

Büro für angewandte Geowissenschaften – 72074 Tübingen – Nauklerstraße 37A

Universitätsstadt Tübingen
Entsorgungsbetriebe
Postfach 25 40

72015 Tübingen



Baugrunderkundung
Gründungsberatung
Altlastenerkundung
Bodenmechanik
Umweltgeologie
Deponietechnik
Hydrogeologie

16.08.2017
Az 15 074.1

geplanter Retentionsraumausgleichsdamm an der Kläranlage in Tübingen-Lustnau
geotechnischer Bericht zu den Standsicherheitsberechnungen für den Bahndamm

INHALT	Seite
1. Allgemeines und Aufgabenstellung	2
2. Durchgeführte Untersuchungen.....	2
3. Ergebnisse der Untersuchungen	3
4. Folgerungen für den Bahndamm	4
5. Schlussbemerkungen.....	5

ANLAGEN

Anlage 1: Lageplan

Anlage 2: Ergebnisse der Böschungsbruchberechnungen nach DIN 4084 (Darstellung der ungünstigsten Gleitkreise)

1. Allgemeines und Aufgabenstellung

Die Entsorgungsbetriebe der Stadt Tübingen planen im Zuge von Retentionsraumausgleichsmaßnahmen einen Damm zwischen der Kläranlage Tübingen-Lustnau und der Bahnlinie entlang des Feldweges (Flurstücke 1357, 1358, 1408). Für dieses Projekt wurden von unserem Büro die Untergrundverhältnisse im Bereich des geplanten Damms mittels Rammkernsondierungen erkundet und ein geotechnisches Gutachten mit Datum 19.08.2016 erstellt.

Da bei einem Volleinstau des Retentionsraums auch der seitlich verlaufende Bahndamm betroffen ist, wurde von der Deutschen Bahn ein Standsicherheitsnachweis für den Bahndamm gefordert.

Zur Bearbeitung des Auftrags standen uns die folgenden Planunterlagen zur Verfügung:

- Lageplan mit Schnittführung im Maßstab 1 : 500, gefertigt mit Datum 25.07.2017 von der Universitätsstadt Tübingen, Fachabteilung Vermessung
- Geländeschnitt im Maßstab 1 : 100, gefertigt mit Datum 25.07.2017 von der Universitätsstadt Tübingen, Fachabteilung Vermessung

Anhand dieser Unterlagen und aufbauend auf den Ergebnissen der durchgeführten Untergrunderkundung entstand das vorliegende Gutachten.

2. Durchgeführte Untersuchungen

Zur direkten Erkundung des Schichtaufbaus des Untergrunds im Bereich des geplanten Damms wurden am 31.07.2015 drei Rammkernsondierungen ausgeführt.

Zur Erkundung des Schichtaufbaus im Bereich des bestehenden Bahndamms wurde mit einem Bagger ein Schürfschlitz im Bereich des Bahndamms ausgeführt. Die Lage wurde im Vorfeld mit Vertretern der Deutschen Bahn abgestimmt.

3. Ergebnisse der Untersuchungen

Unter einem humosen **Oberboden** wurden im Bereich des Bahndamms künstliche **Auffüllungen** aus tonigem, sandigem, steinigem Schluff von halbfester Konsistenz erschlossen. Hierbei handelt es sich um Auelehm, durchsetzt mit Fremdmaterial. Zum Bahndamm hin wurde im Untergrund eine Mauer erschlossen. Vermutlich handelt es sich hierbei um eine Sicherungsmauer des Bahndamms, der hier früher freistand und später im Zuge von Geländeerhöhungen angeschüttet worden ist.

Darunter folgten die Talablagerungen des Neckars. Diese bestanden im oberen Teil aus **Auelehm**. Dieser setzte sich aus tonigem, sandigem, steifem bis weichem Schluff mit einzelnen Kieskörnern und Wurzelresten zusammen. Bereichsweise fanden sich auch organische Lagen.

Unter dem Auelehm folgten die **Neckarkiese**, die aus sandigem Kies mit unterschiedlichen bindigen Anteilen bestanden. Innerhalb der Neckarkiese ist auf unterschiedlichen Niveaus und variierender Ausdehnung mit Schlufflagen zu rechnen. Vereinzelt können in den Kiesböden auch größere Holzreste eingelagert sein.

Die im Zuge der Klärwerkserweiterung während der Bohrarbeiten durchgeführten Standard-Penetration-Tests (SPT) ergaben, dass die Kiese im oberen Bereich in mitteldichter bis dichter, ab ca. 7 - 8 m in sehr dichter Lagerung vorlagen.

Ab ca. 10 m u. Gel. folgen unter den Talablagerungen die Schichten der **Unteren Bunten Mergel** (km3u).

Nach den im Zuge der Klärwerkserweiterung durchgeführten Laborversuchen ist der Auelehm entsprechend den Kriterien der DIN 18 196 überwiegend in die Bodengruppe TL (leicht plastische Tone) einzustufen. Die Neckarkiese entsprechen den Bodengruppen GU und GÜ (Kies-Schluff-Gemische).

Anmerkungen zu den Bodengruppen nach DIN 18 196

TL = leicht plastische Tone (Fließgrenze $w_L \leq 35$ Gew.-%)

GU = Kies-Schluff-Gemische mit einem Anteil der Kornfraktion $< 0,06$ mm von 5 - 15 Gew.-%, Feinkornanteil vorwiegend schluffig

GÜ = Kies-Schluff-Gemische mit einem Anteil der Kornfraktion $< 0,06$ mm von 15 - 40 Gew.-%, Feinkornanteil vorwiegend schluffig

In den Sondierungen wurden Grundwasserstände zwischen 309,6 m NN und 309,7 m NN gemessen. Dies zeigt, dass das Grundwasser in den relativ gut durchlässigen Neckarkiesen zirkuliert. Bei entsprechender Mächtigkeit des Auelehms findet auch hier eine Wasserführung statt.

4. Folgerungen für den Bahndamm

Bei einem Volleinstau des Retentionsraums ist auch der seitlich verlaufende Bahndamm betroffen. Der Wasserspiegel würde dann an der Unterkante des Gleisschotters verlaufen.

In und unter jeder Böschung treten infolge Eigenlast und möglicher äußerer Belastungen Schubspannungen auf. Diese Spannungen lösen Deformationen aus, deren Größenordnung vom Spannungszustand, dem Verformungsmodul und der Scherfestigkeit abhängig ist. Wenn die Schubspannung die Scherfestigkeit übersteigt, können Böschungsbrüche auftreten.

Die Sicherheit gegen Böschungsbruch wird durch Böschungs- und Geländebruchberechnungen gemäß DIN 4084 nach dem Lamellenverfahren nachgewiesen. Bei diesem Verfahren wird als Bruchfigur von einer kreisförmigen Scheibe ausgegangen, die in Lamellen gleicher Breite unterteilt wird. Die Eigenlast der Lamelle wird jeweils in der Mitte des Streifens angesetzt. Im Schnittpunkt ihrer Wirkungslinien mit der Kreislinie werden die Eigenlasten in Komponenten normal und tangential zur Kreislinie zerlegt. Es wird eine Erdscheibe von 1 m Dicke betrachtet.

Die Tangentialkräfte haben das Bestreben, die Scheibe zu drehen, die Normalkräfte wirken als haltende Scherkräfte.

In der DIN 4084 bzw. EC 7 wird gegenüber der DIN 4084-alt der Begriff der Gesamtsicherheit des Systems η durch den Begriff des Ausnutzungsgrades μ ersetzt. Dieser muss bei allen Lastfällen unter 1 liegen. Die Berechnung des Ausnutzungsgrades erfolgt anhand von Teilsicherheitsbeiwerten für die jeweilige Bemessungssituation BS (ständig, vorübergehend, außergewöhnlich) gemäß DIN 1054:2010-12 für die Bemessungswerte bzw. Bodenkennwerte.

Auf Grundlage des von der Universitätsstadt Tübingen, Fachabteilung Vermessung aufgemessenen Geländeschnitts und dem in den Erkundungen festgestelltem Schichtaufbau wurden Standsicherheitsberechnungen nach DIN 4084 mit Teilsicherheitsbeiwerten für die Bemessungssituation BS-P (ständig) für den maximalen Einstau durchgeführt. Bei der Berechnung wurde die erkundete Mauer im Untergrund, die eine zusätzliche Dichtebene und somit eine weitere Sicherheit darstellt, nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind aus der Anlage 2 ersichtlich. Es ergab sich für die Wasser- wie auch für die Luftseite Ausnutzungsgrades μ für die Bemessungssituation BS-P die deutlich unter 1 lagen. Somit ist der **Bahndamm** auch bei Volleinstau **standsicher**.

5. Schlussbemerkungen

Die Untergrundverhältnisse im Bereich des geplanten Damms wurden anhand des Schürfschlitzes und der 2015 durchgeführten Rammkernsondierungen beschrieben und beurteilt. Die im Bericht enthaltenen Angaben beziehen sich auf die Untersuchungsstellen.

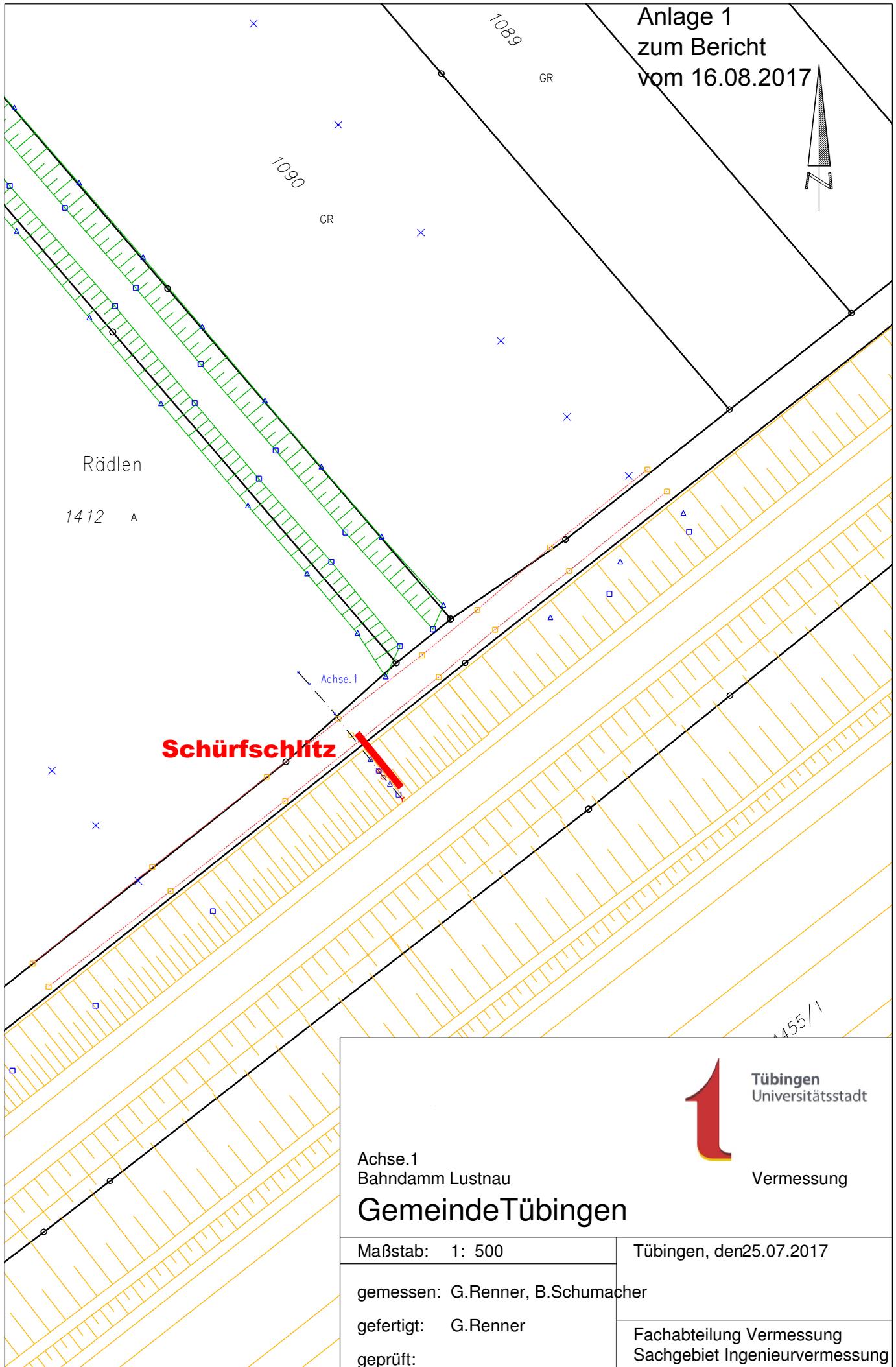
Die im Bericht enthaltenen Angaben beziehen sich auf den untersuchten Bereich, eine Übertragung auf benachbarte Grundstücke ist nicht möglich.

In Zweifelsfällen sollten wir verständigt werden. Für die Beantwortung von Fragen, die im Zuge der weiteren Planung und Ausführung auftreten, stehen wir gerne zur Verfügung.

Tübingen, den 16. August 2017

S. Potthoff
Dipl.-Geol.

Anlage 1
zum Bericht
vom 16.08.2017



Achse.1
Bahndamm Lustnau
GemeindeTübingen

Maßstab: 1: 500	Tübingen, den 25.07.2017
gemessen: G.Renner, B.Schumacher	Fachabteilung Vermessung Sachgebiet Ingenieurvermessung Tel. 07071/204- 2572
gefertigt: G.Renner	
geprüft:	
Datei: Stratis\ Renner\Bahndamm_Lustnau...	210 mm x 297 mm

Achtung:
Alle Höhenangaben sind Tübinger Höhen

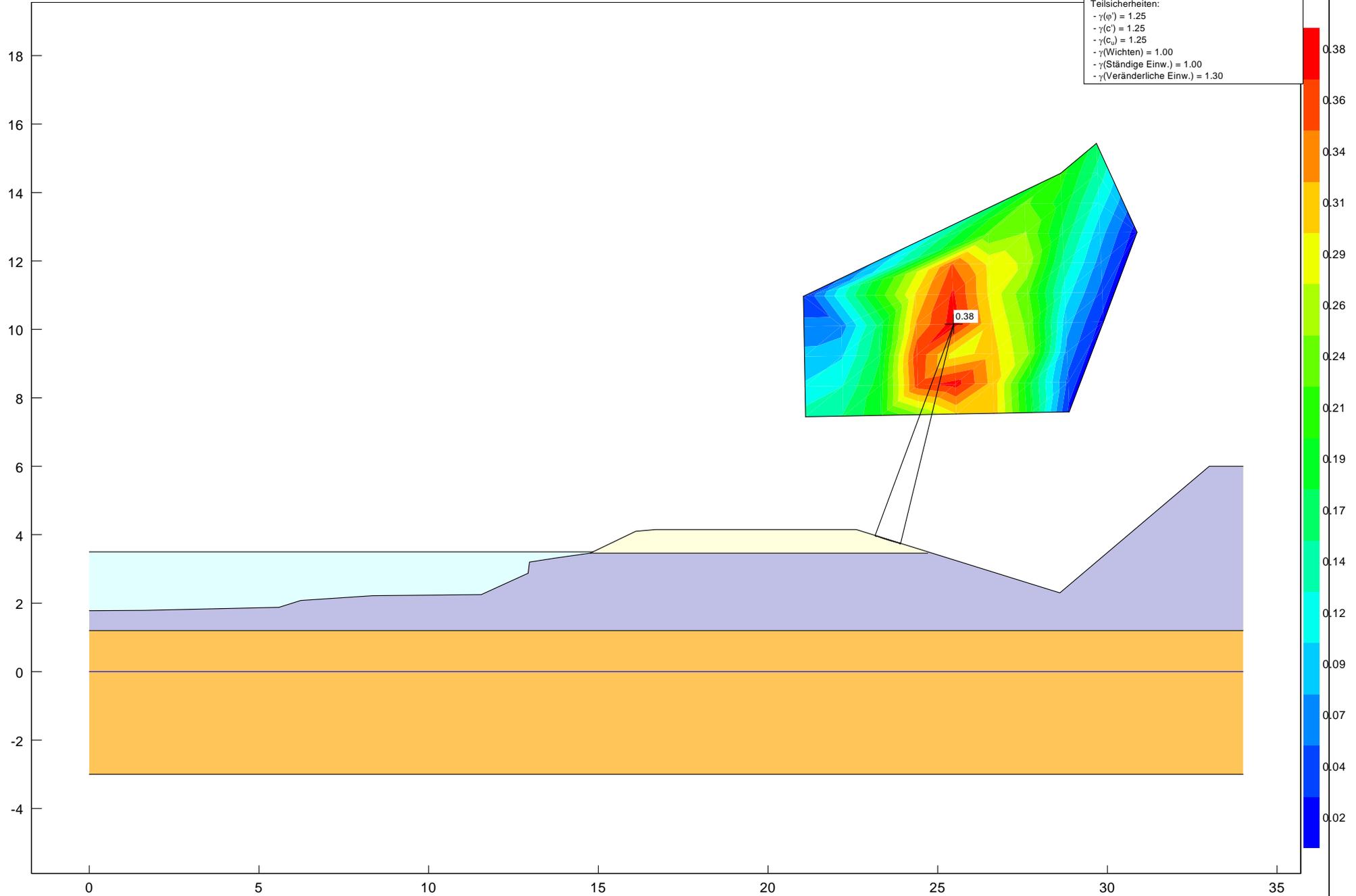
Anlage 2
zum Bericht
vom 16.08.2017

Ergebnisse der Böschungsbruchberechnungen nach DIN 4084

(Darstellung der ungünstigsten Gleitkreise)

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	45.00	0.00	20.00	Schotter
	27.50	8.00	20.00	Auelehm/Auffüllung
	35.00	0.00	20.00	Neckarkies

Tübingen, Retentionsausgleichs Dammbauwerk
Bahndamm
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.38$
 $x_m = 25.47$ m $y_m = 10.15$ m
R = 6.59 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$



Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	45.00	0.00	20.00	Schotter
	27.50	8.00	20.00	Auelehm/Auffüllung
	35.00	0.00	20.00	Neckarkies

Tübingen, Retentionsausgleichs Dammbauwerk
Bahndamm
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.59$
 $x_m = 13.10 \text{ m}$ $y_m = 9.22 \text{ m}$
 $R = 5.94 \text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi) = 1.25$
- $\gamma(c) = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

