ist bzw. die Durchführung eines Standsicherheitsnachweises gemäß DIN 4084 erforderlich wird. Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen können Baugruben wie folgt geböschet werden:

Schicht 2 – Löss und Lößlehme, mind. steifplastisch $\beta \leq 60^\circ$

Schicht 3 – Terrassensand..... $\beta \leq 45^\circ$

Geböschte Baugrubenwände sind mittels Folien vor Niederschlagswasser zu schützen.

Da die Baugruben im Bereich der Ortslage (Eltviller Straße, Geisenheimer Straße) teilweise im Lastausbreitungsbereich benachbarter Verkehrs- oder Stellflächen oder im Lastausbreitungsbereich benachbarter Bauwerke erstellt (45° ab Straßenoberkante bzw. Fundamentunterkante) werden sollen bzw. da aus Platzgründen die vorgenannten Böschungswinkel voraussichtlich nicht eingehalten werden können, sind hier Sicherungsmaßnahmen vorzusehen.

Zur Reduzierung der Aushubmengen außerhalb der Ortslage und zur Sicherung der Baugruben innerhalb der Ortslage wird der Einsatz von mobilen Grabenverbauboxen / gegebenenfalls mit vorböschten (außerhalb der Ortslage) oder Gleitschieneneneinsatz (innerhalb der Ortslage) bei größeren Aushubtiefen empfohlen.

Hierzu ist zunächst der erforderliche Voraushub vorzunehmen und anschließend sind die Grabenverbauboxen einzusetzen. Der weitere Aushub hat sukzessive in kleinen Schritten mit gleichzeitigem Einbringen der Grabenverbauboxen zu erfolgen. Freie Wandhöhen sind dabei zu vermeiden.

Innerhalb der Baugrube ist damit zu rechnen, dass die feinkornarmen Sande unterhalb der bindigen Bodenzone ausbrechen können, so dass Bodenmehraushub einzukalkulieren ist.

Allgemein gilt:

Erschütterungen beim Einbringen der Verbauelemente sind im Bereich der bestehenden Bebauungen zu vermeiden, weil auch hierdurch Schäden an der Nachbarbebauung zu befürchten sind. Die Verbauelemente sind den statischen Erfordernissen gemäß ausreichend tief einzubringen.

Es ist auf einen kraftschlüssigen Anschluss des Verbaus an die umgebenden Bodenschichten zu achten. Es gelten grundsätzlich die Angaben der DIN 4124.

Die Standsicherheit der geplanten Grabenverbaugeräte ist vorzulegen. Für den Nachweis der Standsicherheit der Grabenverbaugeräte gelten die in Kapitel 4 genannten bodenmechanischen Kennwerte in Abstimmung mit den entsprechenden Bohrprofilen.

Um einen optimalen kraftschlüssigen Verbund der Grabenverbaugeräte mit dem Untergrund herzustellen, sind die Ausbrüche hinter den Verbauelementen mit einem Sand-Kies-Gemisch oder einem Brechkorngemisch, z. B. einem Vorsiebmaterial oder Stein-Erde-Material, bis zur Geländeoberkante aufzufüllen.

Beim Rückbau von Baugrubensicherungen ist zu berücksichtigen, dass die Verbindung zwischen Füllboden und Grabenwand sichergestellt ist. Die Verbauelemente sind abschnittsweise so zu entfernen, dass der Füllboden in dem freigelegten Teil der Baugrube unverzüglich lagenweise eingebracht und verdichtet werden kann.

Wasserhaltung

Im Verlauf der geplanten Kanaltrassen sind keine Grundwasserzutritte zu erwarten. Sicker- sowie zusetzendes Oberflächenwasser sollte über einen Graben mit filtersicherem Dränagesystem gefasst, Pumpensümpfen zugeführt und kontrolliert abgeleitet werden.

Weiterhin kann es im gesamten Kanaltrassenverlauf besonders in den niederschlagsreichen Jahreszeiten und nach anhaltenden Niederschlägen zu stärkeren Oberflächenwasserzutritten kommen. Es ist durch geeignete Maßnahmen dafür Sorge zu tragen, dass Oberflächenwasser nicht in größerem Umfang dem Kanalgraben zufließen kann.

Erfahrungsgemäß kann es durch den Anschnitt der mit Steinerde oder dergleichen rückverfüllten Arbeitsräume des alten Kanals (bestehende Ortslage) zu starken Wasserzutritten kommen, wenn diese Bereiche wie eine Dränage gewirkt haben. Dieser Umstand ist ebenfalls zu berücksichtigen und im Hinblick darauf für alle Trassenabschnitte geeignete Geräte für eine offene Wasserhaltung vorzuhalten.

Grundsätzlich ist im Hinblick auf die Befahrbarkeit, Bearbeitbarkeit und die Tragfähigkeit des Erdplanums für das gesamte Gelände eine Tagwasserhaltung mittels Dränagen, Pumpensümpfen und Schmutzwasserpumpen vorzusehen, um Oberflächenwasser abzuführen.

5.4 Straßenbau

5.4.1 Allgemein

Bei allen straßenbaulichen Maßnahmen ist die hohe Wasserempfindlichkeit des anstehenden Lösses und der Lösslehme zu beachten! Das Erdplanum ist grundsätzlich mittels Mischbinderzugabe zu stabilisieren, eine wirksame Schichtwasser- und Tagwasserhaltung ist vorzuziehen. Das Erdplanum darf nie im ungeschützten Zustand befahren werden. Für alle Bodenbewegungen wird empfohlen, die bindigen Bodenmaterialien der Schicht 2 vor dem Aufnehmen, quasi „in-situ“ mittels Einfräsen von Mischbinder zu stabilisieren, um sie für die weitere Verwendung bearbeitbar zu machen.

Die am Projektstandort anstehenden natürlichen Böden sind sehr frostempfindlich und besitzen keine ausreichende Tragfähigkeit gemäß RStO 01 bzw. ZTVE StB ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$). Es sind planumsverbessernde Maßnahmen erforderlich. Die Planumsverbesserung ist sinnvollerweise als Bodenverbesserung mittels Zugabe von Bindemitteln zu erreichen. Soll eine günstigere Einstufung der Frostempfindlichkeitsklasse (F 3 $\rightarrow$ F 2) erreicht werden, ist eine qualifizierte Bodenverbesserung vorzunehmen. Zu den Definitionen und einzuhaltenden Bedingungen wird auf das „Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln“ (FGSV 551), die Technischen Prüfvorschriften für Boden und Fels TP BF-StB Teil B 11 sowie ZTVE-StB und RStO verwiesen.

Als Alternative zur Bodenverbesserung mit Bindemitteln, wenn diese nicht zulässig ist, empfiehlt sich der Einbau von mindestens 0,3 m starken Grobschotterlagen zur Planumsverbesserung.

5.4.2 Bemessung des Fahrbahnoberbaus nach RStO 01

Für den Straßenbau ist die RStO¹ 01 heranzuziehen. Die Erschließungsstraßen im Gewerbegebiet werden auch häufig durch den Schwerverkehr genutzt. Durch den Gutachter wird aufgrund des zu erwartenden Verkehrsaufkommens gemäß RStO 01 die Bauklasse III vorgeschlagen.

Für die Ermittlung der Mindestdicke des frostsicheren Oberbaues gelten weiterhin folgende Bedingungen:

- Die oberflächlich anstehenden Lössle und Lösslehme (Schicht 2) bilden ein sehr frostempfindliches Planum (Frostempfindlichkeitsklasse F 3 gemäß ZTVE-StB). Wir empfehlen daher, für die Mindestdicke des frostsicheren Aufbaues die Tabellen 6 und 7 der RStO 01 für die Bauklasse III auf Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 heranzuziehen.
- Die Wasserverhältnisse sind gemäß ZTVE-StB als günstig zu bewerten, da kein Grundwasser in den oberflächennahen Bereichen zu erwarten ist.
- Es wird empfohlen, das Untersuchungsgelände aufgrund seiner Lage und in Anlehnung an das Bild 6 der RStO 01 in die Frosteinwirkungszone I einzustufen.
- Die Ausführung der Randbereiche ist überwiegend als „außerhalb geschlossener Ortslage sowie in geschlossener Ortslage mit wasserdurchlässigen Randbereichen“ *) einzustufen.

¹ Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen

Damit ergibt sich für die Straßen- und Verkehrsfläche folgende Minstdicke:

Bauklasse III	60 cm
Frosteinwirkungszone I	± 0 cm
Günstige Wasserverhältnisse	± 0 cm
Ausführung der Randbereiche	± 0 cm*)
<u>Lage der Gradienten</u>	<u>± 0 cm</u>
Gesamtaufbau	60 cm

*) Diese Annahme ist durch den Planer zu überprüfen.

Für die Bauweise ist mit einer Asphaltdecke zu rechnen. Zur Herstellung eines frostsicheren Oberbaus gemäß RStO 01 unter Berücksichtigung einer bituminösen Decke nach Tafel 1, Zeile 1, Spalte III sind folgende Anforderungen zu stellen:

Tabelle 4 Vorgaben gemäß RStO 01 zum Aufbau der Straßenfläche bei einer Asphaltdecke auf einer Frostschutzschicht, Bauklasse III

Schicht	Bauklasse III	Soll
	Soll Aufbau [cm]	E_{v2} [MN/m ²]
Asphaltdeckschicht	4	-
Asphaltbinderschicht	4	-
Asphalttragschicht	14	-
Frostschutzschicht	38	120
Frostempfindlicher Untergrund/Unterbau	-	45
Gesamtaufbau	60	-

Die vorstehenden Angaben zur Bemessung und Ausführung des Oberbaus gelten für das eigentliche Erschließungsgebiet. Für die Wiederherstellung der Fahrbahnbefestigung in der vorhandenen Ortslage sind gegebenenfalls abweichende Bedingungen und Ausführungen zu beachten. Im Zweifelsfalle sind die Punkte durch Rücksprache mit dem Unterzeichner zu klären.

Für die Gehwege ist gemäß RStO 01 die Bauweise nach der Tafel 7 auszuwählen. Bei Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 ist üblicherweise eine Minstdicke des frostsicheren Oberbaus von 30 cm anzusetzen. Bei dieser Einstufung ist eine gelegentliche Nutzung der Gehwege durch Kraftfahrzeuge nicht berücksichtigt. Ist mit Überfahren der Gehwege zu rechnen, ist der Aufbau gemäß Bauklasse V, wie oben in der Tabelle 5 aufgeführt, zu wählen. Im Zweifelsfall ist Rücksprache mit dem Gutachter notwendig. Gemäß Tafel 7, Zeile 3 der RStO 01 wird folgender Aufbau empfohlen:

Tabelle 5 Vorgaben gemäß der RStO 01 zum Aufbau der Gehwege

Schicht	Tragdeckschicht	Pflasterdecke	Soll
	Aufbau [cm]	Aufbau [cm]	E_{v2} [MN/m ²]
Decke	8	8	-
Ausgleichsschicht / Splittbett	-	3	-
Schotter- oder Kiestragschicht	22	19	80
Planum bzw. verbessertes Planum	-	-	45
Gesamtaufbau	30	30	-

Als Material für die Frostschutzschicht ist qualifiziertes Material mit der Körnung 0/32 mm, 0/45 mm, 0/56 mm mit den Eigenschaften einer Schottertragschicht zu verwenden. Hierzu sind die Vorgaben der aktuellen ZTVT-StB² bzw. der ZTV-SoB³ zu beachten.

Der Einbau des Asphalts richtet sich nach der ZTV Asphalt StB.

5.4.3 Erdplanum / Bodenverbesserung

Bei allen Arbeiten zur Erstellung eines ausreichend tragfähigen Erdplanums/Unterbaus bzw. von Dammschüttungen und Einschnitten sind die Vorgaben der ZTVE-StB zu beachten.

Das Erdplanum für den Straßenbau wird in unterschiedlichen Bereichen liegen:

a) Leitungsgabenverfüllung

Erfahrungsgemäß erfüllen diese Bodenmaterialien die Anforderungen an das Erdplanum gemäß RStO 01 bzw. ZTVE StB ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$), wenn die Vorgaben in Kapitel 5.2.3 eingehalten werden. Die Tragfähigkeit ist durch Lastplattendruckversuche zu überprüfen.

Sollte in Teilbereichen keine ausreichende Tragfähigkeit vorhanden sein, ist eine Bodenverbesserung wie unten stehend vorzunehmen.

b) bindiges Bodenmaterial („ungestörter“ Bereich)

Hier werden die Anforderungen an das Erdplanum gemäß RStO 01 bzw. ZTVE StB voraussichtlich nicht erfüllt. Es wird daher in diesen Abschnitten eine Bodenverbesserung erforderlich. Es ist ratsam, die anschließend vorgeschlagene Bodenverbesserungsmaßnahme durch Bindemittelzugabe bereits zu Beginn der Erschließungsarbeiten für alle Straßenabschnitte durchzuführen, um die bearbeiteten Abschnitte gegebenenfalls auch als Baustraßen nutzen zu können:

² Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau

³ Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau

Vorbereitung des Planums/Planumsstabilisierung

- ⇒ Als Voraussetzung für ein ausreichend tragfähiges Erdplanum ist für das gesamte Gelände eine wirksame Tagwasserhaltung mittels Drainagegräben und gegebenenfalls Pumpensämpfen zu betreiben.
- ⇒ Der Oberboden ist im gesamten Baufeld abzuschieben und vorhandene Baumwurzeln sind zu entfernen.
- ⇒ Weiterhin sind besonders stark durchnässte und aufgeweichte oberflächennahe Bereiche nach Erfordernis abzuschieben.
- ⇒ Anschließend ist das lehmige Erdplanum mittels Feinkalk oder Mischbinderzugabe (z. B. Varilit, Dorosol oder Multicrete) zu stabilisieren, um eine ausreichende Tragfähigkeit gemäß ZTVE StB ($E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ bzw. $E_{v2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$ bei qualifizierter Verbesserung) zu gewährleisten und das extrem wasserempfindliche Bodenmaterial vor Niederschlagseinflüssen zu schützen.
- ⇒ Bei einer Bodenverbesserung durch die Zugabe von Feinkalk oder Mischbinder sind die zu verwendenden Bindemittelarten und -mengen durch Eignungsprüfungen gemäß dem „Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln“ (FGSV 551) und gemäß TP BF-StB Teil B 11 festzulegen. Für die von der ausführenden Firma vorzunehmenden Eignungsprüfungen ist ein Untersuchungszeitraum von mindestens 4 Wochen einzukalkulieren.
- ⇒ Bei sehr trockener Witterung und niedrigen Bodenwassergehalten ist gegebenenfalls ein Anfeuchten der zu verbessernden Böden erforderlich. Bei Temperaturen unter 5°C ist eine Bodenverbesserung nur noch stark eingeschränkt möglich.
- ⇒ Die Einfrosttiefe muss mindestens 0,4 m betragen.
- ⇒ Anschließend ist das verbesserte Bodenmaterial in mehreren Übergängen dynamisch zu verdichten (Auftragsbereiche und Endhöhe)
- ⇒ Als Verdichtungsgerät eignet sich gemäß ZTVA-StB eine schwere Glattmantelwalze mit einem Gesamtgewicht von mindestens 10 t.

Beim Bauen im Winter, wenn die Temperaturen und die Niederschläge eine Bodenverbesserung mit Bindemitteln nicht zulassen, ist als alternative Maßnahme das Aufbringen einer mindestens 0,3 m starken Lage aus Grobschotter bis zur Körnung 0/100 als Bodenverbesserung vorzusehen.

Im Anfangsstadium der Baustelle sollte für diese Bodenverbesserungsmaßnahme Probefelder angelegt und auf den Probefeldern Plattendruckversuche gemäß DIN 18134 durchgeführt werden. Die endgültige Mächtigkeit der Bodenverbesserung sollte dann anhand der Ergebnisse der Plattendruckversuche festgelegt werden. Die einzelnen Schüttungen werden lagenweise eingebaut und verdichtet. Auf dem verbesserten Erdplanum ist ein Verformungsmodul E_{v2} von mindestens 45 MN/m² nachzuweisen.

5.5 Lärmschutzwall

Im gesamten Untersuchungsbereich und somit in der Aufstandsfläche möglicher Lärmschutzwälle stehen Löss und Lösslehme in steifplastischer bis teilweise halbfester Zustandsform an. Diese Böden sind sehr wasserempfindlich. Wir empfehlen daher, das bindige Bodenmaterial im Bereich der Aufstandsfläche ca. 0,4 m stark durch das Einfräsen von Bindemittel zu verbessern (Genehmigung durch die Fachbehörden erforderlich!), um die Anforderungen an Erdplanum gemäß ZTVE und eine weitere Überbaubarkeit zu erreichen. Außerdem ist eine wirksame Tagwasserhaltung voreilend zu betreiben. Das Erdplanum darf nie im ungeschützten Zustand befahren werden.

Der weitere Aufbau der Anschüttung für den Lärmschutzwall kann mit dem anfallenden Bodenaushub aus der Erschließungsmaßnahme bzw. grundsätzlich mit folgenden Materialien erfolgen:

- a) grobkörnige Böden der Gruppen SW, SI, SE, GW, GI, GE,
- b) gemischtkörnige Böden der Gruppen SU, ST, GU, GT,
- c) Böden der Bodengruppen UL, UM, TL, TM, SU*, ST*, GU*, GT* können erfahrungsgemäß in niederschlagsreichen Witterungsperioden aufgrund zu hoher Wassergehalte nicht ausreichend verdichtet werden. In diesem Fall sind diese Materialien mittels Bindemittelzugabe zu stabilisieren. Dies gilt auch für die im Zuge der Erschließungsarbeiten anfallenden Bodenmaterialien. Wir empfehlen die Verwendung von Mischbindern, wobei hinsichtlich der Arbeitsweise und der Ermittlung der erforderlichen Zugabemengen analog zu den Angaben in Kapitel 5.4.3 (Erdplanum/Bodenverbesserung) zu verfahren ist.

Der Aufbau des Bodenmaterials hat in Lagen von maximal 40 cm (Schütthöhe vor der Verdichtung) zu erfolgen.

Es ist ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} \geq 95\%$ bzw. 97% in Abhängigkeit des Bodenmaterials nachzuweisen.

5.6 Geotechnische Eignung der angetroffenen Böden / Lösbarkeit

Hinsichtlich der Verdichtungseigenschaften der angetroffenen Bodenarten kann die Einstufung nach ZTV-A-StB herangezogen werden. Diese ist in Kapitel 4 mit aufgeführt. Die Tabelle 2 der ZTV-A-StB gibt Schüttenhöhen in Abhängigkeit der Geräteart sowie die Anzahl der notwendigen Übergänge an. Die Vorgaben gemäß ZTV-A-StB sind von den Baufirmen in den Leistungspositionen, die Verdichtungsarbeiten betreffen, einzukalkulieren.

Löss, Lösslehm (Schicht 2)

Gemäß DIN 18196 ist die Witterungs-, Erosions- und Frostepfindlichkeit dieser feinkörnigen und gemischtkörnigen Bodenarten als groß einzustufen. Diese Bodenarten sind ohne Verbesserungsmaßnahme aus geotechnischer Sicht nicht wieder verwertbar. Wir empfehlen, eine Bodenverbesserung durch Bindemittelzugabe vorzusehen. Für vernässte Bodenmassen bzw. für weiche, wenig tragfähige Böden sind ausreichende Verdichtungsgrade unter Zugabe von Mischbinder (Kalk-Zement-Gemisch), z.B. unter Verwendung einer Fräse, einer Separator-Schaufel oder bei hohen Steinanteilen auch mit dem Baggerlöffel zu erreichen. Hierbei wird durch den Kalk kurzfristig der zu hohe Wassergehalt des Bodenaushubes auf Wassergehalte abgesenkt, die den Boden bearbeitbar machen. Die Langzeitwirkung des Zementes führt zur Erhöhung der Stabilität des Bodens. Bei angrenzender Bebauung sind staubarme Bindemittelarten zu verwenden oder es ist der Mischvorgang außerhalb der Baustelle durchzuführen.

Die Bindemittelzugabe ist auf ein Mindestmaß zu beschränken und für eine verwirbelnde Durchmischung mit hohem Lufteinschluss zu sorgen, um die puzzolanische Reaktion (führt zur Versteinerung der Böden) zu unterbinden.

Bei einer Bodenverbesserung durch die Zugabe von Mischbinder sind die zu verwendenden Bindemittelarten und -mengen durch Eignungsprüfungen gemäß dem „Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln“ (FGSV 551) festzulegen. Für die Eignungsprüfungen ist ein Untersuchungszeitraum von mindestens 4 Wochen einzukalkulieren.

Die Zugabemengen sind vorläufig mit 1 – 2 Gew.-% zu veranschlagen.

Die bindigen Bodenarten sind wasser- und frostepfindlich und während der Baumaßnahme z. B. durch Abdecken mit Folien gegen Witterungseinflüsse zu schützen, da Änderungen des Wassergehaltes zur Änderung der Konsistenz und Herabsetzung der Kohäsion führen können. Aufgeweichte und/oder vernässte Bereiche sind auszutauschen, nachzuarbeiten bzw. zu konditionieren. Im Zweifelsfall ist der Bodengutachter zu benachrichtigen.

Terrassensande (Schicht 3)

Der Bodenaushub aus dem Bereich der Sande kann aus bodenmechanischer Sicht zur Rückverfüllung der Arbeitsräume eingesetzt werden. Das Material sollte lagenweise mit Lagenstärken von maximal 30 cm eingebaut und mit leichtem Verdichtungsgerät verdichtet werden. Zur Verdichtungskontrolle sind gemäß DIN 18125 das Sandersatzverfahren oder gemäß DIN 18134 Plattendruckversuche durchzuführen.

5.7 Verdichtungskontrolle / Qualitätssicherungsprogramm

Alle zum Einbau vorgesehenen Erdstoffe sind vor ihrem Einbau einer Eignungsprüfung zu unterziehen bzw. es müssen von den bauausführenden Unternehmen entsprechende Nachweise vorgelegt werden. Durch den Bodengutachter wird folgendes Qualitätssicherungsprogramm vorgeschlagen.

Tabelle 6 Vorgeschlagenes Qualitätssicherungsprogramm

Untersuchungsparameter	Beprobungsfrequenz	
	Eigenüberwachung	Fremdüberwachung
Probekbau Jeweils 1 Probekbau für die das verbesserte Erdplanum, die Anschüttung und den Oberbau der Verkehrs- und Stellflächen Kontrolle der Tragfähigkeit: - Proctorversuch gemäß DIN 18127 und Verdichtungsgrad gemäß DIN 18125 - Plattendruckversuche gemäß DIN 18134	2 x pro Probekbau	1 x pro Probekbau
Verb. Erdplanum, Anschüttungen Schottertrag- und Frostschuttschicht Kontrolle der Tragfähigkeit: - Proctorversuch gemäß DIN 18127 und Verdichtungsgrad gemäß DIN 18125 - Plattendruckversuche gemäß DIN 18134	1x je 50 lfdm und Lage	1x je 100 lfdm und Lage
Leitungsgrabenverfüllung Verdichtungskontrolle: Dichtebestimmung - leichte Rammsondierungen	1 x je 50 lfdm	1 x je 100 lfdm
Schottertragschicht, Frostschuttschicht Bestimmung des Feinkornanteils: - Korngrößenverteilung gemäß DIN EN 933-1	1x pro 500 m ³ und Material	1x pro 1.000 m ³ und Material
Asphaltuntersuchungen	Nach ZTV Asphalt StB	Nach ZTV Asphalt StB

Die vorstehenden Angaben gelten für große Prüflose. Wir empfehlen, den Untersuchungsumfang mit dem Unterzeichner auf der Grundlage genauerer Kenntnisse über die Art und Größe der jeweiligen Baulose abzustimmen und fortzuschreiben.

Die Beprobungsfrequenz ist im Zuge der laufenden Arbeiten gegebenenfalls augenscheinlich den Bodenverhältnissen anzupassen.

6. UMWELT- UND ABFALLTECHNISCHE UNTERSUCHUNG

6.1 Bewertungsgrundlagen

In Hessen sind für die Entsorgung (Verwertung, Beseitigung) folgende Richtlinien maßgebend:

[B15] Hessische Regierungspräsidien (2006): Merkblatt „Entsorgung von Bauabfällen“ der hessischen Regierungspräsidien (Abt. Staatliche Umweltämter) vom 04.04.2006.

[B16] Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (2002): Gemeinsame Richtlinie für die Verwertung von Bodenmaterial, Bauschutt und Straßenaufbruch in Tagebauen und im Rahmen sonstiger Abgrabungen – Wiesbaden, den 09. September 2002.

Beide Dokumente beziehen sich hinsichtlich der Entsorgung von Bodenaushub/Bauschutt und Straßenaufbruch auf das Merkblatt Nr. 20 der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall sowie auf die Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV), herausgegeben durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 16.07.1999. Die Vorgaben sind in der Anlage 6.1 kurz erläutert.

6.2 Untersuchungsumfang

Tabelle 7 Übersicht der analysierten Proben

Probe	Entnahmestelle	Tiefe [m u. GOK]	Materialart	Analysenumfang
MP 1 Boden	RKS 1 – RKS 7	ca. 0,30 – 4,00	Boden	LAGA Boden
Beton bei RKS 2	RKS 2	0,00 – 0,16	Beton	LAGA Bauschutt

MP = Mischprobe

Die Proben wurden zur Analytik dunkel und gekühlt dem Labor der CAU Analytik überstellt. Die Bodenmischprobe wurde auf die Parameterliste „LAGA Boden“ und die Betonprobe wurde auf die Parameterliste „LAGA Bauschutt“ chemisch analysiert.

Zusätzlich erfolgte bei der Betonprobe die Bestimmung des pH-Wertes und der elektrischen Leitfähigkeit im Eluat nach der Carbonatisierung (siehe Absatz 6.4).

Die Einzelstoffergebnisse, die Messmethoden und die Bestimmungsgrenzen können den Analysenberichten der Anlage 5.1 und 5.2 entnommen werden.

6.3 Untersuchungsergebnisse Boden

Das untersuchte Bodenmaterial der Mischprobe MP1-Boden bestand aus einem Gemisch der im zukünftigen Gewerbegebiet bzw. im Straßenverlauf anstehenden natürlichen Böden (vorwiegend Löss, Lösslehme und Sande). Organoleptische Auffälligkeiten konnten nicht festgestellt werden.

Die Einzelstoffergebnisse, die Meßmethoden und die Bestimmungsgrenzen können dem Prüfbericht 0906515 der Anlage 5.1 entnommen werden. Die Orientierungswerte, die zur Bewertung der abfalltechnischen Deklaration herangezogen wurden, sind dem Bewertungsprotokoll der Anlage 7.1 zu entnehmen und den chemisch-analytischen Befunden gegenübergestellt. In der nachfolgenden Tabelle 8 sind die Einstufungen der analysierten Bodenmischproben (Feststoff, Eluat und Gesamteinstufung) gemäß LAGA aufgelistet.

Tabelle 8 Chemisch-analytischer Befund gemäß LAGA Boden

Proben- bezeichnung	Analysenbefund Feststoff		Analysenbefund Eluat		Gesamt- einstufung
	LAGA- Einstufung	maßgebender Parameter	LAGA- Einstufung	maßgebender Parameter	
MP 1 Boden	Z 0	-	Z 0	-	Z 0

Die zu Grunde gelegten Z 0 – Grenzwerte für die Schwermetalle sowie die Parameter, Σ PCB, Σ PAK und BaP (jeweils im Feststoff) stimmen mit den Vorsorgewerten der Bundesbodenschutzverordnung für die Kategorie „Lehm/Schluff“ überein.

Da keine Z 0-Überschreitungen vorliegen, werden auch die betreffenden Vorsorgewerte der Bundesbodenschutzverordnung eingehalten.

6.4 Untersuchungsergebnisse Beton

Das untersuchte Material des Betons bei RKS 2 wurde aus den Betonplatten in einer Tiefe von 0,00 – 0,16 m unter OK Fahrbahn entnommen. Organoleptische Auffälligkeiten konnten nicht festgestellt werden.

Die Einzelstoffergebnisse, die Messmethoden und die Bestimmungsgrenzen können dem Analysenbericht Nr. 0906518 der Anlage 5.2, entnommen werden. Die Orientierungswerte, die zur Bewertung der abfalltechnischen Deklaration herangezogen wurden, sind dem Bewertungsprotokoll der Anlage 7.2 zu entnehmen und den chemisch-analytischen Befunden gegenübergestellt.

In der nachfolgenden Tabelle 9 sind die Einstufungen der analysierten Betonprobe (Feststoff, Eluat und Gesamteinstufung) gemäß LAGA aufgelistet.

Tabelle 9 Chemisch-analytischer Befund gemäß LAGA Bauschutt

Proben- bezeichnung	Analysenbefund Feststoff		Analysenbefund Eluat		Gesamt- einstufung
	LAGA- Einstufung	maßgebender Parameter	LAGA- Einstufung	maßgebender Parameter	
Beton bei RKS 2	Z 0	-	> Z 2	Elektr. Leitfähigkeit	> Z 2
	Z 0 ¹	-	Z 0 ¹	-	Z 0 ¹

¹ nach Carbonatisierung

Der hohe pH-Wert und die erhöhte elektrische Leitfähigkeit im Eluat sind auf folgenden Prozeß zurückzuführen:

Nach der Zermörserung der Betonprobe und der damit einhergehenden Vergrößerung der Betonoberfläche werden unter anderem Calcium- und Magnesiumoxide freigesetzt. Nach dem Wasserzusatz zur Eluatherstellung kommt es durch Hydrolyse zur Umwandlung von Calcium- und Magnesiumoxiden zu Calcium- und Magnesiumhydroxiden, welche die Erhöhung des pH-Wertes und der elektrischen Leitfähigkeit bewirken.

Nachdem das Eluat unter Lufteinwirkung 12 Stunden gerührt wurde, waren die Messergebnisse des pH-Wertes und der elektrischen Leitfähigkeit unauffällig (siehe Anlage 7.2).

Dies ist auf die Neutralisation der alkalischen Calcium- und Magnesiumhydroxide mit der schwachen Kohlensäure des Wassers, unter Einwirkung des CO₂ aus der Luft, zurückzuführen und wird als Carbonatisierung bezeichnet.

6.5 Abfalltechnische Bewertung

6.5.1 Boden

Natürlicher Löss, Lösslehme und Sande

Das Bodenmaterial der Mischproben **MP 1 Boden** ist gemäß dem hessischen Merkblatt (2006) dem Zuordnungswert **Z 0** zuzuordnen.

Bei Stoffgehalten bis zum Zuordnungswert Z 0 kann davon ausgegangen werden, dass keine Beeinträchtigungen der Schutzgüter Grundwasser, Boden und menschliche Gesundheit stattfinden. Der Einbau von Boden ist uneingeschränkt möglich.

6.5.2 Beton

Der Beton RKS 2 ist gemäß dem hessischen Merkblatt (2006) aufgrund der erhöhten elektrischen Leitfähigkeit im Eluat dem Zuordnungswert **> Z 2** (nach LAGA Bauschutt) zuzuordnen.

Bauschuttmaterial mit dem Zuordnungswert **> Z 2** können nur einer Verwertung/Beseitigung auf einer zugelassenen Deponie oder einer schadstoffbeseitigenden Vorbehandlung in einer zugelassenen Anlage und anschließende Wiederverwertung zugeführt werden. Bei der Entsorgung sind hier zusätzlich die Bedingungen der AbfAbIV, DepV und DepVerwV zu beachten.

Der Bodenaushub ist entsprechend dem Abfallschlüssel **17 05 04** zu entsorgen.

Alternativ besteht die Möglichkeit die Messergebnisse unter Berücksichtigung der zusätzlich durchgeführten Untersuchungen nach der Carbonatisierung im Eluat neu zu beurteilen:

Die Messergebnisse zeigen, dass die Erhöhung des pH-Wertes und der elektrischen Leitfähigkeit nur temporär sind.

Die erhöhten Werte bei pH-Wert und elektrischer Leitfähigkeit sind somit nicht auf Stoffe (z.B. erhöhte Salzgehalte) zurückzuführen, welche durch Auslaugung ins Grundwasser gelangen könnten.

Daher gehen von dem untersuchten Beton auch nach einem möglichen Brechvorgang keine schädlichen Auswirkungen aus.

Die Einstufung des Betons als unbelastetes Material und die Möglichkeit des Wiedereinbaues ist mit den zuständigen Fachbehörden im Rahmen einer Einzelfallentscheidung abzustimmen.

7. ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN

Die oben aufgeführten Aussagen basieren auf punktförmigen Aufschlüssen. Sollte im Zuge der Aushubarbeiten ein von den Ausführungen abweichender Bodenaufbau angetroffen werden, ist der Gutachter heranzuziehen. Den ausgesprochenen Empfehlungen liegen die im Kapitel 1 genannten Unterlagen zugrunde. Bei Planungsänderungen ist Rücksprache mit dem Gutachter erforderlich.

Im Rahmen der Baumaßnahme sind Verdichtungsarbeiten notwendig. Die Verdichtungsarbeiten werden in der Regel mit Walzen oder bei kleinräumigen Baustellen mit Rüttelplatten oder Schnellschlagstampfern durchgeführt.

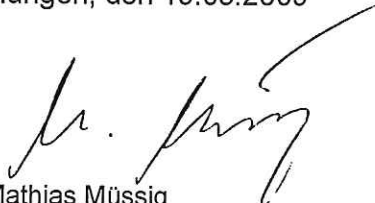
Es grenzt vorhandene Bebauung an die geplante Baumaßnahme an. Aufgrund der zu erwartenden Vibrationen ist mit bauwerksschädigenden Erschütterungen zu rechnen. Wir empfehlen, im Vorfeld der Baumaßnahme zur Beweissicherung des Baubestandes eine Begehung der anliegenden Bebauungen durchzuführen und vorhandene Bauwerksschäden zu doku-

mentieren. Während der Baumaßnahme sollten mittels Schwingungsmessungen die Vibrationen gemessen werden. Anhand der Schwingungsmessungen ist eine Abschätzung hinsichtlich potentieller Bauwerksschäden durch Verdichtungsarbeiten möglich. Gegebenenfalls sind anhand der Ergebnisse der Schwingungsmessungen die Verdichtungsarbeiten (Geräte, Lagenstärke etc.) umzustellen, um potentielle Bauwerksschäden zu verhindern.

Sämtliche Aussagen, Empfehlungen und Bewertungen basieren auf dem in diesem Gutachten beschriebenen Erkundungsrahmen und den hierbei gewonnenen Erkenntnissen. Das Gutachten ist nur in seiner Gesamtheit gültig.

Die bgm baugrundberatung GmbH ist gerne bereit, beim weiteren Vorgehen beratend zur Seite zu stehen und fachliche Entscheidungshilfen zu geben.

Hungen, den 19.05.2009



Mathias Müssig
(Geschäftsführer)



Dipl.-Geogr. Josef Räkers
(Sachbearbeiter)