

**INGENIEUR
GRUPPE
GEOTECHNIK**

Sachverständige für Erd- und Grund-
bau nach Bauordnungsrecht

Beratende Ingenieure VBI

Dipl.-Ing. Robert Breder

Dr.-Ing. Josef Hintner

Dr.-Ing. Thomas Scherzinger

Dr.-Ing. Rüdiger Wunsch

Mitgl. Ingenieurkammer Baden-Württemb.

Ingenieurgruppe Geotechnik GbR

Lindenbergstraße 12 · D - 79199 Kirchzarten

Tel. 0 76 61 / 93 91 - 0 · Fax 0 76 61 / 93 91 75

E-Mail: info@ingenieurgruppe-geotechnik.de

Geotechnischer Bericht

**Erschließung des Industriegebietes „Friesenheim II“
in Friesenheim**

Auftraggeber:

Gemeinde Friesenheim
Bauamt
Friesenheimer Hauptstraße 71/73
79948 Friesenheim

Unsere Auftragsnummer:

11242/S-H

Bearbeiter:

Herr Scherzinger/Herr Henrici

Ort, Datum:

Kirchzarten, 03. Februar 2012/lö-ms

Sparkasse Hochschwarzwald:
BLZ 680 510 04 · Konto 4 353 108

Sparkasse Freiburg-Nördl. Breisgau:
BLZ 680 501 01 · Konto 10 030 792

Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	3
2	Unterlagen	3
3	Baugrund	4
3.1	Baugrunderkundung	4
3.2	Geländeverlauf und Untergrundaufbau	5
3.3	Geotechnische Klassifikationen	7
3.4	Wasserverhältnisse	7
4	Geotechnische Randbedingungen für die Erschließung	9
4.1	Allgemeines	9
4.2	Kanalbau	10
4.3	Straßenbau	12
4.4	Allgemeine geotechnische Angaben zum Hochbau	13
4.5	Verwendung des Aushubbodens	14
4.6	Verfüllung der derzeit offenen Bombentrichter	15
4.7	Versickerung von Niederschlagswasser	15
5	Schlussbemerkungen	16

Anlagenverzeichnis

1	Lagepläne
1.1	Übersichtskarte mit Grundwasserhöhengleichen
1.2	Lageplan mit Grundwasserhöhengleichen für die Stichtagmessung vom 16.01.2012, M 1:2.000
2	Ergebnisse der Baugrunderkundung
3	Laborversuche
3.1	Tabellarische Zusammenstellung
3.2	Korngrößenverteilungen
3.3	Konsistenzversuch
4	Geotechnische Klassifikationen und Schichtenaufbau

1 Veranlassung

Die Gemeinde Friesenheim plant die Erschließung des ca. 11 ha großen Industriegebietes „Friesenheim II“ im Nordwesten von Friesenheim. Die Planung der Erschließungsmaßnahme erfolgt durch die Zink Ingenieure GmbH in Lauf. Die Ingenieurgruppe Geotechnik GbR, Kirchzarten, wurde von der Gemeinde Friesenheim auf Grundlage des Angebotes vom 14.12.2011 beauftragt, für die vorgesehene Erschließung einen Geotechnischen Bericht auszuarbeiten, der alle maßgebenden geotechnischen Angaben zum Kanal- und Straßenbau, zur allgemeinen Bebaubarkeit in Hinblick auf den geplanten Hochbau sowie zur Versickerung von Niederschlagswasser enthält.

Untersuchungen auf Verunreinigungen des Erdreichs im Erschließungsbereich erfolgten durch die Zink Ingenieure GmbH. Die in den Baggerschürfen angetroffenen Auffüllungen wurden in umwelttechnischer Hinsicht durch die Zink Ingenieure begutachtet. Bei der geotechnischen Auswertung der durchgeführten Kleinrammkernbohrungen außerhalb des Bereichs vorhandener Auffüllungen wurden durch Inaugenscheinnahme sowie durch Geruchsempfindung keine Hinweise auf Verunreinigungen festgestellt.

2 Unterlagen

- **Zink Ingenieure GmbH, Lauf:**
 - [U1] Lageplan mit Untersuchungspunkten und Kampfmittelverdachtsflächen, per E-Mail am 23.01.2012 erhalten
 - [U2] Ergebnis der Kampfmittelerkundung mittels Luftbildauswertung des Kampfmittelbeseitigungsdienstes, Regierungspräsidium Stuttgart, vom 14.12.2011
 - [U3] Mündliche Angaben zu geplanten Straßenhöhen und Kanaltiefen
- **Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz (LUBW), Karlsruhe:**
 - [U4] Ganglinien der amtlichen Messstellen 104/116-9 und 106/116-8 (über das Internet abrufbar)
- **Ingenieurgruppe Geotechnik GbR, Kirchzarten:**
 - [U5] Protokoll einer Ortsbesichtigung

- [U6] geotechnische Berichte zu Bauvorhaben in der näheren Umgebung
- [U7] allgemeine geotechnische Unterlagen aus unserem Archiv (z. B. geologische und hydrogeol. Karten)

3 Baugrund

3.1 Baugrunderkundung

Vor Erkundung des Baugrundes wurden die Unterlagen aus dem Archiv der Ingenieurgruppe Geotechnik GbR ausgewertet.

Im Hinblick auf einen möglichen Investor wurde vom Planer ein Erkundungsumfang mit acht Bohrpunkten (BS3 bis BS10) vorgegeben, der von der Ingenieurgruppe Geotechnik um zwei Untersuchungsstellen (BS1 und BS2) ergänzt wurde (vgl. Anlage 1.2). Im letzten Krieg wurde der Untersuchungsbereich bombardiert [U3], weshalb im Bereich von drei wiederverfüllten Bombentrichtern zusätzlich drei Baggerschürfe zur Feststellung der Zusammensetzung der Auffüllungen vorgesehen waren. Aufgrund des bereichsweise bestehenden Kampfmittelverdachts wurden die Baggerschürfe sowie einzelne Untersuchungspunkte durch den Kampfmittelbeseitigungsdienst (KMBD) begleitet bzw. freigemessen (vgl. Anlage 1.2). Die Untersuchungspunkte wurden durch das planende Ingenieurbüro eingemessen und im Gelände ausgepflockt [U1].

Der Schichtenaufbau wurde im Zeitraum vom 20.12.2011 bis 16.01.2012 stichprobenartig durch zwei zwischen ca. 1,2 und 2,2 m tiefe **Baggerschürfe (SCH1 und SCH3)** sowie durch neun zwischen ca. 2,2 und 4,0 m tiefe **Kleinrammkernbohrungen (d = 40-80 mm)** erkundet. Ergänzend wurden sechs **Sondierungen mit der Schweren Rammsonde DPH-15** bis in Tiefen zwischen ca. 3,9 und 6,0 m zur Ermittlung der Lagerungsdichte der überwiegend körnigen Erdstoffe und in Hinblick auf einen tiefer reichenden Baugrundaufschluss durchgeführt. Die Schürfe und die Bohrungen wurden nach geologischen und bodenmechanischen Kriterien in Anlehnung an die DIN 4022 (Benennen und Beschreiben von Boden und Fels) aufgenommen.

Vor Ort wurde festgestellt, dass sich der Schurf SCH2 im unmittelbaren Fundamentbereich eines Hochspannungsstrommasten befindet, weshalb eine Freimessung durch den KMBD nicht möglich war. In Abstimmung mit der Gemeinde Friesenheim und dem Planer wurde

hier auf eine Erkundung verzichtet, die ggf. im Zuge der Umlegung der Hochspannungsleitung nachgeholt werden soll. Zum Zeitpunkt der Erkundung war infolge der sehr feuchten Witterung der Oberboden so stark aufgeweicht, dass ein Zugang zum Ansatzpunkt der Bohrung BS5 nur mit erheblichen Aufwand möglich gewesen wäre. Da die Bohrung BS5 vergleichsweise nah am Schurf SCH1 liegt, wurde auf eine Ausführung verzichtet.

Im Lageplan der Anlage 1.2 sind die Ansatzpunkte der Untergrundaufschlüsse sowie die Kampfmittelverdachtsflächen (grün markiert) angegeben. Die Erkundungsergebnisse sind in zwei schematischen Längsschnitten in der Anlage 2 dargestellt.

An kennzeichnenden Erdstoffproben aus Bohrungen wurden **Laborversuche** zur geotechnischen Klassifizierung der Erdstoffe ausgeführt (tabellarische Zusammenstellung, s. Anlage 3.1, Korngrößenverteilungen, s. Anlage 3.2 und Konsistenzgrenze, s. Anlage 3.3).

Die Untergrundaufschlüsse RS1, RS9 und BS7 wurden zu bauzeitlichen Grundwassermessstelle ausgebaut. Hier und in den amtlichen Grundwassermessstellen 104/116-9 sowie 106/116-8 erfolgten am 10. und 16.01.2012 **Stichtagemessungen**.

3.2 Geländeverlauf und Untergrundaufbau

Das geplante Industriegebiet „Friesenheim II“ liegt in einem flachen Gelände im Nordwesten der Gemeinde Friesenheim (s. Anlage 1.1). Das Bauareal schließt sich unmittelbar nördlich an das bestehende Industriegebiet an und wird im Nordwesten durch die bestehende Eisenbahntrasse Karlsruhe-Freiburg der DB AG begrenzt. Im Norden und Osten wird das Gelände durch landwirtschaftliche Flächen eingerahmt. Die Geländeoberfläche (GOF) ist weitgehend eben ausgebildet und weist nach [U2] im Mittel eine Höhe von ca. 152,5 mNN auf. Im Erschließungsbereich sind mit Schotter befestigte landwirtschaftliche Wege sowie eine Zufahrtsstraße zur nördlich gelegenen Kiesgrube vorhanden, die bis zu 1 m über der bestehenden GOF liegen.

Der geologischen Karte [U8] nach sind im Bereich des geplanten Industriegebiets sog. „Rheinkiese“ im Tieferen Untergrund vorhanden, die von wechselnd mächtigen „Auesedimenten“ überlagert werden.

Das aus den Baugrundaufschlüssen abgeleitete Baugrundmodell ist schematisch in den Längsschnitten 1 und 2 dargestellt (s. Anlage 2). In den Aufschlüssen wurde folgender Untergrundaufbau festgestellt:

- ▶ **Mutterboden** aus humosen, durchwurzelten, feinkörnigen Böden mit festgestellten Dicken zwischen ca. 0,2 und 0,4 m.
- ▶ **Auffüllungen** wurden nur in den wiederverfüllten Bombentrichter angetroffen (SCH1 und SCH3). Es handelt sich i.d.R. um braune bis dunkelbraune, z.T. rotbräunliche bis schwarzgraue, schwach tonige bis tonige, sandige Schluffe, die unterschiedlich stark mit Ziegelbruchstücken, Bauschutt, Metallresten, Hausmüll, usw. durchsetzt waren. Die Auffüllungen wurden im Zuge der Schurfarbeiten im Dezember 2011 vollständig aus dem Untergrund entfernt und reichten bis in Tiefen zwischen ca. 1,2 bis 2,2 m unter die GOF.
Der Bombentrichter wies im oberen Bereich im Schurf SCH1 einen Durchmesser von ca. 10 m, im unteren Teil von etwa 3 m, und im Schurf SCH3 von ca. 5 m bzw. 2 m auf. Aufgrund der bisher schlechten Witterungsverhältnisse (Niederschläge, Frost) im Dezember 2011/Januar 2012 sowie den derzeit hohen Grundwasserständen war ein lageweiser, verdichteter Einbau mit Fremdmaterial nicht möglich.
- ▶ Die **Decklage aus bindigen Böden** besteht i.d.R. aus braunen bis graubraunen, z.T. gelbbraunen, feinsandigen, schluffigen Tonen, die oberflächennah schwach organisch verunreinigt und schwach durchwurzelt sind. Nach DIN 18196 sind diese bindigen Erdstoffe als leicht- bis mittelpastische Tone einzustufen, die i. d. R. eine weiche, bereichsweise steife Konsistenz aufweisen (vgl. Anlage 3.3). Stellenweise sind Linsen/Lagen aus tonigen Sanden und Schluffen eingeschaltet. Die bindige Decklage wurde bis in Tiefen zwischen ca. 0,6 bis 1,3 m unter GOF angetroffen.
- ▶ Darunter folgt eine **Zwischenschicht aus lössartigen bis gering bindigen Erdstoffen**, die aus graubraunen schwach tonigen, örtlich schwach kiesigen Schluff-Sand-Gemischen besteht. Mit zunehmender Tiefe sind diese Böden grau und führen schwach organische Beimengungen (Pflanzenhäcksel und Holzstücke). Das feinkörnige Bodenmaterial wurden überwiegend in einem stark feuchten bis wassergesättigten bzw. vernässten Zustand angetroffen, was durch den ermittelten Wassergehalt von ca. 25,0% bestätigt wird (s. Anlage 3.1, Probe 20 und 30). Nach den Rammprofilen sind diese Schluff-Sand-Gemische als locker bis mitteldicht gelagert einzustufen. Die Zwischenschicht wurde bis wechselnde Tiefen zwischen ca. 1,3 und 2,6 m unter GOF festgestellt.
- ▶ Der **Tiefere Untergrund aus Rheinkiesen** besteht aus grauen, sandigen bis stark sandigen Kiesen, die oben bereichsweise schwach schluffige Sande führen. Nach der

Kornverteilungslinie der Probe MP1 (s. Anlage 3.2) weisen die Rheinkiese einen Feinkornanteil ($d \leq 0,063$ mm) von < 5 Gew.-% auf und sind als „sauber“ zu bezeichnen. Erfahrungsgemäß können in diese Kiessande Lagen/Linsen aus Sand bzw. Schluff eingeschaltet sein. Im Übergangsbereich zur feinkörnigen Zwischenschicht sind die Rheinkiese häufig schwach verschlufft (s. Anlage 3.2, Probe 33). Nach den Rammprofilen weisen die Kiessande i.d.R. eine dichte bis sehr dichte, stellenweise auch mitteldichte Lagerung auf. Im Rammprofil RS6 wurde in einer Tiefe von ca. 4,5 m unter der GOF ein deutlicher Rückgang der Schlagzahlen festgestellt, der auf eine ca. 20 cm dicke Linse oder Lage aus Sand bzw. Schluff im Untergrund hindeutet. Die Rheinkiese des tieferen Untergrundes reichen erfahrungsgemäß tiefer als für die geplanten Erschließungsmaßnahmen maßgebend.

3.3 Geotechnische Klassifikationen

Bei der Ausschreibung der Erdarbeiten sowie für Vorplanungen kann von den in der Anlage 4 angegebenen Klassifikationen ausgegangen werden.

3.4 Wasserverhältnisse

Allgemeine Angaben zu den Grundwasserverhältnissen: Nach den amtlichen hydrologischen Karten [U8] liegt das Industriegebiet „Friesenheim II“ im Randbereich des Grundwasseraquifers, weshalb hier nur ungesicherte Grundwasserhöhengleichen vorliegen (vgl. Anlage 1.1). Im Untersuchungsbereich ist ein zusammenhängender Grundwasserspiegel (GWS) ausgebildet, dessen Grundwasserleiter die vergleichsweise gut durchlässigen Rheinkiese des tieferen Untergrundes sind. Danach strömt das Grundwasser mit einem geringen Gefälle von ca. 0,1 % Richtung Nordwesten.

Festgestellter Grundwasserstand: Bei den Erkundungsarbeiten im Zeitraum vom 20.12.2011 bis 16.01.2012 wurden die feinkörnigen Erdstoffe der Zwischenschicht ab Tiefen von ca. 1 bis 1,5 m i. d. R. in einem stark feuchten bis wassergesättigten bzw. vernässten Zustand angetroffen. Bei den Stichtagsmessungen am 10. und 16.01.2012 wurden folgende Wasserstände (eingespiegelter bzw. Ruhewasserstand) gemessen:

Messstelle	Datum	Wasserspiegel [mNN]	Flurabstand [m]
104/116-9	10.01.2012	151,44	-
106/116-8	10.01.2012	152,38	-
RS1	10.01.2012	152,18	1,19
RS9	10.01.2012	152,08	0,17
104/116-9	16.01.2012	151,25	-
106/116-8	16.01.2012	152,17	-
RS1	16.01.2012	152,01	1,36
RS9	16.01.2012	151,93	0,32
BS7	16.01.2012	151,86	0,36

In den bauzeitlichen Pegeln RS1, RS9 und BS7 wurden Ruhewasserstände in Höhe zwischen ca. 152,18 mNN bzw. ca. 151,86 mNN gemessen, die etwa ca. 0,3 bis 1,4 m unter der GOF lagen. In den amtlichen Grundwassermessstellen 104/16-9 und 106/16-8 lag der Wasserspiegel zwischen etwa 0,8 bis 0,5 oberhalb des langjährigen Mittelwasserstandes (MW) von 150,62 mNN bzw. 151,70 mNN. Bei den festgestellten Wasserständen im Baufeld handelt es sich um Grundwasser, das nach der Stichtagsmessung vom 16.01.2012 mit einem sehr geringen Gefälle von ca. 0,6 ‰ etwa parallel zu den Entwässerungsgräben Richtung Nordost strömt (s. Anlage 1.2). Danach stellen die Entwässerungsgräben im Erschließungsgebiet die Vorflut für das Grundwasser dar.

Grundwasserschwankung und Grundwasserhöchststand (Bemessungswasserstand):

Für eine Abschätzung der Grundwasserschwankung im geplanten Baugebiet können die Grundwasserdaten der amtlichen Messstellen 104/116-9 und 106/116-8 [U4, die etwa 400 m nördlich bzw. 1.600 m südwestlich vom Untersuchungsgebiet liegen (s. Anlage 1.1), herangezogen werden. Bei der Stichtagsmessung am 16.01.2012 lag der Wasserspiegel in den amtlichen Grundwassermessstellen etwa 0,4 (104/116-9) bzw. 0,6 m (106/116-8) unterhalb des mittljährlichen Hochwasserstandes (MHW) und etwa 1,2 m bzw. 1,45 m unter dem bisher höchsten gemessenen Grundwasserstand (HHW). Für das Baugelände lassen sich aufgrund der stichprobenhaft durchgeführten Stichtagsmessungen folgende maßgebende Grundwasserstände grob abschätzen:

	Südecke (BS1) [mNN]	Nordecke [mNN]
langjähriger Mittelwasserstand (MW)	ca. 151,4	151,2
mittlerer jährlicher Hochwasserstand (MHW)	ca. 152,4	152,2
Bemessungswasserstand (BW)	ca. 153,5	153,3

Beim Bemessungswasserstand wurde ein Sicherheitszuschlag von ca. 0,3 m angesetzt.

Bereits bei Mittelwasserständen herrschen im Baugebiet „gespannte Grundwasserverhältnisse“, d. h. die Böden der Decklage und der Zwischenschicht stehen unter Auftrieb (s. Anlage 2). Im extremen Hochwasserfall steigt das Grundwasser bzw. der Wasserdruckspiegel deutlich über die derzeitige GOF an.

Unabhängig vom weiträumigen Grundwasser muss aufgrund der vorhandenen als sehr gering bis gering wasserdurchlässigen Schichtfolgen der Decklage und der Zwischenschicht witterungsabhängig mit **Stau-/Schichtwasser** gerechnet werden.

4 Geotechnische Randbedingungen für die Erschließung

4.1 Allgemeines

Das geplante Industriegebiet „Friesenheim II“ befindet sich in einem flachen Gelände, dessen Untergrund aus einer zwischen ca. 1,3 und ca. 2,6 m dicken Schicht aus bindigen bis gering bindigen bzw. lössartigen Böden der **Decklage** und der **Zwischenschicht** aufgebaut wird, die als bedingt tragfähig einzustufen sind. Die feinkörnigen Erdstoffe weisen eine vergleichsweise geringe bis mittlere Scherfestigkeit sowie verhältnismäßig starke bis mittlere starke Zusammendrückbarkeit auf. Ferner sind sie stark wasser- und frostempfindlich.

Darunter folgen die i. d. R. gut tragfähigen **Rheinkiese**, die im Übergangsbereich zur Zwischenschicht bedingt tragfähige Sand- und Schlufflagen aufweisen.

Durch die vergleichsweise geringen wasserdurchlässigen Böden der Decklage und Zwischenschicht herrschen bereits bei mittleren Grundwasserständen gespannte Grundwasserverhältnisse. Die Druckhöhe des Grundwasserspiegels steigt im extremen Hochwasserfall (Bemessungswasserstand) über die bestehende GOF an.

Die Erschließung des Industriegebietes soll von Süden her über die Bohmattstraße und die Industriestraße sowie von Südosten her über eine ca. 450 m lange neue Zufahrtstraße erfolgen. Im Zuge der Erschließung soll die bestehende Zufahrtstraße zum nördlich gelegenen Kieswerk umgelegt werden (s. Anlage 1.2). Die geplanten Oberkanten des späteren Straßenniveaus sollen einheitlich ca. 153,5 mNN liegen [U3], weshalb Geländeanschlüßungen nach Abschieben des Oberbodens von ca. 0,5 bis 1,5 m erforderlich sind.

4.2 Kanalbau

Nach Mitteilung des Planers [U3] liegen für das geplante Kanalsystem noch keine endgültigen Höhen fest. Die Anschlusstiefe an den bestehenden Hauptsammler im nordwestlichen Teil des Erschließungsgebietes wird mit ca. 149,5 mNN angegeben [U3].

Je nach Tiefenlage der geplanten Kanäle werden die Rohrsohlen in den bindigen bis lössartigen Erdstoffen der Deckschichten oder in den Rheinkiesen liegen (vgl. Anlage 2). Außerdem schneiden die Kanäle in den Schwankungsbereich des Grundwassers ein, weshalb sie druckwasserdicht und auftriebssicher ausgebildet werden müssen.

Rohrauflager: Bei der Bemessung von Rohrleitungen ist die geringe Tragfähigkeit und die Witterungsempfindlichkeit der Böden der Deckschicht und Zwischenschicht als Leitungsaufleger zu berücksichtigen. Es wird für erforderlich gehalten, eine gegen die Decklage mechanisch filterfeste mindestens 25 cm dicke Tragschicht (z. B. aus sandreichem Kiessand (Sandanteil $\geq 30\%$) einzubauen. Werden in den Kanalsohlen weiche bzw. stark aufgeweichte Böden angetroffen, ist hier eine mindestens 35 cm dicke Tragschicht vorzusehen. Die Anforderungen an das Rohrauflager sind mit dem Rohrhersteller abzustimmen. Die Tragschicht dient gleichzeitig als Sauberkeitsschicht zur Begehung des Grabens und als Dränschicht (s.u.).

Baugruben: Grundsätzlich sind bei der Planung und Ausführung von Gräben die Angaben der DIN 4124 „Baugruben und Gräben, Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau) zu beachten. Bei den vorliegenden Verhältnissen können Kanalgräben, deren Sohle oberhalb des Grundwassers liegen, mit einer zulässigen Böschungsneigung von 1:1 ausgeführt werden. Dort, wo die Kanalbaugruben ins Grundwasser reichen, wird es für erforderlich gehalten, die Kanäle im Schutze von Verbautafeln o. dgl. zu bauen, die kraftschlüssig und verformungsarm im Zuge des Aushubs in den Untergrund einzudrücken sind, wobei das Grundwasser bauzeitlich abzusenken ist (s. u.).

Wasserhaltung: Bei den vorhandenen vergleichsweise hohen, „gespannten“ Grundwasserhältnissen kann je nach Tiefenlage der Kanäle für die Herstellung der Kanalgräben in weiten Teilen eine Wasserhaltung erforderlich werden. Bei der Planung sollte daher versucht werden, durch eine möglichst hohe Kanallage den Einschnitt ins Grundwasser möglichst gering zu halten. Außerdem sollen die Kanalarbeiten möglichst bei vergleichsweise niedrigen Wasserständen oder bei Mittelwasserständen ($\leq MW$) durchgeführt werden. Bei den gegebenen Verhältnissen ist eine bauzeitliche offene Grundwasserhaltung nur bis etwa zu einer Grundwasserabsenkung von bis zu 0,5 m unter dem jeweiligen herrschenden Wasserstand möglich, um Sohlaufbrüche im Bereich der Decklage und Zwischenschicht zu verhindern, andernfalls ist eine geschlossene Wasserhaltung (z.B. Schwerkraftbrunnen) vorzusehen.

Im Bereich der Decklage und Zwischenlage besteht der bauzeitliche Flächendrän bei **offener Grundwasserabsenkung** aus einem sauberen Kiessand, z. B. 0/42 mm. Falls in der Kanalgrubensohle Sande oder Kiessande des Tieferen Untergrunds liegen, ist hier als Flächendrän ein feiner Kies/Splitt 2/8 mm einzubauen. Der Flächendrän ist jeweils in kleinen Abschnitten nach dem sog. „Andeckverfahren“ herzustellen und über örtliche Pumpensümpfe zu entwässern; ggf. ist zusätzlich eine bauzeitliche Dränleitung zu verlegen, die nach Abschluss der Maßnahme zu verdämmen ist. Um eine dauerhafte Dränagewirkung der Trag- schicht/Dränschicht zu vermeiden, sind in der Dränschicht und bei kiessandiger Grabenverfüllung auch im Bereich der Grabenverfüllung im Abstand von ca. 50 m abdichtende Querschotte anzuordnen (z. B. bindiger Boden oder Beton).

Im Anschlussbereich der Kanäle zum Hauptsammler werden die Sohlen ca. 2 m unter dem langjährigen Mittelwasserstand (MW) liegen. Eine bauzeitliche offene Grundwasserhaltung ist hier wegen der starken Durchlässigkeit der Kiese (s. u.) nicht mehr möglich, weshalb eine Grundwasserabsenkung mit **Schwerkraftbrunnen** vorzusehen ist. In diesem Fall sollten die Brunnen nicht zu tief, sondern eher in größerer Anzahl hergestellt werden, da sonst die Möglichkeit besteht, dass besonders stark wasserdurchlässige Schichten im Tieferen Untergrund durch die Brunnen angeschnitten werden, die dann viel zusätzliches Wasser bringen. Erfahrungsgemäß weisen die Rheinkiese im oberflächennahen Bereich einen mittleren Durchlässigkeitsbeiwert von zwischen ca. $1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s} \leq k_f \leq 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ auf, wobei bei Anschneiden von so genannten „Rollkieslagen“ ggf. auch noch deutlich höhere Durchlässigkeiten auftreten können. Die Grundwasserabsenkung muss von den zuständigen Fachbehörden genehmigt werden.

Die Grundwasserabsenkung mittels Schwerkraftbrunnen stellt ein gewisses Risiko dar, da im Tieferen Untergrund vorhandene Rheinkiese eine so genannte „Ausfallkörnung“ im Bereich 0,4 bis 4 mm aufweisen (s. Anlage 3.2), weshalb im unmittelbaren Einflussbereich der Brunnen ein stärkerer Austrag von Feinanteilen aus den Kiessanden und damit ggf. verbundene Sackungen auftreten können. Außerdem wird die bindige Decklage durch den Wegfall des Auftriebs im Falle einer Grundwasserabsenkung zusätzlich belastet, was zu geringen Setzungen im Untergrund führen kann. Innerhalb des Baugebietes ist dies unkritisch, da die Kanalbaumaßnahmen vor dem Straßenbau und auch dem Wohnungsbau durchgeführt werden. Die Auswirkungen einer bauzeitlichen Grundwasserabsenkung innerhalb des Baugebietes auf das bestehende Industriegebiet müssen jedoch genauer untersucht werden, wenn entsprechende Planungsunterlagen vorliegen.

Grabenverfüllungen: Der Leitungsbau und die Grabenverfüllungen müssen kraftschlüssig und mit ausreichender Verdichtung nach den Vorgaben der ZTVE-StB 09 (Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau) erfolgen. Es empfiehlt sich der Einbau von wenig witterungsempfindlichen, gut verdichtbaren, körnigen Erdstoffen, z. B. filterfeste sandreiche Kiessande (Sandanteil ≥ 30 Gew.-%). Falls Aushubboden wieder eingebaut werden soll, darf dieser während der Lagerung nicht vernässen bzw. muss dieser vor dem Wiedereinbau auf einen geeigneten Wassergehalt abtrocknen (s. Abschnitt 4.5), was bei dem vergleichsweise hohen Wassergehalt kaum möglich erscheint. Um weniger abhängig von der Witterung zu sein, kann das feinkörnige Aushubmaterial auch durch Zugabe eines Kalk-Zement-Mischbinders für den Wiedereinbau aufbereitet werden, wobei das Einbaumaterial homogen durchmischt sein muss (für eine Vorkalkulation kann von einer Bindemittelzugabe von ca. 2 bis 3 Gew.-% ausgegangen werden). Breiige, weiche oder organisch verunreinigte Erdstoffe der Deckschichten sind für den Wiedereinbau ungeeignet.

4.3 Straßenbau

Der Straßenbau muss grundsätzlich gemäß der Vorgabe der ZTVE-StB 09 hergestellt werden.

Frostschutz-/Tragschicht: Nach Abschieben des Mutterbodens sind im Bereich der geplanten Straßen im Erdplanum i.d.R. weiche bis steife, bindige Erdstoffe der Decklage vorhanden. Unter Annahme einer Bauklasse II/III (Hauptverkehrsstraßen, Industriestraßen, Straßen im Gewerbegebiet), einer Frosteinwirkungszone I, ungünstigen Grundwasserverhältnissen (Grundwasser) nach ZTVE-StB09 sowie einer Frostempfindlichkeitsklasse F3 der Böden im

Planum beträgt die erforderliche Gesamtdicke des frostsicheren Straßenaufbau (ab Oberkante Fahrbahn) entsprechend RStO 01 (Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2001) $d_{\text{gesamt}} = 0,70 \text{ m}$ (Bauklasse II) und $0,65 \text{ m}$ (Bauklasse III). Außerdem ist davon auszugehen, dass im Erdplanum die geforderte Tragfähigkeit des Untergrundes von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auch durch Nachverdichten nicht erreicht wird. Um den auf dem Planum der Frostschutzschicht geforderten $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ zu gewährleisten, ist eine mindestens $0,8 \text{ m}$ dicke Frostschutz-/Tragschicht vorzusehen, wobei ein Wert von $E_{v2} \geq 10 \text{ MN/m}^2$ (steife bindige Böden) auf dem Erdplanum vorausgesetzt wird, was durch Plattendruckversuche zu überprüfen ist.

Auf einen zusätzlichen Bodenaustausch aus gut gestuften und gut verdichtbaren Erdstoffen (z.B. n. DIN 18196: GW, GI) kann verzichtet werden, wenn das Material für die geplanten Geländeanschlüßungen im Bereich der Straßen vergleichbar mit den o. g. Bodenaustauschmaterialien ist und das Erdplanum mindestens 1 m unter dem Straßenniveau liegt, d. h. die zu tätigen Geländeauffüllungen Teil der Frostschutz/Tragschicht sind.

Alternativ zu Bodenersatzmaßnahmen kann die Tragfähigkeit des Erdplanums durch Bindemittelzugabe (ca. 2 bis 3 Gew.-% Mischbinder (ca. 70% Feinkalk / 30% Zement), 40 cm Frästiefe) dauerhaft auf $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ verbessert werden, was in einem Testfeld durch Plattendruckversuche nachzuweisen ist.

Erdplanum: Die feinkörnigen Erdstoffe der Decklage sind witterungs- und frostempfindlich, weshalb das Erdplanum nur in kleinen, der Witterung angepassten Abschnitten freizulegen und mit der Frost-/Tragschicht umgehend abzudecken ist. Die mechanische Filterfestigkeit zwischen diesen feinkörnigen Böden und der darüber liegenden Trag-/Frostschutzschicht bzw. Geländeanschlüßungen muss gewährleistet sein. Hierzu müssen mindestens die unteren 15 cm der Tragschicht/Geländeanschlüßung aus sandreichem Kiessand (Sandanteil $\geq 30 \text{ Gew.-%}$) bestehen oder es ist ein geeignetes geotextiles Trennvlies einzubauen. Das hergestellte, nachverdichtete Erdplanum kann nicht mit schweren Baufahrzeugen oder Radfahrzeugen befahren werden.

4.4 Allgemeine geotechnische Angaben zum Hochbau

Im Bereich der späteren Industriegebäude sind im Untergrund gering bis bedingt tragfähige Erdstoffe der Deck- und der Zwischenlage vorhanden. Grundsätzlich können in dem geplanten Industriegebiet Gebäude flach auf Einzel- und Streifenfundamente oder auf einer tragenden Bodenplatte gegründet werden. Bei einer Fundamentgründung kann im Rahmen einer Vorbemessung von einer zulässigen Bodenpressung von ca. 125 kN/m^2 ausgegangen wer-

den (Konsistenz mindestens weich/stEIF). Für hochbelastete Bauwerksbereiche kann ggf. eine Tiefgründung mittels Pfählen, Betonrüttelsäulen o. dgl. erforderlich werden. Angaben zur Gründung sowie Dimensionierung von Fundamenten, Bodenplatten usw. können erst nach Vorlage einer konkreten Planung sowie ggf. zusätzlichen Baugrundaufschlüssen erfolgen.

Werden in den Gründungssohlen aufgeweichte Erdstoffe angetroffen, sind auch hier Bodenersatzmaßnahmen erforderlich.

Geplante Unterkellerungen von Gebäuden liegen im Grundschwankungsbereich. Derzeit wird von zuständigen Fachbehörden häufig einer Einbindung der Bebauung unter das mittlere jährliche Hochwasser (MHW) nicht zugestimmt, was im vorliegenden Fall bedeuten würde, dass die Unterkante der Bodenplatte nicht tiefer als in Höhe von ca. 152,2 mNN im Norden bzw. ca. 152,4 mNN im Süden liegen dürfte. Allerdings liegen in diesen Tiefen noch vergleichsweise gering wasserdurchlässige Erdstoffe der Decklage oder der Zwischenlage, d. h. keine stärker grundwasserführenden Schichten, weshalb ggf. wegen der vorherrschenden „gespannten“ Grundwasserverhältnisse nach Rücksprache mit den zuständigen Fachbehörden noch etwas tiefer gegründet werden kann. Die ins Erdreich einbindenden Bauteile müssen gegen drückendes Wasser abgedichtet und auftriebssicher ausgebildet werden (Bemesungswasserstand s. Abschnitt 3.4). Die Gründung erfolgt im Fall der Unterkellerung zweckmäßigerweise auf einer tragenden Bodenplatte.

Die hier getroffenen Angaben sind allgemeiner und orientierender Art und ersetzen nicht geotechnische Untersuchungen und Beratungen für einzelne Bauprojekte.

4.5 Verwendung des Aushubbodens

Es empfiehlt sich, die nach Abschieben des Mutterbodens als Aushub anfallenden Erdstoffe der Decklage und der Zwischenschicht nur für untergeordnete Schüttungen (z. B. Geländemodellierung) zu verwenden, wo spätere Setzungen und Nachsackungen in Kauf genommen werden können, da diese Erdstoffe witterungsempfindlich und i.d.R. stark feucht bis nass sind. Die vernässten Rheinkiese sind mit Ausnahme von stärker verschliffenen Bereichen bei geeigneten Wassergehalten auch für höherwertige Schüttungen (z. B. für den Wiedereinbau in den Kanalgräben oberhalb der Leitungszone) geeignet.

4.6 Verfüllung der derzeit offenen Bombentrichter

Es wird empfohlen, die derzeit noch offenen Bombentrichter, deren Sohle etwa 1 m unter dem Mittelwasser liegt und die entsprechend mit Wasser gefüllt sind, noch nicht zu verfüllen. Die Verfüllung, die wegen der erforderlichen Grundwasserabsenkung und des lagenweisen Einbaus vergleichsweise aufwendig wäre, sollte nach Möglichkeit erst vorgenommen werden, wenn eine konkrete Planung für die Überbauung dieses Bereichs vorliegt und dann entsprechende Anforderungen für die Verfüllung hinsichtlich Zusammensetzung und erforderlichem Verdichtungsgrad festgelegt werden können.

4.7 Versickerung von Niederschlagswasser

Nach dem Arbeitsblatt DWA-A138 (Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser „April 2005“, sind Schichten des Untergrundes für eine technische Versickerung geeignet, deren Durchlässigkeitsbeiwerte k_f bei Wassersättigung im Bereich zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s liegen. Ferner wird ein Mindestabstand der Sohle der Versickerungsanlage zum MHW von 1,0 m gefordert.

Erfahrungsgemäß weisen die angetroffenen Erdstoffe der Deckschicht und der Zwischenschicht einen Durchlässigkeitsbeiwert von $k_f \ll 1 \cdot 10^{-6}$ m/s auf und sind deshalb für eine technische Versickerung ungeeignet.

Für die darunter folgenden „sauberen“ Rheinkiese kann in Hinblick auf eine Versickerung ein Durchlässigkeitsbeiwert in der Größenordnung zwischen $\text{ca. } 10^{-4} \text{ m/s} \leq k_f \leq 10^{-5} \text{ m/s}$ abgeschätzt werden, weshalb sie vom Grundsatz her für eine technische Versickerung geeignet sind.

Im Erschließungsbereich herrschen bereits bei Mittelwasserständen hohe, „gespannte“ Grundwasserverhältnisse, die eine Versickerung stark einschränken. Außerdem fordert die DWA-A 138 ein Mindestabstand von 1,0 m zwischen dem MHW und der Sohle der Versickerungsanlage. Danach würden die Sohlen der Anlagen etwa in Höhe von 153,3 mNN, d. h. nur ca. 0,2 m unter dem geplanten Straßenniveau liegen.

Aus geotechnischer Sicht sind die Randbedingungen für eine Versickerung als sehr ungünstig einzustufen, weshalb von einer Versickerung abgeraten wird.

5 Schlussbemerkungen

Den Aussagen dieses Berichtes liegen die in Abschnitt 2 genannten Unterlagen zugrunde. Nach Vorlage einer konkreten Planung für die Erschließung müssen die Aussagen hinsichtlich des endgültigen Planungsstandes ausgewertet werden. Ggf. sind danach ergänzende Erkundungen erforderlich.

Für konkrete Hochbauvorhaben ist erforderlich, gezielte ergänzende geotechnische Untersuchungen und Beratungen durchzuführen, da die diesbezüglichen Angaben aus Abschnitt 4.4 nur orientierenden Charakter haben.



Henrici
(Projektbearbeiter)



Th. Scherzinger
(Projektleiter)



Ingenieurgruppe
Geotechnik GbR

Lindenbergstr. 12
79199 Kirchzarten

Telefon: (07661) 9391 - 0
Fax: (07661) 9391 - 75
Internet: www.ingenieurgruppe-geotechnik.de

Übersichtskarte mit Grundwasserhöhengleichen der Stichtagmessung vom 20.10.1986

Projekt: Erschließung Industriegebiet
„Friesenheim II“
Friesenheim

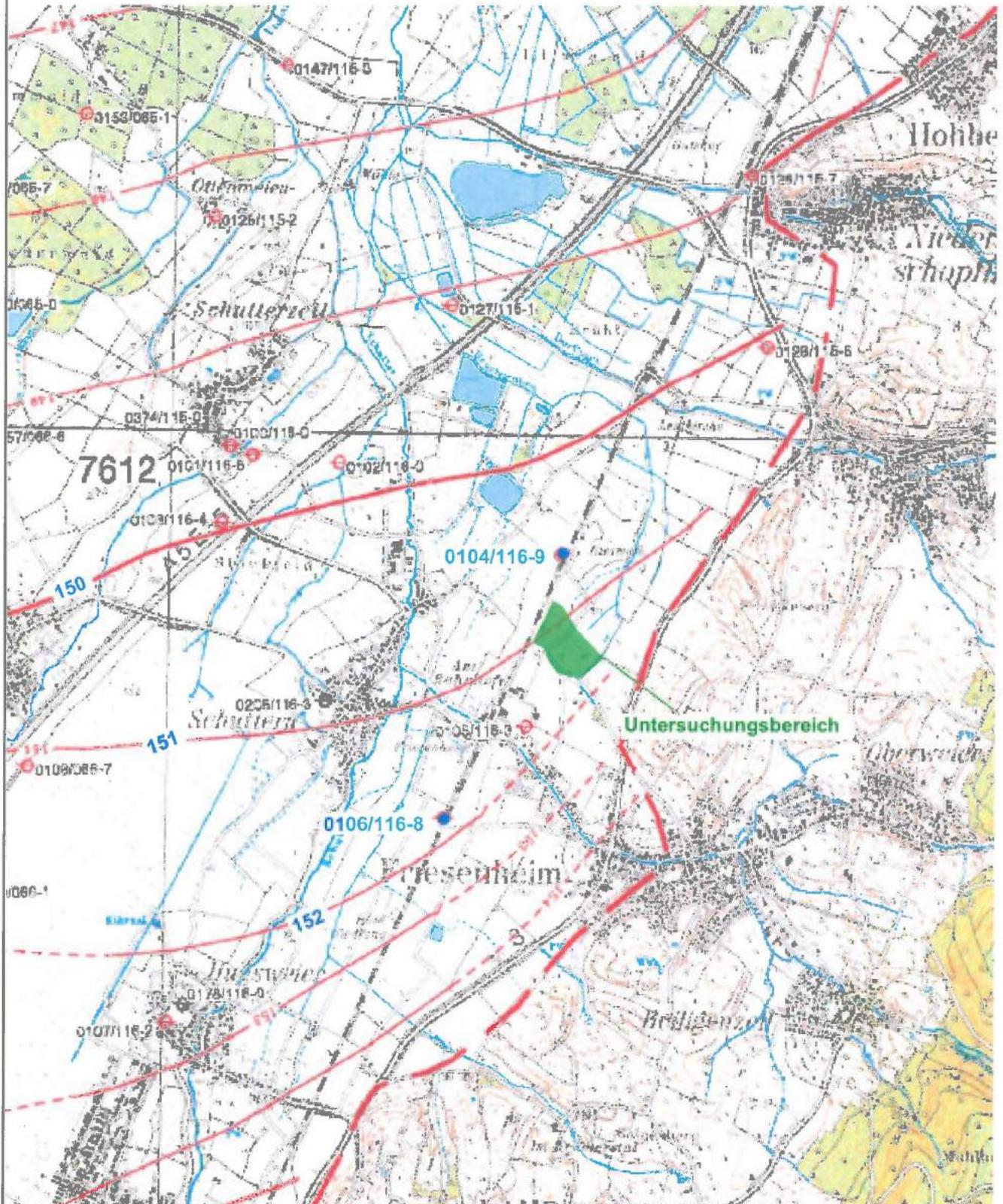
Anlage 1.1

Projekt - Nr.:
11242/S-H

Datum:
03.02.2012/16

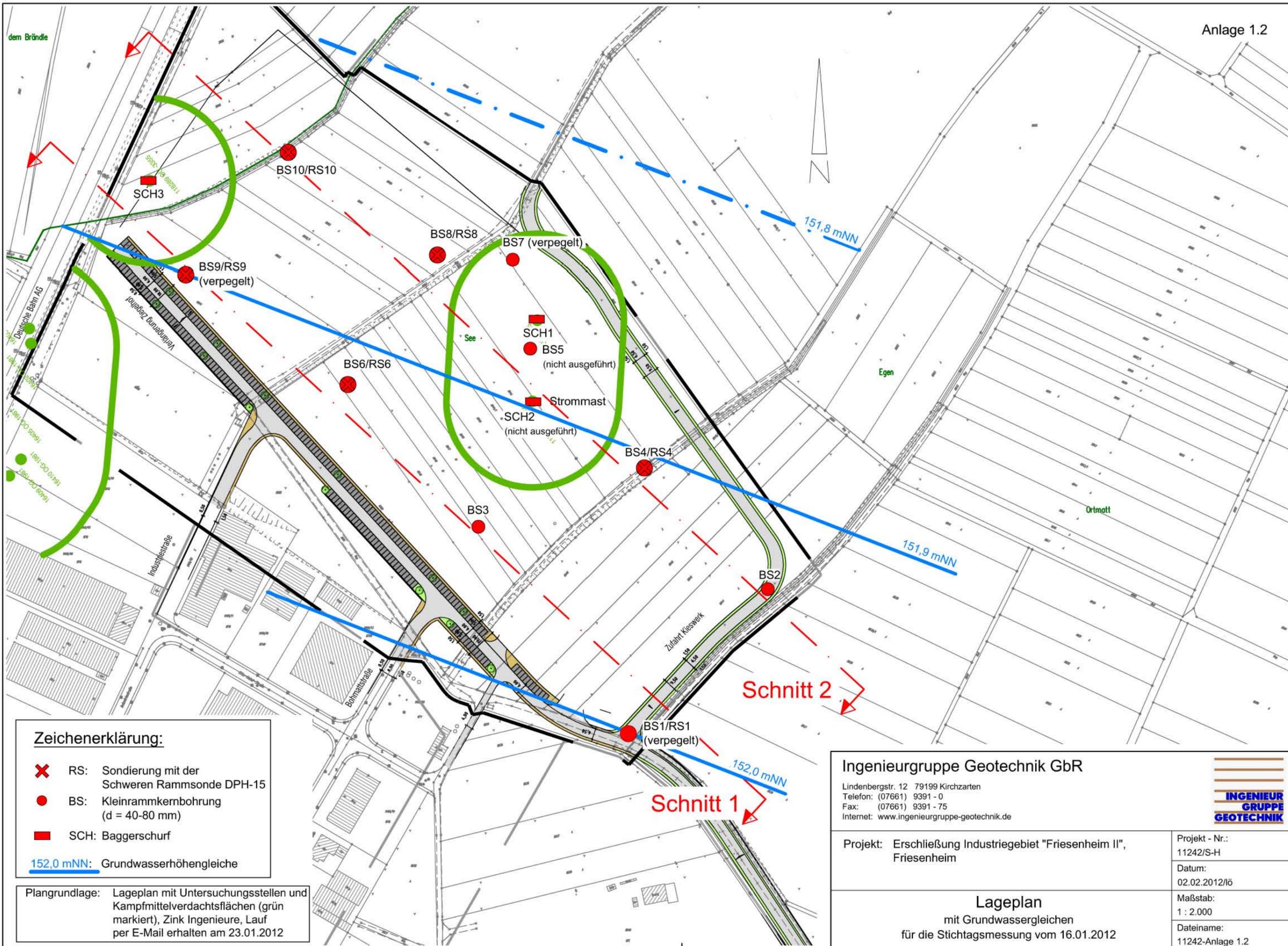
Maßstab:
—

Dateiname:
11242-Anlage 1.1



Zeichenerklärung:

- amtliche Grundwassermessstelle
104/116-9



Zeichenerklärung:

- ✗ RS: Sondierung mit der Schweren Rammsonde DPH-15
- BS: Kleinrammkernbohrung (d = 40-80 mm)
- SCH: Baggerschurf

152,0 mNN: Grundwasserhöhengleiche

Plangrundlage: Lageplan mit Untersuchungsstellen und Kampfmittelverdachtsflächen (grün markiert), Zink Ingenieure, Lauf per E-Mail erhalten am 23.01.2012

Ingenieurgruppe Geotechnik GbR

Lindenbergstr. 12 79199 Kirchzarten
 Telefon: (07661) 9391 - 0
 Fax: (07661) 9391 - 75
 Internet: www.ingenieurgruppe-geotechnik.de



Projekt: Erschließung Industriegebiet "Friesenheim II", Friesenheim

Projekt - Nr.: 11242/S-H
 Datum: 02.02.2012/l6

Lageplan
 mit Grundwassergleichen
 für die Stichtagsmessung vom 16.01.2012

Maßstab: 1 : 2.000
 Dateiname: 11242-Anlage 1.2

Laboruntersuchungen

Projekt: Erschließung Industriegebiet "Friesenheim II"

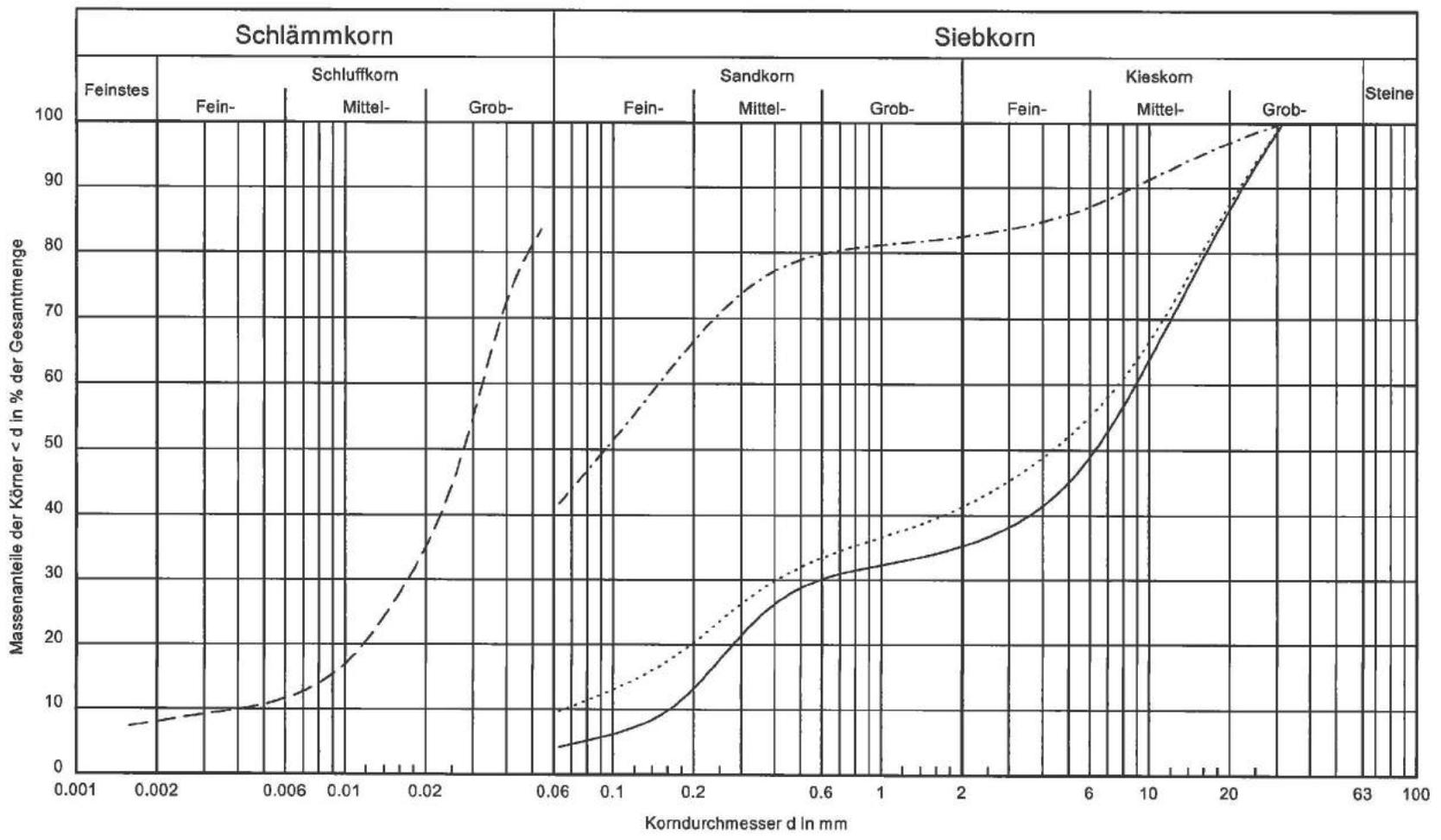
Ort: Friesenheim

Auftrag: 11242/S-H

Aufschluss	Entnahme-		Labor-Nr.	Bodenbezeichnung nach DIN 4022	Boden-gruppe nach DIN 18196	Kornverteilung Anlage	natürlicher Wassergehalt w_n [%]	Fließgrenze (Anlage) w_L [%]	Ausrollgrenze w_p [%]	Plastizitätszahl I_p [%]	Zustandszahl I_c
	tiefe [m]	art ¹⁾									
BS2	0,15-0,80	GP	10		TL/TM		24,3	34,1 (3.3)	18,3	15,8	0,62
BS2/BS3	3,05-3,40 1,60-2,50	MP	MP1	G, s*	GI	3.2					
BS3	0,90-1,30	GP	20	U, fs, t'		3.2	25,0				
BS7	0,30-0,70	GP	28				24,3				
BS9	0,25-0,60	GP	29				38,7				
	0,75-1,25	GP	30				24,5				
	2,55-2,85	GP	31	U+S, g		3.2					
BS10	0,50-1,20	GP	32				23,9				
	1,65-1,90	GP	33	G, s*, u'	GU	3.2					

¹⁾ SP: Sonderprobe, GP: gestörte Probe, MP: Mischprobe

Bearbeiter: Erbas/Herrmann Datum: 11.01.2012



Labor-Nr.:	MP1 - 16/22	20	31	33
Signatur:	—————	-----	-----	-----
Entnahmestelle:	BS2 / BS3	BS3	BS9	BS10
Tiefe [m]:	3,05-3,40 / 1,60-2,50	0,90-1,30	2,55-2,85	1,65-1,90
U/Cc:	54.8/0.2	7.9/2.2	-/-	115.9/0.3
Anteile (T/U/S/G) [%]:	- /4.2/31.0/64.8	8.0/92.0/ - / -	- /41.8/40.7/17.5	- /9.7/31.6/58.7
Bodenart (DIN 4022):	G, s̄	U, fs, t'	U, S, g	G, s̄, u'
Bodengruppe (DIN 18196):				GU

Bemerkungen:

Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen)

Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze
Versuch DIN 18122 - LM und Versuch DIN 18122 - P

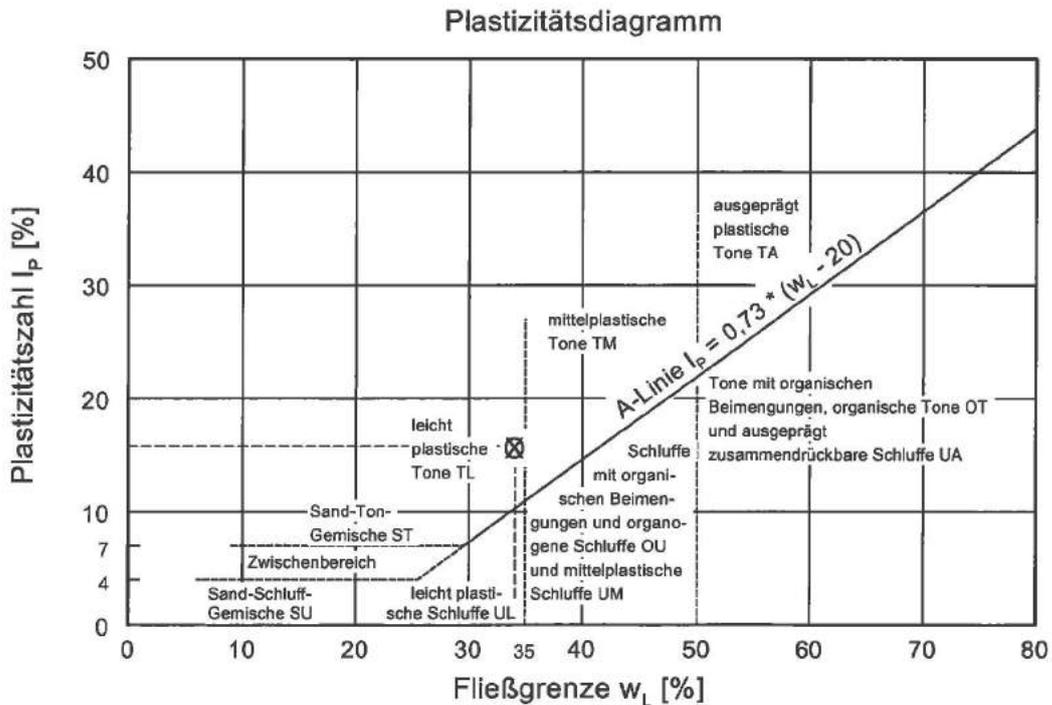
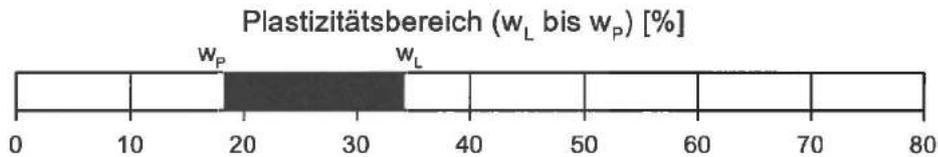
Projekt: Erschließung Industriegebiet
"Friesenheim II",
Friesenheim

Projekt-Nr.:
11242/S-H

Datei:
11242-10

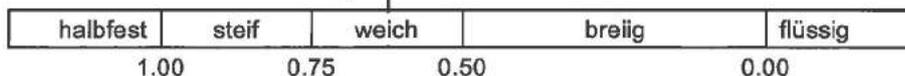
Labor-Nr.: 10
Entnahmestelle: BS2
Tiefe [m]: 0,15-0,80
Bearbeiter: Erbas
Datum: 11.01.2012

Versuchergebnisse:
Wassergehalt $w = 24.3 \%$
Fließgrenze $w_L = 34.1 \%$
Ausrollgrenze $w_p = 18.3 \%$
Plastizitätszahl $I_p = 15.8 \%$
Konsistenzzahl $I_c = 0.62$



Zustandsform

$I_c = 0.62$



Projekt: Erschließung Industriegebiet, "Friesenheim II"
Ort: Friesenheim
Auftrag: 11242/S-H

Maßgebende Angaben zu Bodenklassifikation und Schichtenaufbau

Bodenschicht	Boden- und Felsklassen nach DIN 18300 ¹⁾ (bis Gründungssohle)	Bodengruppen nach DIN 18196 ²⁾	Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE-StB09 ³⁾ (im Bereich der Frosteindringung)	Schichtunterkante unter GOK [m]
Auffüllungen; lokal (Bombentrichter)	4	UL, TL, TM	F3	0,7 - 2,2
Decklage (bindige Erdstoffe)	4	TL, TM	F3	0,6 - 1,3
Zwischenschicht (Schluff-Sand-Gemische)	4	UL, SU, SU*	F3	1,3 - 2,6
Rheinkiese	3	GW, GU, GI	F1, F2	>6,0

1) Boden- und Felsklassen nach DIN 18300:

Die Angabe der Bodenklasse gilt nur für die Lösbarkeit der Erdstoffe, nicht jedoch für deren Ablagerung, die durch möglicherweise enthaltene Altlasten eingeschränkt sein kann.

- 1: Oberboden
- 2: Fließende Bodenarten
- 3: Leicht lösbare Bodenarten
- 4: Mittelschwer lösbare Bodenarten
- 5: Schwer lösbare Bodenarten
- 6: Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten
- 7: Schwer lösbarer Fels

3) Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE-StB09

- F1: nicht frostempfindlich
- F2: gering bis mittel frostempfindlich
- F3: sehr frostempfindlich

2) Bodengruppen nach DIN 18196:

- GE: enggestufte Kiese
- GW: weitgestufte Kies-Sand-Gemische
- GI: intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische
- SE: enggestufte Sande
- SW: weitgestufte Sand-Kies-Gemische
- SI: intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische
- GU, GU*: Kies-Schluff-Gemische
- GT, GT*: Kies-Ton-Gemische
- SU, SU*: Sand-Schluff-Gemische
- ST, ST*: Sand-Ton-Gemische
- UL: leicht plastische Schluffe
- UM: mittelpastische Schluffe
- UA: ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff
- TL: leicht plastische Tone
- TM: mittelpastische Tone
- TA: ausgeprägt plastische Tone
- OU: Schluffe mit organischen Beimengungen
- OT: Tone mit organischen Beimengungen
- HN: nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)
- HZ: zersetzte Torfe