

Geotechnisches Gutachten
(Geotechnischer Bericht nach DIN 4020 (GB))
ZUR
Erschließung des
Industrie- und Gewerbeparks „Turmfeld“
in
72213 Altensteig

Bauherr und Auftraggeber:

Stadt Altensteig
Rathausplatz 1
72213 Altensteig

Geotechnische Projektleitung:

Dipl.-Ing. (FH) Markus Katz
Vertretung Nagold

Erstattungsdatum:

18. Mai 2017

Aktenzeichen:

ALTTURM G01

Geschäftsführer:

PROF. DIPL.-GEOL. MATTHIAS HILLER
DIPL.-ING.(FH) MARKUS KATZ
DIPL.-ING.(FH) THOMAS BENZ
DIPL.-ING. CHRISTIAN RAUSER-HÄRLE
DIPL.-GEOL. FALK WINTEROLL

Vertretung Oberschwaben

PROF. DIPL.-ING. ROLF SCHRODI
DIPL.-ING. CHRISTIAN RAUSER-HÄRLE
Waldseer Str. 51 88400 Biberach
Tel.: 07351.47 400-30
Fax: 07351.47 400-29
E-Mail: bc@henkegeo.de

Vertretung Kirchheim/Teck

DIPL.-ING. (FH) THOMAS BENZ
Blumenstr. 19
73271 Holzmaden
Tel.: 0177.71 61 678
Fax: 0711.73 56 298
E-Mail: tb@henkegeo.de

Vertretung Nagold

DIPL.-ING. (FH) MARKUS KATZ
Haydnweg 10/1
72202 Nagold
Tel.: 0177.71 61 682
Fax: 0711.73 56 298
E-Mail: mk@henkegeo.de

Vertretung Schwarzwald-Baar

DIPL.-ING. (FH) ACHIM FÖRSTER
Vor dem Hummelsholz 4
78056 VS-Schwenningen
Tel.: 07720.95 86-92
Fax: 07720.95 86-87
E-Mail: vs@henkegeo.de

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Auftrag	3
2. Unterlagen	3
3. Projektbeschreibung	4
4. Schutzgebietsausweisungen	5
5. Geologischer Überblick	5
6. Baugrunduntersuchungen	6
6.1 Schürfgrubenaufnahme	7
6.2 Schichtbeschreibung	7
7. Umweltrelevante Untersuchungen und deren Bewertung	9
8. Hydrogeologische Situation	10
9. Bodenmechanische Laborversuche	10
10. Homogenbereiche nach DIN 18300: 2015-08	11
11. Bodenkennwerte	13
12. Geländeprofilierung	14
12.1 Vorbereiten der Baufläche	14
12.2 Geländeauffüllung	14
12.3 Umweltauforderungen	15
12.4 Verdichtungsanforderung	16
13. Gewerbe- und Industriebebauung	17
13.1 Bauwerksgründung	17
13.2 Bodenplattengründung	17
13.3 Bauwerksdränagen und -abdichtungen	18
13.4 Erdbebensicherheit	18
14. Kanal- und Leitungsbau	19
14.1 Grabenaushub	19
14.2 Grabenverfüllung	20
15. Straßenbau	21
15.1 Dimensionierung Oberbau	21
15.2 Tragschichtaufbau	22
15.3 Bodenaustausch/Bodenverbesserung	22
15.3.1 Bodenaustausch	23
15.3.2 Bodenstabilisierung	24
16. Schlussbemerkungen	25

Verzeichnis der Anlagen:

Anlage	1	Lagepläne	
		1.1	Übersichtslageplan
		1.2	Lageplan der Untersuchungspunkte
Anlage	2	Schürfgruben	
		2.1.1 – 2.12.1	Schürfgrubenaufnahmen SG 1 bis SG 12
		2.1.2 – 2.12.2	Fotodokumentation
		2.13	Legende der verwendeten Signaturen und Abkürzungen
Anlage	3	Lageplan mit Darstellung der vereinfachten geologischen Profile GE/GI Salzgrube	
Anlage	4	Chemische Analysenergebnisse	
Anlage	5	Zusammenstellung der bodenmechanischen/-physikalischen Laborversuche	
Anlage	6	Konsistenzgrenzenbestimmungen	
Anlage	7	Punktlastversuche	
Anlage	8	Homogenbereiche	
		8.1	A 18300 (Auffüllung)
		8.2	B 18300 (Verwitterungslehm/-schicht)
		8.3	C 18300 (Jena-Formation muJ)
		8.4	D 18300 (Rötton-Formation soT)
		8.5	E 18300 (Plattensandstein-Formation soPI)

1. Auftrag

Die Stadt Altensteig plant die Erschließung des Industrie- und Gewerbeparks „Turmfeld“ in Altensteig-Egenhausen. In Zusammenhang mit der Erschließungsplanung wurde das Ingenieurbüro Henke und Partner GmbH (**HuP**) auf der Basis des Angebotes vom 07.02.2017 am 31.03.2017 beauftragt, entsprechende Baugrund- und Laboruntersuchungen auszuführen sowie ein Geotechnisches Gutachten zur Erschließung zu erstellen.

Im Vorfeld bzw. im Zuge der Erschließung ist ferner die Verfüllung einer natürlichen Geländemulde geplant. Das Gutachten soll daher zudem Vorgaben an mögliche Schüttmaterialien sowie Einbauanforderungen beinhalten, um eine spätere Überbauung mit üblichen Industriebauten und Verkehrswegen zu ermöglichen.

2. Unterlagen

Zur Bearbeitung standen uns folgende Unterlagen/Pläne zur Verfügung:

Fichtner Bauconsulting GmbH:

- [1] Bebauungsplan „Industrie- und Gewerbepark Turmfeld Altensteig-Egenhausen“, M 1:1.000, 17.03.2006
- [2] Bebauungsplan „Industrie- und Gewerbepark Turmfeld Altensteig-Egenhausen“, II Textteil Planungsrecht -, 17.03.2006

Ingenieurbüro Gaisser:

- [3] Industriepark Altensteig-Egenhausen, Lageplan mögliche Flächenauffüllung, M 1:1.000, 20.09.2016
- [4] Industriepark Altensteig-Egenhausen, Geländeschnitte, M 1:500, 20.09.2016
 - [4.1] Altensteig, IPAE Auffüllung, 10,000 – 70,000
 - [4.2] Altensteig, IPAE Auffüllung, 80,000 – 140,000
 - [4.3] Altensteig, IPAE Auffüllung, 150,000 – 210,000
 - [4.4] Altensteig, IPAE Auffüllung, 220,000 – 260,000

Vermessungsbüro Michael Nothacker:

- [5] Industriegebiet Turmfeld, Lageplan der Untersuchungsstellen, M 1:1.500, 11.04.2017
- [6] Projekt im Industriegebiet Turmfeld, Erdmassen-Berechnungsplan, M 1:1.000, 13.12.2016

Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg:

- [7.1] Geologische Karte Blatt 7417, Altensteig, M 1:25.000, mit Erläuterungen, 1967
- [7.2] Digitale geologische Karte (<http://maps.lgrb-bw.de/?view=lgrb.adb>), Stand 12.01.2017
sowie diverse Leitungs- und Kanalpläne.

3. Projektbeschreibung

Der von der Stadt Altensteig und der Gemeinde Egenhausen als Zweckverband ausgewiesene Industrie- und Gewerbepark umfasst eine Fläche von rund 16 ha und soll südwestlich von Altensteig angesiedelt werden.

Die Erschließung des Baugebiets umfasst neben der geplanten Bebauung, das Anlegen neuer Zufahrtsstraßen. Die äußere Erschließung erfolgt über die südlich gelegene Ortsentlastungs- / Verbindungsstraße.

Das geplante Baugelände wird derzeit überwiegend als Grün-, untergeordnet als Ackerflächen genutzt. Das leicht hügelige Gelände weist im westlichen Drittel einen Hochpunkt auf und fällt von dort aus leicht in nördliche und südliche sowie stark in östliche Richtung ab. Die Geländehöhen verlaufen zwischen ca. 560,5 mNN und 579,5 mN.

Im Zuge der Bebauung soll das Gelände durch die Grundstückseigentümer profiliert werden. Lediglich die in der Osthälfte vorhandene Geländemulde soll für den Straßen- und Leitungsbau vorab weitläufig verfüllt werden (s. Abb. 1).

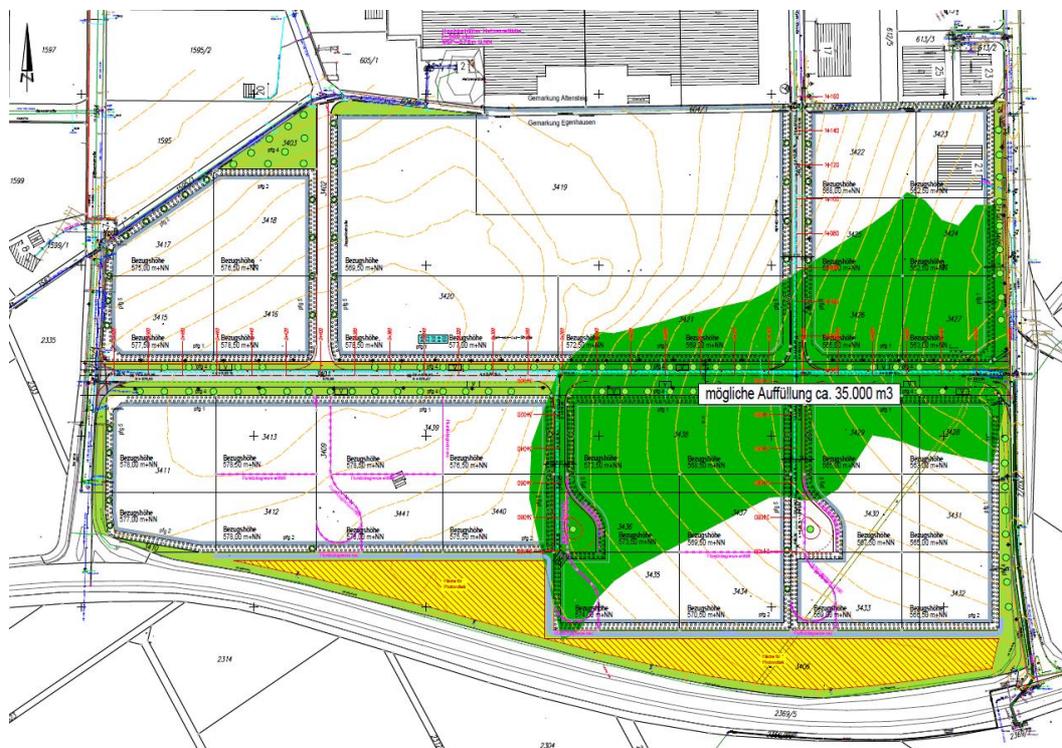


Abb. 1: Lageplan mögliche Flächenauffüllung [3], unmaßstäblich

Die größte Auffüllmächtigkeit liegt bei ca. 2,5 m etwa mittig der Verfüllfläche. Die Auffüllung reicht damit auch in die zu bebauenden Grundstücke hinein, so dass eine qualifizierte Auffüllung der ca. 35.000 m³ Erdmassen sowie eine entsprechende Vorbereitung der aufzufüllenden Flächen für eine spätere Überbauung mit üblichen Industriebauten und den Verkehrswegen erforderlich sind.

Ein Übersichtlageplan zur generellen Lage des Erschließungsgebiets liegt als Anlage 1.1 bei, ein Lageplan, der die vorbeschriebene Planung zeigt, als Anlage 1.2.

4. Schutzgebietsausweisungen

Das geplante Erschließungsgebiet liegt außerhalb von ausgewiesenen oder fachtechnisch festgelegten Wasser- und Quellenschutzgebieten sowie außerhalb von Überschwemmungsgebieten bzw. dem Einfluss von Oberflächengewässern. Naturschutzrechtliche Schutzgebietsausweisungen sind uns nicht bekannt.

5. Geologischer Überblick

Altensteig liegt im östlichen Bereich des Schwarzwaldes, nahe dem Grenzgebiet zwischen dem Schwarzwald im Westen und dem süddeutschen Schichtstufenland im Osten. Bedingt durch die Anhebung des Schwarzwaldes fallen die am Ostrand des Schwarzwalds aufliegenden geologischen Schichten deutlich nach Osten hin ein. Dies hat einen relativ schnellen Wechsel, der an der Oberfläche ausstreichenden geologischen Schichten zur Folge, wobei das Alter der ausstreichenden Schichten generell nach Osten hin abnimmt.

Gemäß der geologischen Karte sind im Baufeld des Erschließungsgebietes die ältesten Schichten des Muschelkalks bzw. die Jena-Formation (muJ) (früher Wellenkalk-Formation) sowie die jüngsten Ablagerungen des Buntsandsteins, die Rötton-Formation (soT) sowie die Plattensandstein-Formation (soPI) zu erwarten. Die geologische Karte zeigt ferner, dass durch das Erschließungsgebiet eine Störungszone verläuft, deren Verlauf in etwa der südlichen Auffüllungsgrenze entspricht (s. Abb. 2).

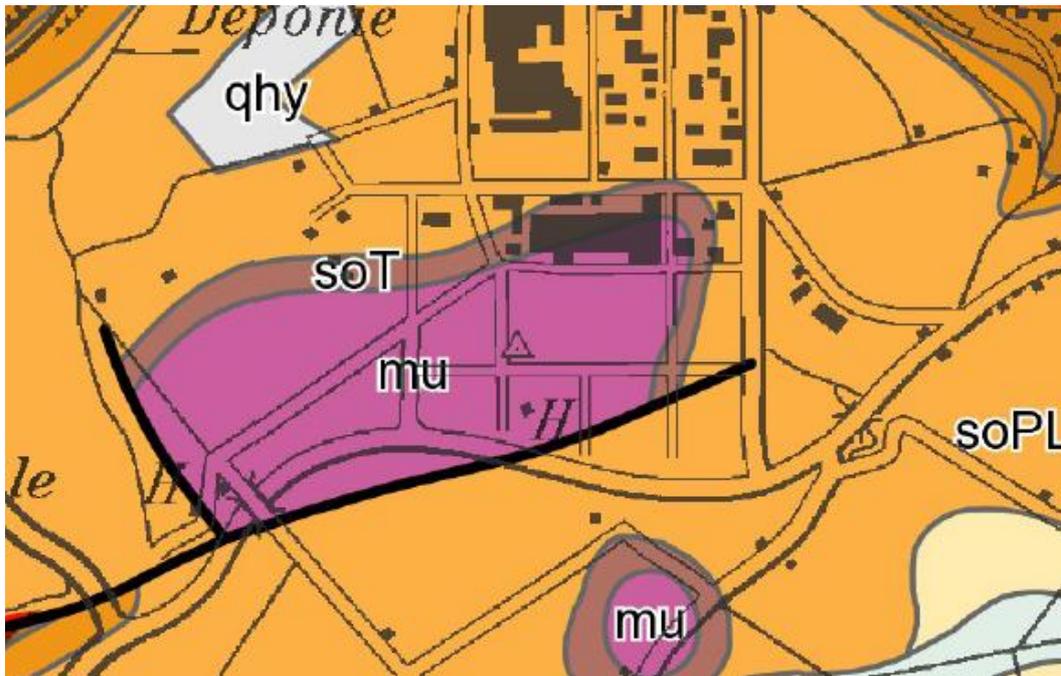


Abb. 2: Ausschnitt Geologische Karte [7.2], unmaßstäblich

Hier sind Ablagerungen der Jena-Formation gegen Plattensandsteinablagerungen versetzt. Die Sprunghöhen dieser ENE-WSW-streichende Störung beträgt >10 m. Durch die Lage in dieser Störungszone ist neben dem genannten Versatz mit Brüchen und Schichtverbiegungen zu rechnen.

Überlagert werden die genannten Ablagerungen in unterschiedlichem Maße von Verwitterungsmassen der jeweilig unterlagernden Schichten.

6. Baugrunduntersuchungen

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden am 04.04.2017 insgesamt 12 Schürfguben (SG 1 bis SG 12) angelegt. Acht Schürfguben (SG 1 – SG 5 und SG 10 – SG 12) wurden im Bereich der geplanten Straßen bzw. Leitungslagen angelegt, vier Schürfguben (SG 6 – SG 9) entlang des Tiefpunktes der Geländemulde. Die Ansatzpunkte wurden im Vorfeld der Gelandearbeiten durch das Vermessungsbüro Nothacker ausgepflockt und nach deren Lage und Höhe [5] eingemessen.

6.1 Schürfgrubenaufnahme

Die Schürfgruben wurden durch einen bauseits beauftragten Baggerunternehmer mit Tiefen zwischen 2,8 m und 3,2 m hergestellt.

Die Schürfgruben wurden im Beisein einer Diplom-Geologin von **HUP** angelegt und nach geologischen und bodenmechanischen Gesichtspunkten gemäß DIN EN ISO 14.688-1 aufgenommen und beschrieben. Die Schürfgruben wurden zudem fotografisch dokumentiert. Für bodenmechanische/-physikalische sowie chemische Laboruntersuchungen wurden vom frischen Bodenmaterial repräsentative Proben entnommen.

Die Schürfgrubenprofile mit zeichnerischer Darstellung in Anlehnung an die DIN 4023 sind als Anlage 2.1.1 bis 2.12.1 beigefügt, die fotografischen Dokumentationen liegen als Anlage 2.1.2 bis 2.12.2 bei. Eine Legende der hierbei verwendeten Signaturen und Abkürzungen ist der Anlage 2.13 zu entnehmen.

Die ca. 1-2 m breiten und ca. 3-4 m langen Schürfgruben wurden nach der Aufnahme mit dem Aushubmaterial durch den Bagger lagenweise verfüllt und mittels Baggerschaufel verdichtet. Eine definierte Verdichtung dieser Bereiche fand nicht statt. Die Verfüllung im Bereich geplanter Straßen, Leitungen, Kanälen oder Gebäuden ist deshalb in Abhängigkeit der geplanten Baumaßnahmen auszutauschen und durch geeignetes Material lagenweise aufzufüllen und fachgerecht zu verdichten.

6.2 Schichtbeschreibung

Anhand der Geländeuntersuchungen stellt sich die geologische Situation im Bereich des geplanten Erschließungsgebietes wie folgt dar:

Die Schichtenfolge beginnt im gesamten Erschließungsgebiet mit einem zwischen 0,2 m und 0,4 m mächtigen **Oberboden**.

Im Bereich der SG 9, welche im östlichen Bereich des Erschließungsgebiets nahe einem Durchlass unter der Turmfeldstraße angelegt wurde, waren bis in eine Tiefe von 1,7 m künstliche **Auffüllungen** heterogener Ausbildung vorhanden. Unter einem 0,4 m mächtigen und künstlich aufgebracht Oberboden folgen hier Sandstein- und Betonbrocken in einer bindig-sandigen Matrix weicher Konsis-

tenz. Zumeist weisen die Grobkomponenten einen Korn-zu-Korn-Kontakt auf, stellenweise überwiegt jedoch der bindig-sandige Anteil.

Zur Tiefe folgen allgemein **Verwitterungsschichten** des unterlagernden Muschelkalks oder des unterlagernden Buntsandsteins. Oberflächennah sind diese Schichten mehrheitlich bindig ausgebildet. Bei nahezu vollkommener Plastifizierung werden die Verwitterungsschichten als **Verwitterungslehme** bezeichnet.

Im Bereich der SG 1, SG 2, SG 4, SG 5 sowie SG 10 bei denen die Verwitterungslehme aus Resten der Muschelkalkdecke hervorgegangen sind, weisen diese eine beigebraun-graue Farbe auf und sind in unterschiedlichem Maße mit Dolomitbröckchen durchsetzt. Bereichsweise (SG 3 und SG 6) liegen diesen Verwitterungslehmen der Rötton- bzw. Plattensandstein-Formation auf. Sie zeichnen sich durch eine rotbraun-violette Farbe und eingelagerte Tonstein- oder Sandsteinbröckchen aus. Die Konsistenz der Verwitterungslehme reicht im Erschließungsgebiet von weich-steif über steif bis halb-fest bis halbfest.

Die Verwitterungsschichten reichen bis in Tiefen zwischen 0,6 m und 2,7 m im Bereich der Störungs-/Verwerfungszone.

Zur Tiefe folgen im nördlichen Bereich (SG 1 – SG 3) des Erschließungsgebietes (nördlich der Störungs-/Verwerfungszone) Ablagerungen der **Rötton-Formation** des Buntsandsteins. Es handelt sich hierbei um schluffige, teilweise feinsandige Tone und Tonsteine halbfest, halbfest-fester und fester Konsistenz. Die Tone/Tonsteine sind zumeist feinschichtig-schiefrig ausgebildet und besitzen vorwiegend eine rotbraune, untergeordnet auch grüngraue Farbe.

Die im östlichen Bereich des geplanten Erschließungsgebietes angelegten Schürfgaben (SG 4, SG 5 und SG 10) weisen zur Tiefe Ablagerungen der **Jena-Formation** des Muschelkalks auf. Es handelt sich hierbei um eine relativ dünnbankige Wechselfolge von beigebraun-grauen Dolomit- und Ton-/Schluffsteinen.

Südlich der Störungs-/Verwerfungszone (SG 6, SG 7, SG 11 und SG 12) liegen oben beschriebene Verwitterungsschichten Ablagerungen der **Plattensandstein-Formation** des Buntsandsteins auf.

Diese bestehen aus plattig-dünbankigen, oberflächennah zumeist mürben fein- bis mittelkörnigen Sandsteinen rotbraun-violetter Farbe.

Die im östlichen Bereich des Erschließungsgebietes angelegten Schürfguben SG 8 und SG 9 liegen unmittelbar im Bereich der **Störungs-/Verwerfungszone**. Demzufolge reichen die Verwitterungsschichten in eine große Tiefe und die Verwitterungslehme weisen eine relativ geringe Konsistenz auf. Unterlagert werden diese Ablagerungen von stark gestörtem Boden-/Felsmaterial, das keine gesicherte stratigraphische Zuordnung zulässt. Im Wesentlichen handelt es sich um Sandsteinbrocken in Kies- und Steingröße, die in einer tonig-schluffigen und feinsandigen Matrix schwimmen, bereichsweise auch einen Korn-zu-Korn-Kontakt aufweisen. Die Matrix weist eine weiche-steife, stellenweise auch steife Konsistenz auf. In den zugehörigen Schichtbeschreibungen werden diese Ablagerungen als Störungs-/Verwerfungszone bezeichnet.

Zur Verdeutlichung der beschriebenen geologischen Verhältnisse wurde ein Lageplan mit Darstellung der vereinfachten geologischen Profile erstellt, der dem Gutachten als Anlage 3 beiliegt.

7. Umweltrelevante Untersuchungen und deren Bewertung

Routinemäßig wurde das Baggergut einer sensorischen Prüfung unterzogen. Hierbei ergaben sich keine Hinweise auf Verunreinigungen.

Erfahrungsgemäß weisen jedoch sedimentäre Ablagerungen sowie deren Verwitterungsprodukte bereichsweise jedoch geogene Inhaltsstoffe auf, deren Konzentrationen zum Teil die Zuordnungswerte der „Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterials vom 14.03.2007“ (VwV) für unbelastetes Aushubmaterial übersteigen. Organoleptisch sind diese Parameter nicht wahrnehmbar, so dass von den entnommenen Proben schichtspezifische Mischproben erstellt wurden.

Von nachfolgenden Schichtgliedern (jeweils einschließlich deren Verwitterungsprodukten) wurden Mischproben (MP) erstellt:

- MP Jena-Formation
- MP Rötton-Formation
- MP Plattensandstein-Formation

Die Mischproben wurden unmittelbar nach deren Entnahme gekühlt und lichtgeschützt verwahrt zur ANALYTIK-TEAM GmbH verbracht und auf die Parameter o.g. VwV analysiert. Die detaillierten Analyseergebnisse liegen als Anlage 4 bei.

Die erstellten Mischproben weisen leicht erhöhte Arsen-Konzentrationen zwischen 24 mg/kg und 28 mg/kg, die zu einer Einstufung aller Mischproben bzw. sämtlicher Aushubböden in die Verwertungskategorie Z 1.1 führen.

8. Hydrogeologische Situation

Das Erschließungsgebiet liegt außerhalb eines Wasser- bzw. Quellschutzgebiets, so dass diesbezüglich keine gesonderten Anforderungen zu beachten sind.

Beim Anlegen der Schürfgruben konnten keine Wasserzutritte beobachtet werden. Die Durchlässigkeit der bindigen, quartären Deckschichten (Verwitterungslehm) ist generell als sehr gering einzustufen. Im Bereich der kiesig-steinig ausgebildeten Verwitterungsschichten können lokal geringfügige Schichtwasserführungen jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Als eigentlicher Grundwasserleiter fungieren die Ton-, Sandstein- und Dolomitbänke des unterlagernden Buntsandsteins bzw. Muschelkalks. Es handelt sich hierbei um Kluffgrundwasserleiter, in denen das Grundwasser in den Hohlräumen, die durch die Klüfte und Schichtflächen gebildet werden, zirkuliert.

9. Bodenmechanische Laborversuche

Für Laboruntersuchungen wurden vom frischen Aushubmaterial der Schürfgruben insgesamt

28 Becherproben (BP)

entnommen.

Zur Klassifizierung und Bestimmung der bodenmechanischen und bodenphysikalischen Eigenschaften der angetroffenen Bodenschichten wurden an den entnommenen Proben folgende Laboruntersuchungen durchgeführt:

23	-mal	Bestimmung des natürlichen Wassergehalts	DIN EN ISO 17892-1, Teil 1:2015-03
6	-mal	Bestimmung der Dichte des Bodens	DIN EN ISO 17892-2, Teil 1:2015-03
4	-mal	Bestimmung der Konsistenzgrenzen	DIN 18122
5	-mal	Ausführen eines Punktlastversuchs	Empfehlung Nr. 5 des Arbeitskreises 19 – Versuchstechnik Fels – der Dt. Gesellschaft für Erd- und Grundbau e.V.

Eine tabellarische Zusammenstellung der Ergebnisse liegt als Anlage 5 bei. Die Bestimmungen der Konsistenzgrenzen sind der Anlage 6 und die Ergebnisse der Punktlastversuche sind der Anlage 7 zu entnehmen.

Die Verwitterungslehmlagerungen gehören – je nach Ausgangsgestein - zu den leicht- (Bodenart TL), mittel- (Bodenart TM) oder ausgeprägt plastischen Tonen (Bodenart TA). Die Konsistenzen reichen von weich, über steif bis halbfest.

An fünf Tonstein-, Sandstein- und Dolomitsteinproben der Muschelkalk- und Buntsandsteinablagerungen wurden Punktlastversuche durchgeführt. Die aus den Punktlastversuchen abgeleiteten Druckfestigkeiten liegen lediglich zwischen 0,1 MN/m² und 0,2 MN/m² und verdeutlichen den zumeist recht mürben Charakter dieser Gesteine. Die bestimmten Trockendichten liegen zwischen 2,0 g/cm³ und 2,3 g/cm³.

10. Homogenbereiche nach DIN 18300: 2015-08

Die im Untersuchungsbereich aufgeschlossenen Böden können entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen anhand der Baugrunduntersuchung, den durchgeführten boden- und felsmechanischen Untersuchungen sowie allgemeine Erfahrung mit vergleichbaren Böden in nachfolgende Homogenbereiche nach DIN 18300 für Erdarbeiten eingeteilt werden:

Schicht	Erdarbeiten
Auffüllung	A 18300
Verwitterungslehm/-schicht und Störungs-/Verwerfungszone	B 18300
Jena-Formation (moJ)	C 18300
Rötton-Formation (soT)	D 18300
Plattensandstein-Formation (soPI)	E 18300

Die Angaben zu den einzelnen Homogenbereichen sind in Anlage 8.1 bis 8.5 aufgeführt. Die den Homogenbereich zugeordneten Sichtgrenzen können den Schürftgrubenprofilen entnommen werden.

Der im Bereich des Untersuchungsfeldes anstehende Oberboden ist vor Beginn der eigentlichen Erdarbeiten abzuschleppen und getrennt zu verwerten. Für Oberbodenarbeiten ist DIN 19731 maßgeblich.

Die aufgeführten Bodenparameter gelten ausschließlich zur Charakterisierung der anstehenden Böden hinsichtlich des Lösens, Förderns, Ladens und Transportierens sowie des Einbaus entsprechend den Zielsetzungen der VOB. Die Werte gelten ausdrücklich nicht für erdstatische Berechnungen und sonstige Bemessungen.

Die in den genannten Anlagen angegebenen Werte sind nur z.T. durch Laboruntersuchungen direkt bestimmt worden. Andere Angaben beruhen auf Erfahrungen mit vergleichbaren Böden und Schätzungen, wodurch Abweichungen zu den tatsächlichen Werten nicht auszuschließen sind. Für eine Präzisierung wären zusätzlich weitere Laboruntersuchungen erforderlich. Bei Bedarf wird um Mitteilung gebeten.

Statt der bisher allgemein definierten „Bodenklassen“ sind seit 2015 in den Normen der VOB/C die projektspezifisch zu definierenden „Homogenbereiche“ gültig. Gemäß VOB/C-2015 sind Homogenbereiche individuell auf das entsprechende Verfahren für den Erdbau und für alle Verfahrenstechniken des Spezialtiefbaus anzuwenden und festzulegen. Für die einzelnen Bauverfahren sind die geotechnischen Parameter unterschiedlich. Die Festlegung von Homogenbereichen ist mittels vorgeschriebener geotechnischer Kenngrößen mit anwendungsgerechten Bandbreiten zu parametrisieren. Diese Bestimmung erfordern gezielte Feld- und Laboruntersuchungen erheblichen Umfangs, die für die

Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung nicht oder nicht in gleicher Weiser notwendig sind. Weiterhin können diese Angaben zweckmäßige erst nach Beendigung der Planung und Festlegung der Verfahrenstechnik gezielt vorgenommen werden.

11. Bodenkennwerte

Für erdstatische Berechnungen können nachfolgende Bodenkennwerte als charakteristische Bodenkennwerte nach Eurocode 7 angesetzt werden. Die Boden- bzw. Berechnungskennwerte sind auf der Grundlage der Geländeaufnahmen, den durchgeführten Laboruntersuchungen sowie allgemeinen Erfahrungen mit vergleichbaren Böden festgelegt worden.

Tabelle: Charakteristische Bodenkennwerte

Bodenschichten	Wichte γ_k [kN/m ³]	Wichte u. Auftrieb γ'_k [kN/m ³]	Reibungs- winkel φ_k [°]	Kohäsion c_k [kN/m ²]	Steife- modul $E_{s,k}$ [MN/m ²]
Auffüllung	19,5	-	25 (22,5 – 30,0)	5 (0 - 10)	5 (5 - 20)
Verwitterungslehm/-schicht und Störungs-/ Verwerfungszone	19,5	-	27,5 (20 – 35)	7,5 (5 - 15)	8 (3 - 20)
Jena-Formation (muJ) Tonstein-Mergel-Dolomitstein- Wechselfolge	22	12	30 (25 - 35)	25 (15 - 50)	35 (20 - 80)
Rötton-Formation (soT) Ton-Tonstein-Schluffstein-Wechselfolge	21	11	27,5 (25 - 30)	15 (10 - 30)	30 (15 - 50)
Plattensandstein-Formation (soPI) Sandstein	22,5	12,5	35 (30 - 37,5)	30 (15 - 70)	50 (30 - 120)

() Schwankungsbreite der Bodenkenngrößen (z. B. für Grenzwertbetrachtungen)

12. Geländeprofilierung

Die vorliegende Erschließungsplanung sieht einen Geländeauftrag von bis zu 2,5 m im Bereich der Geländemulde vor. Der Auftrag erstreckt sich über die geplante Straße und die angrenzenden Grundstücke.

12.1 Vorbereiten der Baufläche

Der vorhandene Oberboden, durchwurzelte Böden und ungeeignete Auffüllungen sind vor der Überbauung bzw. einer Geländeprofilierung vollständig abzutragen. Zur Verringerung von Setzungen aus der Geländeauffüllung unter den Verkehrsflächen sind Böden mit geringerer Konsistenz als steif auszuräumen oder zu verbessern, da ansonsten mit langanhaltenden Setzungen zu rechnen ist. Insbesondere im Bereich der Störungs-/Verwerfungszone muss von einer tiefreichenden Verbesserung oder Austausch von Böden mit weicher und weich-steifer Konsistenz ausgegangen werden.

Die Verbesserungsmächtigkeit auf den Grundstücken ist von der geplanten Tiefenlage der Bodenplatte und den Anforderungen an die Verformungen abhängig. Die erforderlichen Maßnahmen können unter den vorliegenden Bedingungen nur im Zusammenhang mit der Gründungskonzeption für die Bodenplatte (siehe Ausführungen unter Kapitel 13.2 Bodenplattengründung) getroffen werden.

Zur Tragfähigkeitserhöhung der Aushubsohlen für den erforderlichen Geländeauftrag wird die Durchführung einer Bodenstabilisierung mit Bindemitteln empfohlen. Mit der Bodenstabilisierung wird auch die Witterungsempfindlichkeit der anstehenden Verwitterungslehm/-schicht reduziert.

12.2 Geländeauffüllung

Für die Geländeauffüllung können die im Zuge von Profilierungsarbeiten anfallenden natürlich anstehenden aus dem Erschließungsgebiet verwendet werden.

Mit Ausnahme der Plattensandstein-Formation und den tieferen Schichten der Rötton-Formation sind die anstehenden Ton/Tonsteine stark witterungsempfindlich. Mit den Böden der Jena- und geländenahe Rötton-Formation lassen sich beim Wiedereinbau zwar relativ hohe Tragfähigkeiten auch ohne Bindemittelzugabe erreichen, bei einem Wasserzutritt verwittern diese Böden jedoch schnell und verlieren an Tragfähigkeit. In der Folge treten Nachsetzungen an der Geländeoberfläche auf. Für eine

ausreichende Langzeitstabilität ist, wie für den Verwitterungslehm-/schicht eine Bindemittelzugabe vorzusehen. Die bindigen Böden der weich-steifen und steifen Verwitterungslehm-/schicht sind ohne eine Bindemittelstabilisierung nicht für einen qualifizierten Erdbau geeignet.

Die weniger verwitterten Böden (Konsistenz fest) aus dem tieferen Abtragshorizont der Rötton-Formation und die Böden der Plattensandstein-Formation sind im flächigen Einbau mit schweren Walenzügen (z.B. Stampffußwalze) zu verdichten, um eine ausreichende Zerkleinerung der dünnbankigen Sandsteine und Tonsteine für einen hohlraumfreien Einbau zu erhalten. Ohne diese Zerkleinerung beim Verdichten muss die Grobfraction des Aushub mittels Brecher aufbereitet werden.

Bei einer Geländeauffüllung mit Fremdmaterial eignen sich kornabgestufte (Kornabstufung $U \geq 15$), grobkörnige Schüttmaterial (z.B. Bodenart GW, GI) oder gemischtkörniges Schüttmaterial mit einem Korn-zu-Korn Kontakt der Grobkomponenten (z.B. Bodenart GU, GT mit Feinkornanteil $\leq 15\%$). In den außerhalb der Hallenflächen liegenden Einbaubereichen ist die Basis einer durchlässigen Schüttung zur Vermeidung von Staunässe zu entwässern. Bei einem Einbau von feinkörnigen oder gemischtkörnigen Böden (z.B. Bodenart TL, TM, GU*, GT*) ist eine Bodenstabilisierung mit Bindemittel, wie für das vor Ort vorhandene Bodenmaterial vorzusehen. Zur Begrenzung der erforderlichen Bindemittelzugabemenge sollten die Anlieferungsböden mindestens steife Konsistenz besitzen.

Die maximale Schütthöhe je Einbaulage ist auf das Schüttmaterial und das Verdichtungsgerät abzustimmen. Die verdichtete Schütthöhe sollte jedoch maximal 30 cm betragen.

12.3 Umweltauorderungen

Für den Geländeausgleich ist von einem Grundwasserabstand von über 1 m auszugehen. Die Hallen- und Verkehrsflächen werden weitgehend überbaut. Entlang der Straße sind allerdings Grünstreifen vorgesehen über die Oberflächenwasser versickern kann.

Nach der Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums Baden-Württemberg für die „Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial“ vom 14.03.2007 (nachfolgend als VwV bezeichnet) dürfen unter versiegelten Fläche Böden der Kategorie bis Z2 eingebaut werden. In Bereichen mit wasser-durchlässigen Oberflächen dürfen nur Böden der Kategorie Z0/Z1.1 antransportiert und eingebaut werden. In Bereichen ohne den 1 m Abstand zum Grundwasser dürfen nur Böden der Kategorie Z0

eingebaut werden. Zur Vermeidung von höheren Entsorgungskosten bei bauzeitlichen oder späteren Eingriffen in die oberflächennahen Auffüllungen empfehlen wir nur Lieferböden der Kategorie Z0/Z1.1 einzubauen. Im Bereich von Versickerungsanlagen empfehlen wir ausschließlich Böden der Kategorie Z0 einzubauen.

Bei einem großflächigen Einbau von Lieferböden begrenzt die VwV die Sulfatkonzentration in den Lieferböden, ohne eine spezifische grundwassereinzugsbezogene Frachtbetrachtung für das Gebiet, darüber hinaus auf 20 mg/l. Für den Nachweis der Einbaukonfiguration sind chemische Analysen je Einbaucharge, mindestens jedoch 1 Untersuchung je 1.000 t vorzulegen.

Die im Erschließungsgebiet anstehenden Böden besitzen alle eine erhöhte Arsenkonzentration die eine Einstufung in die Kategorie Z1.1 nach der VwV ergeben. Eine Umlagerung von Böden innerhalb des Erschließungsgebietes ist zulässig und führt daher nicht zu einer ungünstigeren Einstufung der aufgefüllten Flächen.

12.4 Verdichtungsanforderung

An die Verdichtung der Geländeauffüllung werden in Abhängigkeit von der Nutzung der überlagerten Flächen folgende Anforderungen an die einfache Proctordichte (D_{Pr}) gestellt:

unter Gebäuden mit Lastausbreitung unter 45°	$D_{Pr} \geq 100 \%$
unter Verkehrsflächen	
Aushubsohle bis 0,5 m unter Erdplanum	$D_{Pr} \geq 97 \%$
Erdplanum bis 0,5 m unter Erdplanum	$D_{Pr} \geq 100 \%$
unter Grünflächen	$D_{Pr} \geq 95 \%$

Die Mindesttragfähigkeit der Einbauböden wird mit $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ gefordert.

Sofern sich bodenabhängig aus dem geforderten Verdichtungsgrad höhere Anforderungen an die Tragfähigkeit ergeben (z.B. für grobkörnige oder gemischtkörnige Böden), sind diese einzuhalten. Die gestellten Anforderungen sind über Verdichtungs- und Tragfähigkeitsversuche zu überprüfen.

13. Gewerbe- und Industriebebauung

13.1 Bauwerksgründung

Die Gründungen können als Flachgründung über Einzel- und Streifenfundamente oder auch über elastisch gebettete Bodenplatten ausgeführt werden.

In den Schichten der Jena-, Rötton- und Plattensandstein-Formation können relativ hohe Bauwerkslasten abgetragen werden. Geringere Bauwerkslasten können auch in der Verwitterungslehm/-schicht mit mindestens steifer Konsistenz gegründet werden.

Der Bemessungswert des Sohldrucks $\sigma_{R,d}$ kann abhängig von den anstehenden Böden und deren Konsistenz in der Gründungssohle sowie von der Verformungsempfindlichkeit der Bauwerke für Vorbemessungen in nachfolgender Größenordnung angenommen werden:

Jena-, Rötton- und Plattensandstein-Formation	$\sigma_{R,d} \approx 500$ bis 700 kN/m^2
Verwitterungslehm/-schicht mindestens halbfest	$\sigma_{R,d} \approx 300$ bis 400 kN/m^2
Verwitterungslehm/-schicht mindestens steif	$\sigma_{R,d} \approx 250$ bis 300 kN/m^2

In Bereichen mit großen Verwitterungslehm/-schichtauflage oder Auffüllungen können Betonplomben bis auf tiefer liegenden Schichten mit höheren Tragfähigkeiten aus wirtschaftlichen Erwägungen oder/und zur Begrenzung der Setzungen sinnvoll sein.

Die generelle Fundamenteinbindung außenliegender Fundamente unter das Gelände sollte aus Gründen der Frostsicherheit mit mindestens 1 m unter Gelände gewählt werden. Bei einer Gründung in der Verwitterungslehm/-schicht wird zur Verminderung der Risiken aus Austrocknung (Schwinden) der mittel und ausgeprägt plastischen Tonböden eine Einbindung von mindestens 1,5 m unter Gelände empfohlen.

13.2 Bodenplattengründung

Abhängig von den Gebäudeabmessungen, der Gebäudeeinbindung und notwendigen Geländeprofilierung in dem Hanggelände können die Bodenplatten in verschiedenen Bodenhorizonten gründen. Die Verwitterungslehm/-schicht und der Bereich um die Störungs-/Verwerfungszone weist zum Teil deutlich geringere Steifigkeiten als die Böden der Jena-, Rötton- und Plattensandstein-Formation auf.

Für die nicht unterkellerten Industriebauten kann, insbesondere bei höheren Flächenlasten eine Bodenverbesserung oder ein Bodenaustausch zur Erzielung höherer Ausgangstragfähigkeiten und Verminderung von Setzungen notwendig sein. Vor einer Geländeauffüllung muss hierzu die vorhandene Verwitterungslehm/-schicht zumindest bis in den Bereich mit steif-halbfester Konsistenz verbessert werden. Mit größeren Verbesserungstiefen muss in dem Bereich der Störungs-/Verwerfungszone gerechnet werden. Alternativ könnten in solchen Bereichen mit geringerer Tragfähigkeit auch Tiefenverbesserungen (z.B. Rüttelstopfsäulen) oder freitragende Bodenplatten ausgebildet werden.

13.3 Bauwerksdränagen und -abdichtungen

Bei einer geringen Gebäudeeinbindung ist für erdberührte Bauteile mit zeitweilig zusickerndem Sicker- und Oberflächenwasser wie auch kapillar aufsteigendem Wasser zu rechnen. Es sind dann Abdichtungen nach DIN 18195-4 gegen Bodenfeuchte und nicht stauendes Wasser vorzusehen. Die Dränagemassnahmen sind unter Berücksichtigung der DIN 4095 „Dränung zum Schutz baulicher Anlagen“ vorzunehmen.

13.4 Erdbebensicherheit

Gemäß DIN 4149¹ - Bauten in deutschen Erdbebengebieten - sowie der Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg ergibt sich für das geplante Erschließungsgebiet folgende Zuordnung:

Tabelle: Erdbeben, Zuordnung des Bauvorhabens

Erdbebenzone	1	Intensitätsintervalle $6,5 \leq I \leq 7$ Bemessungswert der Bodenbeschleunigung $a_g = 0,4 \text{ m/s}^2$
Untergrundklasse	R	Gebiete mit felsartigem Gesteinsuntergrund
Baugrundklasse	B	mäßig verwitterte Festgesteine bzw. Festgesteine mit geringer Festigkeit Dominierende Scherwellengeschwindigkeiten liegen etwa zwischen 350 m/s und 800 m/s

¹ DIN 4149: 2005-04 – Bauten in deutschen Erdbebengebieten – Lastnahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten

14. Kanal- und Leitungsbau

14.1 Grabenaushub

Die anstehenden Böden können mittels Bagger weitgehend profilgerecht gelöst werden. In der Plattensandstein Formation muss mit einem geologisch bedingten Mehrausbruch des Sandsteins in den Grabenwänden und –sohlen zwischen 5 und 10 cm gerechnet werden.

Die Gräben können geböscht ausgeführt werden, wobei dadurch gegenüber verbauten Gräben größere Aushub- und Einbaumassen resultieren. Als Böschungswinkel werden bis 4 m Tiefe zugelassen:

Auffüllung	$\beta \leq 45^\circ$
Verwitterungslehm/-schicht und Störungs-/ Verwerfungszone	$\beta \leq 60^\circ$
Jena-Formation (muJ), Tonstein-Mergel-Dolomitstein-Wechselfolge	$\beta \leq 65^\circ$
Rötton-Formation (soT), Ton-Tonstein-Schluffstein-Wechselfolge	$\beta \leq 65^\circ$
Plattensandstein-Formation (soPl), Sandstein	$\beta \leq 70^\circ$

Die Angaben gelten auch unter der Voraussetzung eines mindestens 2 m breiten lastfreien Streifens hinter der Böschungskrone. Bei Zusatzlasten entlang der Böschungskrone oder größeren Böschungshöhen ist die Böschung abzuflachen bzw. ein rechnerischer Standsicherheitsnachweis zu führen.

Bei einer Ausführung in der nasskalten Jahreszeit müssen die Böschungsneigungen weiter verflacht werden, um der Gefahr des Ablösens von Erdschollen aus der Böschung durch Frost oder Wasserdruck entgegen zu wirken.

In senkrecht hergestellten Gräben sind die gängigen Grabenverbauplattensysteme bei Überschreitung der Aushubgrenze und Bedingungen für eine ungestützte Herstellung nach DIN 4124 Bild 2 (Aushubtiefe ab 1,25 m) einzusetzen.

Stehen in der Aushubsohle von Kanalgräben weiche Böden an sind diese bei geringer Mächtigkeit komplett auszutauschen. Bei größeren Mächtigkeiten wird empfohlen ein Schotterpaket (z.B. Schotter 0/80 mm oder 0/45 mm) in einer Mindestmächtigkeit von 30 cm unter der Leitungszone einzubauen und zu verdichten. Gegen das Erdreich ist ein Trennvlies einzulegen. Mit dem Schotterpaket wird eine

Tragfähigkeitssteigerung unter der Leitungszone erreicht, auf dem dann der Kanal verlegt und die geforderte Verdichtung des Verfüllmaterials erreicht werden kann.

14.2 Grabenverfüllung

Innerhalb der Kanal- und Leitungszone ist gering kompressibles, gut verdichtbares Material nach den Vorschriften der jeweiligen Leitungsbetreiber zu empfehlen. Hierunter fallen nichtbindige bis schwach bindige Böden mit den Bezeichnungen nach DIN 18196: GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST. Die Verdichtung in der Leitungszone darf nur mit leichtem Verdichtungsgerät erfolgen. In der Leitungszone müssen Verdichtungsgrade $D_{Pr} \geq 97\%$ erreicht werden.

Als Verfüllmaterial in der Verfüllzone werden nichtbindige bis schwachbindige Böden mit größerem Ton- und Schluffanteil mit den Bezeichnungen nach DIN 18196: GW, GI, GE, SW, SI, SE, GU, GT, SU, ST, GU*, GT*, SU*, ST* empfohlen. Die Mindestanforderungen an den Verdichtungsgrad D_{Pr} in Abhängigkeit des verwendeten Verfüllmaterials für Grabenverfüllungen unter befestigten Wegen sind der ZTVE-StB und ZTVA-StB zu entnehmen. Bei Einbau von bindigen Mischböden oder bindigem Material ist in den oberen 0,5 m bis zum Erdplanum der Straße eine Bindemittelzugabe zur Tragfähigkeitserhöhung der Böden vorzusehen, um die zusätzliche Anforderung an die Tragfähigkeit auf OK Erdplanum von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen.

Die im Baufeld anstehenden bindigen Böden des Verwitterungslehms und der der Verwitterungsschicht sind für den Wiedereinbau bei günstiger Konsistenz bzw. Aufbereitung geeignet. Bei einer Verwendung dieser bindigen Böden, muss dieser beim Einbau eine mindestens steife bis halbfeste Konsistenz ($I_c \geq 0,9$) aufweisen oder durch Bindemittelzugabe verbessert werden.

Die Böden der Wechselfolgen aus der Jena- und Rötton-Formation sind für einen Wiedereinbau in Gräben sehr gut geeignet. Bei einem geplanten Wiedereinbau der Sandsteine aus der Plattensandstein-Formation ist eine Aufbereitung der Sandsteine durch Brechen vorzusehen um diese in Gräben mit ausreichender Verdichtung einbauen zu können.

Die bindigen Böden und die Wechselfolgen sind sehr witterungsempfindlich. Durch Niederschläge oder bei unsachgemäßer Zwischenlagerung kann es zu einer erheblichen Verschlechterung der erd-

bautechnischen Eigenschaften für den Wiedereinbau kommen. Der Boden sollte daher möglichst unmittelbar nach dem Aushub wieder in den bereits hergestellten Grabenabschnitten eingebaut werden.

Das Verfüllmaterial ist lagenweise einzubauen und zu verdichten. Die Verfüllungen sind über Kontrollprüfungen auf die Einhaltung der geforderten Verdichtung bzw. Tragfähigkeit zu überwachen.

Die Eigensetzungen einer gut verdichteten Verfüllung liegen zwischen 0,2 bis 1 % der Schütthöhe. Das Eigensetzungspotential nimmt mit zunehmendem Anteil der Grobfraction ab. Bei einer grobkörnigen Schüttung sind die Eigensetzungen am geringsten.

15. Straßenbau

15.1 Dimensionierung Oberbau

Für den Aufbau der Verkehrsflächen wird die Anwendung der Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO) empfohlen.

Die Aufbauten der Verkehrsflächen sind in Abhängigkeit der Straßenkategorie und Belastungsklassen nach der RStO bzw. der Nutzung durch den Verkehrsplaner festzulegen. Nachfolgend sind auszugsweise Belastungsklassen aufgeführt:

Typische Entwurfssituationen nach RAST (Tabelle 2 der RStO)

Industriestraße	Bk3,2 bis Bk100
Gewerbestraße	Bk1,8 bis Bk100

Verkehrsflächen in Neben- und Rastanlagen (Tabelle 4 der RStO):

Schwerverkehr	Bk3,2 bis Bk10
Pkw-Verkehr einschließlich geringem Schwerverkehrsanteil	Bk0,3 bis Bk1,8

Abstellflächen (Tabelle 5 der RStO):

Schwerverkehr	Bk3,2 bis Bk10
Nicht ständig vom Schwerverkehr genutzte Flächen	Bk1,0/Bk1,8
Pkw-Verkehr (Befahren durch Fahrzeuge des Unterhaltungsdienstes möglich)	Bk0,3

Die Dicke des Straßenbaues ist so festzulegen, dass zum einen die Tragfähigkeit und zum anderen die Frostsicherheit gewährleistet sind. Bei nachstehenden Angaben wird vorausgesetzt, dass eine dauerhaft wirksame Planumsentwässerung vorhanden ist.

Das Baufeld liegt nach Bild 6 der RStO in der Frosteinwirkungszone II, so dass ein Zuschlag auf den Ausgangswert zur Bestimmung eines frostsicheren Straßenaufbaues nach Tabelle 7 von +5 cm vorzusehen ist. Die geländenah auf dem Erdplanum anstehenden Böden sind überwiegend der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zuzuordnen.

In Abhängigkeit der Belastungsklasse ergeben sich damit hinsichtlich der Frostsicherheit folgende Mindestaufbaumächtigkeiten:

Belastungsklasse	Frostempfindlichkeitsklasse	frostsichere Mindestdicke [cm]
Bk100 bis Bk10	F3	70
Bk3,2 bis Bk1,0	F3	65
Bk0,3	F3	55

15.2 Tragschichtaufbau

Für den Tragschichtaufbau wird ein korngestuftes, gebrochenes, frostunempfindliches Baustoffgemisch empfohlen, z.B. Schotter FSS/STS 0/45mm oder 0/56 mm, empfohlen. Der Einbau des Schotter hat lagenweise ($d \leq 30$ cm) bei einem Verdichtungsgrad $D_{Pr} \geq 103$ % zu erfolgen. Der Nachweis kann näherungsweise mittels statischen Plattendruckversuchen bei Einhaltung eines Verhältnswertes von $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,2$ erfolgen.

15.3 Bodenaustausch/Bodenverbesserung

Für das Niveau Erdplanum wird nach der ZTVE-StB eine Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45$ MN/m² gefordert. Dieser Wert ist einzuhalten, um mit dem weiteren Tragschichtaufbau die geforderte Tragfähigkeit auf OK Tragschicht erreichen zu können. In den oberflächennah anstehenden Böden sind aus Erfahrung folgende Tragfähigkeiten zu erwarten:

Verwitterungslehm/-schicht und Störungs-/ Verwerfungszone,

Konsistenz weich-steif	$E_{v2} \geq 8 \text{ MN/m}^2$
Konsistenz steif	$E_{v2} \geq 12 \text{ MN/m}^2$
Konsistenz steif-halbfest	$E_{v2} \geq 18 \text{ MN/m}^2$
Konsistenz halbfest	$E_{v2} \geq 25 \text{ MN/m}^2$

Die auf dem Erdplanum erforderliche Tragfähigkeit wird damit nicht erreicht. Es sind daher Bodenverbesserungs- oder Bodenaustauschmaßnahmen erforderlich.

Bei einem Abtrag bis auf die unterlagernden Böden der Jena-, Rötton- und Plattensandstein-Formation kann die geforderte Tragfähigkeit von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ erreicht werden.

Im Zuge der Bauausführung sind die Ausgangstragfähigkeiten mittels statischen Plattendruckversuchen festzustellen und eine Bodenverbesserung bzw. ein Bodenaustausch auf die erzielten Ergebnisse abzustimmen. Eine genauere Eingrenzung der Bodenaustauschmaßnahmen und Abschätzung der erreichbaren Tragfähigkeit, lässt sich über Versuchsfelder im Zuge der Bauausführung erreichen.

15.3.1 Bodenaustausch

Nachfolgende Tabelle gibt die erforderlichen Bodenaustauschmächtigkeiten in Abhängigkeit von Ausgangstragfähigkeiten wieder, um den auf Erdplanum geforderten E_{v2} Wert von 45 MN/m^2 erreichen zu können. Da aus der frostsicheren Mindestdicke bereits eine größere Tragschichtmächtigkeit erforderlich ist, wurde in der folgenden Tabelle auch die Tragschichtgesamtmächtigkeit Bodenaustausch und Tragschicht) in Abhängigkeit des auf der Tragschicht zu erreichenden E_{v2} Wertes ausgewiesen.

Ausgangstragfähigkeit des Baugrundes E_{v2} -Wert [MN/m ²]	5	10	15	20	30	40
erforderliche Bodenaustauschmächtigkeit für $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf OK Erdplanum [cm]	(60)	(40)	30	20	10	5
erforderliche gesamte Tragschichtmächtigkeit (Bodenaustausch und Tragschicht) für $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ auf OK Tragschicht [cm]	95	75	65	55	45	40
erforderliche gesamte Tragschichtmächtigkeit (Bodenaustausch und Tragschicht) für $E_{v2} \geq 150 \text{ MN/m}^2$ auf OK Tragschicht [cm]	105	85	75	65	55	50

(Die in Klammern gesetzten Werte wurden aus den Tabellenwerten aus dem Kommentar zur ZTVE von Floss extrapoliert.)

Bei einem Bodenaustausch mit korngestuftem Tragschichtmaterial (z.B. Körnung 0/45 mm) ist als Trennlage zum bindigen Baugrund ein geotextiles Vlies der Georobustheitsklasse 3 einzulegen.

15.3.2 Bodenstabilisierung

Statt eines Bodenaustauschs wird eine Bodenstabilisierung mit Bindemittel empfohlen. Die Bodenstabilisierung ist bei Ausgangstragfähigkeiten von $E_{v2} \geq 15 \text{ MN/m}^2$ mit einer Mindestmächtigkeit von mit 30 cm und bei geringeren Ausgangstragfähigkeiten mit 40 cm auszuführen. Für die Bodenstabilisierung wird die Zugabe eines Mischbindemittels mit 50 % Kalkanteil empfohlen. Als Mischbinder können z.B. folgende Produkte verwendet werden:

Dorosol C 50 der Fa. Georoc

Bodenbinder BB 500 der Fa. Schwenk

Die erforderliche Bindemittelzugabe ist über eine Eignungsprüfung zu ermitteln. Aus Erfahrung wird bei einer Verbesserung der anstehenden Böden die notwendige Zugabemenge im Mittel zwischen 2% und 3% bezogen auf die Trockenmasse abgeschätzt, um die gewünschten Tragfähigkeiten unter den Baustellenbedingungen bei den anstehenden Böden erreichen zu können. Damit wären Zugabemengen zwischen ca. 30 kg/m^3 bis 50 kg/m^3 erforderlich.

Die Bindemittelzugabe ist an die Witterungsverhältnisse des zu verbessernden Bodens zum Zeitpunkt der Ausführung anzupassen. Bei hohen Tragfähigkeitsanforderungen bzw. trockener Witterung muss unter Umständen Wasser zugegeben werden. Bei den anstehenden bindigen Böden ist auf eine gute Homogenisierung des Boden-Bindemittelgemisches zu achten. Es wird empfohlen, die Einarbeitung des Bindemittels mit einer Bodenfräse bei mindestens 2-facher Überfahrt durchzuführen.

Die Verdichtungsgeräte sind auf die Einbau-/ Verdichtungslagen abzustimmen. Die Verdichtungslagen sind im Bereich in der Regel und bei einem Geländeauftrag auf 30 cm zu begrenzen. Bei geringen Ausgangstragfähigkeiten des Erdplanums kann die unterste Bodenverbesserungs-/ Verdichtungslage mit 40 cm ausgeführt werden.

Als Verdichtungsgrad für die feinkörnigen, bodenstabilisierten Schichten sind mindestens 100% der optimalen Proctordichte ($D_{Pr} \geq 100 \%$) bei einem Luftporengehalt $n_a \leq 12\%$ zu erbringen. Der Nach-

weis kann näherungsweise mittels statischen Lastplattendruckversuchen ca. 1 Tag nach dem Einbau und Verdichtung über einen Verhältniswert ca. $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ als erbracht angesehen werden. Auf dem Planum ist in Anlehnung an die ZTVE-StB ein Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Bei Herstellung einer qualifizierten Bodenverbesserung (Bindemittelzugabe von $\geq 3\%$ bezogen auf die Trockenmasse des Bodens, Schichtdicke $\geq 25 \text{ cm}$, Verformungsmodul auf dem Erdplanum $E_{v2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$), kann der Untergrund in die Frostempfindlichkeitsklasse F2 eingestuft werden. In der Bemessung der Mindestdicke des frostsicheren Verkehrsflächenaufbaus können dann die Angaben für Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2 verwendet werden. Dadurch kann die für die Frostempfindlichkeitsklasse F3 ausgewiesene Mindestdicke um 10 cm reduziert werden.

16. Schlussbemerkungen

Die Ausführungen im Gutachten beruhen auf punktuell durchgeführten Aufschlüssen. Treten von den beschriebenen Baugrund- oder Grundwasserverhältnissen wesentliche Abweichungen auf, sind wir umgehend zu benachrichtigen.

Für den Erdbau (Kanal- und Straßenbau sowie Auffüllung) wird empfohlen, eine Fremdüberwachung, insbesondere bei Bodenverbesserungsmaßnahmen, zur Beratung, Prüfung (Tragfähigkeits- und Verdichtungskontrollen) und Qualitätssicherung mit einzuschalten. Eigenüberwachungsmaßnahmen der ausführenden Firma stellen erfahrungsgemäß keine verlässliche Qualitätskontrolle für die Bauherren dar.

Das vorliegende Gutachten stellt ein Übersichtsgutachten dar und ersetzt nicht eine detaillierte Begutachtung der Baugrundverhältnisse an den Einzelstandorten. Die vorliegenden Ergebnisse dienen der Vorbemessung und sind insbesondere hinsichtlich der Verformungsverträglichkeit (Fundament, Bodenplatte, Geländeauffüllung zu prüfen. Für die spätere Bebauung mit Einzelgebäuden sind bauwerksbezogene Erkundungen mit der nach DIN EN 1997-2 empfohlenen Aufschlusssdichte auszuführen.

Hinsichtlich weiterführender geotechnischer Fragestellungen und zusätzlicher Erkundungen sowie für die Fremdüberwachung oder eventuelle Rückfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

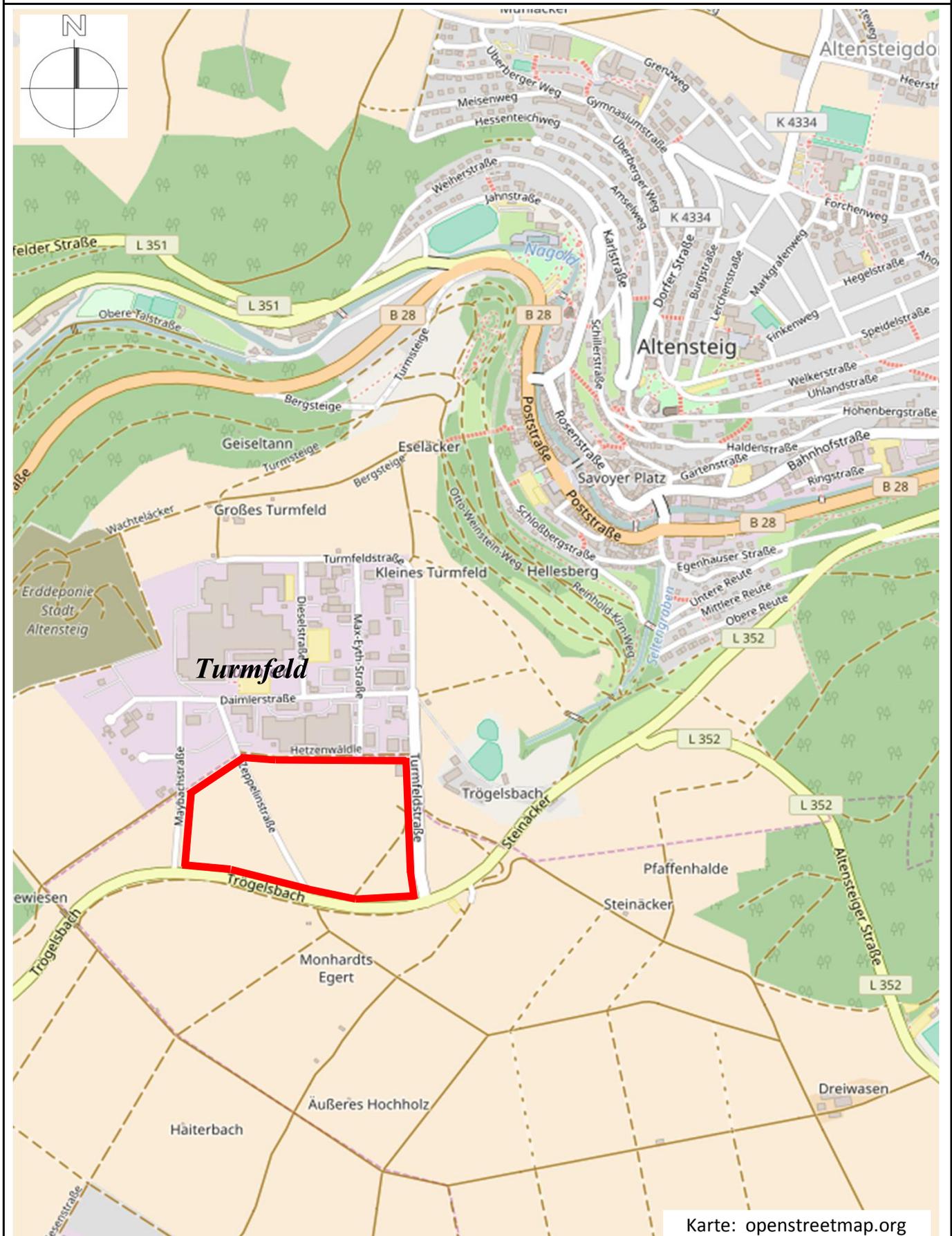


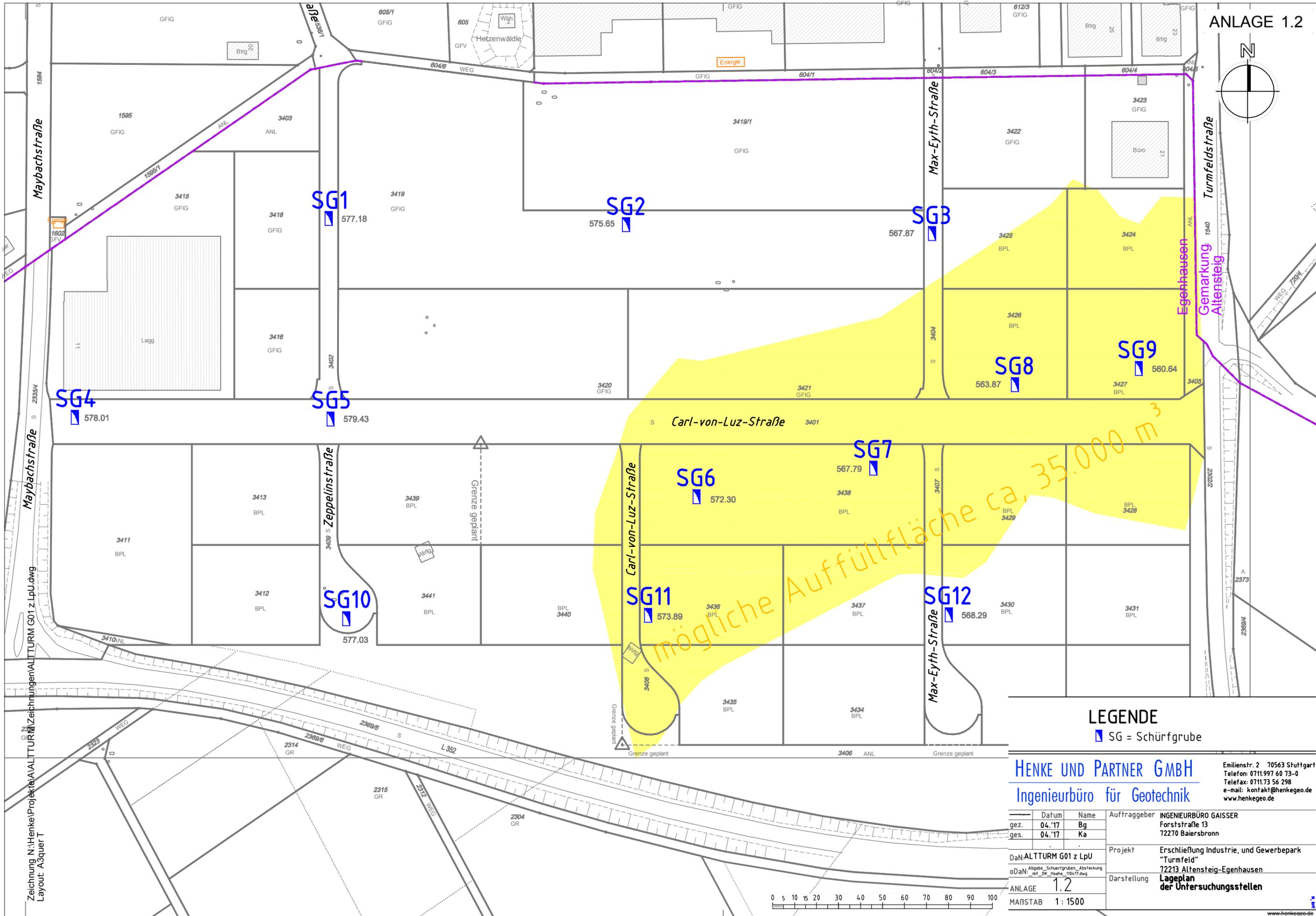
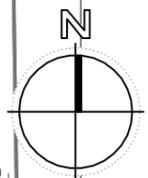
(Projektleitung + Geschäftsführer + P.)
Dipl.-Ing. (FH) Markus Katz



(Projektbearbeitung Geologie)
Dipl.-Geol. Gesine Wiltshko

Industrie- und Gewerbepark Turmfeld in 72213 Altensteig-Egenhausen,
Projekt: Trögelsbach, Maybachstr, Hetzenwäldle, Turmfeldstr, Zeppelinstr.

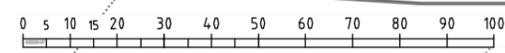




mögliche Auffüllfläche ca. 35.000 m³

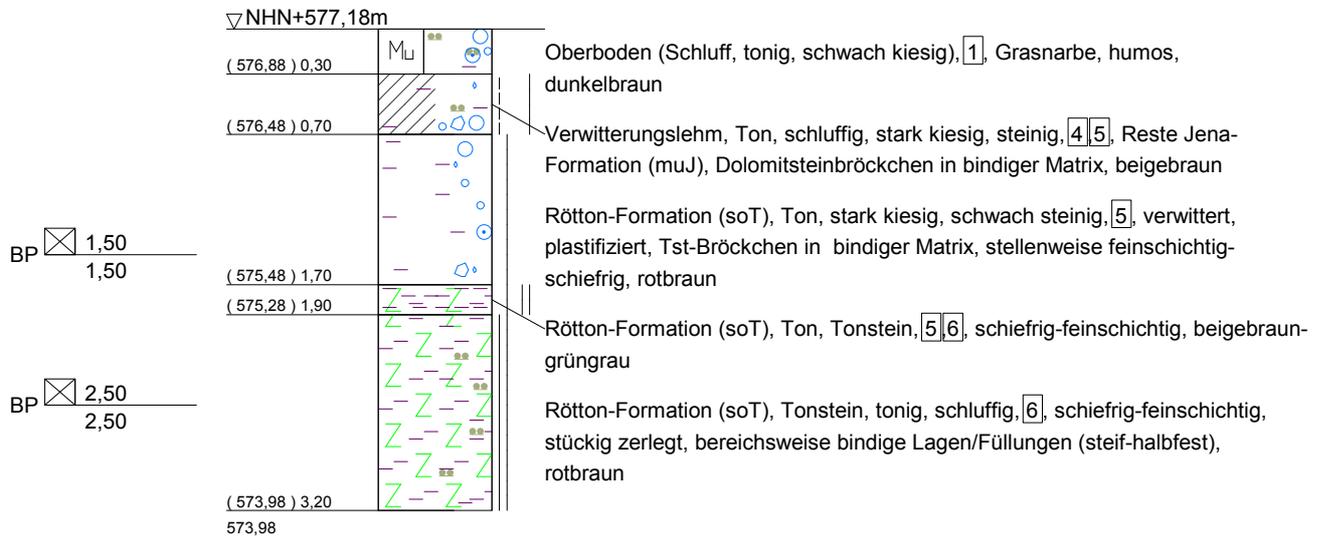
LEGENDE
 ■ SG = Schürfgrube

<p>HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik</p>		<p>Emilienstr. 2 70563 Stuttgart Telefon: 0711.997 60 73-0 Telefax: 0711.73 56 298 e-mail: kontakt@henkegeo.de www.henkegeo.de</p>
<p>gez. 04.'17 Bg ges. 04.'17 Ka</p>	<p>Datum Name 04.'17 Bg 04.'17 Ka</p>	<p>Auftraggeber INGENIEURBÜRO GAISSER Forststraße 13 72270 Baiersbronn</p>
<p>DaN:ALTTURM G01 z LpU oDaN: Abgabe_Schuerfgruben_Absteckung mit_OK_Hoeh_10477.dwg</p>		<p>Projekt Erschließung Industrie, und Gewerbebark "Turmfeld" 72213 Altensteig-Egenhausen</p>
<p>ANLAGE 1.2 MAßSTAB 1: 1500</p>		<p>Darstellung Lageplan der Untersuchungsstellen</p>



Zeichnung N:\Henke\Projekte\ALTTURM\Zeichnungen\ALTTURM G01 z LpU.dwg
 Layout: Asquert

SG 1



Bauvorhaben:
 Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig

Planbezeichnung:
 Schürfgrube (SG) 1

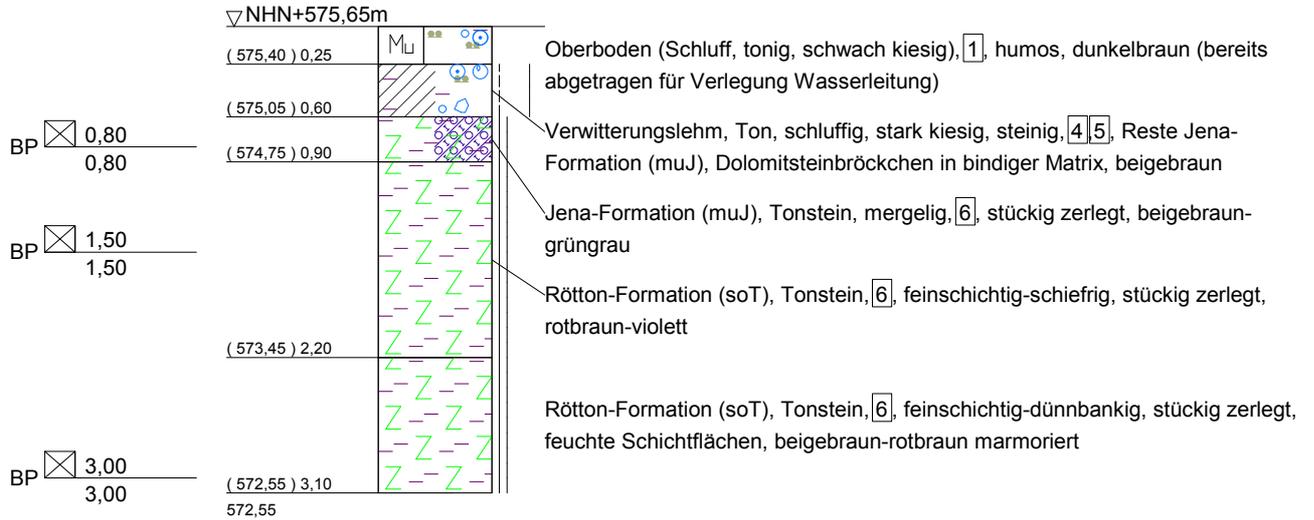
Plan-Nr: ALTTURM_SG1	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 73 33 35 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Dipl.-Geol. G. Wiltshcko Datum: 04.04.17
	Gezeichnet: Wi
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
Projekt-Nr: ALTTURM	

Projekt: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig



bearb.	Wi	gepr.		geseh.	
--------	----	-------	--	--------	--

SG 2



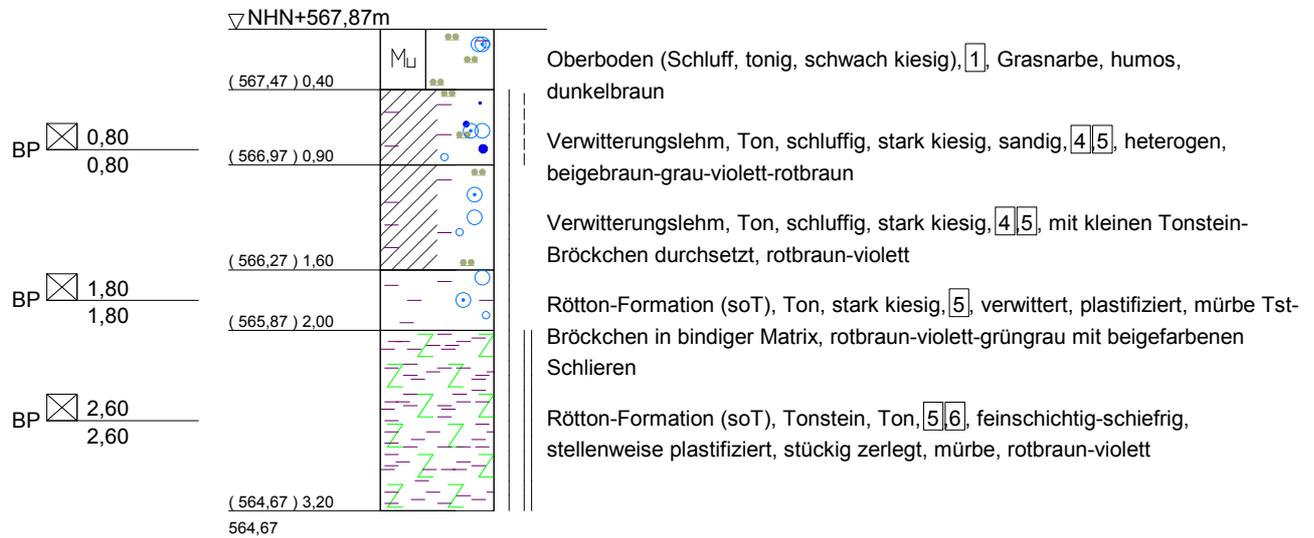
Bauvorhaben: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig	
Planbezeichnung: Schürfgrube (SG) 2	
Plan-Nr: ALTTURM_SG2	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 73 33 35 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Dipl.-Geol. G. Wiltshcko Datum: 04.04.17
	Gezeichnet: Wi
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
Projekt-Nr: ALTTURM	

Projekt: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig



bearb.	Wi	gepr.		geseh.
--------	----	-------	--	--------

SG 3



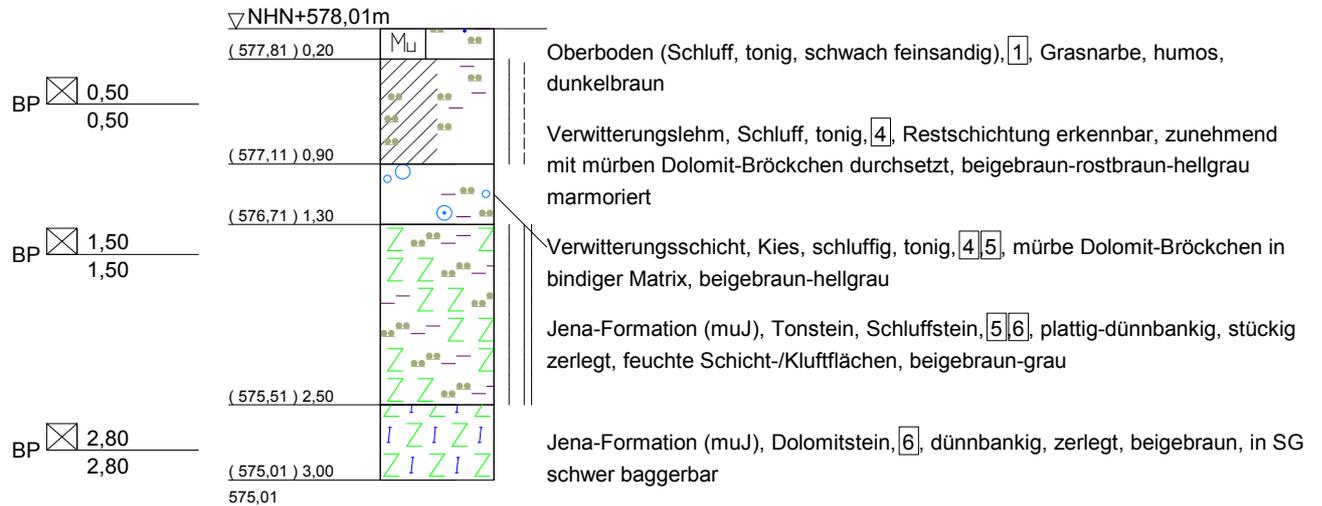
Bauvorhaben: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig	
Planbezeichnung: Schürfgrube (SG) 3	
Plan-Nr: ALTTURM_SG3	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 73 33 35 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Dipl.-Geol. G. Wiltshcko Datum: 04.04.17
	Gezeichnet: Wi
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
	Projekt-Nr: ALTTURM

Projekt: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig



bearb.	Wi	gepr.		geseh.
--------	----	-------	--	--------

SG 4



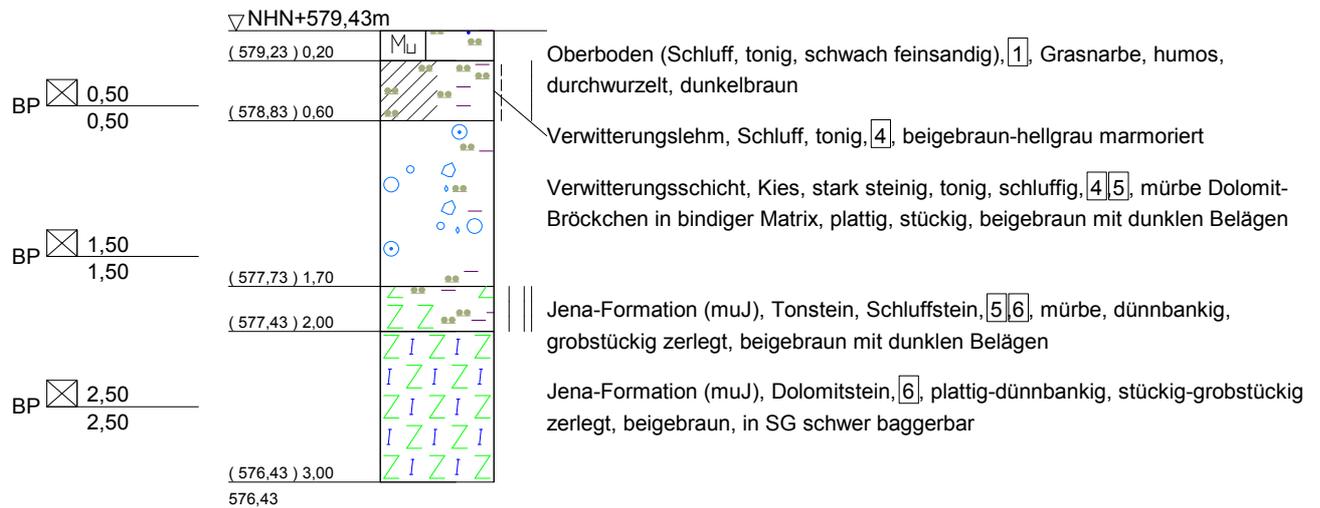
Bauvorhaben: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig	
Planbezeichnung: Schürfgrube (SG) 4	
Plan-Nr: ALTTURM_SG4	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 73 33 35 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Dipl.-Geol. G. Wiltshcko Datum: 04.04.17
	Gezeichnet: Wi
	Geändert:
	Gesehen:
Projekt-Nr: ALTTURM	

Projekt: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig



bearb.	Wi	gepr.		geseh.
--------	----	-------	--	--------

SG 5



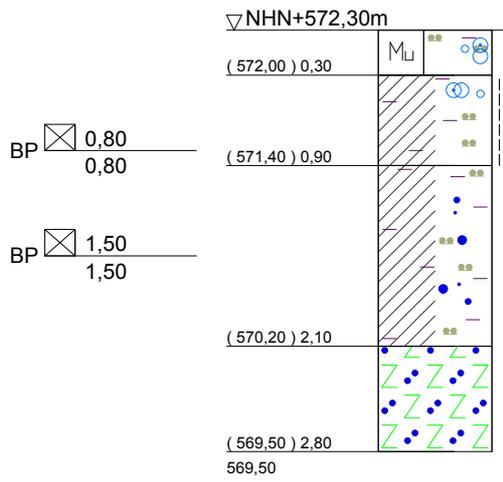
Bauvorhaben: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig	
Planbezeichnung: Schürfgrube (SG) 5	
Plan-Nr: ALTTURM_SG5	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 73 33 35 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Dipl.-Geol. G. Wiltshcko Datum:
	Gezeichnet: Wi 04.04.17
	Geändert:
	Gesehen:
	Projekt-Nr: ALTTURM

Projekt: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig



bearb.	Wi	gepr.		geseh.	
--------	----	-------	--	--------	--

SG 6



Oberboden (Schluff, tonig, schwach kiesig), [1], humos, dunkelbraun (bereits abgetragen für Verlegung Wasserleitung)

Verwitterungslehm, Ton, schluffig, schwach kiesig, [4][5], mit Mangan-Oxid-Konkretionen durchsetzt, beigebraun mit grauen Schlieren

Verwitterungslehm, Ton, schluffig, stark sandig, [4], glimmerig, rotbraun-violett, stellenweise überwiegt Sandanteil (dann S,u)

Plattensandstein-Formation (soPI), Sandstein, [6], plattig-dünnbankig, mürbe, zerlegt, mit schluffig-sandigen Lagen, rotbraun

Bauvorhaben:
Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig

Planbezeichnung:
Schürfgrube (SG) 6

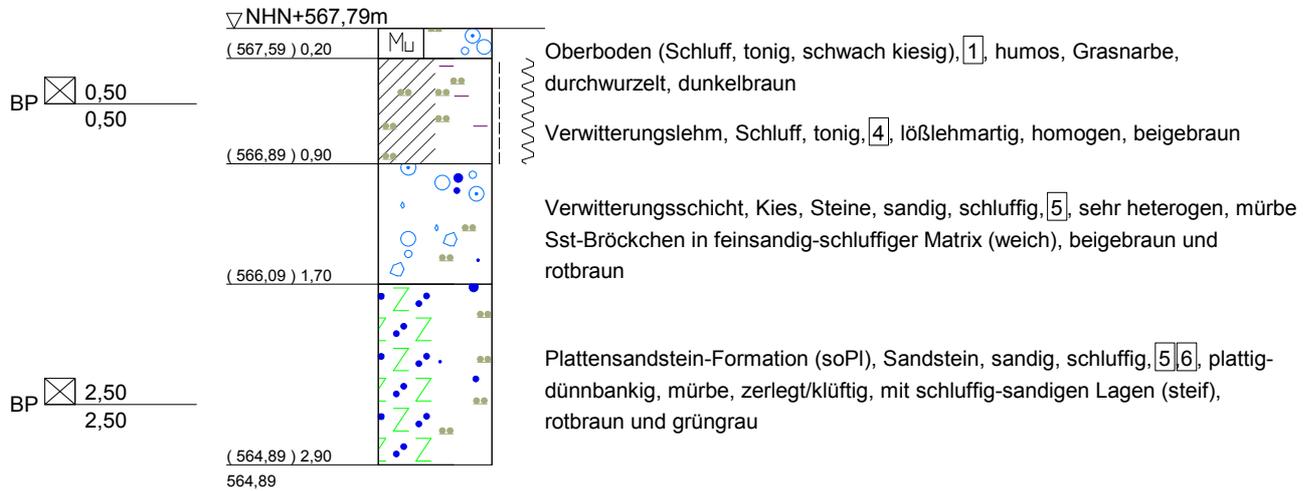
Plan-Nr: ALTTURM_SG6	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 73 33 35 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Dipl.-Geol. G. Wiltshcko
	Gezeichnet: Wi
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
Projekt-Nr: ALTTURM	

Projekt: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig



bearb.	Wi	gepr.		geseh.	
--------	----	-------	--	--------	--

SG 7



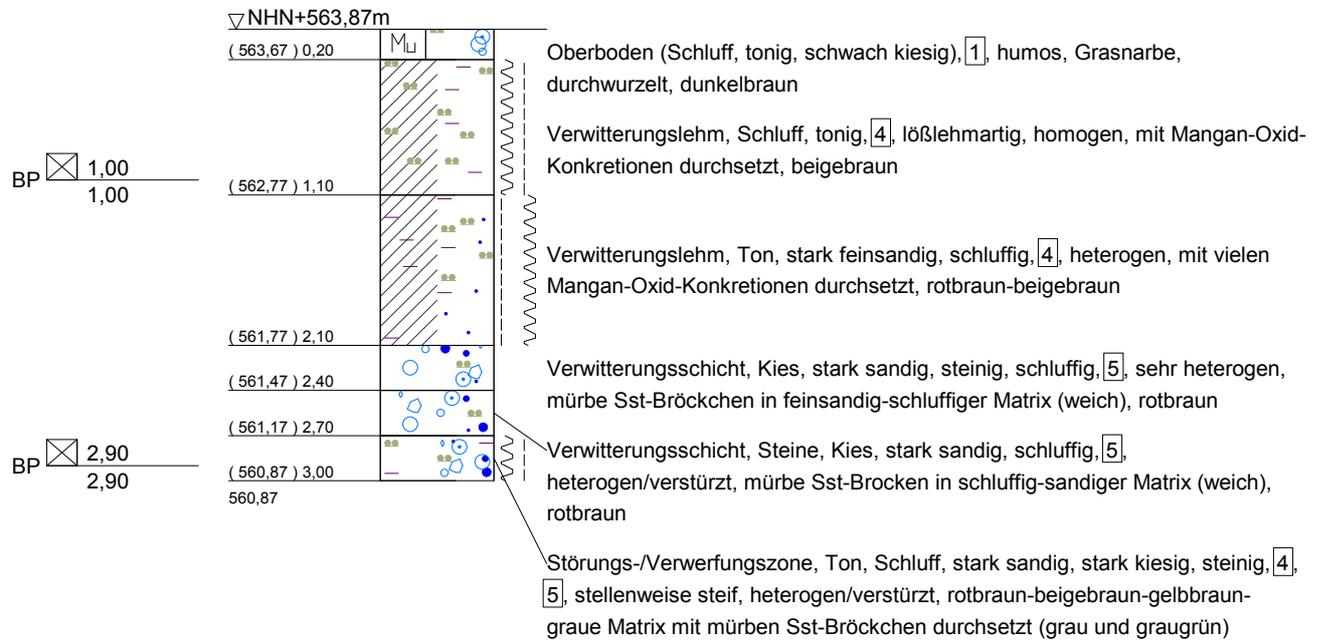
Bauvorhaben: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig	
Planbezeichnung: Schürfgrube (SG) 7	
Plan-Nr: ALTTURM_SG7	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 73 33 35 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Dipl.-Geol. G. Wiltshcko Datum: 04.04.17
	Gezeichnet: Wi
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
Projekt-Nr: ALTTURM	

Projekt: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig



bearb.	Wi	gepr.		geseh.	
--------	----	-------	--	--------	--

SG 8



Bauvorhaben:

Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig

Planbezeichnung:

Schürfgrube (SG) 8

Plan-Nr: ALTTURM_SG8

Maßstab: 1:50

HENKE UND PARTNER GMBH

Ingenieurbüro für Geotechnik

Emilienstraße 2

70563 Stuttgart

Tel.: 0711 / 73 33 35

Fax: 0711 / 73 56 298

Bearbeiter: Dipl.-Geol. G. Wiltshcko Datum:

Gezeichnet: Wi 04.04.17

Geändert: _____

Gesehen: _____

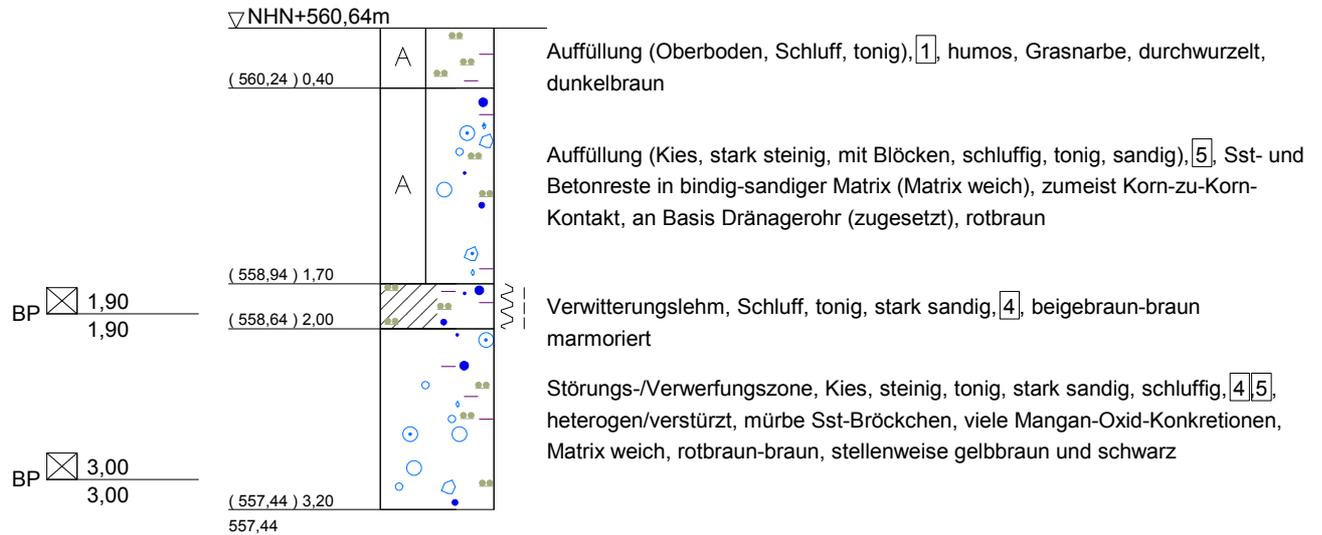
Projekt-Nr: ALTTURM

Projekt: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig



bearb.	Wi	gepr.		geseh.
--------	----	-------	--	--------

SG 9



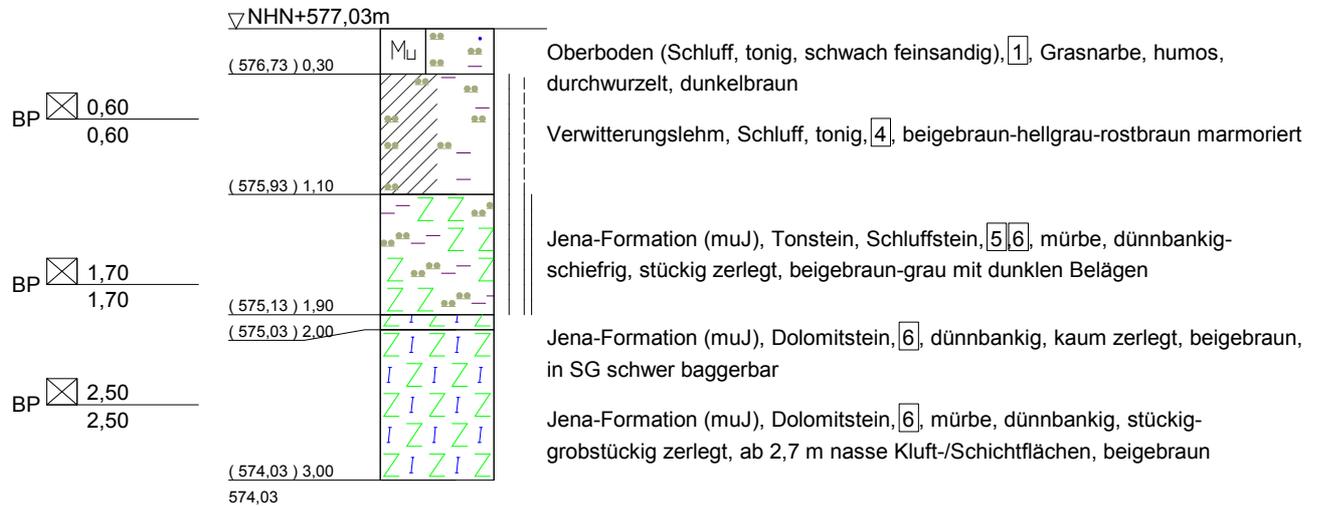
Bauvorhaben: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig	
Planbezeichnung: Schürfgrube (SG) 9	
Plan-Nr: ALTTURM_SG9	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 73 33 35 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Dipl.-Geol. G. Wiltshcko Datum: 04.04.17
	Gezeichnet: Wi
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
Projekt-Nr: ALTTURM	

Projekt: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig



bearb.	Wi	gepr.		geseh.
--------	----	-------	--	--------

SG 10



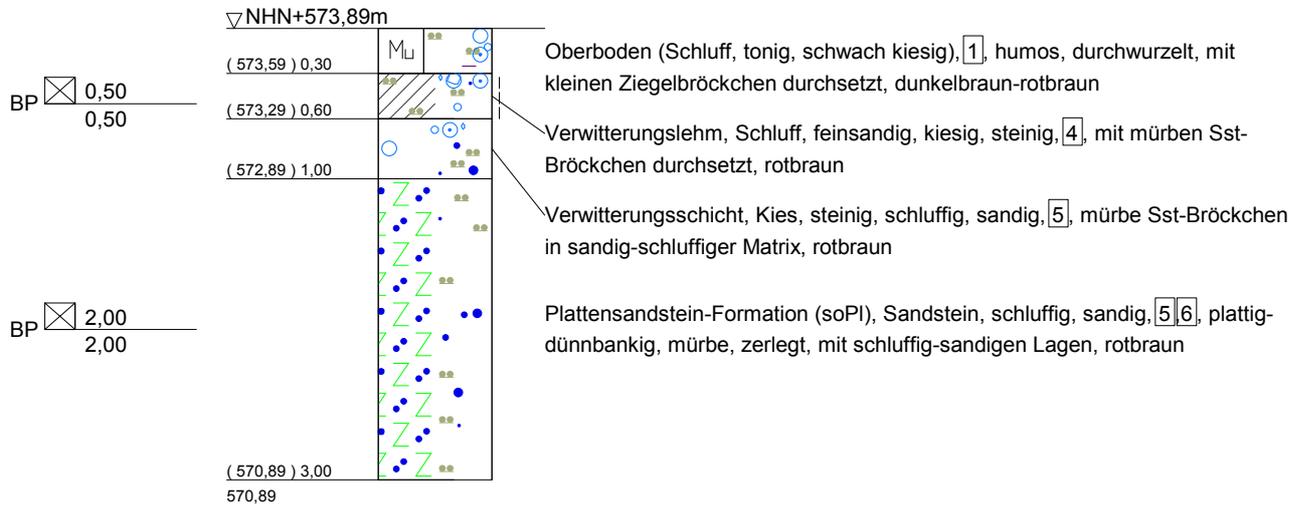
Bauvorhaben: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig	
Planbezeichnung: Schürfgrube (SG) 10	
Plan-Nr: ALTTURM_SG10	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilienstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 73 33 35 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Dipl.-Geol. G. Wiltshcko
	Gezeichnet: Wi
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
	Projekt-Nr: ALTTURM

Projekt: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig



bearb.	Wi	gepr.		geseh.	
--------	----	-------	--	--------	--

SG 11



Bauvorhaben:
 Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig

Planbezeichnung:
 Schürfgrube (SG) 11

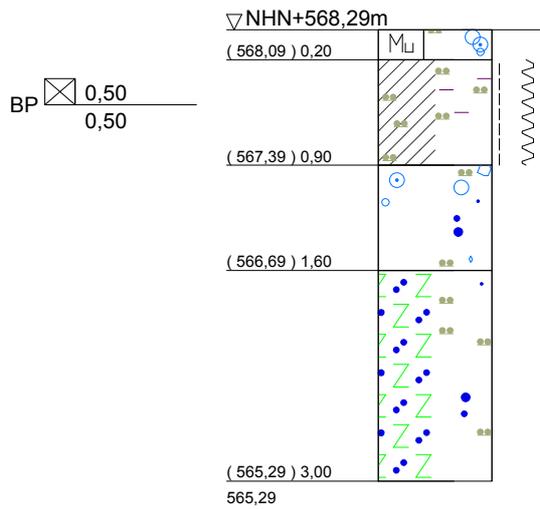
Plan-Nr: ALTTURM_SG11	Maßstab: 1:50
HENKE UND PARTNER GMBH Ingenieurbüro für Geotechnik Emilenstraße 2 70563 Stuttgart Tel.: 0711 / 73 33 35 Fax: 0711 / 73 56 298	Bearbeiter: Dipl.-Geol. G. Wiltshcko Datum: 04.04.17
	Gezeichnet: Wi
	Geändert: _____
	Gesehen: _____
Projekt-Nr: ALTTURM	

Projekt: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig



bearb.	Wi	gepr.		geseh.	
--------	----	-------	--	--------	--

SG 12



Oberboden (Schluff, tonig, schwach kiesig), **1**, humos, durchwurzelt, dunkelbraun

Verwitterungslehm, Schluff, tonig, **4**, lößlehmartig, homogen, beigebraun

Verwitterungsschicht, Kies, steinig, schluffig, stark sandig, **5**, mürbe Sst-Bröckchen in sandig-schluffiger Matrix (Matrix steif-halbfest), rotbraun

Plattensandstein-Formation (soPl), Sandstein, schluffig, sandig, **6**, plattig-dünnbankig (Bankstärke 2-6 cm), kaum klüftig, in SG schwer baggerbar, mit schluffig-sandigen Lagen (steif), rotbraun-violett

Bauvorhaben:

Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig

Planbezeichnung:

Schürfgrube (SG) 12

Plan-Nr: ALTTURM_SG12

Maßstab: 1:50

HENKE UND PARTNER GMBH

Bearbeiter: Dipl.-Geol. G. Wiltshcko Datum: 04.04.17

Ingenieurbüro für Geotechnik

Gezeichnet: Wi

Emilienstraße 2

Geändert: _____

70563 Stuttgart

Gesehen: _____

Tel.: 0711 / 73 33 35

Projekt-Nr: ALTTURM

Fax: 0711 / 73 56 298

Projekt: Erschließung Industriepark Turmfeld, Altensteig



bearb.	Wi	gepr.		geseh.
--------	----	-------	--	--------

Zeichenerklärung (DIN 4023)**HENKE UND PARTNER GMBH**
Ingenieurbüro für GeotechnikBodenarten

Blöcke	mit Blöcken	Y y	
Steine	steinig	X x	
Kies	kiesig	G g	
Sand	sandig	S s	
Schluff	schluffig	U u	
Ton	tonig	T t	
Torf	torfig	H h	
Mergel	mergelig	Mg mg	
Auffüllung		A	

Felsarten

Fels allgemein	Z	
Fels verwittert	Zv	
Brekzie, Konglomerat	Gst	
Sandstein	Sst	
Schluffstein	Ust	
Tonstein	Tst	
Kalkstein	Kst	
Mergelstein	Mst	
Granit, Gneis	Ma	

Korngrößenbereich

f	fein
m	mittel
g	grob

Nebenanteile

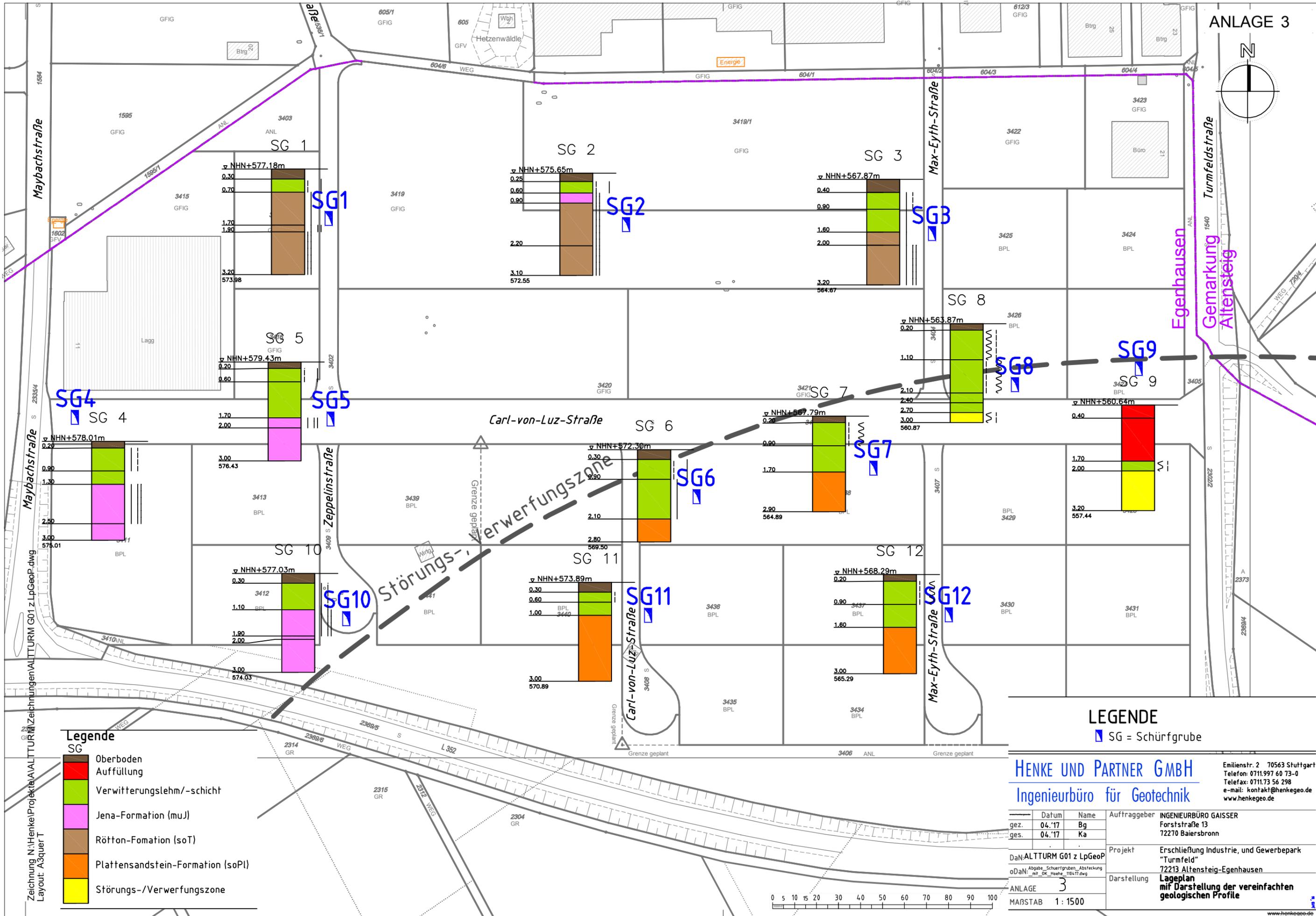
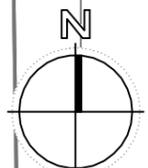
t'	schwach (< 15 %), z.B. schwach tonig
ḡ	stark (ca. 30-40 %), z.B. stark kiesig

Konsistenz

	flüssig		halbfest
	breiig		fest
	weich		klüftig
	steif		stark klüftig, brüchig

Probenentnahmen und Grundwasser

BP		Becherprobe
EP		Eimerprobe
GP		Glasprobe
ZP		Zylinderprobe
UP		ungestörte Probe
		Grundwasser angebohrt
		Grundwasser nach Bohrende
		Ruhewasserstand
k. GW		kein Grundwasser



Legende

SG

- Oberboden
- Auffüllung
- Verwitterungslehm/-schicht
- Jena-Formation (muJ)
- Rötton-Formation (soT)
- Plattensandstein-Formation (soPl)
- Störungs-/Verwerfungszone

LEGENDE
■ SG = Schürfgrube

HENKE UND PARTNER GMBH
 Ingenieurbüro für Geotechnik

Emilienstr. 2 70563 Stuttgart
 Telefon: 0711.997 60 73-0
 Telefax: 0711.73 56 298
 e-mail: kontakt@henkegeo.de
 www.henkegeo.de

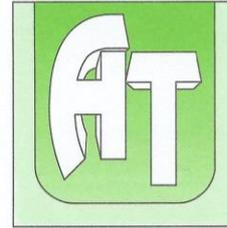
Datum	Name	Auftraggeber
gez. 04.'17	Bg	INGENIEURBÜRO GAISSER
ges. 04.'17	Ka	Forststraße 13 72270 Baiersbronn
DaN:ALT TURM G01 z LpGeoP		Projekt
oDaN: Abgabe_Schuerfgruben_Absterkung _mit_OK_Hoeh_1104T1.dwg		Erschließung Industrie, und Gewerbetpark "Turmfeld" 72213 Altensteig-Egenhausen
ANLAGE 3		Darstellung
MAßSTAB 1: 1500		Lageplan mit Darstellung der vereinfachten geologischen Profile

www.henkegeo.de

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff

Auftraggeber: Henke und Partner GmbH, Emilienstraße 2, 70563 Stuttgart
 Projekt: Erschließung Industriepark, Turmfeld, Altensteig
 Projektbearbeiter: Frau Wiltschko
 Probenahme: 04.04.2017 durch Auftraggeber
 Bearbeitungszeitraum: 07.04.- 12.04.2017

Untersuchungsbefund:

Parameter	MP Jena- Formation	MP Rotton- Formation	MP Platten- Sandstein- Formation	MP Rotton- Formation (Baufeld Bühler)	Dimension
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe: PAK 16					
Naphthalin	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Acenaphthylen	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Acenaphthen	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	mg/kg TS
Fluoren	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	mg/kg TS
Phenanthren	0,04	0,01	0,16	0,04	mg/kg TS
Anthracen	0,01	< 0,01	0,06	0,01	mg/kg TS
Fluoranthren	0,02	0,01	0,13	0,02	mg/kg TS
Pyren	0,01	< 0,01	0,09	0,01	mg/kg TS
Benzo(a)anthracen	0,01	< 0,01	0,05	0,01	mg/kg TS
Chrysen	0,01	0,01	0,11	0,02	mg/kg TS
Benzo(b/k)fluoranthren	< 0,01	< 0,01	0,04	< 0,01	mg/kg TS
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	0,02	< 0,01	mg/kg TS
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,01	< 0,01	0,01	0,01	mg/kg TS
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	0,02	0,01	mg/kg TS
Benzo(ghi)perylen	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	mg/kg TS
Summe PAK 16*	0,10	0,03	0,73	0,13	mg/kg TS
Polychlorierte Biphenyle: PCB					
PCB 28	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
PCB 52	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
PCB 101	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
PCB 138	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
PCB 153	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
PCB 180	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Summe PCB*	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS

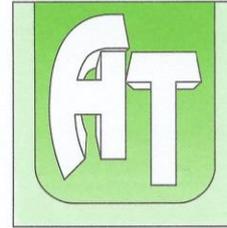
* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Analytik: PAK: DIN ISO 18287
 PCB: DIN EN 15308

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff

Auftraggeber: Henke und Partner GmbH, Emilienstraße 2, 70563 Stuttgart
 Projekt: Erschließung Industriepark, Turmfeld, Altensteig
 Projektbearbeiter: Frau Wiltschko
 Probenahme: 04.04.2017 durch Auftraggeber
 Bearbeitungszeitraum: 07.04.- 12.04.2017

Untersuchungsbefund:

Parameter	MP Jena- Formation	MP Rotton- Formation	MP Platten- Sandstein- Formation	MP Rotton- Formation (Baufeld Bühler)	Dimension
Dichlormethan	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
1,1-Dichlorethan	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Trichlormethan	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Tetrachlormethan	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Trichlorethen	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Tetrachlorethen	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Summe LHKW*	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Benzol	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Toluol	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Ethylbenzol	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
m/p-Xylol	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
o-Xylol	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Summe BTEX*	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS

* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

Analytik: LHKW: DIN EN ISO 10301, GC-ECD
 BTEX: DIN 38407-9, GC-FID

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Feststoff

Auftraggeber: Henke und Partner GmbH, Emilienstraße 2, 70563 Stuttgart
 Projekt: Erschließung Industriepark, Turmfeld, Altensteig
 Projektbearbeiter: Frau Wiltshcko
 Probenahme: 04.04.2017 durch Auftraggeber
 Bearbeitungszeitraum: 07.04.- 12.04.2017

Untersuchungsbefund:

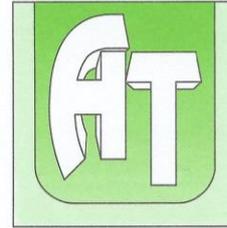
Parameter	MP Jena- Formation	MP Rotton- Formation	MP Platten- Sandstein- Formation	MP Rotton- Formation (Baufeld Bühler)	Dimension
Extrah. org. Halogenverb. EOX	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	mg/kg TS
Kohlenwasserstoffe C₁₀-C₂₂	< 50	< 50	< 50	< 50	mg/kg TS
Kohlenwasserstoffe C₁₀-C₄₀	< 50	< 50	< 50	< 50	mg/kg TS
Cyanide, ges. CN⁻	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	mg/kg TS
Schwermetalle:					
Arsen As	24	28	26	34	mg/kg TS
Blei Pb	5,6	9,0	16	9,3	mg/kg TS
Cadmium Cd	< 0,40	< 0,40	< 0,40	< 0,40	mg/kg TS
Chrom, ges. Cr	15	21	15	21	mg/kg TS
Kupfer Cu	25	10	26	24	mg/kg TS
Nickel Ni	21	12	14	13	mg/kg TS
Quecksilber Hg	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	mg/kg TS
Thallium Tl	< 0,50	< 0,50	< 0,50	< 0,50	mg/kg TS
Zink Zn	26	17	20	20	mg/kg TS

Analytik:	EOX:	DIN 38414-17	KW-GC:	DIN EN 14039
	Cyanide, ges.:	ISO 11262	Säureaufschluss:	DIN EN 13657
	Quecksilber:	DIN EN ISO 12846	Metalle außer Hg:	DIN EN ISO 11885

Probenahme
und
Erstellung
von
Analysen

auf den
Gebieten
Wasser, Boden,
Luft, Abfall,
Altlasten und
Klärschlamm

ANALYTIK-TEAM
GmbH



Daimler Str. 6
70736 Fellbach-
Oeffingen
Tel. 07 11/95 19 42-0
Fax 07 11/95 19 42-42
info@analytik-team.de
www.analytik-team.de

Analytik gemäß der Verwaltungsvorschrift Tab. 6-1 im Eluat

Auftraggeber: Henke und Partner GmbH, Emilienstraße 2, 70563 Stuttgart
Projekt: Erschließung Industriepark, Turmfeld, Altensteig
Projektbearbeiter: Frau Wiltshcko
Probenahme: 04.04.2017 durch Auftraggeber
Bearbeitungszeitraum: 07.04.- 12.04.2017

Untersuchungsbefund:

Parameter		MP Jena- Formation	MP Rotton- Formation	MP Platten- Sandstein- Formation	MP Rotton- Formation (Baufeld Bühler)	Dimension
pH-Wert	bei 20°C	7,8	7,2	7,2	7,2	--
Leitfähigkeit	bei 25°C	320	210	260	300	µS/cm
Chlorid	Cl⁻	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	mg/l
Sulfat	SO₄²⁻	< 3,0	< 3,0	3,5	< 3,0	mg/l
Cyanide, ges.	CN⁻	< 5,0	< 5,0	< 5,0	< 5,0	µg/l
Phenolindex	PI	< 10	< 10	< 10	< 10	µg/l
Schwermetalle:						
Arsen	As	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0	µg/l
Blei	Pb	< 10	< 10	< 10	< 10	µg/l
Cadmium	Cd	< 1,0	< 1,0	< 1,0	< 1,0	µg/l
Chrom, ges.	Cr	< 10	< 10	< 10	< 10	µg/l
Kupfer	Cu	< 10	< 10	< 10	< 10	µg/l
Nickel	Ni	< 10	< 10	< 10	< 10	µg/l
Quecksilber	Hg	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	µg/l
Zink	Zn	< 25	< 25	< 25	< 25	µg/l

Analytik:	Eluat:	DIN EN 12457-4	pH-Wert:	DIN 38404-5
	Leitfähigkeit:	DIN EN 27888	Chlorid, Sulfat:	DIN EN ISO 10304
	Cyanide, ges.:	DIN 38405-13	Phenolindex:	DIN 38409-16
	Quecksilber:	DIN EN ISO 12846	Metalle außer Quecksilber:	DIN EN ISO 11885

Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP Jena- Formation	MP Rotton- Formation	MP Platten- Sandstein- Formation	MP Rotton- Formation (Baufeld Bühler)
Labornummer:	1704056-1	1704056-2	1704056-3	1704056-4
Matrix:	Feststoff	Feststoff	Feststoff	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Becher	PE-Becher	PE-Becher	PE-Becher
Probenmenge:	1,0kg	1,0kg	1,0kg	1,0kg

Anmerkung: Die im Prüfbericht aufgeführten Untersuchungsergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die Prüfgegenstände. Die auszugsweise Vervielfältigung, ohne unsere schriftliche Genehmigung, ist nicht zulässig. Prüfberichte berücksichtigen die aktuellen Normforderungen der DIN EN ISO 17025:2005.

Fellbach, den 12. April 2017

Analytik-Team GmbH

i.V.



Dieses Dokument wurde elektronisch erstellt und ist auch ohne Unterschrift gültig.

Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Projekt: Erschließung Industrie- und Gewerbepark Turmfeld in Altensteig																
Probe	Material	w _n %	w _l %	w _p %	I _p %	I _c	Konsistenz	Körnungsziffer T-U-S-G	BA nach DIN 18196	ρ t/m ³	ρ _D t/m ³	φ' (°)	c' kN/m ²	c _u kN/m ²	E _s kN/m ²	Bemerkungen
SG 1 / 1,5 m	Rötton-Formation (soT)	21,7														
2,5 m	Rötton-Formation (soT)	6,9								2,47	2,31					
SG 2 / 0,8 m	Verwitterungslehm (muJ)	16,7					<i>halbfest</i>									
1,5 m	Rötton-Formation (soT)	9,7														
3,0 m	Rötton-Formation (soT)	10,3								2,37	2,15					
SG 3 / 0,8 m	Verwitterungslehm (soT)	23,1	39,3	19,6	19,7	0,82	steif		TM							
1,8 m	Rötton-Formation (soT)	19,3														
2,6 m	Rötton-Formation (soT)	15,3														
SG 4 / 0,5 m	Verwitterungslehm (muJ)	28,4	53,7	22,4	31,3	0,81	steif		TA							
2,8 m	Jena-Formation (muJ)	8,6								2,47	2,27					
SG 5 / 0,5 m	Verwitterungslehm (muJ)	23,9					<i>steif</i>									
2,5 m	Jena-Formation (muJ)	6,8								2,46	2,30					
SG 6 / 0,8 m	Verwitterungslehm (soPL)	20,7					<i>steif</i>									
1,5 m	Verwitterungslehm (soPL)	15,0					<i>halbfest</i>									
SG 7 / 0,5 m	Verwitterungslehm (soPL)	21,5					<i>steif</i>									
2,5 m	Plattensandstein-Formation (soPL)	11,0								2,37	2,14					
SG 8 / 1,0 m	Verwitterungslehm	20,9	30,7	16,1	14,6	0,67	weich		TL							
2,9 m	Störungs-/Verwerfungszone	15,3														

kursiv angegebene Konsistenzen abgeschätzt anhand w_n

ANLAGE 5.1

Projekt: Erschließung Industrie- und Gewerbepark Turmfeld in Altensteig

Probe: SG 3 / 0,8m

Bodenart: Verwitterungslehm

Datum: 11.04.17

nat. Wassergehalt w_n : **23,1** %

Fließgrenze w_L : **39,3** %

Ausrollgrenze w_P : **19,6** %

Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$: **19,7**

Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w_n) / I_P$: **0,82**

Bodenart nach DIN 18 196: **TM**

Konsistenz: **steif**

Maximaler Wassergehalt **halbfest** ($I_C = 1,0$): **19,6** %

Wassergehalt **steif** ($I_C = 0,75-1,0$) von:

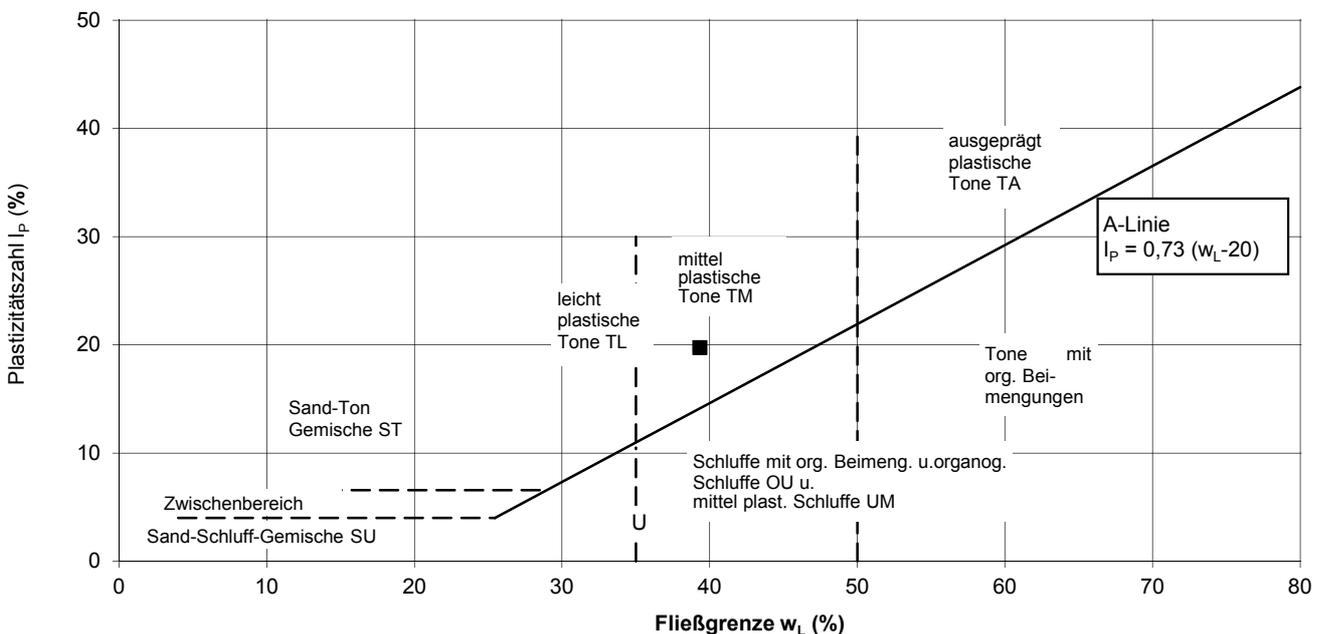
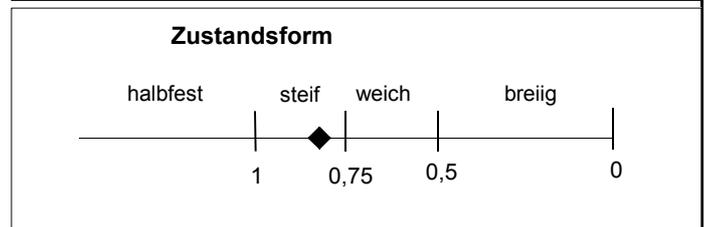
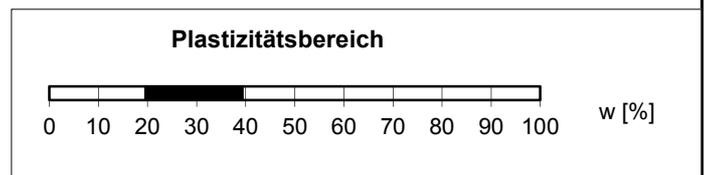
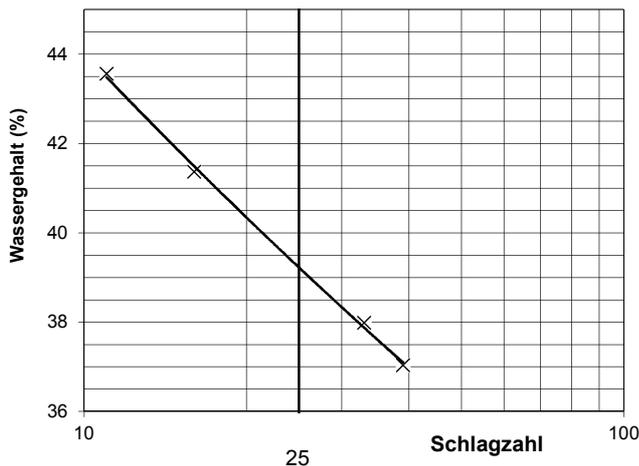
24,5 % bis **19,7** %

Wassergehalt **weich** ($I_C = 0,5-0,75$) von:

29,5 % bis **24,6** %

Wassergehalt **breiig** ($I_C = 0,0-0,5$) von:

39,3 % bis **29,6** %



bearb. gepr. geseh.

Projekt: Erschließung Industrie- und Gewerbepark Turmfeld in Altensteig

Probe: SG 4 / 0,5m

Bodenart: Verwitterungslehm

Datum: 11.04.17

nat. Wassergehalt w_n : **28,4** %

Fließgrenze w_L : **53,7** %

Ausrollgrenze w_P : **22,4** %

Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$: **31,3**

Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w_n) / I_P$: **0,81**

Bodenart nach DIN 18 196: **TA**

Konsistenz: **steif**

Maximaler Wassergehalt **halbfest** ($I_C = 1,0$): **22,4** %

Wassergehalt **steif** ($I_C = 0,75-1,0$) von: **30,2** %

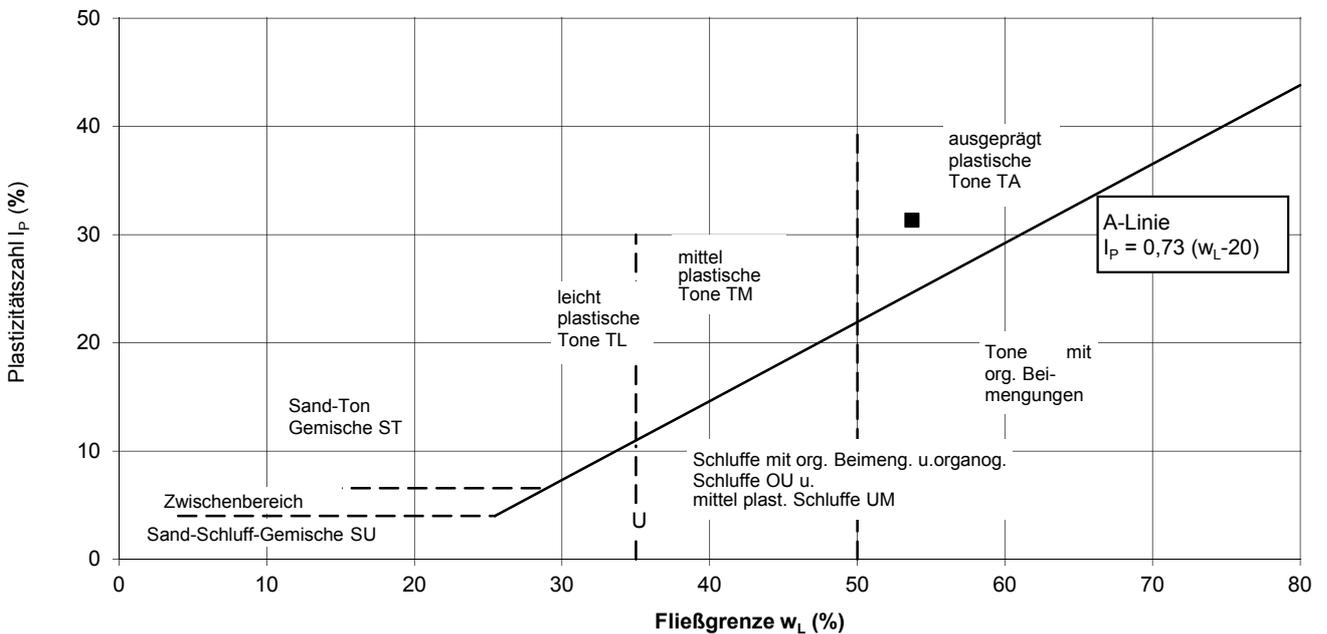
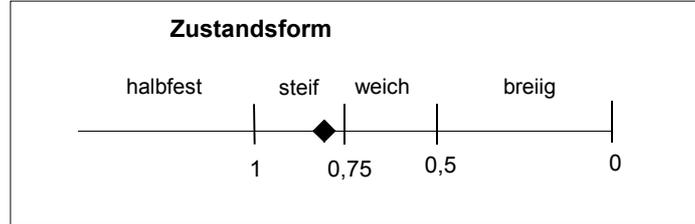
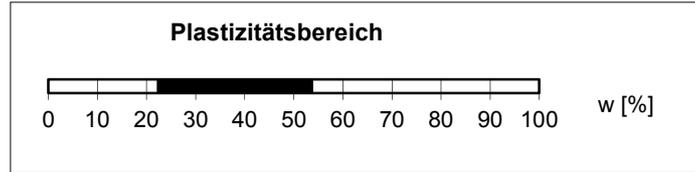
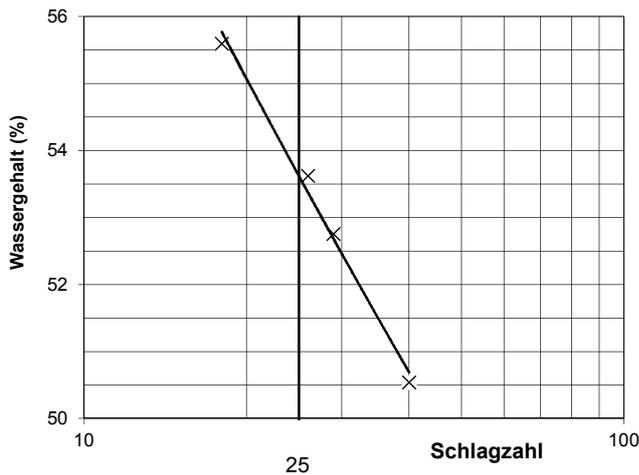
bis **22,5** %

Wassergehalt **weich** ($I_C = 0,5-0,75$) von: **38,0** %

bis **30,3** %

Wassergehalt **breiig** ($I_C = 0,0-0,5$) von: **53,7** %

bis **38,1** %



bearb. gepr. geseh.

Projekt: Erschließung Industrie- und Gewerbepark Turmfeld in Altensteig

Probe: SG 8 / 1,0 m

Bodenart: Verwitterungslehm

Datum: 26.04.17

nat. Wassergehalt w_n : **20,9** %

Fließgrenze w_L : **30,7** %

Ausrollgrenze w_P : **16,1** %

Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$: **14,6**

Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w_n) / I_P$: **0,67**

Bodenart nach DIN 18 196: **TL**

Konsistenz: **weich**

Maximaler Wassergehalt **halbfest** ($I_C = 1,0$): **16,1** %

Wassergehalt **steif** ($I_C = 0,75-1,0$) von:

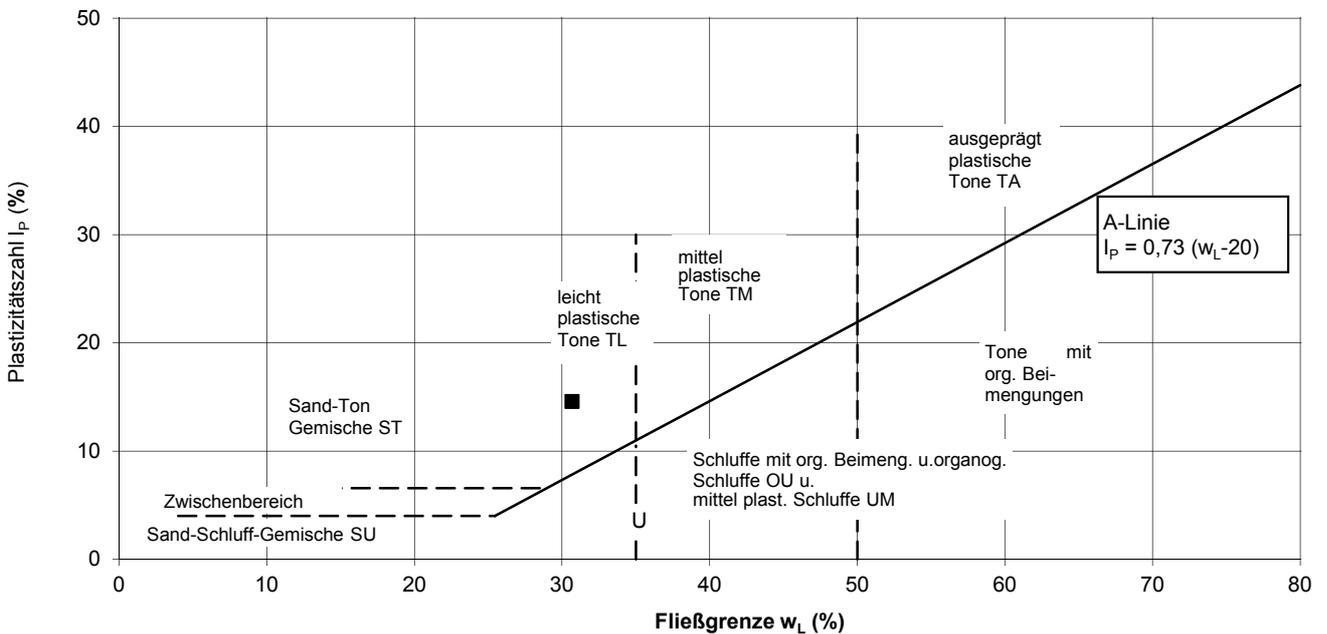
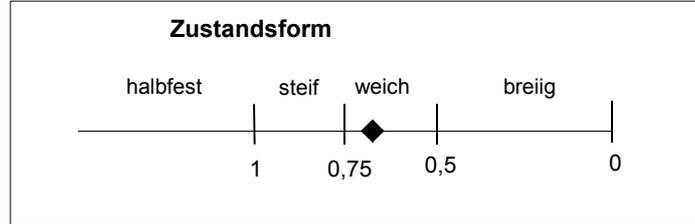
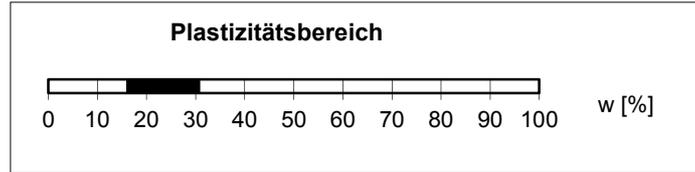
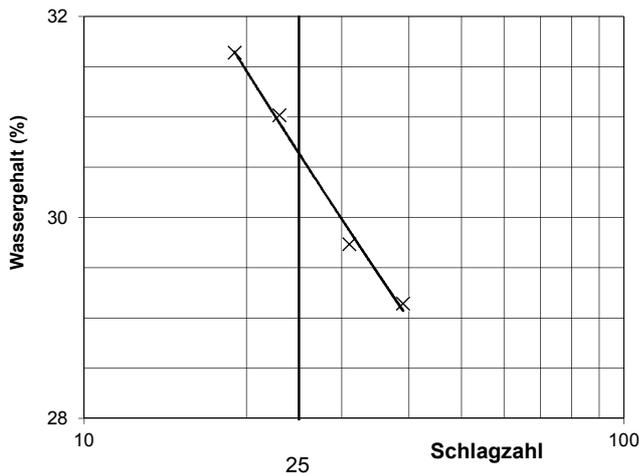
19,8 % bis **16,2** %

Wassergehalt **weich** ($I_C = 0,5-0,75$) von:

23,4 % bis **19,9** %

Wassergehalt **breiig** ($I_C = 0,0-0,5$) von:

30,7 % bis **23,5** %



bearb. gepr. gesehen.

Projekt: Erschließung Industrie- und Gewerbepark Turmfeld in Altensteig

Probe: SG 12 / 0,5m

Bodenart: Verwitterungslehm

Datum: 11.04.17

nat. Wassergehalt w_n : **22,5** %

Fließgrenze w_L : **35,6** %

Ausrollgrenze w_P : **19,3** %

Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P$: **16,2**

Konsistenzzahl $I_C = (w_L - w_n) / I_P$: **0,80**

Bodenart nach DIN 18 196: **TM**

Konsistenz: **steif**

Maximaler Wassergehalt **halbfest** ($I_C = 1,0$):

19,3 %

Wassergehalt **steif** ($I_C = 0,75-1,0$) von:

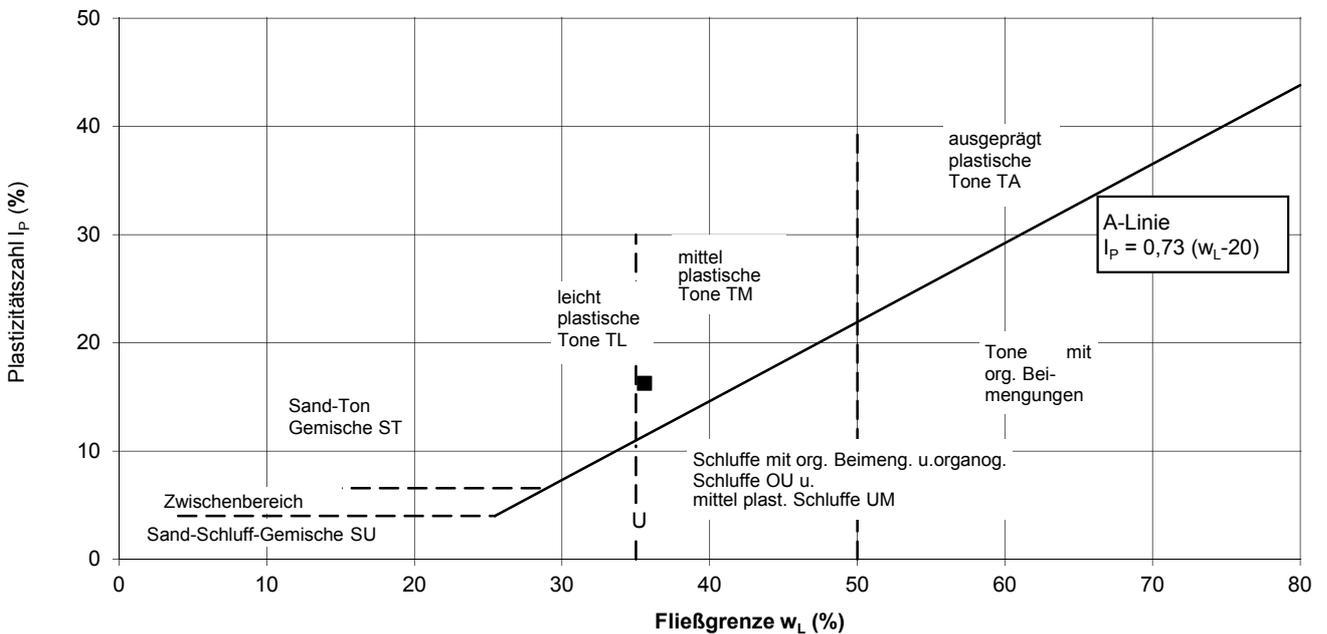
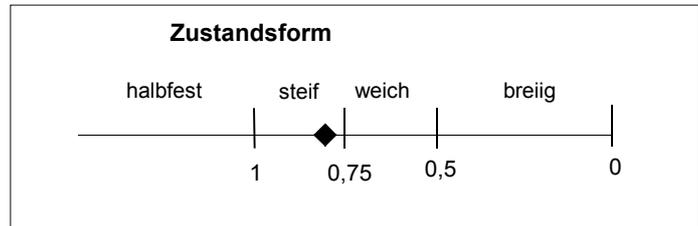
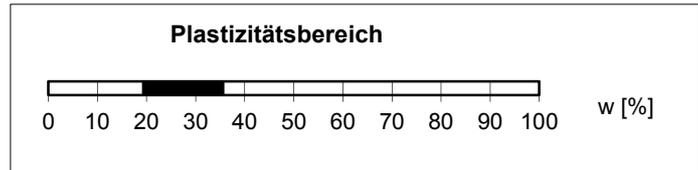
23,4 % bis **19,4** %

Wassergehalt **weich** ($I_C = 0,5-0,75$) von:

27,5 % bis **23,5** %

Wassergehalt **breiig** ($I_C = 0,0-0,5$) von:

35,6 % bis **27,6** %



bearb. gepr. gesehen.

Homogenbereich: **A 18300**

ANLAGE 8.1

Projekt: Erschließung Industrie- und Gewerbepark Turmfeld in Altensteig

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Auffüllung					
Bodengruppe		[-]					alle Bodenarten möglich (v.a. TM, TA, GU/GU*, GT/GT*)	
Korngrößenverteilung	T/ U						0	100
	S	[%]					0	100
	G						0	100
Massenanteil	Steine						0	20
	Blöcke	[%]					0	10
	gr. Blöcke						0	5
Dichte	ρ	[g/cm³]					1,7	2,3
Wassergehalt	w_n	[%]					10	30
Plastizitätszahl	I_p	[-]					0	50
Konsistenzzahl	I_c	[-]					0,5	1
Konsistenz		[-]					steif	steif
Lagerungsdichte	D	[%]					0	100
Kohäsion	c	[kN/m²]						
undräßierte Scherfestigkeit	c_u	[kN/m²]					30	300
Sensitivität	S_t	[-]						
Durchlässigkeit	k_f	[m/s]						
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Abrasivität ¹⁾		[-]						
organischer Anteil	V_{gl}	[Gew.-%]					0	10
Benennung und Beschreibung organischer Böden		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	3, 4, und 5					

n.r. = nicht relevant
n.b. = nicht bestimmbar
Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich
1) gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **B 18300**

ANLAGE 8.2

Projekt: Erschließung Industrie- und Gewerbepark Turmfeld in Altensteig

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Verwitterungslehm/-schicht und Störungs-/Verwerfungszone					
Bodengruppe		[-]	4	TL	TA		TL-TA sowie GE+X	
Korngrößenverteilung	T/ U	[%]					10	100
	S						0	20
	G						0	100
Massenanteil	Steine	[%]					0	20
	Blöcke						0	5
	gr. Blöcke						0	0
Dichte	ρ	[g/cm³]					1,7	2,3
Wassergehalt	w_n	[%]	13	15,0	28,4	20,9	10	30
Plastizitätszahl	I_p	[-]	4	14,6	31,3	18,0	14	32
Konsistenzzahl	I_c	[-]	4	0,67	0,82	0,81	0,6	1,2
Konsistenz		[-]	4				weich	halbfest
Lagerungsdichte	D	[%]					n.b.	n.b.
Kohäsion	c	[kN/m²]						
undrainede Scherfestigkeit	c_u	[kN/m²]					n.r.	n.r.
Sensitivität	S_t	[-]						
Durchlässigkeit	k_f	[m/s]						
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_S	[%]						
Abrasivität ¹⁾		[-]						
organischer Anteil	V_{gl}	[Gew.-%]					0	5
Benennung und Beschreibung organischer Böden		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	4 und 5					

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **C 18300**

ANLAGE 8.3

Projekt: Erschließung Industrie- und Gewerbepark Turmfeld in Altensteig

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Jena-Formation (muJ)					
Benennung von Fels		[-]	sedimentär, geschichtet, feinkörnig, Tonminerale sowie Karbonate					
Dichte	ρ	[g/cm ³]	2	2,27	2,30		2,0	2,3
Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins	q_u	[kN/m ²]	(2)	(0,0)	(0,1)		1	50
Spaltzugfestigkeit	q_z	[MN/m ²]						
Verwitterung und Veränderung		[-]					V1	V4
Veränderlichkeit							1	4
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_s	[%]						
Trennflächenrichtung		[-]					horizontal	
Trennflächenabstand		[cm]					1	30
Gesteinskörperform		[-]						
Öffnungsweite und Kluffüllung		[mm]						
Gesbirgs-durchlässigkeit	k_G	[m/s]						
Abrasivität ¹⁾		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	5, 6 und 7 (4 lokal möglich)					

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **D 18300**

ANLAGE 8.4

Projekt: Erschließung Industrie- und Gewerbepark Turmfeld in Altensteig

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Rötton-Formation (soT)					
Benennung von Fels		[-]	sedimentär, geschiefert-geschichtet, feinkörnig, Tonminerale sowie untergeordnet Karbonate und Silikate					
Dichte	ρ	[g/cm ³]	1	2,31			2,0	2,4
Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins	q_u	[kN/m ²]	(1)	(0,0)			1	30
Spaltzugfestigkeit	q_z	[MN/m ²]						
Verwitterung und Veränderung		[-]					V2	V5
Veränderlichkeit							1	4
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_s	[%]						
Trennflächenrichtung		[-]					horizontal	
Trennflächenabstand		[cm]					0,5	3
Gesteinskörperform		[-]						
Öffnungsweite und Kluffüllung		[mm]						
Gesbirgs- durchlässigkeit	k_G	[m/s]						
Abrasivität ¹⁾		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	5 und 6					

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)

Homogenbereich: **E 18300**

ANLAGE 8.5

Projekt: Erschließung Industrie- und Gewerbepark Turmfeld in Altensteig

Parameter			Laborversuche und Feldansprache				Erfahrungswerte	
			Anzahl Versuche	von	bis	Median	von	bis
ortsübliche Bezeichnung		[-]	Plattensandstein-Formation (soPI)					
Benennung von Fels		[-]	sedimentär, geschichtet-dünnbankig, fein- bis mittelkörnig, Silikate und untergeordnet Tonminerale					
Dichte	ρ	[g/cm ³]	2	2,00	2,14		2,0	2,2
Einaxiale Druckfestigkeit des Gesteins	q_u	[kN/m ²]	(2)	(0,2)			1	50
Spaltzugfestigkeit	q_z	[MN/m ²]						
Verwitterung und Veränderung		[-]					V2	V4
Veränderlichkeit							1	4
Kalkgehalt	V_{Ca}	[%]						
Sulfatgehalt	V_s	[%]						
Trennflächenrichtung		[-]					horizontal	
Trennflächenabstand		[cm]					1	6
Gesteinskörperform		[-]						
Öffnungsweite und Kluffüllung		[mm]						
Gesbirgs- durchlässigkeit	k_G	[m/s]						
Abrasivität ¹⁾		[-]						
BKI. nach DIN 18300 (09/2012)*		[-]	5, 6 und 7					

n.r. = nicht relevant

n.b. = nicht bestimmbar

Feld leer = nicht untersucht

* informell, nicht verbindlich

¹⁾ gemäß CAI - Vergleichstabelle (beiliegend)