In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

GGH
Solutions in Geosciences

GGH Solutions in Geosciences GmbH

Bericht 456/2015

Geophysikalische Prospektion
Im Sulzfeld, Stühlingen
(Baden-Württemberg, Deutschland)

Von:	GGH Solutions in Geosciences GmbH Offenburger Str. 82 D-79108 Freiburg i. Br. Tel. +49761 4001169 info@ggh-online.de www.ggh-online.de
Auftraggeber:	Stadt Stühlingen Bauamt, Herr Gatti Schlossstr. 9 D-79780 Stühlingen
Datum:	02.03.2015
Bearbeitung:	Dipl. Geol. Christian Hübner
Inhalt:	12 Seiten / 8 Karten

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Zielsetzung 3
2 Methodik 5
2.1 Magnetische Prospektion 5
2.2 Prospektion mit dem Bodenradar 7
2.3 Vermessung 9
3 Ergebnisse der Geophysikalischen Prospektion 9
4 Zusammenfassung 10
5 Anhang 11

Abbildungen

Abbildung 1: Lage der untersuchten Flächen (Magnetik blau, Radar grün) 4
Abbildung 2: Gradiometer FEREX 4.032 mit vier con 650 Archäologie Sonden 6
Abbildung 3: Bodenradar SIR 3000 mit einer 400 MHz Antenne 8

Tabellen

Tabelle1: Projektdaten – Im Sulzfeld, Stadt Stühlingen 3
Tabelle 2: Mess- und Auswerteparameter der magnetischen Prospektion 7
Tabelle 3: Mess- und Auswerteparameter der Bodenradarmessung 8
Tabelle 4: Koordinatenliste der eingemessenen Rasterpunkte, Basis gelb gemarkert, Lage siehe Karte 1 12
..... 12

Karten

Karte 1: Lage der untersuchten Fläche und GPS Rasterpunkte, Maßstab 1:2000
Karte 2: Magnetogramm, Dynamik +- 3 nT/m, Maßstab 1:2000
Karte 3: Magnetogramm, Dynamik +- 7 nT/m, Maßstab 1:2000
Karte 4: Magnetogramm, Dynamik +- 15 nT/m, Maßstab 1:2000
Karte 5: Tiefen-/Zeitscheibe ca. 50 cm/ 12 nS, Maßstab 1:2000
Karte 6: Tiefen-/Zeitscheibe ca. 65 cm/ 15 nS, Maßstab 1:2000
Karte 7: Tiefen-/Zeitscheibe ca. 100 cm/ 23 nS, Maßstab 1:2000
Karte 8: Interpretation, Maßstab 1:2000

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

1 Einleitung und Zielsetzung

Vom 26.1.2015 bis zum 30.01.2015 führten wir im Auftrag der Stadt Stühlingen eine geomagnetische Kartierung sowie eine Kartierung mit dem Bodenradar auf einem geplanten Industriegebiet südlich der Stadt Stühlingen durch. Ziel der Untersuchung ist auf der Fläche den Nachweis und die Lokalisierung einer abgegangenen mittelalterlichen Siedlung (Abfallgruben, Grubenhäuser..) und Reste eines Siechenhauses zu führen. Geomagnetisch wurde eine 9 ha große Fläche untersucht. Zwei magnetisch auffällige Verdachtsflächen mit einer Größe von 0,17 ha wurden zusätzlich mit dem Bodenradar kartiert. Die Lage der Flächen ist in der Abbildung 1 dargestellt. Details zum Vorhaben finden sich in der Tabelle 1,2 und 3. Die geophysikalischen Messbilder und die Ergebnisse wurden zusammen mit den Lageplänen innerhalb eines geographischen Informationssystems (ArcGIS 10.2.2) verwaltet und dargestellt. Damit stellen wir Lösungsansätze für die Bearbeitung der komplexen Zusammenhänge auf der Fundstelle zur Verfügung.

Name	***Im Sulzfeld, Stadt Stühlingen***
Datum der Feldmessungen	26.1.2015 bis 30.01.2015
Land//Kreis	Baden Württemberg, Breisgau-Hochschwarzwald
Lage	unmittelbar südlich der Stadt Stühlingen
Koordinatensystem	DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_3 WKID: 31467 Authority: EPSG
Archäologische Befunde	mittelalterliche abgegangene Siedlung, Siechenhaus nach ADAB
Bodentyp	Schotterterrasse der Wutach
Gelände	flaches Terrain
Landnutzung	Ackerflächen, teilweise mit Gründüngung
Witterung	Schnee, Schneeregen, regnerisch, bewölkt, -4°C bis 3°C
Störquellen	moderne Gebäude im Norden (abgestellter LKW Anhänger), Hauptverkehrsstraße (B314) im Osten, Leitungen, Entwässerungsgraben, Katastergrenzen, Pflugspuren

Tabelle1: Projektdaten – Im Sulzfeld, Stadt Stühlingen.

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Abbildung 1: Lage der untersuchten Flächen (Magnetik blau, Radar grün)

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

2 Methodik

2.1 Magnetische Prospektion

Die Messmethode beruht auf dem Umstand, dass archäologische Befunde (z.B. Gruben, Gräben, Feuerstellen) und Funde (z. B. Eisenobjekte) magnetische Anomalien in dem Normalfeld verursachen. Die Anomalien im Normalfeld gehen auf eine induzierte und remanente Magnetisierung zurück. Der induzierte Magnetismus eines Objektes ist der Anteil, der durch das am Ort herrschende Magnetfeld und der materialspezifischen Suszeptibilität beschrieben wird. Die Suszeptibilität ist in etwa proportional zu ihrem Gehalt von ferrimagnetischen Mineralien wie Magnetit und Maghemit. Die Träger des remanenten Magnetismus sind ausschliesslich ferrimagnetische Minerale. Die Eigenschaft des Magnetismus besitzt ein Material nur unterhalb einer bestimmten Temperatur, der so genannten Curie-Temperatur. Wird z.B. Ton über die Curietemperatur erhitzt und kühlt anschliessend in situ wieder ab, wie zum Beispiel bei Öfen, erfährt das Material eine sog. thermoremanente Magnetisierung (TRM), auch eingefrorene Magnetisierung genannt. Zu erkennen ist eine TRM an der parallel zu dem äusseren Magnetfeld ausgerichteten Anomalie. Die Anomalien von Erdwerken (Gräben), Siedlungsgruben und Pfostenlöcher sind zurückzuführen auf die Verlagerung und Anreicherung des meist stark magnetischen Oberbodens und auf Bodenbakterien. Sie zeigen Anomalien mit positiven Amplituden. Verantwortlich dafür sind im Wesentlichen ferrimagnetische Eisenoxyde. Steinfundamente dagegen sind im Allgemeinen weniger magnetisch als ihr umgebendes Medium. Sie zeigen in dem Magnetogramm Anomalien mit negativen Amplituden. Die Ursachen der Anomalien geht damit auf die mineralogische Zusammensetzung und auf die thermische Historie der Objekte zurück. Das Erkennen von archäologischen Objekten setzt einerseits einen messbaren magnetischen Kontrast zwischen Boden und Befund voraus. Anderseits muss die Grössenordnung der Kontraste oberhalb der Empfindlichkeit des Messgerätes liegen.

Als Messgerät kam ein Fluxgate-Gradiometer zum Einsatz mit dem Datalogger 4.032 DLG und vier speziell für die Archäologie kalibrierten FEREX Sonden con650 der Fa. Förster, Abbildung 2. Gemessen wurde der vertikale Gradient $\Delta Z/z$ mit einer Auflösung von 0,3 Nanotesla (nT). Durch die Bildung des vertikalen Gradienten (bzw. der Differenz) aus zwei Messungen der Z-Komponente des Erdmagnetfelds in unterschiedlicher Höhe werden die zeitlichen und langwelligen räumlichen Änderungen der Erdmagnetfeldes kompensiert. Die Messsonden sind dabei in einem Vier-Sonden Array mit einem Abstand von 50 cm angeordnet. Dabei wird die Messvorrichtung entlang von Profilen in einer Höhe von ca. 30 cm über den Boden geführt. Auf diese Weise erhält man ein regelmässiges Messpunktraster von 10 cm inline x 50 cm crossline.

Die Messwerte werden anschliessend nach verschiedenen Datenverarbeitungsschritten (Positionskorrektur, Driftkorrektur, geostatistische Spurkompensation, Koordinatentransformation, Begrenzung des Dynamikbereiches) in einem Geographischen Informationssystem als Graustufenbild/Magnetogramm dargestellt. Dabei werden positive Anomalien in dunkelgrau bis schwarz und negative Anomalien in hellgrau bis weiss dargestellt. Hierdurch erscheinen unter den gegebenen Verhältnissen Gruben dunkel, vergleichbar einem Luftbild, und Steinfundamente hell. Die technischen

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Spezifikationen des Messsystems sind in der Tabelle 2 zusammengefasst.

Abbildung 2: Gradiometer FEREX 4.032 mit vier con 650 Archäologie Sonden

Verfahren	***Magnetische Kartierung***
Messsystem	Förster 4 Sonden array
Sensoren	FEREX Archäologie Sonden con 650 (vertikaler Sensorabstand 65 cm)
Datalogger	4.032 STD
Konfiguration	4 Sonden auf Tragegestell
Untersuchte Fläche	8,8 ha, 88141 m^2
Profilabstand (crossline)	50 cm
Messpunktabstand im Profil (inline)	20 cm
Sensorhöhe	ca. 30 cm ü. GOK
Entfernungsmessung	Trigger alle 5 m über Laufleinen
Datenprocessing	Positionskorrektur, Driftkorrektur, geostatistische Spurkompensation, Koordinatentransformation, Begrenzung des Dynamikbereiches
Datenformat	grid/geotiff (Magnetogramm), shape (Interpretation, Untersuchungsfläche)
Rasterauflösung	25 cm x 25 cm

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Verfahren	***Magnetische Kartierung***

Tabelle 2: Mess- und Auswerteparameter der magnetischen Prospektion

2.2 Prospektion mit dem Bodenradar

Das Bodenradarverfahren ist ein elektromagnetisches Impulsverfahren. Die Aussendung von Impulsen erfolgt mit einer Impulsweite zwischen 0,5 ns und 200 ns und mit einer Amplitude von 20 - 5000 V. Die Wiederholfrequenz kann mehr als 100 kHz betragen. Die kurzen elektromagnetischen Impulse werden von der Oberfläche in das zu untersuchende Medium abgestrahlt. Dabei können die Wellen an Schichtgrenzen mit sprunghaften Änderungen der elektrischen Eigenschaften reflektiert, gebeugt, gebrochen, gestreut und absorbiert werden. Entsprechend der gewählt Messanordnung, wird die reflektierte oder transmittierte Welle wieder empfangen. Dabei werden die Laufzeiten und die Amplituden der elektrischen Feldstärke E aufgezeichnet. Die Wellenausbreitung in einem Medium wird vorrangig beeinflusst von der Dielektrizitätszahl, der Leitfähigkeit und der magnetischen Permeabilität.

Relevant für die Aussagetiefe ist besonders die Dielektrizitätszahl. Die anstehenden Böden weisen einen geringen Lehm/Tonanteil auf. Im konkreten Fall wurde von einer Dielektrizitätszahl von 12 ausgegangen. Dieser Wert wurde dann für die Zeit-Tiefen-Konvertierung verwendet. Die Tiefenangaben entsprechen folgenden Laufzeiten: 50 cm = 12 nS, 65 cm =15 nS und 100 cm=23 nS. Im konkreten Fall wurde eine 400 MHz Antenne mit einem TerraSIRch 3000 Messcomputer der Firma GSSI verwendet. Das System wurde getragen, die Entfernung wurde mit einem Odometer erfasst, Abb. 3. Die 400 MHz Antenne erfasst Objekte größer 10 cm. Die maximale Aussagetiefe liegt bei etwa 1 m. Mess- und Auswerteparameter sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Abbildung 3: Bodenradar SIR 3000 mit einer 400 MHz Antenne.

Verfahren	***Bodenradar***
Messsystem	GSSI SIR
Antenne	400 MHz
Konsole	SIR 3000
Konfiguration	1 Antenne auf Schlitten montiert
Untersuchte Fläche	0,17 ha, 1653 m^2
Profilabstand	50 cm
Messpunktabstand im Profil	ca. 3 cm
Entfernungsmessung	Odometer (survey wheel)
Datenprocessing	positioncorrection, DIEL 12, range gain, deconvolution, lowpass
Datenformat	grid/geotiff (Zeitscheiben), shape (Interpretation, Untersuchungsfläche)
Rasterauflösung	10 cm x 10 cm

Tabelle 3: Mess- und Auswerteparameter der Bodenradarmessung

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

2.3 Vermessung

Die Einmessung der Untersuchungsflächen wurde mit einem Differential Global Position System von Trimble vorgenommen. Wir verwendeten als rover eine R8 und als Basis eine R 7. Als Korrekturdienst für den Punkt der Basis verwendeten wir den Trimble Referenzdienst VRS-Now Deutschland mit einer garantierten Lagegenauigkeit von 10 cm. Die Lagekoordinaten der abgesteckten Rasterpunkte wurden im RTK-Modus mit einer Genauigkeit von 2 cm im Koordinatensystem DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_3, WKID: 31467 aufgenommen. Die Koordinaten sind in der Tabelle 4 im Anhang gelistet.

3 Ergebnisse der Geophysikalischen Prospektion

Alle ausgewählten Flächen wurden begangen und magnetisch untersucht. In der Karte 2,3 und 4 sind die Daten des magnetischen Vertikalgradienten ΔZ/z in Graustufenskalen von +- 3 nT/m, +- 7 nT/m und +- 15 nT/m dargestellt. Die Interpretation der magnetischen Daten ist in der Karte 8 enthalten. Dabei sind die Strukturen und Objekte farblich differenziert nach archäologisch relevant, natürlich oder rezent.

Im mittleren Abschnitt des Magnetogramms fällt eine leicht gebogenen, Nord-Süd verlaufende, lineare Struktur auf, mit Amplituden bis -5 nT/m. Sie kann als **natürliche Störung** angesprochen werden. Sie wird als ehemalige Fließrinne der Wutach interpretiert. Moderne **Störungen** gehen auf die angrenzenden Gebäude, abgestellte LKW-Anhänger und rezente Leitungen, Entwässerungsgraben und Schacht-/Kanaldeckel zurück. Zwei Be-/Entwässerungsgräben verlaufen im zentralen Bereich von Ost nach West quer zur Längsrichtung der Untersuchungsfläche. Sie sind deutlich im Magnetogramm nachgezeichnet. Eine 3. lineare Anomalie verläuft parallel zu den Entwässerungsgräben weiter im Süden. Sie ist durch positive Amplituden bis 8 nT gekennzeichnet und wird auch als Entwässerungsgraben gedeutet. Scharf umgrenzte Dipol-Anomalien mit Amplituden grösser 30 nT/m gehen von rezenten Metallobjekten (z.B. ehemalige Grundwassermessstellen?, rezente Metallobjekte, Bauschutt) aus. Sie kommen auf der gesamten Fläche immer wieder vor.

Dipolanomalien mit Amplituden bis 30 nT können auf Gräber hinweisen. Anomalien dieses Typs sind vor allem im Südwesten nahe der Wutach zu beobachten. Der Bereich wurde als Verdachtsfläche ausgewiesen. Eine Unterscheidung archäologisch relevante Anomalien (Funde z. B. aus Eisen) zu rezenten Anomalien durch z.B. moderne Metallobjekte sind nur im Kontext mit weiterführenden Forschungen möglich. Eine Richtungsorientierung der Anomalien liegt nicht vor. Demnach sind die Anomalien eher nicht auf Gräber anzusprechen. Auch im Nordwesten sind einige Dipolanomalien gekennzeichnet, die überprüft werden sollten.

Positive Anomalien mit Amplituden bis 10 nT, dunkel bis schwarz dargestellt, zeigen Grubenstrukturen an, die archäologisch relevant sein können. Auffallend ist ein Bereich mit mehreren Grubenanomalien im zentralen nördlichen Abschnitt der untersuchten Fläche, siehe Interpretation. Eine Überprüfung dieser Anomalien ist anzuraten. Im zentralen Abschnitt bzw. am westlichen Randbereich der Untersuchungsfläche wurden zwei magnetisch auffällige Verdachtsbereiche, die auf das gesuchte Siechenhaus hinweisen könnten, zusätzlich mit dem Bodenradar untersucht.

Die Zeit-/Tiefenscheiben des Bodenradars sind in den Karten Karte 5 bis 7 dargestellt. Vor allen in der

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Tiefenscheibe 65 cm sind deutliche Strukturen zu erkennen, die als Schotterkörper/Fließrinnen der Wutach zu deuten sind. Nord-Süd orientierte Dipolanomalien mit Amplituden bis 130 nT können hier aber auf einen Hochtemperaturbereich (Ofen?) hinweisen. Eine Überprüfung ist zu empfehlen. Auf der kleineren Fläche im Westen am Rand des Untersuchungsgebietes sind keine klaren Strukturen in den Tiefenscheiben des Radars zu erkennen. Damit sind die magnetischen Anomalien hier wohl eher als Bauschutt/Müll/Auffüllung im Bereich des Entwässerungsgraben zu deuten. Mauerfundamente des Siechenhaus sind in der Tiefenscheiben des Radars nicht zu erkennen.

Archäologisch relevante magnetische Anomalien, die auf eine abgegangene Siedlung hinweisen, sind im Südosten der untersuchten Fläche festzustellen. Hier verläuft eine etwa 3 m breite lineare Struktur mit Amplituden bis +3 nT. Die Struktur ist leicht gebogen und lässt sich auf einer Länge von 84 m verfolgen. Sie kann als Weg/Graben der abgegangenen Siedlung gedeutet werden. Unmittelbar am rezenten Asphaltweg liegen zwei positive Anomalien mit Amplituden bis + 8 nT. Sie können als Gruben gedeutet werden (Grubenhäuser?). Direkt westlich verläuft in etwa parallel eine gerade, nahezu Nord-Süd verlaufende Anomalie, die als rezente Leitung gedeutet wird.

4 Zusammenfassung

Mit den Ergebnisse der magnetischen Kartierung kombiniert mit einer Kartierung mit dem Bodenradar konnte der Nachweis eines Siechenhauses nicht geführt werden. Im äussersten Südosten der Untersuchungsfläche sind Hinweise der abgegangenen Siedlung festzustellen. Einige Anomalien zeigen Grubenstrukturen und mögliche Gräber an, die überprüft werden sollten. Quantitativ sind 53 Objekte lokalisiert und archäologisch bewertet.

Freiburg i. Br., 02.03.15

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

5 Anhang

GPS Punkte

Name	*Hochwert*	*Rechtswert*	*Höhe*
1000	5288687,394	3458240,268	439,858
1	5288543,558	3458349,651	439,708
2a	5288541,931	3458221,255	439,162
2	5288541,658	3458199,67	439,708
3	5288542,291	3458249,664	439,708
4	5288542,925	3458299,657	439,708
5	5288492,931	3458300,291	439,708
7	5288592,918	3458299,024	439,708
8	5288493,564	3458350,284	439,708
11	5288492,297	3458250,297	439,708
12	5288491,664	3458200,303	439,708
13	5288441,67	3458200,937	439,708
14	5288391,677	3458201,57	439,708
15	5288341,683	3458202,203	439,708
16	5288442,304	3458250,93	439,708
17	5288392,31	3458251,564	439,708
18	5288342,317	3458252,197	439,708
19	5288442,937	3458300,924	439,708
20	5288392,944	3458301,557	439,708
21	5288342,95	3458302,191	439,708
22	5288443,571	3458350,918	439,708
23	5288393,577	3458351,551	439,708
24	5288343,583	3458352,184	439,708
25	5288293,59	3458352,818	439,708
26	5288292,956	3458302,824	439,708

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Name	Hochwert	Rechtswert	Höhe
27	5288292,323	3458252,83	439,708
28	5288291,69	3458202,837	439,708
29	5288241,696	3458203,47	439,708
30	5288242,329	3458253,464	439,708
31	5288242,963	3458303,457	439,708
32	5288243,596	3458353,451	439,708
33	5288243,976	3458383,447	439,708
35	5288591,651	3458199,037	439,708
36	5288592,285	3458249,03	439,708
37	5288593,552	3458349,018	439,708
38	5288643,545	3458348,384	439,708
39	5288642,912	3458298,391	439,708
40	5288642,278	3458248,397	439,708
41	5288641,645	3458198,403	439,708
44	5288691,639	3458197,77	439,708
45	5288692,272	3458247,764	439,708
46	5288692,905	3458297,757	439,708
47	5288693,539	3458347,751	439,708
48	5288643,292	3458328,387	439,708
49	5288691,005	3458147,776	439,708
50	5288641,012	3458148,41	439,708

Tabelle 4: Koordinatenliste der eingemessenen Rasterpunkte, Basis gelb gemarkert, Lage siehe Karte 1

Stühlingen, "Sulzfeld", Geophysikalische Prospektion

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

GGH
Solutions in Geosciences

Untersuchungsflächen

Datum / Bearbeiter:
17.02.2015 / Hübner
www.ggh-online.de

Karte 1 zu Bericht 456

Stühlingen, "Sulzfeld", Geophysikalische Prospektion

In Kraft getreten am: 29. Juni 2016

GGH Solutions in Geosciences

Stühlingen, "Sulzfeld", Geophysikalische Prospektion

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

GGH
Solutions in Geosciences

Fluxgate Magnetometer
Förster 4.032 mit con 650 Archäologie Sonden
Messpunktraster 50 cm x 20 cm
Auflösung 0,3 nT

Datum / Bearbeiter:
17.02.2015 / Hübner
www.ggh-online.de

Karte 3 zu Bericht 456

Stühlingen, "Sulzfeld", Geophysikalische Prospektion

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

GGH
Solutions in Geosciences

Fluxgate Magnetometer
Förster 4.032 mit con 650 Archäologie Sonden
Messpunktraster 50 cm x 20 cm
Auflösung 0,3 nT

Datum / Bearbeiter:
17.02.2015 / Hübner
www.ggh-online.de

Karte 4 zu Bericht 456

Stühlingen, "Sulzfeld", Geophysikalische Prospektion

In Kraft getreten
am: 2.9. Juni 2016

GGH
Solutions in Geosciences

Legende

Tiefen/Zeitscheibe 50 cm/12ns

Value

High : 23822,5

Low : -6493,95

Gradient in nT/m

Value

High : 2

Low : -2

Bodenradar SIR 3000
400 MHz-Antenne
Profilabstand 0,5 m

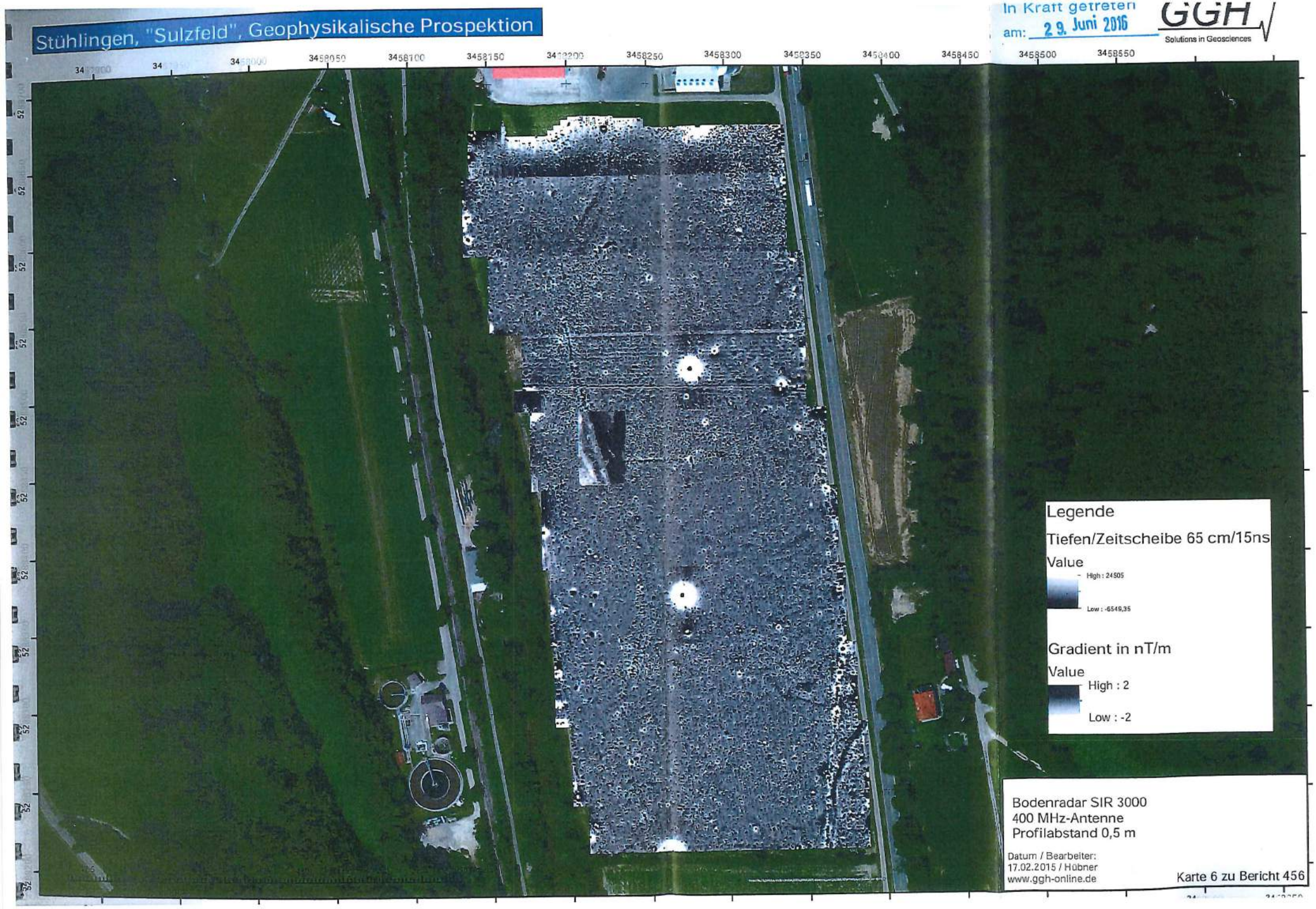
Datum / Bearbeiter:
17.02.2015 / Hübner
www.ggh-online.de

Karte 5 zu Bericht 456

Stühlingen, "Sulzfeld", Geophysikalische Prospektion

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

GGH
Solutions in Geosciences



Bodenradar SIR 3000
400 MHz-Antenne
Profilabstand 0,5 m

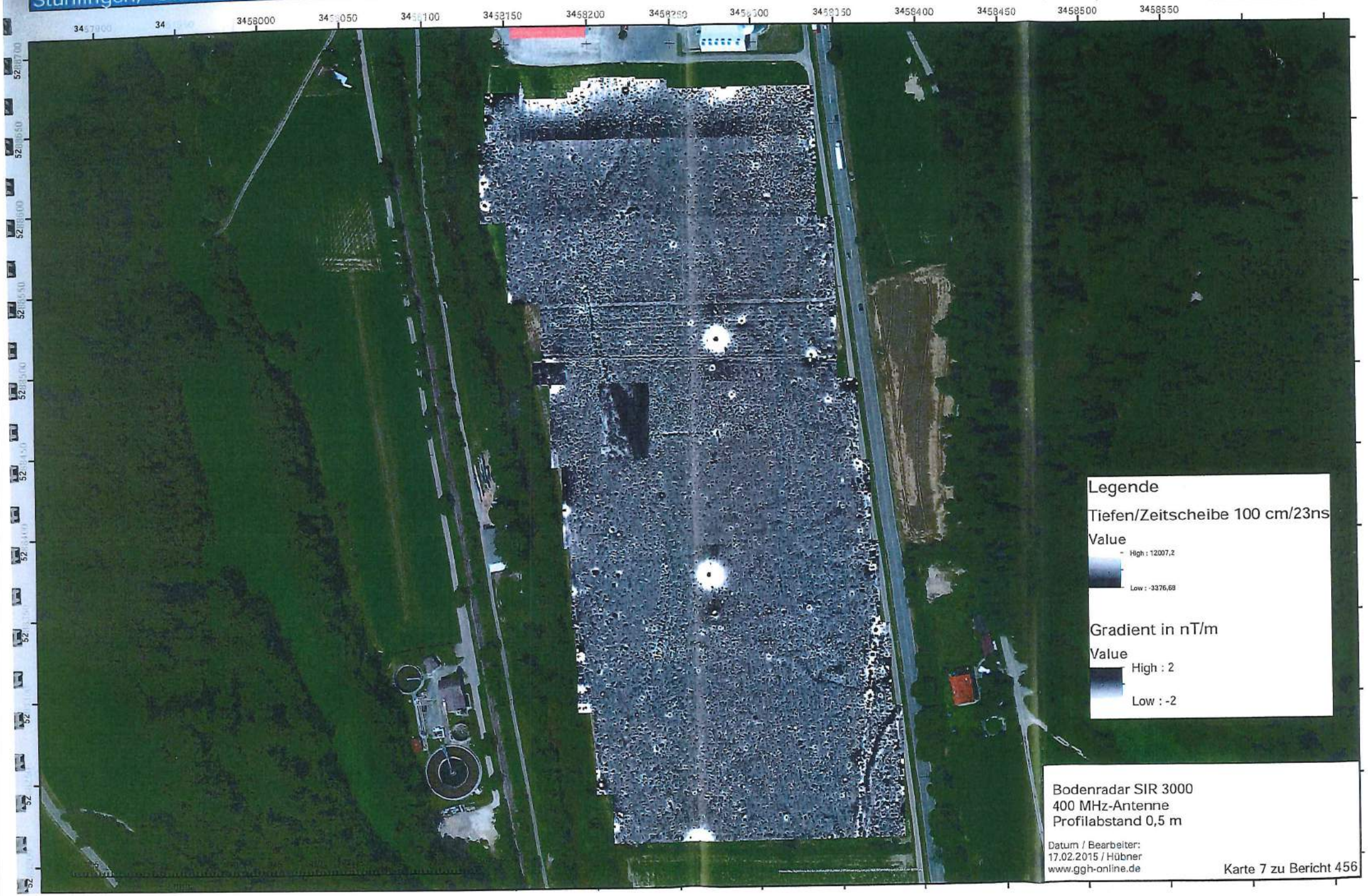
Datum / Bearbeiter:
17.02.2015 / Hübner
www.ggh-online.de

Karte 6 zu Bericht 456

Stühlingen, "Sulzfeld", Geophysikalische Prospektion

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

GGH
Solutions in Geosciences



Bodenradar SIR 3000
400 MHz-Antenne
Profilabstand 0,5 m

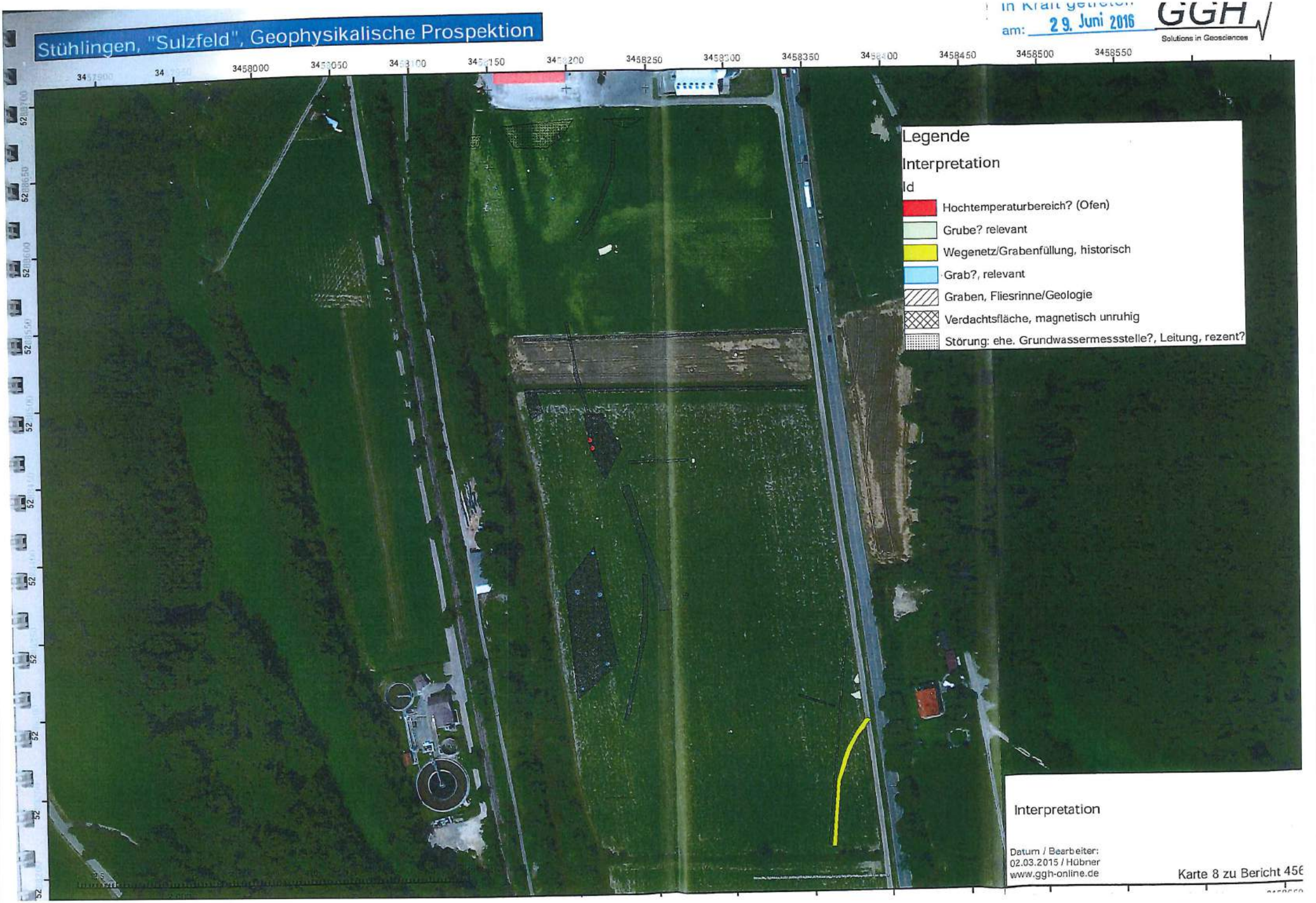
Datum / Bearbeiter:
17.02.2015 / Hübner
www.ggh-online.de

Karte 7 zu Bericht 456

Stühlingen, "Sulzfeld", Geophysikalische Prospektion

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

GGH
Solutions in Geosciences



Interpretation

Datum / Bearbeiter:
02.03.2015 / Hübner
www.ggh-online.de

Karte 8 zu Bericht 456

Geotechnisches Institut

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Bericht über die
geotechnischen Untersuchungen
für die Erschließung des
Gewerbegebietes „Sulzfeld"
– Stühlingen –

Auftraggeber: **Stadt Stühlingen**
Schlossstraße 9, 79780 Stühlingen

GIW-Nr.: 5000
Bericht: Ha/CR/5000BE01
vom: 07.10.2015
Sachbearbeiter: Dipl.-Min. Ch. Haberhauer

79576 Weil am Rhein
Hauptstraße 398

Telefon (0 76 21) 9 56 64-0
Telefax (0 76 21) 9 56 64-10

E-Mail: info@gi-weil.de
Internet: www.gi-weil.de

Geotechnisches Institut
In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

INHALTSVERZEICHNIS

1 **Einleitung** 1
1.1 Vorgang 1
1.2 Verwendete Unterlagen 1
1.3 Projektareal und Bauvorhaben 2
2 **Durchgeführte Untersuchungen** 3
3 **Untersuchungsergebnisse** 4
3.1 Geologische Übersicht 4
3.2 Geotechnische Verhältnisse 4
3.2.1 Oberboden 4
3.2.2 Deckschicht 4
3.2.3 Wutachschotter 5
3.3 Wasserverhältnisse 6
3.4 Versickerungsfähigkeit des Untergrundes 7
3.5 Erdbebengefährdung 8
3.6 Chemische Bodenanalysen 9
4 **Geotechnische Randbedingungen für die Bebauung des Projektareals** 9
4.1 Allgemeines 9
4.2 Bauwerksgründungen 9
4.3 Baugrubenausbildung 11
4.4 Erddruck auf die ins Erdreich einbindenden Bauwerksteile 12
4.5 Dränage- und Abdichtungsmaßnahmen 12
5 **Tragfähigkeit des Untergrundes im Bereich von Fahrbahnflächen** 13
6 **Kanalisation** 14
7 **Belange Dritter** 15
8 **Abschließende Bemerkungen** 16

Geotechnisches Institut

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

ANLAGENVERZEICHNIS

1	Lageplan; M 1:1.000
2.1 + 2.2	Schnitte A-A und B-B; M 1:500/100
3.1 – 3.6	Beschreibung der Baggerschürfe S 1 bis S 4 sowie V 1 und V 2
4.1 – 4.6	Protokolle der Rammsondierungen DPH 1 bis DPH 6
5.1 + 5.2	Protokolle und Auswertung der Versickerungsversuche V 1 und V 2
6.1 – 6.4	Bemessungsdiagramme für quadratische Einzel- und Streifenfundamente
7.1	Übersichtstabelle der Analysenergebnisse
7.2.1 – 7.2.6	Untersuchungsbericht über drei Bodenproben (S1/V1/S4-OB, -DS und –WuS), SEWA Laborbetriebsgesellschaft mbH, Essen

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

1 Einleitung

1.1 Vorgang

Die Stadt Stühlingen plant im Gewann „Sulzfeld" auf den Grundstücken Lgb.-Nrn. 2411 bis 2419 die Erschließung eines Neubaugebietes zur Erweiterung des bestehenden Gewerbegebietes. Die Erschließung umfasst den Bau von Kanälen, der Wasserversorgung sowie der Verkehrsflächen.

Die Erschließungsplanung liegt in den Händen der TILLIG Ingenieure GmbH, Dogern.

Mit dem Schreiben vom 13.03.2015 wurde das Geotechnische Institut durch die Stadt Stühlingen beauftragt, die Baugrundverhältnisse im Projektareal zu untersuchen sowie die geotechnischen Randbedingungen für die Erschließung und Bebauung des Neubaugebietes festzulegen. Die Beauftragung erfolgte auf der Grundlage des Angebotes des Geotechnischen Institutes 15036AB1 vom 06.03.2015.

Im vorliegenden Bericht sind die durchgeführten Untersuchungen sowie die darauf basierenden geotechnischen Randbedingungen für die geplante Erschließung dargestellt und erläutert.
Die Lage des Untersuchungsgebietes geht aus dem Lageplan in Anlage 1 hervor.

1.2 Verwendete Unterlagen

Zur Projektbearbeitung wurden dem Geotechnischen Institut seitens des Auftraggebers bzw. des Planers folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

[1] Lageplan, digital (Datei: Stuehlingen.dwg und 20150519_Urgelaende_Bplan.dwg), TILLIG Ingenieure GmbH, Dogern, Stand: Mai/2015, per E-Mail vom 12.05.2015

[2] Lagepläne, digital (Dateien: Stuehlingen BP Sulzfeld Vorentwurf 06052015), TILLIG Ingenieure GmbH, Dogern, Stand: Mai/2015, per E-Mail vom 19.05.2015

[3] Lageplan, digital (Datei: 20150528_Messprotokoll.dwg), TILLIG Ingenieure GmbH, Dogern, Stand: Mai/2015, per E-Mail vom 03.06.2015

[4] Lageplan und Schnitte, digital (Dateien: 20150608_Stuehlingen.dwg und 2015_DGM_-Schnitte.dwg), TILLIG Ingenieure GmbH, Dogern, Stand: Mai/2015, per E-Mail vom 08.06.2015

[5] Geophysikalische Prospektion; Im Sulzfeld, Stühlingen; Bericht 456/2015 vom 02.03.2015; GGH Solutions in Geosciences GmbH, Freiburg

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Außerdem wurden zur Projektbearbeitung die folgenden Richtlinien und Gutachten verwendet:

[6] DWA-Regelwerk: Arbeitsblatt DWA-A 138; Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser; April 2005

[7] Die Grundwasserverhältnisse im Wutachtal; Gutachten der Landesselle für Gewässerkunde, Karlsruhe, 1960; Beilage 4 - Wasserwirtschaftlicher Gesamtplan für das Flussgebiet der Wutach

[8] LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg; Hochwasserrisikomanagement: http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/pages/-map/default/index.xhtml

Des Weiteren wurden verschiedene Unterlagen aus unserem Archiv über die geologischen Verhältnisse in der Umgebung des Projektareals mit herangezogen.

1.3 Projektareal und Bauvorhaben

Das Projektareal befindet sich auf der Gemarkung Stühlingen im Gewann „Sulzfeld" auf den Grundstücken Lgb.-Nrn. 2411 bis 2419.

Es wird im Westen durch die Wutach, im Norden durch ein bestehendes Gewerbegebiet, im Osten durch die B 317 und im Süden durch landwirtschaftlich genutzte Flächen begrenzt.

In der Mitte und am südlichen Ende queren das Projektareal jeweils Wassergräben in Ost-West-Richtung. Das Wasser des südlichen Grabens wird direkt in die Wutach geleitet, der nördliche Graben endet wenige Meter vor der Wutach in einer Grube, in der das Wasser vollständig versickert.

Das Gelände weist eine leicht wellenförmige Morphologie mit Höhenunterschieden von bis zu ca. 4 m auf, wobei ein generelles Gefälle von Nordosten nach Südwesten besteht. Momentan werden die Flächen noch als Ackerland genutzt.

Das Projektareal wird als archäologische „Verdachtsfläche" gewertet, auf der die Reste einer mittelalterlichen Siedlung vermutet werden. Entsprechende archäologische Erkundungen wurden im Auftrag der Stadt Stühlingen ausgeführt (siehe [5]).

Auf dem Projektareal sollen Gewerbeflächen angesiedelt werden.

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

2 Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden am 28.05.2015 sechs Baggerschürfe (S 1 bis S 4 sowie V 1 und V 2) bis in eine Tiefe von maximal 2,8 m (V 1 und S 4) unter Geländeoberkante (GOK) niedergebracht. Die Schürfe wurden seitens des Geotechnischen Institutes unter geotechnischen Gesichtspunkten aufgenommen. Die Schurfbeschreibungen sind dem Bericht mit den Anlagen 3.1 bis 3.6 beigefügt.

Außerdem wurden zur Ermittlung der Lagerungsdichte sowie der Schichtgrenzen seitens des Geotechnischen Institutes am 28.05.2015 sechs Rammsondierungen (DPH 1 bis DPH 6) mit einer schweren Rammsonde nach DIN 4094 bis in eine Endtiefe von maximal 5,0 m unter GOK abgeteuft. Die Ergebnisse der Sondierungen, deren Gesamtlänge 25,6 m beträgt, sind in den Anlagen 4.1 bis 4.6 dokumentiert.

Zur Bestimmung der Versickerungsfähigkeit der oberflächennah anstehenden Bodenschichten wurde in den Schürfgruben V 1 und V 2 jeweils ein Versickerungsversuch durchgeführt. Die Messergebnisse sowie die Auswertungsprotokolle der Versickerungsversuche sind in den Anlagen 5.1 und 5.2 aufgeführt.

Des Weiteren wurde zur Abschätzung der Schadstoffbelastung der drei anstehenden Bodenschichten (Oberboden, Deckschicht, Wutachschotter) das Bodenmaterial der jeweiligen Bodenschichten aus den Schürfen S 1, V 1 und S 4 jeweils zu einer Mischprobe vereint und durch die SEWA Laborbetriebsgesellschaft GmbH, Essen auf die Parameter der VwV „Boden" [7] untersucht.

Sämtliche Untersuchungspunkte wurden durch die TILLIG Ingenieure GmbH, Dogern lage- und höhenmäßig eingemessen. Die Lage der Untersuchungspunkte ist im Lageplan (Anlage 1) dargestellt.

Geotechnisches Institut
In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Geologische Übersicht

Geologisch betrachtet liegt Stühlingen am Südostrand des Schwarzwalds im Übergang zum Oberschwäbischen Stufenland, im Tal der Wutach. Diese fließt bei Stühlingen im Bereich des Projektareals von Nord nach Süd und hat sich in die Schichten des Oberen und Mittleren Muschelkalk eingegraben. Im Untergrund des Projektareals stehen gemäß der Geologischen Karte die Tonsteine des Unteren Muschelkalk an. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurden diese nicht aufgeschlossen.

Im Bereich der Talaue werden die Festgesteinsschichten durch die pleistozänen Kiese der Wutach überlagert (Wutachschotter).

3.2 Geotechnische Verhältnisse

Bei den durchgeführten Untersuchungen wurden im Untergrund des Projektareals die nachfolgend aufgeführten Bodenschichten angetroffen.

3.2.1 Oberboden

Die oberste Bodenschicht (Ackerboden) wird überwiegend von einem ca. 0,3 m mächtigen dunkelbraunen, humosen Sand mit wechselnden Anteilen an Schluff, Ton und Kies aufgebaut. Bereichsweise ist der Oberboden auch als schwach sandiger bis sandiger, schwach toniger bis stark toniger, bereichsweise schwach kiesiger, humoser Schluff ausgebildet.

3.2.2 Deckschicht

Darunter folgt, mit Ausnahme des Bereiches Schurf S 2, eine Deckschicht, die als schwach schluffiger bis stark schluffiger, schwach toniger bis toniger, schwach kiesiger Sand, bereichsweise aber auch als schwach sandiger bis sandiger, schwach toniger bis toniger Schluff ausgebildet ist. Die Konsistenz der bindigen Partien der Deckschicht kann als weich eingestuft werden. Die Mächtigkeit der Deckschicht schwankt zwischen 0,3 m und 0,9 m.

3.2.3 *Wutachschotter*

Unter der Deckschicht stehen die grau braunen Wutachschotter an. Diese bestehen überwiegend aus Kies mit wechselnden Nebenanteilen an Steinen und Sand sowie z. T. mit schwachen Nebenanteilen an Schluff und Blöcken. Die Gerölle setzen sich überwiegend aus Grundgebirgsmaterial zusammen und sind in der Regel gut gerundet.

Die Wutachschotter sind bis zu ca. 10 m mächtig, wobei sie in den Schürfen nur jeweils in einer Mächtigkeit von 1,2 m bis 2,1 m aufgeschlossen waren.

Erfahrungsgemäß sind innerhalb dieser Bodenschicht auch Leerkieslagen (enggestufte Kiese), vereinzelt auch Schlufflinsen vorhanden.

Gemäß den Ergebnissen der Rammsondierungen weisen die Wutachschotter eine überwiegend mitteldichte bis sehr dichte, bereichsweise auch lockere Lagerung auf.

Die geologischen Verhältnisse sind in den Schnitten A-A und B-B, Anlagen 2.1 und 2.2, vereinfacht dargestellt.

Die für die Erschließung und die zukünftige Bebauung des Untersuchungsareals relevanten Schichten sind in der nachfolgenden Tabelle 1 beschrieben und aus geotechnischer Sicht beurteilt.

Tabelle 1: Geotechnische Beschreibung, Klassifizierung und Beurteilung, bodenmechanische Kenngrößen der relevanten Erdschichten

Erdschicht	**Deckschicht**	**Wutachschotter**
Zusammensetzung	Sand, schwach schluffig bis stark schluffig, tonig, schwach kiesig; z. T. Schluff, schwach sandig bis sandig, schwach tonig bis tonig, bereichsweise schwach kiesig	Kies, schwach sandig bis stark sandig, schwach steinig bis stark steinig, bereichsweise schwach mit Blöcken, bereichsweise schwach schluffig
Farbe	braun, hellbraun	grau, braun
Mächtigkeit	0,0 m bis 0,9 m	ca. 10 m; > 2,1 m bei Untersuchungen direkt aufgeschlossen
Lagerungsdichte/ Konsistenz	locker, weich bis steif	mitteldicht bis sehr dicht, z. T. locker
Frostempfindlichkeit	gering frostempfindlich bis sehr frostempfindlich (F2, F3)	überwiegend nicht frostempfindlich (F1)

Erdschicht	Deckschicht	Wutachschotter
Klassifizierung nach DIN 18196	UL, UM, SU, SU*	GW, GI, GU Sandlagen: SE, SW, SU Leerkies: GE
DIN 18300	Klassen 3 und 4	Klasse 3 Steine und Blöcke: Klassen 5 bis 7
charakteristische Kenngrößen (geschätzt): Wichte γ_k [kN/m³] Wichte unter Auftrieb γ'_k [kN/m³] Reibungswinkel φ'_k [°] Kohäsion c'_k [kN/m²] Kapillarkohäsion $c_{c,k}$ [kN/m²] Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m²]	 16,5 - 21,0 8,5 - 11,5 22,5 - 30,0 0,0 - 7,5 --- 5,0 - 25,0	 18,0 - 22,0 10,0 - 13,5 30,0 - 37,5 0,0 0,0 - 2,0 30,0 - > 80,0
Wiederverwendbarkeit des Aushubmaterials	nur für untergeordnete Anschüttungen wiederverwendbar	für höherwertige Anschüttungen wiederverwendbar, wenn das Stein- und Blockmaterial gebrochen wird; Sandlagen nur für untergeordnete Anschüttungen verwendbar
Geotechnische Beurteilung	zur Abtragung von Bauwerkslasten bedingt geeignet; wasser- und frostempfindlich; relativ stark zusammendrückbar	zur Abtragung von Bauwerkslasten gut geeignet; überwiegend nicht wasser- und frostempfindlich, relativ gering zusammendrückbar

3.3 Wasserverhältnisse

Es kann davon ausgegangen werden, dass innerhalb der wasserdurchlässigen Wutachschotter ein freier, zusammenhängender Grundwasserspiegel ausgebildet ist.

Im Umfeld des Projektareals existieren keine Grundwassermessstellen mehr. Lediglich aus einem alten Gutachten der Landesstelle für Gewässerkunde [7] geht hervor, dass der Grundwasserspiegel im Bereich des Projektareals im Zeitraum Mai bis Dezember 1960 zwischen ca. 434,90 m NN und ca. 435,80 m NN gelegen hat. Dieser Wert kann aber nur als Anhaltspunkt dienen, für die Angabe von aussagekräftigen Grundwasserständen sind weitere hydrogeologische Untersuchungen notwendig.

Da für das Projektareal keine aktuellen Grundwasserstände vorliegen, wurden für eine Einschätzung der Grundwasserhöchststände die HQ 100-Wasserstände der Wutach herangezogen, die über eine Hochwasserrisikomanagement-Abfrage auf der Webseite der LUBW [8] am 20.05.2015 ermittelt wurden (siehe Lageplan, Anlage 1). Als Bemessungswasserstand ist der jeweilige Wert für HQ extrem zu verwenden. Demnach wären die folgenden Wasserstände anzusetzen:

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Tabelle 2: Relevante Wasserstände

	Nordgrenze Projektareal	Südgrenze Projektareal
HQ-100	438,00 mNN	435,50 mNN
HQ-extrem (Bemessungswasserstand)	439,00 mNN	436,50 mNN

In Abhängigkeit von den jeweiligen Niederschlagsverhältnissen kann allerdings das Auftreten von Sicker- bzw. Schichtwässern auch in geringeren Tiefen nicht ausgeschlossen werden.

Grundwasserschutzzonen werden vom geplanten Neubaugebiet nicht tangiert.

Gemäß der Hochwassergefahrenkarte der LUBW [8] liegen ca. 20 % der Projektfläche innerhalb der Überflutungsfläche für das Szenarium HQ-extrem.

3.4 Versickerungsfähigkeit des Untergrundes

In den Schurfgruben V 1 und V 2 (siehe Anlagen 5.1 und 5.2) wurde zur Ermittlung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes jeweils ein Versickerungsversuch durchgeführt.

Hierzu wurden jeweils ca. 1,5 m³ Wasser in die jeweilige Schurfgrube eingeleitet, bis sich dieses ca. 0,65 m bzw. ca. 0,30 m über der Schurfsohle aufstaute. Nach Beendigung der Wasserzufuhr wurde in gewissen Zeitabständen die Absenkung des Wasserspiegels gemessen.

Das Protokoll der gemessenen Wasserspiegelabsenkungen, der Berechnungsgang und die Ergebnisse, d. h. die versickerungswirksamen Durchlässigkeitsbeiwerte $k_{f,u}$ (ungesättigte Bodenzone) bzw. k_f (gesättigte Bodenzone), des durchgeführten Versickerungsversuches sind in den Anlagen 5.1 und 5.2 dokumentiert.

Bei der Dimensionierung von Versickerungsanlagen wird gemäß dem Arbeitsblatt DWA-A 138 [5] der Durchlässigkeitsbeiwert für die gesättigte Bodenzone k_f angesetzt. Dieser Wert ergibt sich aus der Gleichung $k_f = 2 \times k_{f,u}$. Darüber hinaus sollte der für die Bemessung von Versickerungsanlagen anzusetzende Durchlässigkeitsbeiwert mittels eines Sicherheitsfaktors abgemindert werden, um für die Versickerung ungünstige Gegebenheiten, wie Inhomogenitäten des Untergrundes (z. B. lokal erhöhte Feinkorngehalte) sowie allmähliche Verschlammung des Erdkörpers im Bereich der Versickerungsanlage, zu berücksichtigen. Bei einem Sicherheitsfaktor von $\eta = 2$, ergeben sich nach der Gleichung $k_f = 2 \times k_{f,u} / 2$ die folgenden, für die Dimensionierung von Versickerungsanlagen maßgebenden Durchlässigkeitsbeiwerte k_f (gesättigte Bodenzone):

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Tabelle 3: Maßgebende Durchlässigkeitsbeiwerte k_f der Versickerungsversuche

	V 1	V 2
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	2,7 x 10 $^{-4}$	7,8 x 10 $^{-4}$

Die Ergebnisse der durchgeführten Versickerungsversuche zeigen, dass die Wutachschotter gemäß DIN 18130, Teil 1 (Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes), als wasserdurchlässig bzw. stark wasserdurchlässig einzustufen sind.

Die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte erfüllen die Anforderungen des Arbeitsblattes DWA-A 138, April 2005 [3], im Hinblick auf die Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes ($k_f \geq 10^{-6}$ m/s), d. h. die Wutachschotter sind zur Versickerung von Niederschlagswasser prinzipiell geeignet. Eine Ausnahme stellen Bereiche mit einem höheren Feinkornanteil dar. In diesen Bereichen ist mit einer Verringerung der Durchlässigkeit zu rechnen.

Bei der Planung von Versickerungsanlagen ist darauf zu achten, dass die gemäß dem Arbeitsblatt DWA-A 138 geforderte Mächtigkeit des Sickerraums bzw. der Abstand von Versickerungsanlagen zum mittleren Grundwasserhöchststand von mindestens 1,0 m gewährleistet ist.

Es sei darauf hingewiesen, dass das gezielte Ableiten von Niederschlagwasser in den Untergrund über Versickerungsanlagen ein Einleiten in das Grundwasser in wasserrechtlichem Sinne darstellt. Versickerungsmaßnahmen sind damit nach dem Wasserhaushaltsgesetz genehmigungspflichtig.

3.5 Erdbebengefährdung

Das Untersuchungsgebiet liegt nach der DIN 4149, in der Fassung von April 2005, in der Erdbebenzone 1, d. h. in einer Zone Deutschlands mit leicht erhöhter Erdbebengefährdung.

Aufgrund der örtlichen Untergrundverhältnisse kann das Projektareal gemäß DIN 4149 in die geologische Untergrundklasse R sowie in die Baugrundklasse B (dicht gelagerte Wutachschotter) eingestuft werden (Kombination B-R).

Bei den statischen Berechnungen im Lastfall Erdbeben kann von einem Bemessungswert für die Bodenbeschleunigung in Höhe von ag = 0,4 m/s² ausgegangen werden.

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

3.6 Chemische Bodenanalysen

Von dem in den Baggerschürfen S 1, V 1 und S 4 angetroffenen Material wurden aus den einzelnen Bodenschichten (Oberboden, Deckschicht, Wutachschotter) Bodenproben entnommen (siehe Anlagen 3.1, 3.4 und 3.6) und zu 3 Bodenmischproben vereint. Diese 3 Proben wurden chemisch auf die Parameter der VwV „Boden" analysiert (siehe Anlage 7.2). Die Analysenergebnisse sind in der Übersichtstabelle in Anlage 7.1 zusammengefasst.

Alle drei analysierten Proben müssen aufgrund der gemessenen erhöhten Arsen-Konzentrationen der Einbaukonfiguration Z 1.1 zugeordnet werden. Das Material kann bei einem Grundwasserflurabstand von > 1 m offen eingebaut werden.

4 Geotechnische Randbedingungen für die Bebauung des Projektareals

4.1 Allgemeines

Detaillierte Angaben über die geplante Bebauung des Projektareals liegen uns derzeit nicht vor. Die geotechnischen Randbedingungen für eine erdstatisch standsichere Ausbildung der geplanten Bebauung werden in den folgenden Abschnitten allgemein erläutert.

Da einerseits die anteilsmäßige Zusammensetzung der Wutachschotter räumlich stark variiert und andererseits nicht bekannt ist, ob und in welcher Höhe das jeweilige Grundstück aufgeschüttet werden muss, empfehlen wir die geotechnischen Randbedingungen für die einzelnen Bauwerke auf der Grundlage projektbezogener Baugrunduntersuchungen festzulegen.

4.2 Bauwerksgründungen

Aus den Schnitten A-A und B-B in den Anlagen 2.1 und 2.2 geht hervor, dass der Baugrund im Projektareal, abgesehen von einer 0,3 m mächtigen Oberbodenschicht, im Wesentlichen von einer Deckschicht und von den Wutachschottern aufgebaut wird. Die Wutachschotter sind gut tragfähig und relativ gering zusammendrückbar.

Bei den festgestellten Baugrundverhältnissen kommt grundsätzlich sowohl eine Abtragung von Bauwerkslasten über eine aufgelöste Flachgründung (Streifen- bzw. Einzelfundamente) als auch über eine Bodenplatte (Plattengründung) in Betracht.

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Bei einer aufgelösten Flachgründung ist zu beachten, dass eine Abtragung von Bauwerkslasten in Bodenschichten mit stark unterschiedlichem Setzungsverhalten zu bauwerksschädlichen Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen führen kann. Zur Vermeidung hoher, möglicherweise bauwerksschädlicher Setzungsunterschiede sollte die Lastabtragung bei einer aufgelösten Flachgründung daher einheitlich in den tragfähigen Schichten, d. h. möglichst innerhalb der Wutachschotter erfolgen.

Zur Bemessung einer einheitlichen Gründung in den Wutachschottern mittels quadratischer Einzel- bzw. Streifenfundamente wurden mit dem Computerprogramm GGU-FOOTING Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach EC 7 bzw. DIN 1054 (Teilsicherheitskonzept), DIN 4017 und DIN 4019 durchgeführt, deren Ergebnisse in den Diagrammen in den Anlagen 6.1 bis 6.4 zusammengefasst sind.

Die Grundbruchberechnungen erfolgten für den Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund, d. h. GEO-2 (geotechnical failure, vormals GZ 1B). Die Standsicherheitsberechnungen wurden für die ständige Bemessungssituation BS-P (Persistent situation, vormals LF 1) nach EC 7 durchgeführt.

Aus den Fundamentdiagrammen können unter Wahrung der nach EC 7 geforderten Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Widerstände, in Abhängigkeit von der Einbindetiefe, die für eine bestimmte Fundamentbreite gültigen Bemessungswerte des Sohlwiderstandes und die zugehörige rechnerisch zu erwartende Setzung entnommen werden.

Nach dem Grundbruchkriterium liegen die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$, je nach Einbindetiefe und Fundamentbreite, für Einzelfundamente zwischen $\sigma_{R,d}$ = 380 und 788 kN/m² und für Streifenfundamente zwischen $\sigma_{R,d}$ = 273 und 549 kN/m².

Wir empfehlen, aufgrund möglicherweise im Untergrund vorhandener Inhomogenitäten, die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes für die Einzelfundamente auf maximal $\sigma_{R,d}$ = 500 kN/m² (entspricht einer zulässigen Bodenpressung $\sigma_{zul.}$ = 350 kN/m²), für die Streifenfundamente auf $\sigma_{R,d}$ = 430 kN/m² (entspricht einer zulässigen Bodenpressung $\sigma_{zul.}$ = 300 kN/m²) zu begrenzen.

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Die rechnerisch zu erwartenden Setzungen betragen unter Berücksichtigung der vorstehend genannten Begrenzung der Bemessungswerte des Sohlwiderstandes ≤ 1,2 cm.

Im Falle einer Plattengründung im Bereich der Wutachschotter sollte die jeweilige Bodenplatte auf einem ca. 20 cm mächtigen Kiespolster aus einem verdichtet einzubauenden Kies-Sand-Gemisch der Bodengruppe GW, GI nach DIN 18196, Schotter oder entsprechendem Recycling-Material[1)], etc. angeordnet werden.

Angaben zur Dimensionierung der Bodenplatte können nur auf Basis der tatsächlichen Plattengeometrie erfolgen.

Bei der Herstellung der Bodenplatte bzw. der Fundamente ist darauf zu achten, dass im Gründungsbereich angetroffenes aufgelockertes bzw. stark aufgeweichtes Material ausgehoben und durch ein verdichtungsfähiges Kies-Sand-Gemisch (Bodenplatte) oder durch Magerbeton (Fundamente) ersetzt wird.

4.3 Baugrubenausbildung

Baugrubenböschungen sind ohne Sicherung, je nach den bodenphysikalischen Eigenschaften des anstehenden Materials, nur bis zu einem bestimmten Grenzneigungswinkel standsicher.

Bei der Herstellung von Baugruben sind grundsätzlich die Richtlinien der DIN 4124 (Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten) sowie die Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben (EAB) zu beachten. Im Bereich bestehender Bauwerke gilt zusätzlich die DIN 4123 (Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude).

In den im Aushubbereich anstehenden Bodenschichten (Deckschicht, Wutachschotter) können Baugrubenböschungen bis zu einer Höhe von h ≤ 3,5 m erfahrungsgemäß unter folgenden Böschungsneigungen:

Deckschicht:	$\beta \leq 60°$
Wutachschotter:	$\beta \leq 45°$

frei abgeböscht werden, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind:

---

1) Beim Einsatz von Recycling-Material sind die Empfehlungen des Erlasses des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg „Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Baustoffrecyclingmaterial" vom 13.04.2004 zu berücksichtigen.

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Der Böschungskopf darf nicht belastet werden (keine Verkehrs-, Erdaushub- oder Kranlasten).

- Die Böschungen dürfen nicht durch Niederschlags- oder Sickerwasser durchfeuchtet werden.
- Sickerwasseraustritte müssen gefasst, das anfallende Wasser abgeleitet und die Austrittsbereiche durch Auflastfilter abgedeckt werden.

Unverbaute Böschungen sind bei den angegebenen Böschungswinkeln nur vorübergehend standsicher und müssen bei Bedarf abgeflacht oder gesichert werden.

Zeitabhängig und durch Witterungseinflüsse (Austrocknung oder Durchfeuchtung des Bodens durch Niederschlags- oder Schichtwasser) reduziert sich der Anteil der scheinbaren Kohäsion an der Gesamtscherfestigkeit. Infolge der dadurch bedingten Verminderung der Scherfestigkeit können Rutschungen auftreten.

Es ist sorgfältig darauf zu achten, dass sowohl eine Austrocknung als auch eine Durchfeuchtung der Böschungen möglichst verhindert wird. Die Böschungen sind daher schnellstmöglich durch Planen bzw. Folien abzudecken.

4.4 Erddruck auf die ins Erdreich einbindenden Bauwerksteile

Bei der Bemessung der ins Erdreich einbindenden Bauwerksteile ist der Erddruck zu berücksichtigen. Die Hinterfüllung eines unterkellerten Bauwerks sollte kraftschlüssig mit verdichtbarem Material (z. B. Kies-Sand-Gemisch, Recycling-Material[1)], Schotter, etc.) erfolgen. Bei der Erddruckberechnung können folgende mittlere Kenngrößen verwendet werden:

Wichte	γ_k	= 20,0 kN/m³
Wichte unter Auftrieb	γ'_k	= 12,5 kN/m³
Reibungswinkel	φ'_k	= 30,0°

4.5 Dränage- und Abdichtungsmaßnahmen

Wie in Abschnitt 3.3 erläutert, ist nicht auszuschließen, dass es bei einer extremen Hochwassersituation zu einem Anstieg des Grundwasserspiegels bis in den Bereich der bestehenden GOK kommen kann. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass das Bebauungsgebiet bereichsweise innerhalb der Überflutungsflächen des HQ-extrem liegt.

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Daher empfehlen wir, die ins Erdreich einbindenden Bauwerksteile der jeweiligen Gebäude bis zur bestehenden GOK in Form einer "weißen Wanne" druckwasserdicht herzustellen oder gegen drückendes Wasser gemäß DIN 18195, Teil 6, abzudichten. Für den Fall, dass das Gebäude mittels einer "weißen Wanne" gegen drückendes Wasser abgedichtet werden soll, sind die einschlägigen Richtlinien (z. B. DafStb-Richtlinie: Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton) zu beachten.

5 Tragfähigkeit des Untergrundes im Bereich von Fahrbahnflächen

Bei der Herstellung von Verkehrsflächen und für die Auswahl der in Frostschutz- oder Tragschichten verwendbaren Böden sind die Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12), die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (ZTVE-StB 09) sowie die Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau (ZTV SoB-StB 04) zu beachten.

Zur Herstellung eines ordnungsgemäßen Fahrbahnaufbaus muss die vorhandene Oberbodenschicht beseitigt werden.

Für den Fall, dass das Höhenniveau der zukünftigen Fahrbahnfläche in etwa dem Niveau der bestehenden GOK entspricht, wird das Planum (= UK Tragschicht bzw. Frostschutzschicht) der geplanten Verkehrsflächen voraussichtlich im Niveau der Deckschicht zu liegen kommen.

Aufgrund der relativ starken Zusammendrückbarkeit der Deckschicht ist davon auszugehen, dass die Anforderung der RStO hinsichtlich des erforderlichen Verformungsmoduls auf dem Planum ($E_{V2} \geq 45$ MN/m²) im Projektareal überwiegend nicht eingehalten werden kann.

Daher werden voraussichtlich zusätzliche Maßnahmen, z. B. Bodenaustausch mit verdichtbarem Material (z. B. Kies-Sand-Gemisch GW, GI nach DIN 18196 oder entsprechendem Schotter, Recycling-Material) oder Bodenverbesserung mit einem Kalk-Zement-Gemisch, erforderlich.

Für die Planung sollte zunächst von einer Stärke des Bodenaustauschs bzw. der Bodenverbesserung von d = 40 cm ausgegangen werden. Die tatsächlich erforderliche Stärke des Bodenaustauschs bzw. der Bodenverbesserung sollte nach dem Freilegen des Planums anhand von Lastplatten-Druckversuchen ermittelt werden.

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

In Bereichen, in denen die Deckschicht nicht vorhanden ist (z. B. im Bereich um Schurf S 2), ist damit zu rechnen, dass die vorstehend genannten Anforderungen erreicht werden.

Da das bestehende Gelände bereichsweise nicht unerhebliche Höhenunterschiede aufweist, müssen vermutlich in Teilbereichen Dämme aufgeschüttet werden. Der Aufbau der Dämme muss mit verdichtungsfähigem Material erfolgen, das lagenweise verdichtet einzubauen ist. Hierzu können u. E. bei gut abgestufter Korngrößenverteilung die Wutachschotter verwendet werden. Bei zu hohem Stein- bzw. Blockgehalt ist allerdings zur Gewährleistung einer ordnungsgemäßen Verdichtung eine Aufbereitung des Materials (z. B. mittels Brecher) erforderlich.

Ein ordnungsgemäßer Einbau von Deckschichtmaterial mit hohem Feinkorngehalt in die Straßendämme kann voraussichtlich nur unter Einsatz von Bodenverbesserungsmaßnahmen (z. B. Kalk-Zement-Gemisch) erfolgen.

Die Planung und Vordimensionierung des Fahrbahnaufbaus sollte daher eine gewisse Menge an Bodenaustauschmaterial (z. B. Kies-Sand-Material) oder Bodenverbesserungsmaterial (z. B. Kalk-Zement-Gemisch) vorsehen.

6 Kanalisation

Angaben über die geplante Kanalisation (Lage und Tiefe von Leitungen und Schächten) liegen uns derzeit nicht vor.
Bei der Herstellung der Kanalisation sind unter anderem folgende Vorschriften zu beachten:

- DIN EN 1610 Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und Kanälen
- ZTVE-StB 09
- DIN 4124 Baugruben und Gräben Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau
- DIN 18303 Verbauarbeiten
- Unfallverhütungsvorschriften "Erd- und Felsbauarbeiten"
- (VSB, "Leitungsgrabenarbeiten und Leitungsbauarbeiten").

Aus den Schnitten A-A und B-B, Anlagen 2.1 und 2.2, geht hervor, dass die geplante Kanalsohle vermutlich überwiegend in den locker bis sehr dicht gelagerten Wutachschottern zu liegen kommen wird.

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Die im Aushubbereich anstehenden Wutachschotter sind bei geringem Feinkorn- und Stein- bzw. Blockanteil zur Wiederverwendung im Bereich der Grabenhauptverfüllung geeignet, wenn keine erhöhten Anforderungen (wie z. B. im Bereich von Tragschichten) an die Hauptverfüllung gestellt werden.

Zur Vorbemessung der Kanalrohre können unter der Voraussetzung, dass die Kanalrohre vollständig in die Wutachschotter einbinden und dass im Bereich der Hauptverfüllung oberhalb der Leitungszone Wutachschottermaterial wiederverwendet wird, für die Zone 1 (Überschüttung über Rohrscheitel), die Zone 3 (anstehender Boden neben dem Graben) und die Zone 4 (Boden unter dem Rohr) die Kennwerte der Bodengruppe G 1 in Ansatz gebracht werden.

Die bei den Untersuchungen angetroffenen Wutachschotter sind zur Gründung der Schachtbauwerke geeignet. Die jeweilige Sohle sollte ordnungsgemäß nachverdichtet werden.

Der im Rahmen der Untersuchungen festgestellte relativ hohe Grundwasserstand macht je nach Tiefenlage der Kanäle eine Grundwasserabsenkung zur Erstellung der Kanalgräben und zur Verlegung der Kanäle notwendig. Unseres Erachtens sind zur tiefen Absenkung des Grundwasserspiegels während der Bauphase Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich. Zur Planung und Dimensionierung solcher Wasserhaltungsmaßnahmen sind weitere hydrogeologische Untersuchungen notwendig.

7 Belange Dritter

An die geplante Überbauung grenzen landwirtschaftlich genutzte Grundstücke sowie ein Gewerbegebiet an, deren Eigentümer über die geplanten Baumaßnahmen informiert werden sollten. Für den Fall, dass die Nachbargrundstücke im Zuge der Baumaßnahmen in Anspruch genommen werden müssen (siehe auch Abschnitt 4.3), ist das Einverständnis der jeweiligen Grundstückseigentümer einzuholen.

Die in dem Projektareal vorhandenen Ver- und Entsorgungsleitungen sind beim Baugruben- und gegebenenfalls Leitungsgrabenaushub zu berücksichtigen. Mit den jeweiligen Betreibern der Leitungen müssen Vereinbarungen bezüglich der Umverlegung bzw. Sicherung dieser Leitungen getroffen werden.

Mit den Betreibern der im Projektareal vorhandenen oder an das Projektareal angrenzenden Straßen sind die im Zusammenhang mit den Baumaßnahmen erforderlichen Verkehrssicherungsmaßnahmen abzuklären.

Die Ausführung von Versickerungsmaßnahmen ist mit den jeweiligen Fachbehörden sowie mit den Eigentümern der angrenzenden Grundstücke abzustimmen.

Bei ordnungsgemäßer Durchführung der Erschließung und Bebauung werden aus geotechnischer Sicht keine weiteren Belange Dritter berührt.

8 Abschließende Bemerkungen

Die durchgeführten geotechnischen Untersuchungen haben gezeigt, dass die Erschließung und Bebauung des Neubaugebietes „Sulzfeld" zur Erweiterung des bestehenden Gewerbegebietes auf den Grundstücken Lgb.-Nrn. 2411 bis 2419 in Stühlingen, unter Berücksichtigung der oben genannten Hinweise und Empfehlungen erdstatisch standsicher durchgeführt werden kann.

Die geotechnischen Randbedingungen für die geplante Bebauung der Grundstücke sind im Bericht nur allgemein erläutert. Daher sollten die geotechnischen Randbedingungen für die Errichtung der einzelnen Bauwerke auf der Grundlage projektbezogener Baugrunduntersuchungen festgelegt werden.

Wir empfehlen aufgrund der räumlich stark variierenden Untergrundverhältnisse, die Erschließungsmaßnahmen sowie die Maßnahmen zur Bebauung der Grundstücke geotechnisch betreuen zu lassen.

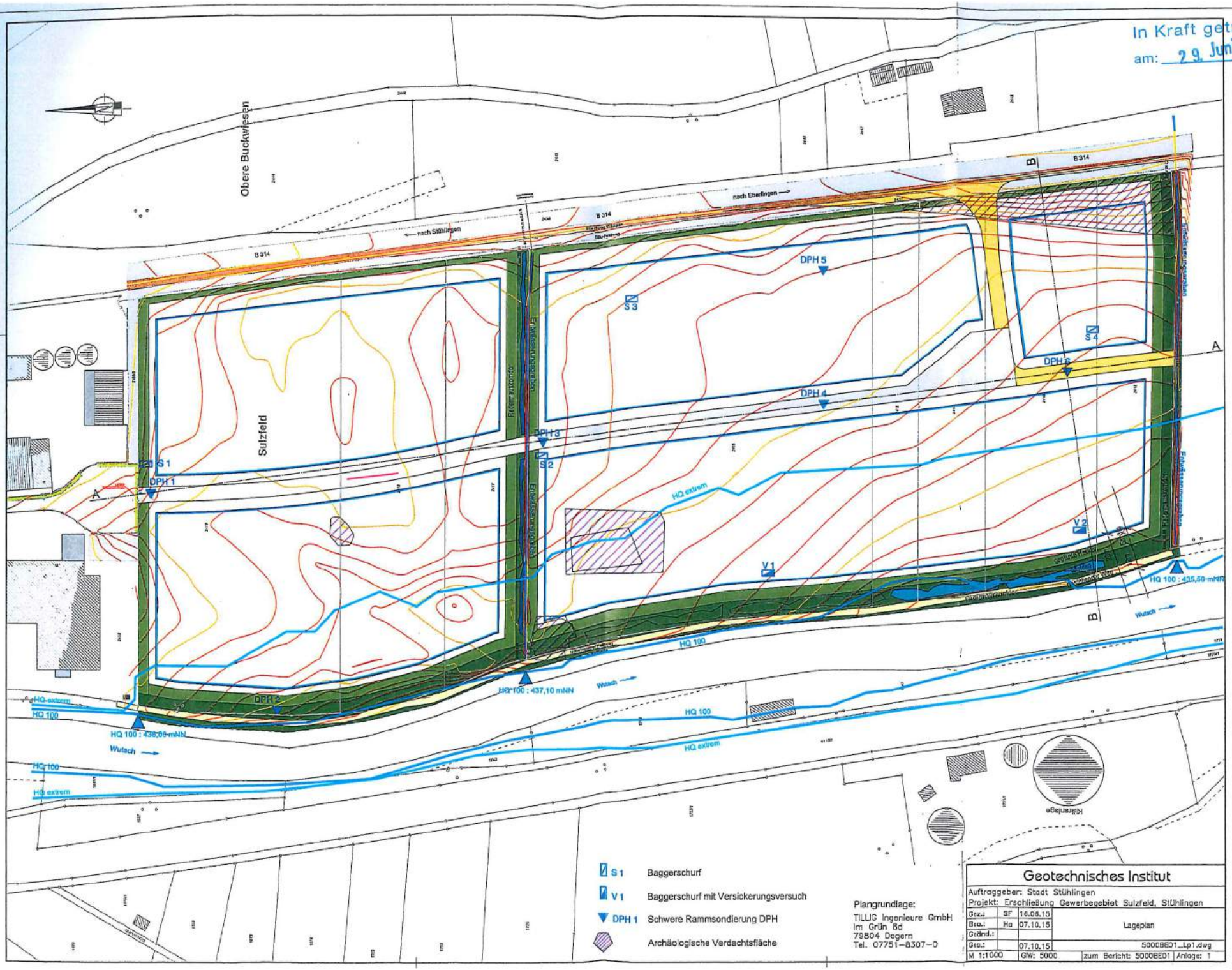
Den Aussagen dieses Berichtes liegen die uns zur Verfügung gestellten Planunterlagen zugrunde. Bei eventuellen Planungsänderungen ist zu überprüfen, ob die gemachten Angaben für den geänderten Planungsstand Gültigkeit haben.

Für weitere Fragen und Auskünfte stehen wir gerne zur Verfügung.

GEOTECHNISCHES INSTITUT GmbH

Dipl.-Ing Dipl.-Geol. H.-J. Lenz

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016



Plangrundlage:
TILLIG Ingenieure GmbH
Im Grün 8d
79804 Dogern
Tel. 07751-8307-0

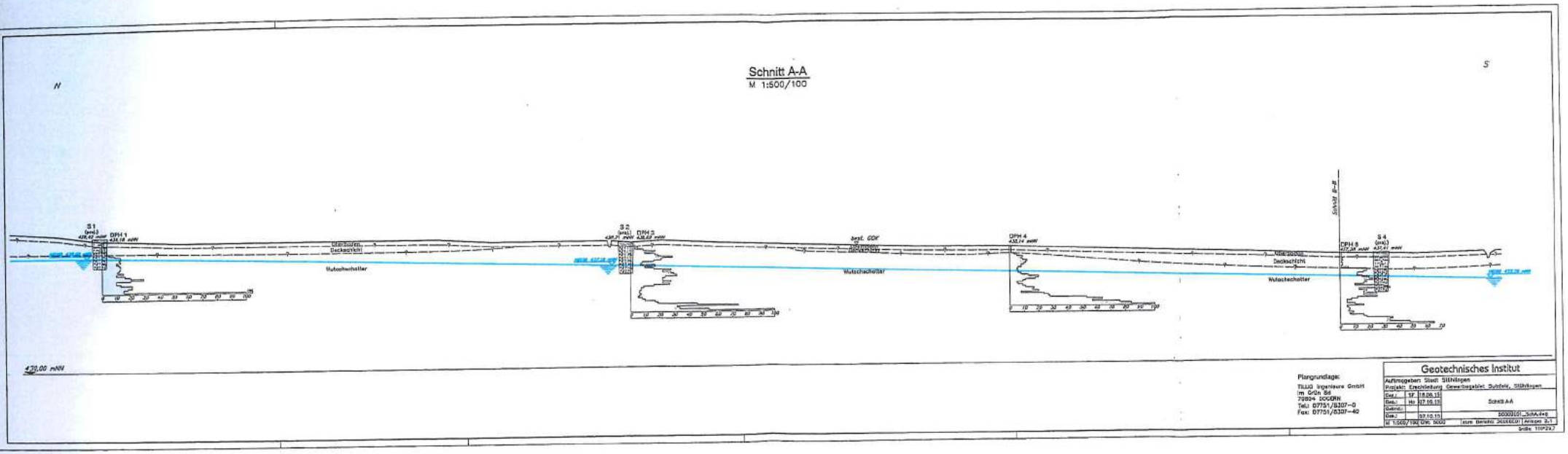
Geotechnisches Institut

Auftraggeber: Stadt Stühlingen
Projekt: Erschließung Gewerbegebiet Sulzfeld, Stühlingen

Gez.:	SF	16.06.15	Lageplan
Bea.:	Ha	07.10.15	
Geänd.:			
Ges.:		07.10.15	5000BE01_Lp1.dwg
M 1:1000		GW: 5000	zum Bericht: 5000BE01 Anlage: 1

am: 29. Juni 2016

Schnitt A-A
M 1:500/100



Plangrundlage:
TILUG Ingenieure GmbH
Im Grün 5d
78604 DOGERN
Tel.: 07751/8307-0
Fax: 07751/8307-40

Geotechnisches Institut

Auftraggeber: Stadt Stühlingen
Projekt: Erschließung Gewerbegebiet Sybfeld, Stühlingen

Gez.:	SF	18.06.15	Schnitt A-A
Ges.:	Hz	27.10.15	
Gepr.:			
Dat.:		27.10.15	20009101_SchA+B

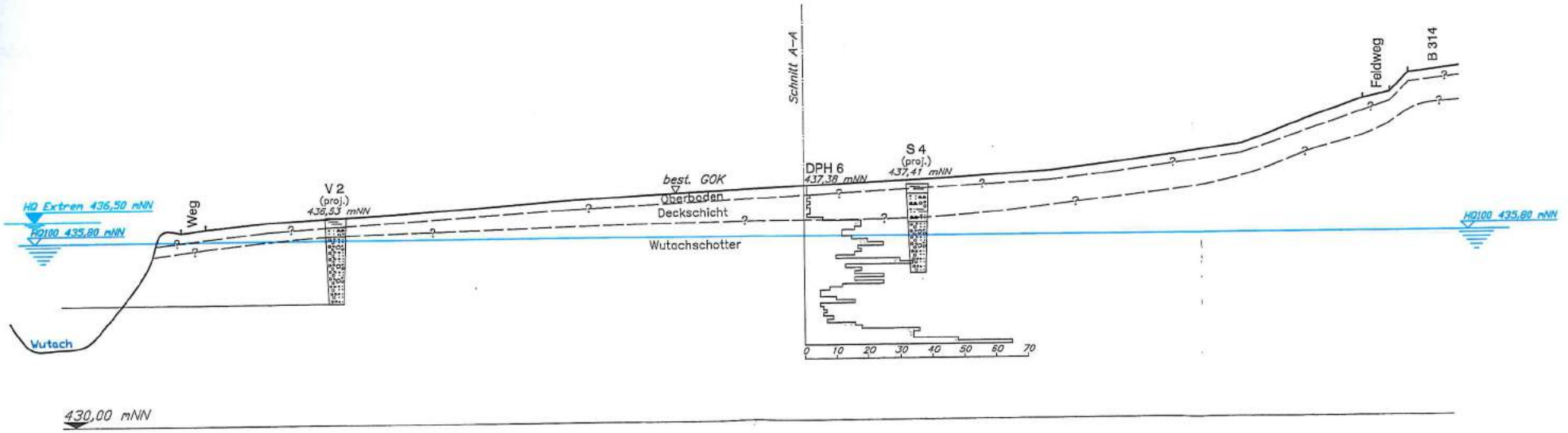
M 1:500/100 | Höhe: 1:500 | aus Bericht: 20009101 | Anlage: 2.1

Seite 11 of 23

am: 29. Juni 2016

Schnitt B-B

M 1:500/100



Plangrundlage:

TILLIG Ingenieure GmbH
Im Grün 8d
79804 DOGERN
Tel.: 07751/8307-0
Fax: 07751/8307-40

Geotechnisches Institut				
Auftraggeber: Stadt Stühlingen				
Projekt: Erschließung Gewerbegebiet Sulzfeld, Stühlingen				
Gez.:	SF	29.06.15	Schnitt B-B	
Bea.:	Ha	07.10.15		
Geänd.:				
Ges.:		07.10.15	5000BE01_SchB.dwg	
M 1:500/100	GIW: 5000		zum Bericht: 5000BE01	Anlage: 2.2

Größe: 54*29,7

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Schurf S 1

Angaben in m
unter GOK (439,42 mNN)

0,00	–	0,20	<u>Oberboden</u> Sand, stark schluffig, tonig, schwach kiesig, durchwurzelt, humos, erdfeucht, dunkelbraun
0,20	–	0,90	<u>Deckschicht</u> Sand, schluffig bis stark schluffig, tonig, schwach kiesig, erdfeucht, braun bis hellbraun
0,90	–	2,10 E.-T.	<u>Wutachschotter</u> Kies, sandig, bereichsweise stark sandig, schwach steinig bis steinig, erdfeucht, grau

Anmerkungen:
- Schurfwände brechen im Bereich der Kiese nach
- Proben: S 1 – OB (0,0 – 0,2 m)
  S 1 – DS (0,2 – 0,9 m)
  S 1 – WuS (0,9 – 2,1 m)

Auftraggeber: Stadt Stühlingen			Projekt: Erschließung Gewerbegebiet „Sulzfeld", Stühlingen		
Gez.:			Schurfbeschreibung S 1	GIW:	5000
Bea.:				zum Bericht:	5000BE01
Ges.:				M 1:	Anlage: 3.1

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Schurf S 2

Angaben in m
unter GOK (438,71 mNN)

0,00	–	0,30	Oberboden Schluff, schwach tonig bis tonig, schwach sandig, schwach kiesig, humos, durch wurzelt, erdfeucht, dunkelbraun
0,30	–	2,20 E.-T.	Wutachschotter Kies, steinig, schwach mit Blöcken, schwach sandig bis sandig, Gerölle überwiegend aus Grundgebirgsgesteinen, bereichsweise mit Eisen/Mangan-Belägen, erdfeucht, grau

Anmerkungen: – Schurfwände brechen nach

Auftraggeber: Stadt Stühlingen			Projekt: Erschließung Gewerbegebiet „Sulzfeld", Stühlingen		
Gez.:			Schurfbeschreibung S 2	GIW:	5000
Bea.:				zum Bericht:	5000BE01
Ges.:				M 1:	Anlage: 3.2

Geotechnisches Institut GmbH • Beratende Geologen und Ingenieure VBI • Hauptstr. 398 • 79576 Weil am Rhein • Tel.: 0 76 21 / 9 56 64-0 • Telefax: 0 76 21 / 9 56 64-10

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Schurf S 3

Angaben in m
unter GOK (438,57 mNN)

0,00	–	0,30	Oberboden Schluff, schwach sandig bis sandig, schwach tonig bis tonig, humos, durchwurzelt, erdfeucht, dunkelbraun
0,30	–	0,60	Deckschicht Schluff, schwach sandig bis sandig, schwach tonig, schwach kiesig, erdfeucht, weich bis steif, braun
0,60	–	2,30 E.-T.	Wutachschotter Kies, sandig, bereichsweise stark sandig, steinig, bereichsweise schwach mit Blöcken, schwach schluffig, erdfeucht bis feucht, grau Gerölle bestehen überwiegend aus Grundgebirge, kleinere Gerölle aus Kalksteinen

Anmerkungen:
- Schurfwände bleiben nahezu senkrecht stehen

Auftraggeber: Stadt Stühlingen			Projekt: Erschließung Gewerbegebiet „Sulzfeld", Stühlingen		
Gez.:			Schurfbeschreibung S 3	GIW:	5000
Bea.:				zum Bericht:	5000BE01
Ges.:				M 1:	Anlage: 3.3

Geotechnisches Institut GmbH • Beratende Geologen und Ingenieure VBI • Hauptstr. 398 • 79576 Weil am Rhein • Tel.: 0 76 21 / 9 56 64-0 • Telefax: 0 76 21 / 9 56 64-10

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Schurf S 4

Angaben in m
unter GOK (437,41 mNN)

0,00 – 0,30	Oberboden Sand, schluffig bis stark schluffig, schwach tonig bis tonig, bereichsweise Schluff, tonig bis stark tonig, schwach sandig, durchwurzelt, humos, braun bis dunkelbraun, erdfeucht
0,30 – 1,20	Deckschicht Schluff, schwach sandig bis sandig, schwach tonig bis tonig, erdfeucht, weich bis steif, braun
1,20 – 2,80 E.-T.	Wutachschotter Kies, steinig bis schwach steinig, bereichsweise schwach mit Blöcken, sandig, schwach schluffig, Gerölle überwiegend Grundgebirgsmaterial, grau, braun, erdfeucht

Anmerkungen:
- Schurfwände brechen im Bereich der Kiese stark nach
- Proben: S 4 – OB (0,0 – 0,3 m)
  S 4 – DS (0,3 – 1,2 m)
  S 4 – WuS (1,2 – 2,8 m)

Auftraggeber: Stadt Stühlingen			Projekt: Erschließung Gewerbegebiet „Sulzfeld", Stühlingen		
Gez.:			Schurfbeschreibung S 4	GIW:	5000
Bea.:				zum Bericht:	5000BE01
Ges.:				M 1:	Anlage: 3.4

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Schurf V 1

Angaben in m
unter GOK (437,24 mNN)

0,00	–	0,30	Oberboden Sand, schluffig, schwach kiesig, durchwurzelt, humos, dunkelbraun, erdfeucht
0,30	–	1,00	Deckschicht Sand bis Grobsand, schwach schluffig,; im oberen Bereich Sand, stark mittelkiesig, erdfeucht, hellbraun, braun, bereichsweise rötlich
1,00	–	1,80	Wutachschotter Kies, steinig bis stark steinig, schwach sandig bis sandig, schwach schluffig, rötlich braun, erdfeucht, Gerölle überwiegend aus Grundgebirgsmaterial
1,80	–	2,80 E.-T.	Wutachschotter Kies, stark sandig bis sandig, schwach steinig, erdfeucht, braun, grau, Gerölle überwiegend aus Grundgebirgsmaterial

Anmerkungen:

- Schurfwände brechen im Bereich der Kiese leicht nach
- Proben: V 1 – OB (0,0 – 0,3 m)
  V 1 – DS (0,3 – 1,0 m)
  V 1 – Wus (1,0 – 2,8 m)
- Versickerungsversuch

Auftraggeber: Stadt Stühlingen			Projekt: Erschließung Gewerbegebiet „Sulzfeld", Stühlingen		
Gez.:			Schurfbeschreibung V 1	GIW:	5000
Bea.:				zum Bericht:	5000BE01
Ges.:				M 1:	Anlage: 3.5

Geotechnisches Institut GmbH • Beratende Geologen und Ingenieure VBI • Hauptstr. 398 • 79576 Weil am Rhein • Tel.: 0 76 21 / 9 56 64-0 • Telefax: 0 76 21 / 9 56 64-10

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Schurf V 2

Angaben in m
unter GOK (436,53 mNN)

0,00	–	0,30	Oberboden Sand, schluffig bis stark schluffig, schwach tonig bis tonig, schwach kiesig, durchwurzelt, humos, dunkelbraun, erdfeucht
0,30	–	0,60	Deckschicht Sand, schwach schluffig, schwach kiesig, erdfeucht, braun,
0,60	–	2,70 E.-T.	Wutachschotter Kies, steinig bis stark steinig, schwach mit Blöcken, schwach sandig bis sandig, erdfeucht, braun, grau, Gerölle überwiegend aus Grundgebirgsmaterial bis 0,4 m Kantenlänge

Anmerkungen:
- Schurfwände brechen im Bereich der Kiese stark nach
- Versickerungsversuch

Auftraggeber: Stadt Stühlingen			Projekt: Erschließung Gewerbegebiet „Sulzfeld", Stühlingen		
Gez.:			Schurfbeschreibung V 2	GIW:	5000
Bea.:				zum Bericht:	5000BE01
Ges.:				M 1:	Anlage: 3.6

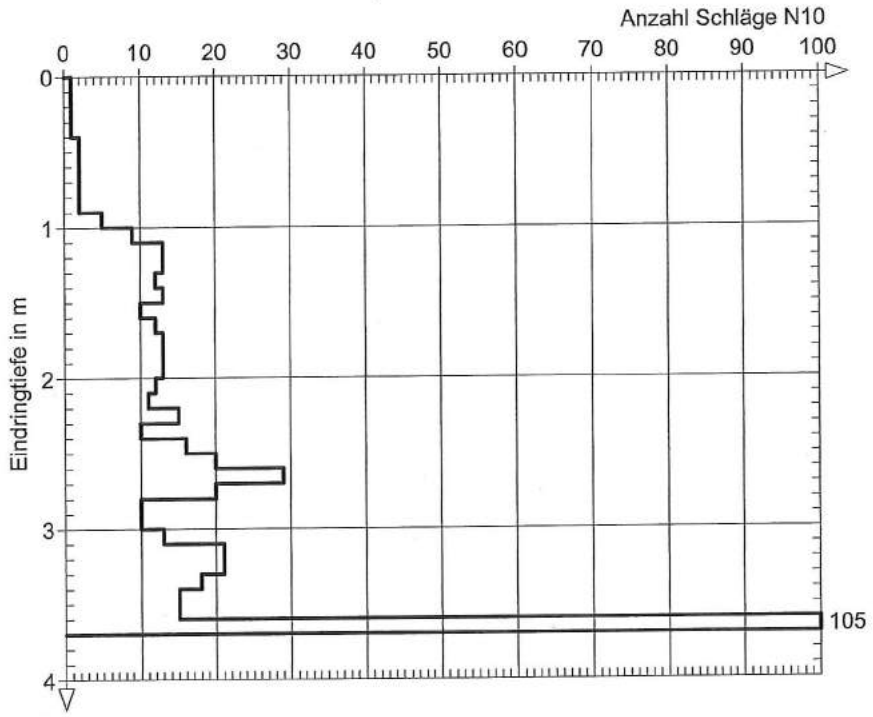
Geotechnisches Institut GmbH • Beratende Geologen und Ingenieure VBI • Hauptstr. 398 • 79576 Weil am Rhein • Tel.: 0 76 21 / 9 56 64-0 • Telefax: 0 76 21 / 9 56 64-10

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber:	Stadt Stühlingen
Hauptstraße 398	Projekt:	Erschließung Gewerbegebiet "Sulzfeld", Stühlingen
79576 Weil am Rhein	Projektnr.:	5000
Telefon 07621/95664-0	Datum:	28.05.2015
DIN 4094-3	Maßstab:	1: 50

DPH 1

Ansatzpunkt: 439.18 mNN



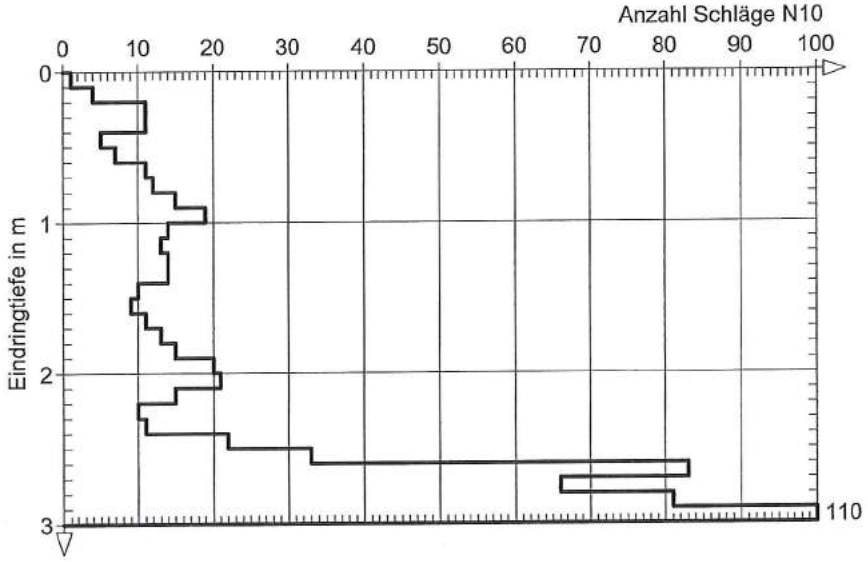
Anlage : 4.1

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber:	Stadt Stühlingen
Hauptstraße 398	Projekt:	Erschließung Gewerbegebiet "Sulzfeld", Stühlingen
79576 Weil am Rhein	Projektnr.:	5000
Telefon 07621/95664-0	Datum:	28.05.2015
DIN 4094-3	Maßstab:	1: 50

DPH 2

Ansatzpunkt: 437.88 mNN



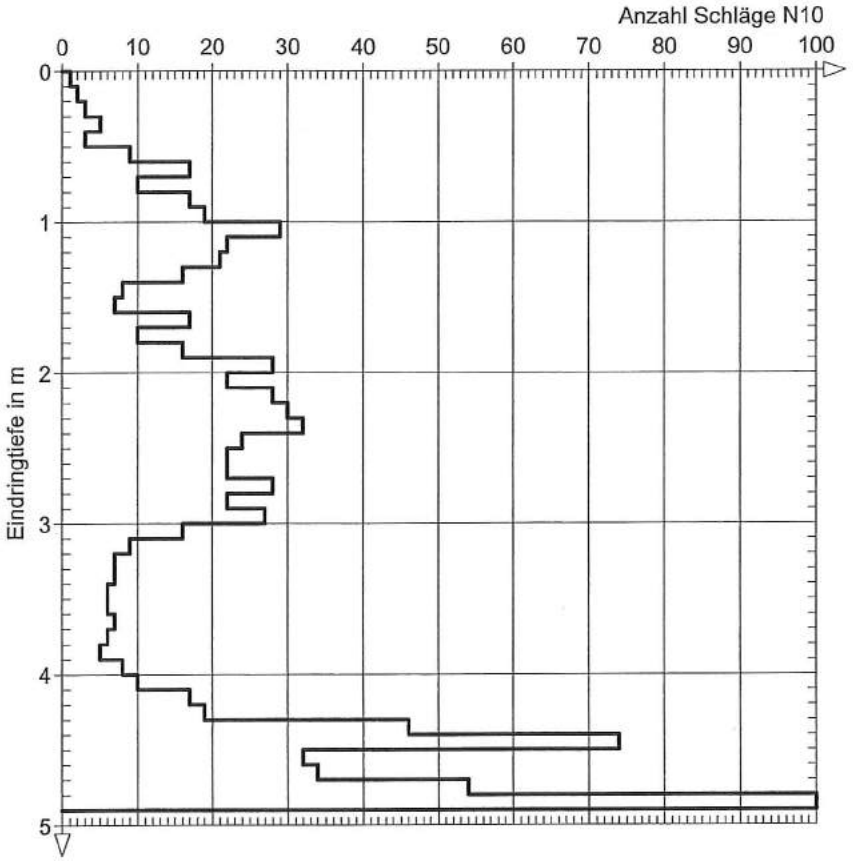
Anlage : 4.2

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber:	Stadt Stühlingen
Hauptstraße 398	Projekt:	Erschließung Gewerbegebiet "Sulzfeld", Stühlingen
79576 Weil am Rhein	Projektnr.:	5000
Telefon 07621/95664-0	Datum:	28.05.2015
DIN 4094-3	Maßstab:	1: 50

DPH 3

Ansatzpunkt: 438.69 mNN



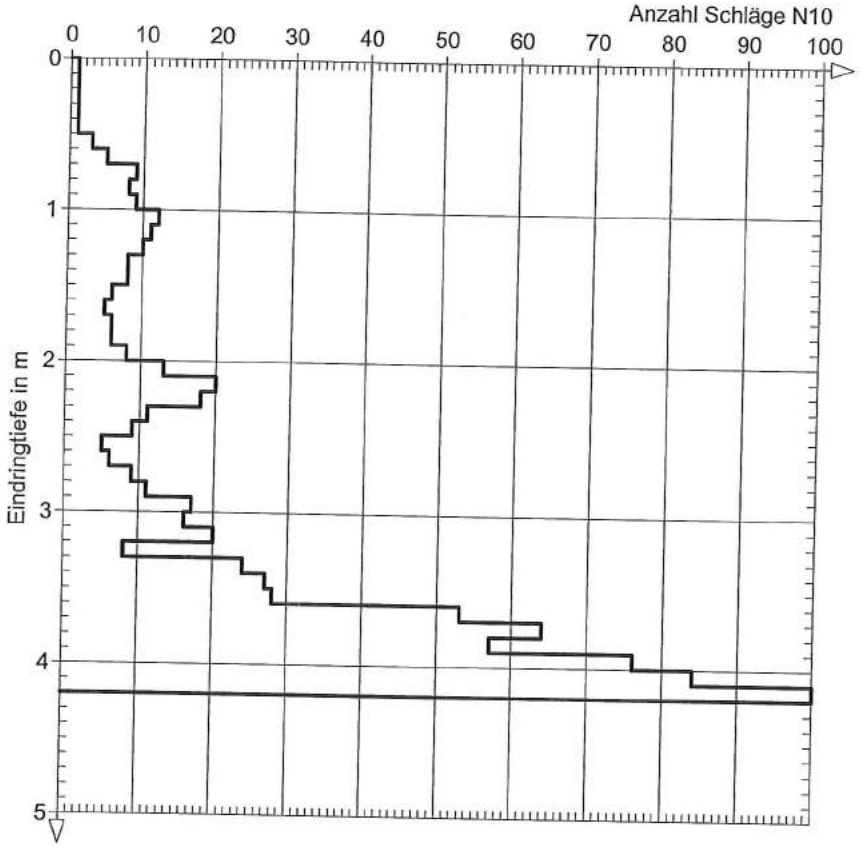
Anlage : 4.3

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber:	Stadt Stühlingen
Hauptstraße 398	Projekt:	Erschließung Gewerbegebiet "Sulzfeld", Stühlingen
79576 Weil am Rhein	Projektnr.:	5000
Telefon 07621/95664-0	Datum:	28:05:2015
DIN 4094-3	Maßstab:	1: 50

DPH 4

Ansatzpunkt: 438.14 mNN



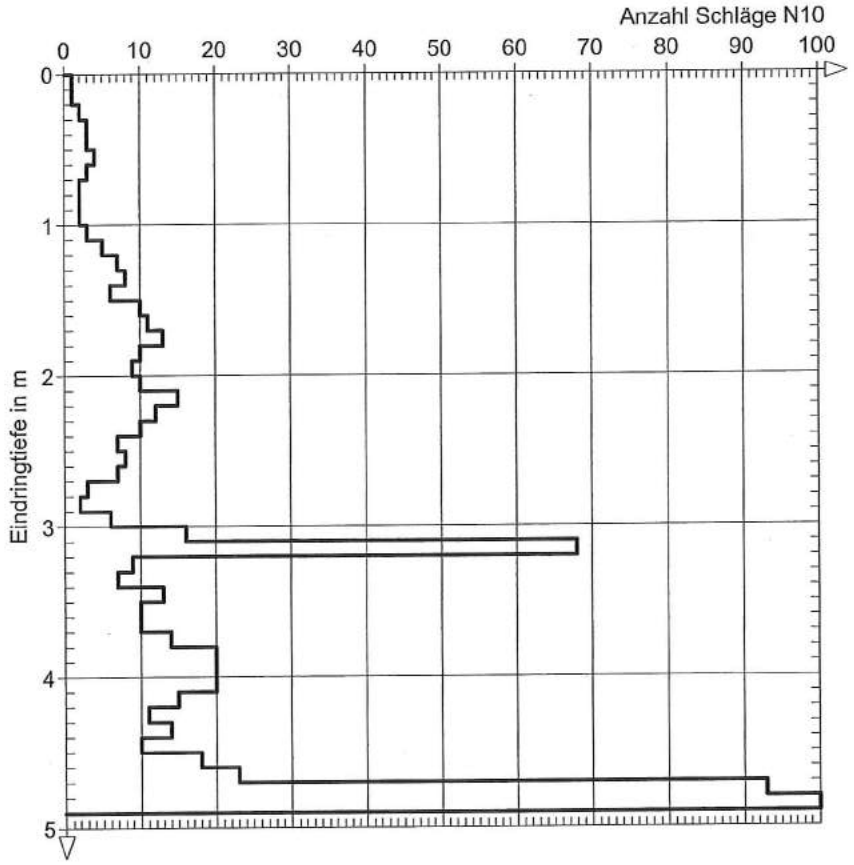
Anlage: 4.4

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber:	Stadt Stühlingen
Hauptstraße 398	Projekt:	Erschließung Gewerbegebiet "Sulzfeld", Stühlingen
79576 Weil am Rhein	Projektnr.:	5000
Telefon 07621/95664-0	Datum:	28.05.2015
DIN 4094-3	Maßstab:	1: 50

DPH 5

Ansatzpunkt: 438.28 mNN



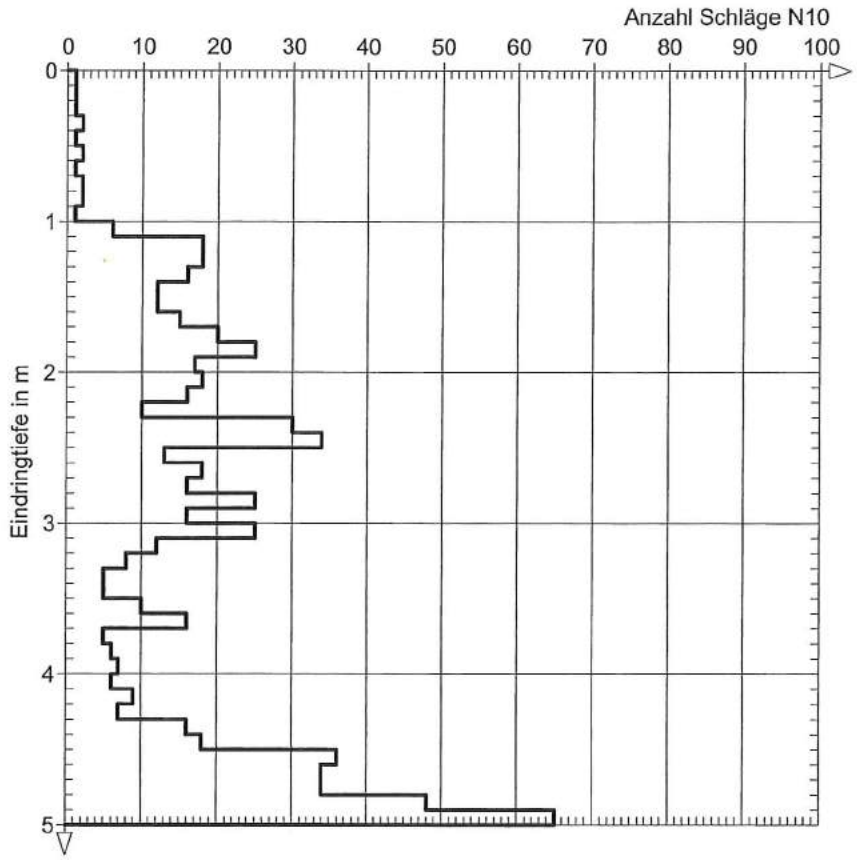
Anlage : 4.5

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber:	Stadt Stühlingen
Hauptstraße 398	Projekt:	Erschließung Gewerbegebiet "Sulzfeld", Stühlingen
79576 Weil am Rhein	Projektnr.:	5000
Telefon 07621/95664-0	Datum:	28.05.2015
DIN 4094-3	Maßstab:	1: 50

DPH 6

Ansatzpunkt: 437.38 mNN



Anlage : 4.6

Geotechnisches Institut

In Kraft getreten am: 29. Juni 2016

Auswertung Versickerungsversuch

Auftraggeber:	Stadt Stühlingen	Datum:	28.05.2015
Projekt:	Erschließung Gewerbegebiet "Sulzfeld", Stühlingen	GIW	5000

Versickerungsversuch:	**Schurf**	**V 1**	**Bemerkungen**
Länge des Schurfs L:	3	m	
Breite des Schurfs B:	1	m	
Versickerungsfläche F:	3	m²	
Tiefe der Versickerungsfläche:	2,8	m u. GOK	
Meßpunkthöhe:		m ü. GOK	
Grundwasserflurabstand:	4,00	m	
Grundwasserabstand ls (geschätzt):	1,2	m	

Durchlässigkeitsbeiwert ungesättigte Zone: $k_{f,u} = Q / (I * F)$ [m / s]

(= versickerungswirksamer Durchlässigkeitsbeiwert)

Versickerungsmenge pro Zeiteinheit: $Q = (F * dz) / dt$ [m³ / s]

Gefälle: $I = (ls + z) / (ls + z/2)$ [m / m]

Uhrzeit	**dt** [s]	**z** [m]	**dz** [m]	**Q** [m³ / s]	**I**	**kf,u*** [m / s]
12:00:00	0	0,65				
12:00:19	19	0,63	0,02	3,16E-03	1,208	8,71E-04
12:01:11	52	0,61	0,02	1,15E-03	1,203	3,20E-04
12:02:14	63	0,59	0,02	9,52E-04	1,197	2,65E-04
12:02:59	45	0,57	0,02	1,33E-03	1,192	3,73E-04
12:03:51	52	0,55	0,02	1,15E-03	1,186	3,24E-04
12:04:51	60	0,53	0,02	1,00E-03	1,181	2,82E-04
12:05:41	50	0,51	0,02	1,20E-03	1,175	3,40E-04
12:06:30	49	0,49	0,02	1,22E-03	1,170	3,49E-04
12:07:18	48	0,47	0,02	1,25E-03	1,164	3,58E-04
12:08:22	64	0,45	0,02	9,38E-04	1,158	2,70E-04
12:10:50	148	0,40	0,05	1,01E-03	1,143	2,96E-04
12:12:18	88	0,37	0,03	1,02E-03	1,134	3,01E-04
12:13:19	61	0,35	0,02	9,84E-04	1,127	2,91E-04
12:15:25	126	0,30	0,05	1,19E-03	1,111	3,57E-04
12:17:07	102	0,25	0,05	1,47E-03	1,094	4,48E-04

* pro Zeitabschnitt

z = Wasserdruckhöhe über der Versickerungsfläche

Durchlässigkeitsbeiwert für die Dimensionierung einer Versickerungsanlage

$k_{f,u}$ (bis z = 0,10 m) = 2,70E-04 m/s

vorgeschlagener Sicherheitsfaktor n = 2

anzusetzender Durchlässigkeitsbeiwert:

$k_f = 2 \times k_{f,u} / n$

$= 2 \times k_{f,u} / 2 = k_{f,u}$

k_f = 2,7E-04 m/s

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Auswertung Versickerungsversuch

Auftraggeber:	Stadt Stühlingen	Datum:	28.05.2015
Projekt:	Erschließung Gewerbegebiet "Sulzfeld", Stühlingen	GIW	5000

Versickerungsversuch:	**Schurf**	**V 2**	**Bemerkungen**
Länge des Schurfs L:	3,5	m	
Breite des Schurfs B:	2	m	
Versickerungsfläche F:	7	m²	
Tiefe der Versickerungsfläche:	2,7	m u. GOK	
Meßpunkthöhe:		m ü. GOK	
Grundwasserflurabstand:	4,00	m	
Grundwasserabstand ls (geschätzt):	1,3	m	

Durchlässigkeitsbeiwert ungesättigte Zone: $k_{f,u} = Q / (I * F)$ [m / s]

(= versickerungswirksamer Durchlässigkeitsbeiwert)

Versickerungsmenge pro Zeiteinheit: $Q = (F * dz) / dt$ [m³ / s]

Gefälle: $I = (ls + z) / (ls + z/2)$ [m / m]

Uhrzeit	**dt** [s]	**z** [m]	**dz** [m]	**Q** [m³ / s]	**I**	**kf,u*** [m / s]
13:00:00	0	0,29				
13:00:08	8	0,28	0,01	8,29E-03	1,097	1,08E-03
13:00:27	19	0,26	0,02	7,46E-03	1,091	9,77E-04
13:00:43	16	0,24	0,02	8,87E-03	1,085	1,17E-03
13:00:59	16	0,21	0,03	1,31E-02	1,075	1,74E-03
13:01:11	12	0,20	0,01	5,83E-03	1,071	7,78E-04
13:01:21	10	0,18	0,02	1,40E-02	1,065	1,88E-03
13:01:33	12	0,16	0,02	1,17E-02	1,058	1,58E-03
13:01:48	15	0,14	0,02	9,33E-03	1,051	1,27E-03
13:02:02	14	0,12	0,02	1,00E-02	1,044	1,37E-03
13:02:16	14	0,10	0,02	1,00E-02	1,037	1,38E-03
13:02:31	15	0,08	0,02	9,33E-03	1,030	1,29E-03

* pro Zeitabschnitt

z = Wasserdruckhöhe über der Versickerungsfläche

Durchlässigkeitsbeiwert für die Dimensionierung einer Versickerungsanlage

$k_{f,u}$ (bis z = 0,10 m) = 7,78E-04 m/s

vorgeschlagener Sicherheitsfaktor n = 2

anzusetzender Durchlässigkeitsbeiwert:

$k_f = 2 \times k_{f,u} / n$

$= 2 \times k_{f,u} / 2 = k_{f,u}$

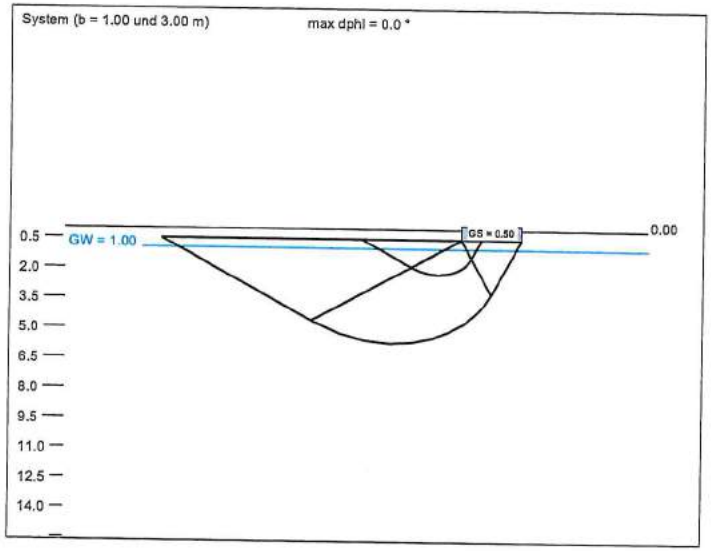
k_f = 7,8E-04 m/s

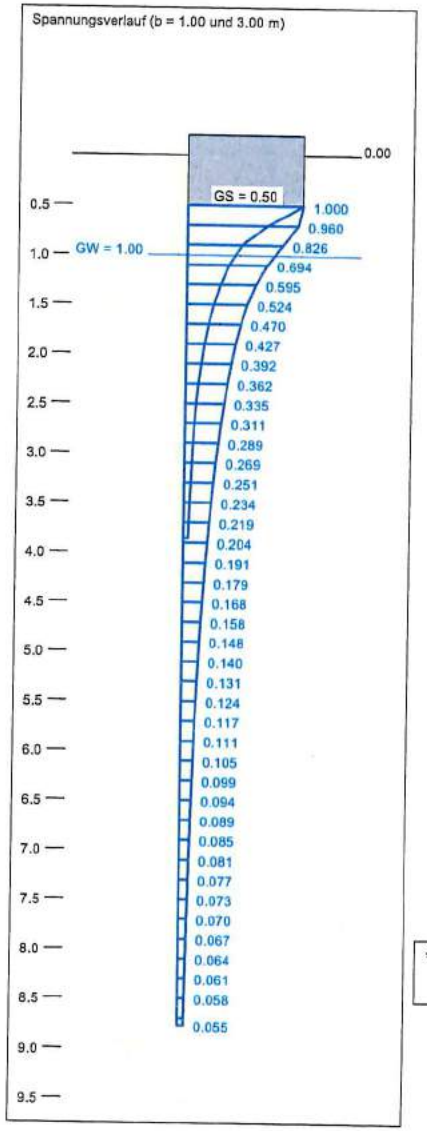
Diagramm zur Bemessung flachgegründeter quadratischer Einzelfundamente

Gründung in den Wutachschottern

Einbindetiefe t = 0,5 m

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	E_s [MN/m²]	ν [-]	Bezeichnung
	20.0	11.0	32.5	0.0	60.0	0.00	Wutachschotter





s [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{R,d}$ [kN]	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m²]	γ_s [kN/m³]	$\sigma_{\ddot{u}}$ [kN/m²]	$t_{\ddot{u}}$ [m]	UK LS [m]
1.00	1.00	380.3	380.3	266.9	0.32	32.5	0.00	14.69	10.00	3.86	2.23
1.20	1.20	397.4	572.2	278.9	0.40	32.5	0.00	14.13	10.00	4.39	2.58
1.40	1.40	414.3	812.0	290.7	0.48	32.5	0.00	13.72	10.00	4.91	2.93
1.60	1.60	431.1	1103.5	302.5	0.57	32.5	0.00	13.40	10.00	5.42	3.28
1.80	1.80	447.8	1450.9	314.3	0.67	32.5	0.00	13.15	10.00	5.91	3.62
2.00	2.00	464.5	1858.0	326.0	0.76	32.5	0.00	12.95	10.00	6.40	3.97
2.20	2.20	481.2	2328.9	337.7	0.87	32.5	0.00	12.78	10.00	6.88	4.32
2.40	2.40	497.8	2867.4	349.3	0.98	32.5	0.00	12.64	10.00	7.36	4.66
2.60	2.60	514.4	3477.6	361.0	1.09	32.5	0.00	12.52	10.00	7.84	5.01
2.80	2.80	531.1	4163.5	372.7	1.21	32.5	0.00	12.41	10.00	8.31	5.36
3.00	3.00	547.7	4928.9	384.3	1.33	32.5	0.00	12.32	10.00	8.77	5.70

zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{Gr,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{G,Q}) = \sigma_{Gr,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{Gr,k} / 1.99$ (für Setzungen)

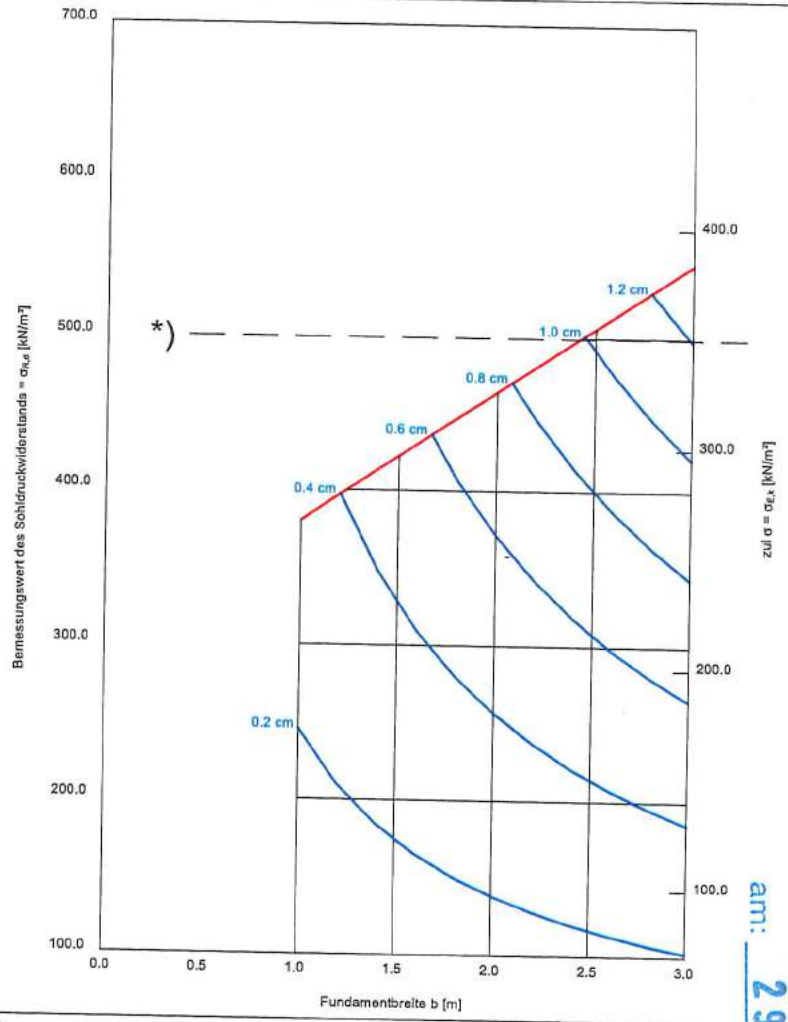
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

Geotechnisches Institut GmbH

Auftraggeber: Stadt Stühlingen

Projekt: Gewerbegebiet "Sulzfeld", Stühlingen

GIW-Nr.: 5000



*) Begrenzung des Bemessungswerts des Sohlwiderstands Sigma (R,d) = 500 kN/m² entspricht einer zulässigen Bodenpressung zul. Sigma = 350 kN/m²

Berechnungsgrundlagen:
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Einzelfundament (a/b = 1.00)
$\gamma_{R,v}$ = 1.40
γ_G = 1.35
γ_Q = 1.50
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
$\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
$\gamma_{(G,Q)}$ = 1.425
Gründungssohle = 0.50 m
Grundwasser = 1.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
Sohldruck
Setzungen

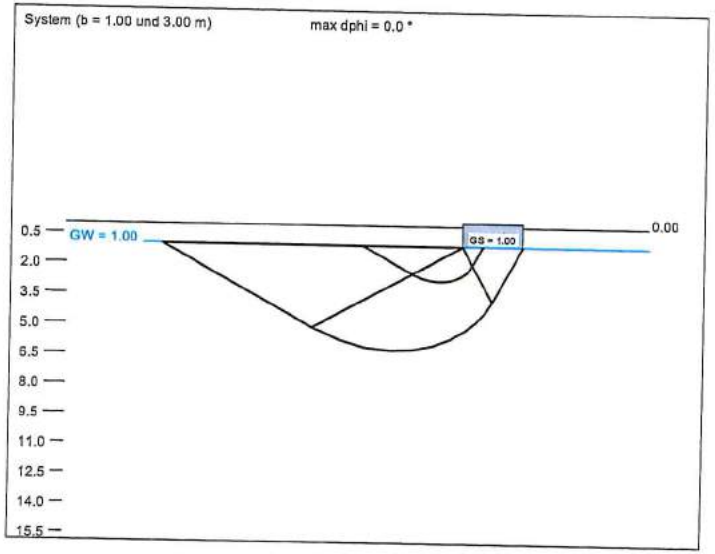
In Kraft getreten am: 29. Juni 2016

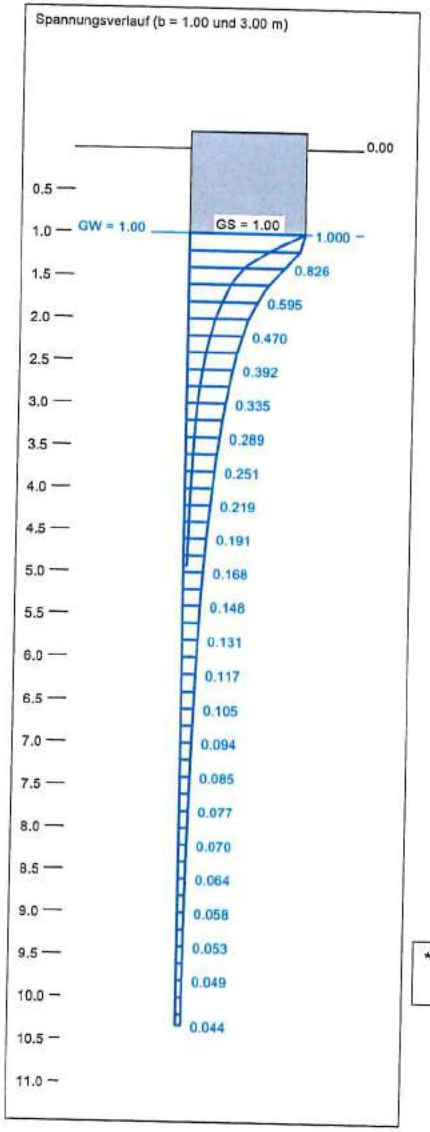
Diagramm zur Bemessung flachgegründeter quadratischer Einzelfundamente

Gründung in den Wutachschottern

Einbindetiefe t = 1,0 m

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	E_s [MN/m²]	ν [-]	Bezeichnung
	20.0	11.0	32.5	0.0	60.0	0.00	Wutachschotter





a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN]	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m²]	γ_z [kN/m³]	σ_0 [kN/m²]	l_φ [m]	UK LS [m]
1.00	1.00	622.5	622.5	436.9	0.54	32.5	0.00	11.00	20.00	4.93	2.73
1.20	1.20	639.1	920.3	448.5	0.66	32.5	0.00	11.00	20.00	5.53	3.08
1.40	1.40	655.6	1285.0	460.1	0.79	32.5	0.00	11.00	20.00	6.11	3.43
1.60	1.60	672.1	1720.7	471.7	0.92	32.5	0.00	11.00	20.00	6.67	3.78
1.80	1.80	688.7	2231.3	483.3	1.05	32.5	0.00	11.00	20.00	7.22	4.12
2.00	2.00	705.2	2820.7	494.9	1.19	32.5	0.00	11.00	20.00	7.76	4.47
2.20	2.20	721.7	3493.1	506.5	1.34	32.5	0.00	11.00	20.00	8.29	4.82
2.40	2.40	738.2	4252.3	518.1	1.49	32.5	0.00	11.00	20.00	8.81	5.16
2.60	2.60	754.8	5102.2	529.7	1.64	32.5	0.00	11.00	20.00	9.32	5.51
2.80	2.80	771.3	6047.0	541.3	1.80	32.5	0.00	11.00	20.00	9.83	5.86
3.00	3.00	787.8	7090.4	552.9	1.96	32.5	0.00	11.00	20.00	10.33	6.20

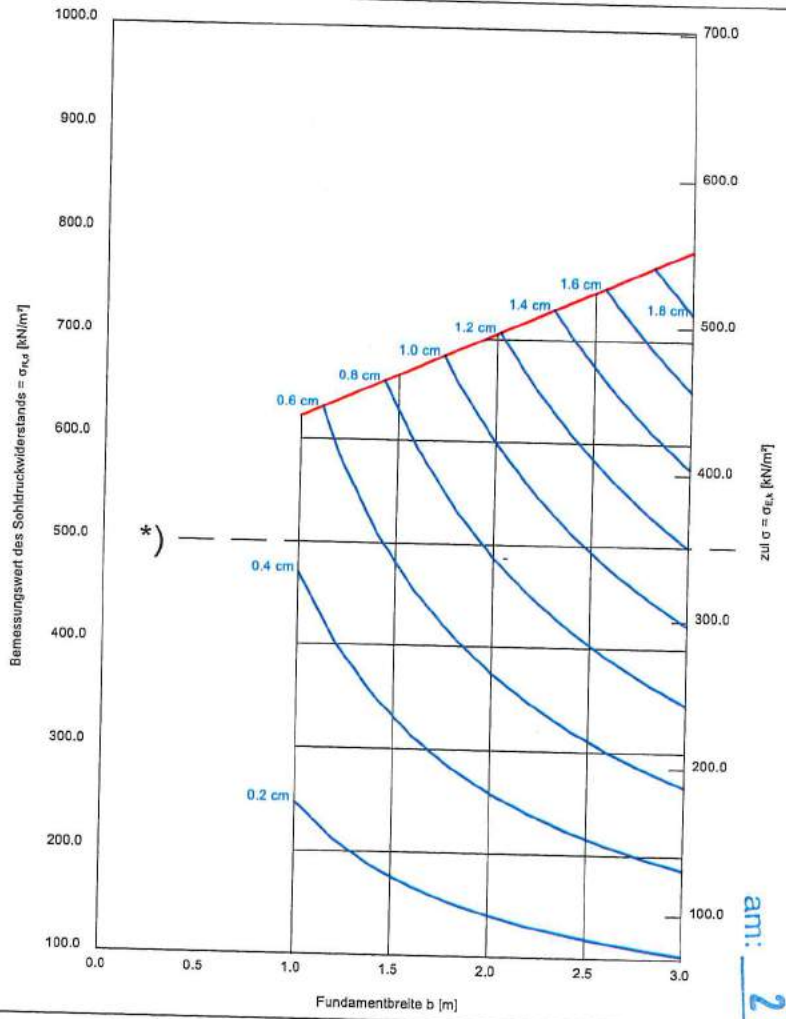
zul $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

Geotechnisches Institut GmbH

Auftraggeber: Stadt Stühlingen

Projekt: Gewerbegebiet "Sulzfeld", Stühlingen

GIW-Nr.: 5000



*) Begrenzung des Bemessungswerts des Sohlwiderstands Sigma (R,d) = 500 kN/m² entspricht einer zulässigen Bodenpressung zul. Sigma = 350 kN/m²

Berechnungsgrundlagen:
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Einzelfundament (a/b = 1.00)
$\gamma_{R,v}$ = 1.40
γ_G = 1.35
γ_Q = 1.50
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
$\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
$\gamma_{(G,Q)}$ = 1.425
Gründungssohle = 1.00 m
Grundwasser = 1.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
Sohldruck
Setzungen

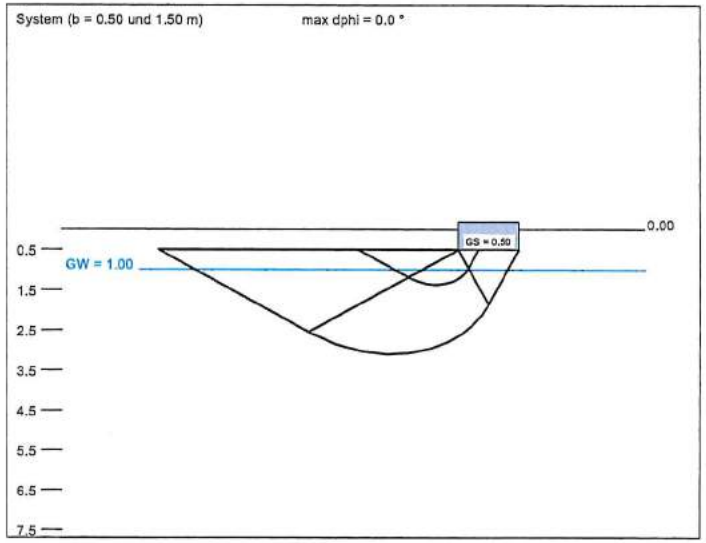
In Kraft getreten am: 29. Juni 2016

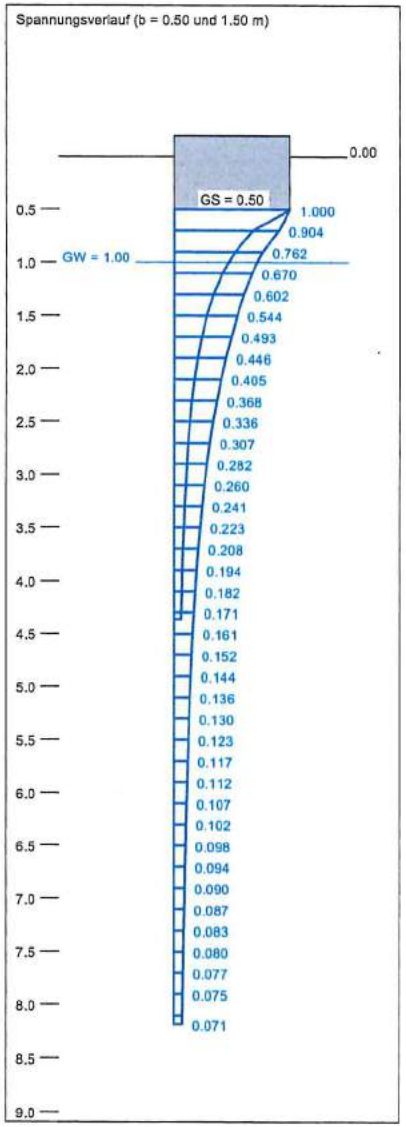
Diagramm zur Bemessung flachgegründeter Streifenfundamente

Gründung in den Wutachschottern

Einbindetiefe t = 0,5 m

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	E_s [MN/m²]	ν [-]	Bezeichnung
	20.0	11.0	32.5	0.0	60.0	0.00	Wutachschotter



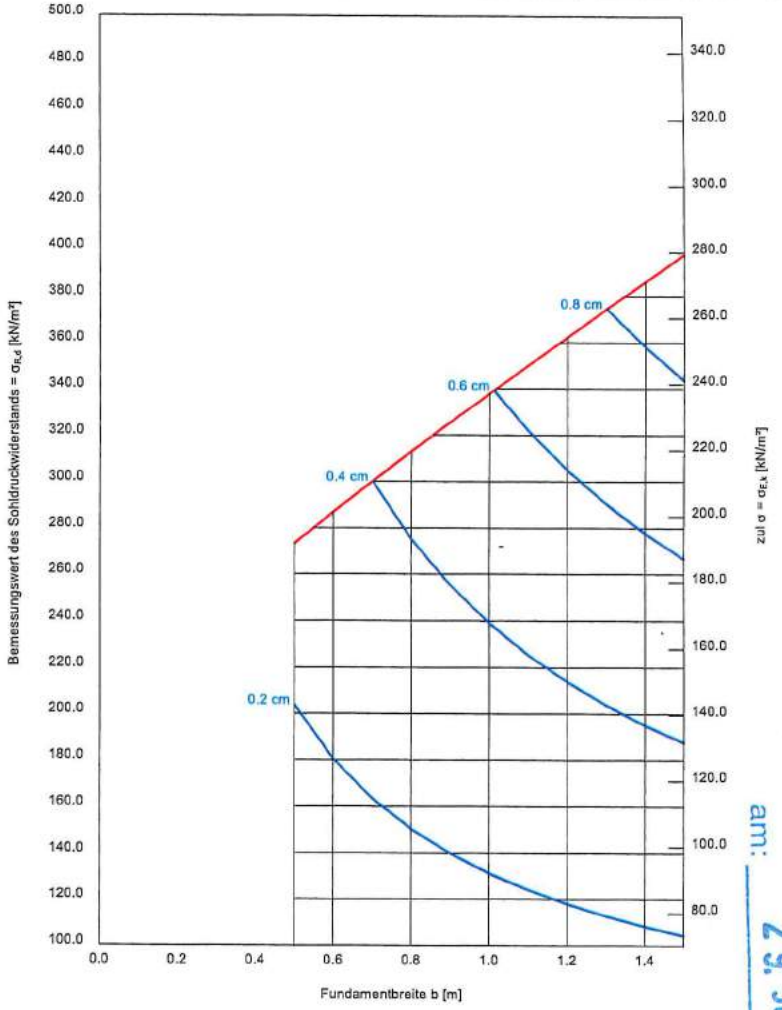


a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	zul σ/$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m²]	γ_2 [kN/m³]	σ_0 [kN/m²]	t_a [m]	UK LS [m]
10.00	0.50	273.2	136.6	191.7	0.28	32.5	0.00	17.57	10.00	4.36	1.37
10.00	0.60	286.9	172.1	201.3	0.34	32.5	0.00	16.70	10.00	4.82	1.54
10.00	0.70	300.1	210.1	210.6	0.40	32.5	0.00	16.03	10.00	5.25	1.71
10.00	0.80	312.9	250.4	219.6	0.46	32.5	0.00	15.49	10.00	5.66	1.89
10.00	0.90	325.6	293.0	228.5	0.53	32.5	0.00	15.05	10.00	6.06	2.06
10.00	1.00	338.0	338.0	237.2	0.59	32.5	0.00	14.69	10.00	6.44	2.23
10.00	1.10	350.3	385.3	245.8	0.66	32.5	0.00	14.39	10.00	6.81	2.41
10.00	1.20	362.4	434.9	254.3	0.73	32.5	0.00	14.13	10.00	7.17	2.58
10.00	1.30	374.4	486.7	262.7	0.80	32.5	0.00	13.91	10.00	7.51	2.75
10.00	1.40	386.3	540.8	271.1	0.87	32.5	0.00	13.72	10.00	7.85	2.93
10.00	1.50	398.1	597.2	279.4	0.94	32.5	0.00	13.55	10.00	8.18	3.10

zul σ = $\sigma_{E,k}$ = $\sigma_{d,k}$ / ($\gamma_{R,v}$ · $\gamma_{(G,Q)}$) = $\sigma_{d,k}$ / (1.40 · 1.43) = $\sigma_{R,k}$ / 1.99 (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

Geotechnisches Institut GmbH

Auftraggeber: Stadt Stühlingen
Projekt: Gewerbegebiet "Sulzfeld", Stühlingen
GIW-Nr.: 5000



Berechnungsgrundlagen:
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Streifenfundament (a = 10.00 m)
$\gamma_{R,v}$ = 1.40
γ_G = 1.35
γ_Q = 1.50
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
$\gamma_{(G,Q)}$ = 0.500 · γ_Q + (1 - 0.500) · γ_G

$\gamma_{(G,Q)}$ = 1.425
Gründungssohle = 0.50 m
Grundwasser = 1.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
Sohldruck
Setzungen

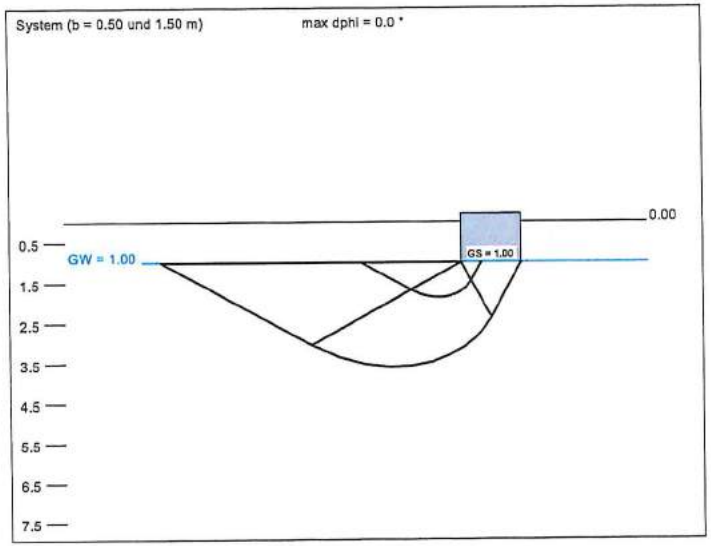
In Kraft getreten am: 29. Juni 2016

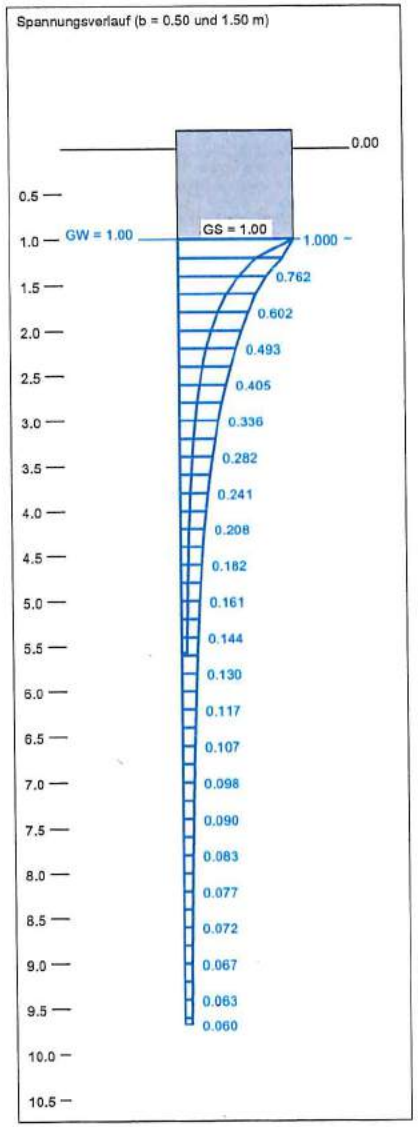
Diagramm zur Bemessung flachgegründeter Streifenfundamente

Gründung in den Wutachschottern

Einbindetiefe t = 1,0 m

Boden	γ [kN/m³]	γ' [kN/m³]	φ [°]	c [kN/m²]	E_s [MN/m²]	ν [-]	Bezeichnung
▭	20.0	11.0	32.5	0.0	60.0	0.00	Wutachschotter





a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	zul σ/$\sigma_{E,k}$ [kN/m²]	s [cm]	cal φ [°]	cal c [kN/m²]	γ_z [kN/m³]	σ ü [kN/m²]	t_s [m]	UK LS [m]
10.00	0.50	418.8	209.4	293.9	0.45	32.5	0.00	11.00	20.00	5.57	1.87
10.00	0.60	432.1	259.3	303.2	0.53	32.5	0.00	11.00	20.00	6.08	2.04
10.00	0.70	445.3	311.7	312.5	0.62	32.5	0.00	11.00	20.00	6.55	2.21
10.00	0.80	458.5	366.8	321.7	0.70	32.5	0.00	11.00	20.00	7.00	2.39
10.00	0.90	471.6	424.4	330.9	0.79	32.5	0.00	11.00	20.00	7.42	2.56
10.00	1.00	484.6	484.6	340.1	0.88	32.5	0.00	11.00	20.00	7.83	2.73
10.00	1.10	497.5	547.3	349.2	0.97	32.5	0.00	11.00	20.00	8.23	2.91
10.00	1.20	510.4	612.5	358.2	1.06	32.5	0.00	11.00	20.00	8.61	3.08
10.00	1.30	523.2	680.2	367.2	1.15	32.5	0.00	11.00	20.00	8.97	3.25
10.00	1.40	536.0	750.3	376.1	1.25	32.5	0.00	11.00	20.00	9.33	3.43
10.00	1.50	548.6	822.9	385.0	1.34	32.5	0.00	11.00	20.00	9.68	3.60

zul σ = $\sigma_{E,k}$ = $\sigma_{d,k}$ / ($\gamma_{R,v}$ · $\gamma_{(G,Q)}$) = $\sigma_{d,k}$ / (1.40 · 1.43) = $\sigma_{d,k}$ / 1.99 (für Setzungen)

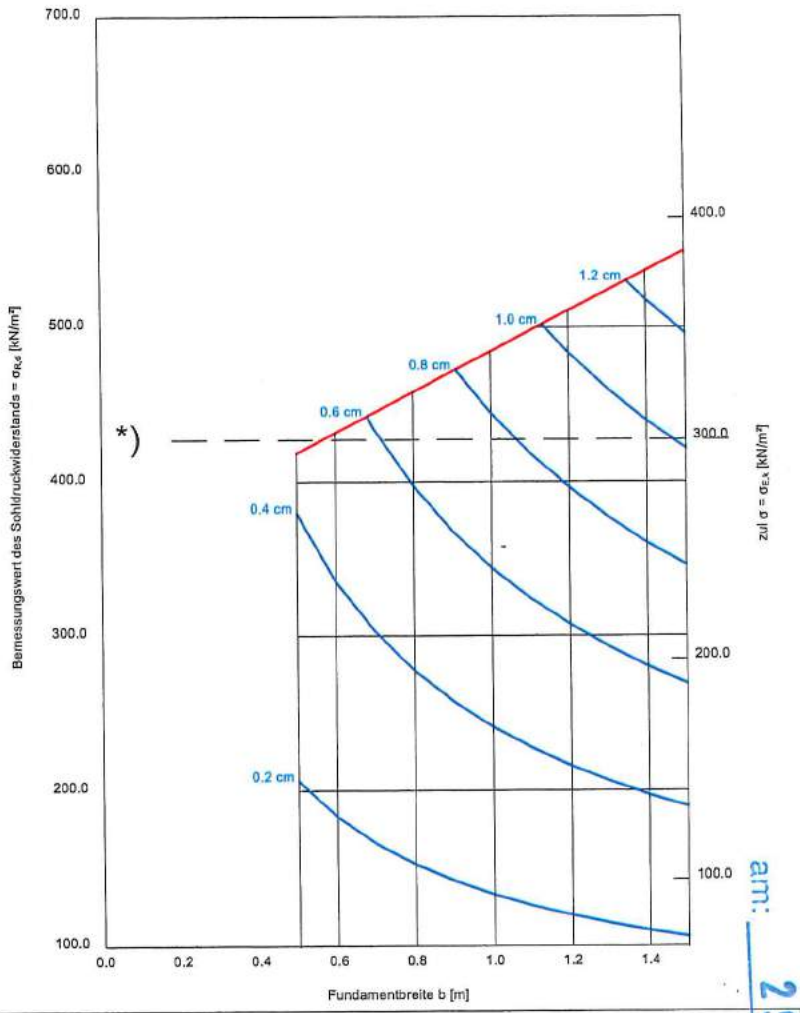
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

Geotechnisches Institut GmbH

Auftraggeber: Stadt Stühlingen

Projekt: Gewerbegebiet "Sulzfeld", Stühlingen

GIW-Nr.: 5000



*) Begrenzung des Bemessungswerts des Sohlwiderstands Sigma (R,d) = 430 kN/m² entspricht einer zulässigen Bodenpressung zul. Sigma = 300 kN/m²

Berechnungsgrundlagen:
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Streifenfundament (a = 10.00 m)
$\gamma_{R,v}$ = 1.40
γ_G = 1.35
γ_Q = 1.50
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
$\gamma_{(G,Q)}$ = 0.500 · γ_Q + (1 - 0.500) · γ_G
$\gamma_{(G,Q)}$ = 1.425
Gründungssohle = 1.00 m
Grundwasser = 1.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
Sohldruck
Setzungen

In Kraft getreten am: 29. Juni 2016

Erschließung Gewerbegebiet "Sulzfeld", Stühlingen

Geologische Einheit		S1/V1/S4-OB Oberboden	S1/V1/S4-DS Deck-schichten	S1/V1/S4-WuS Wutach-schotter	Zuordnungswerte VwV Boden Z 0	Z 0 Lehm/ Schluff	Z 0*	Z 1.1	Z 1.2	Z 2	Prüfwerte BBodSchV Industrie- und Gewerbe
Feststoff											
PAK (EPA)	mg/kg	0,210	0,038	nn	3	3	3	3	9	30	
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,010	<0,010	<0,010	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3	12
HKW (gesamt)	mg/kg	nn	nn	nn	1	1	1	1	1	1	
EOX	mg/kg	<0,50	<0,50	<0,50	1	1	1	1	3	10	
BTEX (ges.)	mg/kg	nn	nn	nn	1	1	1	1	1	1	
PCB (DIN)	mg/kg	nn	nn	nn	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5	40
KW-Index	mg/kg	<50	<50	<50	100	100	200	300	300	1000	
Cyanid (gesamt)	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050	-	-	-	3	3	10	100
Arsen	mg/kg	27	28	21	10	15	15	45	45	150	140
Blei	mg/kg	34	22	17	40	70	140	210	210	700	2000
Cadmium	mg/kg	0,53	0,43	0,32	0,4	1	1	3	3	10	60
Chrom (gesamt)	mg/kg	30	32	25	30	60	100	180	180	600	1000
Kupfer	mg/kg	23	13	12	20	40	80	120	120	400	
Nickel	mg/kg	21	21	16	15	50	70	150	150	500	900
Quecksilber	mg/kg	0,24	0,11	0,12	0,1	0,5	1,0	1,5	1,5	5	80
Zink	mg/kg	96	63	58	60	150	300	450	450	1500	
Thallium	mg/kg	<0,40	<0,40	<0,40	0,4	0,7	0,7	2,1	2,1	7	
Eluat											
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	79	64	18	250	250	250	250	1500	2000	
Chlorid	mg/l	<1,0	<1,0	<1,0	30	30	30	30	50	100	
Sulfat	mg/l	<1,0	<1,0	1,1	50	50	50	50	100	150	
Phenolindex	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0	20	20	20	20	40	100	
Arsen	µg/l	<10	<10	<10	-	-	14	14	20	60	
Blei	µg/l	<5	<5	<5	-	-	40	40	80	200	
Cadmium	µg/l	<0,5	<0,5	<0,5	-	-	1,5	1,5	3	6	
Chrom (gesamt)	µg/l	<5	<5	<5	-	-	12,5	12,5	25	60	
Kupfer	µg/l	<5	<5	<5	-	-	20	20	60	100	
Nickel	µg/l	<5	<5	<5	-	-	15	15	20	70	
Quecksilber	µg/l	<0,2	<0,2	<0,2	-	-	0,5	0,5	1	2	
Zink	µg/l	63	19	43	-	-	150	150	200	600	
Cyanide	µg/l				5	5	5	5	10	20	
Zuordnung		**Z 1.1**	**Z 1.1**	**Z 1.1**							

* VwV für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial (2007)
bis Z 0: Uneingeschränkter Einbau
bis Z 0: Uneingeschränkter Einbau
bis Z 1.1: Offener Einbau bei unempfindlicher Nutzung (GW-Flurabstand > 1 m)
bis Z 1.2: Offener Einbau in hydrogeologisch günstigen Gebieten (Deckschichtenmächtigkeit > 2 m); Erosionsschutz erforderlich
bis Z 2: Eingeschränkter Einbau mit technischen Sicherungsmaßnahmen (z.B. Kern von Lärmschutzwällen)

Anlage 7.1

Geotechnisches Institut
In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

SEWA
Laborbetriebs-
gesellschaft m.b.H.

Untersuchungsbericht

Untersuchungsstelle:	**SEWA GmbH** Laborbetriebsgesellschaft m.b.H Lichtstr. 3 45127 Essen Tel. (0201) 847363-0 Fax (0201) 847363-332
Berichtsnummer:	AU51845
Berichtsdatum:	11.06.2015
Projekt:	5000; Erschließung Gewerbegebiet Sulzfeld, Stühlingen
Auftraggeber:	Geotechnisches Institut GmbH Hauptstraße 398 79576 Weil am Rhein
Auftrag:	01.06.2015
Probeneingang:	01.06.2015
Untersuchungszeitraum:	01.06.2015 — 11.06.2015
Probenahme durch:	Auftraggeber/Gutachter
Untersuchungsgegenstand:	3 Feststoffproben

Andreas Görner
Laborleitung

Die Untersuchungen beziehen sich ausschließlich auf die eingegangenen Proben. Die auszugsweise Vervielfältigung des Untersuchungsberichtes ist ohne die schriftliche Genehmigung der SEWA GmbH nicht gestattet.

DAkkS
Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14519-01-00

Untersuchungsergebnisse

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

SEWA
Laborbetriebs-
gesellschaft m.b.H.

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
51845 - 1	S1/V1/S4-OB	
51845 - 2	S1/V1/S4-DS	
51845 - 3	S1/V1/S4-WuS	

- Untersuchungen im Königswasseraufschluß

		51845 - 1	51845 - 2	51845 - 3
Metalle				
Arsen	mg/kg	27	28	21
Blei	mg/kg	34	22	17
Cadmium	mg/kg	0,53	0,43	0,32
Chrom	mg/kg	30	32	25
Kupfer	mg/kg	23	13	12
Nickel	mg/kg	21	21	16
Quecksilber	mg/kg	0,24	0,11	0,12
Zink	mg/kg	96	63	58

- Untersuchungen im Salpetersäureaufschluß

Metalle				
Thallium	mg/kg	<0,40	<0,40	<0,40

Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsergebnisse

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

SEWA
Laborbetriebs-gesellschaft m.b.H.

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
51845 - 1	S1/V1/S4-OB	
51845 - 2	S1/V1/S4-DS	
51845 - 3	S1/V1/S4-WuS	

- Untersuchungen im Feststoff

		51845 - 1	51845 - 2	51845 - 3
pH-Wert	ohne	7,26	7,33	6,99
EOX	mg/kg	<0,50	<0,50	<0,50
Cyanid (ges.)	mg/kg	<0,050	<0,050	<0,050
KW-Index	mg/kg	<50	<50	<50
C10-C22	mg/kg	<50	<50	<50
C22-C40	mg/kg	<50	<50	<50
LHKW				
Dichlormethan	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025
Trichlormethan	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025
Tetrachlormethan	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025
Trichlorethen	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025
1,1,2-Trichlorethan	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025
Tetrachlorethen	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025
Chlorbenzol	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025
1,1,1,2-Tetrachlorethan	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025
Summe LHKW	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar	n. berechenbar
BTEX				
Benzol	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025
Toluol	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025
Ethylbenzol	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025
m/p-Xylol	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025
o-Xylol	mg/kg	<0,025	<0,025	<0,025
Summe BTEX	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar	n. berechenbar

e **Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.**

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Untersuchungsergebnisse

SEWA
Laborbetriebs-
gesellschaft m.b.H.

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
51845 - 1	S1/V1/S4-OB	
51845 - 2	S1/V1/S4-DS	
51845 - 3	S1/V1/S4-WuS	

		51845 - 1	51845 - 2	51845 - 3
PAK nach US EPA				
Naphthalin	mg/kg	0,051	<0,010	<0,010
Acenaphthylen	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010
Acenaphthen	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoren	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010
Phenanthren	mg/kg	0,014	<0,010	<0,010
Anthracen	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010
Fluoranthen	mg/kg	0,037	0,010	<0,010
Pyren	mg/kg	0,023	<0,010	<0,010
Benzo(a)anthracen	mg/kg	0,014	<0,010	<0,010
Chrysen	mg/kg	0,028	0,012	<0,010
Benzofluoranthene	mg/kg	0,030	0,016	<0,010
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,010	<0,010	<0,010
Dibenz(ah)anthracen	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010
Benzo(ghi)perylen	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010
Indeno(123-cd)pyren	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010
Summe PAK n. US EPA	mg/kg	0,21	0,038	n. berechenbar
Summe PAK n.TrinkwV	mg/kg	0,030	0,016	n. berechenbar
PCB nach DIN				
PCB 28	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010
PCB 52	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010
PCB 101	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010
PCB 138	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010
PCB 153	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010
PCB 180	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010
Summe PCB n. DIN	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar	n. berechenbar
Summe PCB n. AltÖlV	mg/kg	n. berechenbar	n. berechenbar	n. berechenbar

Die Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

Untersuchungsergebnisse

SEWA
Laborbetriebs-
gesellschaft m.b.H.

Labornummer	Ihre Probenbezeichnung	Probenentnahme
51845 - 1	S1/V1/S4-OB	
51845 - 2	S1/V1/S4-DS	
51845 - 3	S1/V1/S4-WuS	

- Untersuchungen im Eluat

		51845 - 1	51845 - 2	51845 - 3
pH-Wert	ohne	8,60	8,46	8,48
Elektr. Leitfähigkeit	µS/cm	79	64	18
Chlorid	mg/l	<1,0	<1,0	<1,0
Sulfat	mg/l	<1,0	<1,0	1,1
Cyanid (ges.)	mg/l	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Phenolindex	mg/l	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Metalle				
Arsen	mg/l	<0,010	<0,010	<0,010
Blei	mg/l	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Cadmium	mg/l	<0,00050	<0,00050	<0,00050
Chrom	mg/l	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Kupfer	mg/l	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Nickel	mg/l	<0,0050	<0,0050	<0,0050
Quecksilber	mg/l	<0,00020	<0,00020	<0,00020
Thallium	mg/l	<0,0010	<0,0010	<0,0010
Zink	mg/l	0,063	0,019	0,043

Untersuchungsergebnisse beziehen sich auf die Trockensubstanz.

Untersuchungsmethoden

In Kraft getreten
am: 29. Juni 2016

SEWA
Laborbetriebs-
gesellschaft m.b.H.

- Untersuchungen im Königswasseraufschluß

Aufschluß	DIN ISO 11466
Arsen	DIN EN ISO 11885
Blei	DIN EN ISO 11885
Cadmium	DIN EN ISO 11885
Chrom	DIN EN ISO 11885
Kupfer	DIN EN ISO 11885
Nickel	DIN EN ISO 11885
Quecksilber	DIN EN 1483
Zink	DIN EN ISO 11885

- Untersuchungen im Salpetersäureaufschluß

Aufschluß	VDI 3796-1
Thallium	VDI 3796-1

- Untersuchungen im Feststoff

Cyanid (ges.)	E DIN ISO 11262
EOX	DIN 38414 S17
KW-Index	E-DIN EN 14039
pH-Wert	DIN ISO 10390
LHKW	DIN ISO 22155
BTEX	DIN ISO 22155
PAK nach US EPA	LUA Merkblatt Nr. 1
PCB nach DIN	DIN 38414-S20

- Untersuchungen im Eluat

Chlorid	DIN EN ISO 10304-1
Cyanid (ges.)	DIN 38405 D7
DEV S4 Eluat	DIN 38414 S4
Elektr. Leitfähigkeit	DIN EN 27888
Phenolindex	DIN 38409 H37
Sulfat	DIN EN ISO 10304-1
pH-Wert	DIN 38404 C5
Arsen	DIN EN ISO 11885
Blei	DIN EN ISO 11885
Cadmium	DIN EN ISO 11885
Chrom	DIN EN ISO 11885
Kupfer	DIN EN ISO 11885
Nickel	DIN EN ISO 11885
Quecksilber	DIN EN 1483
Thallium	DIN 38406 E26
Zink	DIN EN ISO 11885