

# **Dipl.-Ing. (FH) Gisbert Adolph**

**A**ltstandortuntersuchungen

**B**augrunderkundungen

**I**ngenieurleistungen

Siedlungsstraße 37

71720 Oberstenfeld

Tel. 07062-93117 7

Fax 07062-93117 8

Handy 0163-8921306

abi-gisbert.adolph@t-online.de

## **Magstadt, Hochwasserschutzmaßnahmen, Teilprojekt HRB Erbach**

### **Geotechnischer Bericht**

Auftraggeber:

Gemeinde Magstadt

Ortsbauamt

Markplatz 1

71106 Magstadt

Ansprechpartner:

Herr Gaiser

Umfang:

Textseiten: 24

Anlagen: 1.1 bis 6; 25 Blatt

Oberstenfeld, den 30.07.2015

## Inhaltsverzeichnis

1 Auftragsgrundlage.....	3
2 Lage und Bauwerksbeschreibung.....	4
3 Untersuchungsumfang.....	4
4 Baugrund und Grundwasser .....	5
4.1 Baugrund.....	5
4.2 Grundwasser .....	7
5 Geotechnische Bewertung des Baugrunds.....	8
6 Bautechnische Hinweise und Empfehlungen .....	11
6.1 Erdarbeiten und Herstellen des Dammbauwerks.....	11
6.1.1 Allgemeine Hinweise zu den Erdarbeiten.....	11
6.1.2 Dammaufstandsflächen.....	14
6.1.3 Abfallrechtliche Einstufung des Aushubbodens.....	15
6.2 Herstellung des Durchlassbauwerks.....	15
6.2.1 Stabilisieren der Gründungssohle.....	15
6.2.2 Rahmen- oder Trogbauwerk mit Sohlplatte.....	16
6.2.3 Dammschüttung und Erddruck.....	17
6.2.4 Herstellen der Baugrube und Bachumleitung.....	17
6.2.5 Wasserhaltung .....	18
6.3 Herstellung der seitlichen Spundwände.....	18
7 Nachweise der Standsicherheit des Dammbauwerks.....	19
7.1 Allgemeines.....	19
7.2 Einwirkungen.....	21
7.2.1 Hydraulische Einwirkungen.....	21
7.2.2 Erdbeben.....	22
7.3 Berechnungen.....	22
8 Baugrundüberprüfung.....	23
Anlagenverzeichnis .....	24

## **1 Auftragsgrundlage**

Vom Ortsbauamt der Gemeinde Magstadt, vertreten durch Herrn Gaiser, wurden wir beauftragt, für die Planung eines Hochwasserschutzkonzepts für die Gemeinde Magstadt eine Baugrunderkundung durchzuführen und den geotechnischen Bericht für die Teilprojekte

- HRB Erbach,
- HRB Stützen und
- die Umgestaltung des Rankbach in der Ortsmitte

zu erstellen. Der vorliegenden Bericht gilt für das Teilprojekt HRB Erbach.

An Unterlagen für die Ausarbeitung dieses Berichts erhielten wir von den Planer per E-Mail folgende Unterlagen:

- Kataster Ortslage mit Leitungsbestand Kanäle
- HRB Erbach, Lageplan, M 1:500, Entwurfsplanung, Stand 23.04.2015, Unger-Ingenieure, Freiburg
- HRB Erbach, Auslaufbauwerk, Draufsicht, Schnitt und Ansicht, M 1:50, Entwurfsplanung, Stand 23.04.2015, Unger-Ingenieure, Freiburg.

Außerdem stand mir zur Verfügung:

- [1] Amtliche topographische Karten 1:25 000, Top Karten 25, Hrsg. Landesvermessungsamt Baden-Württemberg, Ausgabe 2012,
- [2] Blatt 7219 Weil der Stadt der Geologischen Karte von Baden-Württemberg M 1:25 000, mit Erläuterungen, hrsg. Geologischen Landesamt Baden-Württemberg, Stuttgart, 1994.
- [3] Baugrundaufschlüsse aus der Datenbank des LGRB, GK7219, Archivnr. 0002, 0776, 0914, 0915, 1717 und 2120.

Folgende Unterlagen und bautechnische Regelwerke wurden für die Standsicherheitsberechnungen verwendet:

- [4] DIN EN 1997-1:2009-09 Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1: Allgemeine Regeln
- [5] DIN 1054:2010-12 Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1
- [6] DIN 4084:2009-01 Baugrund - Geländebruchberechnungen
- [7] LUBW Arbeitshilfe zur DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken, 1. Auflage, Version 21.02.2008

- [8] Davidenkoff, R., Durchsickerung durch Deiche und Erddämme, in: Bundesanstalt für Wasserbau Mitteilungsblatt Nr. 8, 1957
- [9] Haselsteiner, R. (2007): Die Durchströmung von Dämmen und Deichen. 14. Deutsches Talsperrensymposium, 7th ICOLD European Club Dam Symposium, Beiträge zur Tagung am 17. bis 19. September 2007 in Freising, Berichte des Lehrstuhls und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Nr. 115, S. 143 - 149
- [10] BAW Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD), Ausgabe 2011
- [11] BAW Ergänzende Hinweise zur Berechnung der Durchströmung im Bereich von Bauwerken nach MSD, Kap. 7, Karlsruhe, Mai 2012

## **2 Lage und Bauwerksbeschreibung**

Das untersuchte Gebiet liegt am südöstlichen Rand von Magstadt, zwischen der Gottlieb-Daimler-Straße im Süden und der Erbachstraße im Norden, siehe Anlage 1.1.

Das Gelände liegt in der flachen Talmulde des Erbachs, der am nördlichen Rand des geplanten Beckens von Ost nach West fließt. Zum Zeitpunkt der Erkundung war das Gelände eine Wiese.

Geplant ist der Neubau eines Hochwasserrückhaltebeckens, das im Westen durch ein Absperrbauwerk mit einem bis zu 3,3 m hohen Erddamm gebildet wird. Im Norden entlang der Erbachstraße ist auf einer Länge von rund 180 m die Einfassung mit einer Spundwand geplant. Im Süden zur Gottlieb-Daimler-Straße ist eine Spundwandeneinfassung mit rund 100 m Länge vorgesehen.

## **3 Untersuchungsumfang**

Bei den Ortsterminen am 12., 13. und 16.03.2015 haben wir auf dem Baufeld die Baugrunderkundung durchgeführt. Der Umfang der Baugrunduntersuchungen ist in Tabelle 1 aufgeführt.

*Tabelle 1: Untersuchungsumfang*

<b>Baugrundaufschlüsse, Bohrungen</b>				
Anzahl	Verfahren	Durchmesser	Einzelteufen	Gesamtlänge
5	Kleinrammbohrungen DIN EN ISO 22475-1, Tab. 2, Zeile 9	60 / 50 mm	3,6 – 4,0 m	18,9 m
9	Schwere Rammsondierung DIN EN ISO 22476-2	43,2 mm	3,9 – 5,0 m	40,7 m
<b>Probenahmen und Laborversuche</b>				
Anzahl	Probenart/Versuch	Bemerkung		
19	Beutelp Proben Güteklasse GK 3	Bodenprobe aus Kleinrammbohrungen		
13	Bestimmung des natürlichen Wassergehalts nach DIN 18121-1	siehe Anlage 2, links neben den Profilsäulen		
3	Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18122-1	siehe Anlage 4.1		
3	Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123	siehe Anlage 4.2		
1	Entnahme einer Wasserprobe und Analyse nach DIN 4030			

Die Lage der Untersuchungspunkte wurden in Bezug auf die Grundstücksgrenzen eingemessen. Die Höhe der Ansatzpunkte wurde in Bezug auf einen Schachtdeckel eingemessen, dessen Höhe im Lageplan angegeben ist. Die Lage der Erkundungspunkte ist in Anlage 1.2 dargestellt. Die Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen werden nachfolgend beschrieben und bewertet.

## **4 Baugrund und Grundwasser**

### **4.1 Baugrund**

Aufgrund der ausgeführten geotechnischen Untersuchungen und nach Auswertung der vorliegenden Baugrundaufschlüsse kann der Baugrund nachfolgend beschrieben werden. Die Baugrundverhältnisse werden dabei zwischen den zwangsläufig punktuellen Aufschlüssen unter Berücksichtigung geologischer Zusammenhänge interpoliert und interpretiert. Das so erarbeitete Modell des Baugrunds wird nachfolgend beschrieben:

#### **a) Oberboden**

Auf dem gesamten Gelände besteht die oberste, bis 25 cm dicke Schicht aus einem bunten oder braunen bis dunkelbraunen, tonigen, feinsandigen, krümeligen Schluff, der neben organischen Anteilen (z. B. Wurzelresten) auch Bodenlebewesen enthält. Dieser ist daher zumin-

dest teilweise, soweit er humos ist und Bodenlebewesen enthält, nach DIN 18300 als Oberboden zu bezeichnen.

### **b) Auffüllungen**

In BS/DPH E2 wurden unter einer nur dünnen Oberbodenschicht Auffüllungen erkundet, die bis in eine Tiefe von etwa 0,4 m unter Gelände reichen. Dabei handelt es sich um einen gelblich-braunen und graugrünlichen, schwach kiesigen, sandigen, tonigen, Schluff. Die Auffüllung steht im Zusammenhang mit dem Wegebau der verlängerten Erbachstraße.

Die Konsistenz der Auffüllung ist überwiegend steif. Die Auffüllungen werden auf der ganzen Länge der Erbachstraße am Nordrand des Beckens in ähnlicher Weise zu erwarten sein.

### **c) Talablagerungen**

Als oberste natürliche Schicht des Baugrunds unter der Auffüllung oder dem Oberboden wird in der Talmitte Auelehm angetroffen, der sich zu den Talrändern hin mit abgeschwemmtem Löss und Lösslehm, also sog. Schwemmlehm, verzahnt.

Zuoberst werden die Talablagerungen aus einem graubraunen und dunkelbraunen, feinsandiger, schwach toniger Schluff mit organischen Beimengungen (Auelehm). Die Konsistenz ist im oberen Meter meist steif, sonst weich bis steif. Der schwach organische Auelehm reicht rund 1,5 m bis 2 m unter Gelände, siehe Anlage 3. In der Talmitte bei BS 10 reicht er rund 1 m unter Gelände. An der südlichen Flanke des Absperrbauwerks (BS 7) ist die Verzahnung mit dem von Süden eingeschwemmten, gelbbraunen, feinsandigen Schwemmlehm besonders ausgeprägt.

Unter dieser ersten, schwach organischen Schicht folgt im Norden und in der Mitte des Beckens ein stark organischer Auelehm. Es ist ein dunkelgrauer und schwarzbrauner, toniger, feinsandiger, teilweise torfiger Schluff, der Holzreste und andere organische Beimengungen aufweist. Die Konsistenz wird als weich, teils weich bis steif, beschrieben.

Die Mächtigkeit liegt in BS 6 (Absperrbauwerk) bei 1,6 m und wird nach Osten hin geringer, siehe Anlage 3.

Den unteren Teil der Talablagerungen bilden braubrötlige bis gelbliche kiesige, sandige, schluffige Tone mit erbsgroßen Sandsteinbröcken (in BS 7) und kiesige, tonige, schluffige Sande (in BS 10), die auch wasserführend sind.

Die Talablagerungen reichen in den Sondierungen meist rund 3 m unter Gelände. Nur In BS/DPH 2 sind sie nur gut 2 m mächtig.

#### **d) Lettenkeuper**

Der tieferen Untergrund unter den Talablagerungen wird aus den Schichten des Lettenkeupers gebildet.

Sie sind insbesondere in den oberen Dezimetern, in BS E2 in den oberen 1,5 m, vollständig zu einem gelbbraunen, grüngrauen und goldbraunen schluffigen, teils kiesigen oder sandigen Ton verwittert (Verwitterungsgrad VZ). Die Konsistenz ist in den Bohrungen meist halbfest, während in den Rammsondierungen die Schlagzahlen selten über  $N_{10} = 8$  ansteigen. Darunter sind in diesen Verwitterungston sind dünne, blättrige Dolomitstein- und Sandsteinschichten und einzelne, harte, plattige, mehrere Zentimeter bis wenige Dezimeter dicke Dolomitsteinbänkchen eingeschaltet. Hier ist der Lettenkeuper als stark bis mäßig verwittert einzustufen (Verwitterungsgrad VE). Die Konsistenz des Verwitterungstons ist meist steif und steif bis halbfest, so dass mit den schweren Rammsondierungen noch Schlagzahlen  $N_{10}$  zwischen 5 und 30 ermittelt werden konnten. Ab etwa 4 m bis 4,8 m unter Gelände sitzen die Rammsondierungen auf harten Gesteinsbänken auf. Der Lettenkeuper wird hier aus einer Wechselfolge von harten, dünnbankigen bis bankigen Dolomitsteinen und mäßig harten, plattigen Ton- und Tonmergelsteinen gebildet, was aus den tieferen Kernbohrungen der näheren Umgebung hervorgeht. Der Verwitterungsgrad wird dann als gering bis mäßig verwitterte eingestuft (VA-VU).

Die Oberfläche des gering bis mäßig verwitterten Lettenkeupers ist sägezahnartig gestuft, entsprechend dem Wechsel der ausstreichenden Tonstein- und Dolomitsteinbänke, siehe Anlage 3.

Die Schichten des Lettenkeupers setzen sich noch rund 10 m bis zum Oberen Muschelkalk hin fort.

#### **4.2 Grundwasser**

Der Grundwasserspiegel wurde am 16.03.2014 in den Sondierlöchern der Kleinrammbohrungen gemessen. Die dazu gehörigen Wasserstände sind in Tabelle 3 zusammengestellt. Teilweise sind die Bohrlöcher nach der ersten Messung oder bereits davor verstürzt, so dass nicht immer ein Ruhewasserspiegel gemessen werden konnte.

In BS-E10 konnte ein Anstieg des Grundwasserstandes festgestellt werden. Der Wasserstand wurde hier bei 2,9 m angetroffen und lag bei Bohrende 2,08 m unter Gelände.

Grundwasserleiter sind die sandigen und kiesigen Lagen der Talablagerungen. Der Grundwasserspiegel ist unter den oberen. Überwiegend tonigen Auelehmschichten leicht gespannt. Die Grundwasserfließrichtung folgt dem Vorfluter, der Erbach in nordwestliche Richtung.

*Tabelle 2: Grundwasserstände während der Erkundung am 16.03.2015*

Bohrung	Gelände	Wasserstand		Bemerkungen
		m u. Gel.	ca. (mNN)	
Ost				
BS/DPH-E2	437,7	-2,65	435,05	Bohrende
BS-E10	437,3	-2,90	434,40	angetroffen
		-2,08	435,22	Bohrende
BS/DPH-E6	436,2	-2,80	433,40	angetroffen
BS/DPH-E7	437,4	-2,90	434,50	angetroffen
West				

Ein Wasserprobe aus der BS/DPH-E6 wurde nach DIN 4030 auf betonangreifende Stoffe untersucht. Aufgrund des erhöhten Sulfatgehaltes mit 620 mg/l muss das Grundwasser der Expositions-klasse XA 2 zugeordnet werden.

## 5 Geotechnische Bewertung des Baugrunds

Zur objektiven Klassifikation und Bewertung der bautechnischen Eigenschaften des untersuchten Baugrunds wurden an den entnommenen Bodenproben Bestimmungen des natürlichen Wassergehalts nach DIN 18121, der Fließ- und Ausrollgrenzen nach DIN 18122-1 und der Korngrößenverteilung nach DIN 18123 durchgeführt. Die Ergebnisse der Laborversuche wurden nachfolgend beschrieben

Im Auelehm wurden drei Bestimmungen Zustandsgrenzen ausgeführt, die in Tabelle 3 zusammengefasst sind.

Die Einzelwerte der natürlichen Wassergehalte der übrigen Proben sind im Bohrprofil in Anlage 2 dokumentiert.

In den oberen Lagen der Proben aus dem schwach organischen Auelehm liegen die Wassergehalte zwischen  $w = 19,9 \%$  und  $23,9 \%$ . Hierbei wurden Fließgrenzen mit  $w_L = 38,3\%$  und  $45,8 \%$  und Ausrollgrenzen  $w_P = 16,7 \%$  und  $18,2\%$  festgestellt. Somit ist der schwach organische Auelehm als mittelplastischer Ton TM einzuordnen. Aus dem Vergleich der natürlichen Wassergehalte zu den Zustandsgrenzen kann die Konsistenzzahl  $I_C$  ermittelt werden. Für die untersuchten Proben ergeben sich Konsistenzzahl  $I_C$  zwischen  $0,67$  und  $0,87$ , die überwiegend im weichen, teilweise im steifen Konsistenzbereich liegen.



*Tabelle 3: Zustandsgrenzen im Auelehm nach DIN 18122-1*

Aufschluss		BS-E6	BS-E7	BS-E6
Entnahmetiefe	(m u. Gel.)	0,2 – 1,0 m	1,0 – 1,5 m	1,3 – 2,4 m
Bodenart		U, t', fs	U,t,fs	U,t,fs,o, z.T. torfig
Geologie (Farbgebung nach Anlage 3)		Auelehm schwach organisch	Auelehm schwach organisch	Auelehm stark organisch
natürl. Wassergehalt	$w_n$ (%)	23,6	21,7	31,7
Fließgrenze	$w_L$ (%)	38,3	45,8	42,3
Ausrollgrenze	$w_P$ (%)	16,7	18,18	14,2
Plastizitätszahl	$I_P$ (%)	21,6	27,6	27,8
Konsistenzzahl	$I_C$ (%)	0,68	0,87	0,37
Konsistenz		weich	steif	sehr weich
Klassifikation nach DIN 18196		TM	TM	TM

In der darunter liegenden stark organischen Schicht des Auelehms wurde die Fließgrenze mit  $w_L = 42,3\%$  und die Ausrollgrenzen  $w_P = 14,2\%$  ermittelt. Nach DIN 18196 ist damit auch der stark organische Auelehm als mittelplastischer Ton TM einzuordnen. Die Wassergehalte der Proben aus dieser Schicht liegen bei  $30,7\%$  (BS E6) und bei  $60,9\%$  (BS E4), woraus sich Konsistenzzahlen von  $I_C = 0,38$  und  $<0$  ergeben, die für eine sehr weiche bis flüssige Konsistenz des Bodens stehen. In den torfigen Zonen ist die Konsistenzzahl jedoch nur eingeschränkt aussagefähig, der hohe Wassergehalt deutet hier eher auf den hohen organischen (torfigen) Anteile hin.

Zur Tiefe hin im verwitterten Lettenkeuper liegen die Wassergehalte zwischen  $w_n = 12,4\%$  und  $20,0\%$ . Legt man auch hier eine mittlere Plastizität zu Grunde (Bodengruppe TM), dann ergeben sich Konsistenzzahlen von etwa  $0,9$  bis  $1,2$ , die die steife bis halbfeste Konsistenz des Verwitterungstones bestätigen.

Die Korngrößenverteilung der untersuchten Proben ist in Anlage 4.2 dargestellt. Sie weisen für den Auelehm (BS-E42: 0,25 -1 m) einen relativ hohen Tonanteil (Feinstes) von nahe zu  $30\%$  auf. Der Schwemmlehm aus BS-E7: 0,6 -1,0 m ist der Tonanteil am geringsten. Außerdem liegt der Sandanteil in den drei Sondierungen zwischen  $19$  und  $24\%$ .

Anhand der beschriebenen Ergebnisse der durchgeführten Baugrunduntersuchungen sowie unserer Erfahrung mit bodenmechanisch gleichartigen Böden kann der anstehende Baugrund in Anlehnung an bautechnische Regelwerke klassifiziert und durch charakteristische Kennwerte für erdstatische Berechnungen beschrieben werden (Tabelle 4).

*Tabelle 4: Klassifikationen und charakteristische bodenmechanische Rechenwerte*

geol. Bezeichnung	Talablagerungen		Lettenkeuper		
	Auelehme, Auesand schwach organisch	Auelehm stark organisch	völlig ver- wittert	stark ver- wittert	gering - mäßig ver- wittert
Konsistenz, vorherrschend	weich	breiig - sehr weich	halbfest - fest	-	-
Verwitterungsgrad <sup>1)</sup>			VZ	VE	VAVU
<b>Klassifikationen:</b>					
Bodengruppe (DIN 18196)	TM, TL ; ST*	TM, OT, HZ	TM, GT*	(Kst, Dst, Tst, Mst)	
Bodenklasse (DIN 18300)	3, 4	2, 5	3, 4, 5	6, 7	6, 7
Bodenklasse (DIN 18301)	BB 2	BB 1, BO 1	BB 2-3 BS 1	BB 3-4 BS 4 FV 1	FV 2-5 FD 3-4
Frostempfindlichkeit	groß	groß	groß	groß	-
Klasse nach ZTV E-StB	F3	F3	F3	F3	--
<b>Rechenwerte:</b>					
Wichte $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19	18,5	19,5	20,5	22
unter Auftrieb $\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	9	8,5	9,5	10,5	12
Reibungswinkel $\varphi'_k$ (°)	22,5	20	25	25	25
Kohäsion $c'_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	5	0 – 5	10	25	50 - 150
Undrained Kohäsion $c_{u,k}$ (kN/m <sup>2</sup> )	15 – 25	10 – 15	>100	-	-
Steifemodul $E_{s,k}$ (MN/m <sup>2</sup> ) für Setzungsberechnungen	5 – 8	3 – 5	15	80 – 120	≥ 150
<sup>1)</sup> nach FGSV-Merkblatt Nr. 543 „Merkblatt zur Felsbeschreibung für den Straßenbau“, Ausgabe 1992					

Magstadt liegt nach DIN 4149:2005-04 und der Karte der Erdbebenzonen für Baden-Württemberg in Erdbebenzone 1. Für den Nachweis des Lastfalls Erdbeben ist die maßgebliche Untergrundklasse „R“, als Baugrundklasse ist „C“ anzusetzen.

Die standortspezifischen spektralen Antwortbeschleunigungen haben wir online beim Geoforschungs-Zentrum GFZ Potsdam erhoben, siehe Tabelle 5.

*Tabelle 5: Spitzenbodenbeschleunigungen für den Standort Magstadt, HRB Erbach*

Lastfall	Mittlere Wiederkehrperiode T	Spitzenbodenbeschleunigung	
Betriebserdbeben	100 a	0,23 m/s <sup>2</sup>	0,023 · g
Bemessungserdbeben	1000 a	0,66 m/s <sup>2</sup>	0,066 · g

## 6 Bautechnische Hinweise und Empfehlungen

### 6.1 Erdarbeiten und Herstellen des Dammbauwerks

#### 6.1.1 Allgemeine Hinweise zu den Erdarbeiten

Im Zuge des Neubaus des Hochwasserrückhaltebeckens werden Erdarbeiten für die Dammschüttung und den Aushub der Baugrube des Durchlassbauwerks erforderlich. Für die Dammschüttung wird es jedoch erforderlich, Fremdmaterial anzuliefern und anforderungsgemäß einzubauen.

Grundsätzlich sollten für die Ausführung aller Erdarbeiten die ZTV E-StB<sup>1</sup> als Vertragsgrundlage vereinbart werden.

Bei der Herstellung der Einschnitte und Anschnitte, Baugruben und Gräben ist die **Einstufung der Böden nach DIN 18 300** und ihre Wiederverwendbarkeit als Erdbaumaterial von besonderer Bedeutung. Die Bodenklassen der zu lösenden Böden sind in Tabelle 4 des Abschnitts 5 aufgeführt und werden nachfolgend ergänzend erläutert.

Im gesamten Baufeld ist der anstehende Boden an der Oberfläche dunkelbraun gefärbt, krümelig und leicht durchwurzelt. Dieser Boden ist daher zumindest teilweise, soweit er humos ist und Bodenlebewesen enthält, nach DIN 18 300 als Oberboden zu bezeichnen. Eine scharfe Grenzziehung zwischen belebtem Oberboden und unbelebtem Baugrund ist allein aufgrund einer ingenieurgeologischen Baugrundansprache nicht möglich und wird daher hier auch nicht vorgenommen. Dazu sind bei Bedarf im Hinblick auf die Wiederverwertung des Oberbodens weitergehende bodenkundliche Untersuchungen erforderlich. Für die weitere Planung empfehlen wir zunächst von einer Mächtigkeit der Oberbodenschicht von 0,15 m bis 0,4 m, im Mittel 0,25 m auszugehen.

Als Aushubmaterial wird überwiegend Auelehm und Schwemmlöss zu erwarten. Diese Böden überwiegend der Bodenklasse 4 zuzuordnen ist. Mit zunehmender Aushubtiefe im Bereich des Durchlassbauwerks wird zum Teil auch in den stark organischen Auelehm eingegriffen, der in Grundwassernähe auch breiige Konsistenz aufweist, womit eine Zuordnung zur Bodenklasse 2 erforderlich wird. Die ZTV E-StB setzen als weiteres Kriterium für die Zuordnung bindiger Böden zur Klasse 2 jedoch voraus, dass die Böden "beim Lösen ausfließen", was im Auelehm bei breiiger Konsistenz allerdings meist auch gegeben ist. Entsprechende Festlegungen sollten bereits im Leistungsverzeichnis festgeschrieben werden.

---

<sup>1</sup>Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, Ausgabe 2009, Hrsg. FGSV-Verlag, Köln, FGSV Nr. 599

**Die geplanten Dammschüttung** soll mit fein- und gemischtkörnigen Böden ausgeführt werden. Die regional zu Verfügung stehenden Böden des Lösslehms und aus verwittertem Keupermaterial sind in der Regel bindige Böden der Bodengruppen TL/TM/TA/GT\* und sind in der Regel gut als Dammschüttmaterial geeignet. Ausgeprägt plastische Tone der Boden- gruppe TA sollten jedoch nicht als Schüttmaterial für einen homogenen Dammkörper verwendet werden. Abraummaterial aus dem Lettenkeuper und Muschelkalk fällt häufig als grobes Stein-Schüttmaterial mit tonigen Anteilen an. Abraum- oder Aushubmaterialien mit Steinen mit Kantenlängen bzw. Korngrößen von über 30 cm sind erdbautechnisch in der Regel schwer zu bearbeiten und neigen stärker zu Sackungen, als fein- oder gemischtkörnige Böden mit geringerem Steinanteil. Für die hier herzustellende Dammschüttung sollte das anzuliefernde Material daher auf eine Korngröße bzw. **Kantenlänge von 15 cm und einen Steinanteil < 30% begrenzt** werden. Das angelieferte Material muss außerdem umweltverträglich und frei von quellfähigen, zerfallsempfindlichen oder bauwerksaggressiven Bestandteilen sein. Das Material muss außerdem für eine evtl. Bindemittelbehandlung geeignet sein, d.h. insbesondere sollten keinen schädlichen Anteile von wasserlöslichen Sulfaten bzw. Gips enthalten sein.

Die **Verdichtungsanforderungen** in Dämmen und wiederverfüllten Leitungsgräben sind in den ZTV E-StB entsprechend der Zuordnung der gelösten Böden zu Bodengruppen nach DIN 18 196 definiert. Für Böden, die im Rahmen der Baumaßnahme beim Aushub anfallen bzw. für die typischen, regional verfügbaren bindigen Böden, ist nach den ZTV E-StB 09 ein einheitlicher Verdichtungsgrad  $D_{Pr} \geq 97 \%$  bei einem Luftporenanteil  $n_a \leq 12 \%$  gefordert.

Die LUBW-Arbeitshilfe [7] empfiehlt einen Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 100 \%$  als Richtwert, wobei als Grenzwert innerhalb einer Schüttlage  $D_{Pr} = 0,97$  nicht unterschritten werden darf.

Über die vertraglich zu vereinbarenden Verdichtungsanforderungen ist zum Einen die Eigenverformung des Erdbauwerks möglichst weitergehend einzuschränken (Sackungen und Eigensetzungen) zum Anderen ist damit auch die Standsicherheit der Böschungen bzw. des gesamten Erdbauwerks sicherzustellen.

In Tabelle 6 haben wir die Verdichtungsanforderungen und die daraus abgeleiteten bodenmechanischen Rechenwerte für die Standsicherheitsnachweise in einer Übersicht zusammengefasst.

Tabelle 6: Verdichtungsanforderungen für die Dammschüttung

Anforderung	Verdichtungs- grad	Luftporen- anteil	charakteristische bodenmechanische Rechenwerte		
			Wichte $\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	Reibungswinkel $\phi'_k$ (°)	Kohäsion $c'_k$ (kN/m <sup>2</sup> )
LUBW-Arbeitshilfe	$\geq 100$ % <sup>1</sup>	$n_a \leq 12$ %	20	25	10 – 15
ZTV E-StB	$\geq 97$ %	$n_a \leq 12$ %	19,5 <sup>1)</sup>	25 <sup>1)</sup>	5 <sup>1)</sup> – 10

<sup>1)</sup> gewählte Rechenwerte für die Standsicherheitsnachweise

Mit Einhaltung dieser Verdichtungsanforderungen sind erfahrungsgemäß Eigensetzungen der verdichteten Schüttungen in der Größenordnung etwa 0,5 % bis 0,8 % verbunden. Bei einer maximalen Schütthöhe von 2,5 m also rund 2 cm. Zusätzlich sind aus den Aufschüttungen Setzungen im Untergrund zu erwarten. Für die ungünstigsten zu erwartenden Untergrundverhältnisse im Bereich der Bohrung BS 6 haben wir exemplarisch für eine Schütthöhe bis 2,35 m das Setzungsmaß abgeschätzt. Demnach ist mit Setzungen des Untergrundes infolge der Auflast der Schüttung mit bis zu 3,5 cm zu rechnen, von denen schätzungsweise 50 % innerhalb der ersten 3 Monate nach Schüttbeginn abklingen werden. Insgesamt ist an der Dammkrone nach Abschluss der Schüttung also mit Restsetzungen in der Größenordnung von unter 4 cm zu rechnen.

Die für die Dammschüttungen zur Verfügung stehenden Böden werden in der Regel stark **witterungsempfindlich** sein. Um das Aufweichen der Schüttschichten und das Eindringen von Wasser in einen teilgeschütteten Damm zu vermeiden, ist nach Abschluss der Tagesleistung oder wenn Niederschläge zu erwarten sind, durch Abwalzen mit Glattmantelwalzen stets ein geschlossenes Planum herzustellen (vgl. ZTVE-StB 09, Abs. 4.3.1.7). Durch entsprechendes Quergefälle und eine planmäßige Vorflut - auch während der Bauzeit - ist für ein rasches Abführen von Oberflächenwasser zu sorgen.

Aufgeweichte Lagen müssen vor dem Überschütten abgeschoben werden oder der Wassergehalt ist durch Bodenverbesserungsmaßnahmen soweit zu reduzieren, dass eine Verzahnung und eine ausreichende Verdichtung der nächsten Schüttschicht sichergestellt werden kann.

Generell wird für die hier vorhandenen bzw. regional als Auffüllmaterial zur Verfügung stehenden feinkörnigen Böden eine kombinierte Verdichtung mit Stampffuß-Vibrationswalzen und Glattmantelwalzen empfohlen, um eine möglichst porenarme Verdichtung zu erreichen und gleichzeitig eine geschlossene Oberfläche der Einbaulagen zu erreichen.

Die Schüttlagen sind so zu begrenzen, dass die oben genannten Verdichtungsanforderungen sicher erreicht werden.

Die o.g. Verdichtungsanforderungen sind mit den regional zur Verfügung stehenden Böden häufig nur mit einer Bodenverbesserung durch Bindemittel zu erzielen. Der erforderliche Umfang der Bindemittelbehandlung richtet sich daher in erster Linie nach der Qualität des (vom späteren Auftragnehmer) angelieferten Material und sollte daher in den Leistungsumfang der Lieferung von einbaufähigen Böden einbezogen werden.

Hierbei ist zu berücksichtigen, dass der Eignungsnachweis des gelieferten Schüttmaterials nicht nur für den Boden selbst, sondern auch für das Boden-Bindemittel-Gemisch erbracht werden muss. Erfahrungsgemäß wird die Wasserdurchlässigkeit bei Bindemittel-behandelten Böden größer als beim gleichen Boden ohne Bindemittel.

Bei Beginn der Erdarbeiten sollte in **Probefeldern** und mit begleitenden Eignungsprüfungen die Eignung der gewählten Erdbauverfahren im Hinblick auf die Anforderungen an die Verdichtung, die Einbaufähigkeit des zur Verfügung stehenden Materials, die erforderliche Bindemittelmenge und die Dicke der im Planum notwendigen Bodenverbesserung überprüft werden. Das endgültige Vorgehen beim Einbau und die Wahl von effektiven und angebrachten Prüfmethode bei Eigenüberwachung und Kontrollprüfungen sollte dabei gemeinsam mit dem Erdbauunternehmer festgelegt werden.

### **6.1.2 Dammaufstandsflächen**

In der Dammaufstandsfläche sind verschiedene Maßnahmen erforderlich, um das Verdichten der Schüttlagen der Dammschüttung zu ermöglichen und die Standsicherheit der Dammböschungen zu gewährleisten:

- Herstellen von Verzahnungs-Stufen mit dem anstehenden Gelände, wenn die Geländeneigung steiler als 5:1 ist,
- Örtliche Bodenverbesserung in der Aufstandsfläche.

Die Aufstandsfläche der Dammschüttung ist bei geneigtem Gelände steiler als 5:1m durch eine **Abtreppung des anstehenden Geländes** mit der Dammschüttung zu verzahnen. Die Stufen der Verzahnung sollte mindestens 3,5 m breit sein, das Gefälle der Stufen sollte mit etwa 3 % talwärts gerichtet sein.

Die in den Aufstandsfläche der Dammschüttung zu erwartenden Deckschichten weisen meist steife, in der Talmitte örtlich auch weiche Konsistenz auf. Sie sind überwiegend ausreichend tragfähig, um einen anforderungsgerechten Einbau der Schüttlagen und das Verdichten zu

ermöglichen. Örtlich kann es jedoch erforderlich werden, die **Dammaufstandsfläche** nach dem Abschieben des Oberbodens durch **Bindemittel zu stabilisieren**, um einen anforderungsgerechten Erdbau zu ermöglichen.

### **6.1.3 Abfallrechtliche Einstufung des Aushubbodens**

Eine Mischprobe aus dem Aushubbereich des Durchlassbauwerks bzw. der Dammaufstandsfläche (Bohrung BS E4 und E6) wurde nach dem Parameterumfang der Verwaltungsvorschrift für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial des Umweltministeriums Baden-Württemberg vom 14. März 2007 untersucht. Der Prüfbericht der Analytik-Team GmbH, Fellbach, ist in Anlage 6 beigefügt. Die Analysenergebnisse zeigen keine auffällig erhöhten Schadstoffgehalte, so dass sich für die **Verwertung des Aushubmaterials** eine Zuordnung zur **Qualitätsstufe Z 0** ergibt.

Hinsichtlich der möglichen Einstufung in Deponieklassen für die Beseitigung sind Haufwerksbeprobungen während der Bauausführung erforderlich. Eine Rasterbeprobung vor Baubeginn ist nur in Abstimmung mit dem Deponiebetreiber (Landratsamt) möglich.

## **6.2 Herstellung des Durchlassbauwerks**

### **6.2.1 Stabilisieren der Gründungssohle**

Die Gründungssohle des Durchlassbauwerks wird im Auelehm liegen, der hier sehr weich und stark organisch ist. Um einen geordneten Bauablauf zu ermöglichen ist es unabhängig von der Konstruktion des Durchlassbauwerks erforderlich, unter der Gründungssohle ein Grobschotterpolster mit 0,5 m Dicke einzubauen, das vom Baugrund durch ein Geotextilvlies (min. GRK 3) getrennt wird. Über das Grobschotterpolster kann zum Einen eine flächige Wasserhaltung betrieben werden, zum Anderen wird die Baugrubensohle soweit stabilisiert, dass der Einbau der Sauberkeitsschicht möglich wird. Eine weitere Vertiefung des Grobschotterpolsters oder ein vollständiger Bodenaustausch des Auelehms ist wegen der Grundwasserverhältnisse und der Gefahr eines Sohlaufbruchs sowie wegen der großen dafür erforderlichen Aushubtiefe (Baugrubenwände im Grundwasser!) nicht sinnvoll.

Das Schotterpolster muss geeignet sein, die Lasten des Bauwerks aufzunehmen und dessen Setzungen zu minimieren. Das Schottermaterial ist lagenweise einzubauen und zu verdichten. Als Schüttmaterial sind weitgestufte, grobkörnige, natürliche Gesteinskörnungen aus dem Körnungsbereich 0/45 bis 0/90 mit einem Feinanteil ( $d \leq 0,063$  mm) von weniger als 5 % geeignet. Möglich ist auch die Verwendung von Grobschotter ohne Sand- und Feinanteile (z.B. Körnungen 2/45, 5/45 oder 32/90 o.Ä.). Da in der relativ kleinen Baugrube und auf

dem weichen Untergrund jedoch nur kleine Verdichtungsgeräte eingesetzt werden können, sollte das Größtkorn auf max. 90 mm begrenzt werden. Eine Verwendung von Bauschutt-Recyclingmaterial ist im Grundwasserbereich grundsätzlich ausgeschlossen. Das Schotterpolster ist vom anstehenden Baugrund durch ein Geotextilvlies der Robustheitsklasse GRK 3 filterstabil zu trennen.

Das Schotterpolster muss an den Rändern der Gründungsplatte (Arbeitsraum) mit bindigem Boden dicht abgedeckt werden, um eine spätere Unterläufigkeit des Durchlassbauwerks zu verhindern. Die Dichtungsschicht muss den Anforderungen der LUBW-Arbeitshilfe an mineralische Dichtungen entsprechen und sollte mit einer Mindestdicke von 40 cm eingebaut werden.

### 6.2.2 Rahmen- oder Trogbauwerk mit Sohlplatte

Bei Ausbildung eines Rahmens oder Troges auf einer durchgehenden Gründungsplatte (Sohlplatte) kann die Bemessung dieser Gründungsplatte nach dem Bettungsmodulverfahren erfolgen. Aus einer beispielhaft betrachteten Gründungsplatte mit einer Breite von 3,6 m belastet mit im Mittel 35 kN/m<sup>2</sup>, Setzungseinflusstiefe 5 m, ergibt sich ein mittlerer Bettungsmodul ( $k_s$ ) von etwa 2,5 MN/m<sup>3</sup>. Der charakteristische Sohldruck unter der Gründungsplatte sollte  $\sigma_{R,k} = 90 \text{ kN/m}^2$  nicht überschreiten. Zur eingrenzenden Ermittlung der Beanspruchung der Bodenplatte empfehlen wir darüber hinaus, die nachfolgenden Grenzfälle zu betrachten, die durch die Bemessung abzudecken sind, siehe Abbildung 1.

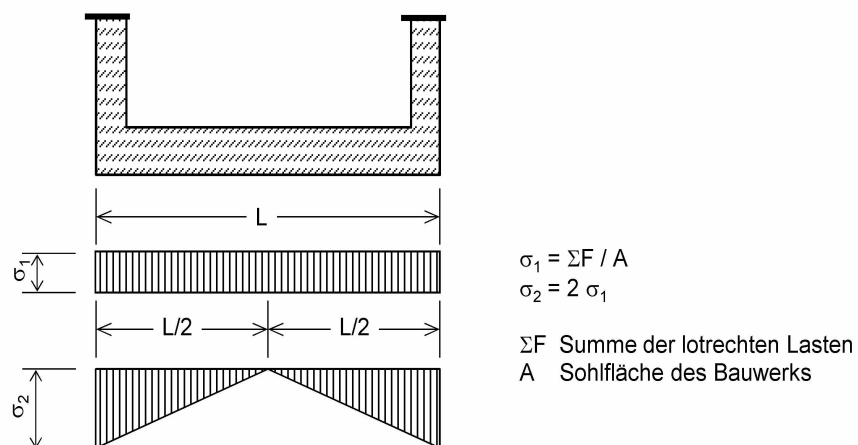


Abbildung 1: Grenzfälle der Sohlspannungsverteilung unter dem Durchlassbauwerk

Die rechnerischen Setzungen der Gründungsplatte betragen an den Rändern etwa 1,5 cm. Man kann des Weiteren davon ausgehen, dass ein Teil des rechnerischen Setzungsbetrags



bereits bei der Herstellung des Bauwerks und der Dammschüttung entsteht, so dass die nachlaufenden Setzungen, die für eventuelle Abweichungen der Höhenlage der Überlaufschwelle sorgen, auf eine Größenordnung von  $< 1$  cm geschätzt werden können.

### **6.2.3 Dammschüttung und Erddruck**

Für die Erddruckermittlung können für die Dammschüttung die in Tabelle 6 genannten bodenmechanischen Rechenwerte angesetzt werden. Zusätzlich ist ein Verdichtungserddruck von  $e_v = 25$  kN/m<sup>2</sup> anzusetzen.

Die Dammschüttung ist auf beiden Bauwerksseiten gleichzeitig einzubauen und zu verdichten. Für den Erddruckansatz empfehlen wir in Anlehnung an das "Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke"<sup>2</sup>, die innere und äußere Sicherheit bei der Bauwerksbemessung für den Erddruck aus Bodeneigengewicht und Verkehrslasten nachzuweisen.

Die Fuge zwischen Dammschüttung und Bauwerk muss sorgfältig abgedichtet werden. Hierzu muss ggf. Bentonitgranulat oder Ähnliches eingesetzt werden. Die Art der Fugenausbildung ist bei der Wahl des Wandreibungswinkels ggf. zu berücksichtigen.

### **6.2.4 Herstellen der Baugrube und Bachumleitung**

Die Baugrube für die Erneuerung des Durchlassbauwerks einschließlich des Schotterpolsters bindet überwiegend rund 1,5 m bis knapp 2 m ins vorhandene Gelände ein. Die Baugrube erreicht damit zwar noch nicht den bei der Erkundung gemessenen Grundwasserspiegel, sie wird jedoch in den Grundwasserschwankungsbereich einbinden.

Gräben und Baugruben sind nach den Regeln der DIN 4124 zu sichern. Aufgrund der in weiten Bereichen im Untergrund zu erwartenden weichen Böden und des Grundwasserstandes, der bauzeitlich etwa auf Höhe der Sohlplatte (OK Schotterpolster) erwartet werden kann, sind die Böschungen oberhalb des Schotterpolsters unter 45° geneigt abzuböschern. Höhere Wasserstände sind durch eine Wasserhaltung (offene Wasserhaltung innerhalb des Schotterpolsters, siehe unten) zu vermeiden.

Die Baugrube muss auf die Geometrie des Durchlassbauwerkes und auf die Gerinneführung der bauzeitlichen Bachverlegung angepasst werden.

---

<sup>2</sup>Merkblatt über den Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke, Hrsg. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, FGSV Nr. 526, Ausgabe 1994, FGSV-Verlag, Köln

### **6.2.5 Wasserhaltung**

Für die bauzeitlichen Wasserhaltungen ist von dem in Abschnitt 4 beschriebenen Baugrund- und Grundwasserverhältnissen auszugehen, wobei der mögliche Schwankungsbereich des Grundwassers für die Bauzeit auf etwa 434,5 mNN angesetzt werden sollte.

Während der Bauzeit wird der Grundwasserspiegel überwiegend etwa auf Höhe der Baugrubensohle, also auf OK des Schotterpolsters liegen. Dennoch muss davon ausgegangen werden, dass auch bauzeitlich höhere Grundwasserstände auftreten können, die dann über eine offene Wasserhaltung abzusenken sind.

Für eine offene Wasserhaltung in der Baugrubensohle ist eine Sickerschicht einzubauen, die aus einem sandfreien, möglichst enggestuften Schottermaterial besteht, das vom Untergrund durch ein Geotextilvlies filterstabil zu trennen ist. Dafür kann das unter Abschnitt 6.2.1 beschriebene Schotterpolster herangezogen werden. Die in der Wasserhaltung anfallende Wassermenge haben wir nach einer Formel von CHAPMAN für den Zufluss zu einem unvollkommenen Sickergraben mit einer mittleren Durchlässigkeit des Baugrunds von  $k = 5 \cdot 10^{-6}$  m/s abgeschätzt. Für eine rund 35 m lange Baugrube ist demnach bei unterschiedlichen Absenktiefen des Grundwassers mit folgendem Grundwasserzufluss zu rechnen:

- Absenkung 0,5 m:  $Q = 0,03$  l/s bis  $0,1$  l/s
- Absenkung 1,0 m:  $Q = 0,06$  l/s bis  $0,15$  l/s
- Absenkung 2,0 m:  $Q = 0,12$  l/s bis  $0,3$  l/s

Das Schotterpolster muss abschnittsweise, sofort nach Erreichen der Baugrubensohle eingebaut werden, um einen Sohleintrieb durch das zuströmende Wasser zu verhindern. An zwei Enden der Baugrube ist jeweils ein Pumpensumpf einzurichten, in dem das anfallende Wasser über Schmutzwasserpumpen gefördert werden kann. Hinsichtlich der Wiedereinleitung des geförderten Wassers und evtl. Maßnahmen zur Aufbereitung des Wassers (Einleiterkriterien) sind die Vorgaben aus der zu beantragenden wasserrechtlichen Erlaubnis zu berücksichtigen.

Während der Bauarbeiten ist darüber hinaus auch der Bachlauf des Erbachs umzuleiten. Dies kann über Rohre erfolgen, die parallel zum Durchlassbauwerk mit in der Baugrube verlegt werden.

### **6.3 Herstellung der seitlichen Spundwände**

Für das Einbringen der Spundwände können in den weichen, tonigen und teilweise organischen Bachablagerungen und Torfen Niederdruckspülungen als Einbringhilfen zielführend

sein. Damit kann die erforderliche Rammenergie und die damit verbundene Beeinträchtigung der benachbarten Bebauung eingeschränkt werden. Mit Niederdruckspülungen sollten Einbringtiefen der Spundwände von 3 m bis 4 m unter Gelände möglich sein (entsprechend den in den Rammsondierungen gemessenen Schlagzahlen bis  $N_{10} \leq 15$ ).

Sollte aus statischen Gründen eine tiefere Einbindung erforderlich werden, sind dafür Lockerungsbohrungen vorzusehen.

Für die Spundwände wird eine statische Berechnung erforderlich. Dabei ist die Erddruckermittlung mit den charakteristischen geomechanischen Kennwerten aus Tabelle 4 und dem in Abschnitt 4 und Anlage 3 dargestellten Schichtenverlauf vorzunehmen.

Entwurf und Berechnung sollten gemäß der EAB (Empfehlung des Arbeitskreises Baugruben der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik) bzw. EAU (Empfehlung des Arbeitskreises Uferneinfassungen der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik) erfolgen. Dabei sind außer der Standsicherheit stets auch die erwarteten Verformungen der Spundwandbauwerke nachzuweisen.

## **7 Nachweise der Standsicherheit des Dammbauwerks**

### **7.1 Allgemeines**

Aufgrund der Größe des Retentionsvolumens und der Höhe des Absperrbauwerks kann das Becken nach der LUBW-Arbeitshilfe als „sehr kleines HRB“ eingestuft werden. Damit müssen die Nachweise der Stauanlagensicherheit für ein Bemessungshochwasser mit einer 1000-jährlichen Wiederkehrwahrscheinlichkeit geführt werden ( $HQ_{1000}$ ).

Die Standsicherheitsnachweise werden für verschiedene Einwirkungskombinationen geführt, die zu verschiedenen Lastfällen zusammengefasst werden, siehe dazu LUBW-Arbeitshilfe, Tab. 5.3. Diese Lastfälle können den Bemessungssituationen nach DIN 1054:2010-12 zugeordnet werden, woraus sich die erforderlichen Teilsicherheitsbeiwerte ergeben. Die Übersicht der untersuchten Lastfälle mit den zugehörigen Einwirkungskombinationen ist in Tabelle 7 zusammengestellt. Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Berechnungen sind in Tabelle 8 aufgeführt.

Tabelle 7: Übersicht der untersuchten Bemessungssituationen mit Einwirkungskombinationen

Einwirkungen und Beanspruchungen	Bemessungssituationen bzw. Lastfälle							
	BS-P		BS-T				BS-A	
	1.1	1.2 <sup>a</sup>	2.1	2.2	2.3	2.4 <sup>b</sup>	3.1	3.2 <sup>b</sup>
<i>Gruppe 1 (ständig)</i>								
Eigenlast	x	x	x	x	(x)	(x)	x	(x)
Verkehr und Auflast	x	x	x	x	(x)	(x)	x	(x)
Wasserdruck bzw. Strömungskräfte bei Vollstau Z <sub>v</sub> (HRB mit Dauerstau)	(x)				(x)	(x)		(x)
<i>Gruppe 2 (selten)</i>								
Wasserdruck bzw. Strömungskräfte bei HW-Stauziel Z <sub>H1</sub> (437,73 mNN)			x					
Spiegelsenkung von Z <sub>v</sub> (437,48 mNN)				x				
Außergewöhnliche Betriebszustände entspr. Lastfall 2.1+2.2					(x)			
Betriebserdbeben (T = 100 a)						(x) <sup>b</sup>		
<i>Gruppe 3 (außergewöhnlich)</i>								
Wasserdruck bzw. Strömungskräfte bei HW-Stauziel Z <sub>H2</sub> (341,72 mNN)							x	
Bemessungserdbeben (T = 1000 a)								(x) <sup>b</sup>

(x) Lastfall ist hier nicht relevant

a Bau- und Konsolidierungszustand bis zum ersten Einstau

b bei kleinen und sehr kleinen Trockenbecken ist kein Nachweis erforderlich (Anhang 3, LUBW Arbeitshilfe)

Tabelle 8: Teilsicherheitsbeiwerte zur Bemessung im Grenzzustand GEO-3

Parameter		Bemessungssituation		
		BS-P	BS-T	BS-A
<i>Einwirkungen und Beanspruchungen</i>				
ständige Einwirkungen	$\gamma_G$	1,00	1,00	1,00
ungünstige veränderliche Einwirkungen				
ungünstige veränderliche Einwirkungen	$\gamma_Q$	1,30	1,20	1,00
<i>Teilsicherheitsbeiwerte für Bodenkenngrößen (Scherwiderstände)</i>				
Reibungsbeiwert $\tan \varphi'$ des Bodens	$\gamma_{\varphi'}$	1,25	1,15	1,10
Reibungsbeiwert $\tan \delta'$ in Kontaktfuge zu Geokunststoffen	$\gamma_{\delta}$	1,25	1,15	1,10
Kohäsion $c'$ des Bodens	$\gamma_c$	1,25	1,15	1,10
Adhäsion $a'$ in Kontaktfuge zu Geokunststoffen	$\gamma_a$	1,25	1,15	1,10

## 7.2 Einwirkungen

### 7.2.1 Hydraulische Einwirkungen

Für die Ermittlung der hydraulischen Einwirkungen infolge Durchströmung des Erddammes wurden die Sickerlinien im stationären Strömungszustand mit analytischen Verfahren nach Pavlovsky und Davidenkoff ermittelt.

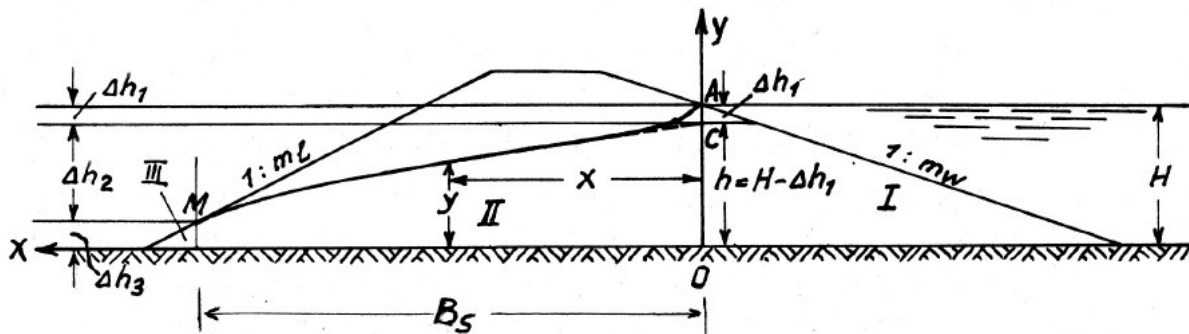


Abbildung 2: Ermittlung der Sickerlinien nach der Methode von Pavlovsky (aus: Davidenkoff, 1957)

Die Gleichung der Sickerlinie lautet:

$$y^2 = (H - \Delta h_1)^2 - \frac{2\Delta h_3}{m_1} x = h^2 - \frac{2\Delta h_3}{m_1} x$$

Die Berechnungen mit einer vollständigen Durchsickerung des Dammes liegen deutlich auf der sicheren Seite. Die möglichen Dauer bzw. Ausbreitung einer Durchsickerung im Erddamm wird abgeschätzt, in dem vereinfacht eindimensionale Verhältnisse betrachtet werden. Unter Zuhilfenahme der folgenden Gleichung kann die horizontale Sickerwegstrecke  $x$  [m] berechnet werden, die einer vorhandenen gesättigten Durchlässigkeit  $k_S$  [m/s], einem für den Wasserzutritt zur Verfügung stehenden Porenraum  $n_e$  [-] und einer anstehenden Wasserdrukhöhe  $h_w$  [m] in der Zeit  $t$  [s] durchsickert wird [Haselsteiner, 2007]:

$$x(t) = \sqrt{2 \cdot \frac{k_S}{n_e} \cdot h_w \cdot t}$$

Demnach ergibt sich für den ungünstigsten Fall (Einstau bis 437,98 mNN) eine Zeitraum bis zur vollständigen Durchsickerung von 244 Tagen, während die tatsächlichen Einstauzeiten für den Hochwasserfall nur wenige Tage betragen.

Das bedeutet, dass die stationäre Sickerlinie für vollständige Durchsickerung zwar für die Standsicherheitsberechnungen angesetzt wird, mit einem Austritt von Sickerwasser am Dammfuß jedoch höchst wahrscheinlich nicht zu rechnen ist.

### 7.2.2 Erdbeben

Für sehr kleine und kleine HRB ohne Dauerstau ist kein Nachweis für das sog. Betriebserdbeben oder das Bemessungserdbeben erforderlich, siehe Anhang 3 der LUBW-Arbeitshilfe [7].

### 7.3 Berechnungen

Die Standsicherheitsberechnungen wurden auf der Grundlage der DIN 1054:2010-12 und DIN 4084:2009-01 mit dem Berechnungsprogramm GGU-Stability Version 9.12 (© Prof. Dr.-Ing. Johann Buß) ausgeführt. Die Berechnung wurde für den maßgeblichen Profilschnitt neben dem Durchlassbauwerk ausgeführt.

Die Berechnungsergebnisse sind in Anlage 5 mit den für die einzelnen Lastfälle jeweils maßgeblichen Bruchmechanismen dargestellt.

In Tabelle 9 sind die jeweils ermittelten maximalen Ausnutzungsgrade  $\mu$  (entspricht jeweils minimaler Sicherheit) für die einzelnen Lastfälle zusammengestellt.

*Tabelle 9: Übersicht der ermittelten maximalen Ausnutzungsgrade  $\mu$*

	Bemessungssituationen bzw. Lastfälle							
	BS-P		BS-T				BS-A	
	1.1	1.2	2.1	2.2	2.3 <sup>a</sup>	2.4 <sup>a</sup>	3.1	3.2 <sup>a</sup>
	Becken leer	Konsolidation	HW <sub>100</sub>	Spiegelsenkung			HW <sub>1000</sub>	
Ausnutzungsgrad	0,66	0,68	0,78	<b>0,87</b>			0,74	
sehe Anlage	5.1	5.2	5.3	5.4			5.5	

<sup>a</sup> Lastfall ist hier nicht relevant

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass für alle Lastfälle, die nach der Arbeitshilfe zur DIN 19700, Tabelle 5.3, nachzuweisen sind, die erforderliche Sicherheit nachgewiesen werden konnte, d.h. die ermittelten Ausnutzungsgrade betragen  $\mu \leq 1,0$ . Der maßgebliche Lastfall ergibt sich bei einer schnellen Spiegelsenkung (LF 2.2) mit einem Ausnutzungsgrad von 0,87.

## 8 Baugrundüberprüfung

Die Beschreibung der Baugrundverhältnisse resultiert aus punktuellen Aufschlüssen und ist Grundlage der bautechnischen Empfehlungen. Eine **Baugrundüberprüfung** während der Erdarbeiten und der Gründungsarbeiten ist daher erforderlich.

Abweichungen vom beschriebenen Untergrundaufbau hinsichtlich der Schichtung, der Qualität und der Grundwasserverhältnisse sind dem Gutachter sofort mitzuteilen und die ersten Baugrubensohlen sind vom Gutachter abnehmen zu lassen.

Die Angaben beruhen darüber hinaus auf den derzeit vorliegenden Unterlagen. **Planerische oder konstruktive Änderungen** gegenüber den beschriebenen Abmessungen und Einflüssen, die auf die bautechnischen Empfehlungen Einfluss haben könnten, sollten daher mitgeteilt werden.

Für die Beantwortung von Fragen, die sich im Zuge der weiteren Planung und Ausführung in unserem Fachbereich ergeben, stehen wir gerne zur Verfügung.

Oberstenfeld, den 30.07.2015



**ABI** - Gisbert Adolph

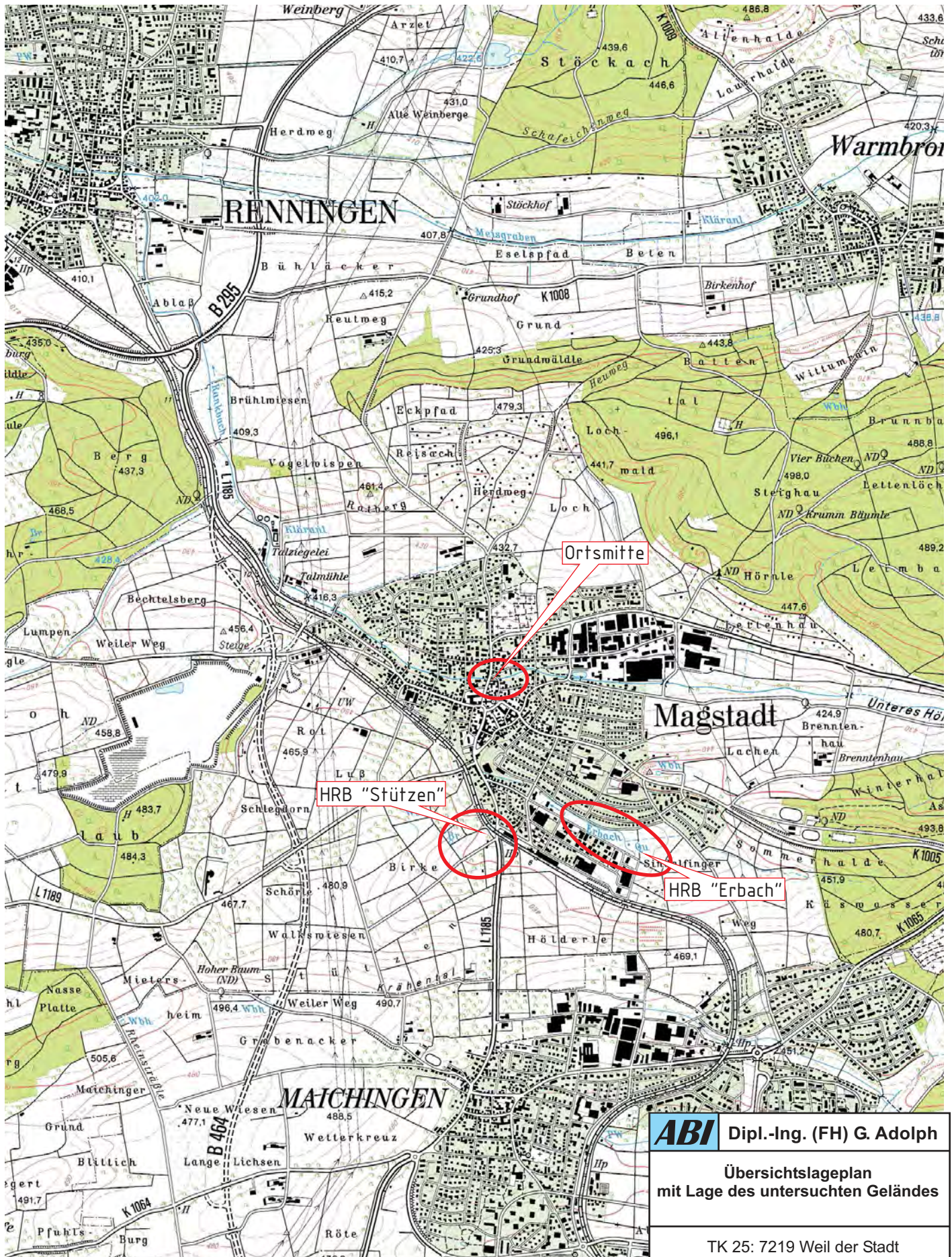


**ABI** - Hartmut Reichenbach

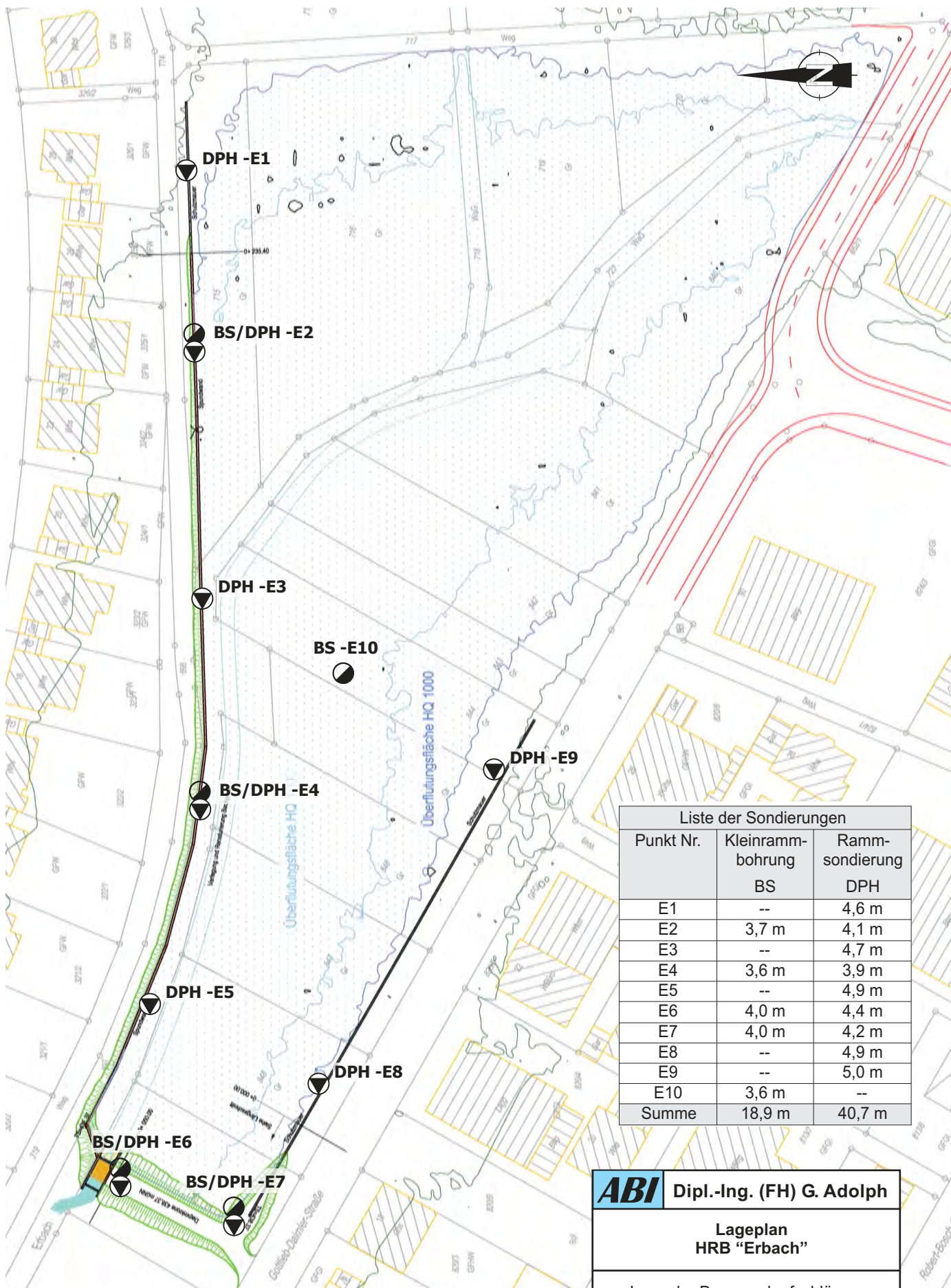
## **Anlagenverzeichnis**

<b>Lagepläne</b>	<b>Maßstab</b>	<b>Anlage</b>
Übersichtslageplan mit Lage des Bauvorhabens	1:25 000	1.1
Lageplan HRB Erbach mit Lage der Baugrundaufschlüsse	1:1000	1.2
<b>Baugrundaufschlüsse</b>		
Legende und Zeichenerklärung		2.0
Schichtenprofil der Kleinrammbohrung und Rammdiagramme der schweren Rammsondierungen	1:25	
• DPH 1		2.1
• BS/DPH 2		2.2
• DPH 3		2.3
• BS/DPH 4		2.4
• DPH 5		2.5
• BS/DPH 6		2.6
• BS/DPH 7		2.7
• DPH 8		2.8
• DPH 9		2.9
• BS 10		2.10
<b>Baugrundmodell</b>		
Geologischer West-Ost Geländeschnitt		3
<b>Bodenmechanische Laborversuche</b>		
Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18122-1		4.1
Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123		4.2
<b>Erdstatische Berechnungen</b>		
Profilschnitt HRB Erbach, Lastfall 1.1		5.1
Profilschnitt HRB Erbach, Lastfall 1.2		5.2
Profilschnitt HRB Erbach, Lastfall 2.1		5.3
Profilschnitt HRB Erbach, Lastfall 2.2		5.4
Profilschnitt HRB Erbach, Lastfall 3.1		5.5
<b>Chemische Analyseergebnisse</b>		
Prüfbericht Analytik-Team GmbH, Nr. 1507116 vom 20.07.2015	4 Blatt	6





<b>ABI</b>	Dipl.-Ing. (FH) G. Adolph
Übersichtslageplan mit Lage des untersuchten Geländes	
TK 25: 7219 Weil der Stadt	
Maßstab 1:25 000	Anlage 1.1



Liste der Sondierungen

Punkt Nr.	Kleinramm-	Ramm-
	bohrung	sondierung
	BS	DPH
E1	--	4,6 m
E2	3,7 m	4,1 m
E3	--	4,7 m
E4	3,6 m	3,9 m
E5	--	4,9 m
E6	4,0 m	4,4 m
E7	4,0 m	4,2 m
E8	--	4,9 m
E9	--	5,0 m
E10	3,6 m	--
Summe	18,9 m	40,7 m

**ABI** Dipl.-Ing. (FH) G. Adolph

**Lageplan  
HRB "Erbach"**

Lage der Baugrundaufschlüsse

Maßstab 1:1000 **Anlage 1.2**

### Boden- und Felsarten



Auffüllung, A



Mutterboden, Mu



Feinkies, fG, feinkiesig, fg



Kies, G, kiesig, g



Feinsand, fS, feinsandig, fs



Sand, S, sandig, s



Schluff, U, schluffig, u



Ton, T, tonig, t

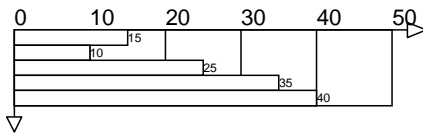
### Korngrößenbereich

f - fein  
m - mittel  
g - grob

### Nebenteile

' - schwach (<15%)  
- - stark (30-40%)

### Rammdiagramm



### Konsistenz



breiig



weich



steif



halbfest



fest

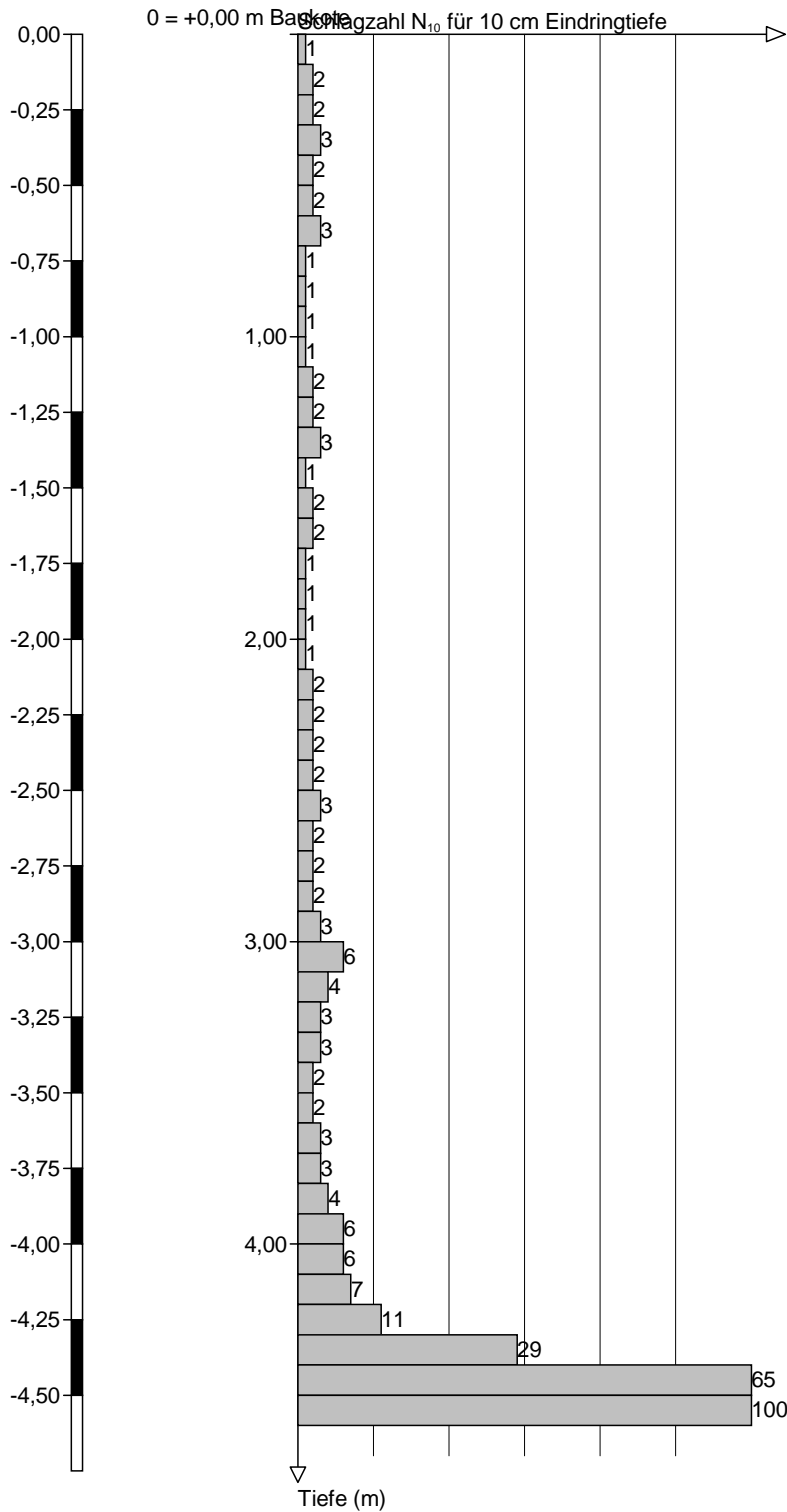
### Proben

- P1 1,00 Sonderprobe Nr 1 aus 1,00 m Tiefe
- WP1 1,00 Wasserprobe Nr 1 aus 1,00 m Tiefe
- HS1 1,00 Head-Space Nr 1 aus 1,00 m Tiefe
- KE1 1,00 Kunststoffeimer Nr 1 aus 1,00 m Tiefe
- K1 1,00 Bohrkern Nr 1 aus 1,00 m Tiefe
- GL1 1,00 Probenglas Nr 1 aus 1,00 m Tiefe
- SZ1 1,00 Stechzylinder Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

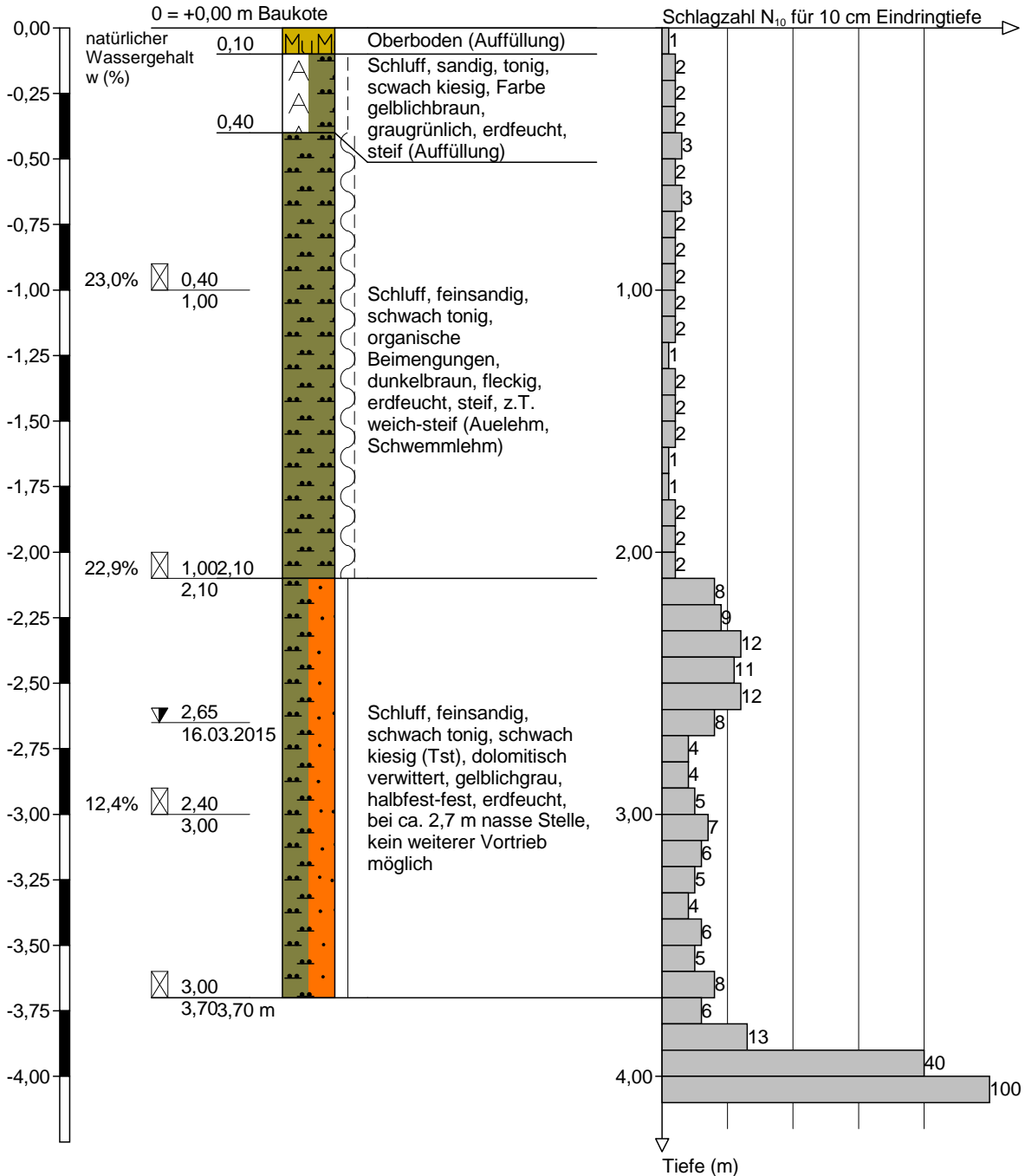
### Grundwasser

- 1,00  
13.07.2015 Grundwasser am 13.07.2015 in 1,00 m unter Gelände angebohrt
- 1,00  
13.07.2015 Grundwasser in 1,80 m unter Gelände angebohrt, Anstieg des Wassers auf 1,00 m unter Gelände am 13.07.2015
- 1,00  
13.07.2015 Grundwasser nach Beendigung der Bohrarbeiten am 13.07.2015
- 1,00  
13.07.2015 Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch
- 1,00  
13.07.2015 Wasser versickert in 1,00 m unter Gelände

## DPH -E1

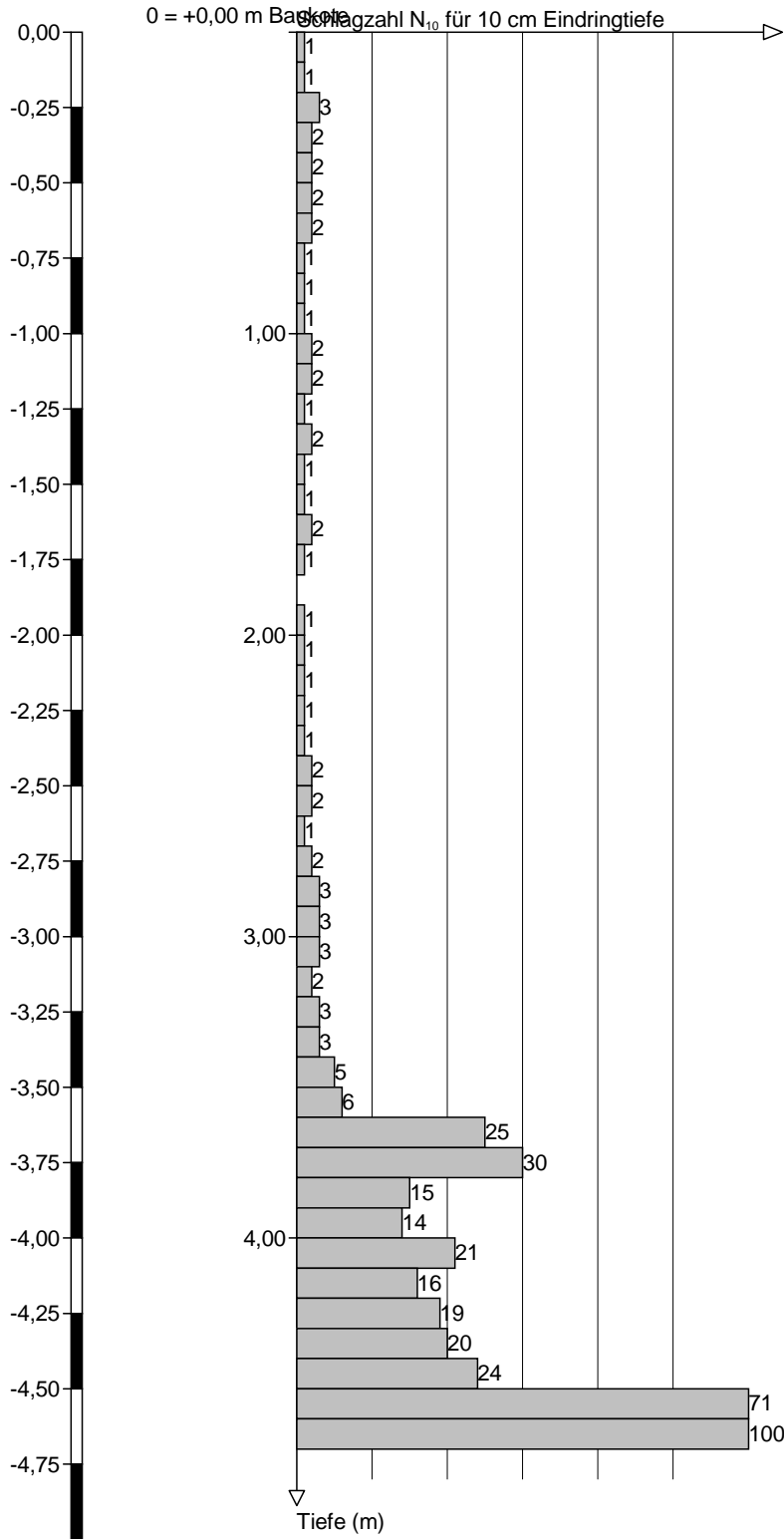


BS / DPH -E2



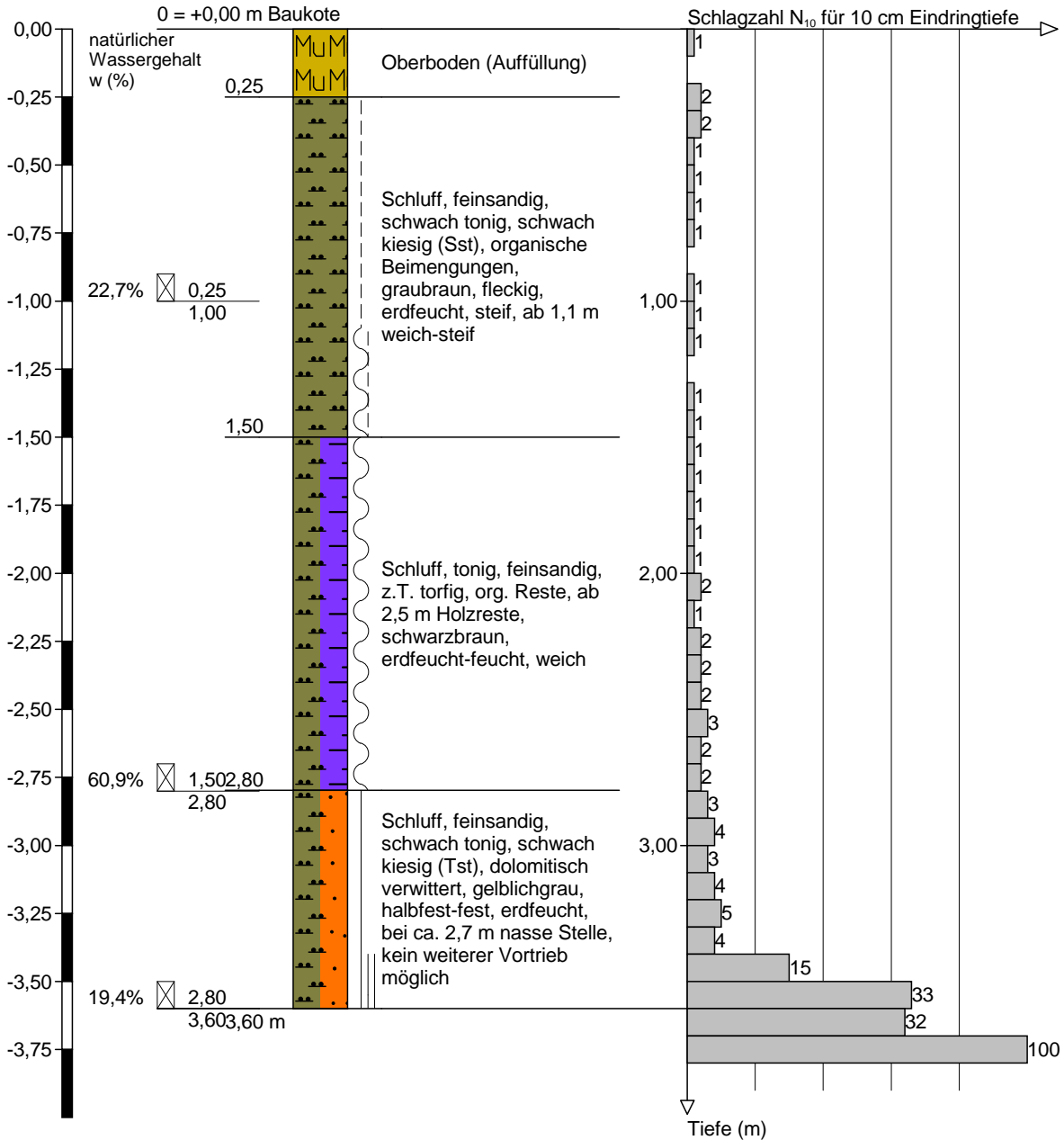
Höhenmaßstab 1:25

## DPH -E3



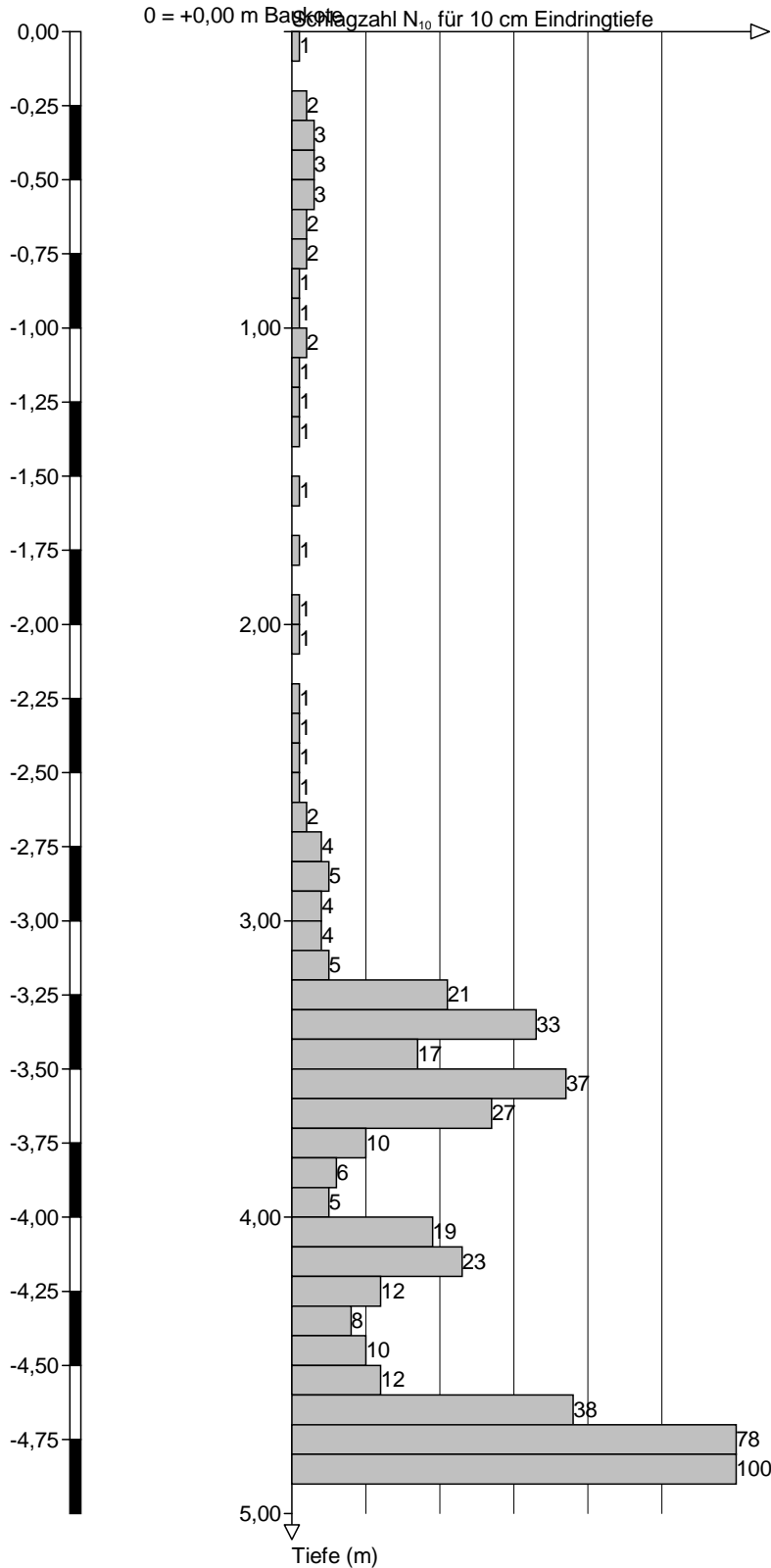
Höhenmaßstab 1:25

## BS / DPH -E4



Höhenmaßstab 1:25

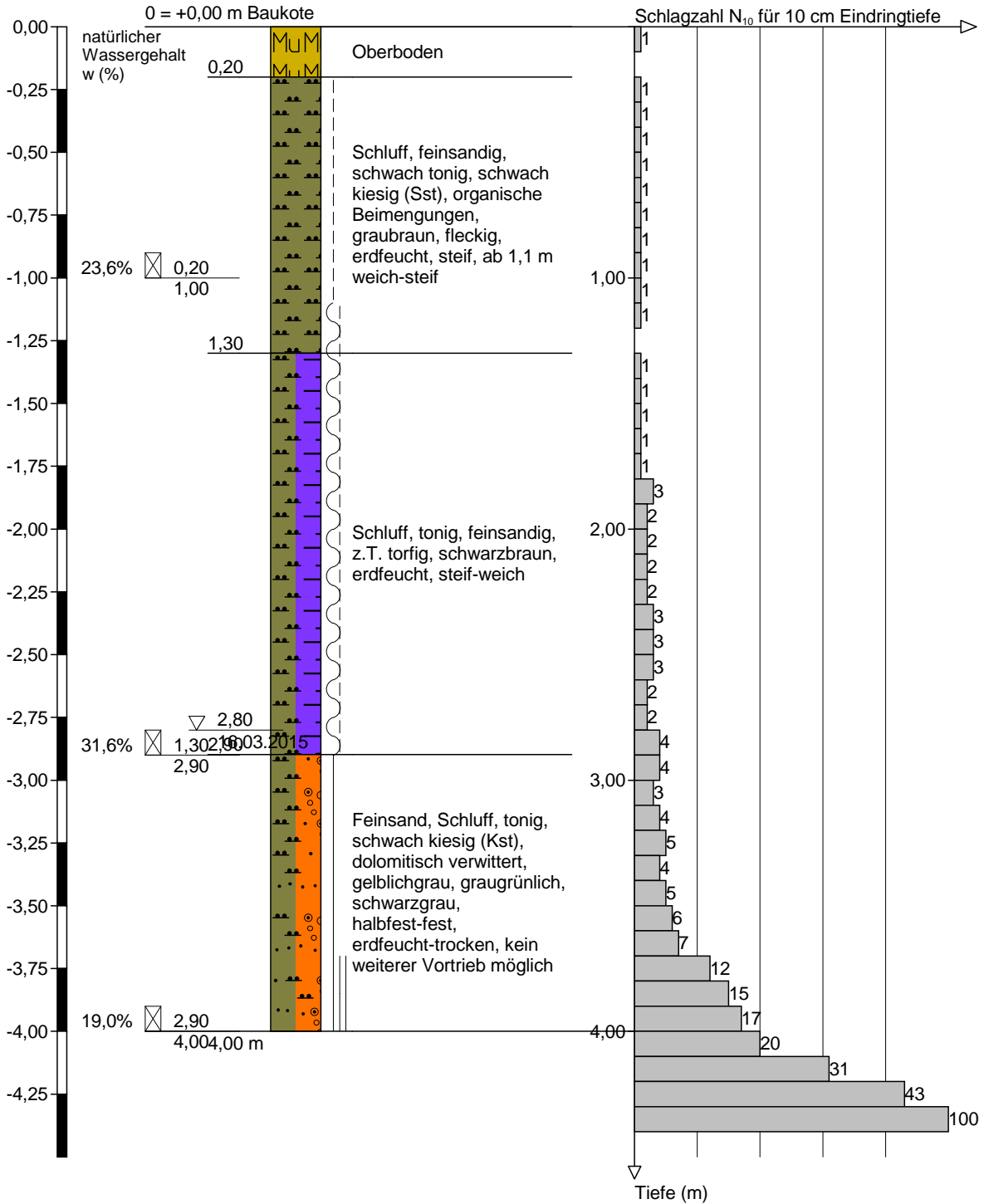
## DPH -E5



Höhenmaßstab 1:25

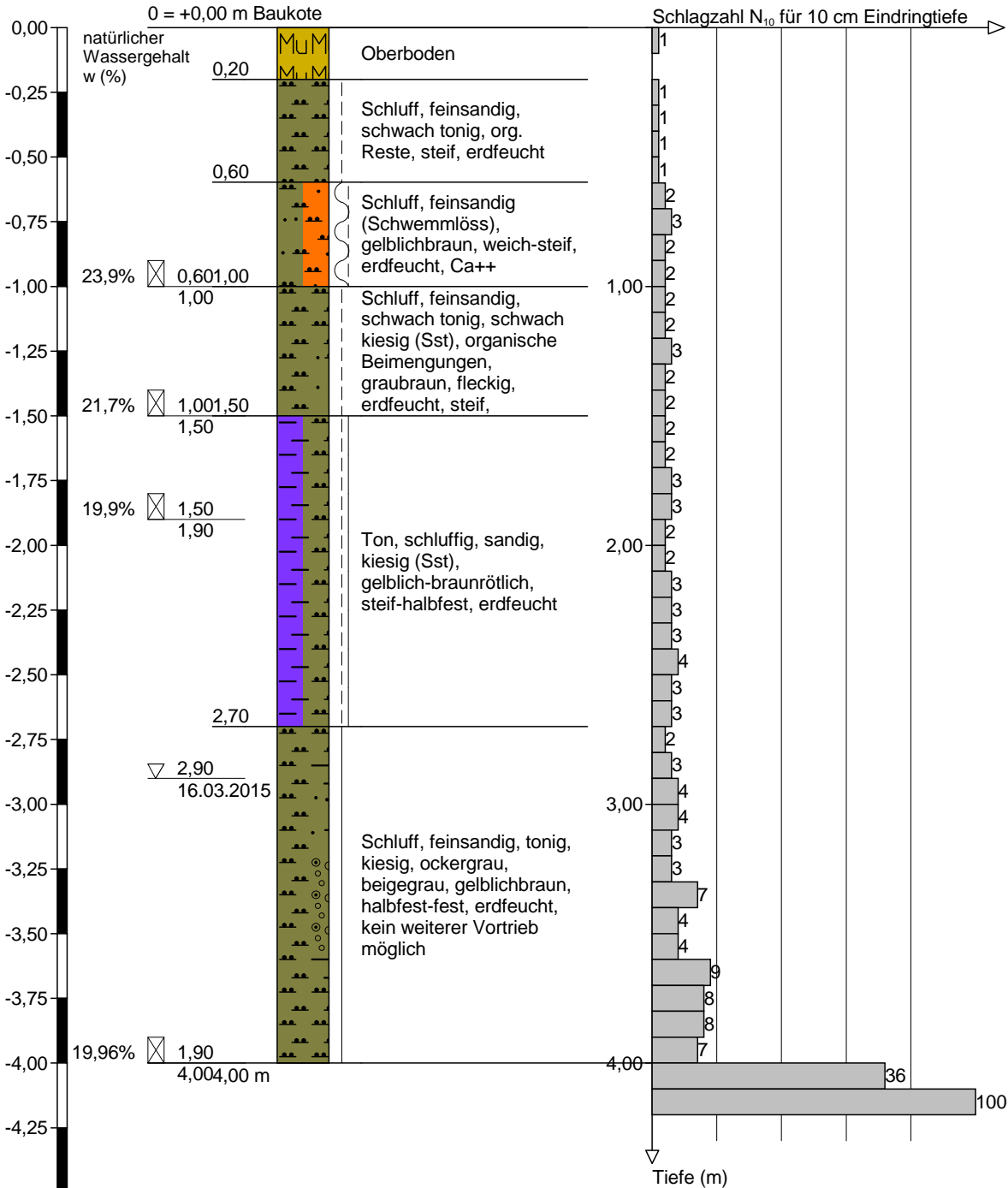


## BS / DPH -E6



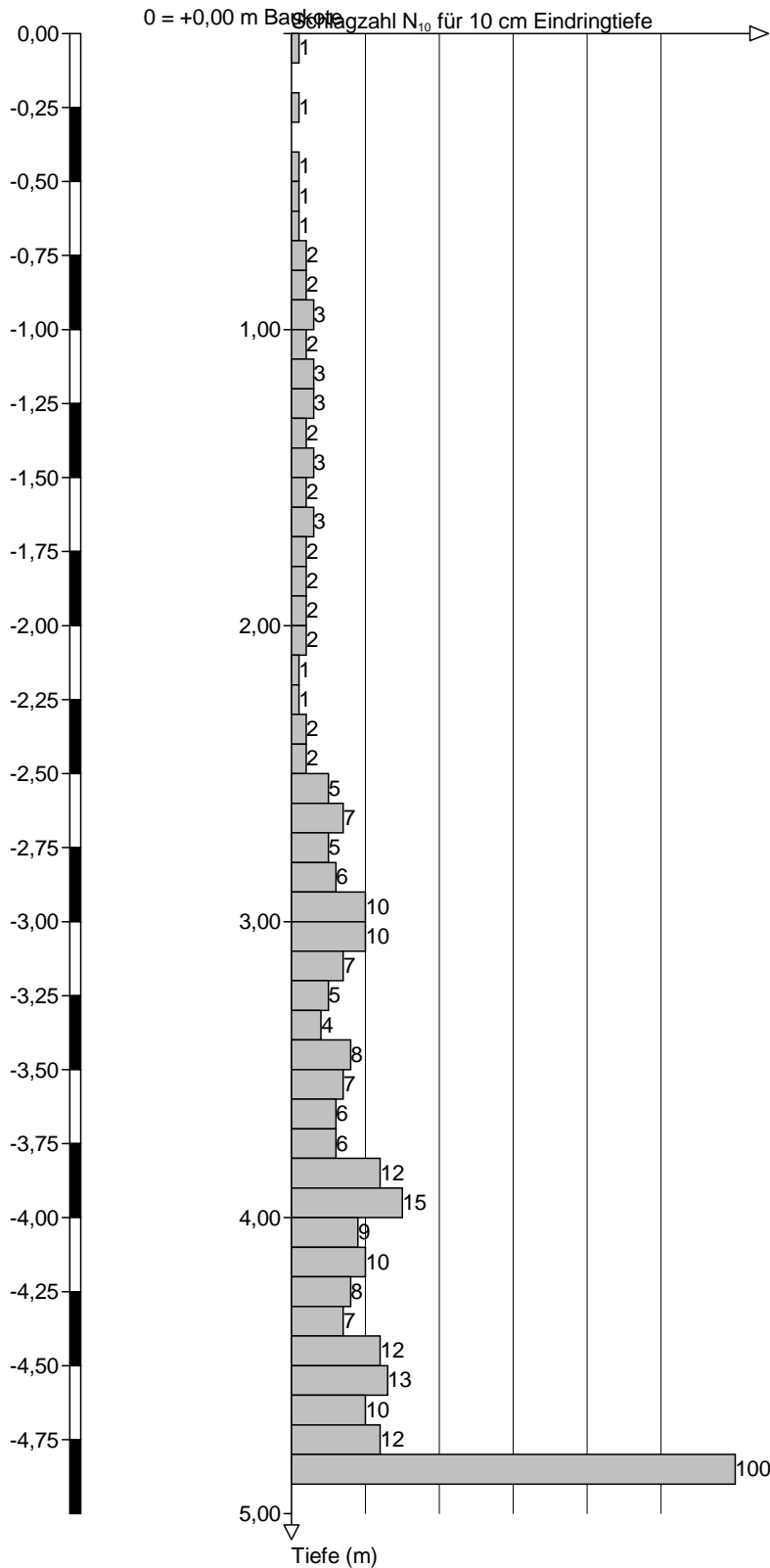
Höhenmaßstab 1:25

## BS / DPH -E7



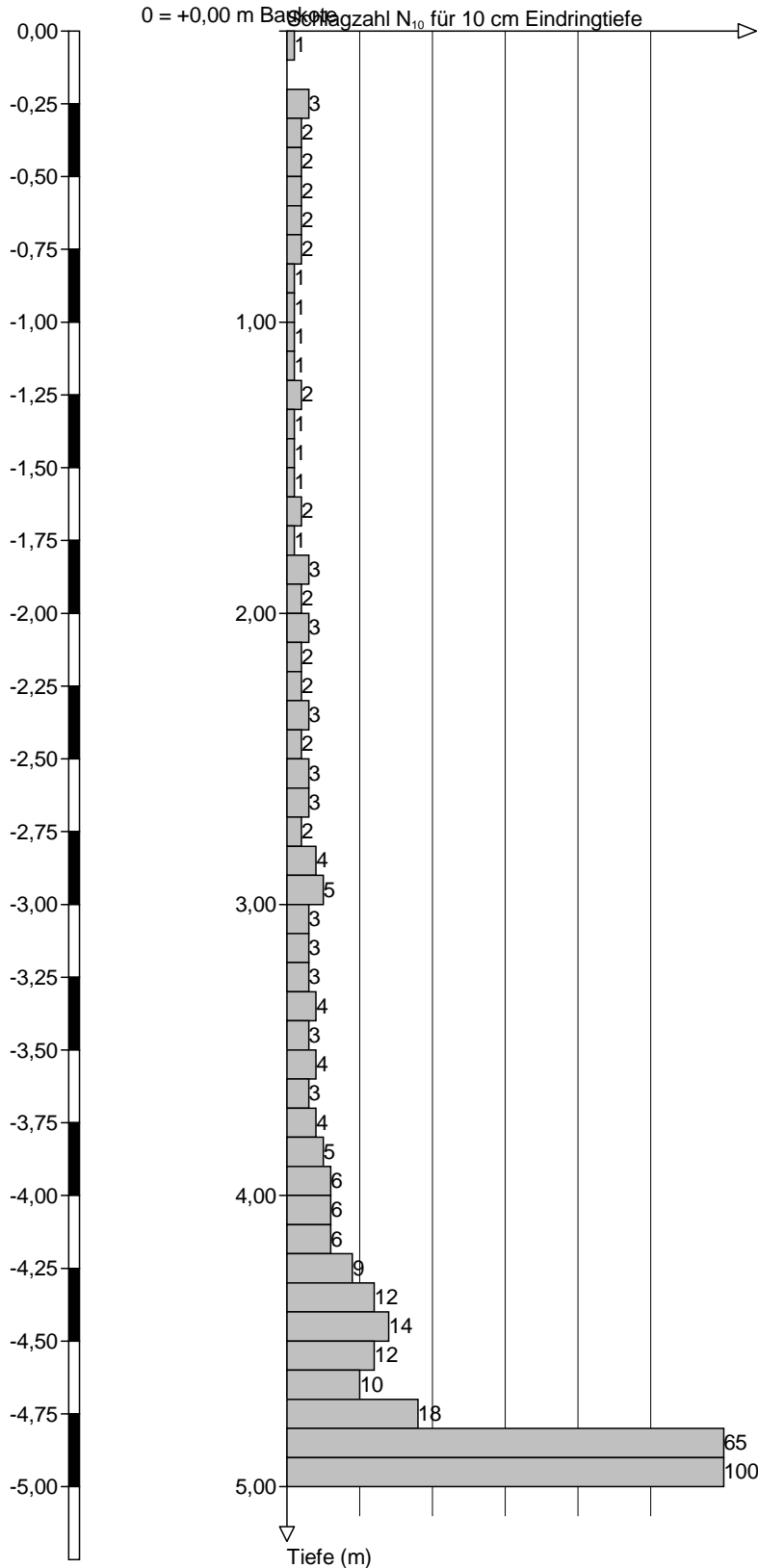
Höhenmaßstab 1:25

## DPH -E8

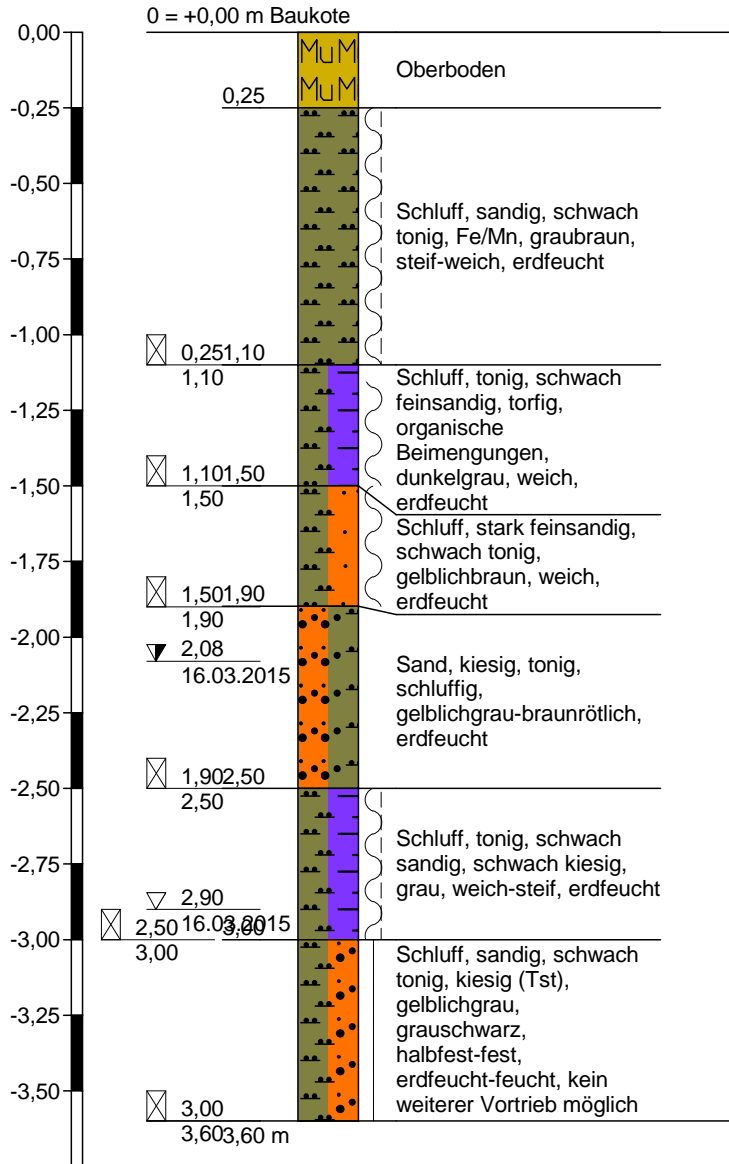


Höhenmaßstab 1:25

## DPH -E9



## BS-E10



Höhenmaßstab 1:25

West

Ost

BS/DPH -E6

DPH -E5

BS/DPH -E4

DPH -E3

BS/DPH -E2

DPH -E1

geplantes  
Absperrbauwerk

HQ<sub>1000</sub>

HQ<sub>100</sub>

Auffüllung

**Auelehm und Schwemmlehm**  
schwach organisch

**Auelehm**  
stark organisch

völlig verwittert

stark  
verwittert

**Lettenkeuper**

angewittert  
(bankig)

435 mNN

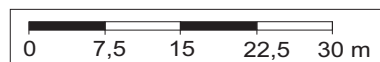
431 mNN

**Magstadt, Hochwasserschutzmaßnahmen, Teilprojekt HRB Erbach**  
Geotechnischer Bericht



**Geologischer West-Ost Geländeschnitt**  
entlang der nördlichen Spundwand

**Anlage Nr. 3**

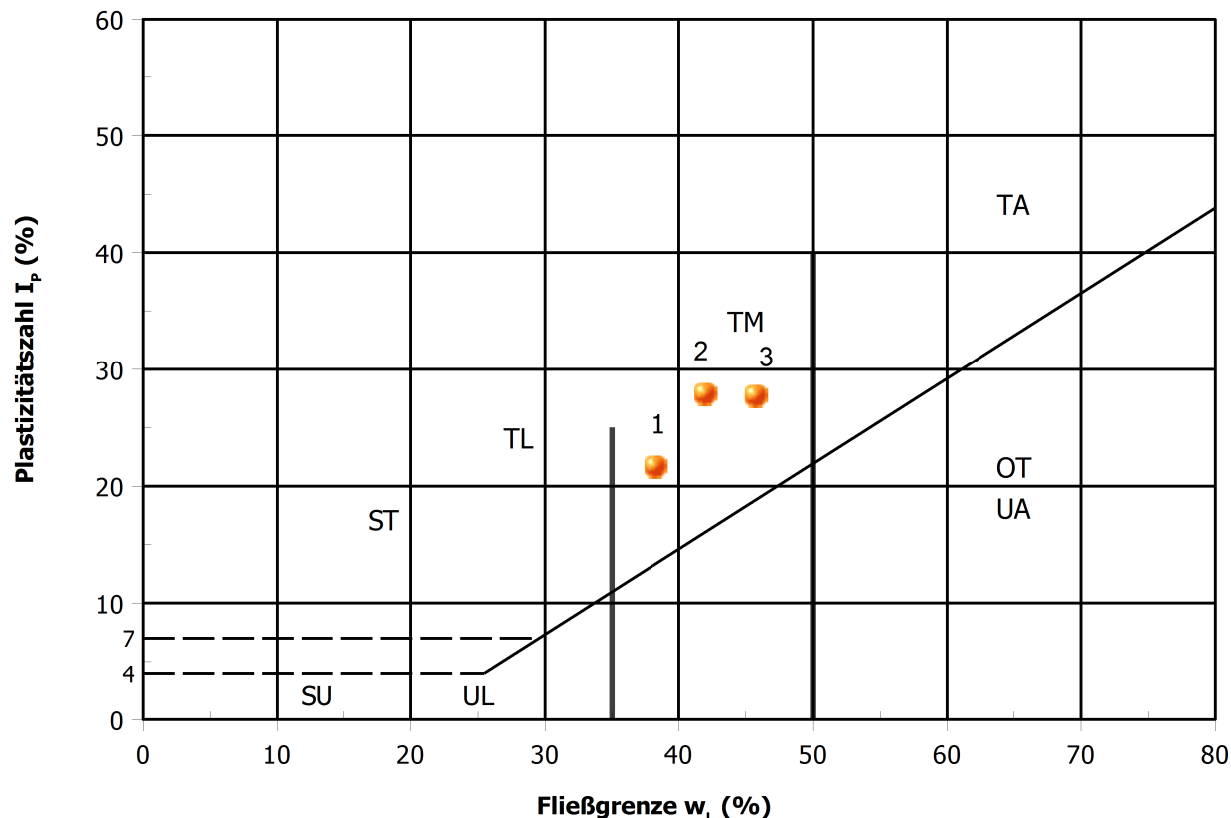


Maßstab 1:750/50

**Zustandsgrenzen nach DIN 18122-1**

**Anlage Nr. 4.1**

Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen,  
 Bodenklassifikation nach DIN 18196



Probe Nr.		1	2	3
Aufschluss		BS E6	BS E6	BS E7
Entnahmetiefe	(m u.Gel.)	0,2 – 1,0 m	1,3 – 2,4 m	1,0 – 1,5 m
Bodenart		U,t',fs	U,t,fs,torfig	U,t,fs'
Geologie		Auelehm	Auelehm	Auelehm
Natürl. Wassergehalt	w <sub>n</sub> (%)	23,6	31,7	21,7
Fließgrenze	w <sub>L</sub> (%)	38,3	42,0	45,8
Ausrollgrenze	w <sub>p</sub> (%)	16,7	14,2	18,2
Plastizitätszahl	I <sub>p</sub> (%)	21,6	27,8	27,6
Konsistenzzahl	I <sub>c</sub> (%)	0,68	0,37	0,87
Konsistenz		weich	sehr weich	steif

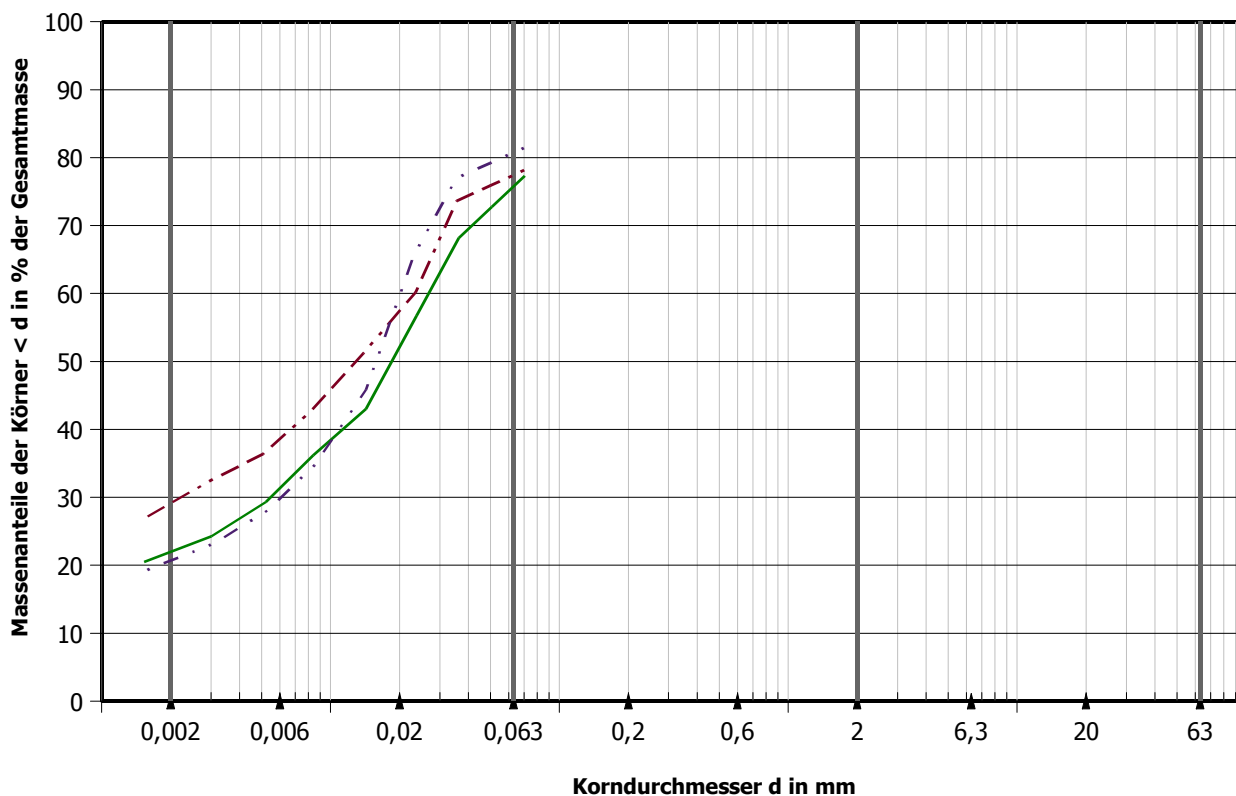
Bodenklassifikation nach DIN 18196:

SU Sand-Schluff-Gemisch	TL Ton, leichtplastisch	OU Schluffe mit organischen Beimengungen oder organogene Schluffe
ST Sand-Ton-Gemisch	TM Ton, mittelplastisch	OT Tone mit organischen Beimengungen oder organogene Tone
	TA Ton, ausgeprägt plastisch	
UL Schluff, leichtplastisch		
UM Schluff, mittelplastisch		
UA Schluff, ausgeprägt zusammendrückbar		

**Korngrößenverteilung nach DIN 18123**

**Anlage Nr. 4.2**

Sedimentation



Linie	Aufschluss	Entnahmetiefe	Entnahmedatum	Bodenart	Kornkennzahlen (%)					d <sub>10</sub> mm	d <sub>20</sub> mm	d <sub>60</sub> mm	U	C <sub>c</sub>	k m/s
					T	U	S	G	X						
—	BS-E6	0,2 – 1,0 m	20.04.15	U, t, s	21,7	53,9	24,4	0,0	0	0,00	0,00	0,0	-	-	-- (3)
- - -	BS-E7	0,6 - 1,5 m	20.04.15	U, t, s	20,4	60,3	19,3	0,0	0	0,00	0,00	0,0	-	-	9,5E-12 (3)
- · -	BS-E4	0,25 – 1,0 m	20.04.15	U, t, s	28,7	48,7	22,7	0,0	0	0,00	0,00	0,0	-	-	-- (3)
· · ·															--

aus der Kornverteilung kann abgeleitet werden:

Ungleichförmigkeitszahl:

$$U = d_{60}/d_{10}$$

Krümmungszahl:

$$C_c = d_{30}^2/(d_{10} \cdot d_{60})$$

Filterregel (Terzaghi):

$$D_{30} < 4 \cdot d_{85} ; D_{15} > 4 \cdot d_{15}$$

Durchlässigkeit k (m/s)

(1) nach Hazen:

$$k = 0,0116 \cdot d_{10}^2$$

(2) nach Beyer:

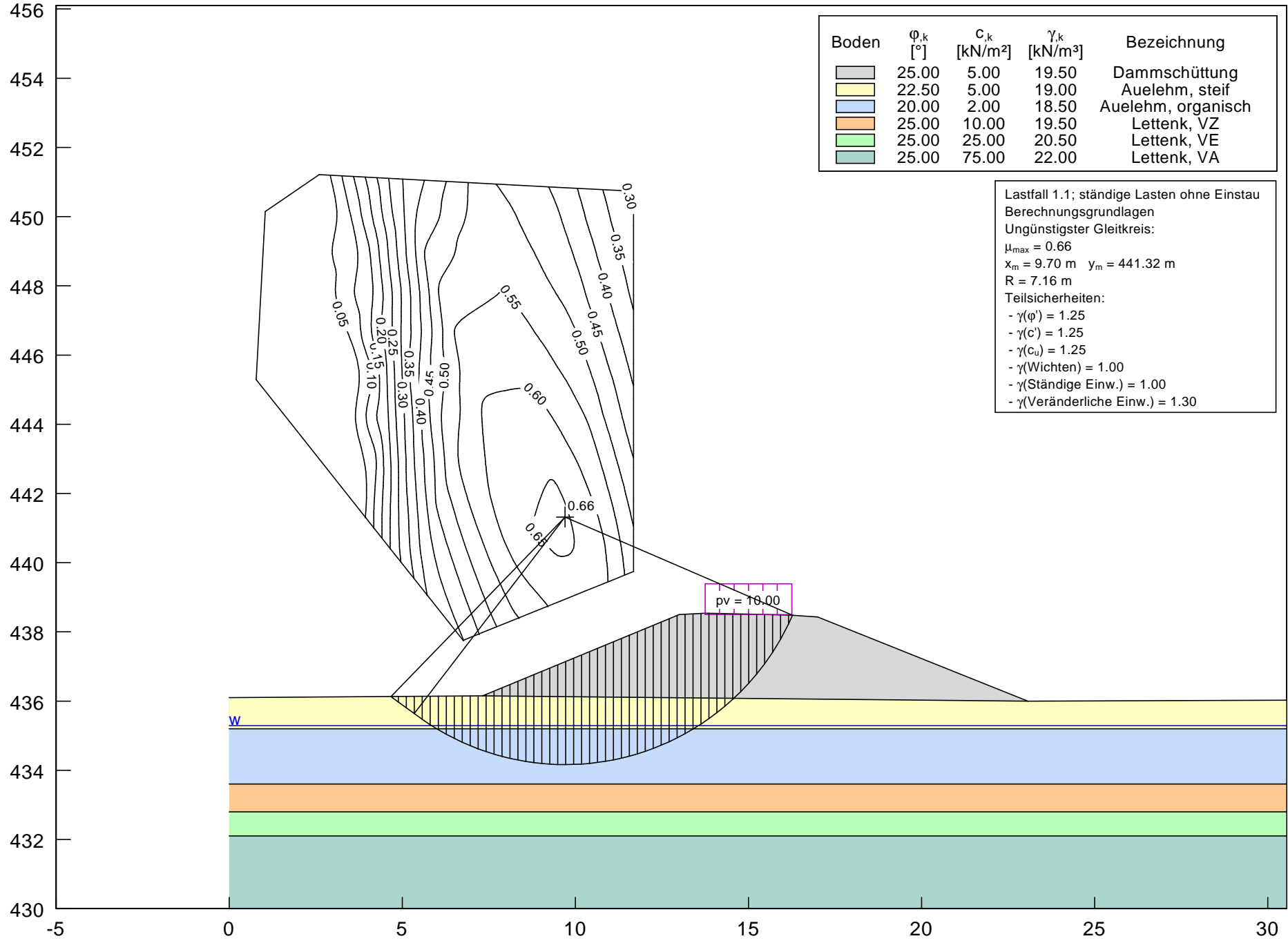
$$k = [2,68/(U+3,4)+0,55] \cdot d_{10}^2$$

(3) nach Mallet/Pacquant:

$$k = 0,0036 \cdot d_{20}^{2,3}$$



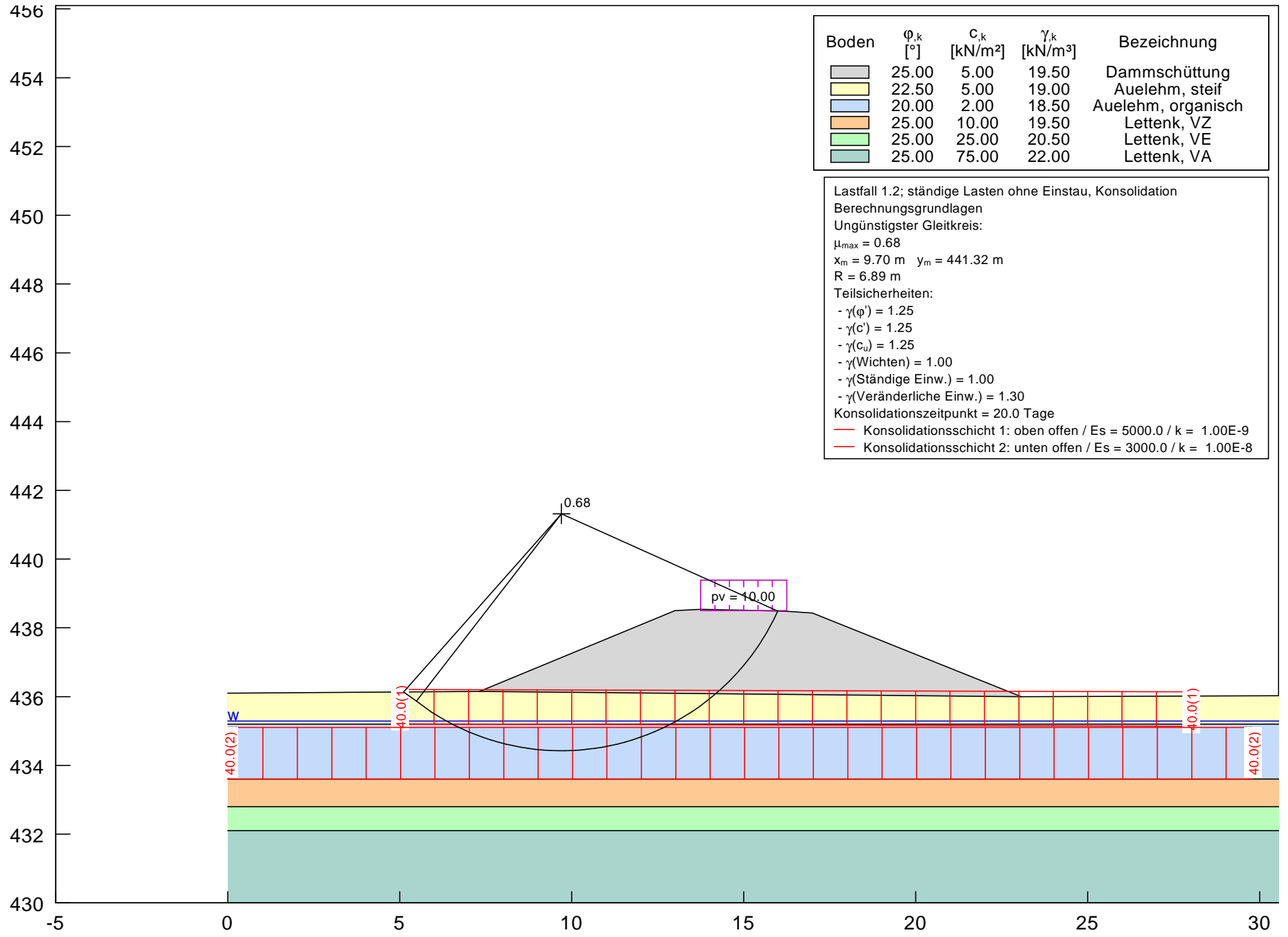
Profilschnitt HRB Erbach: Lastfall 1.1



Anlage 5.1

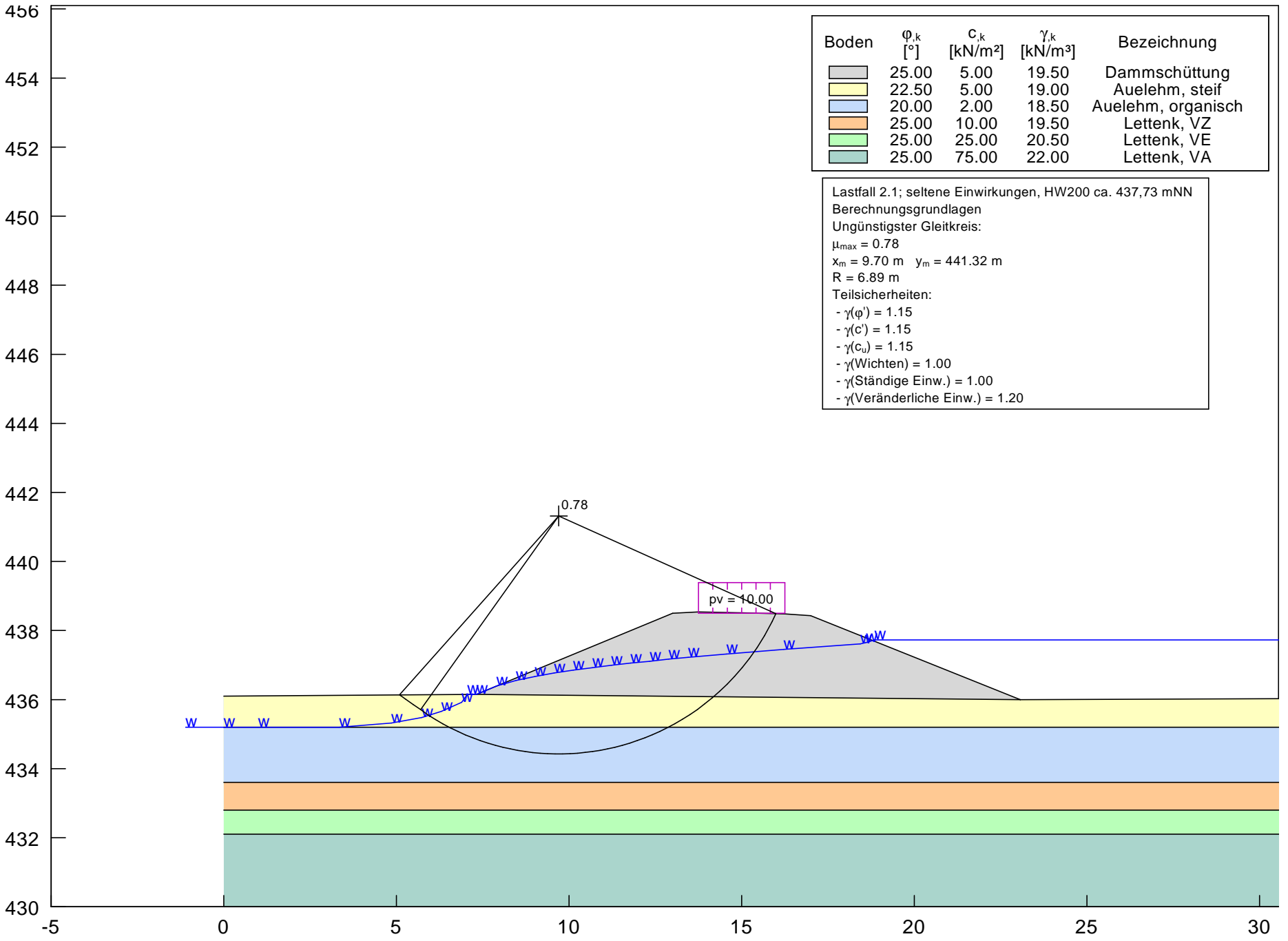
Profilschnitt HRB Erbach: Lastfall 1.2

Anlage 5.2



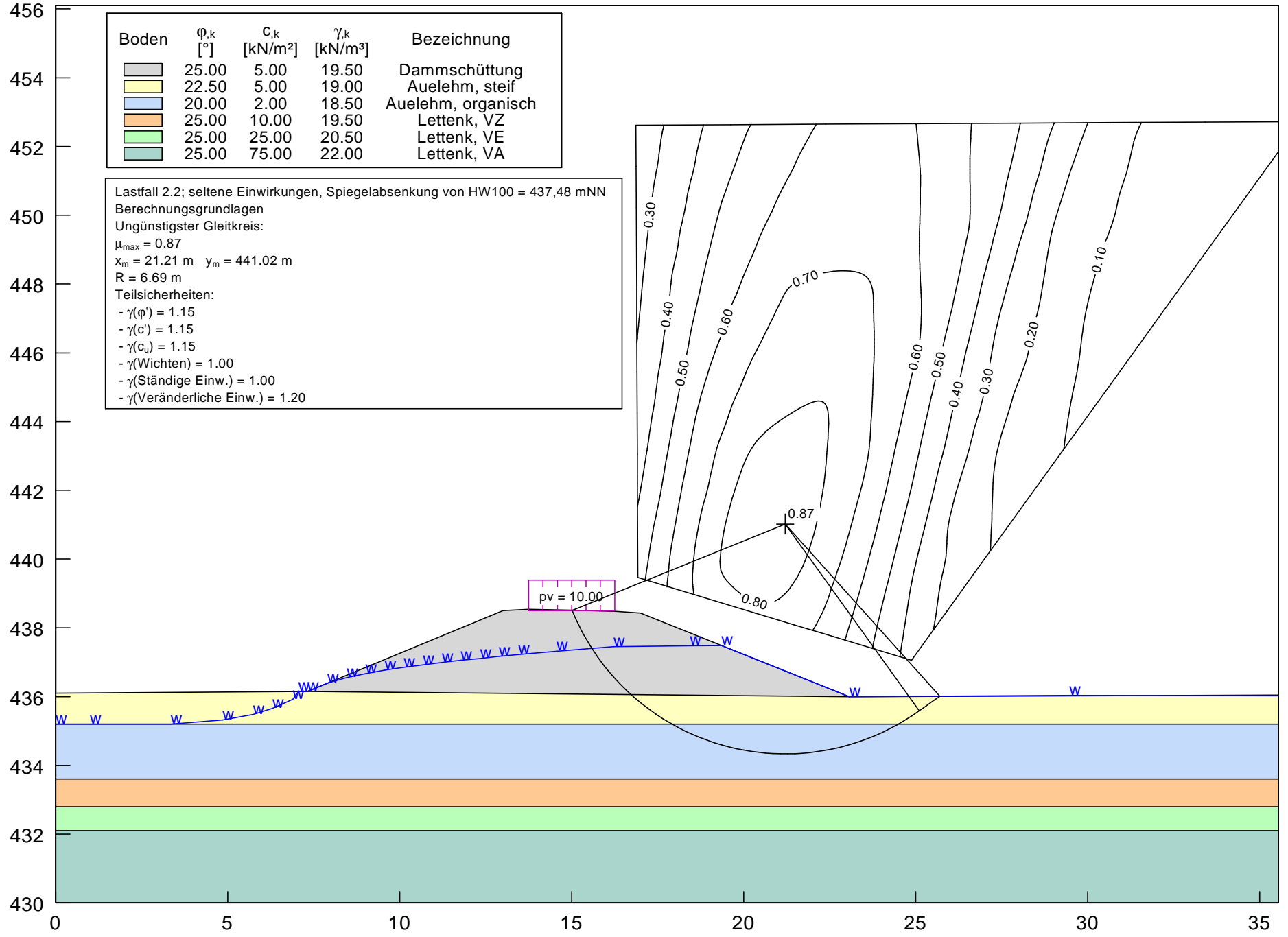
Profilschnitt HRB Erbach: Lastfall 2.1

Anlage 5.3



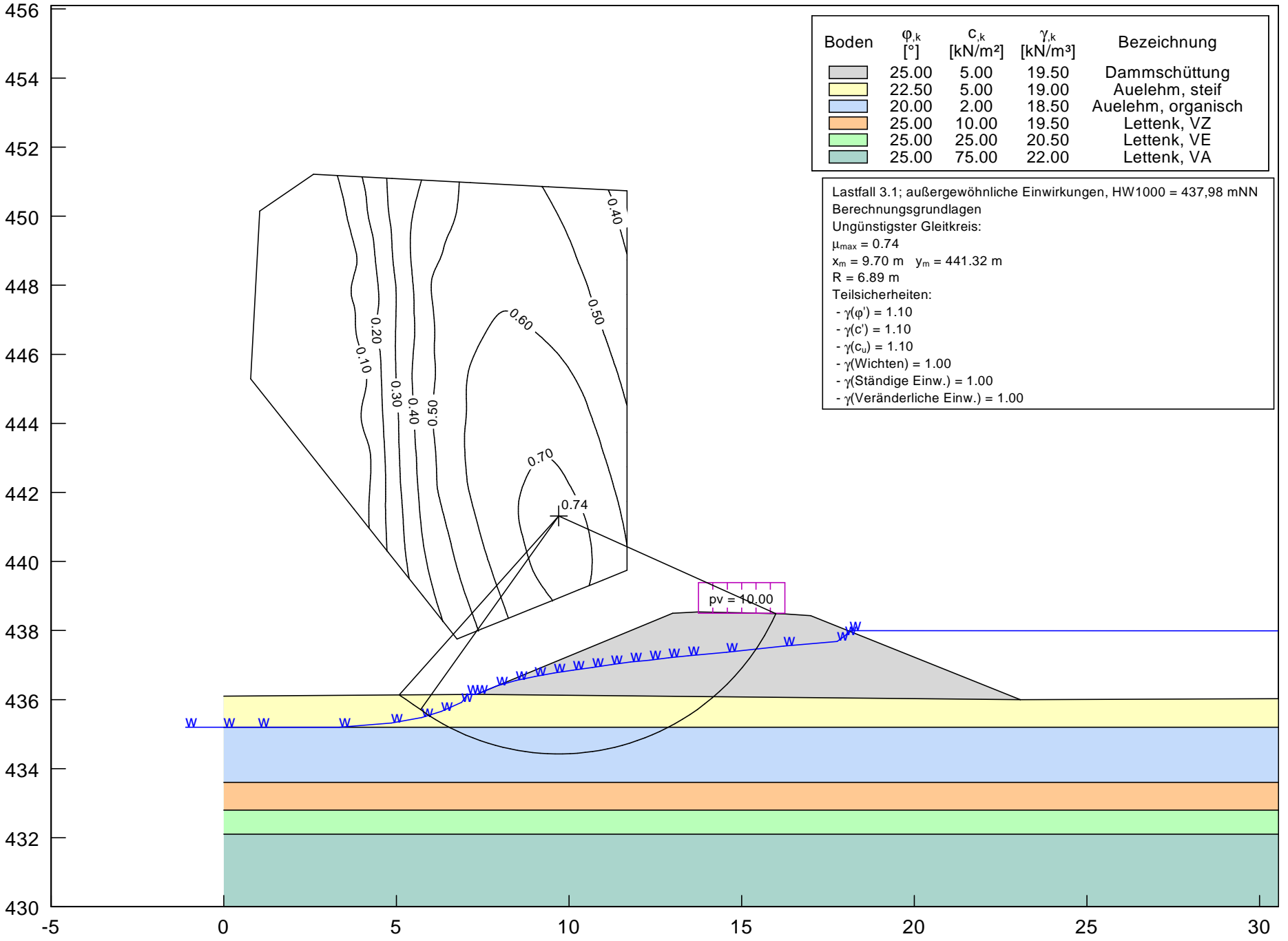
Profilschnitt HRB Erbach: Lastfall 2.2

Anlage 5.4



Profilschnitt HRB Erbach: Lastfall 3.1

Anlage 5.5



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: hrgi H. Reichenbach, Lindenstraße 16, 74232 Abstatt  
Projekt: Magstadt, HRB Erbach  
Projektbearbeiter: Herr Reichenbach  
Probenahme: durch Auftraggeber  
Bearbeitungszeitraum: 14.07.- 20.07.2015

### Untersuchungsbefund:

Parameter	MP E4 +E6: 0,2-1,0m	Dimension
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe: <b>PAK 16</b>		
Naphthalin	< 0,01	mg/kg TS
Acenaphthylen	< 0,01	mg/kg TS
Acenaphthen	< 0,01	mg/kg TS
Fluoren	< 0,01	mg/kg TS
Phenanthren	< 0,01	mg/kg TS
Anthracen	< 0,01	mg/kg TS
Fluoranthen	0,01	mg/kg TS
Pyren	0,01	mg/kg TS
Benzo(a)anthracen	0,01	mg/kg TS
Chrysen	0,01	mg/kg TS
Benzo(b/k)fluoranthen	0,01	mg/kg TS
Benzo(a)pyren	< 0,01	mg/kg TS
Dibenzo(ah)anthracen	< 0,01	mg/kg TS
Indeno(1,2,3-cd)pyren	< 0,01	mg/kg TS
Benzo(ghi)perylen	< 0,01	mg/kg TS
<b>Summe PAK 16*</b>	<b>0,05</b>	<b>mg/kg TS</b>
Polychlorierte Biphenyle: <b>PCB</b>		
PCB 28	< 0,01	mg/kg TS
PCB 52	< 0,01	mg/kg TS
PCB 101	< 0,01	mg/kg TS
PCB 138	< 0,01	mg/kg TS
PCB 153	< 0,01	mg/kg TS
PCB 180	< 0,01	mg/kg TS
<b>Summe PCB*</b>	<b>&lt; 0,01</b>	<b>mg/kg TS</b>

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

Analytik: PAK: Merkblatt Nr. 1 des LUA-NRW bzw. sinngemäß auch nach DIN ISO 18287  
PCB: DIN ISO 10382 bzw. sinngemäß auch nach 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: hrgi H. Reichenbach, Lindenstraße 16, 74232 Abstatt  
Projekt: Magstadt, HRB Erbach  
Projektbearbeiter: Herr Reichenbach  
Probenahme: durch Auftraggeber  
Bearbeitungszeitraum: 14.07.- 20.07.2015

### Untersuchungsbefund:

Parameter	MP E4 +E6: 0,2-1,0m	Dimension
Dichlormethan	< 0,010	mg/kg TS
trans-1,2-Dichlorethen	< 0,010	mg/kg TS
1,1-Dichlorethan	< 0,010	mg/kg TS
cis-1,2-Dichlorethen	< 0,010	mg/kg TS
Trichlormethan	< 0,010	mg/kg TS
1,1,1-Trichlorethan	< 0,010	mg/kg TS
Tetrachlormethan	< 0,010	mg/kg TS
Trichlorethen	< 0,010	mg/kg TS
Tetrachlorethen	< 0,010	mg/kg TS
<b>Summe LHKW*</b>	< 0,010	mg/kg TS
Benzol	< 0,010	mg/kg TS
Toluol	< 0,010	mg/kg TS
Ethylbenzol	< 0,010	mg/kg TS
m/p-Xylol	< 0,010	mg/kg TS
o-Xylol	< 0,010	mg/kg TS
<b>Summe BTEX*</b>	< 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: hrgi H. Reichenbach, Lindenstraße 16, 74232 Abstatt  
 Projekt: Magstadt, HRB Erbach  
 Projektbearbeiter: Herr Reichenbach  
 Probenahme: durch Auftraggeber  
 Bearbeitungszeitraum: 14.07.- 20.07.2015

### Untersuchungsbefund:

Parameter		MP E4 +E6: 0,2-1,0m	Dimension
Extrah. org. Halogenverb. <b>EOX</b>		< 0,50	mg/kg TS
Kohlenwasserstoffe <b>C<sub>10</sub>-C<sub>22</sub></b>		< 50	mg/kg TS
Kohlenwasserstoffe <b>C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub></b>		< 50	mg/kg TS
Cyanide, ges. <b>CN<sup>-</sup></b>		< 0,10	mg/kg TS
Schwermetalle:			
Arsen <b>As</b>		8,9	mg/kg TS
Blei <b>Pb</b>		19	mg/kg TS
Cadmium <b>Cd</b>		< 0,40	mg/kg TS
Chrom, ges. <b>Cr</b>		40	mg/kg TS
Kupfer <b>Cu</b>		24	mg/kg TS
Nickel <b>Ni</b>		34	mg/kg TS
Quecksilber <b>Hg</b>		< 0,10	mg/kg TS
Thallium <b>Tl</b>		< 0,50	mg/kg TS
Zink <b>Zn</b>		55	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: hrgi H. Reichenbach, Lindenstraße 16, 74232 Abstatt  
Projekt: Magstadt, HRB Erbach  
Projektbearbeiter: Herr Reichenbach  
Probenahme: durch Auftraggeber  
Bearbeitungszeitraum: 14.07.- 20.07.2015

### Untersuchungsbefund:

Parameter		MP E4 +E6: 0,2-1,0m	Dimension
pH-Wert	bei 29°C	8,4	--
Leitfähigkeit	bei 25°C	150	µS/cm
Chlorid	Cl <sup>-</sup>	< 3,0	mg/l
Sulfat	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4,2	mg/l
Cyanide, ges.	CN <sup>-</sup>	< 5,0	µg/l
Phenolindex	PI	< 10	µg/l
Schwermetalle:			
Arsen	As	< 3,0	µg/l
Blei	Pb	< 10	µg/l
Cadmium	Cd	< 1,0	µg/l
Chrom, ges.	Cr	< 10	µg/l
Kupfer	Cu	< 10	µg/l
Nickel	Ni	< 10	µg/l
Quecksilber	Hg	< 0,10	µg/l
Zink	Zn	< 25	µg/l

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

### Probeninformationen:

Probenbezeichnung:	MP E4 +E6: 0,2-1,0m
Labornummer:	1507116
Matrix:	Feststoff
Probenbehälter:	SDG
Probenmenge:	300g

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 20. Juli 2015  
Analytik-Team GmbH



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