



## **GEOTECHNISCHES GUTACHTEN**

**Titel:** Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Eberdingen  
Zweckverband Hochwasserschutz Strudelbachtal

**Auftraggeber:** Zweckverband Hochwasserschutz Strudelbachtal  
Friedrich-Kraut-Str. 40  
71665 Vaihingen/Enz

**Datum:** 30. April 2018 **Az.:** 17 339 be01 hö/lo

**Verteiler:** Zweckverband Hochwasserschutz Strudelbachtal  
<m.buehrer@vaihingen.de> 2-fach+pdf  
Ingenieurbüro Winkler und Partner GmbH  
<jungmann@iwp-online.de> 1-fach+pdf



<b>INHALT</b>	<b>Seite</b>
<b>1. VORGANG</b>	<b>4</b>
<b>2. LAGE UND GEOLOGISCHE SITUATION</b>	<b>4</b>
<b>3. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN</b>	<b>5</b>
<b>4. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE</b>	<b>5</b>
4.1. Schichtaufbau des Untergrundes	5
4.2. Grundwasserverhältnisse, Durchlässigkeit und Suffosionsgefährdung	10
4.3. Bodenmechanische Laboruntersuchungen	11
4.4. Chemische Laboruntersuchungen	12
4.5. Erdstatische Kennwerte	13
4.6. Homogenbereiche nach DIN 18 300, DIN 18 301, DIN 18304	14
4.7. Lage in Erdbebenzone – Nachweis Lastfall Erdbeben nach DIN 19700	16
<b>5. FOLGERUNGEN FÜR DIE BAUMAßNAHME</b>	<b>18</b>
5.1. Auslassbauwerk	18
5.1.1. Allgemein	18
5.1.2. Schichtenaufbau im Bereich Auslassbauwerk	18
5.1.3. Lage der Bauwerkssohle im Baugrund – Unterströmungssicherung	19
5.1.4. Bauwerksgründung	19
5.2. Herstellung Auslassbauwerk	19
5.3. Damm- und Erdbauarbeiten	21
5.3.1. Allgemein	21
5.3.2. Aufbau / Anforderungen als homogener Damm	22
5.3.3. Dammaufstandsfläche	24
5.3.4. Umweltverträglichkeit des Dammschüttmaterials	24
5.4. Gründung und Herstellung kleines Durchlassbauwerk (im Stauraum)	25
5.4.1. Allgemein	25
5.4.2. Gründung	25
5.4.3. Herstellung	25
5.5. Querung Wasserleitung	26
<b>6. STANDSICHERHEITS- UND SETZUNGSABSCHÄTZUNG</b>	<b>27</b>
6.1. Standsicherheitsabschätzung des Dammes	27
6.2. Setzungsabschätzung des Dammes	28
6.3. Setzungsabschätzung des Auslassbauwerks	29
<b>7. WEITERE HINWEISE</b>	<b>29</b>
<b>8. KAMPFMITTEL</b>	<b>30</b>
<b>9. SCHLUSSBEMERKUNGEN</b>	<b>30</b>



## Anlagen

<b>Anlage 1</b>	Pläne
Anlage 1.1	Übersichtslageplan TK-Ausschnitt
Anlage 1.2	Lageplan mit Untersuchungspunkten, M 1:2.500
<b>Anlage 2</b>	Ergebnisse der örtlichen Erkundung
Anlage 2.1 – 2.9	Profile der Bohrungen und schweren Rammsondierungen
<b>Anlage 3</b>	Ergebnisse der bodenmechanischen Laboruntersuchungen
Anlage 3.1	Natürlicher Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1
Anlage 3.2	Konsistenzgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12
Anlage 3.3	Kornverteilungen nach DIN EN ISO 17892-4
Anlage 3.4	Chemische Analysen nach VwV Boden und Auswertung
<b>Anlage 4</b>	Schnitte
Anlage 4.1	Schnitt B-B, Dammquerschnitt Hauptdamm, M 1:250
Anlage 4.2	Schnitt C-C, Dammquerschnitt Seitendamm, M 1:250
Anlage 4.3	Längsschnitt in Dammmachse, M 1:500/100
Anlage 4.4	Schnitt Grundablass, M 1:250
Anlage 4.5	Querschnitt B-B Durchlassbauwerk, M 1:75
Anlage 4.6	Geologischer Schnitt Hauptdammmachse
<b>Anlage 5</b>	Erdstatische Berechnungen
Anlage 5.1	Nachweise zur Suffosionsgefährdung
Anlage 5.2.1	Stand sicherheitsberechnung für max. Einstau – Bemessungssituation BS-P
Anlage 5.2.2	Stand sicherheitsberechnung schnelle Wasserspiegelabsenkung BS-T
Anlage 5.3	Setzungsberechnung Dammbauwerk
Anlage 5.4	Setzungsberechnung Auslassbauwerk
<b>Anlage 6</b>	Fotodokumentation KB 1 – 3
<b>Anlage 7</b>	Luftbilddauswertung auf Kampfmittelbelastung



## 1. VORGANG

Der Zweckverband Hochwasserschutz Strudelbachtal, Vaihingen an der Enz plant über das Ingenieurbüro Winkler und Partner GmbH, Stuttgart den Neubau eines Hochwasserrückhaltebeckens in Eberdingen (HRB Eberdingen).

Die Geotechnik Aalen wurde auf Grundlage des Honorarangebots vom 06.07.2017 (Az. 17339 an01) für die Baugrunderkundung und die Ausarbeitung eines Geotechnischen Gutachtens beauftragt.

Für die Ausarbeitung des Gutachtens wurden folgende Unterlagen digital zur Verfügung gestellt:

- /1/ Übersichtslageplan, M 1:50.000, Ing. Büro Winkler und Partner GmbH, Stand 05.04.2016
- /2/ Lageplan Vorabzug, M 1:500/1.000, Ing. Büro Winkler und Partner GmbH, Stand 19.01.2018
- /3/ Dammquerschnitte, M 1:250, Ing. Büro Winkler und Partner GmbH, Stand 19.01.2018
- /4/ Längsschnitt Hauptdamm, M250/50, Ing. Büro Winkler und Partner GmbH, Stand 19.04.18
- /5/ Bauwerksplan Draufsicht und Querschnitt Entwurf, M 1:100, Ing. Büro Winkler und Partner GmbH, Stand 15.02.2018
- /6/ Bauwerksplan Längsschnitte Entwurf, M 1:100, Ing. Büro Winkler und Partner GmbH, Stand 15.02.2018

## 2. LAGE UND GEOLOGISCHE SITUATION

Das Hochwasserrückhaltebecken Eberdingen „HRB Eberdingen“ soll am südlichen Ortsausgang der Gemeinde Eberdingen auf Höhe der Kreuzung K1688 / K1654 entstehen. Das Bauwerk soll von West nach Ost verlaufen und im Bereich der Straßenkreuzung nach Süden an die bestehende Böschung angepasst werden. Die genaue Lage kann der Anlage 1.1 und Anlage 1.2 entnommen werden.

Laut geologischer Karte von Baden-Württemberg<sup>1</sup> und des Online-Kartendienstes des Landesamts für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) besteht der geologisch feste Untergrund aus den Kalk- und Tonmergelsteinen des oberen Muschelkalks (Meißner - und Trochitenkalk-Formation). Dabei handelt es sich um Wechsellagerungen von grauen, mikritischen und sparitischen

---

<sup>1</sup> Geologische Karte von Baden-Württemberg, M 1:25.000, Blatt 7119 Rutesheim, geologisches Landesamt Baden-Württemberg Auflagejahr 2000.



Kalksteinen und dunkelgrauen Tonmergelsteinen, die markante, fossile Reste in Form von Muschelschalen und Seelilien (Trochiten) aufweisen. In den Talauen sind quartäre Auensedimente (Schluff-, Sand-, Kies-Gemische) durch den Strudelbach abgelagert worden. Im westlichen Bereich können zudem Abschwemmassen aus Lössmaterial, d.h. umgelagerte Schluff-Ton-Böden abgelagert sein.

Während die Schluff-Ton-Böden als Grundwasserstauer einzustufen sind, kann in den Sand-Kies-Sedimenten Grundwasser fließen, die in diesem Fall das oberste Grundwasserstockwerk bilden. Die Kalk- und Tonmergelsteine sind entlang von Klüften und Schichtgrenzen sowie Verkarstungen mit hoher bis mäßiger Wasserdurchlässigkeit zu charakterisieren.

### **3. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN**

Die Untergrundverhältnisse wurden am 28. und 29.11.2017 mit insgesamt sechs Bohrungen (BS) und drei schweren Rammsondierungen (DPH) durch die Geotechnik Aalen erkundet. Zusätzlich wurden vom 16.-22.01.2018 insgesamt drei Kernbohrungen durch die Terrasond GmbH niedergebracht. Die Lage der Ansatzpunkte kann dem Lageplan aus Anlage 1.2 entnommen werden.

Die Bohrungen wurden ingenieurgeologisch aufgenommen und beprobt. An ausgewählten Bodenproben wurden bodenmechanische Laborversuche (natürlicher Wassergehalt, Konsistenzgrenzen und Kornverteilungen) durchgeführt. Außerdem wurden zwei Bodenproben auf die Parameter der VwV Boden durch das akkreditierte Labor der Analytik-Team GmbH, Fellbach untersucht, um Wiederverwertungsmöglichkeiten abschätzen zu können.

### **4. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE**

#### **4.1. Schichtaufbau des Untergrundes**

Der Schichtaufbau, der in den Bohrungen angetroffen wurde, ist weitestgehend vergleichbar. Unterhalb der Oberflächenbefestigungen (Oberboden, Schottertragschicht) steht Auelehm an, der von Kalktuffablagerungen unterlagert wird. Darunter wird der Aufwitterungshorizont des Muschelkalks aufgeschlossen, der in den festen, schwach verwitterten Muschelkalk übergeht. Die Schichtprofile sind in der Anlage 2 abgebildet. Nachfolgend werden die angetroffenen Bodenschichten im Detail beschreiben:



- **Oberboden/ Auffüllung:** An oberster Stelle steht eine Oberbodenschicht mit Grasnarbe an (bis ca. 40 cm, im Mittel ca. 25 cm), die aus einem braunen, tonigen Schluff besteht und eine weiche bis steife Konsistenz aufweist.

Im Bereich der geschotterten Verkehrswege (vgl. BS 5) steht zuoberst eine ca. 40 cm dicke Auffüllung aus Kies an.

- **Auelehm:** Unterhalb des Oberbodens bzw. der Tragschichten wird Auelehm erschlossen. Der Auelehm besteht aus einem stark tonigen Schluff, in dem auch ein deutlich erkennbarer Kiesanteil aus meist kantengerundeten Kalksteinstücken vorkommen kann. Die Kiese werden jedoch von der bindigen Matrix gestützt. Stellenweise sind Inkohlungen sowie Wurzel- und Holzreste enthalten. Die Färbung ist hellbraun bis braun, wobei auch rostbraune Verfärbungen (Anzeichen auf Staunässe) vorkommen können. Die im Feld bestimmte Konsistenz ist weich bis steif. Die Schichtstärke kann bis ca. 3,0 m betragen.

Im unteren Schichtbereich können zunehmend höhere Kiesanteile auftreten, die den Übergang zu den Kalktuffablagerungen bilden.

Im Auelehm gefundene Ziegelstückchen sind nicht auf Auffüllungen zurückzuführen, sondern auf rezente Sedimentationsvorgänge (vgl. BS 5).

- **Kalktuffablagerungen:** In der Talaue wurden unter den Auelehmböden, Kalktuffablagerungen erbohrt. Die Kalktuffe liegen als sandiger bis stark sandiger, schluffiger Kies bzw. als stark schluffiger, stark kiesiger Sand vor. Die Kiesfraktion wird von porösen Kalktuffstücken und kantigen bis gerundeten Kalksteinstücken gebildet. Es können stellenweise verkohlte Reste auftreten. Die Färbung ist ocker sowie hellgrau und bereichsweise rostfarben. Die in situ bestimmte Konsistenz der bindigen Anteile ist weich. Die Schichtstärke wurde bis ca. 5 m erkundet (s. KB 2).

In der **BS 6** konnten in den sandigen Bereichen Grundwasserzutritte festgestellt werden. Zur Tiefe ist unterhalb der sandigen Lagen nochmals eine weiche, bindige Lage mit Kalktuffresten erbohrt worden, die von einer Kiesschicht unterlagert wird. Bei ca. 7,0 m u. Gel. war kein Bohrfortschritt mehr erzielbar und es sind graue Kalksteinstücke enthalten, die auf den Aufwitterungshorizont des Muschelkalks hindeuten.

- **Aufwitterungshorizont Muschelkalk:** Unterhalb der Kalktuffablagerungen steht der felsartige Untergrund an, der im oberen Bereich aus verwittertem Muschelkalk besteht. Diese Schicht besteht im Wesentlichen aus klüftigen Muschelkalkbänken, die in Wechsellagerung mit tonigen, schluffigen Zwischenlagen stehen. In den Kernbohrungen liegt diese Schicht als zerbohrter Muschelkalk in Stein- und Kiesgrößen sowie hellbraunem



bis gelbbraunen Schluff vor. Die bindigen Anteile haben eine steife bis halbfeste Konsistenz können im aufgeweichten Zustand aber auch mit weicher Konsistenz vorliegen. Entlang der Bruchstellen und Klüfte der Muschelkalkstücke sind stellenweise Rostfärbungen vorhanden. Die Schichtstärke beträgt bis ca. 7 m (s. KB 2) und wird im Wesentlichen dadurch definiert, dass für einen weiteren Bohrfortschritt vom Rammkern- in das Rotationsbohrverfahren umgestellt werden musste.

Die Bohrung BS 4 wurde an der westlichen Talflanke niedergebracht und stößt in geringen Bohrtiefen bereits auf Bohrhindernisse, die auf den Aufwitterungshorizont des Muschelkalks hindeuten.

Die schweren Rammsondierungen DPH 1 – DPH 3 sind ebenfalls im oberen Bereich des Aufwitterungshorizonts zum Stehen gekommen.

- Muschelkalk:** Als unterstes Schichtglied wurde Muschelkalk aufgeschlossen. Aus den vorliegenden Kernstücken kann eine Bankstärke zwischen 10 bis 20 cm abgeleitet werden. Der Muschelkalk liegt meist in mikritischer Zusammensetzung vor. Lagenweise können Schillagen auftreten. Anhand der Bruchmuster können horizontale sowie nahezu vertikale Klüfte ausgemacht werden. Die Klüfte sind meist mit Schluff oder auskristallisiertem Calcit verfüllt. An offenen Klüften ist stellenweise eine Rostfärbung zu erkennen. Außerdem können stellenweise Verkarstungserscheinungen auftreten, die sich in vereinzelt max. cm-großen Hohlräumen äußern. In den Kernstücken sind typische Drucklösungserscheinungen (Stylolithen) erkennbar.

**Tabelle 1:** Schichtverzeichnis mit Angaben der Untergrenzen der einzelnen Schichten. Die Werte beziehen sich auf m unter Geländeoberkante (GOK) bzw. in der Klammer auf die Höhe in müNNH.

Schichtglied	Aufschluss (Höhe müNNH)			
	Einstaubereich			Durchlassbauwerk
	BS 1 (289,23)	BS 2 (284,44)	BS 3 (282,71)	BS 6 (282,52)
Oberboden	0,2 (289,03)	0,2 (284,24)	0,3 (282,41)	0,4 (282,12)
Auelehm	2,2 (287,03)	2,7 (281,74)	2,7 (280,01)	2,4 (280,12)
Kalktuffablagerungen	4,5 (284,73) E.T.	4,5 (279,94) E.T.	4,5 (278,21) E.T.	7,0 (275,52) E.T.
Grundwasser (m u. GOK)	-	-	-	~278,52 (4,0)*

\* Grundwasserspiegel wurde nicht ausgelotet, da Bohrloch zugefallen, aber ab ca. 4,0 m u. GOK wurde Wasserzutritt festgestellt.



**Tabelle 2:** Schichtverzeichnis mit Angaben der Untergrenzen der einzelnen Schichten. Die Werte beziehen sich auf m unter Geländeoberkante (GOK) bzw. in der Klammer auf die Höhe in müNNH.

Schichtglied	Aufschluss (Höhe müNNH)					
	Dammaufstandsfläche					
	BS 4a (286,85)	BS 4b (286,35)	BS 5 (282,45)	KB 1 (282,59)	KB 2 (282,17)	KB 3 (281,84)
Oberboden/ Auffüllung	0,1 (286,75)	0,2 (286,15)	0,40* (282,05)	0,2 (282,39)	0,3 (281,87)	0,4 (281,44)
Auelehm	1,75 (285,1)	2,4 (283,95)	2,6 (279,85)	3,0 (279,59)	2,1 (280,07)	3,0 (278,84)
Kalktuff- ablagerungen	-	-	4,5 (277,95 E.T.)	-	7,0 (275,17)	8,0 (273,84)
Aufwitterungs- horizont Muschelkalk	1,8 (285,05) E.T.	2,8 (283,55) E.T.	-	4,0 (278,59)	12,8 (269,37)	11,0 (270,84)
Muschelkalk	-	-	-	13,0 (269,59) E.T.	14,2 (267,97) E.T.	15,0 (266,84) E.T.
Grundwasser (m u. GOK)	-	-	-	-	-	-

\* Auffüllung, Schotterweg

### Ergebnisse der schweren Rammsondierungen (DPH):

Die Rammsondierungen nach **DIN EN ISO 22476-2<sup>2</sup>** mit der schweren Rammsonde (DPH) geben Aufschluss auf die Lagerungsdichte bzw. die Konsistenz des Untergrundes, indem die Schlagzahlen pro 10 cm Eindringtiefe ( $N_{10}$ ) aufgezeichnet werden. Die Ergebnisse der schweren Rammsondierung (DPH 1) werden nachfolgend ausgewertet:

- **DPH 1 (bei KB 1):** Die Schlagzahlen liegen bis ca. 2,2 m u. Gel. bei  $N_{10} \sim 1-2$  und zeigen für den Auelehm weiche Konsistenz an. Darunter ist eine kontinuierliche Zunahme der Schlagzahlen zu erkennen, die bei ca. 3,0 – 3,2 m u. Gel. abrupt auf fast 50 Schläge ansteigt und darunter wieder abfällt, bis bei ca. 4,0 m u. Gel. die Auslastungsgrenze mit  $N_{10}=60$  erreicht wird. Im Vergleich zum Schichtaufbau der KB 1 ist ersichtlich, dass mit dem Anstieg der Schlagzahlen der Aufwitterungshorizont des Muschelkalks erreicht wird, der mitteldichte Lagerung zeigt. Außerdem kann mit der Auslastungsgrenze der Übergang zum festen Muschelkalk festgestellt werden.

<sup>2</sup> DIN EN ISO 22476-2 – Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen Teil 2: Rammsondierungen, Fassung 2005.



- **DPH 2 (Bereich KB 2):** Die Schlagzahlen zeigen ein ähnliches Muster wie bei DPH 1. So deuten bis ca. 2,3 m u. Gel. die Schlagzahlen von  $N_{10} \sim 1-2$  auf weiche Konsistenz des Auelehms hin. Darunter bewegen sich die Schlagzahlen zwischen  $N_{10} \sim 2 - 17$ , was mit den Kalktuffablagerungen und lockerer bis mitteldichter Lagerung korreliert werden kann. Bei ca. 4,9 m werden schlagartig hohe Schlagzahlen erreicht und ein Rammfortschritt war bei 5,1 m nicht mehr möglich. Es ist davon auszugehen, dass in diesem Tiefenbereich der Aufwitterungshorizont des Muschelkalks erreicht wird, der im Vergleich zu KB 2 schon bei ca. 5,0 m ansteht.
- **DPH 3 (Bereich KB 3):** Das Schlagzahlmuster zeigt über fast die gesamte Rammtiefe unregelmäßige Schwankungen, die sich in Schlagzahlen zwischen  $N_{10} \sim 1-10$  äußern. Bei ca. 8,6 m u. Gel. wird abrupt die Auslastungsgrenze  $N_{10}=60$  erreicht. Im Vergleich zum erwarteten Schichtaufbau kann für den Auelem weiche bis steife Konsistenz erwartet werden. Die Kalktuffablagerungen sind demnach überwiegend locker gelagert. Mit dem Erreichen des Aufwitterungshorizonts wird schnell das Schlagzahllimit erreicht.

Zusammenfassend und im Vergleich zum Schichtaufbau kann festgehalten werden, dass die Rammdiagramme untereinander vergleichbar sind. Das bedeutet, dass für die Talablagerungen (Auelem, Kalktuffablagerungen) keine hohe Bodenfestigkeit bzw. Lagerung zu erwarten ist. Der Aufwitterungshorizont des Muschelkalks bildet eine markante Grenze, ab der ein weiteres Rammen mit der schweren Rammsonde nicht mehr möglich ist.

### **Flügelscherversuche nach DIN 4049-4<sup>3</sup>:**

An den Ansatzpunkten der DPH 1-3 wurden Flügelscherversuche durchgeführt. Dabei wurde der Feldflügel in verschiedene Bodentiefen eingedrückt und abgeschert. Für den Auelem können aus den gemessenen Scherwiderständen folgende Angaben abgeleitet werden:

<sup>3</sup> DIN 4049-4: Baugrund – Felduntersuchungen, Teil 4: Flügelscherversuche, Ausgabe 01/2002.



**Tabelle 3:** Ergebnisse der Scherflügelmessungen.

Ansatzpunkt	Tiefe [m. u. GOK]	Scherwiderstand $c_{fv}$ (Restscherwiderstand $c_{RV}$ ) [t/m <sup>2</sup> ]	Faktor $\mu^*$	undrÄnirierte Scherfestigkeit $c_{fu}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	SensitivitÄt $S_{TV} = c_{fv}/c_{RV}$
DPH 1	1,0	>16 (16)	0,6	>96	1
	1,5	>16 (16)	0,6	>96	1
DPH 2	1,0	13 (6)	0,6	78	2,2
	2,0	13 (10)	0,6	78	1,3
	2,4	>16 (7)	0,6	>96	2,3
DPH 3	1,0	12 (5)	0,6	72	2,4
	1,5	>16 (16)	0,6	>96	1

\* Umrechnungsfaktor ermittelt nach DIN 4094-4 über die Fließgrenze bzw. die Plastizitätszahl des Auelehms.

#### 4.2. Grundwasserverhältnisse, Durchlässigkeit und Suffosionsgefährdung

In den Bohrungen wurden nur in der BS 6 Anzeichen auf Grundwasser festgestellt. Der Grundwasserstand konnte aber nicht eingemessen werden, da das Bohrloch zugefallen ist.

Für die Abschätzung der Durchlässigkeit der Böden werden die Korngrößenverteilungen herangezogen (vgl. Anlage 3.3). Da die Körnungslinien teilweise außerhalb der Anwendungsgrenzen für die entsprechenden Verfahren liegen, werden die Durchlässigkeitsbeiwerte  $k_f$  auch aus Erfahrungswerten und gängigen Literaturangaben abgeschätzt. Nachfolgend können zu den angetroffenen Böden folgende Angaben zum Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  gemacht werden:

- Auelehm:  $k_f < 10^{-8}$  m/s
- Kalktuffablagerungen  $k_f \sim 10^{-4} - 10^{-7}$  m/s
- Aufwitterungshorizont Muschelkalk:  $k_f \sim 10^{-4} - 10^{-7}$  m/s

Durch den Auelehm kann aufgrund der Zusammensetzung Oberflächenwasser nur langsam versickern. Die Kalktuffablagerungen und der Aufwitterungshorizont des Muschelkalks sind als wasserdurchlässig zu betrachten. Die Durchlässigkeit des Muschelkalks ist aufgrund der Klüftigkeit als mäßig bis hoch zu betrachten. Schlussfolgernd kann Grund- und Oberflächenwasser über den durchlässigen Untergrund rasch in das oberste Grundwasserstockwerk, das vermutlich innerhalb des Muschelkalks liegt, abfließen. Wobei der Wasserfluss des Strudelbachs auf das Gerinne beschränkt ist.



Hinsichtlich geometrischer Kriterien wurden zur Abschätzung der Suffosionsgefährdung mit dem Programm GGU Filter-Stability, Version 3.03 nach dem Verfahren Kenney/Lau Berechnungen für die Kalktuffablagerungen durchgeführt. Demnach sind die feinsandig-grobschluffigen Kalktuffablagerungen als suffosionsgefährdet einzustufen (vgl. Anlage 5.1).

Die Auelehme (Bodengruppe TM) sind als nicht suffosiv zu betrachten. Selbiges gilt für den Aufwitterungshorizont des Muschelkalks, der in Natura als Wechsellagerung von bindigen „Letten“ (Schlufflagen) und Muschelkalkbänken besteht.

### 4.3. Bodenmechanische Laboruntersuchungen

An entnommenen Bodenproben wurden bodenmechanische Laborversuche durchgeführt, um die Bodeneigenschaften sowie die charakteristischen Kennwerte festlegen zu können.

#### **Natürlicher Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1<sup>4</sup>:**

Die natürlichen Wassergehalte der bindigen Böden (Auelehm) sind in der Anlage 3.1 zusammengefasst und liegen im Bereich zwischen ca.  $w_n = 20,45 - 31,93$  %. Insgesamt haben die Wassergehalte sowohl innerhalb der Bohrungen, als auch über den gesamten Auelehm nur geringe Unterschiede und betragen im Mittel ca.  $w_n = 26,03$  %. Dies spiegelt sich auch in den weichen bis steifen Konsistenzen wieder, die während der Bohrarbeiten festgestellt wurden.

#### **Konsistenzgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12<sup>5</sup>:**

An Proben aus dem Auelehm wurden die atterberg'schen Zustandsgrenzen (Fließ- und Ausrollgrenzen) bestimmt (s. Anlage 3.2). Nach der DIN 18196<sup>6</sup> kann der Auelehm der **Bodengruppe TM** (mittelplastischer Ton) mit weicher bis steifer Konsistenz zugeordnet werden.

- **BS 3:** TM, weich ( $I_c = 0,71$ ),  $I_p = 19,9$  %
- **KB 1:** TM, steif ( $I_c = 0,77$ ),  $I_p = 25,2$  %
- **KB 3:** TM, weich ( $I_c = 0,61$ ),  $I_p = 20,5$  %

Der Auelehm ist hinsichtlich seines bodenmechanischen Verhaltens als mittelplastischer Ton einzustufen, wobei dieser aufgrund seiner Zusammensetzung im Feld als stark toniger Schluff beschrieben wird.

<sup>4</sup> DIN EN ISO 17892-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 1: Bestimmung der Wassergehalts, Ausgabe 03/2015.

<sup>5</sup> DIN EN ISO 17892-12: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 12: Bestimmung der Zustandsgrenzen, Ausgabe 02/2017.

<sup>6</sup> DIN 18196 – Erd- und Grundbau: Bodenklassifikationen für bautechnische Zwecke, Ausgabe 1988/2005.



### **Korngrößenverteilung nach DIN EN ISO 17892-4<sup>7</sup>**

Die Kornverteilungen der rolligen Böden sind in der Anlage 3.3 abgebildet. Nach der DIN 18196 erfolgt die Einstufung in die Bodengruppen **SU\*** und **GU\***, also stark schluffigen Sanden bzw. stark schluffigen Kiesen.

- **KB 2** (Kalktuffablagerungen): SU\* Feinkornanteil  $\varnothing < 0,063$  mm ~ 27 M.%
- **KB 2** (Aufw.horizont Muschelkalk): GU\* Feinkornanteil  $\varnothing < 0,063$  mm ~ 21 M.%
- **KB 3** (Kalktuffablagerungen, Kiese): SU\* Feinkornanteil  $\varnothing < 0,063$  mm ~ 38 M.%
- **BS 6** (Kalktuffablagerungen): SU\* Feinkornanteil  $\varnothing < 0,063$  mm ~ 25 M.%

Die Ergebnisse spiegeln die Kornverteilungen der Böden wieder, wie sie aus den Kernbohrungen aufgeschlossen wurden, d.h. nach mechanischer Beanspruchung. In Realität ist der Aufwitterungshorizont des Muschelkalks eher als felsartig anzusehen statt als Lockergestein (GU\*).

#### **4.4. Chemische Laboruntersuchungen**

An Bodenproben aus Auelehm und Kalktuff wurden umweltchemische Laboruntersuchungen durchgeführt, um die Wiederverwertungsmöglichkeiten der Aushubmassen beurteilen zu können. Die Bodenproben wurden im akkreditierten Labor der Analytik-Team GmbH, Fellbach auf den Parameterumfang der Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial (VwV) untersucht. Die Analysen sind in der Anlage 3.4 aufgelistet und vor dem Hintergrund der Zuordnungswerte ausgewertet. In Abhängigkeit der Bodenart werden die Zuordnungswerte Z0 Schluff/Lehm (Auelehm) bzw. Z0 Sand (Kalktuff) hinzugezogen.

Die Analysen zeigen, dass der Kalktuff die Zuordnungswerte Z0 einhält. Der Auelehm zeigt einen nachweisbaren Zink-Gehalt im Eluat, der die Einstufung in Z0\* bzw. Z0\*IIIA bedeuten würde. Da Zink auf den geogenen Hintergrund zurückzuführen ist, kann aus gutachterlicher Sicht ein Wiedereinbau als Z0 Material in ähnlichem geogenen Hintergrund erfolgen.

Bei den Analysen handelt es sich um orientierende Untersuchungen. Da das Material als natürlich gewachsener Boden einzustufen ist, ist eine weitere Analytik aus gutachterlicher Sicht nicht notwendig, sofern das Material an Ort und Stelle wiederverwertet wird. Sollte das Material außerhalb der Baumaßnahme wiederverwertet werden oder zur Entsorgung abgefahren werden, so ist eine Haufwerksbeprobung nach LAGA PN98 durchzuführen und der Analysenumfang

<sup>7</sup> DIN EN ISO 17892-4: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Laborversuche an Bodenproben – Teil 4: Bestimmung der Korngrößenverteilung, Ausgabe 08/2014.



entsprechend anzupassen, d.h. Analytik nach VwV bei Wiederverwertung bzw. bei Entsorgung nach Deponieverordnung.

#### 4.5. Erdstatische Kennwerte

Basierend auf den bodenmechanischen Laborergebnissen und den geologischen Felduntersuchungen, können unter Berücksichtigung der DIN 1055<sup>8</sup> für die baurelevanten angetroffenen Böden folgende charakteristische erdstatische Kennwerte angegeben werden.

**Tabelle 4:** Charakteristische erdstatische Kennwerte.

Schichtbereich	Wichte [kN/m <sup>3</sup> ]		Reibungswinkel [°]	Kohäsion [kN/m <sup>2</sup> ]		Steifemodul [MN/m <sup>2</sup> ]
	$\gamma$	$\gamma'$	$\Phi'_k$	$c'_k$	$c_{u,k}$	$E_{s,k}$
<b>Auelehm</b> (TM, weich - steif)	19	9	17,5	5 - 15	15 - 35	2 - 8
<b>Kalktuffablagerungen</b> (SU*, locker, z.T. mitteldicht)	18	9	25 - 30	0 - 5	-	10 - 15
<b>Aufwitterungshorizont Muschelkalk</b>	21	12,5	35	-	-	50 - 100
<b>Muschelkalk</b>	24	14	$\geq 35$	$\geq 25$	-	> 100

**Tabelle 5:** Für verdichtet eingebautes Fremdmaterial können folgende Ansätze für bodenmechanische Kennwerte angesetzt werden.

Schichtbereich	Wichte [kN/m <sup>3</sup> ]	Reibungswinkel [°]	Kohäsion [kN/m <sup>2</sup> ]
	$\gamma$	$\Phi'_k$	$c'_k$
<b>Fremdmaterial</b> (Schotter-Splitt-Gemische und RC-Material)	21	35	-
<b>Fremdmaterial</b> (Kies, Sand, Kies-Sand-Gemisch sowie Siebschutt)	20	32,5	-
<b>Verbesserte Dammschüttung</b> (TM/TL + Bindemittel)	20	22,5	25

<sup>8</sup> DIN 1055-2 – Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngrößen, Ausgabe 11/2010.



## 4.6. Homogenbereiche nach DIN 18 300, DIN 18 301, DIN 18304

Die Einteilung von Boden und Fels in Homogenbereiche erfolgt nach dem Zustand der anstehenden Schichten vor dem Lösen. Als Homogenbereich wird „ein begrenzter Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist“<sup>9</sup>, bezeichnet.

Nachfolgend erfolgt eine Einteilung in Homogenbereiche für die Gewerke

- DIN 18300 Erdarbeiten Kennbuchstaben E
- DIN 18301 Bohrarbeiten Kennbuchstaben B
- DIN 18304 für Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten Kennbuchstaben R

Folgende Einteilung wird vorgenommen:

Homogenbereich	O:	Oberboden
Homogenbereich	EBR I:	Auelehm, Kalktuffablagerungen
Homogenbereich	EB II:	Aufwitterungshorizont Muschelkalk, nicht mehr rammbaar
Homogenbereich	EB III:	Muschelkalk, Festgestein nicht mehr rammbaar

Der Oberboden wird zumeist in einem ersten Arbeitsschritt abgeschoben und sollte aus Gründen des Bodenschutzes zwingend wiederverwertet werden, aus diesem Grund wird der Oberboden als eigenständiger Homogenbereich betrachtet.

Die Eigenschaften der angetroffenen Böden für die einzelnen Homogenbereiche werden in nachfolgender Tabelle zusammengefasst. Sofern keine Laborversuche durchgeführt wurden, beziehen sich die Angaben auf Erfahrungswerte und Feldbeobachtungen.

<sup>9</sup> VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen Ergänzungsband 2015 zur VOB Gesamtausgabe 2012, Kapitel 2.3 Einteilung von Boden und Fels in Homogenbereiche.



**Tabelle 6:** Homogenbereiche nach DIN 18300 Erdarbeiten, DIN 18301 Bohrarbeiten und DIN 18304 Rammarbeiten.

	<b>EBR I</b>	
	<b>Auelehm</b>	<b>Kalktuffablagerungen</b>
Korngrößenverteilung (Feinkornanteil)	>40 Gew.-%	<30 Gew.-% Vgl. Anlage 3.3
Massenanteil Steine, Blöcke	(nicht erkundet)	(nicht erkundet)
Dichte	1,8 – 2,1 t/m <sup>3</sup>	1,7 – 1,9 t/m <sup>3</sup>
Kohäsion	5 – 15 kN/m <sup>2</sup>	-
Undränierete Scherfestigkeit (c <sub>u</sub> )	15 – 100 kN/m <sup>2</sup> -	-
Sensitivität	1 - 2,5	-
Natürlicher Wassergehalt (w <sub>n</sub> )	20 – 32 %	-
Plastizität	mittelplastisch	-
Plastizitätszahl (I <sub>P</sub> )	19 – 25 %	-
Konsistenz	weich - steif	bind. Anteile weich - steif
Konsistenzzahl (I <sub>C</sub> )	0,6 – 1,0	-
Durchlässigkeit	<1x10 <sup>-8</sup> m/s	1x10 <sup>-4</sup> – 1x10 <sup>-7</sup> m/s
Bezogene Lagerungsdichte (I <sub>D</sub> )	-	15 - 35
Organischer Anteil	<5%	<1%
Abrasivität	kaum abrasiv	abrasiv
Bodengruppe nach DIN 18 196	TM	SU*



In der nachfolgenden Tabelle ist der Aufwitterungshorizont des Muschelkalks und der Muschelkalk nach DIN EN ISO 14689-1 für Fels zusammengefasst. Die Angaben beziehen sich auch auf Erfahrungswerte.

**Tabelle 7:** Homogenbereiche nach DIN 18300 und DIN 18304 für Fels gemäß DIN EN ISO 14689-1<sup>10</sup>.

	<b>Homogenbereich EB II</b>	<b>Homogenbereich EB III</b>
Ortsübliche Bezeichnung	Oberer Muschelkalk (Aufwitterungshorizont)	Oberer Muschelkalk (Meissner- und Trochitenkalk-Formation)
Benennung von Fels	sedimentär, massig, Karbonate, Tonminerale, sekundäre Poren	sedimentär, massig, Karbonate, Tonminerale, sekundäre Poren
Dichte	~1,9 - 2,2 t/m <sup>3</sup>	~2,4 t/m <sup>3</sup>
<b>Beschreibung von Gestein</b>		
Farbe, Korngröße, Kalkgehalt	grau bis hellbraun, feinkörnig, stark kalkhaltig	grau bis dunkelgrau, feinkörnig, stark kalkhaltig
Verwitterung und Veränderungen, Veränderlichkeit	zerfallen, veränderlich	verfärbt bis frisch, nicht veränderlich
Einaxiale Druckfestigkeit	hoch (50-100 MPa)*	sehr hoch (>100 MPa)*
<b>Beschreibung des Gebirges</b>		
Felsart, Struktur	sedimentär, massig mit Zwischenlagen	sedimentär, massig mit Zwischenlagen
Schichtflächenabstand	<20 cm	<20 cm
Kluft-, Schieferungsflächenabstand	-	-
Trennflächenrichtung	-	-
Gesteinskörperform, Rauigkeit	wellig und glatt	rhombischer Gesteinskörper, eben und glatt
Kluffüllungen	Ton, Kalzit	Ton, Kalzit
Wasseraustritte	ja	ja
Verwitterung	stark verwittert	schwach verwittert
Abrasivität	stark abrasiv	stark abrasiv

\* abgeschätzt über Feldversuch DIN EN ISO 14689-1 Tab.5

#### 4.7. Lage in Erdbebenzone – Nachweis Lastfall Erdbeben nach DIN 19700

Nach DIN EN 1998:2010-12<sup>11</sup> (EC 8, Abs. 3.2.1) „müssen die nationalen Territorien von den nationalen Behörden je nach örtlicher seismischer Gefährdung in Erdbebenzonen unterteilt werden“. Laut der Karte der Erdbebenzonen des Innenministeriums Baden-Württemberg<sup>12</sup> liegt Eberdingen in der Erdbebenzone 0 und wird der Untergrundklasse R und der Baugrundklasse B-R,

<sup>10</sup> DIN EN ISO 14689-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Teil 1: Benennung und Beschreibung, Ausgabe 06/2011.

<sup>11</sup> DIN EN 1998:2010-12: Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten, Ausgabe 12/2010.

<sup>12</sup> Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg, M 1:350.000, Innenministerium Baden-Württemberg, Auflage 2005

C-R zugeordnet, d.h. gemäß der DIN EN 1998-1/NA:2011-01 Tabelle NA.3<sup>13</sup> werden dem zugrunde gelegten Gefährdungsniveau rechnerisch Intensitäten zwischen 6 bis <6,5 zugeordnet. Zum Bemessungswert der Bodenbeschleunigung  $a_g$  wird keine Angabe gemacht wird.

Für die Standsicherheitsnachweise nach DIN 19700 ist für mittlere Trockenbecken der Erdbebenfall „Bemessungserdbeben“ für eine Wiederkehrperiode von  $T=1000$  Jahren zu berücksichtigen.

Die Nachweisführung für die Erdbebensicherheit für Stauanlagen in Baden-Württemberg wird in der Arbeitshilfe „Nachweis der Erdbebensicherheit von Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg“ der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW)<sup>14</sup> beschrieben. Die rechnerisch anzusetzende Bodenbeschleunigung für Erdbebenfälle kann im Internet über das GeoForschungsZentrum, Potsdam ermittelt werden (s. Abbildung 1).

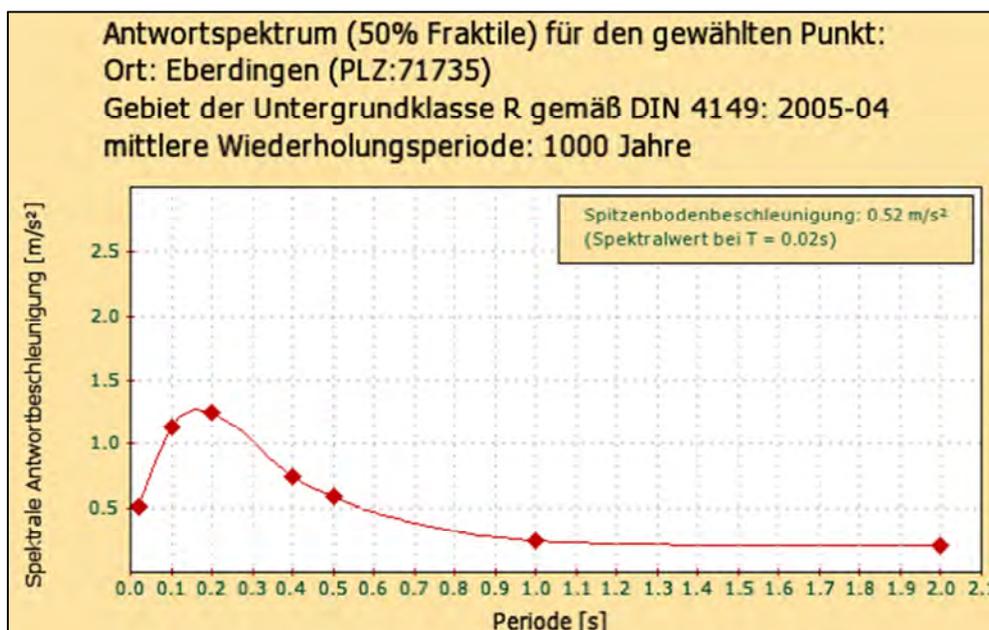


Abbildung 1: Antwortspektrum nach GFZ, Potsdam für Eberdingen.

Für den Bemessungswert der Bodenbeschleunigung  $a_{gR}$  ist die spektrale Antwortbeschleunigung für die Periode  $s = 0$  anzusetzen. Aus Abbildung 1 kann für  $a_{gR} = 0,52 \text{ m/s}^2$  abgelesen werden. Gemäß DIN EN 1998-1 ist die rechnerische Bodenbeschleunigung mit  $a_{gR} \times S$  anzusetzen, wobei der Untergrundparameter  $S$  (Baugrundklasse C-R) nach DIN EN 1998 (EC8, Tab. NA.4) mit dem

<sup>13</sup> DIN EN 1998-1/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben- Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbau.

<sup>14</sup> Nachweis der Erdbebensicherheit von Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg, Arbeitshilfe für die praktische Durchführung, LUBW 11/2016.



Faktor 1,5 angegeben ist. Daraus folgt  $a_g = a_{gR} \times S = 0,52 \times 1,5 = 0,78 \text{ m/s}^2$  somit ist  $a_g > 4 \%$  der Erdbeschleunigung  $g$ .

## 5. FOLGERUNGEN FÜR DIE BAUMAßNAHME

### 5.1. Auslassbauwerk

#### 5.1.1. Allgemein

Nach dem aktuellen Planungsstand wird das Auslassbauwerk als Stahlbetonbauwerk hergestellt. Es wird wenige Meter westlich des bestehenden Bachlaufs des Strudelbachs errichtet, wobei der Strudelbach aus dem derzeitigen Bachbett verlegt wird. Die Bauwerkshöhe beträgt dabei bis ca. 13 m und die Breite in Dammachse ca. 14 m. Insgesamt ist das Bauwerk ca. 59 m lang und im Bereich des Einlasses bzw. Auslasses bis ca. 22 m breit. Die Konstruktion soll in ca. 278,6 müNHN gegründet werden, d.h. ca. 3,6 m u. GOK (vgl. Anlage 4.4).

#### 5.1.2. Schichtenaufbau im Bereich Auslassbauwerk

Der Schichtaufbau im Bereich des Auslassbauwerks wird durch die Bohrungen KB 2 und KB 3 sowie den schweren Rammsondierungen DPH 2 und DPH 3 aufgeschlossen. Demnach steht unterhalb des Oberbodens bis ca. 3,0 m u. Gel. Auelehm an, der von Kalktuffablagerungen, die bis ca. 8 m u. Gel. reichen können, unterlagert wird. Darunter steht der Aufwitterungshorizont des Muschelkalks an, der in den schwach verwitterten Muschelkalk übergeht. Grundwasser wurde in den Bohrungen nicht angetroffen.

Die derzeitig geplante Gründungstiefe von ca. 278,6 müNHN liegt innerhalb der Kalktuffablagerungen. Die Schlagzahlen bei DPH 2 zeigen an, dass nach Westen hin der Auelehm und die Kalktuffablagerungen weniger stark ausgeprägt sind und eine geringere Schichtstärke haben.

Hinsichtlich der Tragfähigkeit bilden die Kalktuffablagerungen einen setzungsfähigen Baugrund. Der Aufwitterungshorizont des Muschelkalks ist auf jeden Fall als Gründungshorizont geeignet. Der schwach verwitterte Muschelkalk ist als setzungsendlich anzusehen.



### 5.1.3. Lage der Bauwerkssohle im Baugrund – Unterströmungssicherung

Sowohl im Bereich des Auslassbauwerks als auch zu den Talflanken stehen Kalktuffablagerungen an, die suffosiv sind und eine Gefährdung für rückschreitende Erosion zeigen. Für das Hochwasserrückhaltebecken muss daher eine Unterströmungssicherung erstellt werden. Da die Schichtmächtigkeit im Bereich des Auslassbauwerks bis ca. 5 m mächtig sein kann, ist die Ausbildung einer Betonnase entlang der Dammachse als nicht wirtschaftlich einzustufen. Es empfiehlt sich daher die Anordnung von Spundwänden, die wasserseitig angeordnet werden sollten und an den Spundwandkasten des Auslassbauwerks anschließen. Da die Spundwände bis maximal auf den Aufwitterungshorizont des Muschelkalks gerammt werden können, wird der Einsatz von Spundwänden nur bis in eine gewisse Entfernung zum derzeitigen Bachbett möglich sein, da die suffosiven Kalktuffablagerungen auskeilen (vgl. Anlage 4.6). Der Schichtverlauf wird aus den vorhandenen Aufschlüssen interpoliert. Abschätzend kann die Länge der Unterströmungssicherung ca. 120 m betragen, d.h. ausgehend von der Bauwerksachse (Auslassbauwerk) jeweils ca. 50 m in westliche und ca. 70 m in östliche Richtung (s. Anlage 4.6). Genauere Rammtiefen können im Vorfeld der Baumaßnahme oder der Ausschreibung mit Hilfe von schweren Rammsondierungen (DPH) entlang der Dammachse des Hauptdammes erkundet werden.

Die Wände des Auslassbauwerks sollten geneigt ausgeführt werden, um eine verbesserte Abdichtung zwischen Auslassbauwerk und Dammbauwerk zu erreichen.

### 5.1.4. Bauwerksgründung

Die Gründung des Auslassbauwerks soll über eine tragende Bodenplatte erfolgen, die planmäßig auf den Kalktuffablagerungen aufliegt.

Die Bauwerkslasten nehmen aufgrund der Bauwerksgeometrie zur Dammachse sowie zu den Wänden hin zu und sind im Bereich des Dammkronenweges am höchsten.

Die Kalktuffablagerungen sind als setzungsempfindlich einzustufen. Setzungsberechnungen werden in Abschnitt 6.3 ausgewertet.

## 5.2. Herstellung Auslassbauwerk

Das Auslassbauwerk wird gemäß /2/ im Abstand von ca. 4-5 m westlich des bestehenden Bachlaufs errichtet. Während der Bauzeit kann der Strudelbach somit in seinem ursprünglichen Gerinne fließen und muss erst nach Fertigstellung des Auslassbauwerks in selbiges umgeleitet



werden. Die Bohrungen zeigen, dass unmittelbar neben dem Strudelbach kein Grundwasser angetroffen wurde. Es ist somit davon auszugehen, dass bei der Herstellung des Bauwerks im Trockenen gearbeitet werden kann. Die planmäßige Gründungssohle liegt ca. 3,6 m unter Urgelände.

Aus platztechnischen Gründen sollte die Baugrube komplett verbaut werden. Das Anlegen von freien Böschungen ist auf der östlichen Baugrubenseite wegen des Strudelbachs nicht möglich. Die Durchführung technischer Arbeiten ist von dieser Seite aus stark begrenzt. Die Durchführung ist daher auf die westliche Baugrubenseite zu verlagern, was einen Verbau erfordert.

Für den Verbau ist eine freie Standhöhe von mindestens 3,6 m (278,6 müNHN) bis 3,8 m Höhe (mit Stabilisierungsschicht unterhalb Bodenplatte) erforderlich.

Als Ergebnis des Besprechungstermins am 17.04.2018 mit dem Ingenieurbüro Winkler und Partner wurde als optimale Lösung eine vollständige Baugrubenumschließung als geschlossener Spundwandkasten erörtert. Neben den technischen Vorteilen und einer effektiven Absicherung vor Grundwasserzutritten bzw. dem seitlichen Einströmen von Bachwasser, sind auch geringere Aushubmassen zu verarbeiten. Der Spundwandkasten muss rückverankert werden, da die Breite der Baugrube mit ca. 14 m bis 15 m für eine konventionelle Aussteifung unwirtschaftlich ist. Im Allgemeinen stehen für Spundwände rambbare Böden mit Schlagzahlen  $N_{10} \leq 30$  gemäß KB 3 / DPH 3 bis ca. 5 m unter Baugrubensohle an, während sich aus der der DPH 2 eine nicht mehr rambbare hohe Schlagzahl  $N_{10} > 50$  in einer Tiefe von 1,4 m u. planmäßiger UK Bodenplatte ergibt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die DPH 2 in ca. 10 m Abstand westlich der KB 2 ausgeführt wurde, so dass der aus der Rammsondierung interpretierbare Schichtenaufbau nicht direkt mit dem erbohrten Schichtenprofil der KB 2 korrespondieren muss und hier lokale Schwankungen im Verlauf der Schichtoberkanten vorliegen können. Zur näheren Erkundung werden im Vorfeld der Baumaßnahme engmaschigere Untersuchungen durch Rammsondierungen vorgeschlagen. Für den Einsatz eines gerammten / einvibrierten Verbaus sollte daher in der Ausschreibung Zusatzmaßnahmen durch Vorbohrungen vorgesehen werden, falls im unteren Bereich der Kalktuffschichten steinigere Einlagen vorhanden sind, oder die Aufwitterungsschichten in geringerer Tiefe anstehen (vgl. Anlage 4.6).

Es sollte eine offene Wasserhaltung vorgehalten werden (z.B. Pumpensumpf), um anfallendes Tagwasser abzupumpen. Außerdem kann nicht ausgeschlossen werden, dass der Baugrube Bachwasser seitlich zuströmt. Die in der Baugrube anstehenden Kalktuffablagerungen sind mit einer Sauberkeitsschicht abzudecken, damit für die Arbeiten eine stabile Baugrubensohle gegeben ist.



Im Allgemeinen sind folgende freie, zulässige Böschungswinkel nach DIN 4124<sup>15</sup> zu beachten und einzuhalten:

- Kalktuffablagerungen, weicher Auelehm  $\beta \leq 45^\circ$
- Mindestens steifer Auelehm  $\beta \leq 60^\circ$
- Aufwitterungshorizont Muschelkalk  $\beta \leq 60-80^\circ$

Die Böschungskronen sind von jeglichen Lasten freizuhalten.

Folgende Mindestabstände zur Baugrubenböschung sind bei Baustellenverkehr einzuhalten:

- Gesamtgewicht < 12 t: 1,0 m
- Gesamtgewicht  $\geq$  12 t: 2,0 m

## 5.3. Damm- und Erdbauarbeiten

### 5.3.1. Allgemein

Das Dammbauwerk verläuft von West nach Ost in Richtung Kreuzung K1688 / K1654. Von dort soll das Bauwerk in Richtung Süden entlang der K1688 verlaufen und an die natürliche Böschung angepasst werden. Aus den zur Verfügung gestellten Anlagen können folgende Dammbauwerksabmessungen abgelesen werden:

- Länge in N-S (Seitendamm): ca. 135 m
- Länge in W-O (Hauptdamm): ca. 175 m
- Maximale Breite (Schnitt A-A): ca. 80 m
- Höhe am Auslassbauwerk (OK Weg): ca. 9 m
- Böschungsneigungen: ca. 1:3

Auf der Dammkrone und im wasser- und luftseitigen Bereich sind verschiedene Wege und Zufahrten geplant, die die Anbindung im Osten (K1688 / K1654) und dem Feldweg (Westen) ermöglichen. Im Bereich des südlichen Endes des Dammbauwerks soll ein kleines Durchlassbauwerk errichtet werden, um die Überfahrt des Strudelbaches zu gewährleisten.

<sup>15</sup> DIN 4124 – Baugruben und Gräben – Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten, Ausgabe 01/2012.



### 5.3.2. Aufbau / Anforderungen als homogener Damm

Nach den Unterlagen (z.B. Anlage 4.1) soll der Damm als homogener Stützkörper aus bindigem Material aufgebaut werden. Für das einzubauende Material können die Ausführungen aus der Arbeitshilfe zur DIN 19700<sup>16</sup> der LUBW herangezogen werden. Daraus folgt, dass bei homogenen Dämmen die Dammschüttungen aus bindigem Material herzustellen sind, damit Dichtungsfunktionen sichergestellt sind. Für das Material gelten folgende Anforderungen:

#### Materialeigenschaften:

- Bodengruppen nach DIN 18196: TM, TL
- Steinanteil ( $\varnothing < 63\text{mm}$ ):  $\leq 35\%$
- Natürlicher Kalkgehalt:  $\leq 10\%$
- Gehalt an organischen Inhaltsstoffen:  $\leq 3\%$
- Fließgrenze  $w_L$ :  $\leq 80\%$
- Ausrollgrenze  $w_p$ :  $\leq 20\%$
- Plastizität  $I_p$ :  $\geq 10\%$
- Tongehalt (Korngröße  $< 0,002\text{ mm}$ ):  $\geq 20\%$
- Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$ :  $\leq 1 \cdot 10^{-7}\text{ m/s}$

Für Bodenmaterial der Bodengruppen TL und TM (mind. steife Konsistenz) können nach der DIN 1055-2<sup>17</sup> folgende bodenmechanische Rechenwerte angesetzt werden:

- Wichte:  $\gamma = 20,0\text{ bis }21,0\text{ kN/m}^3$
- Reibungswinkel:  $\Phi' = 17,5\text{ (TM) bis }22,5\text{ (TL)}$
- Kohäsion:  $c' = 5\text{ kN/m}^2\text{ (TL) bis }10\text{ kN/m}^2\text{ (TM)}$

#### Materialanforderungen:

- Das Material sollte möglichst homogen sein, d.h. aus möglichst wenigen Entnahmestellen, und aus ausreichend großen Chargen zur Verfügung stehen (Richtwert ca. 5.000 m<sup>3</sup>).
- Die Kornverteilung muss stetig verlaufen und ohne Ausfallkörnung, damit eine Stabilität gegenüber Erosion vorhanden ist.
- Das Material muss gegenüber Durchsickerung beständig, d.h. suffosionsbeständig sein und muss gut verdichtbar sein (hohlraumfrei).

<sup>16</sup> Arbeitshilfe zur DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Ausgabe 09/2007.

<sup>17</sup> DIN 1055-2: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngößen, Ausgabe 10/2010.



## Einbauanforderungen:

Nach der Arbeitshilfe zur DIN 19700 werden folgende Einbauanforderungen an das bindige Material beschrieben:

- Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 100 \%$   
Mindestverdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 97 \%$
- Luftporenanteil  $n_a \leq 12 \text{ Vol.-%}$
- Unverdichtete Schütthöhen  $d \leq 30 \text{ cm}$
- Größtkorn  $\leq 10 \%$  der Schichtdicke (max. 80 mm).

## Herstellung der Dammschüttung:

Das Material für die Dammschüttung muss den o.g. Anforderungen entsprechen und ist einer Eignungsprüfung zu unterziehen. Beim Einbau sind unverdichtete Schütthöhen von 30 cm nicht zu überschreiten. Bindiges Material sollte mit einer Schafffußwalze verdichtet werden, was gleichzeitig zu einer Verzahnung der verschiedenen Schüttlagen beiträgt. Das bindige Einbaumaterial muss in einem verdichtungswilligen Zustand sein, d.h. mindestens halbfeste Konsistenz aufweisen bzw. der Einbauwassergehalt muss nahe dem optimalen Wassergehalt (vgl. Proctordichte des Materials) liegen. Gegebenenfalls ist somit eine ausreichende Verdichtung ohne Bodenbehandlung zu erreichen.

Falls das bindige Einbaumaterial zu feucht ist, muss es vorher durch geeignete Maßnahmen (z.B. Trocknung, Mischung mit trockenem Material) behandelt werden, um einen verdichtungsfähigen Zustand zu erreichen. Hierfür sind ausreichende Platzverhältnisse erforderlich.

Falls mit den oben genannten Maßnahmen keine ausreichende Konditionierung möglich ist, bzw. eine Verbesserung der Bodenkennwerte erforderlich wird, sollte eine Bodenverbesserung des bindigen Einbaumaterials mit Bindemitteln in Betracht gezogen werden und in der Ausschreibung entsprechend abgefragt werden. Es muss nämlich damit gerechnet werden, dass bei ungünstigen Witterungsbedingungen oder falls das Einbaumaterial in einem ungünstiger Zustand (zu feucht) vorliegt, ein fachgerechter Einbau wegen der Verbreiung des Materials nicht möglich ist. Für die Bodenverbesserung sind geeignete Bindemittel zu verwenden (z.B. Zement-Weissfeinkalk-Gemische). Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Wasserdurchlässigkeit des eingebauten Materials durch eine Bodenverbesserung erhöht wird. Bei Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit sind daher entsprechende Eignungsprüfungen durchzuführen.

Die Höhe des luftseitigen Fußfilters soll bei homogenen Dämmen mindestens der Dicke  $h/6 \sim 1,5 \text{ m}$  entsprechen.



In den Bereichen, in denen die Dammschüttung an bestehende Böschungen angebaut wird (insbesondere Seitendamm), sind die bestehenden Böschungen im Vorfeld abzutrepfen. Somit entsteht eine Verzahnung zwischen Dammschüttung und bestehender Böschung.

### **5.3.3. Dammaufstandsfläche**

Bevor die Dammaufstandsfläche erstellt wird, muss die betroffene Fläche entsprechend vorbereitet werden. Hier sind im Besonderen die Entfernung des Bewuchses (Bäume, Sträucher etc.), das Abschieben des Oberbodens sowie die Entfernung möglicher Felddrainagen und die Umleitung/Rückbau der im Baufeld befindlichen Grundleitungen zu erwähnen, damit keine ungewollten Wasserwegsamkeiten verbleiben.

Die Dammaufstandsfläche besteht unterhalb des abzuschiebenden Oberbodens aus weichem bis steifem Auelehme. Die Auelehme sind als setzungs- und witterungsempfindlich einzustufen. Daher kann in Abhängigkeit der Witterungsverhältnisse eine Bodenverbesserung der Dammaufstandsfläche notwendig werden, um für die Erdarbeiten eine ausreichend tragfähiges Planum zu gestalten. Zudem kann durch den Widerlagereffekt die erste Dammschüttlage besser verdichtet werden. Die Notwendigkeit einer Bodenverbesserung der Aufstandsfläche sollte im Vorfeld der Baumaßnahme nach Inaugenscheinnahme der vorherrschenden Bedingungen festgelegt werden.

Hinsichtlich Unterströmungssicherung sind die Ausführungen aus Abschnitt 5.1.3 zu beachten.

### **5.3.4. Umweltverträglichkeit des Dammschüttmaterials**

Das Dammschüttmaterial muss den Qualitätsanforderungen des Bundes-Bodenschutzgesetzes sowie der Altlastenverordnung entsprechen. Die Wiederverwertung von Bodenmaterial in technischen Bauwerken wird in Baden-Württemberg durch die „Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial“ (VwV Boden) geregelt. Bei Hochwasserdämmen (Trockenbecken) sind nur Materialien einzubauen, die den Qualitätsstufen Z0 und Z1.1 nach VwV Boden entsprechen. Der Damm befindet sich im Wasserschutzgebiet Strudelbach, d.h. in der Zone III und IIIA (Quelle: Kartendienst UDO der LUBW). Die Qualitätsanforderungen an das Einbaumaterial sollten daher im Vorfeld mit dem Landratsamt Ludwigsburg abgestimmt werden.



## **5.4. Gründung und Herstellung kleines Durchlassbauwerk (im Stauraum)**

### **5.4.1. Allgemein**

Das kleine Durchlassbauwerk, das sich im Einstaubereich befindet (vgl. Anlage 1.2) soll die Überfahrt des Strudelbachs insbesondere für die Landwirtschaft ermöglichen. Die Bohrung BS 6 zeigt den Schichtaufbau in diesem Bereich an. Dabei ist sichtbar, dass der Schichtaufbau im Wesentlichen den allgemeinen Schichtaufbau, der in den übrigen Bohrungen angetroffen wurde widerspiegelt. So sind unterhalb von bindigen Auelehmen Kalktuffablagerungen erbohrt worden, die in der Bohrendtiefe in den Aufwitterungshorizont des Muschelkalks übergehen. In den Kalktuffablagerungen wurden Anzeichen auf Grundwasser angetroffen.

### **5.4.2. Gründung**

In der Anlage 4.5 ist ein Querschnitt des geplanten Bauwerks abgebildet. Demnach soll die Unterkante des Bauwerks bei ca. 280,7 müNHN liegen, d.h. im Auelehm. Die Bauwerksmaße betragen ca. 5 x 4,1 x 2 m. Als ständige Lasten (Bauwerk + Steinschüttung) kann eine Flächenlast von ca. 33 kN/m<sup>2</sup> angesetzt werden. Eine Plattengründung auf dem geplanten Höhenniveau ist somit möglich, wobei Setzungen im Größenbereich zwischen 1 – 2 cm erwartet werden können, zumal die Bauwerkslasten in der Größenordnung der Aushubentlastung liegen.

### **5.4.3. Herstellung**

Die Platzverhältnisse lassen eine freie Böschung zu. Der Auelehm ist in einer weichen bis steifen Konsistenz angetroffen worden, ein freier Böschungswinkel ist somit zwischen 45 – 60° möglich. Sollte eine freie Böschung nicht möglich sein, kann die Baugrube über einen ausgesteiften Spundwandkasten verbaut werden.

Der Durchlass soll als Fertigbetonteil angeliefert werden, das auf einer Sauberkeitsschicht aufgesetzt wird. Sollte der Auelehm in der Aushubebene in weicher Konsistenz vorliegen, so ist dieser zu entfernen und mit Kalksteinschroppen auszutauschen (voraussichtlich ca. 60 cm, d.h. bis zur OK Kalktuffablagerungen).

Der Strudelbach muss für die Dauer der Bauwerksherstellung umgeleitet werden. Anfallendes Grund- oder Bachwasser ist über eine offene Wasserhaltung (z.B. Pumpensumpf) abzuleiten.



### **5.5. Querung Wasserleitung**

Im Baufeld befindet sich eine Wasserleitung, die erneuert werden soll. Aus technischen und planerischen Gründen soll dies im Zusammenhang mit dem Dammbau erfolgen. Das für die Verlegung der Wasserleitung zuständige Planungsbüro Baurconsult, Haßfurt bevorzugt die Neuverlegung der Wasserleitung als gesonderte Leitung unterhalb des Dammbauwerks gegenüber der Verlegung durch das Auslassbauwerk. Bei der Verlegung unterhalb des Dammbauwerks ist die Wasserleitung in einem Schutzrohr mit Betonummantelung auszuführen, um Wasserwegsamkeiten entlang der Leitungszone zu verhindern. Da für das Dammbauwerk eine Unterströmungssicherung (durchgehende Spundwand) unterhalb des Dammfußes (vgl. Abschnitt 5.1.3) erforderlich ist, sollte die Wasserleitung möglichst außerhalb des geplanten Unterströmungsschutzes und somit am westlichen Rand der Talaue, d.h. außerhalb des Bereichs der Kalktuffablagerungen (vgl. Anlage 4.6) verlegt werden. Ist dies technisch nicht möglich, so muss unterhalb der Wasserleitung eine vertiefte Betonnase, die durch die Kalktuffablagerungen und bis auf das Niveau des Aufwitterungshorizonts des Muschelkalks reicht, für die Unterströmungssicherung hergestellt werden. Die Verträglichkeit der Wasserleitung hinsichtlich der Auflast der Dammschüttung sowie der Setzungen ist planerisch zu prüfen.



## 6. STANDSICHERHEITS- UND SETZUNGSABSCHÄTZUNG

### 6.1. Standsicherheitsabschätzung des Dammes

Die Standsicherheit des geplanten Dammes gegen Böschungsbruch wurde nach DIN 4084-2009 rechnerisch für den Hauptdamm (Schnitt B-B, vgl. Anlage 4.1) für 2 exemplarische Lastfälle mit dem Programm GGU-Stability Version 12.04 gemäß DIN 19700 nach dem Teilsicherheitsverfahren (gemäß Merkblatt DWA-M 542<sup>18</sup>) überprüft.

- Volleinstau auf 290,10 müNHN mit Durchsicherung des Dammkörpers bis zum luftseitigen Dränkörper (s. Anlage 5.2.1). Überprüfung der luftseitigen Dammböschung als Bemessungssituation BS-P mit kreisförmigen und polygonalen Gleitkörpern.
- Nachweis der schnellen Wasserspiegelabsenkung nach Volleinstau auf Höhe 290,10 müNHN. Überprüfung der wasserseitigen Dammböschung als Bemessungssituation BS-T (s. Anlage 5.2.2)

Als maximaler Wasserstand wurde 290,10 müNHN (Hochwasserstauziel  $Z_{H1}$ ) angenommen. Die konservativ gewählte Sickerlinie verläuft auf der Wasserseite auf Höhe  $Z_{H1}$  und tritt auf der Luftseite im Bereich des Böschungsfußes aus. Dabei wurde zusätzlich am luftseitigen Böschungsfuß ein luftseitiger Fußfilter (ca. 6x2m) mit Drainage berücksichtigt, wie er in der Planung vorgesehen ist. Auf die Dammkrone einwirkende Verkehrslasten werden mit 16,7 kN/m<sup>2</sup> angenommen.

Die Nachweise konnten mit den nachfolgenden Materialkennwerten für das Dammschüttungsmaterial erbracht werden:

- Reibungswinkel  $\varphi = 22,5^\circ$  und Kohäsion  $c' = 13 \text{ kN/m}^2$

Nach Festlegung des geplanten Dammschüttmaterials sind die erforderlichen Eignungsprüfungen und Kennwertermittlungen für den tatsächlich verwendeten Boden durchzuführen und die endgültigen Standsicherheitsnachweise zu erbringen.

Aus den exemplarischen Standsicherheitsberechnungen ergibt sich der Auelehm als ungünstigste, standsicherheitsrelevante Bodenschicht.

<sup>18</sup> Merkblatt DWA-M 542 – Nachweiskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten für Staudämme und Staumauern, Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), Ausgabe 07/2017



## 6.2. Setzungsabschätzung des Dammes

Die Setzungsabschätzung des Dammes wurde mit dem Programm GGU-Settle Version 4.06 durchgeführt. Dabei wurde die Dammgeometrie ohne Auslassbauwerk vereinfacht dargestellt. Um die unterschiedlichen Lasten vom Dammfuß zur Dammkrone zu berücksichtigen, wurde der Damm über Dreiecksflächen modelliert. Die maximalen Lasten im Bereich der Dammkrone liegen bei ca.  $180 \text{ kN/m}^2$  (Wichte Dammschüttung ca.  $20 \text{ kN/m}^3$ , Dammhöhe ca. 9 m). Der Schichtaufbau wird über die vorhandenen Bodenaufschlüsse dargestellt, wobei die Bodenverhältnisse zwischen und neben den Aufschlüssen programmintern interpoliert bzw. extrapoliert werden. Programmtechnisch bedingt wird die Dammaufstandsfläche in einer Ebene betrachtet, sodass unterschiedliche Dammhöhen (z.B. östliche Böschung des Seitendamms) nur über die Auflast berücksichtigt werden. In diesen Randbereichen fallen die Setzungen somit ggfls. geringer aus, als im Modell berechnet.

Die Setzungen des Dammes sind in der Anlage 5.3 abgebildet. Daraus können maximale Setzungen im Bereich der Dammkrone mit ca. 11 cm angenommen werden. Eigensetzungen des Dammes werden hier nicht berücksichtigt, sind aber von der Verdichtung der Dammschüttung, den Schütthöhen einzelner Lagen und dem Bodenmaterial abhängig.

Die Setzungen stellen sich über längere Zeiträume ein. In den bindigen Auelehmen, in denen ca. 60 % der Gesamtsetzungen zu erwarten sind, ist die Setzungsdauer von der Durchlässigkeit der Böden (Konsolidierung) und von der Plastizität abhängig, d.h. je höher die Plastizität, desto langsamer die Konsolidation (und somit die Setzungen). In den Kalktuffablagerungen ist von einer raschen Konsolidation auszugehen, wobei der Aufwitterungshorizont des Muschelkalks gering setzungsempfindlich ist und im felsartigen Muschelkalk keine Setzungen auftreten.

In Bereichen, in denen stärkere Setzungsunterschiede benachbarter Bereiche zu erwarten sind, ist der Setzungsverlauf in verschiedenen Messquerschnitten des Dammes zu kontrollieren. Dies erfolgt über den Einbau von Messpegeln mit Aufstandsplatten und Gestänge in der Dammaufstandsfläche unterhalb der Dammkrone. Im Zuge der Dammschüttung sind die Pegel mit hochzuziehen.

Die in Anlage 5.3 berechneten Setzungen von ca. 11 cm sind für Erdbauwerke mit den vorliegenden Dimensionen erfahrungsgemäß realistisch. Es ist davon auszugehen, dass ein Teil der Setzungen bereits während der Bauzeit abklingt, sofern die Schüttung über mehrere Monate hergestellt wird. Da ca. 60 % der Setzungen in den oberflächennahen Auelehmen stattfindet, die in Höhenlage der Seitenwände des Auslassbauwerks anstehen, ist von einem Anlehnen der Dammschüttung an die Seitenwände des Auslassbauwerks auszugehen.



## 6.3. Setzungsabschätzung des Auslassbauwerks

Die Berechnungen zur Setzungsabschätzung des Auslassbauwerks werden mit dem Programm GGU-Settle Version 4.06 durchgeführt. Es wird von einer Plattengründung ausgegangen und die Bauwerksdimensionen werden aus dem maßgebenden Schnitt aus Anlage 4.4 bzw. aus /4/ herangezogen. Als Gründungstiefe wird ca. 3,6 m u. Gel. (ca. 278,6 müNHN) angenommen. Der Schichtaufbau umfasst die KB 2, DPH 2 und KB 3. Die Bauwerkslasten werden über eine vereinfachte Geometrie abgeschätzt. Daraus ergeben sich die höchsten Lasten im Bereich der Bauwerkswände und des Dammkronenweges. Zudem wird mit einer Aushubentlastung von ca. 30 kN/m<sup>2</sup> gerechnet.

Bei der Setzungsberechnung wurde von einer steifen Bodenplatte mit den Maßen der Grundfläche des Auslassbauwerks (14x59 m) ausgegangen. In der Anlage 5.4 können die Setzungen abgelesen werden, die in der Größenordnung 2 – 3 cm liegen.

Für die Setzungen sind im Wesentlichen die Kalktuffablagerungen verantwortlich. Gemessen an den Aufschlüssen sind von Schichtstärken der Kalktuffablagerungen unterhalb des Auslassbauwerks zwischen ca. 1,5 – 3 m (vgl. DPH 2, KB 3) auszugehen. Es ist davon auszugehen, dass sich Setzungsdifferenzen zwischen Dammbauwerk und Auslassbauwerk ergeben. Durch die geneigte Ausführung der Bauwerkswände werden die Setzungsdifferenzen verringert.

## 7. WEITERE HINWEISE

- Der bestehende Bachlauf ist vor der Verfüllung auszuräumen, damit eine vollständige und gleichmäßige Verdichtung möglich ist. Die Verfüllung sollte mit lagenweise zu verdichtendem bindigem Dammschüttmaterial durchgeführt werden,
- Die Betonaggressivität nach DIN 4030<sup>19</sup> der anfallenden Wässer ist zu prüfen, was insbesondere für das Bachwasser gilt. Gegebenenfalls sind dann die Bauteile, die im Kontakt mit dem Bachwasser stehen mit Betonrezepturen auszuführen.
- Die wasserrechtlichen Belange sind im Vorfeld mit dem Landratsamt Ludwigsburg abzustimmen, da sich die Baumaßnahmen auf das Grundwasser auswirken, z.B. Bodenverbesserung mit Bindemittel, Spundwandverbau, Wasserhaltungen während der Bauzeit, Umleitung des Strudelbachs etc.).

<sup>19</sup> DIN 4030 – Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 1 Grundlagen und Grenzwerte, Ausgabe 06/2008.



## 8. KAMPFMITTEL

Im Rahmen der Baugrunderkundung wurde eine Luftbildauswertung zur Kampfmittelfreiheit durch die Luftbildauswertung R. Hinkelbein, Filderstadt erstellt. Die Auswertung der Luftbildauswertung ist als Anlage 7 angehängt und liegt im Original auch der Bauherrschaft vor. Die Luftbildauswertung ist auf den Bereich des Haupt- und Seitendammes beschränkt und zeigt, dass im betroffenen Gebiet keine Anzeichen auf Kampfmittel vorliegen und die Erdarbeiten ohne weitere Auflagen durchgeführt werden können.

## 9. SCHLUSSBEMERKUNGEN

Die Untergrundverhältnisse im Bereich des geplanten Hochwasserrückhaltebeckens in Eberdingen (HRB Eberdingen) wurden mit insgesamt drei Kernbohrungen und drei schweren Rammsondierungen und sechs Bohrsondierungen beschrieben und beurteilt. Abweichungen zwischen den Aufschlüssen vom hier beschriebenen Befund können nicht ausgeschlossen werden. Eine ständige und sorgfältige Kontrolle, der bei den Erd- und Gründungsarbeiten angetroffenen Verhältnisse und ein Vergleich zu den Ergebnissen und Folgerungen im Gutachten sind daher unerlässlich. In Zweifelsfällen ist der Gutachter zu verständigen.

Für die Beantwortung geotechnischer Fragen bei der weiteren Planung und Ausführung stehen wir gerne zur Verfügung.

Für die Geotechnik Aalen



W. Höffner, Dipl.- Geol.

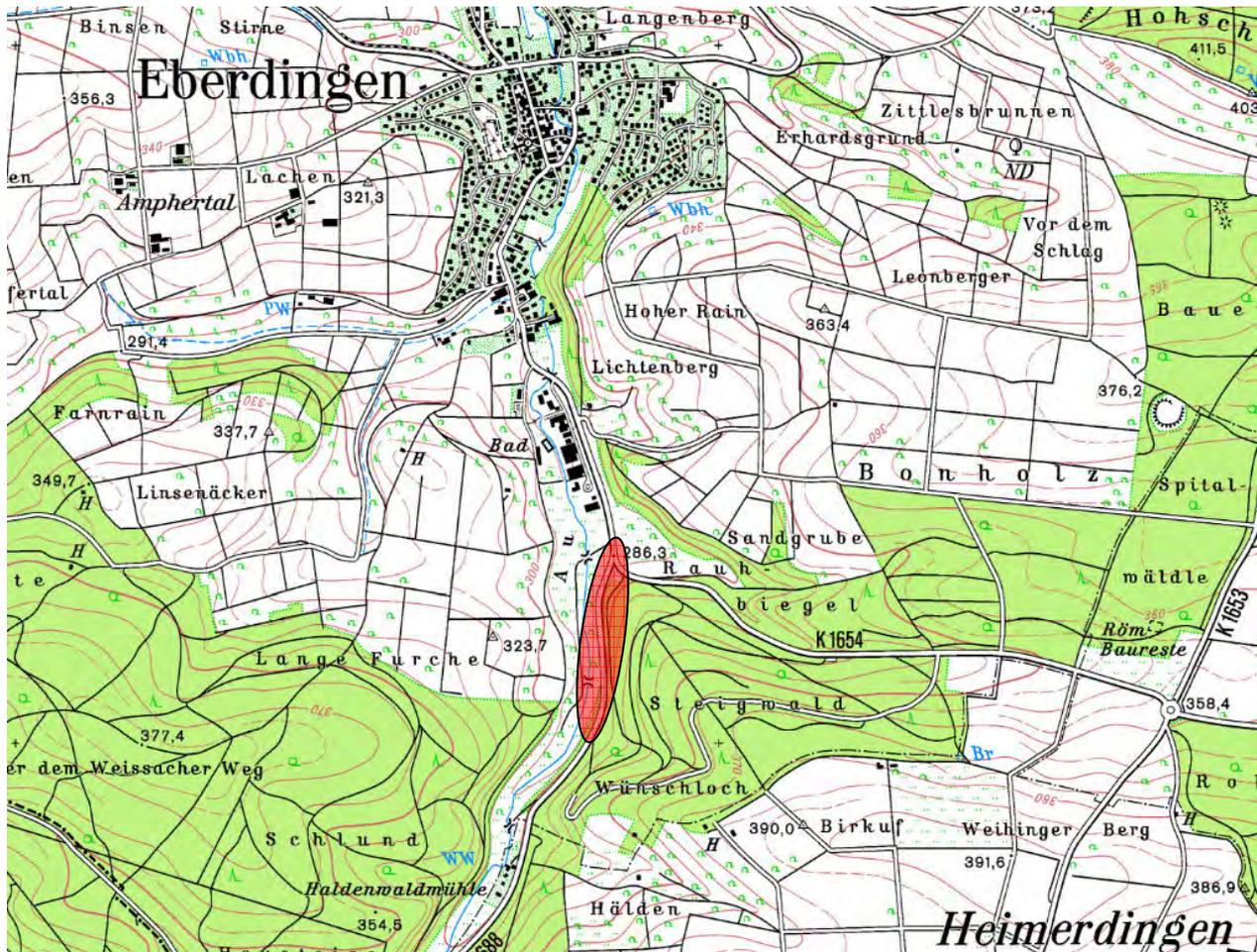
Sachbearbeiter:

M. Loose, M.Sc.



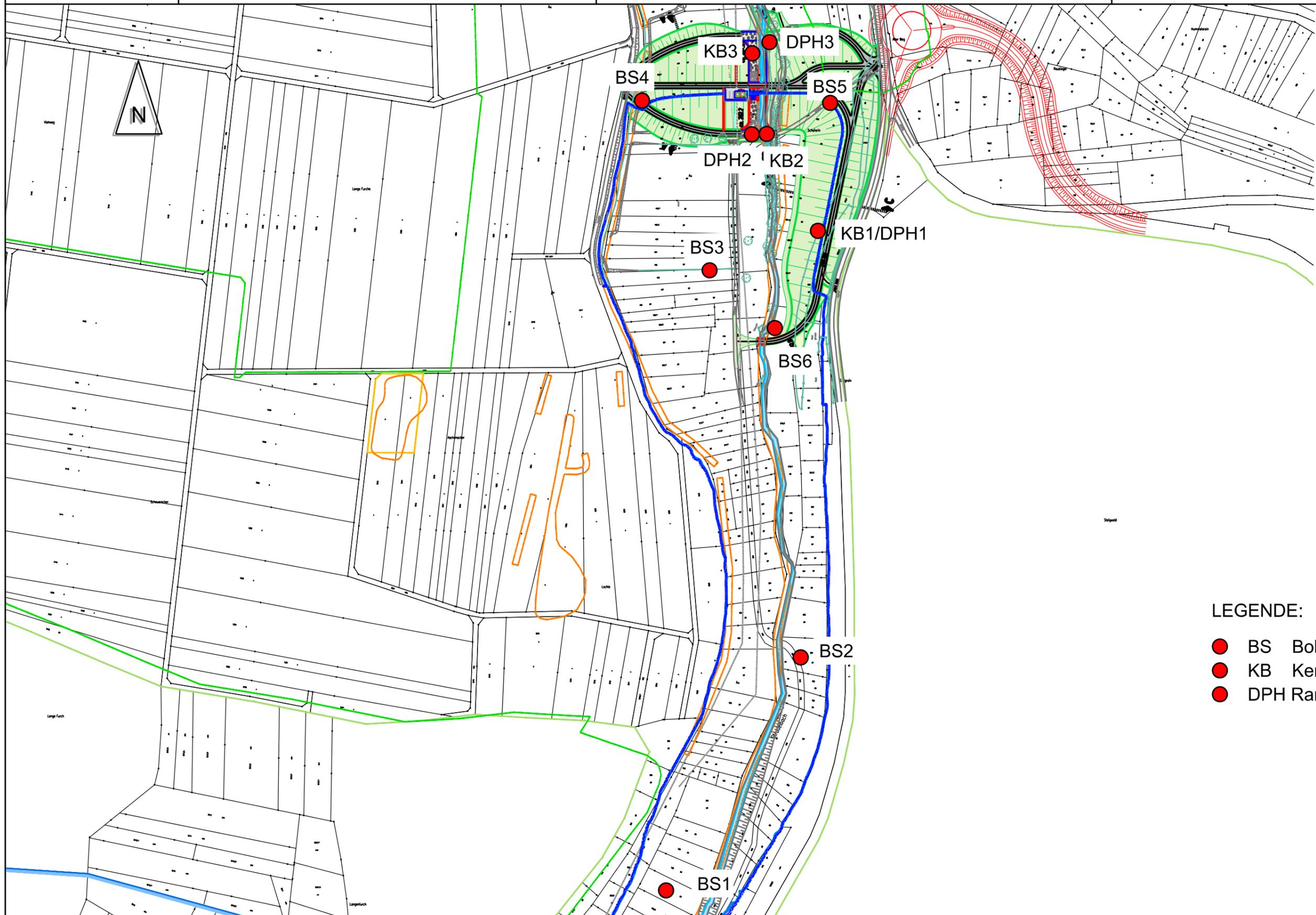
# ÜBERSICHTSLAGEPLAN

Plangrundlage: TK 25



Legende:

 Untersuchungsgebiet

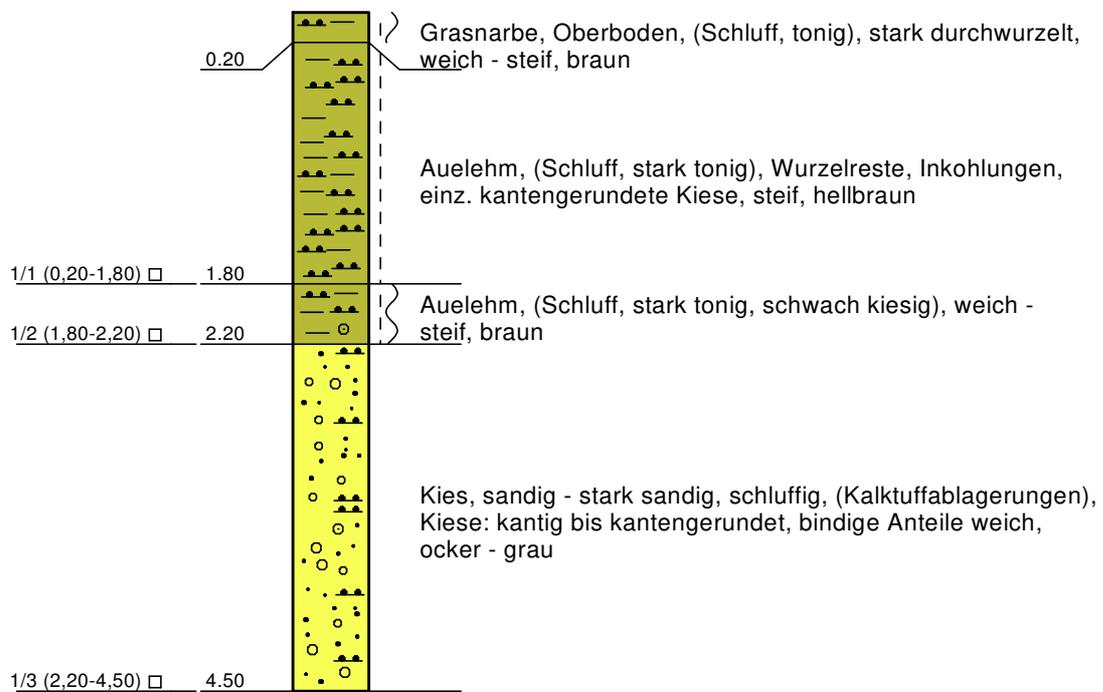


LEGENDE:

- BS Bohrsondierung
- KB Kernbohrung
- DPH Rammsondierung

## BS 1

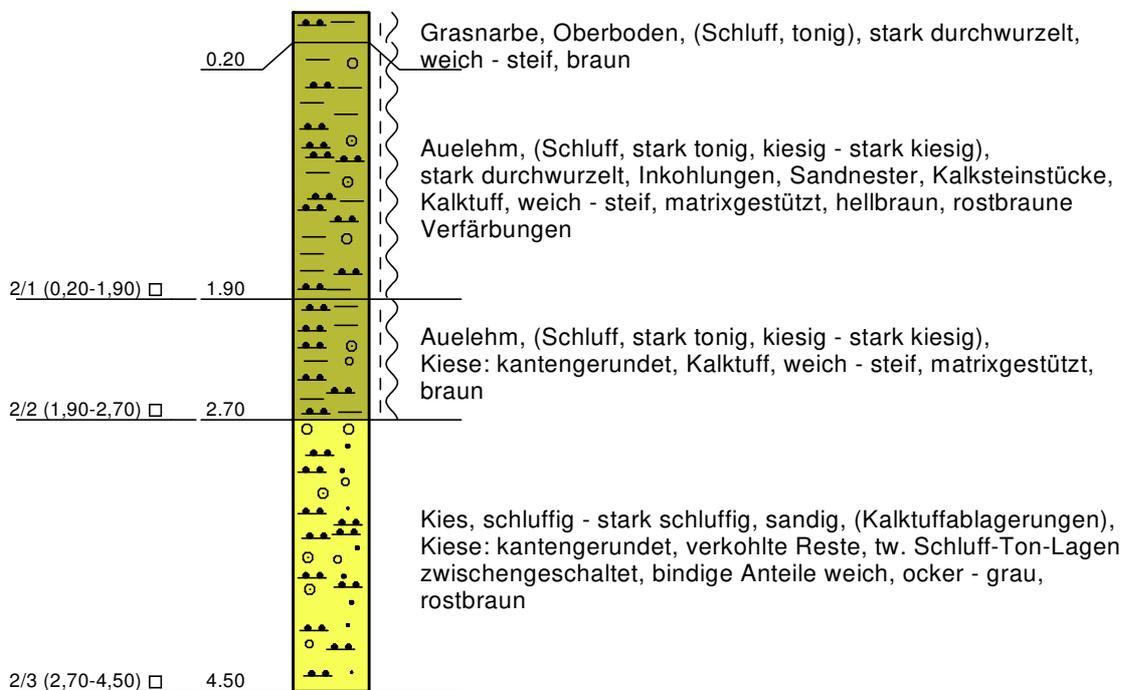
289,23 müNHN



29.11.2017/M. Loose/M 1: 50

## BS 2

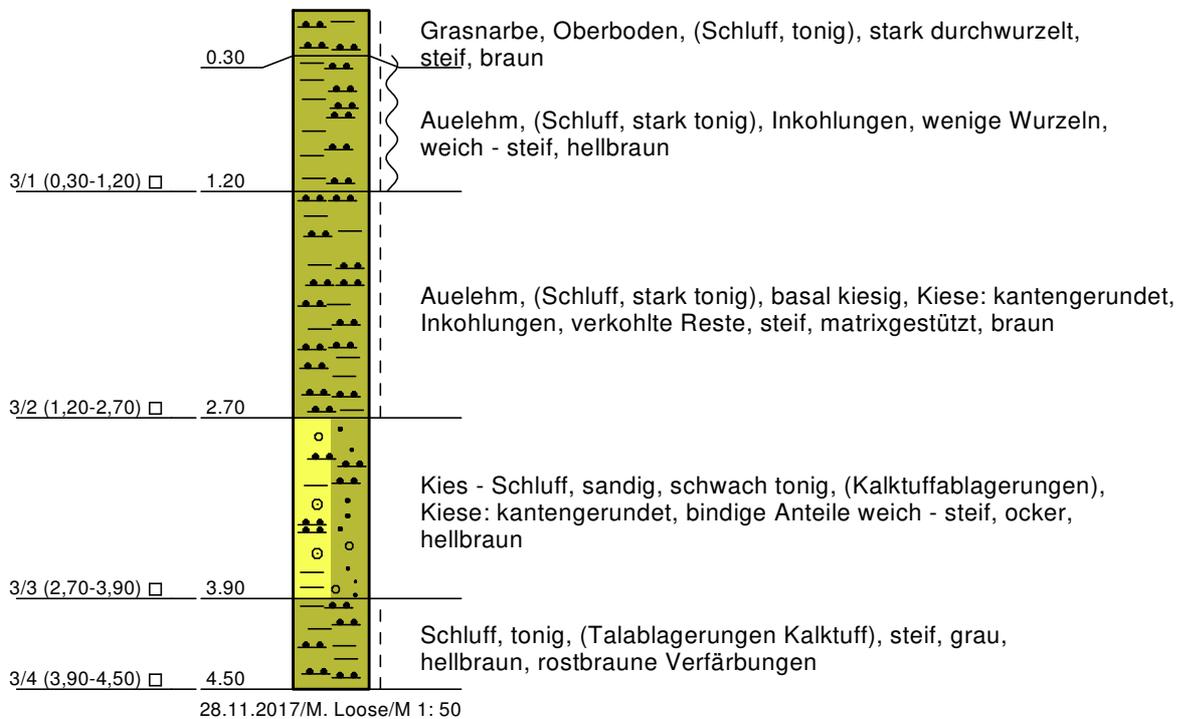
284,44 müNHN



29.11.2017/M. Loose/M 1: 50

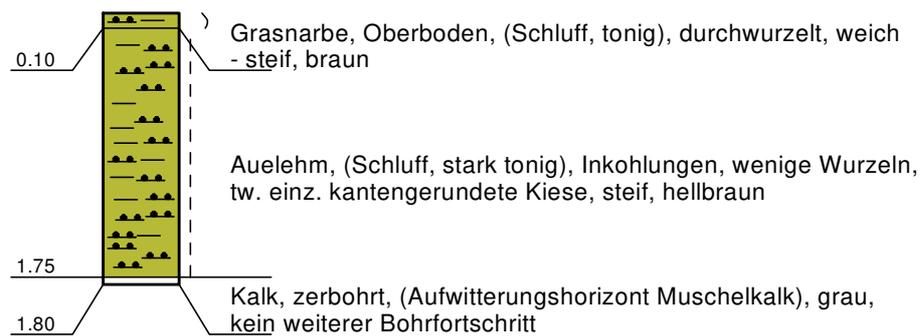
## BS 3

282,71 müNHN



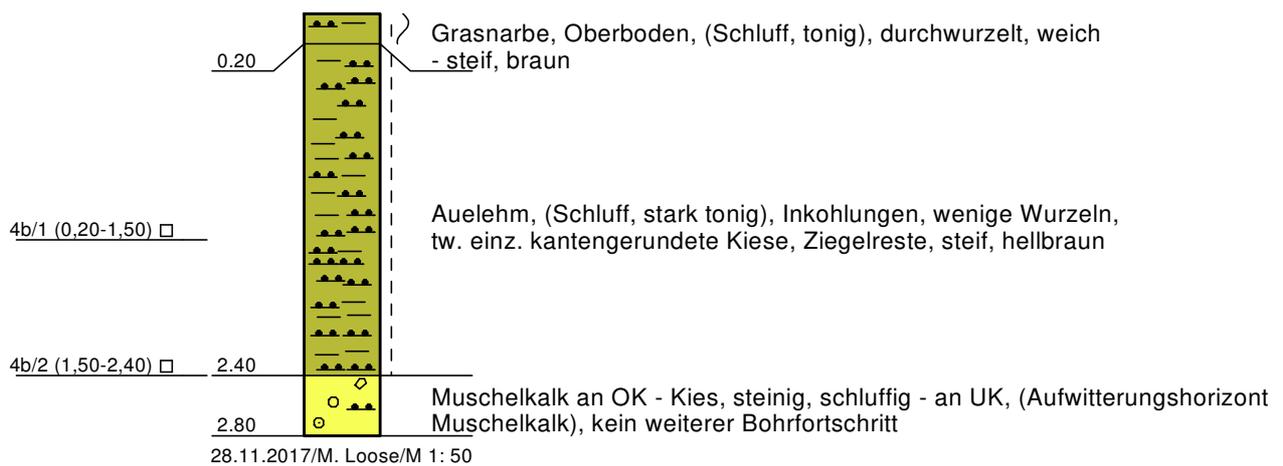
## BS 4a

286,85 müNHN



## BS 4b

286,35 müNHN



# Geotechnik Aalen

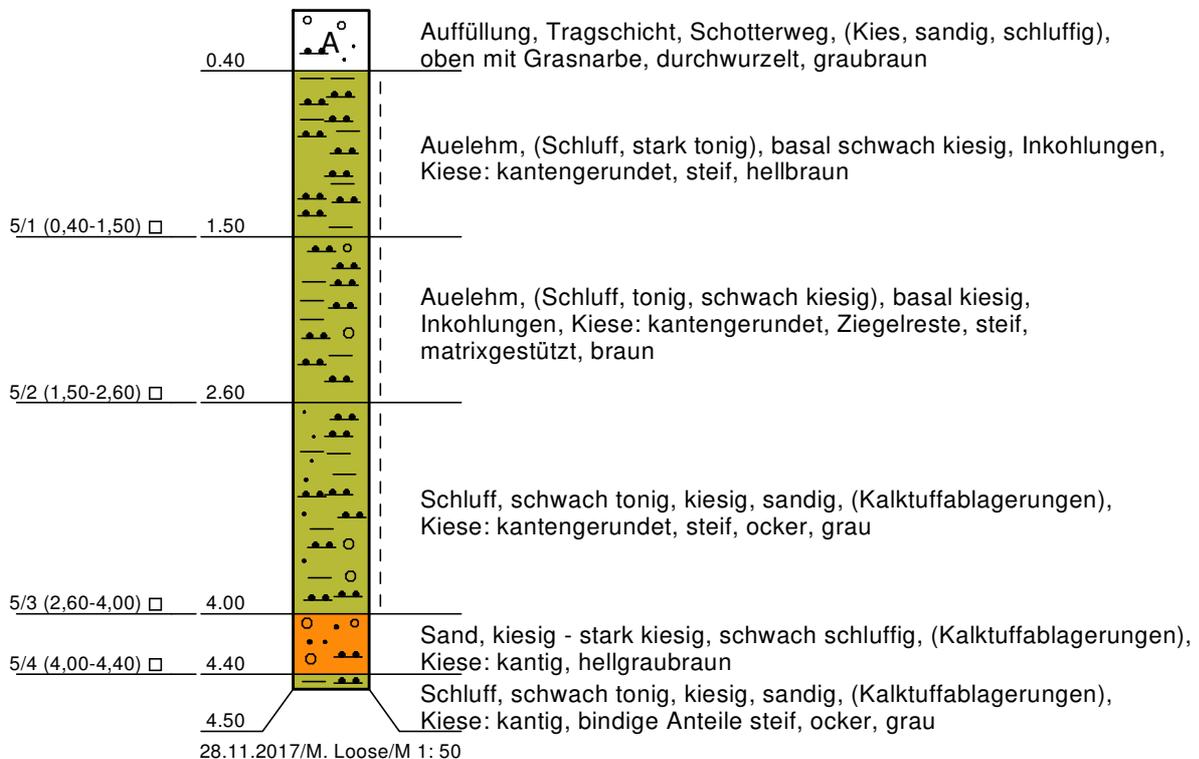
Robert-Bosch-Str. 59  
73431 Aalen  
Tel.: 07361/9406-0 Fax: 07361/9406-10

Bericht: 17339

Anlage: 2.5

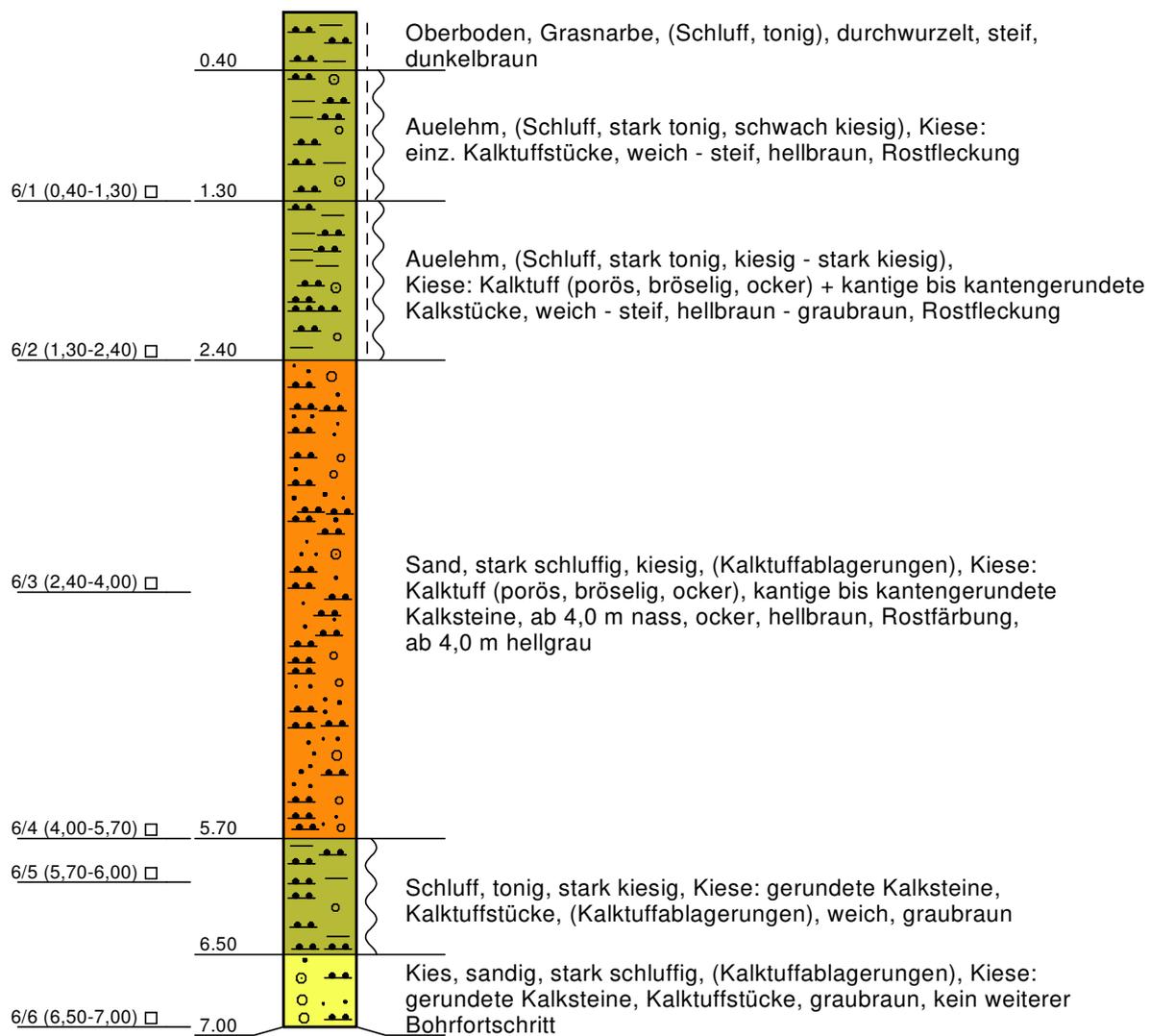
## BS 5

282,45 müNHN



## BS 6

282,52 müNNH

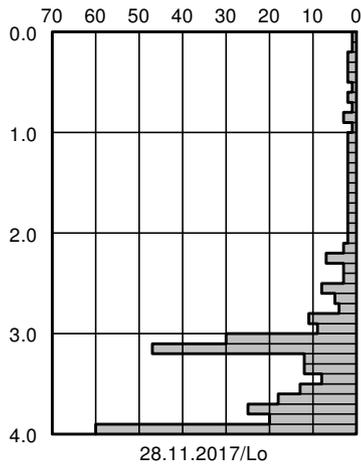


07.03.2018/M. Loose/M 1: 50

## DPH 1

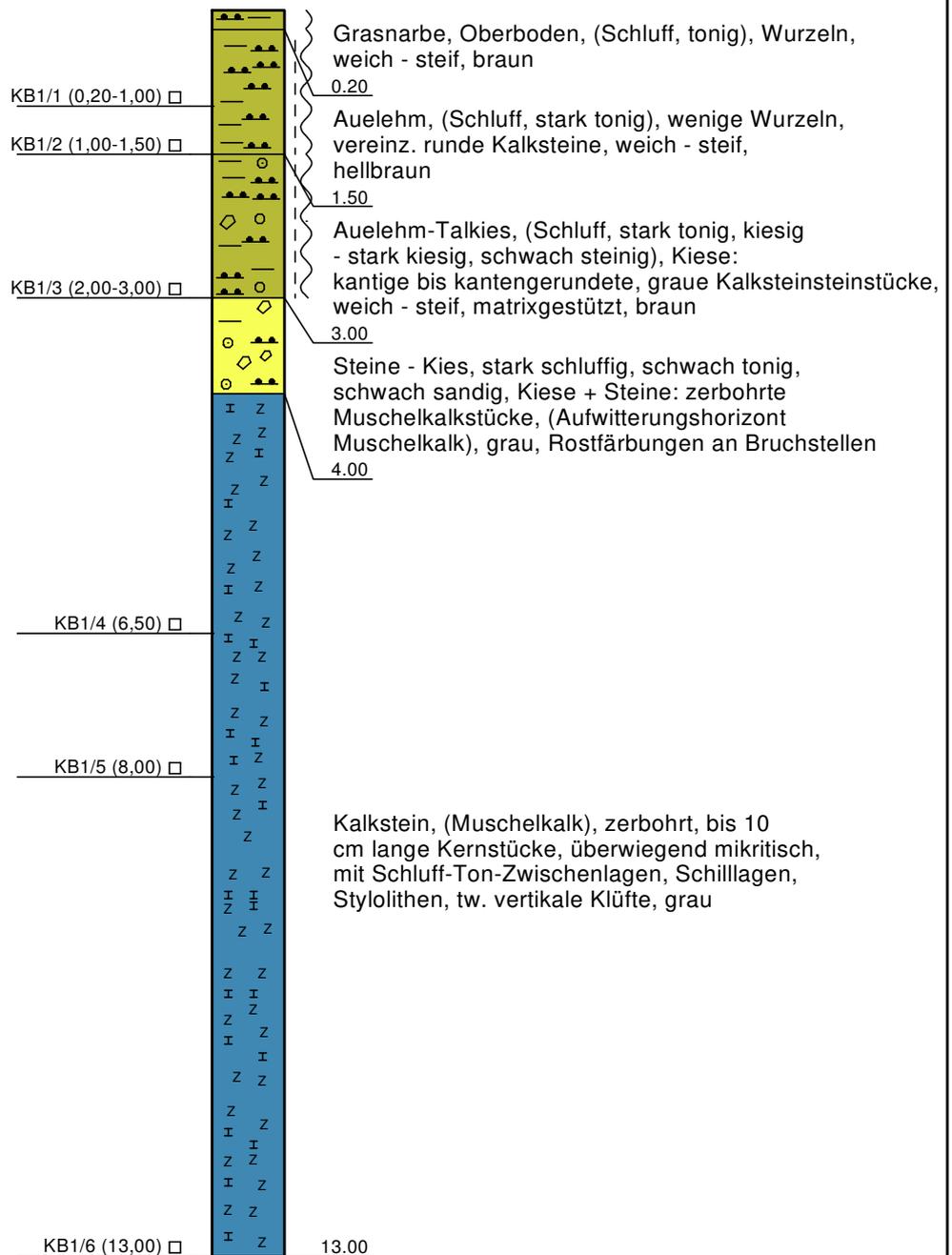
282,59 müNNH

Schlagzahlen je 10 cm



## KB 1

282,59 müNNH



# Geotechnik Aalen

Robert-Bosch-Str. 59  
73431 Aalen  
Tel.: 07361/9406-0 Fax: 07361/9406-10

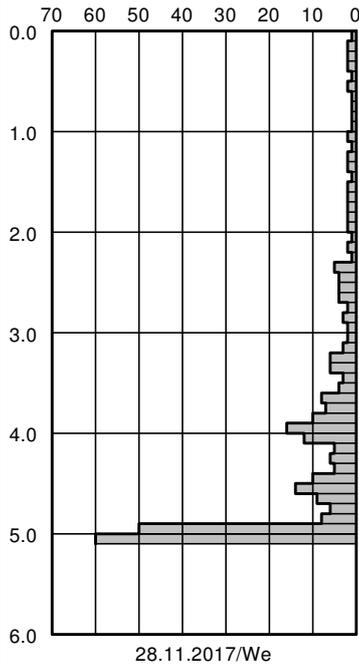
Bericht: 17339

Anlage: 2.8

## DPH 2

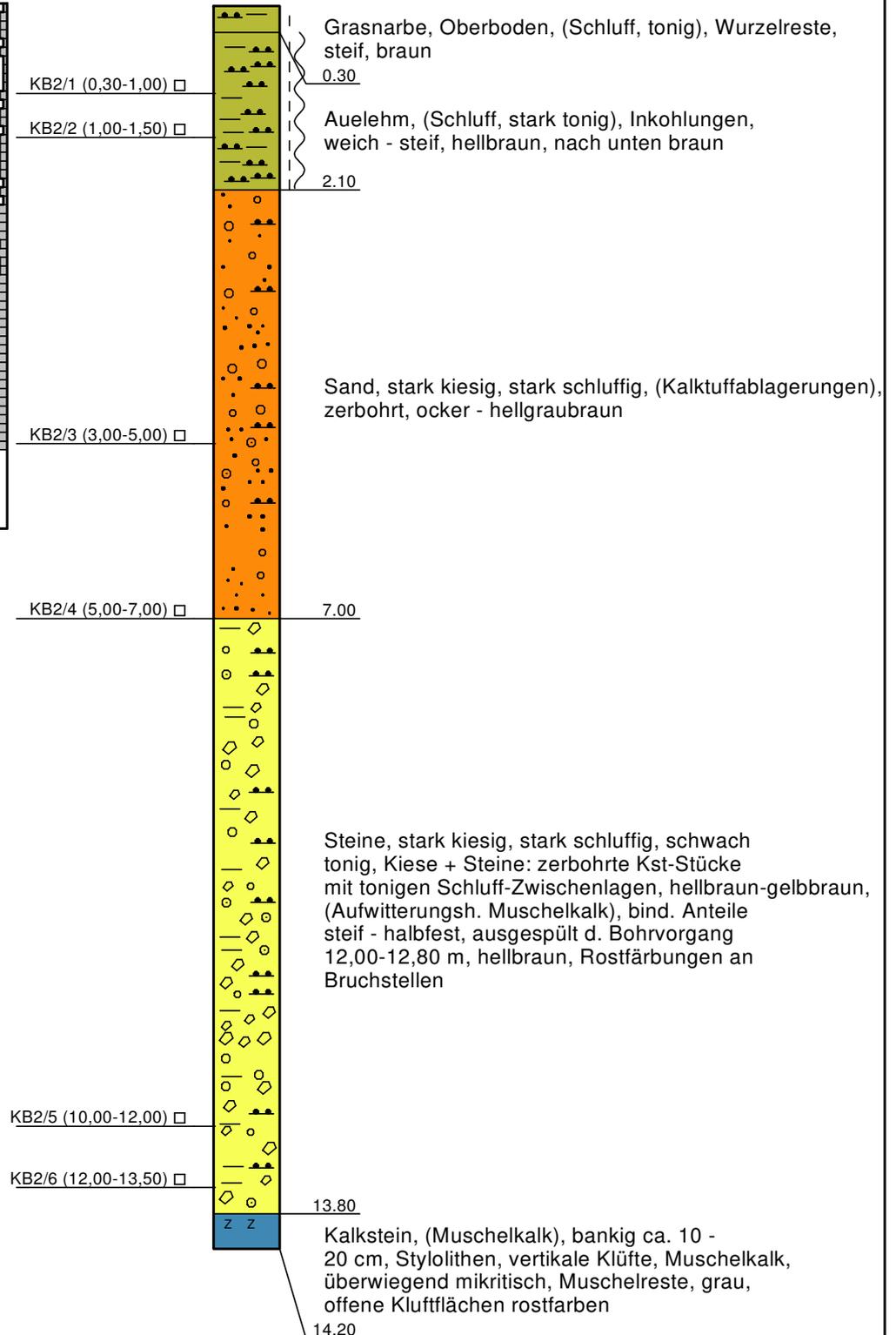
282,20 müNHN

Schlagzahlen je 10 cm



## KB 2

282,17 müNHN



# Geotechnik Aalen

Robert-Bosch-Str. 59  
73431 Aalen  
Tel.: 07361/9406-0 Fax: 07361/9406-10

Bericht: 17339

Anlage: 2.9

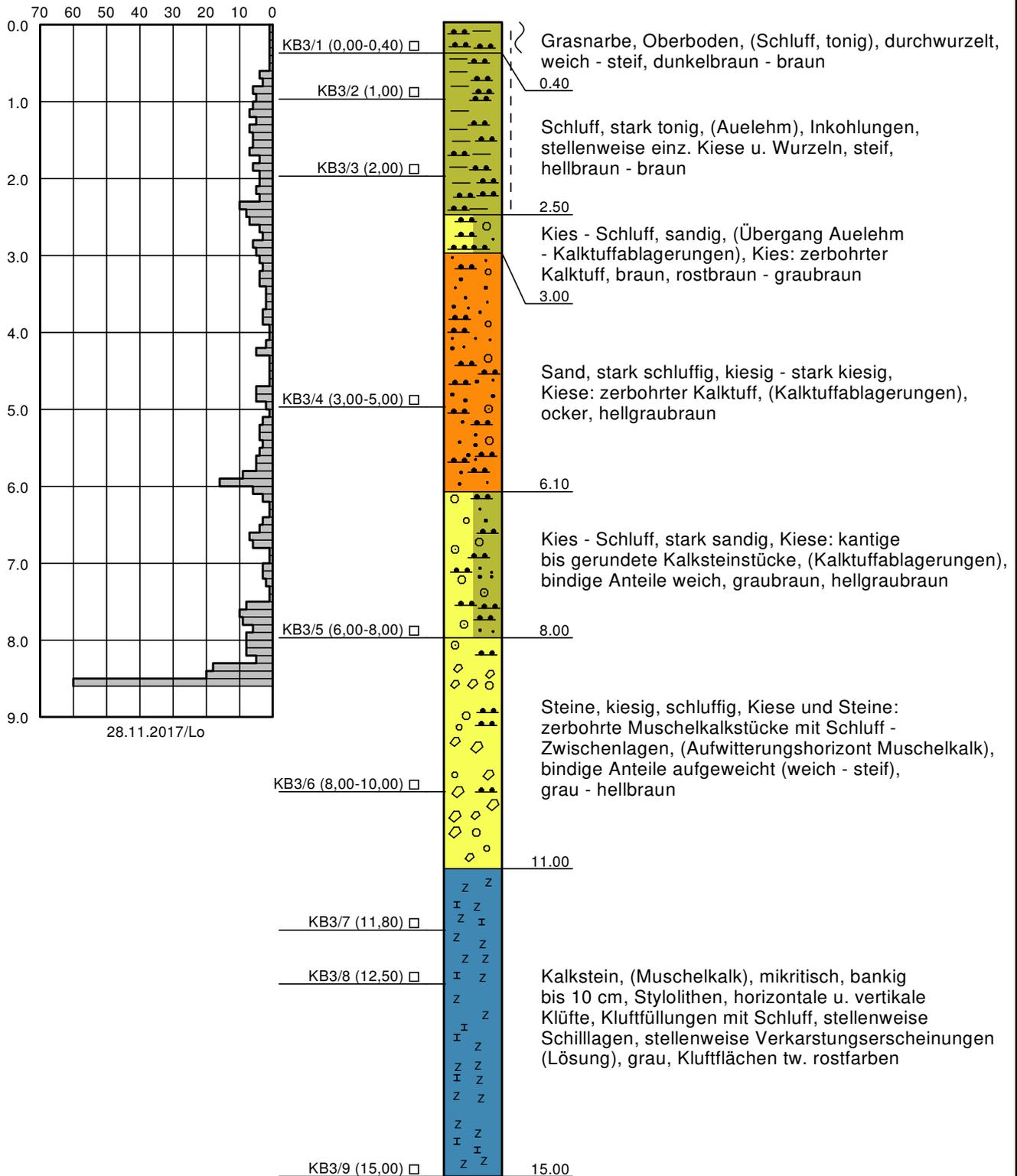
## DPH 3

281,81 müNHN

Schlagzahlen je 10 cm

## KB 3

281,84 müNHN



28.11.2017/Lo

23.01.2018/M. Loose/M 1: 75

## Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Zweckverband Hochwasserschutz Strudelbachtal  
 Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Eberdingen

Bearbeiter: Rau/Ge

Datum: 01.12.2017

Prüfungsnummer: 01  
 Entnahmestelle: BS 1 - BS 6  
 Tiefe: s. Schichtenverzeichnis  
 Bodenart: s. Schichtenverzeichnis  
 Art der Entnahme: gestört  
 Probe entnommen am: siehe unten/durch Lo

Probenbezeichnung:	1/1 (29.11.17)	1/2 (29.11.17)	1/3 (29.11.17)	2/1 (29.11.17)	2/2 (29.11.17)	3/1 (28.11.17)
Feuchte Probe + Behälter [g]:	405.00	349.20	363.20	435.60	476.60	469.00
Trockene Probe + Behälter [g]:	335.60	289.30	309.60	368.30	394.70	404.70
Behälter [g]:	108.00	101.70	113.50	109.80	99.80	108.40
Porenwasser [g]:	69.40	59.90	53.60	67.30	81.90	64.30
Trockene Probe [g]:	227.60	187.60	196.10	258.50	294.90	296.30
Wassergehalt [%]	30.49	31.93	27.33	26.03	27.77	21.70

Probenbezeichnung:	3/2 (28.11.17)	3/4 (28.11.17)	4/1 (28.11.17)	4/2 (28.11.17)	5/1 (28.11.17)	5/2 (28.11.17)
Feuchte Probe + Behälter [g]:	431.80	415.00	514.00	443.80	431.00	461.80
Trockene Probe + Behälter [g]:	365.70	353.70	435.50	387.10	366.50	391.30
Behälter [g]:	107.10	101.40	110.10	109.90	103.10	99.60
Porenwasser [g]:	66.10	61.30	78.50	56.70	64.50	70.50
Trockene Probe [g]:	258.60	252.30	325.40	277.20	263.40	291.70
Wassergehalt [%]	25.56	24.30	24.12	20.45	24.49	24.17

Probenbezeichnung:	5/3 (28.11.17)	6/1 (07.03.18)	6/2 (07.03.18)	6/5 (07.03.18)		
Feuchte Probe + Behälter [g]:	354.70	414.80	456.40	456.80		
Trockene Probe + Behälter [g]:	304.90	349.60	384.20	386.00		
Behälter [g]:	109.20	102.30	107.10	99.10		
Porenwasser [g]:	49.80	65.20	72.20	70.80		
Trockene Probe [g]:	195.70	247.30	277.10	286.90		
Wassergehalt [%]	25.45	26.36	26.06	24.68		

**Wassergehalt** nach DIN EN ISO 17892-1

Zweckverband Hochwasserschutz Strudelbachtal  
 Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Eberdingen

Bearbeiter: Ki

Datum: 22./25.01.2018

Prüfungsnummer: 02  
 Entnahmestelle: KB 1, KB 2, KB 3  
 Tiefe: s. Schichtenverzeichnis  
 Bodenart: s. Schichtenverzeichnis  
 Art der Entnahme: gestört  
 Probe entnommen am: 18./23.01.2018 durch Lo

Probenbezeichnung:	KB1/1	KB1/2	KB1/3
Feuchte Probe + Behälter [g]:	413.20	369.20	539.10
Trockene Probe + Behälter [g]:	338.70	314.70	449.10
Behälter [g]:	105.40	107.20	120.20
Porenwasser [g]:	74.50	54.50	90.00
Trockene Probe [g]:	233.30	207.50	328.90
Wassergehalt [%]	31.93	26.27	27.36

Probenbezeichnung:	KB2/1	KB2/2	KB3/3
Feuchte Probe + Behälter [g]:	508.50	606.50	468.90
Trockene Probe + Behälter [g]:	421.80	510.60	397.00
Behälter [g]:	110.00	99.10	99.10
Porenwasser [g]:	86.70	95.90	71.90
Trockene Probe [g]:	311.80	411.50	297.90
Wassergehalt [%]	27.81	23.30	24.14



**Zustandsgrenzen** nach DIN EN ISO 17892-12

Zweckverband Hochwasserschutz Strudelbachtal  
 Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Eberdingen

Bearbeiter: Ge/Ho

Datum: 26.01.2018

Prüfungsnummer: KB1/2

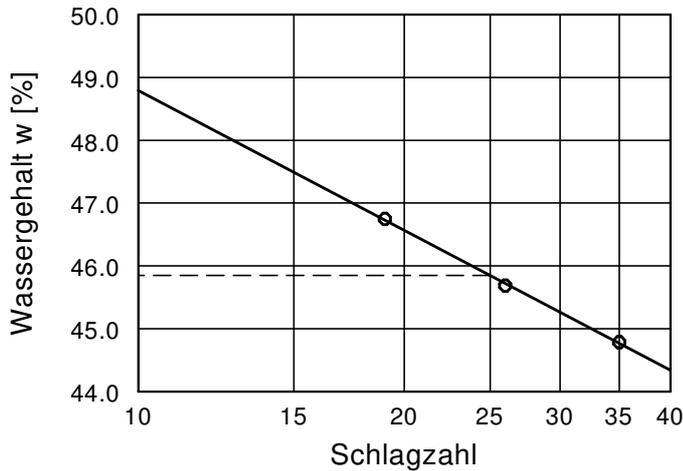
Entnahmestelle: KB 1

Tiefe: 1,00 - 1,50 m

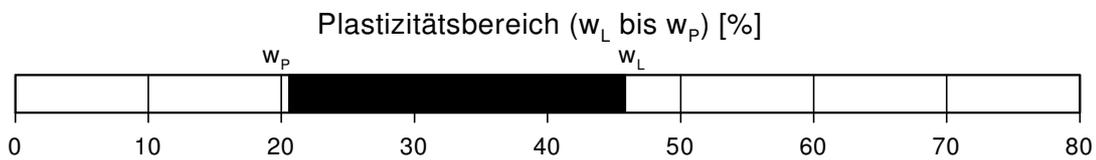
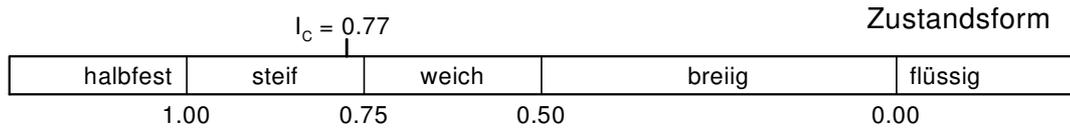
Art der Entnahme: gestört

Bodengruppe: TM

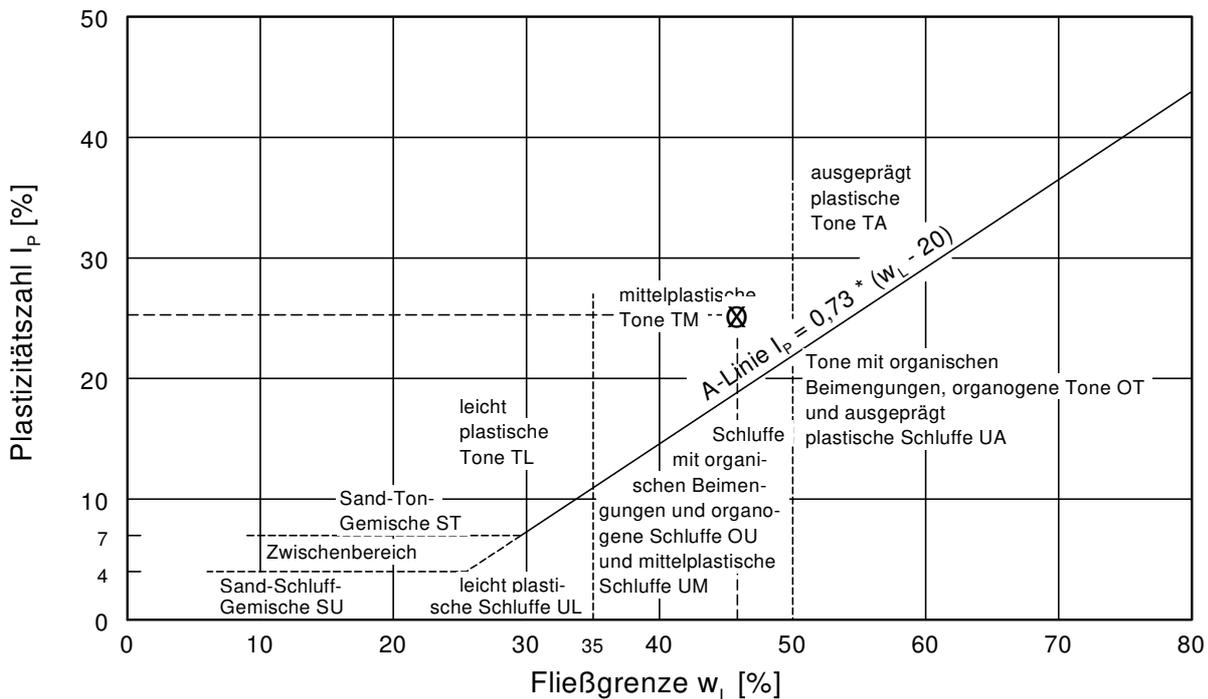
Probe entnommen am: 18.01.2018 durch Lo



Wassergehalt  $w = 26.3 \%$   
 Fließgrenze  $w_L = 45.8 \%$   
 Ausrollgrenze  $w_p = 20.6 \%$   
 Plastizitätszahl  $I_p = 25.2 \%$   
 Konsistenzzahl  $I_c = 0.77$



**Plastizitätsdiagramm**



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

Zweckverband Hochwasserschutz Strudelbachtal  
 Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Eberdingen

Bearbeiter: Ge/Ho

Datum: 30.01.2018

Prüfungsnummer: KB3/3

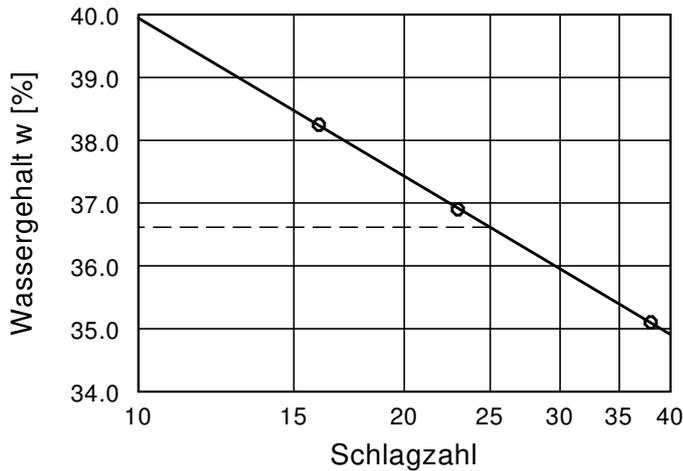
Entnahmestelle: KB 3

Tiefe: 1,00 - 2,00 m

Art der Entnahme: gestört

Bodengruppe: TM

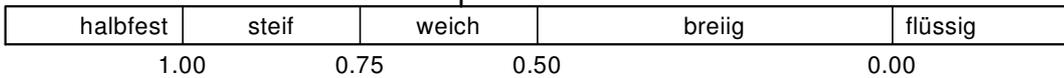
Probe entnommen am: 23.01.2018 durch Lo



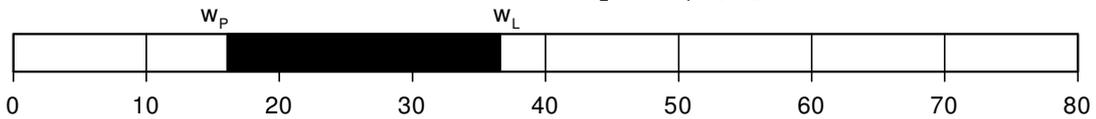
Wassergehalt  $w = 24.1 \%$   
 Fließgrenze  $w_L = 36.6 \%$   
 Ausrollgrenze  $w_P = 16.1 \%$   
 Plastizitätszahl  $I_P = 20.5 \%$   
 Konsistenzzahl  $I_C = 0.61$

Zustandsform

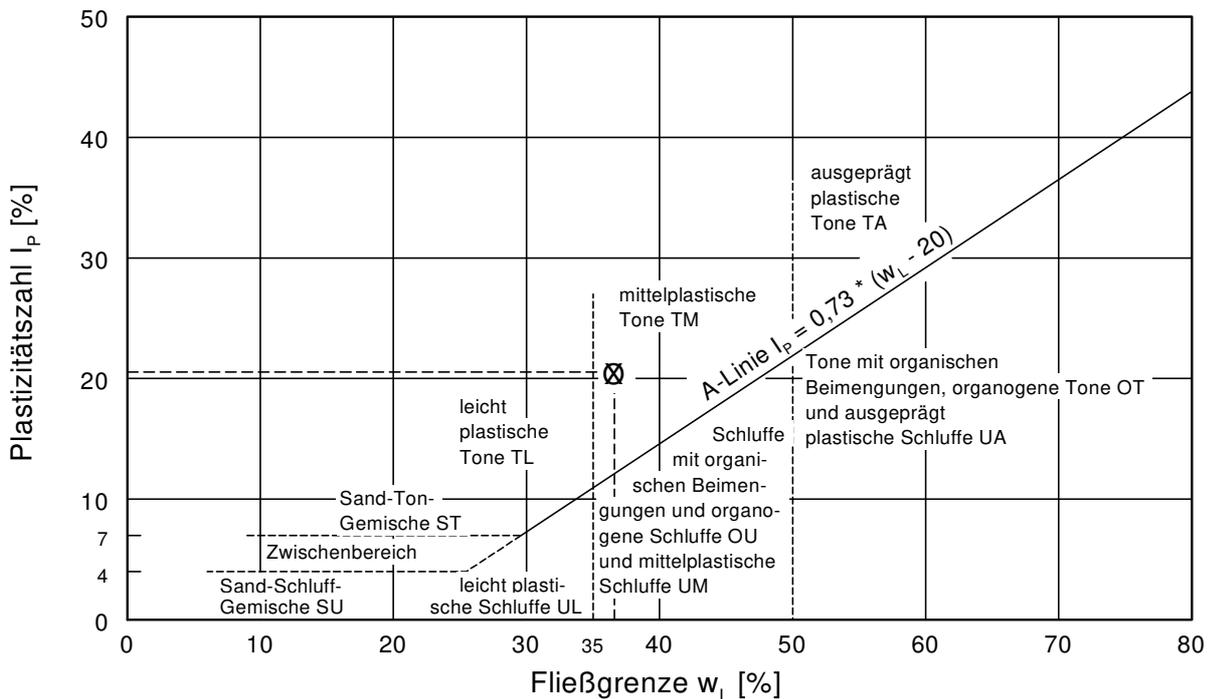
$I_C = 0.61$



Plastizitätsbereich ( $w_L$  bis  $w_P$ ) [%]



Plastizitätsdiagramm



**GEOTECHNIK AALEN**

Robert-Bosch-Straße 59  
73431 Aalen

Tel.: 07361-94060 Fax: 07361-940610

Bearbeiter: Ho

Datum: 24.01.2018

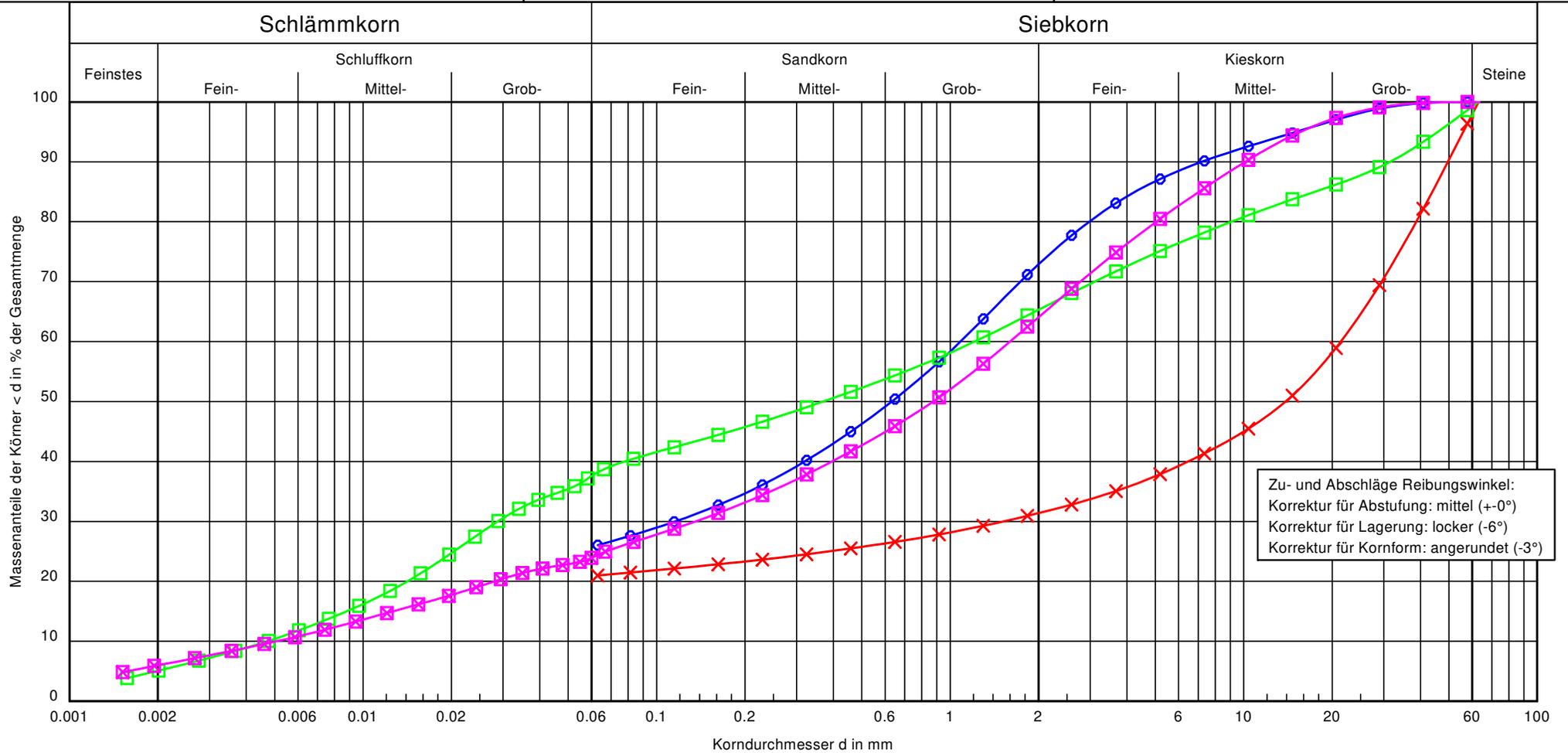
**Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4**  
Zweckverband Hochwasserschutz Strudelbachtal  
Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Eberdingen

Prüfungsnummer: KB2, KB3

Probe entnommen am: 18.01.2018 durch Lo

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Komb. Sieb-/Schlammanalyse



Entnahmestelle:	KB 2	KB 2	KB 3	BS 6
Bezeichnung:	KB2/3	KB2/5	KB3/5	MP6/3+6/4
Tiefe:	3,00 - 5,00 m	10,00 - 12,00 m	6,00 - 8,00 m	2,40 - 5,70 m
k [m/s]:	1*10 <sup>-5</sup>	1*10 <sup>-6</sup>	1*10 <sup>-7</sup>	1*10 <sup>-6</sup>
Bodenart:	S, u*, g*	G, s, u*	G, U, s*, t	S, u*, g*, t'
U/Cc	-/-	-/-	256.4/0.1	314.6/2.3
Reibungswinkel nach Lang/Huder	28.7	29.4	25.5	26.6
Bodengruppe:	SU*	GU*	SU*	SU*

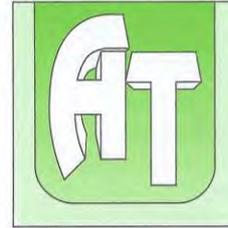
Bemerkungen:

Bericht:  
17339 BE01  
Anlage:  
3.3

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: Geotechnik Aalen, Robert-Bosch-Straße 59, 73431 Aalen  
Projekt: 17339  
Projektbearbeiter: Herr Loose  
Probenahme: 23.01.2018 durch Auftraggeber  
Bearbeitungszeitraum: 26.01.- 30.01.2018

### Untersuchungsbefund:

Parameter	KB 3 3/2	KB 3 3/4	Dimension
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe: <b>PAK 16</b>			
Naphthalin	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Acenaphthylen	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Acenaphthen	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Fluoren	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Phenanthren	0,01	< 0,01	mg/kg TS
Anthracen	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Fluoranthen	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Pyren	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Benzo(a)anthracen	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Chrysen	0,01	0,01	mg/kg TS
Benzo(b/k)fluoranthen	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Benzo(a)pyren	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
Benzo(ghi)perylene	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
<b>Summe PAK 16*</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>mg/kg TS</b>
Polychlorierte Biphenyle: <b>PCB</b>			
PCB 28	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
PCB 52	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
PCB 101	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
PCB 138	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
PCB 153	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
PCB 180	< 0,01	< 0,01	mg/kg TS
<b>Summe PCB*</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>mg/kg TS</b>

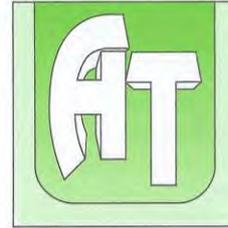
\* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

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: Geotechnik Aalen, Robert-Bosch-Straße 59, 73431 Aalen  
Projekt: 17339  
Projektbearbeiter: Herr Loose  
Probenahme: 23.01.2018 durch Auftraggeber  
Bearbeitungszeitraum: 26.01.- 30.01.2018

### Untersuchungsbefund:

Parameter	KB 3 3/2	KB 3 3/4	Dimension
Dichlormethan	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
1,1-Dichlorethan	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Trichlormethan	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Tetrachlormethan	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Trichlorethen	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Tetrachlorethen	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
<b>Summe LHKW*</b>	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Benzol	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Toluol	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
Ethylbenzol	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
m/p-Xylol	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
o-Xylol	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS
<b>Summe BTEX*</b>	< 0,010	< 0,010	mg/kg TS

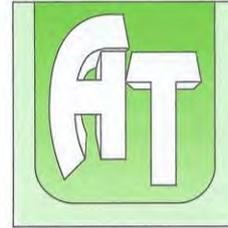
\* Die Komponenten unterhalb der Bestimmungsgrenze wurden bei der Summenbildung nicht berücksichtigt.

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: Geotechnik Aalen, Robert-Bosch-Straße 59, 73431 Aalen  
Projekt: 17339  
Projektbearbeiter: Herr Loose  
Probenahme: 23.01.2018 durch Auftraggeber  
Bearbeitungszeitraum: 26.01.- 30.01.2018

### Untersuchungsbefund:

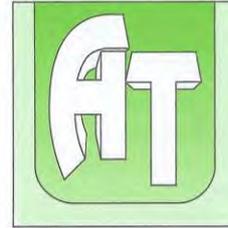
Parameter	KB 3 3/2	KB 3 3/4	Dimension
Extrah. org. Halogenverb. <b>EOX</b>	< 0,50	< 0,50	mg/kg TS
Kohlenwasserstoffe <b>C<sub>10</sub>-C<sub>22</sub></b>	< 50	< 50	mg/kg TS
Kohlenwasserstoffe <b>C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub></b>	< 50	< 50	mg/kg TS
Cyanide, ges. <b>CN<sup>-</sup></b>	< 0,10	< 0,10	mg/kg TS
Schwermetalle:			
Arsen <b>As</b>	12	< 1,0	mg/kg TS
Blei <b>Pb</b>	21	< 1,0	mg/kg TS
Cadmium <b>Cd</b>	< 0,40	< 0,40	mg/kg TS
Chrom, ges. <b>Cr</b>	32	1,3	mg/kg TS
Kupfer <b>Cu</b>	21	3,7	mg/kg TS
Nickel <b>Ni</b>	29	< 1,0	mg/kg TS
Quecksilber <b>Hg</b>	< 0,10	< 0,10	mg/kg TS
Thallium <b>Tl</b>	< 0,50	< 0,50	mg/kg TS
Zink <b>Zn</b>	52	6,3	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: Geotechnik Aalen, Robert-Bosch-Straße 59, 73431 Aalen  
Projekt: 17339  
Projektbearbeiter: Herr Loose  
Probenahme: 23.01.2018 durch Auftraggeber  
Bearbeitungszeitraum: 26.01.- 30.01.2018

### Untersuchungsbefund:

Parameter		KB 3 3/2	KB 3 3/4	Dimension
pH-Wert	bei 20°C	8,2	8,8	--
Leitfähigkeit	bei 25°C	140	110	µS/cm
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	< 3,0	< 3,0	mg/l
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	< 3,0	< 3,0	mg/l
Cyanide, ges.	CN <sup>-</sup>	< 5,0	< 5,0	µg/l
Phenolindex	PI	< 10	< 10	µg/l
Schwermetalle:				
Arsen	As	< 3,0	< 3,0	µg/l
Blei	Pb	< 10	< 10	µg/l
Cadmium	Cd	< 1,0	< 1,0	µg/l
Chrom, ges.	Cr	< 10	< 10	µg/l
Kupfer	Cu	< 10	< 10	µg/l
Nickel	Ni	< 10	< 10	µg/l
Quecksilber	Hg	< 0,10	< 0,10	µg/l
Zink	Zn	46	< 25	µg/l

Analytik:	Eluat:	DIN EN 12457-4	pH-Wert:	DIN EN ISO 10523
	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:	KB 3 3/2	KB 3 3/4
Labornummer:	1801120-1	1801120-2
Matrix:	Feststoff	Feststoff
Probenbehälter:	PE-Becher	PE-Becher
Probenmenge:	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 30. Januar 2018  
Analytik-Team GmbH



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



Tabelle 1: Zuordnungswerte für Boden nach der VwV Boden.

Parameter	Zuordnungswerte							Probenbezeichnung		
	Z0 Sand	Z0 <sup>1</sup>	Z0* IIIA	Z0*	Z1.1	Z1.2	Z2	KB 3 3/2 (Auelehm)	KB 3 3/4 (Kalktuff)	
<b>Feststoff</b>										
PAK (Summe)	mg/kg	3	3	3	3	3	9	30	0,02	0,01
Benz(a)pyren	mg/kg	0,3	0,3	0,3	0,6	0,9	0,9	3	<0,01	<0,01
PCB (Summe)	mg/kg	0,05	0,05	0,05	0,1	0,15	0,15	0,5	<0,01	<0,01
LHKW	mg/kg	1	1	1	1	1	1	1	<0,01	<0,01
BTEX	mg/kg	1	1	1	1	1	1	1	<0,01	<0,01
EOX	mg/kg	1	1	1	1	3	3	10	<0,50	<0,50
MKW (C <sub>10</sub> -C <sub>22</sub> )	mg/kg	100	100	100	200	300	300	1.000	<50	<50
MKW (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	mg/kg	-	-	-	400	600	600	2.000	<50	<50
Cyanid ges.	mg/kg	-	-	-	-	3	3	10	<0,10	<0,10
Arsen	mg/kg	10	15	15/20 <sup>2</sup>	15/20 <sup>2</sup>	45	45	150	12	<1,0
Blei	mg/kg	40	70	100	140	210	210	700	21	<1,0
Cadmium	mg/kg	0,4	1	1	1	3	3	10	<0,40	<0,4
Chrom ges.	mg/kg	30	60	100	120	180	180	600	32	1,3
Kupfer	mg/kg	20	40	60	80	120	120	400	21	3,7
Nickel	mg/kg	15	50	70	100	150	150	500	29	<1,0
Quecksilber	mg/kg	0,1	0,5	1,0	1	1,5	1,5	5	<0,10	<0,10
Thallium	mg/kg	0,4	0,7	0,7	0,7	2,1	2,1	7	<0,50	<0,50
Zink	mg/kg	60	150	200	300	450	450	1.500	52	6,3
<b>Eluat</b>										
ph-Wert <sup>3</sup>	-	6,5–9,5	6,5–9,5	6,5–9,5	6,5-9,5	6,5–9,5	6,0–12	5,5–12	8,2	8,8
Leitfähigkeit <sup>3</sup>	µS/cm	250	250	250	250	250	1.500	2.000	140	110
Chlorid	mg/l	30	30	30	30	30	50	100	<3,0	<3,0
Sulfat	mg/l	50	50	50	50	50	100	150	<3,0	<3,0
Cyanide ges.	µg/l	5	5	5	5	5	10	20	<5,0	<5,0
Phenolindex	µg/l	20	20	20	20	20	40	100	<10	<10
Arsen	µg/l	-	-	14	14	14	20	60	<3,0	<3,0
Blei	µg/l	-	-	40	40	40	80	200	<10	<10
Cadmium	µg/l	-	-	1,5	1,5	1,5	3	6	<1,0	<1,0
Chrom ges.	µg/l	-	-	12,5	12,5	12,5	25	60	<10	<10
Kupfer	µg/l	-	-	20	20	20	60	100	<10	<10
Nickel	µg/l	-	-	15	15	15	20	70	<10	<10
Quecksilber	µg/l	-	-	0,5	0,5	0,5	1	2	<0,10	<0,10
Zink	µg/l	-	-	150	150	150	200	600	46	<25

<sup>1</sup> Z0 Bodenart Schluff/Lehm

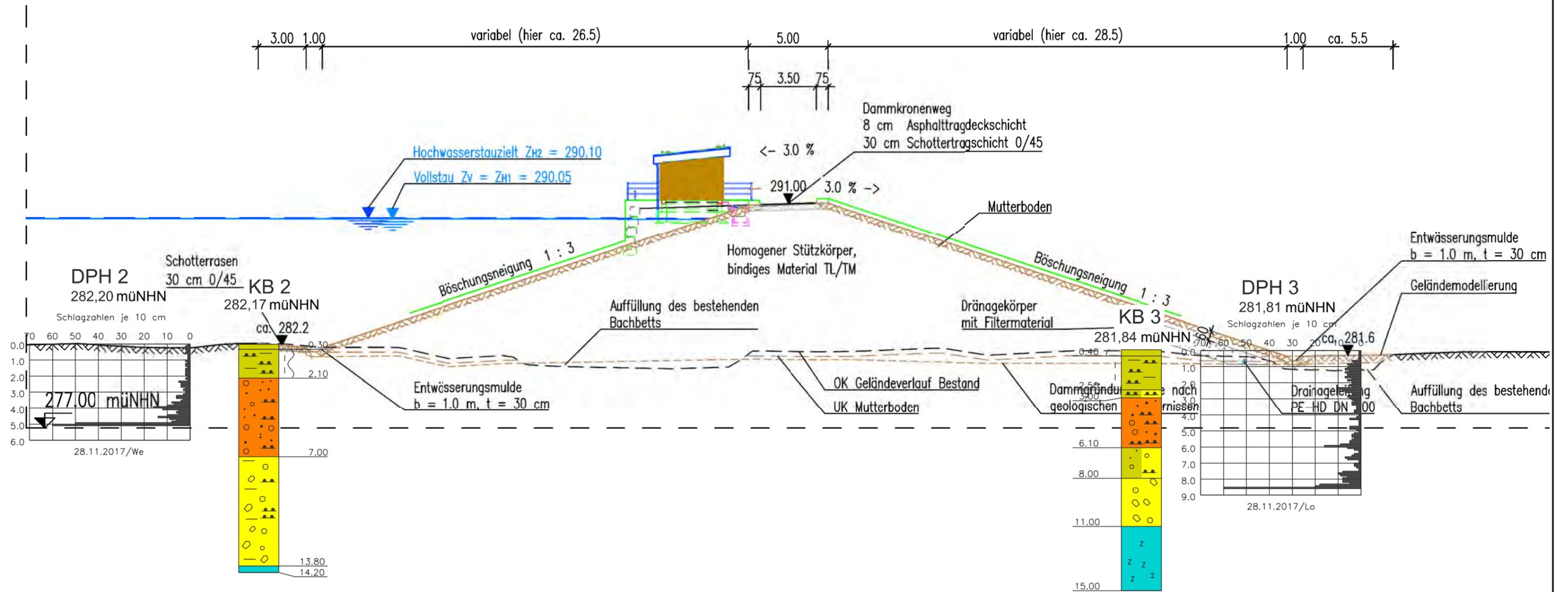
<sup>2</sup> 15 mg/l gilt für Bodenart Sand, Lehm/Schluff, 20 mg/l für Bodenart Ton

<sup>3</sup> Eine Überschreitung dieser Parameter alleine ist kein Ausschlusskriterium



# Schnitt B - B: Dammquerschnitt Hauptdamm

M 1 : 250





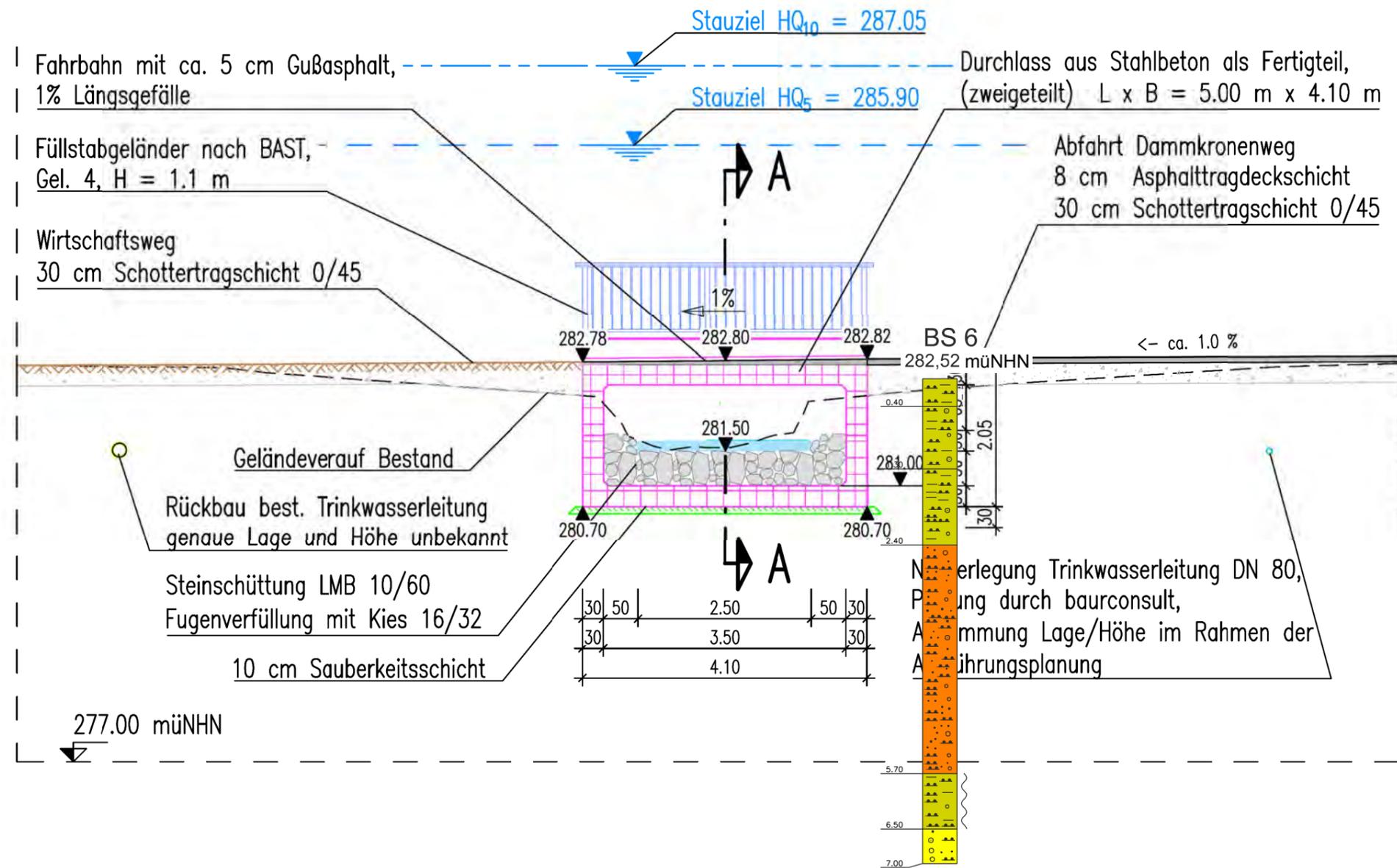


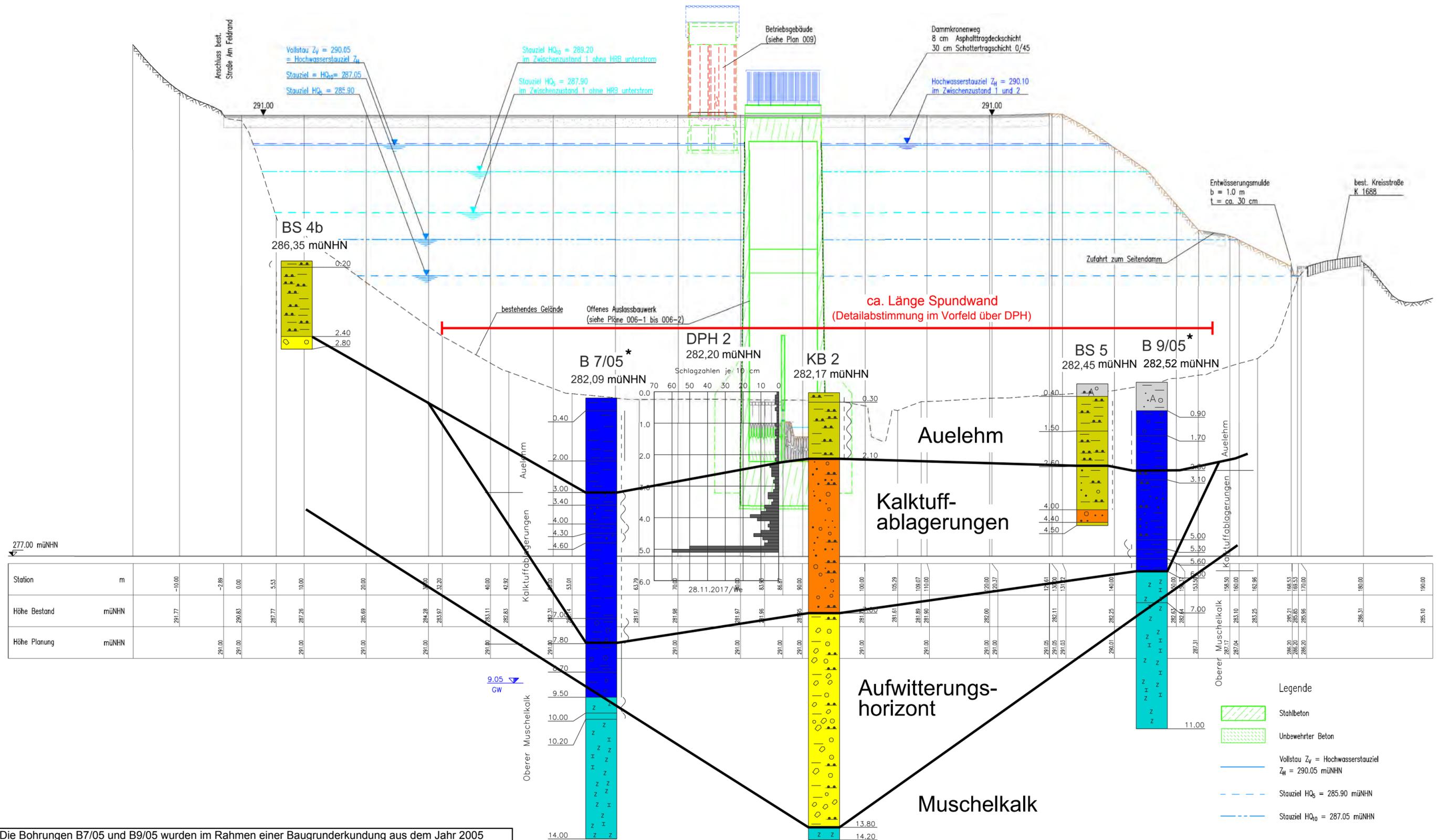




# Querschnitt B - B

1 : 75





Station	m	-10.00	-2.88	0.00	5.53	10.00	20.00	30.00	32.20	40.00	42.92	50.00	53.01	63.79	70.00	80.00	83.95	86.87	90.00	100.00	105.29	108.07	110.00	120.00	123.37	126.61	130.00	131.72	140.00	150.00	153.95	156.53	160.00	162.96	165.53	168.53	170.00	180.00	190.00				
Höhe Bestand	mÜNN	291.77	291.00	290.83	287.77	287.26	285.69	284.28	283.97	283.11	282.83	282.31	281.97	281.98	281.97	281.95	281.95	281.95	281.95	281.95	281.51	281.82	281.90	281.90	281.90	281.90	281.90	281.90	281.90	281.90	281.90	281.90	281.90	281.90	281.90	281.90	281.90	281.90	281.90	281.90	281.90	281.90	
Höhe Planung	mÜNN		291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00	291.00

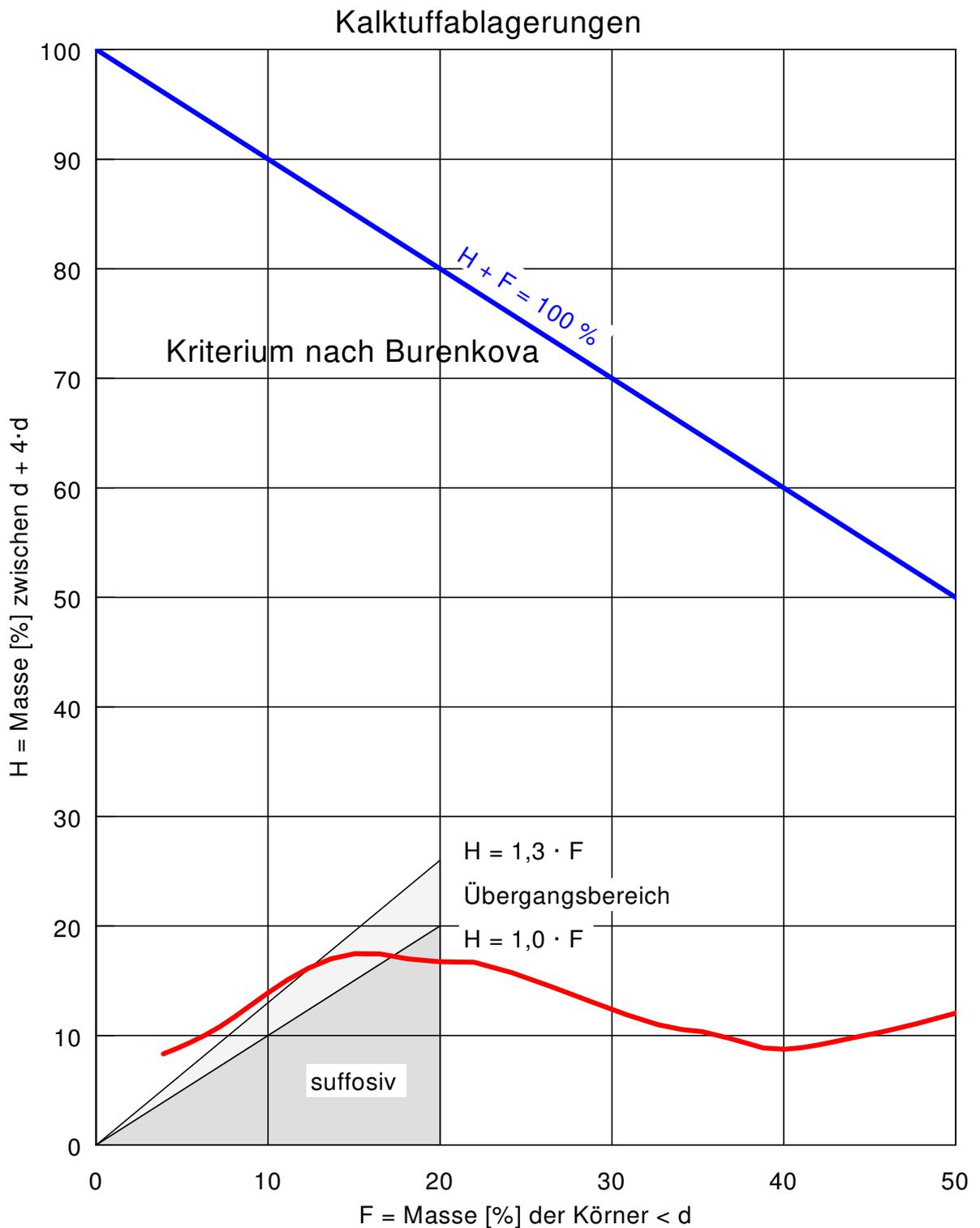
- Legende
- Stahlbeton
  - Unbewehrter Beton
  - Vollstau  $Z_v = \text{Hochwasserstauziel } Z_H = 290.05$  mÜNN
  - Stauziel  $HQ_0 = 285.90$  mÜNN
  - Stauziel  $HQ_0 = 287.05$  mÜNN

\* Die Bohrungen B7/05 und B9/05 wurden im Rahmen einer Baugrunderkundung aus dem Jahr 2005 niedergebracht.  
Quelle: Geotechnisches Gutachten für den Neubau eines Hochwasserrückhaltebeckens (Bauwerk R 4) in Eberdingen, Prof. Dr. Ing. E. Vees und Partner Baugrundinstitut GmbH, 30.09.2005)

## Überprüfung der Suffosiongefährdung

Verfahren: Kenney / Lau  
Kalktuff SU\*  
 $Cu_{grob} \geq 3$   
**Boden ist suffosiv**

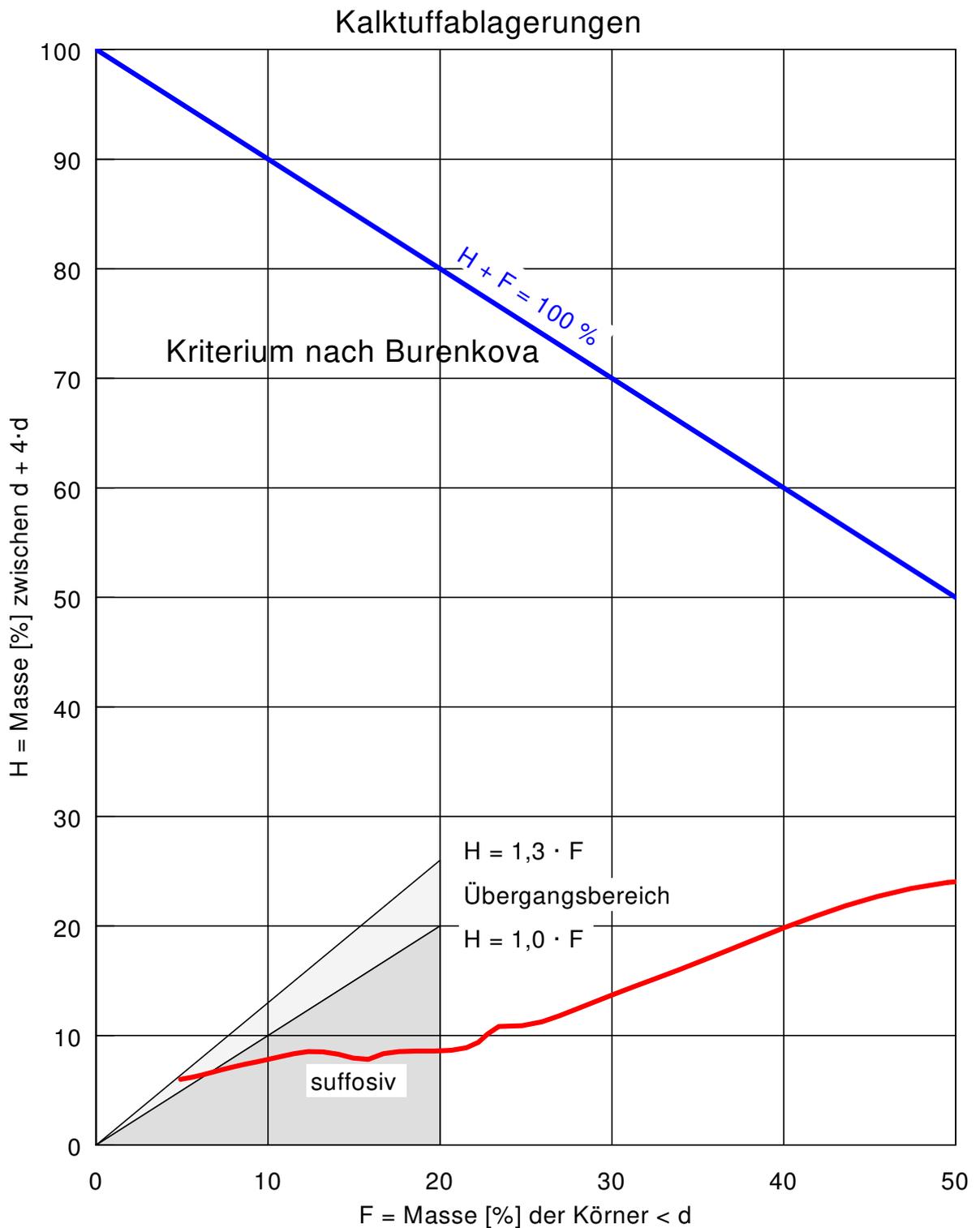
Probe: KB 3 3/5



## Überprüfung der Suffosiongefährdung

Verfahren: Kenney / Lau  
BS 6 MP6/3+6/4  
 $Cu_{grob} \geq 3$   
**Boden ist suffosiv**

Probe: BS 6 MP6/3+6/4



Geotechnik Aalen  
 Robert-Bosch Str. 59  
 73431 Aalen  
 Tel.: 07361-9406-0

Zweckverband Hochwasserschutz  
 Strudelbachtal  
 HRB Eberdingen

Projekt Nr. AZ 17339  
 Anlage Nr. 5.2.1

Nachweis luftseitige Dammböschung bei Volleinstau BS-P (Normalbetrieb, Einstau)

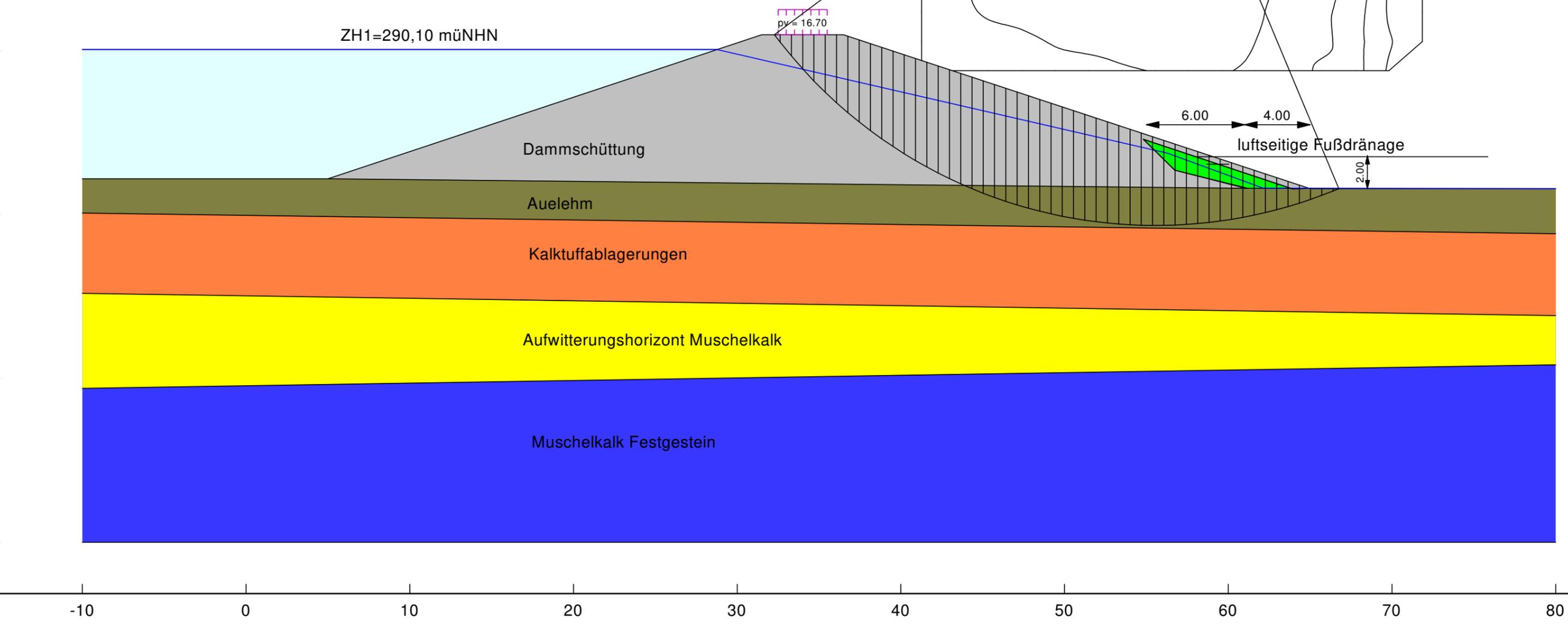
Hauptdamm Schnit B-B (Anlage 4.1)

Kennwertansatz Dammschüttmaterial für max. Ausnutzungsgrad  $\mu_e = 1,0 = \text{max. zul. } \mu_e$

Boden	$\phi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	22.50	13.00	20.00	Dammschüttung
	17.50	10.00	19.00	Auelehm
	30.00	0.00	18.00	Kalktuffablagerungen
	35.00	0.00	21.00	Aufwitterungshorizont
	35.00	25.00	24.00	Muschelkalk
	30.00	0.00	20.00	Dränageschicht

GGU-STABILITY / Version 12.09 / 26.02.2018  
 400 Mittelpunkte definiert.  
 3828 Gleitkreise untersucht.  
 Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{\text{max}} = 1.00$   
 $x_m = 55.54 \text{ m}$   $y_m = 308.39 \text{ m}$   
 $R = 29.04 \text{ m}$   
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi') = 1.30$   
 -  $\gamma(c') = 1.30$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.30$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$   
 Datei: 17339\_BSP\_minimale\_Anforderungen\_180423-KLaus.boe

320  
310  
300  
290  
280  
270  
260



Geotechnik Aalen  
 Robert-Bosch Str. 59  
 73431 Aalen  
 Tel.: 07361-9406-0

Zweckverband Hochwasserschutz  
 Strudelbachtal  
 HRB Eberdingen

Projekt Nr. AZ 17339

Anlage Nr. 5.2.2

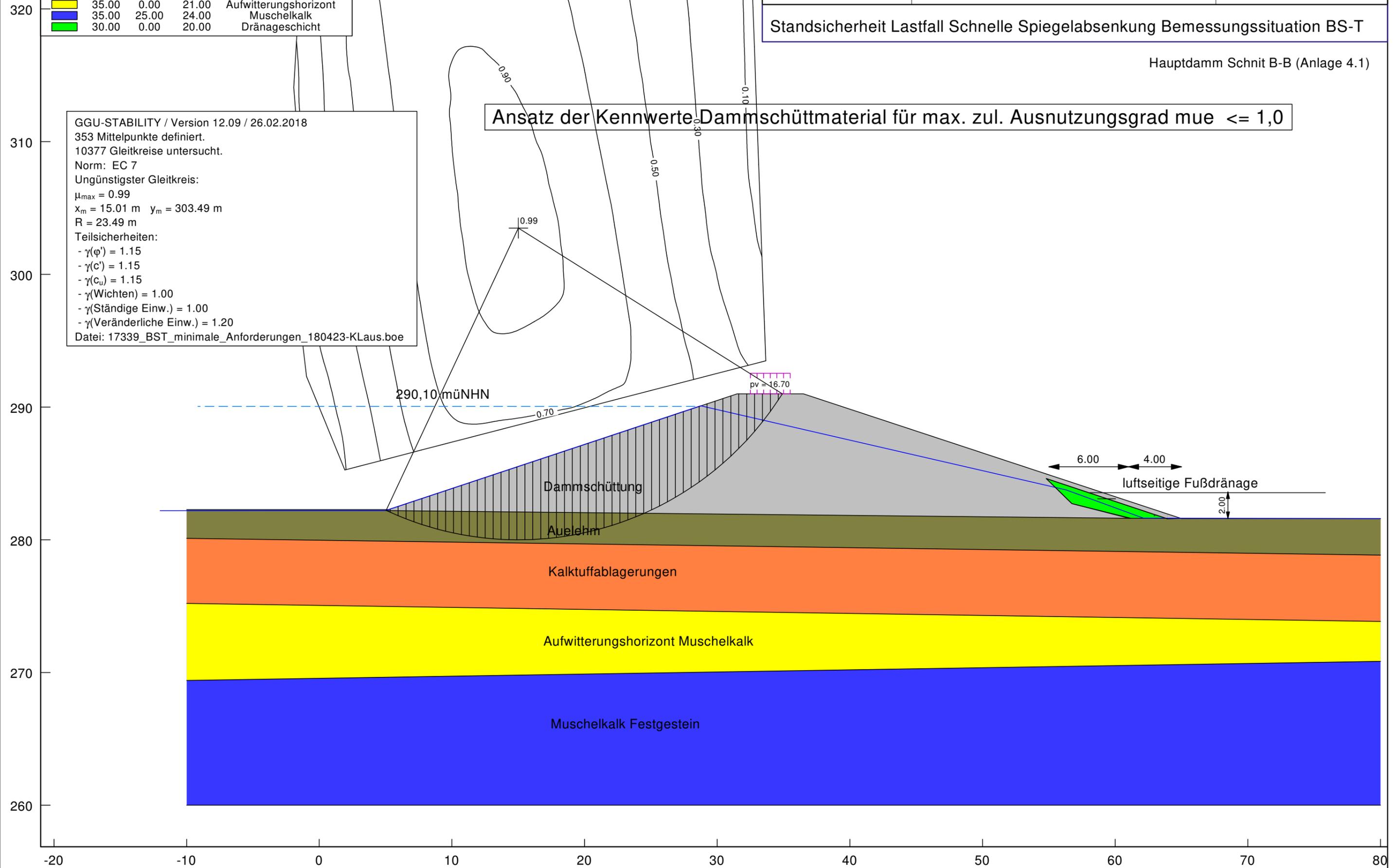
Standicherheit Lastfall Schnelle Spiegelabsenkung Bemessungssituation BS-T

Hauptdamm Schnitt B-B (Anlage 4.1)

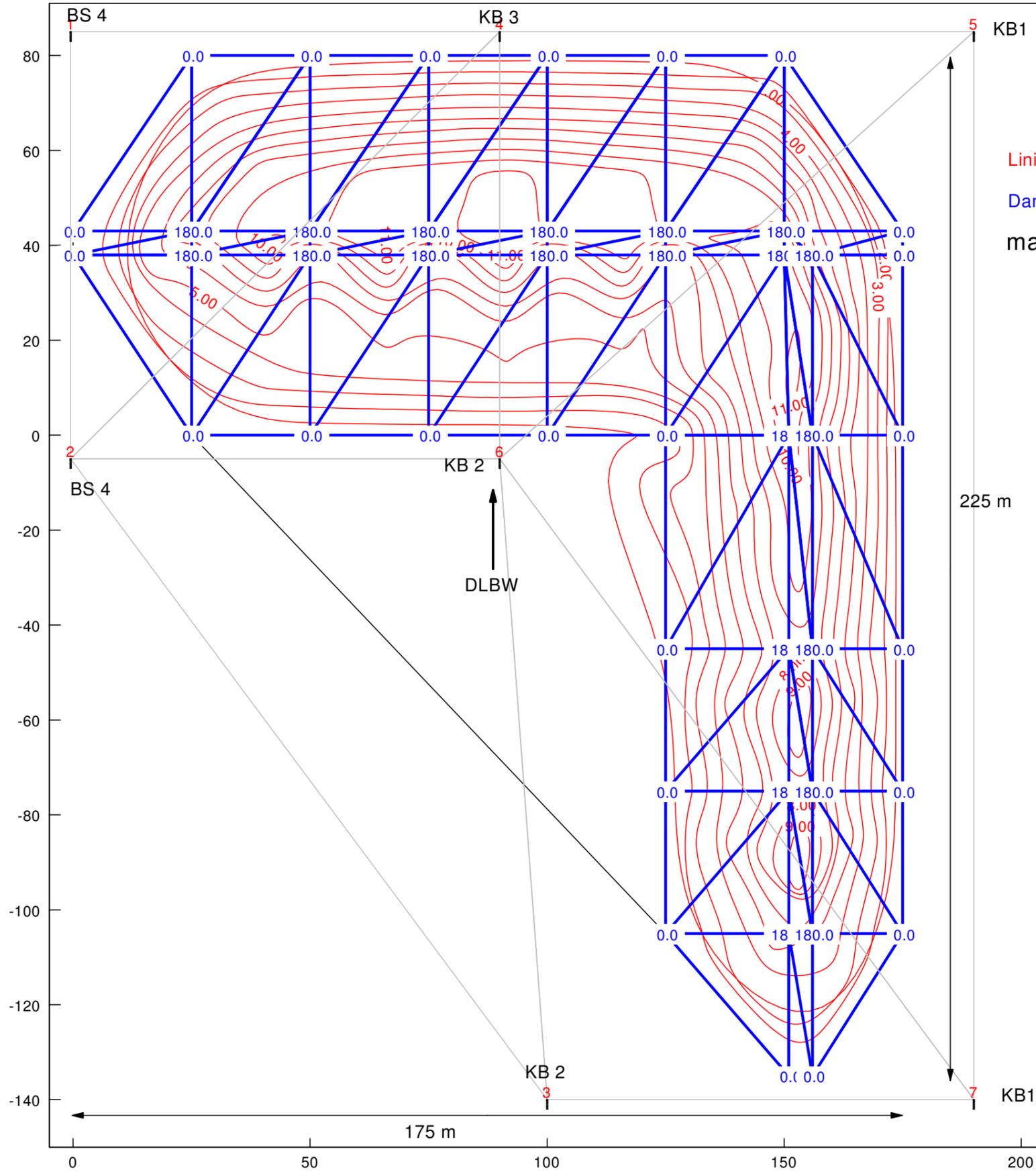
Boden	$\phi_k$ [°]	$c_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	22.50	13.00	20.00	Dammschüttung
	17.50	10.00	19.00	Auelehm
	30.00	0.00	18.00	Kalktuffablagerungen
	35.00	0.00	21.00	Aufwitterungshorizont
	35.00	25.00	24.00	Muschelkalk
	30.00	0.00	20.00	Dränageschicht

GGU-STABILITY / Version 12.09 / 26.02.2018  
 353 Mittelpunkte definiert.  
 10377 Gleitkreise untersucht.  
 Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{max} = 0.99$   
 $x_m = 15.01$  m  $y_m = 303.49$  m  
 $R = 23.49$  m  
 Teilsicherheiten:  
 -  $\gamma(\phi') = 1.15$   
 -  $\gamma(c') = 1.15$   
 -  $\gamma(c_u) = 1.15$   
 -  $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 -  $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$   
 Datei: 17339\_BST\_minimale\_Anforderungen\_180423-KLaus.boe

Ansatz der Kennwerte Dammschüttmaterial für max. zul. Ausnutzungsgrad  $\mu_{ue} \leq 1,0$



Setzungen Dammbauwerk



Linien gleicher Setzungen

Dammauflast in kN/m<sup>2</sup>

maximale Setzungen im Bereich Dammkrone ca. 11 cm

GGU-SETTLE / Version 4.06 / 09.08.2017  
 Berechnungsgrundlagen:  
 Linien gleicher Setzungen [cm]  
 Setzungen GOK  
 Grenztiefe mit 20.0 %  
 Grenztiefe mit allen Fundamenten  
 Datei: 17339\_Damm\_Settle\_180301.fda

Schicht	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	20.00	50.00	0.000	Dammschüttung
	19.00	6.00	0.000	Auelehm (TM)
	18.00	12.50	0.000	Kalktuffablagerungen (SU*)
	21.00	75.00	0.000	Aufwitterungs. Muschelkalk
	24.00	100.00	0.000	Muschelkalk

Schicht	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$E_{s(w)}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	18.00	12.50	25.00	0.000	Kalktuffablagerungen
	21.00	75.00	150.00	0.000	Aufwitterungshorizont
	24.00	100.00	200.00	0.000	Muschelkalk

GGU-SETTLE / Version 5.01 / 06.12.2017  
 Berechnungsgrundlagen:  
 Linien gleicher Setzungen [cm]  
 Setzungen GOK  
 Grenztiefe mit 20.0 %  
 Grenztiefe mit allen Fundamenten  
 Datei: 17339\_Platte\_DLBW-Aushubentlastung\_Settle.fda

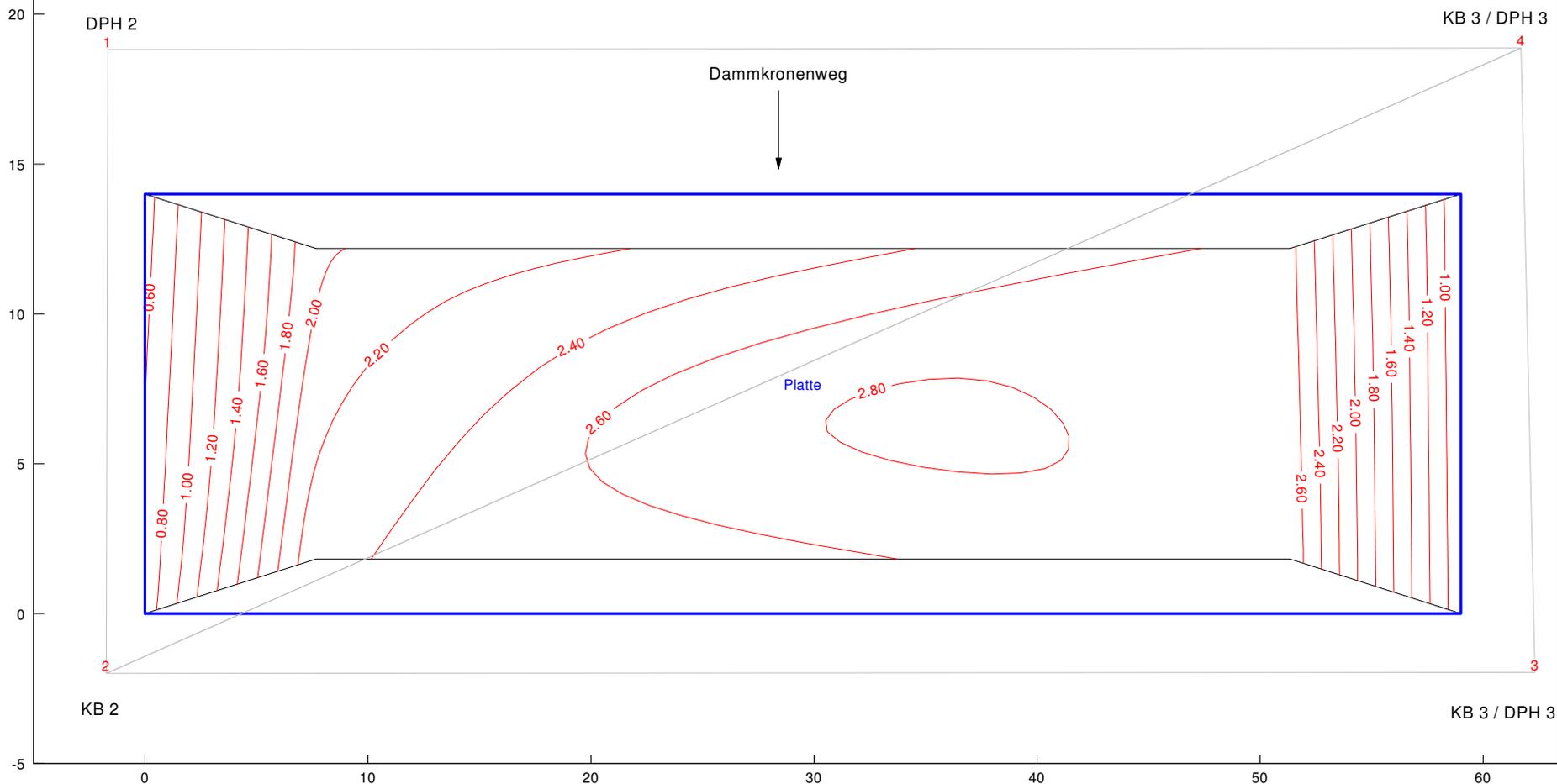
Gesamtlast als gleichmäßig verteilte Flächenlast von 91 kN/m<sup>2</sup> angesetzt

maximale Setzungen im Bereich des Dammkronenwegs ca. 3 cm

mit Aushubentlastung 30 kN/m<sup>2</sup>, Gründungstiefe ca. -3,6m u. GOK

aus Verhältnis Flächenlast zu Setzung ergibt sich ein mittl. Bettungsmodul von  $k_s = 3,2 \text{ MN/m}^3$

maßgebendes Profil: Schnitt Anlage 4.4





**KB 1 ( 0 - 13 m )**





KB 2 ( 0 – 14,2 m)

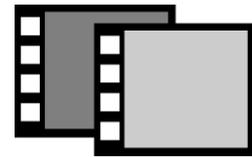




KB 3 ( 0 - 15 m )



R. HINKELBEIN

Luftbildauswertung  
Kartierung  
Strukturgeologie

# **Luftbildauswertung auf Kampfmittelbelastung Hochwasserrückhaltebecken Strudelbachtal Eberdingen**

Bearbeiter: Dr. K. Hinkelbein

Datum: 11.10.2017

Auftraggeber: Zweckverband Hochwasserschutz Strudelbachtal  
Marktplatz 1  
71665 Vaihingen an der Enz

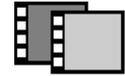
Planungsbüro: Geotechnik Aalen  
Herr Matthias Loose  
Robert-Bosch-Straße 59  
73431 Aalen  
Mail: [m.loose@geotechnik-aalen.de](mailto:m.loose@geotechnik-aalen.de)

Auftragserteilung: 24.08.2017

---

Bankverbindung  
R. HINKELBEIN / BADEN-WÜRTTEMBERGISCHE BANK  
**IBAN:** DE11 6005 0101 0005 1758 75  
**BIC:** SOLADEST600

R. HINKELBEIN  
Uhuweg 22 / 70794 Filderstadt  
Tel.: 0711 / 77 99 222 / Fax: 0711 / 77 99 231  
[info@luftbildauswertung.eu](mailto:info@luftbildauswertung.eu)



## Aufgabenstellung

In Eberdingen sollen im Strudelbachtal im Zuge des Baus eines Hochwasserrückhaltebeckens Tiefbauarbeiten durchgeführt werden. Zur Absicherung der geplanten Erkundungs- und Bauarbeiten soll das Untersuchungsgebiet mit Hilfe einer Luftbildauswertung auf das mögliche Vorhandensein von Sprengbomben-Blindgängern untersucht werden. Dazu sind dort in den Jahren von 1940 bis 1945 vorhandene Sprengbomben-Trichter, Stellungen, Deckungsgräben und -löcher sowie Flakstellungen und schwere Gebäudeschäden zu dokumentieren, soweit sie auf den derzeit verfügbaren Luftbildern zu erkennen sind. Aufgrund dieser Informationen sind Aussagen in Bezug auf die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Sprengbomben-Blindgängern zu machen. Das Untersuchungsgebiet ist auf der Vergrößerung eines neueren Luftbilds auf den Maßstab 1 : 2 500 fett umgrenzt (Anlage 1).

## Daten zum Untersuchungsgebiet

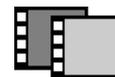
Projekt	: Hochwasserrückhaltebecken Strudelbachtal
Gemeinde	: Eberdingen
Gemarkung	: Eberdingen
Top. Karte 1 : 25 000 (TK25)	: 7119 Rutesheim
Orthofoto 1 : 10 000	: 7118.68
Gauß-Krüger-Koordinaten ca.	: R: <sup>34</sup> 97 640, H: <sup>54</sup> 14 530

## Topographische Arbeitsgrundlage

Von Seiten des Auftraggebers wurde ein Lageplan zur Verfügung gestellt, der für die Luftbildauswertung allein nicht geeignet ist. Daher verwenden wir als topographische Arbeitsgrundlage die Vergrößerung eines neueren Luftbilds auf den Maßstab 1 : 2 500 (Anlage 1).

## Verwendete Luftbilder

Eine Luftbildrecherche ergab, dass das Untersuchungsgebiet und seine nähere Umgebung von 46 Luftbildern aus dem Befliegungszeitraum vom 25.05.1944 bis zum 09.07.1945 erfasst werden. Eine repräsentative Auswahl dieser Luftbilder wurde beschafft.



## Methodik der Luftbildauswertung

Die repräsentative Auswahl der Luftbilder wurde mit Hilfe eines TOPCON-Spiegelstereoskops bei 3-facher und 6-facher Vergrößerung, soweit möglich stereoskopisch, durchmustert und in Bezug auf das Vorhandensein von Sprengbomben-Trichtern, möglichen Blindgänger-Einschlägen, zerstörten Gebäuden, Flakstellungen, Grabensystemen, Bunkern und dergleichen untersucht.

## Ergebnisse der Luftbildauswertung

Das eigentliche engere Untersuchungsgebiet ist in Bezug auf Sprengbomben-Trichter und Blindgänger-Einschläge sehr schlecht einzusehen.

Auf allen untersuchten Luftbildern sind keine Hinweise auf eine Bombardierung des Untersuchungsgebiets und seiner unmittelbaren Umgebung mit Sprengbomben zu erkennen. Hinweise auf zerstörte Gebäude, Flakstellungen, Grabensysteme, Bunker oder dergleichen sind nicht auszumachen.

## Folgerungen aus den Ergebnissen der Luftbildauswertung

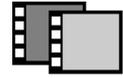
Die Luftbildauswertung hat keine Anhaltspunkte für das Vorhandensein von Sprengbomben-Blindgängern innerhalb des Untersuchungsgebiets ergeben. Es besteht keine Notwendigkeit, den Kampfmittelbeseitigungsdienst Baden-Württemberg (KMBD) oder ein anderes autorisiertes Unternehmen zu weiteren Erkundungen einzuschalten. **Nach unserem jetzigen Kenntnisstand sind in Bezug auf Sprengbomben-Blindgänger keine weiteren Maßnahmen erforderlich. Die Erkundungs- und Bauarbeiten können diesbezüglich ohne weitere Auflagen durchgeführt werden.**

## Schlussbemerkungen

Dieser Bericht hat nur für das oben und auf der Anlage 1 angegebene Untersuchungsgebiet Gültigkeit. Es können daraus keine Aussagen für eventuelle Eingriffe in den Untergrund außerhalb des Untersuchungsgebiets abgeleitet werden.

Die vorliegende Luftbildauswertung basiert auf der Interpretation einer repräsentativen Auswahl der im Kapitel „Verwendete Luftbilder“ genannten Bilder. Daher beziehen sich die

R. HINKELBEIN  
Luftbildauswertung



gemachten Aussagen nur auf die Befliegungsdaten der ausgewerteten Luftbilder und können nicht darüber hinausgehen.

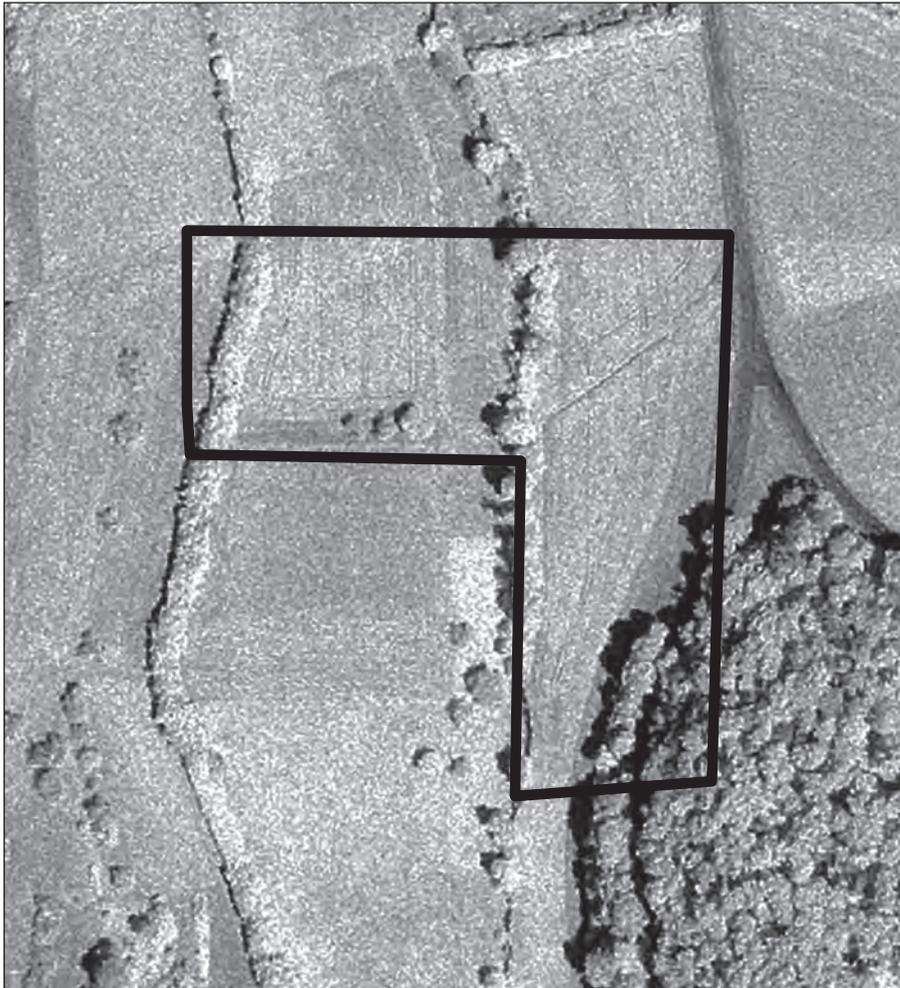
**Diese Mitteilung kann nicht als Garantie für die absolute Kampfmittelfreiheit des Untersuchungsgebiets gewertet werden.**

Für Rückfragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

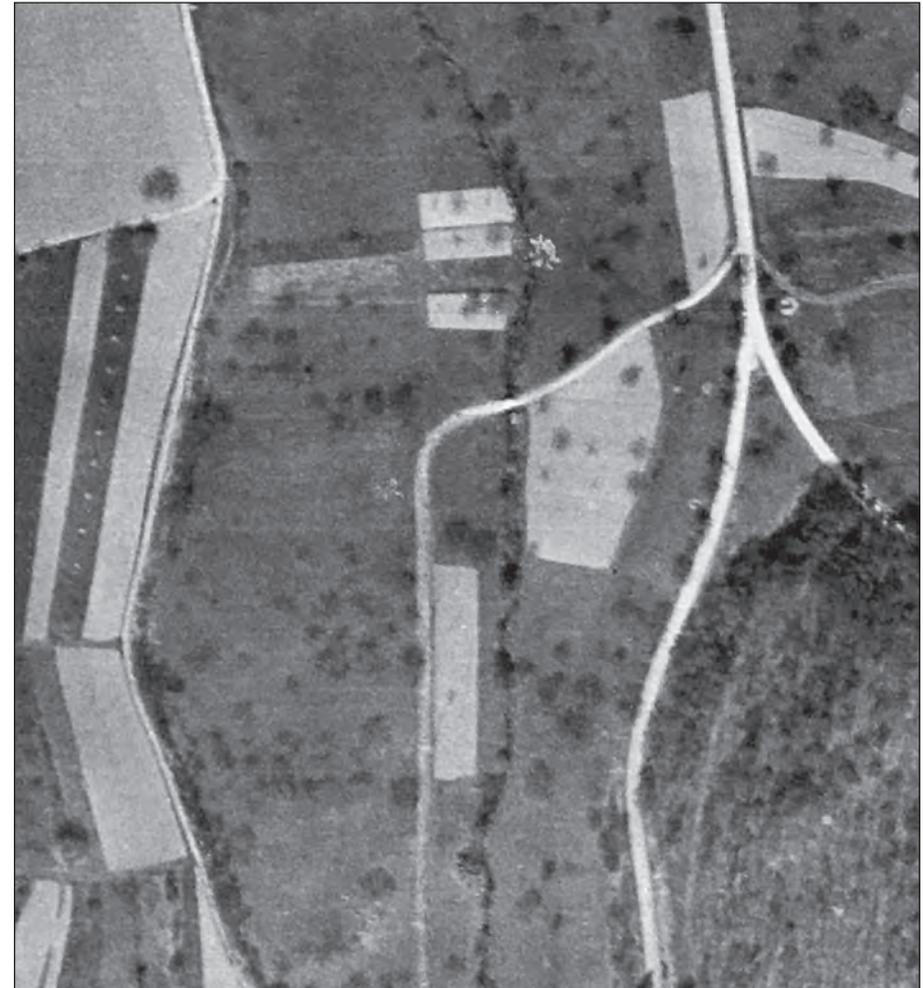
Mit freundlichen Grüßen

K. Hinkelbein

**Anlage 1:** Untersuchungsgebiet und Ausschnittvergrößerung eines Luftbilds vom 10.04.1945.



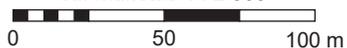
Untersuchungsgebiet (fett umgrenzt), neueres Luftbild.



Ausschnittvergrößerung eines entsprechenden Luftbilds vom 10.04.1945. Die Reproduktion des Luftbilds ist aus urheberrechtlichen Gründen nicht gestattet.



ca.-Maßstab 1 : 2 500



Luftbilddauswertung auf Kampfmittelbelastung  
Hochwasserrückhaltebecken Strudelbachtal  
Eberdingen

11.10.2017

Anlage 1

R. HINKELBEIN  
Luftbilddauswertung  
Uhuweg 22, 70794 Filderstadt



Telefon: (0711) 77 99 222  
Telefax: (0711) 77 99 231  
info@luftbilddauswertung.eu