

Standortsicherheitsuntersuchungen

Gemeinde Denklingen Sanierung Regenwasserkanal am Lech

UNTERSUCHUNGSZWECK: Gemeinde Denklingen
Sanierung Regenwasserauslass
am Lech
Standortsicherheit der Böschung

PLANUNG: Steinbacher-Consult
Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG
Richard-Wagner-Straße 6
86356 Neusäß

AUFTRAGGEBER: Gemeinde Denklingen
Hauptstraße 23
86920 Denklingen

BEARBEITER: Crystal Geotechnik GmbH
Dipl.-Ing. Raphael Schneider

DATUM: 07. Oktober 2019

PROJEKT-NR.: S 191149



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-IS-19909-01-00
D-PL-19909-01-00

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17020:2012
akkreditierte Inspektionsstelle Typ C und nach DIN EN
ISO/IEC 17025:2005 akkreditiertes Prüflaboratorium.
Die Akkreditierung gilt nur für den in den Urkunden
aufgeführten Akkreditierungsumfang.

TÄTIGKEITSFELDER

Geotechnik
Hydrogeologie
Grundbaustatik
Altlasten
Qualitätssicherung
Deponie- und Erdbauplanung

Prüfsachverständige
für Erd- und Grundbau

Sachverständige
§ 18 BBodSchG, SG 2
Private Sachverständige
in der Wasserwirtschaft

POSTANSCHRIFT

Crystal Geotechnik GmbH
Hofstattstraße 28
86919 Utting am Ammersee

TELEFON / FAX

08806-95894-0 / -44

INTERNET / E-MAIL

www.crystal-geotechnik.de
utting@crystal-geotechnik.de

BANKVERBINDUNG

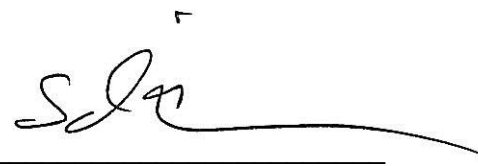
VR-Bank Landsberg-Ammersee eG
IBAN: DE56 7009 1600 0000 2098 48
BIC: GENODEF1DSS

AG AUGSBURG HRB 9698

GESCHÄFTSFÜHRUNG

Dr.-Ing. Gerhard Gold
Dipl.-Ing. Raphael Schneider


Dipl.-Ing. Reinhard Schneider


Dipl.-Ing. Raphael Schneider

NIEDERLASSUNG WASSERBURG
Crystal Geotechnik GmbH
Schustergasse 14
83512 Wasserburg am Inn
Telefon / Fax: 08071-92278-0 / -22
E-Mail: wbg@crystal-geotechnik.de

INHALTSVERZEICHNIS

1	ALLGEMEINES	4
1.1	Bauvorhaben / Vorgang	4
1.2	Arbeitsunterlagen	5
2	FELDARBEITEN	6
2.1	Bohrung.....	6
2.2	Schwere Rammsondierungen.....	7
2.3	Bodenmechanische Laborversuche.....	8
3	BESCHREIBUNG DER UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE.....	10
3.1	Geologischer Überblick.....	10
3.2	Beschreibung der Bodenschichten	10
3.4	Grundwasserverhältnisse	12
4	STANDSICHERHEITSBERECHNUNGEN	13
4.1	Allgemeines.....	13
4.2	Erdbebenzone	13
4.3	Maßgebender Rechenschnitt / Geometrie	14
4.4	Bodenschichtung / Bodenparameter / Grundwasseransatz.....	14
4.5	Angaben zur EDV-Berechnung.....	15
4.6	Lastaufstellung	16
5	WERTUNG DER ERGEBNISSE DER STANDSICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN....	17
5.1	Böschungsbruchberechnungen mit Ansatz einer Böschungsfußsicherung	17
5.2	Böschungsbruchberechnungen ohne Böschungsfußsicherung.....	17
5.3	Fazit	18
6	KONSTRUKTIVE HINWEISE	18
7	ZUSAMMENFASSUNG	20

TABELLEN

Tabelle (1)	Kennzeichnende Daten der Bohrung	6
Tabelle (2)	Kennzeichnender Eindringwiderstand der schweren Rammsondierungen	7
Tabelle (3)	Laborversuche	8
Tabelle (4)	Ergebnisse der Laboruntersuchungen	9
Tabelle (5)	Charakteristische Bodenparameter	15
Tabelle (6)	Teilsicherheitsbeiwerte für die Böschungsbruchuntersuchungen	16

ANLAGEN

- (1) Lagepläne
 - (1.1) Übersichtslageplan, M 1 : 25.000
 - (1.2) Lageplan mit Aufschlusspunkten, M 1 : 250
- (2) Schnitt mit Darstellung der Untergrundsituation, M 1 : 100
- (3) Profile der Bohrung und der schweren Rammsondierungen; M 1: 100
- (4) Schichtenverzeichnisse
- (5) Bodenmechanische Laboruntersuchungen
- (6) Böschungsbruchberechnungen

1 ALLGEMEINES

1.1 Bauvorhaben / Vorgang

Die Gemeinde Denklingen plant die Sanierung des Regenwasserauslasses am Lech bei Fluss-km 102,2. Die Böschung ist zum Lech im betroffenen Bereich durch den Eintrag des Regenwassers stark erodiert worden. Die Planung der Sanierung obliegt dem Büro Steinbacher-Consult Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG, Neusäß.

Unser Baugrundinstitut, Crystal Geotechnik, wurde von der Gemeinde Denklingen am 27. März 2019 auf Grundlage unseres Angebotes vom 14. März 2019 mit der Ausführung von Erkundungsmaßnahmen beauftragt. Unter Berücksichtigung der erkundeten Baugrundsichtung, der gegebenen Geometrie sowie unter Berücksichtigung der geplanten Sanierungsmaßnahmen sollte eine Beurteilung der Standsicherheit der Böschung im Bereich des Regenwasserauslasses erfolgen.

Im vorliegenden Gutachten werden die durchgeführten Feldarbeiten dokumentiert und bewertet. Die erkundeten Untergrundverhältnisse werden beschrieben und beurteilt. Die Böden werden klassifiziert und Bodenparameter werden angegeben. Weiterhin werden die geometrischen Gegebenheiten sowie die Baugrundsituation dargestellt und die Rechenansätze und Ergebnisse der ebenfalls durchgeführten Standsicherheitsuntersuchungen beschrieben und bewertet. Des Weiteren werden Hinweise zur Planung und zur Bauausführung aus geotechnischer Sicht für die Sanierung der Böschung im Regenwasser-Auslassbereich gegeben.

1.2 Arbeitsunterlagen

Zur Ausarbeitung des vorliegenden Berichtes mit Berechnungen standen uns die nachfolgend genannten Arbeitsunterlagen und Informationen neben weiteren Vorschriften, Regelwerken und Merkblättern zur geplanten Maßnahme zur Verfügung:

- [U1] Lageplan „Sanierung Regenwasserauslass am Lech – Variante 3“; Steinbacher-Consult Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG, Neusäß; M 1 : 100; 14.12.2018
- [U2] Geologische Übersichtskarte Kempten (Allgäu) CC 8726, M 1 : 200.000; Hrsg.: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover 1983
- [U3] GeoFachdatenAtlas (Bodeninformationssystem); Internetauftritt des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU)
- [U4] Informationsdienst überschwemmungsgefährdeter Gebiete in Bayern; Internetauftritt des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU)
- [U5] Gewässerkundlicher Dienst Bayern (GKD); Internetauftritt des Bayerischen Landesamtes für Umwelt (LfU)
- [U6] Die aktuell durchgeführten und nachfolgend dokumentierten Feld- und Laborarbeiten

2 FELDARBEITEN

2.1 Bohrung

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurde am 20.05.2019 oberhalb der Flussböschung im Auslassbereich des Kanals eine großformatige Bohrung ($\varnothing$ 178 mm) durch die Bohrfirma Aumann aus Münsterhausen bis in eine Tiefe von 8 m unter Geländeoberkante niedergebracht.

Die kennzeichnenden Daten der ausgeführten Bohrung sind in nachfolgender Tabelle (1) zusammengestellt.

Tabelle (1) Kennzeichnende Daten der Bohrung

Aufschluss	Ansatzpunkt	Aufschlusstiefe		UK Kiese / OK Tertiär		Grundwasser
	mNN	m u. GOK	mNN	m u. GOK	mNN	
B 1	632,86	8,00	624,86	4,40	628,46	nicht erbohrt

Die Bodenansprache während der Bohrung erfolgte gemäß DIN 4023 und DIN EN ISO 14688-1 durch den Bohrmeister und wurde durch einen Geotechniker unseres Büros vor Ort überprüft. Die Original-Ansprachen bei der Ausführung sind im Schichtenverzeichnis in Anlage (4) einzusehen.

Falls bei den Laboruntersuchungen abweichende Ergebnisse bei der Bezeichnung der Böden ermittelt wurden, wurden diese entsprechend eingearbeitet. Das anhand der Ergebnisse der Laboruntersuchungen korrigierte Bohrprofil liegt in Anlage (3) diesem Bericht bei. Im Schnitt in Anlage (2) ist ebenfalls das Profil der korrigierten Bohrung dargestellt.

Die Ansatzpunkte der Bohrung und der nachfolgend beschriebenen schweren Rammsondierungen wurden durch unser Ingenieurbüro mittels GPS eingemessen und können dem beiliegenden Lageplan in Anlage (1) entnommen werden.

2.2 Schwere Rammsondierungen

Zur genauen Ermittlung der Lagerungsverhältnisse und der Festigkeit des anstehenden Untergrundes wurden zwei schwere Rammsondierungen (DPH nach DIN EN ISO 22476-2) niedergebracht. Die schweren Rammsondierungen wurden ebenfalls im Bereich der Böschungskrone abgeteuft, da der Böschungsfuß hier auch für das kleinere Rammsondiergerät nicht zugänglich war. Die Rammsondierarbeiten wurden ebenfalls am 20.05.2019 durch Bohrfirma Aumann aus Münsterhausen ausgeführt.

Die beiden Sondierprofile liegen diesem Bericht in Anlage (3) bei und sind auch im Schnitt in Anlage (2) eingetragen. Die Lage der Rammsondierungen kann dem Lageplan in Anlage (1) entnommen werden.

Die wesentlichen Daten der ausgeführten Sondierungen sind in der nachfolgenden Tabelle (2) zusammengestellt.

Tabelle (2) Kennzeichnender Eindringwiderstand der schweren Rammsondierungen

Sondierung	Ansatzhöhe mNN	Endteufe		kennzeichnender Eindringwiderstand n_{10} m u. GOK					
		m u. GOK	mNN	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 6	6 - Ende
DPH 1	632,86	7,00	625,86	1 - 24	4 - 8	5 - 12	6 - 17	7 - 19	8 - 50 ¹⁾
DPH 2	632,82	8,00	624,82	2 - 13	4 - 10	9 - 23	12 - 22	8 - 35	9 - 36

¹⁾ bei 6,9 m 50 Schläge auf 5 cm

Gemäß den Untersuchungsergebnissen der schweren Rammsondierungen stehen im Bereich der Böschungskrone ab Geländeoberfläche $\geq$ mitteldicht gelagerte Kiese an, die gemäß dem Bohrprofil und den Sondierergebnissen ab etwa 4,4 m unter GOK von $\geq$ halbfesten Tonen unterlagert werden.

2.3 Bodenmechanische Laborversuche

An fünf, der Bohrung entnommenen Bodenproben, wurden in unserem bodenmechanischen Labor Grundlagenversuche zur näheren Beschreibung und Beurteilung der anstehenden Böden durchgeführt. Auf dieser Basis ist neben der Klassifizierung der Böden auch eine näherungsweise Zuordnung von Bodenparametern möglich.

Die im Einzelnen ausgeführten Laborversuche sind in nachfolgender Tabelle (3) zusammengestellt.

Tabelle (3) Laborversuche

Laborversuche	DIN-Norm	Anzahl
Bodenansprache	DIN EN ISO 14688-1 und -2 / DIN 4023	5
Bodenansprache	DIN 18196	4
Wassergehalt	DIN 18121	3
Zustandsgrenzen	DIN 18122	2
Korngrößenerteilung	DIN 18123	2
Taschenpenetrometerwerte	--	3

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche sind in nachfolgender Tabelle (4) zusammengestellt.

Tabelle (4) Ergebnisse der Laboruntersuchungen

Kenngroße		Einheit	Quartär Kiese B1	Tertiär Tone B2
Homogenbereich				
Korngrößenverteilung				
Feinkorn	Ø < 0,063 mm	%	3,5 – 5,3	--
Sandkorn	0,063 – 2,0 mm	%	15,9 – 19,2	--
Kieskorn	2,0 – 63,0 mm	%	75,5 – 80,5	--
Wassergehalt / Zustandsgrenzen / Konsistenz				
Wassergehalt	w	%	--	12,0 – 15,5
Wassergehalt < 0,4 mm	w	%	--	15,1 – 15,5
Fließgrenze	w _L	%	--	49,8 – 51,9
Ausrollgrenze	w _P	%	--	17,8 – 19,7
Plastizität	I _P	%	--	32,0 – 32,3
Konsistenz	I _c	-	--	1,07 – 1,14
Konsistenzform	-	-	--	halbfest
Festigkeit				
Taschenpenetrometer		kN/m ²	--	1.000 – > 2.000
Durchlässigkeit ¹⁾				
Durchlässigkeitsbeiwert	k _f	m/s	1,1 · 10 ⁻² – 3,4 · 10 ⁻²	--

¹⁾ kf-Wert anhand der Ergebnisse der Kornverteilungsanalysen rechnerische abgeschätzt;
Korrelation nach SEILER

3 BESCHREIBUNG DER UNTERGRUNDVERHÄLTNISSE

3.1 Geologischer Überblick

Das betrachtete Grundstück liegt am östlichen Ufer des Lechs (Fluss-km 102,2) westlich der Gemeinde Denklingen (vgl. Übersichtslageplan in Anlage (1.1)). Der bestehende Regenwasserauslass muss aufgrund von Abbrüchen in der Böschung saniert werden. Die Böschungshöhe bis zum Wasserspiegel des Lechs beträgt hier etwa 7 m.

Laut den geologischen Kartenwerken (vgl. Arbeitsunterlagen [U2] und [U3]) liegen hier im Obersten quartäre Ablagerungen in Form von postglazialen Schottern vor, die von tertiären Sedimenten der Oberen Süßwassermolasse in Form von Mergel und Sanden unterlagert werden.

Vorliegend wurden an der Böschungskrone in der Bohrung B 1 Schotter erbohrt, die ab etwa 4,5 m unter Geländeoberkante von tertiären Tonen unterlagert wurden.

Im Übergangsbereich vom Quartär zum Tertiär sind vorliegend im gesamten Lechhang Grundwasseraustritte (Quellen) und damit verbundenen Rutschungen / Böschungsabbrüche bekannt und zu beachten.

Die geologische Untergrundsichtung mit Angabe der maßgebenden Homogenbereiche kann dem Schnitt in Anlage (2) entnommen werden. Nachfolgend werden die erkundeten Schichten näher beschrieben und qualitativ bewertet.

3.2 Beschreibung der Bodenschichten

Postglaziale Schotter (Kiese) – Homogenbereich B1

Unterhalb einer geringmächtigen Oberbodenschicht (schluffige, humose, teils kiesige Sande) standen postglaziale Schotter / quartäre Kiese in etwa mitteldichter Lagerung an. Die Schotter wurden in Form von sandigen, schwach schluffigen, teils steinigen Kiesen erkundet und reichen bei Bohrung B 1 bis etwa 4,4 m unter Geländeoberkante.

Die Kiese sind gut tragfähig und wenig kompressibel. Die Standfestigkeit der rolligen Böden ist eher gering. Es besteht nur eine geringe bis mittlere Wasserempfindlichkeit der Kiese und die Kiese sind nicht bis mittel frostempfindlich und somit den Frostempfindlichkeitsklassen F1 und F2 nach ZTV E-StB 17 zuzuordnen.

Die Kiese sind je nach Sandanteil mittel bis stark fließempfindlich und weisen eine große bis sehr große Durchlässigkeit auf. Die Böden sind als leicht lößbar (Bodenklasse 3 nach DIN 18300:2012-09) zu bezeichnen. Bei höheren Steinanteilen (≥ 30 -Massen-%) kann auch die Bodenklasse 5, bei konglomeratartigen Verfestigungen in den Kiesen können auch die Bodenklassen 6 und 7 nach DIN 18300:2012-09 maßgebend werden. Entsprechende Einlagerungen und Verfestigungen sind in den Kiesen (Homogenbereich B1) zu erwarten.

Tertiäre Sedimente – Homogenbereiche B2

Die Kiese wurden von tertiären Tonen in halbfester bis fester Konsistenz (Homogenbereich B2) unterlagert. Bodenmechanisch sind die tertiären Sedimente als schwach sandige und teils auch schwach kiesige Tone zu benennen. Die tertiären Sedimente reichten bis zur Endteufe bei 8 m unter Geländeoberkante und sind hier bis in große Tiefen zu erwarten. Neben Schluffen und Tonen sind im Tieferen auch Sande, Mergel und Felsformationen im Tertiär möglich.

Diese gering durchlässigen Tone besitzen eine hohe Standfestigkeit, eine mittlere bis gute Tragfähigkeit und eine mittlere Kompressibilität. Gemäß ZTV E-StB 17 sind die Tone stark wasser- und stark frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F3). Tone mit hoher Plastizität (Bodengruppe TA nach DIN 18196), wie sie hier gemäß den Laboruntersuchungen auch angetroffen wurden, weisen nur eine mittlere Frostempfindlichkeit auf (Frostempfindlichkeitsklasse F2). Unter Wassereinfluss sind diese tonigen Böden nicht bis gering fließempfindlich.

Bei halbfester Konsistenz sind die Tone als mittelschwer lösbar (Bodenklasse 4 nach DIN 18300:2012-09) und bei fester Konsistenz sowie bei hoher Plastizität (Bodengruppe TA nach DIN 18196) als sehr schwer lösbar bzw. bereits als leicht lösbarer Fels (Bodenklassen 5 – 6 nach DIN 18300:2012-09) einzustufen. Die Bodenklasse 6 nach DIN 18300:2012-09 liegt bei $\geq$ fester Konsistenz der Tone vor. Auch Felsbereiche (Bodenklasse 7 nach DIN 18300:2012-09) sind in diesen Formationen zu erwarten.

3.4 Grundwasserverhältnisse

Ein geschlossener Grundwasserspiegel wurde in der hier 8 m tiefen Bohrung auch in den oberflächennah anstehenden Schottern bis zur Bohrendteufe nicht erkundet. Der Wasserspiegel des angrenzenden Lechs wurde am 30.06.2018 bei 625,83 mNN eingemessen.

Nach dem Informationsdienst überschwemmungsgefährdeter Gebiete in Bayern liegt die hier behandelte Baumaßnahme (bezogen auf die Böschungsoberkante) trotz der Nähe zum Lech weder in einem Überschwemmungsgebiet noch in einem wassersensiblen Bereich.

Wie bereits in Abschnitt 3.1 angesprochen, ist Grundwasser in den Kiesen über den Tertiärschichten möglich, auch wenn dies aktuell in der Bohrung B 1 nicht festgestellt worden ist. Dieses Grundwasser über den gering durchlässigen Tertiärschichten fließt dann in die Lechböschung aus und kann dort örtlich auch zu massiven Böschungsabbrüchen und Rutschungen führen. Über die mögliche Höhe des maximalen Grundwasserspiegels im hier unmittelbar vorliegenden Hangbereich des Lechs liegen aber keine näheren Aufzeichnungen vor und sind entsprechend auch keine näheren Angaben möglich.

Für die geplante Böschungssicherung ist auch eine Beeinflussung durch den ansteigenden und absinkenden Flusswasserpegel zu beachten.

4 STANDSICHERHEITSBERECHNUNGEN

4.1 Allgemeines

Die Gemeinde Denklingen plant die Sanierung des beschädigten Regenwasserauslasses am Lech bei Fluss-km 102,2. Die Böschungshöhe beträgt am Auslauf des Regenwasserkanals etwa 7 m bis zum normalen Wasserspiegel des Lechs. Die Einleitung des Wassers in den westlichen Lechhang soll etwa 3 m unter der Böschungskrone erfolgen. Die Auslaufsicherung soll mittels in Beton verlegten Steinen, die Sicherung des Böschungsfußes mittels Wasserbausteinen (Schwergewichtslösung) erfolgen.

Inwieweit im vorliegenden Abschnitt der Böschungsabbruch durch den Regenwasser-Auslasskanal im Böschungsbereich verursacht wurde bzw. ob evtl. auch natürlicher Grundwasserabfluss hierfür verantwortlich ist, kann nach den vorliegenden Untersuchungsergebnissen und der Geländeaufnahme vor Ort nicht näher abgegrenzt werden. Es ist aber davon auszugehen, dass ein Großteil der hier eingetretenen Schäden durch den massiven Wassereintrag in die Böschung durch den Regenwasserauslass entstanden ist. Zusätzliche, natürliche Einflüsse sind aber zumindest zeitweise, wie zuvor beschrieben, ebenfalls möglich.

Unser Institut wurde vom Bauherrn beauftragt, die von Seiten des Büros Steinbacher-Consult Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG geplante Sanierungsmaßnahme am Regenwasserauslass bezüglich der Standsicherheit der Böschung zu beurteilen.

4.2 Erdbebenzone

Die Gemeinde Denklingen und auch der hier betrachtete Bereich am Lech liegt nach DIN EN 1998-1/NA: 2011-01 in keiner Erdbebenzone. Ein entsprechender Lastfall muss deshalb bei den Berechnungen nicht berücksichtigt werden.

4.3 Maßgebender Rechenschnitt / Geometrie

Der maßgebliche Böschungsschnitt am Regenauslass wurde von Seiten Steinbacher Consult eingemessen und uns zur Verfügung gestellt. Der hieraus entwickelte Rechenschnitt (X-Y-Koordinaten) kann anschaulich der Anlage (2) entnommen werden. Hier ist auch die ursprüngliche und die derzeitige Geometrie der Böschung (mit dem abgerutschten Bereich) dargestellt.

Wie dies den EDV-Ausdrucken in Anlage (6) entnommen werden kann, wurden die Berechnungen mit einer abfallenden Tertiäroberkante zum Lech und zu Vergleichszwecken auch einer etwa horizontal verlaufenden Tertiäroberkante durchgeführt.

Die am Böschungsfuß dargestellte Sicherung, wurde in der Berechnung ebenfalls berücksichtigt. Da die geplante Sicherung aber eher einen konstruktiven Charakter hat, wurde auf der sicheren Seite liegend, die Bemessung auch ohne die Böschungsfußsicherung ausgeführt.

4.4 Bodenschichtung / Bodenparameter / Grundwasseransatz

Bodenschichtung / Grundwasser

Zur Ermittlung der anstehenden Untergrundsichtung wurden, wie zuvor beschrieben, die großformatige Bohrung sowie die beiden schweren Rammsondierungen DPH 1 und DPH 2 abgeteuft. Somit liegen verlässliche Erkenntnisse an der Böschungsschulter des betrachteten Böschungsbereichs vor. Der Verlauf der Untergrundsichtung muss – da am Böschungsfuß aufgrund der Unzugänglichkeit kein Baugrundaufschluss vorgenommen werden konnte – auf Basis geologischer Grundkenntnisse zur Baugrundsichtung in diesem Bereich abgeschätzt werden.

Nachdem die Lechsohle hier üblicherweise in die tertiären Sedimente einbindet, wurde angenommen, dass die kiesigen Schotter-schichten vorliegend zum Lech hin in der Böschung auslaufen, wie dies auch in Anlage (2) skizziert ist. Der im Rechenschnitt angenommene Verlauf der Baugrundsichtung kann auch den EDV-Ausdrucken zur Berechnung entnommen werden.

Wie den EDV-Ausdrucken ebenfalls zu entnehmen ist, wurde auch ein Grundwasserabfluss in den Kiesen auf den Tertiärsedimenten mit Austritten im Böschungsbereich zum Lech bei einigen Berechnungen (vgl. Anlage (6.3)) berücksichtigt.

Bodenkennwerte

Für die nachfolgend beschriebenen Standsicherheitsberechnungen wurden für die erkundeten Böden (Oberboden, Schotter und Tone) folgende in Tabelle (5) genannten Bodenkennwerte in Ansatz gebracht.

Für die Oberflächenbefestigung mit Kokosmatten wurde eine eigene Schicht definiert, um hier durch die gegenüber den Kiesen erhöhte Kohäsion oberflächige Böschungsrutschungen rechnerisch auszuschließen.

Tabelle (5) Charakteristische Bodenparameter

HB	Bodenschicht	Lagerung/ Konsistenz	γ_k kN/m ³	γ'_k kN/m ³	ϕ'_k °	c'_k kN/m ²	$E_{s,k}$ MN/m ²	k_f m/s
Oberboden								
O1	Sand, schluffig, humos, teils kiesig	locker	<u>18</u>	8	<u>22,5</u>	<u>5</u>	1 – 2	$\leq 1 \cdot 10^{-4}$
Schotter								
B1	Kies, sandig, schwach schluffig, teils steinig	mitteldicht	<u>21</u> – 22	12 – 13	<u>35,0</u> – 37,5	<u>0</u>	60 – 100	$\leq 1 \cdot 10^{-2}$
Tertiäre Sedimente								
B2	Ton, schwach sandig, teils schwach kiesig	halbfest	<u>20</u> – 21	10 – 11	25,0 – <u>27,5</u>	10 – 20 (<u>15</u>)	20 – 40	$\leq 1 \cdot 10^{-8}$
Oberflächenbefestigung								
--	mit Kokosmatten		<u>20</u>	10	<u>32,5</u>	<u>5</u>	--	--

— Rechenwerte (Mittelwerte)

4.5 Angaben zur EDV-Berechnung

Die Berechnung der Böschungsbruchsicherheiten wurde mit dem Programm GGU-Stability durchgeführt. Bei den Gelände- bzw. Böschungsbruchuntersuchungen wurden hierbei kreisförmige Gleitflächen nach DIN 4084 unter Verwendung des Lamellenverfahrens nach *BISHOP* berechnet.

Bei den Böschungsberechnungen wurden die Teilsicherheitsbeiwerte gemäß den aktuell gültigen Normenwerken (EC 7 und DIN 1054: 2010-12) für die Bemessungssituationen BS-P (ständige Bemessungssituation) in Ansatz gebracht. Diese können im Detail nachfolgender Tabelle (6) entnommen werden.

Tabelle (6) Teilsicherheitsbeiwerte für die Böschungsbruchuntersuchungen

Schicht	Ständige Bemessungssituation (BS-P) [früher LF 1]
Scherparameter [γ (ϕ')]	1,25
Kohäsion [γ (c')]	1,25
γ (Wichten)	1,00
γ (Ständige Einw.)	1,00
γ (Veränderliche Einw.)	1,30

Gemäß DIN 4084 neu ist nachzuweisen, dass der Grenzzustand der Tragfähigkeit (hier der Grenzzustand der Gesamtstandsicherheit; GEO-3) mit hinreichender Sicherheit ausgeschlossen werden kann.

Hierfür ist die Bedingung $E_d \leq R_d$ bzw. $E_d / R_d = \mu \leq 1$ einzuhalten.

[E_d = Bemessungswert der destabilisierenden Einwirkungen; R_d = Bemessungswert des Tragwiderstandes]

4.6 Lastaufstellung

Bei den Böschungsbruchberechnungen wurde keine Verkehrsbelastung im Bereich der Böschungskrone in Ansatz gebracht, da hier nur eine Grünfläche gegeben ist, die im Normalfall nicht befahren wird.

5 WERTUNG DER ERGEBNISSE DER STANDSICHERHEITSUNTERSUCHUNGEN

Nachfolgend werden die Ergebnisse der durchgeführten Böschungsbruchberechnungen zusammengefasst und bewertet. Die Berechnungsergebnisse können den EDV-Ausdrucken in Anlage (6) auch in graphischer Form entnommen werden.

5.1 Böschungsbruchberechnungen mit Ansatz einer Böschungsfußsicherung

Die Böschungsbruchberechnung am Rechenschnitt mit dem Ansatz der Bodenparameter nach Tabelle (5) ergibt für den ungünstigsten Gleitkreis eine Ausnutzung von $\mu = 0,98$, wie dies auch Anlage (6.1.1) zu entnehmen ist. Die Standsicherheit der Böschung ist also bei der geplanten Ausführung der Sanierung unter Berücksichtigung des erforderlichen Sicherheitsniveaus ohne stärkeren Grundwassereinfluss knapp gegeben.

Der erste tiefere Gleitkreise, der unter der Böschungsfußsicherung hindurchführt und somit keinen „oberflächigen“ Böschungsrutsch darstellt, weist einen Ausnutzungsgrad von $\mu = 0,70$ auf (vgl. Anlage 6.1.2).

5.2 Böschungsbruchberechnungen ohne Böschungsfußsicherung

Ohne Ansatz einer Böschungsfußsicherung liegt der ungünstigste Ausnutzungsgrad der Gleitkreise bei $\mu = 1,02$ (ohne Grundwassereinfluss) und somit nur wenig über dem zulässigen Kriterium von $\mu \leq 1$. Die Berechnung ist in Anlage (6.2) diesem Bericht beigelegt.

Bei den Berechnungen mit Grundwassereinfluss (siehe Anlagen 6.3.1 und 6.3.2) wurden max. Ausnutzungsgrade von $\mu = 1,05$ ermittelt. Bei Ansatz eines horizontalen Schichtverlaufs (horizontale Tertiäroberkante; vgl. Anlage 6.3.2) ist auch zu erkennen, dass hier eine Böschungsfußsicherung kaum einen positiven Einfluss auf die Standsicherheit der Böschungen bewirkt. Die natürlichen Böschungsbrüche wurden an der Schichtgrenze Quartär / Tertiär auch durch Materialausspülungen provoziert.

5.3 Fazit

Bei Ausführung der Böschungssanierung am Regenwasserauslass bei Fluss-km 102,2 am Lech wie in der Planung des Büros Steinbacher-Consult Ingenieurgesellschaft mbH & Co. KG dargestellt, ist rechnerisch eine ausreichende Sicherheit gegen ein Versagen der Böschung zu erwarten. Es müssen aber ggf. zusätzliche Maßnahmen zur Vermeidung von Grundwasseraustritten im Übergangsbereich Quartär / Tertiär vorgesehen werden.

Hierzu sind auch die im nachfolgenden Kapitel beschriebenen konstruktiven Hinweise zum Aufbau der Böschung zu beachten.

6 KONSTRUKTIVE HINWEISE

Wiederherstellung der Böschung

Zur Wiederherstellung der Böschung sind zuerst alle stark aufgelockerten Bereiche abzutragen. Bevor die Böschung wieder lagenweise aufgebaut wird, ist eine Abtreppung der geschädigten Böschung vorzunehmen, damit zwischen den angeschütteten Böden und der Bestandsböschung eine stufenförmige Verzahnung realisiert werden kann (vgl. Vorgaben in der ZTV E-StB 17).

Der Aufbau der Böschung hat lagenweise zu erfolgen, wobei eine maximale Lagenstärke von 50 cm (angelehnt an die maximale Höhe der Abtreppungen) nicht überschritten werden sollte. Die Anschüttung muss zudem über das spätere Profil hinaus aufgebaut / überbaut werden, damit auch die äußersten Bereiche nach der Profilierung (Abgleichen der Böschung mit dem Bagger) eine ausreichende Verdichtung aufweisen.

Die ausreichende Verdichtung der einzelnen Lagen ist mittels Lastplattendruckversuchen zu belegen. Aufgrund der vorliegenden beengten Situation und der zum Einsatz kommenden Baustoffe (vgl. nachfolgender Absatz), kann dies hier mittels dynamischer Lastplattendruckversuche erfolgen. Der Mindestwert für den dynamischen Verformungsmodul sollte bei $E_{v,dyn} = 40 \text{ MN/m}^2$ liegen (entspricht einem Verdichtungsgrad von etwa 98 % der Proctordichte D_{Pr}).

Als Verfüll- bzw. Anschüttmaterial sollten aus unserer Sicht anstehende Kiese verwendet werden (Böden der Bodengruppen GW / GU nach DIN 18196), da diese einerseits gute Verdichtungseigenschaften aufweisen und in diesen Schichten auch anfallende Wässer zum Böschungsfuß abdräniert werden können. Um hier eine noch höhere Standsicherheit und auch eine bessere Wasserableitung bei Grundwasserzuflüssen sicherzustellen, würden wir empfehlen, im unteren Abschnitt der Anschüttungen jeweils eine zumindest 40 cm starke Schroppenlage einzubauen.

Wird bei den Aushubarbeiten festgestellt, dass der Übergangsbereich zwischen den Schottern und den gering durchlässigen, tertiären Sedimenten oberhalb des Böschungsfußes in der Böschung liegt, ist hier durch den Einbau von gut ausgefilterten Dränagen beidseits des Regenwasserauslasses sicherzustellen, dass hier bei Grundwasseranstrom eine kontrollierte Ableitung der anfallenden Wässer zum Böschungsfuß in den Lech erfolgen kann. Die genaue Ausbildung und die Erfordernisse dieser Maßnahmen sind bei der Sanierung des Bereichs mit dem Geotechniker vor Ort festzulegen.

Böschungsfußsicherung

Die geplante Böschungsfußsicherung besteht gemäß der vorliegenden Planung aus zwei Lagen mit jeweils zwei hintereinander angeordneten, großen Wasserbausteinen (Abmessungen der Wasserbausteine ca. $l \times b \times h = 120 \text{ cm} \times 80 \text{ cm} \times 80 \text{ cm}$); diese werden am Böschungsfuß eingegraben (vgl. Schnitt in Anlage (2)). Die Wasserbausteine am Böschungsfuß vermeiden einerseits die ansonsten unvermeidliche Erosion der Erdböschung im Wasserwechselbereich und erhöhen zudem die Gesamtstandsicherheit der Böschung, wenn auch nur in begrenztem Umfang (vgl. entsprechende Böschungsbruchberechnungen in Kapitel 5). Um eine gute, satte Auflagerung der Wasserbausteine und die Minimierung von Ausspülungen zwischen den Wasserbausteinen sicherzustellen, empfehlen wir die Auflagerung der Wasserbausteine auf einer zumindest etwa 40 cm starken Schroppenlage. Anstelle von Schroppen ist die Lagerung der Wasserbausteine auch auf Einkorn-Beton denkbar.

Die Wasserbausteine sollten auch aus möglichst beständigem Material (z.B. Granit) bestehen.

Böschungsbefestigung / Oberflächensicherung

Als prinzipielle Böschungssicherung ist die Auflage von Kokosmatten geplant, welche mit Holzpflöcken ausreichend tief in der Böschung zu verankern sind. Kokosmatten weisen eine ausreichende Verwitterungsbeständigkeit auf und können so bis zur endgültigen Verwitterung der Matten nach etwa 3 bis 5 Jahren einen guten Bewuchs der Böschung garantieren. Falls hier eine gezielte Bepflanzung vorgesehen sein sollte, sind hier tiefwurzelnende Gräser oder ggf. auch Büsche zu bevorzugen.

Im Bereich des unmittelbaren Auslaufes ist, wie dies auch geplant ist, eine Erhöhung der Erosionsstabilität im vorgesehenen Gerinne zu gewährleisten, indem hier bis zum Fluss ausreichend große Steine im Mörtelbett verlegt werden.

7 ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des vorliegenden Gutachtens wurden die Ergebnisse der durchgeführten Feld- und Laborarbeiten zur geplanten Sanierung des Regenwasserauslasses am Lech (Fluss-km 102,2) zusammengestellt und erläutert. Gemäß den Erkundungsbohrungen liegen im Untersuchungsbereich mitteldicht gelagerte Kiese vor, die von bindigen tertiären Sedimenten unterlagert werden.

In den Abschnitten 4 und 5 wurde die Böschungsstandsicherheit für die geplante Sanierung des Regenwasserauslasses mittels Böschungsbruchberechnungen nachgewiesen. Unter Berücksichtigung der dort dokumentierten Annahmen zur Berechnung ist für die angedachte Ausführungsplanung eine ausreichende Standsicherheit der neu aufgebauten Böschung gegeben. Soweit erforderlich, müssen aber noch zusätzliche Maßnahmen zur Vermeidung von Grundwasseraustritten im Hangbereich vorgesehen werden, wenn die Schichtgrenze Quartär / Tertiär in der Böschung liegt, was bei den Aushubmaßnahmen festzustellen ist.

In Abschnitt 6 wurden konstruktive Hinweise zur Ausführung der geplanten Sanierung aus geotechnischer Sicht dargestellt (z.B. Angaben zum Wiederaufbau der Böschung, Angaben zur Böschungsfußsicherung, Grundwasserableitung etc.).

Vorrangiges Ziel des Gutachtens war es, neben dem Nachweis der Böschungsstand-sicherheit die vor Ort relevanten Untergrunddaten durch Beschreibung der Bodenschichten und durch Zuordnung von physikalischen Bodenparametern für den Planer und die Bau-firmen aufzubereiten.

Da alle Angaben nur auf punktuellen Baugrundaufschlüssen oberhalb der betroffenen Flussböschung beruhen und Abweichungen der Untergrund- und auch der Grundwasser-bzw. Schichtwassersituation außerhalb der Aufschlüsse möglich sind und insbesondere auch im Hinblick auf die beschriebene Rutschungsproblematik sind beim Aushub der Böschung die aktuellen Bodenschichten mit den Ergebnissen dieser Erkundung sorgfältig zu ver-gleichen und die Erfordernisse dann abschließend mit dem Geotechniker festzulegen. Bei Abweichungen des Untergrundes bzw. in allen sonstigen Zweifelsfällen bezüglich Baugrund und Gründung ist ebenfalls ein Baugrundsachverständiger einzuschalten.

Zum Zeitpunkt der Ausarbeitung dieses Berichtes lagen uns die genannten Arbeitsunter-lagen vor. Da dem Baugrundsachverständigen derzeit nicht alle relevanten Gesichtspunkte der Planung und Bauausführung bekannt sein können, erhebt dieser Bericht keinen An-spruch auf Vollständigkeit in allen Detailpunkten.

Es wird weiterhin davon ausgegangen, dass die an Planung und Bauausführung beteiligten Ingenieure unter Zugrundelegung der hier aufgezeichneten Untergrunddaten alle erfor-derlichen Nachweise etc. entsprechend den aktuellen Regeln der Bautechnik führen.

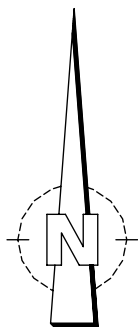
Für weitere geotechnische Beratungen und/oder Berechnungen im Zuge dieses Projektes stehen wir gerne zur Verfügung.

CRYSTAL GEOTECHNIK

BERATENDE INGENIEURE & GEOLOGEN GMBH

ANLAGE (1)

LAGEPLÄNE



CRYSTAL GEOTECHNIK

BERATENDE INGENIEURE & GEOLOGEN GMBH
INSTITUT FÜR ERD- UND GRUNDBAU HYDROGEOLOGISCHE BERATUNG
HOFSTATTSTRASSE 28 D-86919 UTTING TELEFON 08806/95894-0
SCHUSTERGASSE 14 D-83512 WASSERBURG TELEFON 08071/92278-0

BAUHERR

Gemeinde Denklingen

PROJEKT

Sanierung Regenwasserauslass am Lech, Fluss-km 102,2

PLANINHALT

Übersichtslageplan

MASSTAB:

M 1 : 25000

GEZEICHNET

CH

DATUM

07.10.2019

GEPRÜFT

RA

PROJEKT NR.

S 191149

PLAN NR.

1

ANLAGE

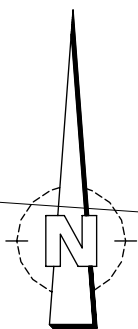
1.1

ÄNDERUNGEN

DATUM

GEZEICHNET

GEPRÜFT



Fl.-Nr 2197

DPH2

Fl.-Nr 2212/2

Böschungssicherung durch
Kokosmatten

DE RW 001
Ok632.91
So630.06
bei Regenwasserkanal
300 Ø 2.92% - 43.84

DE RW 001
Ok632.91
So630.06
630.95

Neubau Schacht und
Regenwasserkanal zum
Auslauf

DPH1
B1

Lech

Grenze mit
Wasserbauelementen in Beton
betonfertig

Legende



Bohrung



schwere Rammsondierung

CRYSTAL GEOTECHNIK

BERATENDE INGENIEURE & GEOLOGEN GMBH
INSTITUT FÜR ERD- UND GRUNDBAU HYDROGEOLOGISCHE BERATUNG
HOFSTATTSTRASSE 28 D-86919 UTTING TELEFON 08806/95894-0
SCHUSTERGASSE 14 D-83512 WASSERBURG TELEFON 08071/92278-0

BAUHERR

Gemeinde Denklingen

PROJEKT

Sanierung Regenwasserauslass am Lech, Fluss-km 102,2

PLANINHALT

Lageplan mit Aufschlusspunkten

MASSSTAB:

M 1 : 250

GEZEICHNET

CH/MG

DATUM

07.10.2019

GEPRÜFT

RA

PROJEKT NR.

S 191149

PLAN NR.

2

ANLAGE

1.2

ÄNDERUNGEN

DATUM

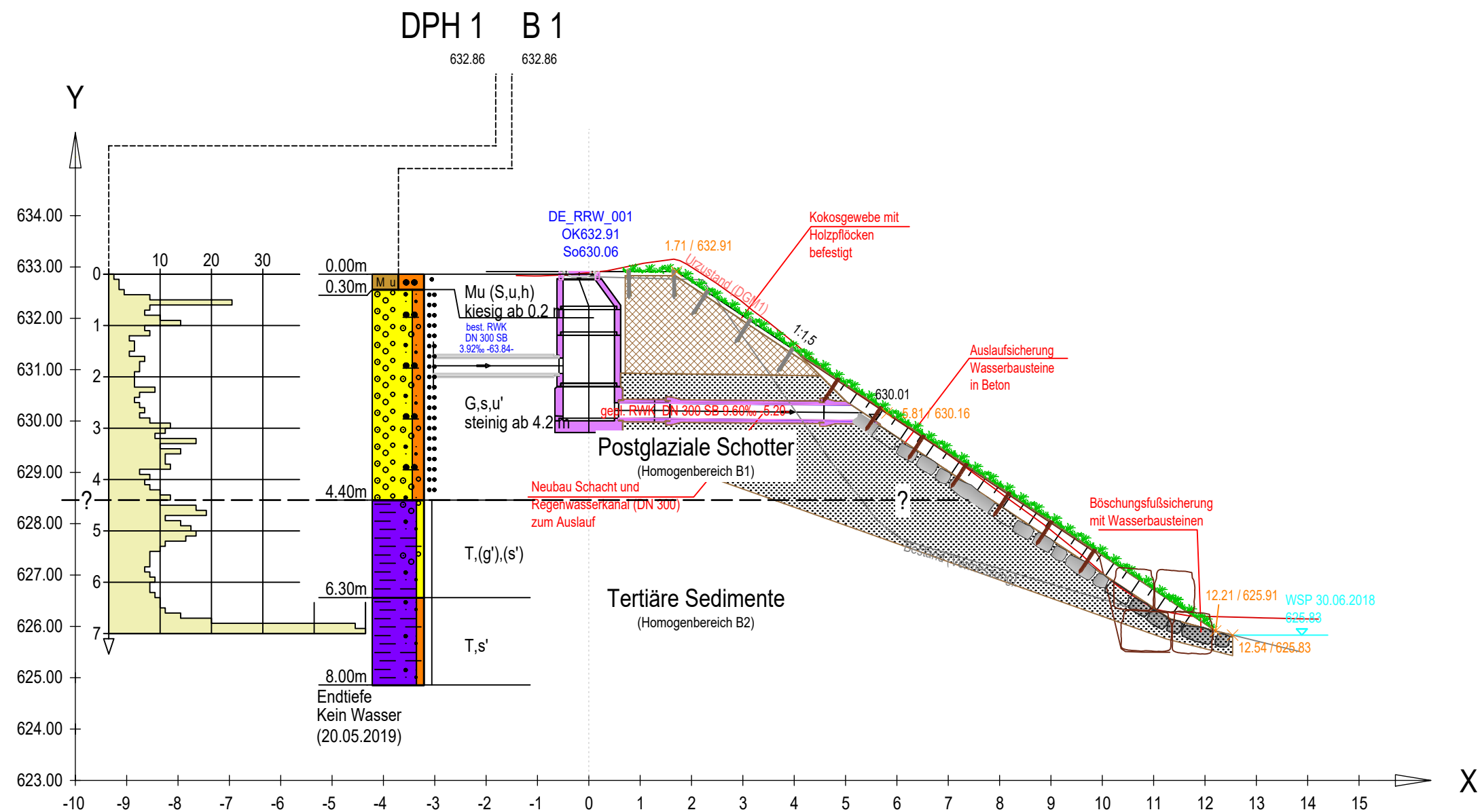
GEZEICHNET

GEPRÜFT

ANLAGE (2)

**SCHNITT MIT GEOLOGISCHER DARSTELLUNG DER
UNTERGRUNDSITUATION**

Schemaschnitt
M = 1:100



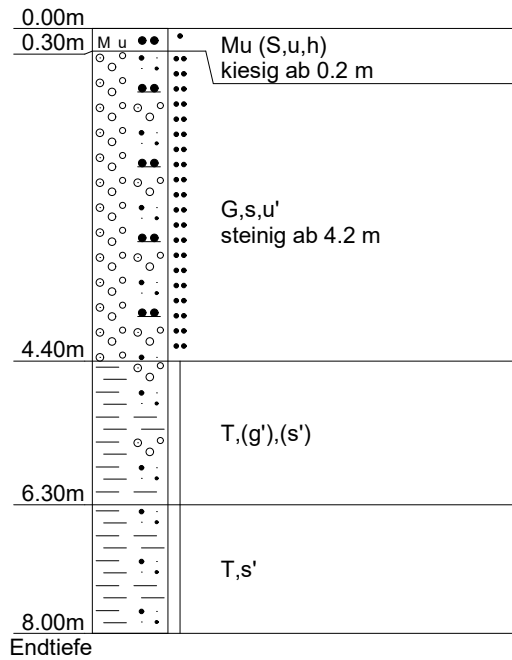
CRYSTAL			
GEOTECHNIK		BERATENDE INGENIEURE & GEOLOGEN GMBH INSTITUT FÜR ERD- UND GRUNDBAU HYDROGEOLOGISCHE BERATUNG HOFSTATTSTRASSE 28 D-86919 UTTING TELEFON 08806/95894-0 SCHUSTERGASSE 14 D-83612 WASSERBURG TELEFON 08071/92278-0	
BAUHERR			
Gemeinde Denklingen			
PROJEKT			
Sanierung Regenwasserauslass am Lech, Fluss-km 102,2			
PLANINHALT			
Schnitt mit Darstellung der Untergrundsituation			
MASSTAB:	GEZEICHNET	DATUM	GEPRÜFT
M 1 : 100	CH/MG	07.10.2019	RA
PROJEKT NR.	PLAN NR.	ANLAGE	
S 191149	3	2	
ÄNDERUNGEN		DATUM	GEZEICHNET GEPRÜFT

ANLAGE (3)

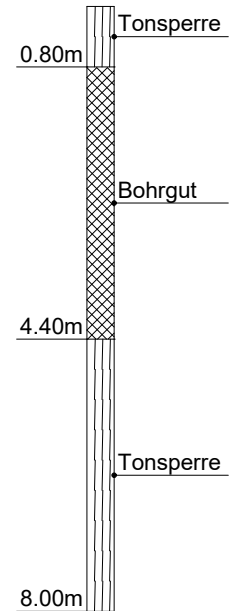
**PROFIL DER BOHRUNG UND DER SCHWEREN
RAMMSONDIERUNGEN**

B 1

632.86 m NHN

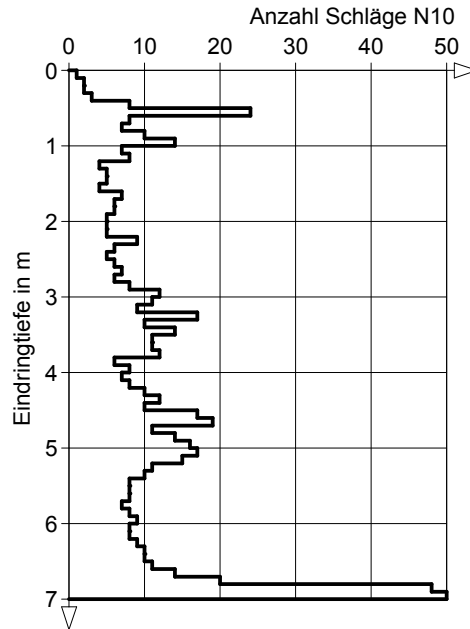
EP 1 ☐ 1.00mEP 2 ☐ 4.00mGP 1 ☐ 4.70mGP 2 ☐ 6.00mGP 3 ☐ 8.00mKein Wasser
(20.05.2019)

Rückverfüllung



DPH 1

Ansatzpunkt: 632.86 mNN



Crystal Geotechnik GmbH

Berat. Ingenieure und Geologen

Hofstattstr. 28, 86919 Utting

Tel.: 08806 / 95894-0

Fax: 08806 / 95894-44

Projekt: Sanierung Regenwasserauslass am Lech

Projekt-Nr.: S 191149

Anlage: 3.3

Maßstab: 1: 100

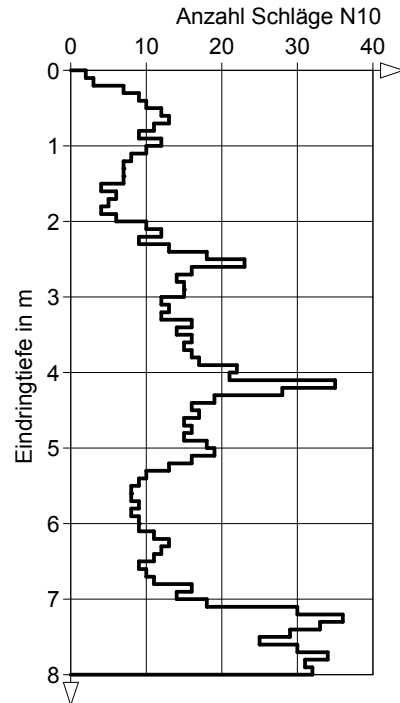
Datum: 20.05.2019

Rechtswert: 4416521.46

Hochwert: 5311185.58

DPH 2

Ansatzpunkt: 632.82 mNN



CRYSTAL GEOTECHNIK

BERATENDE INGENIEURE & GEOLOGEN GMBH

ANLAGE (4)

SCHICHTENVERZEICHNISSE

Crystal Geotechnik GmbH

Berat. Ingenieure und Geologen

Hofstattstr. 28, 86919 Utting

Tel.: 08806 / 95894-0

Kopfblatt nach DIN 4022 zum Schichtenverzeichnis
für Bohrungen
Baugrundbohrung

Archiv-Nr:

Aktenzeichen:

Anlage: **4.1**

Bericht:

1 Objekt Sanierung Regenwasserauslass am Lech Anzahl der Seiten des Schichtenverzeichnisses: **3**
Anzahl der Testberichte und ähnliches:

2 Bohrung Nr. B 1 Zweck: **Baugrundaufschluss**

Ort:

Lage (Topographische Karte M = 1 : 25000):

Nr:

Rechts: **4416532.35** Hoch: **5311179.15**

Lotrecht

Richtung:

Höhe des a) zu NN **632.86**

m

Ansatzpunktes b) zu

m

[m] unter Gelände

3 Lageskizze (unmaßstäblich)

Bemerkung:

4 Auftraggeber: Fa. Crystal Geotechnik, Utting
Fachaufsicht: **Frau Braunschweig**

5 Bohrunternehmen: Firma Aumann

gebohrt von: **05.11.2014** bis: **05.11.2014**

Tagesbericht-Nr:

Projekt-Nr: **S 191149**

Geräteführer: **Herr Aumann**

Qualifikation: **Bohrgeräteführer**

Geräteführer:

Qualifikation:

Geräteführer:

Qualifikation:

6 Bohrgerät Typ: Rammkernbohrgerät
Bohrgerät Typ:

Baujahr:

Baujahr:

7 Messungen und Tests im Bohrloch:

8 Probenübersicht:	Art - Behälter	Anzahl	Aufbewahrungsort
Bohrproben	Glasproben	0	Crystal Geotechnik, Utting
Bohrproben	Eimerproben	0	Crystal Geotechnik, Utting
Bohrproben	Braunglas	0	Crystal Geotechnik, Utting
Sonderproben			
Wasserproben			

9 Bohrtechnik		BP = Bohrung mit durchgehender Gewinnung nichtgekernter Proben	BKR= BK mit richtungsorientierter Kernentnahme								
9.1 Kurzzeichen		BuP= Bohrung mit Gewinnung unvollständiger Proben	BKB= BK mit beweglicher Kernumhüllung								
9.1.1 Bohrverfahren		BS = Sondierbohrungen	BKF= BK mit fester Kernumhüllung								
9.1.1.1 Art: BK = Bohrung mit durchgehender Gewinnung gekernter Proben ... =			... =								
9.1.1.2 Lösen: rot = drehend		ram = rammend druck = drückend	schlag = schlagend greif = greifend								
9.1.2 Bohrwerkzeug		HK = Hohlkrone	Schn = Schnecke ... =								
9.1.2.1 Art: EK = Einfachkernrohr DK = Doppelkernrohr TK = Dreifachkernrohr S = Seilkernrohr		VK = Vollkrone H = Hartmetallkrone D = Diamantkrone Gr = Greifer Schap = Schappe	Spi = Spirale ... = Kis = Kiespumpe ... = Ven = Ventilbohrer Mei = Meißel SN = Sonde								
9.1.2.2 Antrieb: G = Gestänge SE = Seil		HA = Hand F = Freifall V = Vibro	DR = Druckluft HY = Hydraulik								
9.1.2.3 Spülhilfe: WS= Wasser LS = Luft		SS = Sole DS = Dickspülung Sch = Schaum	d = direkt id = indirekt								
9.2 Bohrtechnische Tabellen											
Tiefe in m Bohrlänge in m von bis		Bohrverfahren Art Lösen		Bohrwerkzeug Art ø mm Antrieb Spül-hilfe			Verrohrung Außen ø mm Innen ø mm Tiefe m			Bemerkungen	
0,00	2,00	BP	ram	Schap	150	HY		178		2,00	
2,00	3,00	BP	ram	Schap	150	HY					
9.3 Bohrkronen				9.4 Geräteführer-Wechsel							
Nr.	Nr.	ø Außen/Innen:	/	Nr	Datum Tag/Monat Jahr	Uhrzeit	Tiefe	Name Geräteführer für	Ersatz	Grund	
1	Nr.	ø Außen/Innen:	/	1							
2	Nr.	ø Außen/Innen:	/	2							
3	Nr.	ø Außen/Innen:	/	3							
4	Nr.	ø Außen/Innen:	/	4							
5	Nr.	ø Außen/Innen:	/								
6	Nr.	ø Außen/Innen:	/								
10 Angaben über Grundwasser, Verfüllung und Ausbau											
Wasser erstmals angetroffen bei m, Anstieg bis m unter Ansatzpunkt											
Höchster gemessener Wasserstandm über Ansatzpunkt bei m Bohrtiefe											
Verfüllung: 0.80 m bis 4.40 m Art: Bohrgut von: m bis: m Art:											
Nr	Filterrohr			Filterschüttung				Sperrschicht			OK Peilrohr m über/unter Ansatzpunkt
von m	bis m	ø mm	Art	von m	bis m	Körnung mm	von m	bis m	Art		
								0.00	0.80	Tonsperre	
								4.40	8.00	Tonsperre	
11 Sonstige Angaben											
Datum:											

Crystal Geotechnik GmbH Berat. Ingenieure und Geologen Hofstattstr. 28, 86919 Utting Tel.: 08806 / 95894-0						Anlage 4.1 Bericht: Az.:		
Schichtenverzeichnis für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben								
Bauvorhaben: Sanierung Regenwasserauslass am Lech								
Bohrung Nr. B 1						Blatt 3		Datum: 05.11.2014- 05.11.2014
1	2				3	4	5	6
Bis m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk-gehalt				
0.30	a) Mutterboden (Sand, schluffig, ab 0.20 kiesig)				Schappe Ø 150 mm			
	b)							
	c) locker	d) leicht	e) braun					
	f)	g)	h)	i)				
4.40	a) Kies, sandig, schwach schluffig, schwach steinig ab 4.20 stark steinig				trocken	EP EP	1 2	1.00 4.00
	b)							
	c) mitteldicht	d) mittelschwer	e) grau					
	f)	g)	h)	i)				
6.30	a) Schluff, stark tonig, schwach sandig				trocken	GP GP	1 2	4.70 6.00
	b)							
	c) halbfest	d) schwer	e) braunoliv					
	f)	g)	h)	i)				
8.00 Endtiefe	a) Schluff, stark tonig, schwach sandig				kein Wasser 20.05.2019 trocken	GP	3	8.00
	b)							
	c) fest	d) schwer	e) olivblau					
	f)	g)	h)	i)				

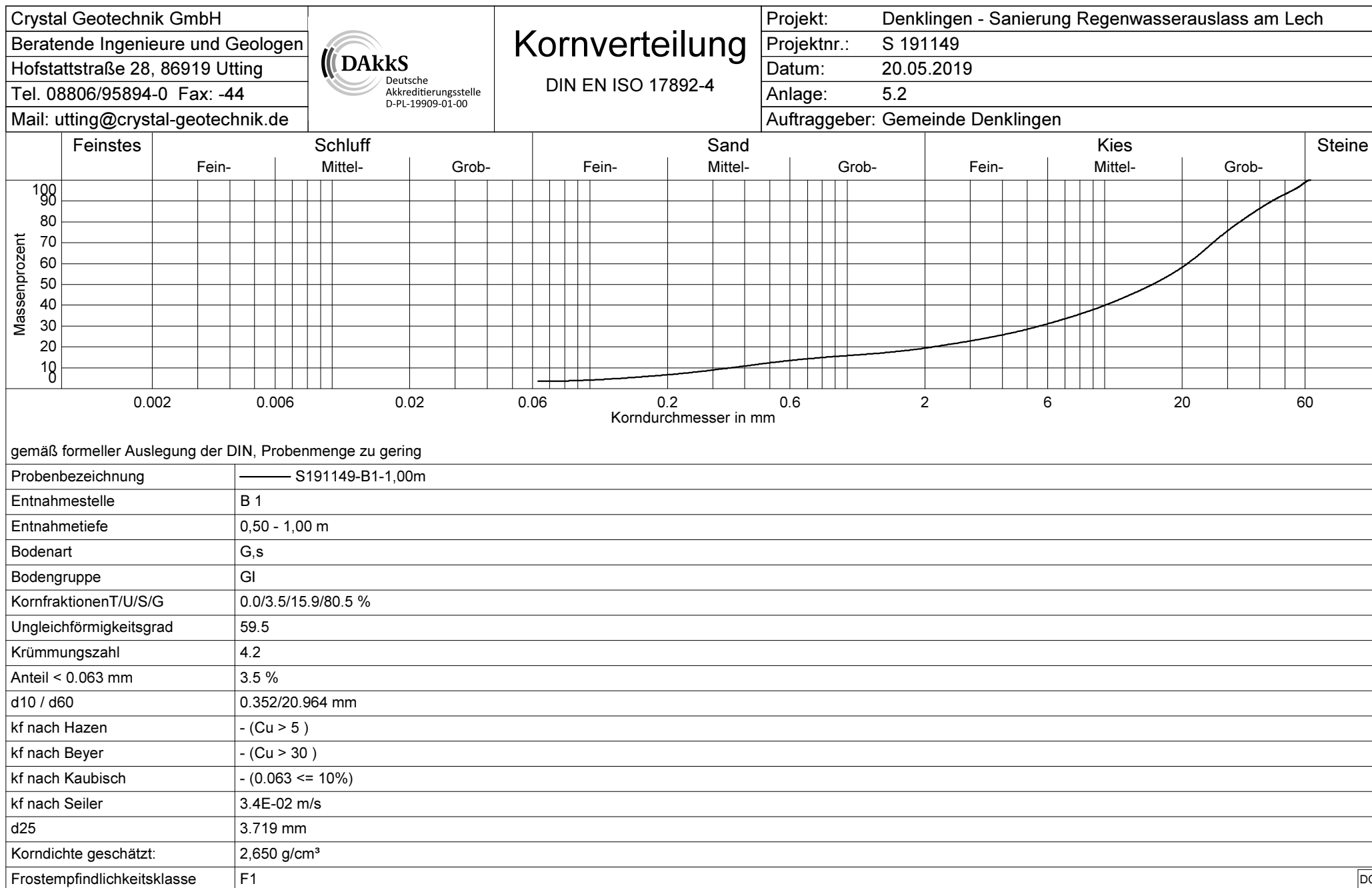
CRYSTAL GEOTECHNIK

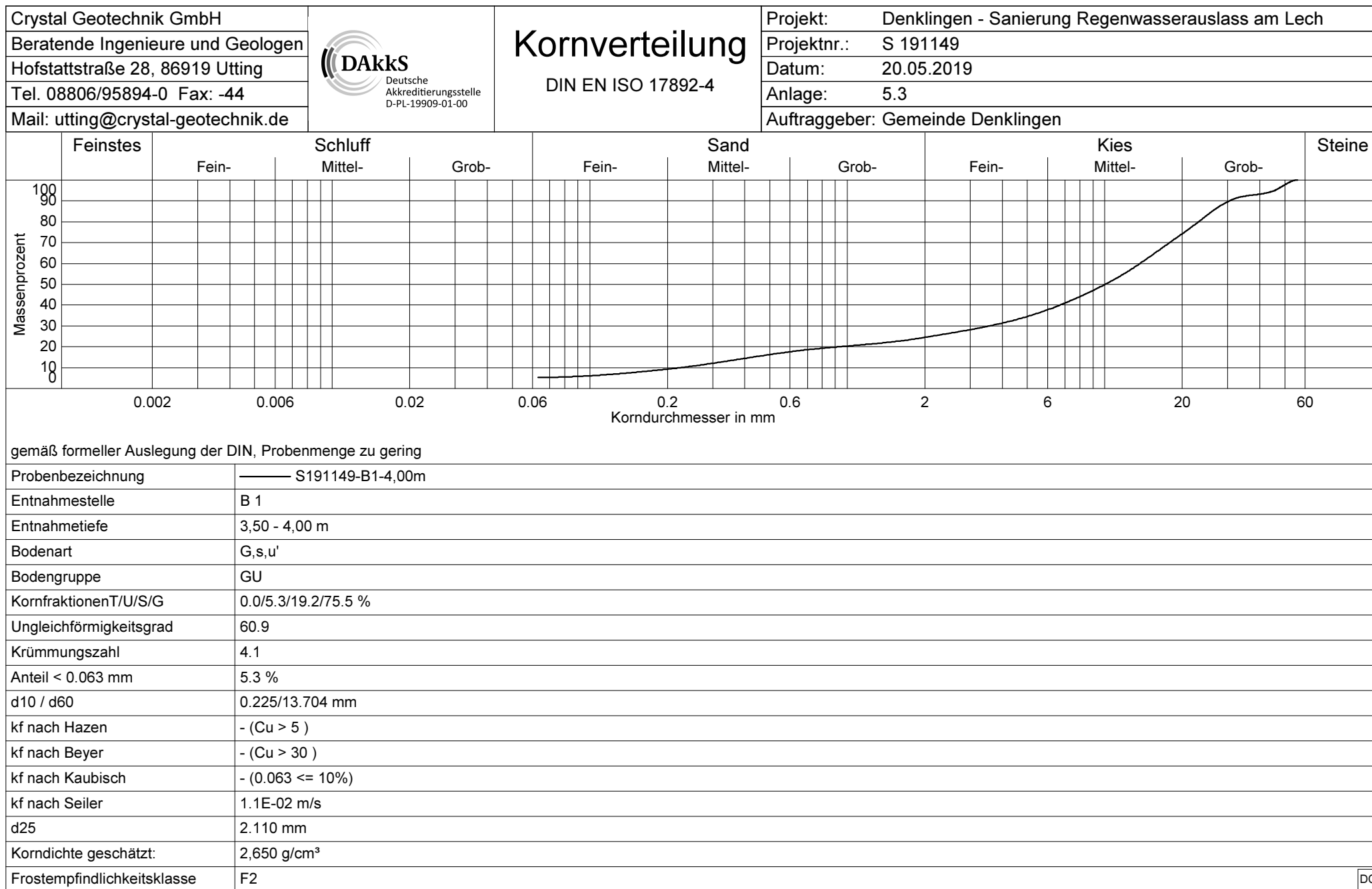
BERATENDE INGENIEURE & GEOLOGEN GMBH

ANLAGE (5)

BODENMECHANISCHE LABORUNTERSUCHUNGEN

EXCEL-Auswertung		Projektzusammenstellung																FB-KP-Laboranweisung				
																		Revision A - Stand 2019-02				
		Seite 1 von 1		Anlage 5. 1																		
Projekt: Gemeinde Denklingen - Sanierung Regenwasserauslass am Lech														Auftraggeber: Gemeinde Denklingen								
Projekt-Nr.: S191149			Probenehmer: Aumann			Probenahme: 20.05.2019						Probeneingang: 22.05.2019					Bearbeiter: WK					
Entnahmestelle Probenart Entnahmetiefe	Probenbezeichnung	Bodenart/-farbe nach DIN EN ISO 14688-1/-2:2011-06	Kurzzeichen nach DIN 4023 Bodengruppe nach DIN 18196 Bemerkungen	Wassergehalt	Kornverteilung in M-%					Zustandsgrenzen					Glühverlust	Taschenpenetrometer	kf-Wert	Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E-StB 17 / Körnungsband nach ZTV SoB-StB.04	Feuchtdichte ρ / Trockendichte ρ _d	Flügelscherversuch	Komp.-Versuch	Scherversuch
					ϕ < 0.002 mm	ϕ 0.002 - 0.063 mm	ϕ 0.063 - 2 mm	ϕ 2 - 63 mm	ϕ > 63 mm	Wasserg. ϕ < 0.4 mm	Fließgrenze w _L	Ausrollgrenze w _p	Plastizität I _p	Konsistenz							Laststufen Steifemodul	Bruchparameter / Gleitparameter
				[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[kPa]	[m/s]	[g/cm³]	[kPa]	[kPa]	[kPa]/[°]		
B1 EP1 0,50 - 1,00	S191149- B1- 1,00m	Kies, sandig grau	G,s GI			3,5	15,9	80,5	0,0							3,4E-02 rechn. nach Seiler						
B1 EP2 3,50 - 4,00	S191149- B1- 4,00m	Kies, sandig, schwach schluffig grau	G,s,u' GU			5,3	19,2	75,5	0,0							1,1E-02 rechn. nach Seiler						
B1 GP1 4,60 - 4,70	S191149- B1- 4,70m	Ton, (schwach kiesig) olive	T,(g') TA	14,0						15,1	51,9	19,7	32,3	1,14 halbfest		1600 1400 2000						
B1 GP2 5,90 - 6,00	S191149- B1- 6,00m	Ton, schwach sandig olivgrau	T,s'	12,0										halbfest- fest		>2000 >2000 >2000						
B1 GP3 7,90 - 8,00	S191149- B1- 8,00m	Ton, schwach sandig olivgrau	T,s' TM	15,5						15,5	49,8	17,8	32,0	1,07 halbfest		1200 1000 1300						



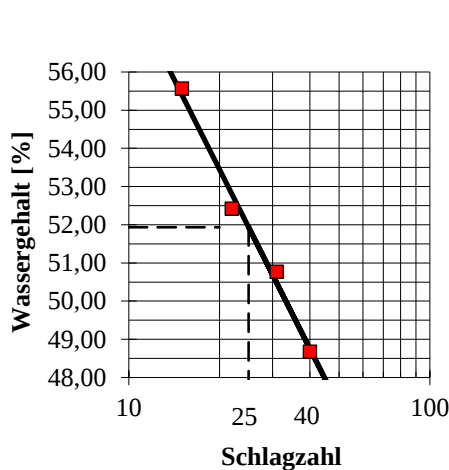


Zustandsgrenzen nach DIN 18122, Teil 1

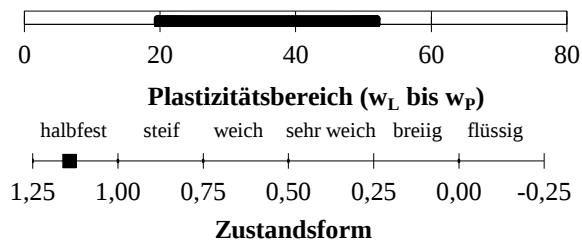
Versuch DIN 18122 - LM / - P

Projekt: Gemeinde Denklingen - Sanierung Regenwasserauslass am Lech
Projektnummer: S 191149 **Entnommen durch:** Aumann
Bodenart: T,(g') (Matrix <0,4mm) **Entnahme am:** 20.05.19
Entnahmestelle: B 1 **Probeneingang:** 22.05.19
Entnahmetiefe: 4,60 - 4,70 m **Ausgeführt durch:** ML/GB
Auftraggeber: Gemeinde Denklingen **Ausgeführt am:** 29.05.19

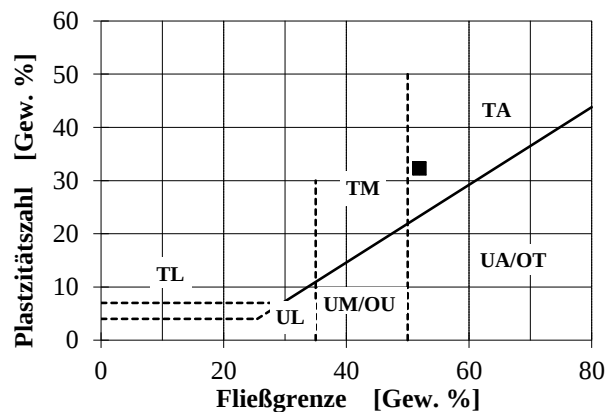
	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
Behälter Nr.	306	158	2	90	333	45	16
Zahl der Schläge [g]	40	31	22	15			
Feucht. Pr. + Behält. [g]	22,57	20,49	25,93	25,93	13,37	12,12	10,82
Trock. Pr.+Behält. [g]	16,34	14,89	18,23	17,94	11,77	10,69	9,70
Behälter [g]	3,54	3,86	3,54	3,56	3,74	3,51	3,85
Wasser [g]	6,23	5,60	7,70	7,99	1,60	1,43	1,12
Trockene Probe [g]	12,80	11,03	14,69	14,38	8,03	7,18	5,85
Wassergehalt [%]	48,67	50,77	52,42	55,56	19,93	19,92	19,15



Wassergehalt w 15,1 %
 Fließgrenze w_L 51,9 %
 Ausrollgrenze w_p 19,7 %
 Plastizitätszahl I_p 32,3 %
 Konsistenzzahl I_C 1,14



Bemerkungen: TA



Projektleiter: Wolfgang Klatt

Crystal Geotechnik

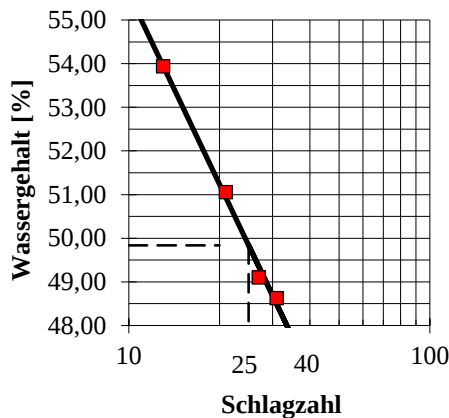
Beratende Ingenieure und Geologen GmbH
 Hofstattstr.28 86919 Utting
 Tel. 08806/95894-0 Fax 08806/95894-44

Zustandsgrenzen nach DIN 18122, Teil 1

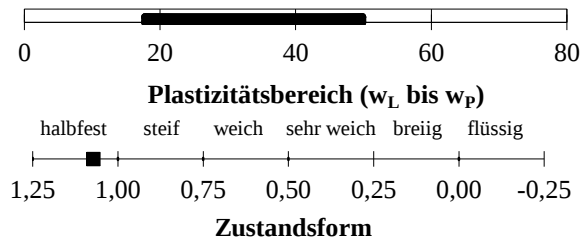
Versuch DIN 18122 - LM / - P

Projekt: Gemeinde Denklingen - Sanierung Regenwasserauslass am Lech
Projektnummer: S 191149 **Entnommen durch:** Aumann
Bodenart: T,s' **Entnahme am:** 20.05.19
Entnahmestelle: B 1 **Probeneingang:** 22.05.19
Entnahmetiefe: 7,90 - 8,00 m **Ausgeführt durch:** BR
Auftraggeber: Gemeinde Denklingen **Ausgeführt am:** 29.05.19

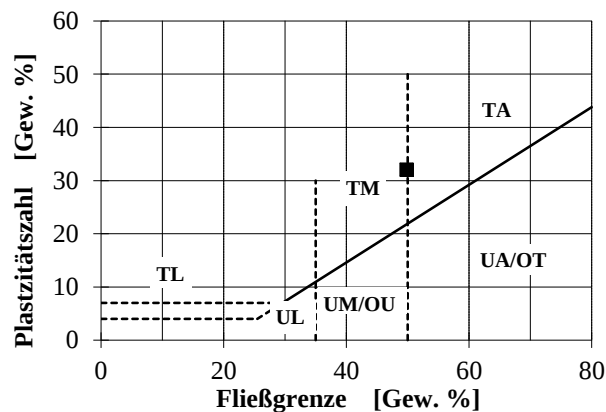
	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
Behälter Nr.	136	115	2	339	137	1	16
Zahl der Schläge [g]	31	27	21	13			
Feucht. Pr. + Behält. [g]	22,36	31,69	24,24	25,64	8,78	10,50	10,90
Trock. Pr.+Behält. [g]	16,51	22,41	17,23	18,03	7,97	9,44	9,86
Behälter [g]	4,48	3,51	3,50	3,92	3,45	3,51	3,95
Wasser [g]	5,85	9,28	7,01	7,61	0,81	1,06	1,04
Trockene Probe [g]	12,03	18,90	13,73	14,11	4,52	5,93	5,91
Wassergehalt [%]	48,63	49,10	51,06	53,93	17,92	17,88	17,60



Wassergehalt w 15,5 %
 Fließgrenze w_L 49,8 %
 Ausrollgrenze w_p 17,8 %
 Plastizitätszahl I_p 32,0 %
 Konsistenzzahl I_C 1,07



Bemerkungen: TM



Projektleiter: Wolfgang Klatt

ANLAGE (6)

BÖSCHUNGSBRUCHBERECHNUNGEN

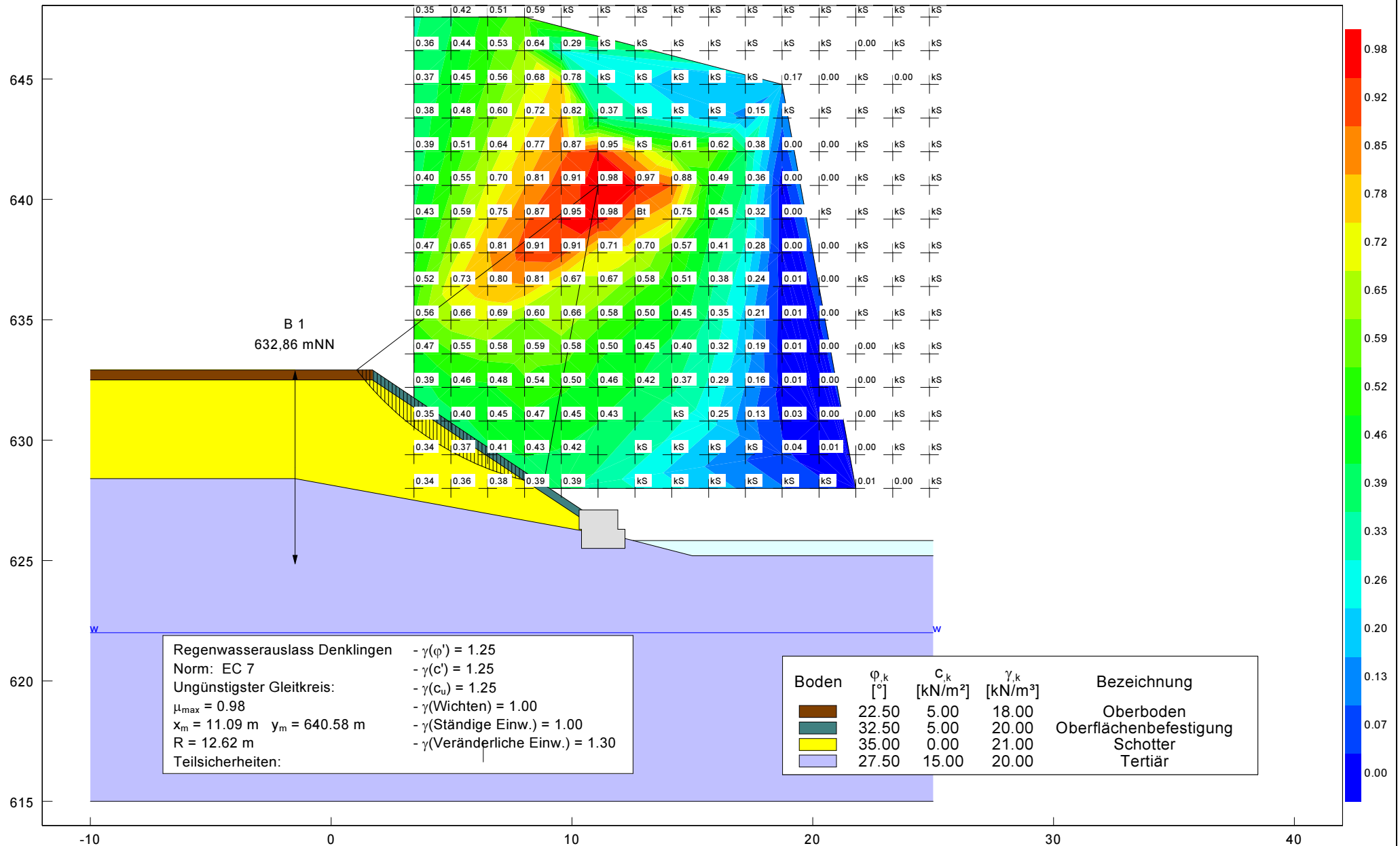
Regenwasserauslass Denklingen

Standsicherheit Endzustand mit Fußsicherung

Crystal Geotechnik GmbH
Hofstattstraße 28
86919 Utting a. Ammersee
Tel.: 08806 95894-0 Fax: -44

Denklingen
Standsicherheitsberechnung

Bericht Nr. S191149
Anlage Nr. 6.1.1



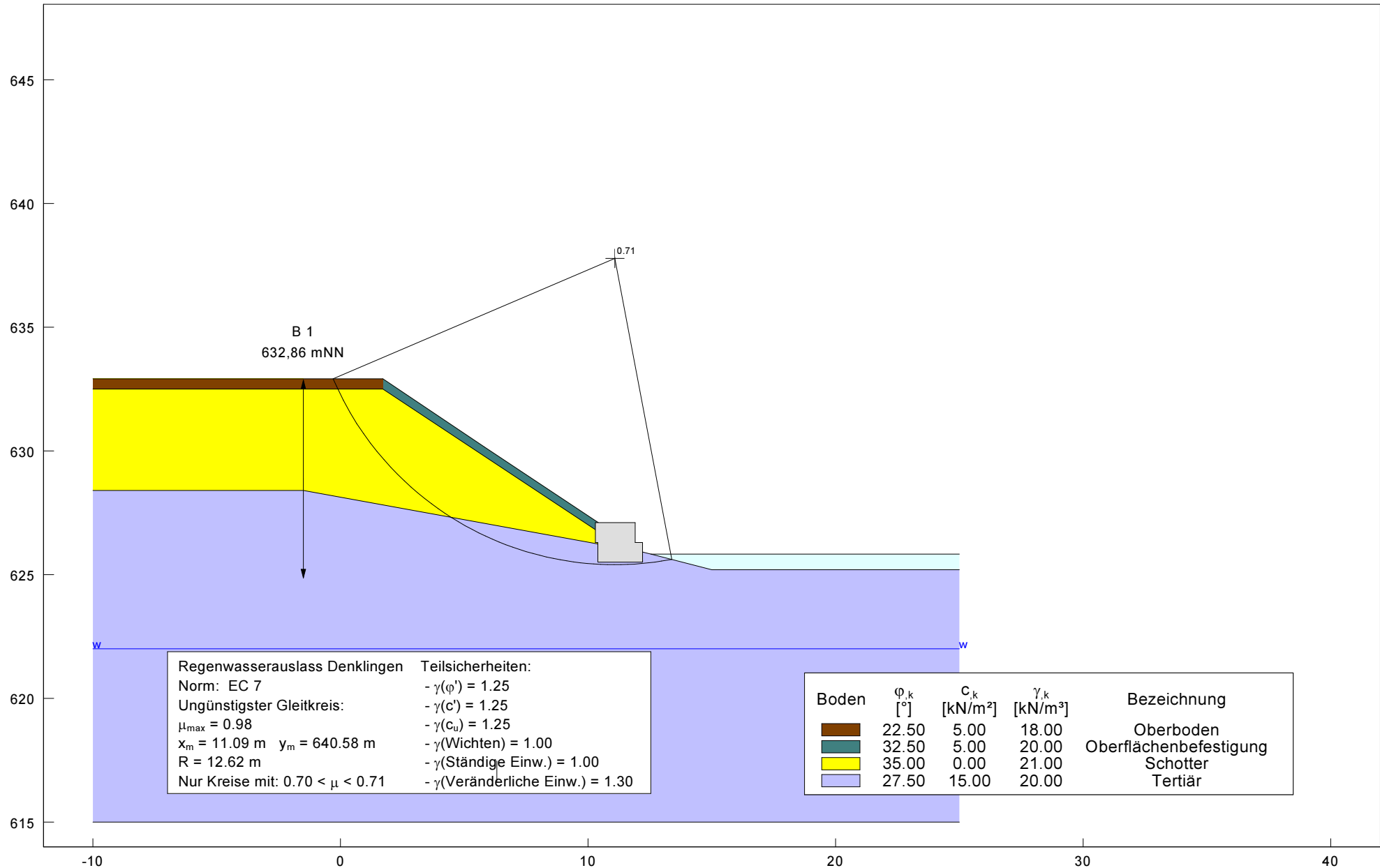
Regenwasserauslass Denklingen

Standsicherheit Endzustand mit Fußsicherung

Crystal Geotechnik GmbH
Hofstattstraße 28
86919 Utting a. Ammersee
Tel.: 08806 95894-0 Fax: -44

Denklingen
Standsicherheitsberechnung

Bericht Nr. S191149
Anlage Nr. 6.1.2



Böschungsberechnung nach EC 7 mit Kreisgleitflächen

Regenwasserauslass Denklingen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel

c [kN/m²] = Kohäsion

γ [kN/m³] = Wichte

μ [-] = Ausnutzungsgrad

x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes

rad [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.25$

- $\gamma_m(c) = 1.25$

- $\gamma_m(c_u) = 1.25$

- $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$

- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$

- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	632.910	2	1.710	632.910	3	5.810	630.160	4	12.210	625.910	5	12.540	625.830
6	15.000	625.200	7	25.000	625.200									

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	22.50	5.00	18.00	Oberboden
2	32.50	5.00	20.00	Oberflächenbefestigung
3	35.00	0.00	21.00	Schotter
4	27.50	15.00	20.00	Tertiär

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	18.33	4.00	18.00	Oberboden
2	27.01	4.00	20.00	Oberflächenbefestigung
3	29.26	0.00	21.00	Schotter
4	22.61	12.00	20.00	Tertiär

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	-10.000	632.500	1.710	632.500	1
2	1.710	632.500	12.210	625.550	2
3	-10.000	628.400	-1.500	628.400	3
4	-1.500	628.400	11.460	626.046	3
5	-10.000	615.000	25.000	615.000	4

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	622.000	2	25.000	622.000

Bauteil 1

Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	10.40	625.50

2	12.20	625.50
3	12.20	626.30
4	11.90	626.30
5	11.90	627.10
6	10.30	627.10
7	10.30	626.30
8	10.40	626.30

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00
Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 625.83

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Vertikale Tangenten

x / y (Anfang): -0.6940 636.9423

x / y (Ende): 25.2656 636.7330

Anzahl Radian = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	μ	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(R)	M(Gi)	M(S)
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]
81	11.0858	640.5761	12.6198	50	0.9804	895.289	913.221	913.2	0.0	895.3	0.0

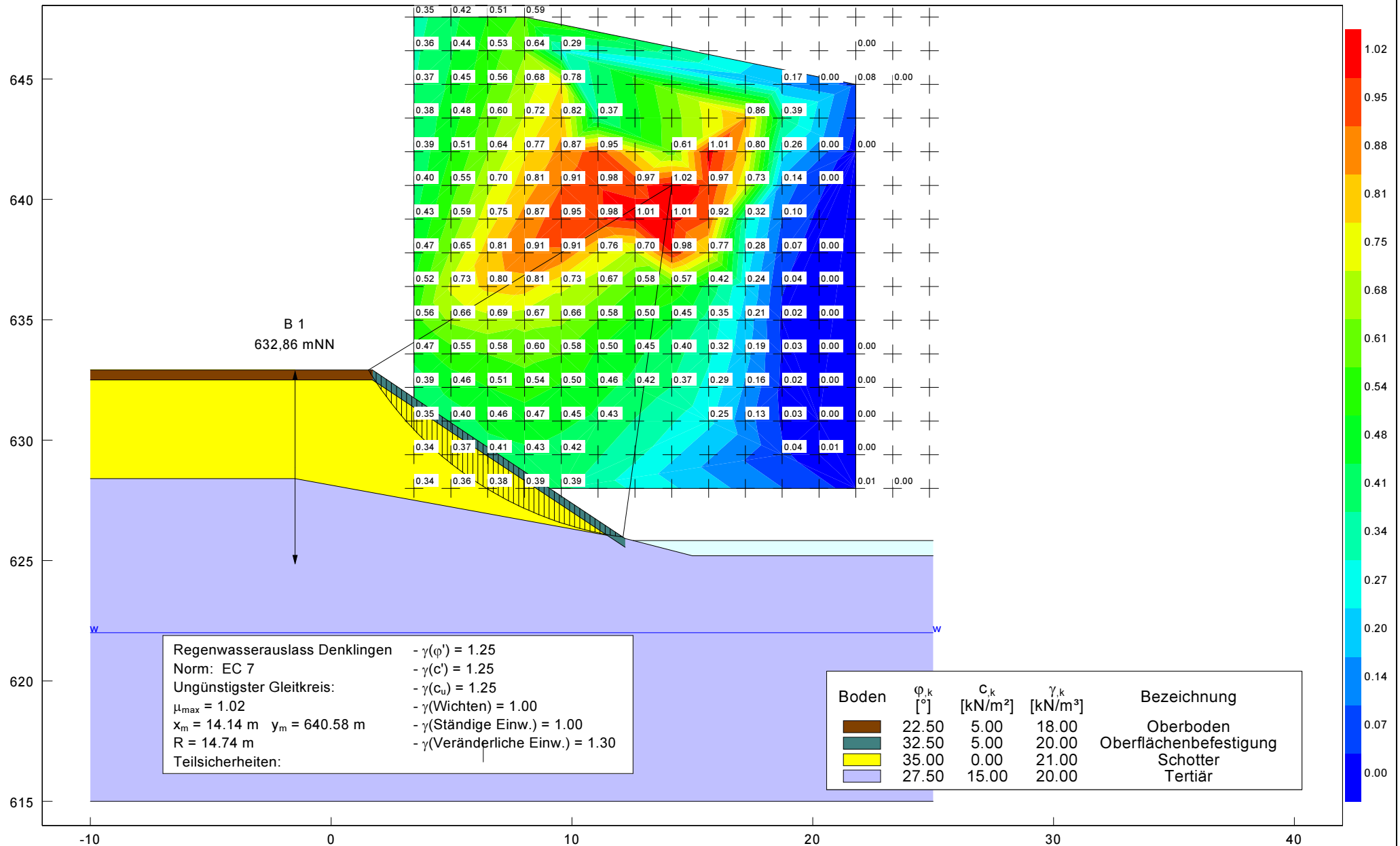
Regenwasserauslass Denklingen

Standsicherheit Endzustand

Crystal Geotechnik GmbH
Hofstattstraße 28
86919 Utting a. Ammersee
Tel.: 08806 95894-0 Fax: -44

Denklingen
Standsicherheitsberechnung

Bericht Nr. S191149
Anlage Nr. 6.2



Böschungsberechnung nach EC 7 mit Kreisgleitflächen

Regenwasserauslass Denklingen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel

c [kN/m²] = Kohäsion

γ [kN/m³] = Wichte

μ [-] = Ausnutzungsgrad

x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes

rad [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.25$

- $\gamma_m(c) = 1.25$

- $\gamma_m(c_u) = 1.25$

- $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$

- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$

- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	632.910	2	1.710	632.910	3	5.810	630.160	4	12.210	625.910	5	12.540	625.830
6	15.000	625.200	7	25.000	625.200									

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	
1	22.50	5.00	18.00	Oberboden
2	32.50	5.00	20.00	Oberflächenbefestigung
3	35.00	0.00	21.00	Schotter
4	27.50	15.00	20.00	Tertiär

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]	
1	18.33	4.00	18.00	Oberboden
2	27.01	4.00	20.00	Oberflächenbefestigung
3	29.26	0.00	21.00	Schotter
4	22.61	12.00	20.00	Tertiär

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	-10.000	632.500	1.710	632.500	1
2	1.710	632.500	12.210	625.550	2
3	-10.000	628.400	-1.500	628.400	3
4	-1.500	628.400	11.460	626.046	3
5	-10.000	615.000	25.000	615.000	4

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	622.000	2	25.000	622.000

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 625.83

γ_{Wasser} [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Vertikale Tangenten

x / y (Anfang): -0.6940 636.9423

x / y (Ende): 25.2656 636.7330

Anzahl Radian = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	μ	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(R)	M(Gi)	M(S)
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]
111	14.1438	640.5761	14.7449	50	1.0179	2004.913	1969.608	1969.6	0.0	2004.9	0.0

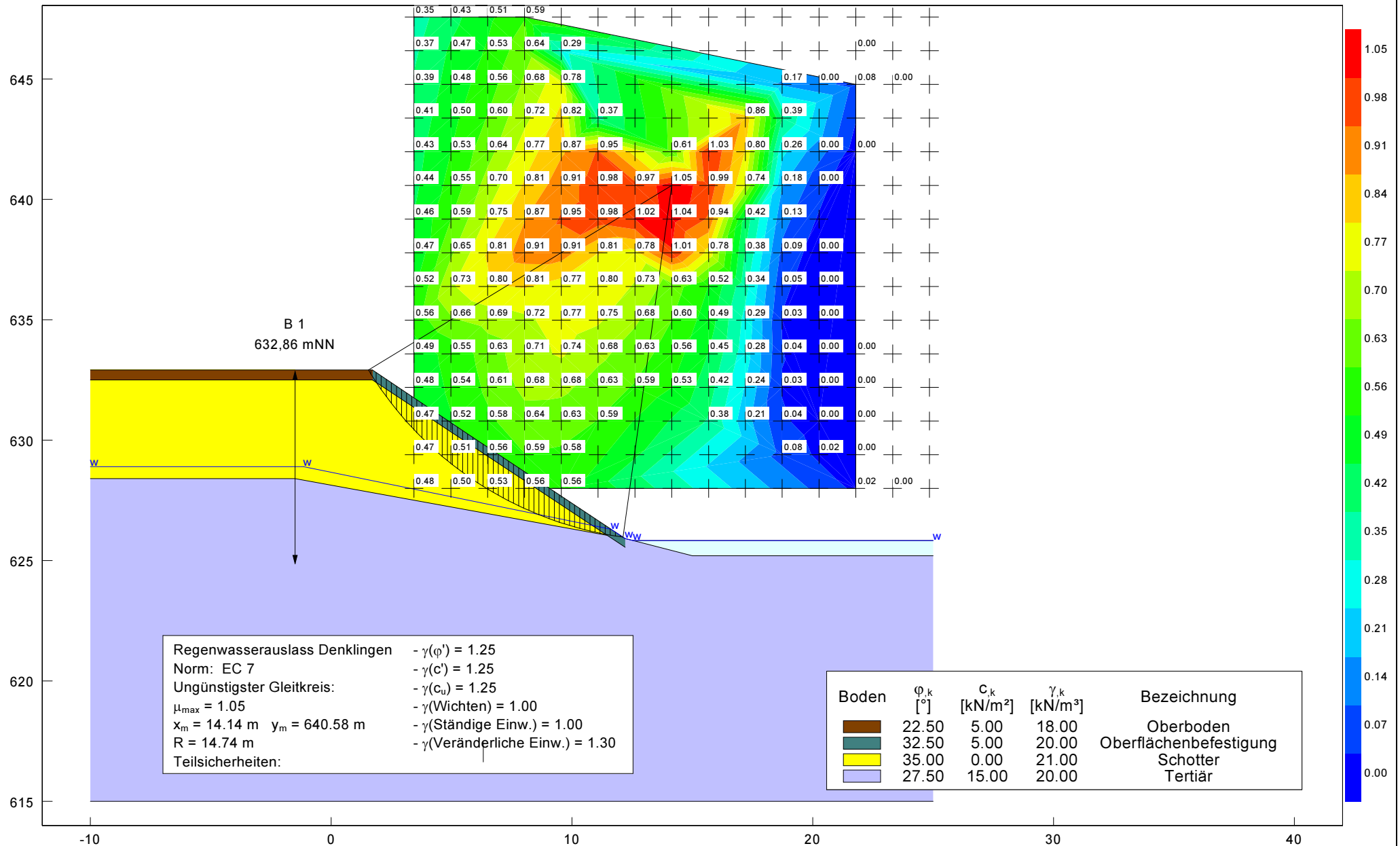
Regenwasserauslass Denklingen

Standsicherheit Endzustand mit Grundwassereinfluss

Crystal Geotechnik GmbH
Hofstattstraße 28
86919 Utting a. Ammersee
Tel.: 08806 95894-0 Fax: -44

Denklingen
Standsicherheitsberechnung

Bericht Nr. S191149
Anlage Nr. 6.3.1



Böschungsberechnung nach EC 7 mit Kreisgleitflächen

Regenwasserauslass Denklingen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel

c [kN/m²] = Kohäsion

γ [kN/m³] = Wichte

μ [-] = Ausnutzungsgrad

x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes

rad [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma_{\text{am}}(\varphi) = 1.25$

- $\gamma_{\text{am}}(c) = 1.25$

- $\gamma_{\text{am}}(c_u) = 1.25$

- $\gamma_{\text{am}}(\text{Wichten}) = 1.00$

- $\gamma_{\text{am}}(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$

- $\gamma_{\text{am}}(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	632.910	2	1.710	632.910	3	5.810	630.160	4	12.210	625.910	5	12.540	625.830
6	15.000	625.200	7	25.000	625.200									

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	22.50	5.00	18.00	Oberboden
2	32.50	5.00	20.00	Oberflächenbefestigung
3	35.00	0.00	21.00	Schotter
4	27.50	15.00	20.00	Tertiär

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	18.33	4.00	18.00	Oberboden
2	27.01	4.00	20.00	Oberflächenbefestigung
3	29.26	0.00	21.00	Schotter
4	22.61	12.00	20.00	Tertiär

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	-10.000	632.500	1.710	632.500	1
2	1.710	632.500	12.210	625.550	2
3	-10.000	628.400	-1.500	628.400	3
4	-1.500	628.400	11.460	626.046	3
5	-10.000	615.000	25.000	615.000	4

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	628.900	2	-1.150	628.900	3	11.620	626.300	4	12.210	625.910	5	12.540	625.830
6	25.000	625.830												

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 625.83

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Vertikale Tangenten

x / y (Anfang): -0.6940 636.9423

x / y (Ende): 25.2656 636.7330

Anzahl Radien = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	μ	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(R)	M(Gi)	M(S)
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]
111	14.1438	640.5761	14.7449	50	1.0513	2004.913	1907.105	1907.1	0.0	2004.9	0.0

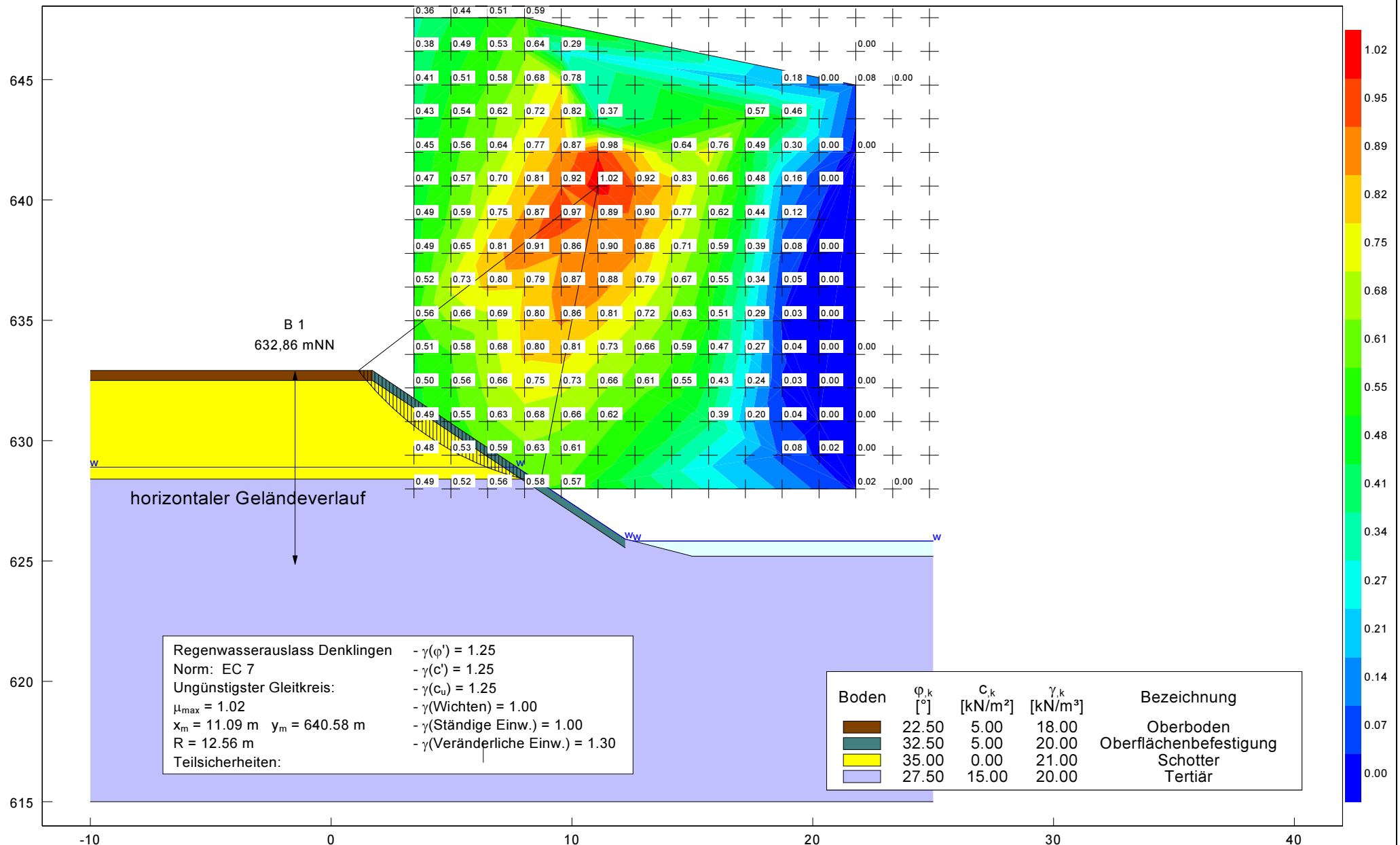
Regenwasserauslass Denklingen

Standsicherheit Endzustand mit Grundwassereinfluss

Crystal Geotechnik GmbH
Hofstattstraße 28
86919 Utting a. Ammersee
Tel.: 08806 95894-0 Fax: -44

Denklingen
Standsicherheitsberechnung

Bericht Nr. S191149
Anlage Nr. 6.3.2



Böschungsberechnung nach EC 7 mit Kreisgleitflächen

Regenwasserauslass Denklingen

Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel

c [kN/m²] = Kohäsion

γ [kN/m³] = Wichte

μ [-] = Ausnutzungsgrad

x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes

rad [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma_{\text{am}}(\varphi) = 1.25$

- $\gamma_{\text{am}}(c) = 1.25$

- $\gamma_{\text{am}}(c_u) = 1.25$

- $\gamma_{\text{am}}(\text{Wichten}) = 1.00$

- $\gamma_{\text{am}}(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$

- $\gamma_{\text{am}}(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	632.910	2	1.710	632.910	3	5.810	630.160	4	12.210	625.910	5	12.540	625.830
6	15.000	625.200	7	25.000	625.200									

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	22.50	5.00	18.00	Oberboden
2	32.50	5.00	20.00	Oberflächenbefestigung
3	35.00	0.00	21.00	Schotter
4	27.50	15.00	20.00	Tertiär

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	18.33	4.00	18.00	Oberboden
2	27.01	4.00	20.00	Oberflächenbefestigung
3	29.26	0.00	21.00	Schotter
4	22.61	12.00	20.00	Tertiär

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	-10.000	632.500	1.710	632.500	1
2	1.710	632.500	12.210	625.550	2
3	-10.000	628.400	7.904	628.400	3
4	-10.000	615.000	25.000	615.000	4

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-10.000	628.900	2	7.700	628.900	3	12.210	625.910	4	12.540	625.830	5	25.000	625.830

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00

Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 625.83

γ_{Wasser} [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Vertikale Tangenten

x / y (Anfang): -0.6940 636.9423

x / y (Ende): 25.2656 636.7330

Anzahl Radian = 40

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	μ	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(R)	M(Gi)	M(S)
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]
81	11.0858	640.5761	12.5598	50	1.0227	821.243	802.990	803.0	0.0	821.2	0.0