

# **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 Stützen**

### **Geotechnischer Bericht**

Auftraggeber:

Gemeinde Magstadt

Ortsbauamt

Markplatz 1

71106 Magstadt

Ansprechpartner:

Herr Gaiser

Umfang:

Textseiten: 21

Anlagen: 1.1 bis 5.5; 14 Blatt

Oberstenfeld, den 29.12.2015

## 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.....	7
6	Bautechnische Hinweise und Empfehlungen .....	9
6.1	Erdarbeiten und Herstellen des Dammbauwerks.....	9
6.1.1	Allgemeine Hinweise zu den Erdarbeiten.....	9
6.1.2	Dammaufstandsflächen.....	13
6.2	Herstellung des Durchlassbauwerks.....	14
6.2.1	Stabilisieren der Gründungssohle.....	14
6.2.2	Rahmen- oder Trogbauwerk mit Sohlplatte.....	15
6.2.3	Dammschüttung und Erddruck.....	15
6.2.4	Herstellen der Baugrube .....	16
7	Nachweise der Standsicherheit des Dammbauwerks.....	16
7.1	Allgemeines.....	16
7.2	Einwirkungen.....	18
7.2.1	Hydraulische Einwirkungen.....	18
7.2.2	Erdbeben.....	19
7.3	Berechnungen.....	19
8	Baugrundüberprüfung.....	20
	Anlagenverzeichnis .....	21

## **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 Stützen.

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

- Kataster Ortslage mit Leitungsbestand Kanäle
- HRB Stützen, Damm und Einlaufbauwerk, Lageplan, M 1:500, Entwurfsplanung, Stand 23.04.2015, Unger-Ingenieure, Freiburg
- HRB Stützen, Einlaufbauwerk und Quellschacht, Draufsicht, Längsschnitt und Schnitt A-A, M 1:100, 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 südlichen Rand von Magstadt, unmittelbar westlich des Bahnhofs und der Landesstraße L1185, siehe Anlage 1.1.

Das Gelände bildet dort eine flache, nach Nordost fallende Rinne. Zum Zeitpunkt der Erkundung war das Gelände eine Wiese.

Geplant ist der Neubau eines Hochwasserrückhaltebeckens, das durch ein Absperrbauwerk mit einem bis zu 4,5 m hohen Erddamm im Nordosten der Talmulde gebildet wird.

## **3 Untersuchungsumfang**

Bei Ortsterminen am 29.04. und 01.07.2015 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	Einzelstiefen	Gesamtlänge
4	Kleinrammbohrungen DIN EN ISO 22475-1, Tab. 2, Zeile 9	60 / 50 mm	3,6 – 4,0 m	18,9 m
2	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
18	Beutelproben Güteklasse GK 3	Bodenprobe aus Kleinrammbohrungen
18	Bestimmung des natürlichen Wassergehalts nach DIN 18121-1	siehe Anlage 2, links neben den Profilsäulen
4	Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18122-1	siehe Anlage 4.1
3	Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123	siehe Anlage 4.2

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

#### **b) Auffüllungen**

In BS-S2, BS-S3 und BS-S4 wurde unter einer nur dünnen Oberbodenschicht Auffüllung erkundet, die bis in eine Tiefe von etwa 1 m unter Gelände reicht. Dabei handelt es sich um einen grauen, braunen und dunkelbraungrauen, schwach kiesigen, sandigen, tonigen, Schluff, mit Schottersteinen, Ziegelresten und Porzellanscherben. Die Auffüllung steht zum Einen m Zusammenhang mit dem Bau des Wirtschaftsweges, zum Anderen wurde die Flä-

che südöstlich des Wirtschaftswegs als Baustelleneinrichtungsfläche für den Ausbau der Bahnlinie und des Haltepunktes Magstadt genutzt.

Die Konsistenz der Auffüllung ist überwiegend halbfest. Die Auffüllungen reichen an den Bohrpunkten bis rund 1 m unter Gelände.

### **c) Decklehm**

Unter der Auffüllung oder dem Oberboden folgen Decklehme, die in verschiedene Bereiche unterteilt werden können, siehe Anlage 3. Zuoberst wurde an den Talflanken ein **Schwemmlehm** angetroffen. Es ist ein brauner, kalkfreier, feinsandiger, toniger Schluff, mit steifer bis halbfester Konsistenz, der aus abgeschwemmtem Lösslehm entstanden ist. Im Norden bei BS S1 folgt darunter sog, **Schwemmlöss**, der im Gegensatz zum darüberliegenden Schwemmlehm deutlich feinsandiger und nur schwach tonig ist. Die Farbe wechselt feinschichtig zwischen gelbbraun und goldbraun. Der Schwemmlöss reicht in BS-S1 bis 3 m unter Gelände und wird dort von **Lösslehm** unterlagert, einem hellbraunen, schwach feinsandigen tonigen Schluff mit steifer bis halbfester Konsistenz.

In der Talmitte bei BS-S2 und S3 fehlen der Schwemmlöss und Lösslehm, hier wurde unter den Auffüllungen eine brauner, braungrauer und dunkelbrauner, feinsandiger, toniger Schluff erbohrt, der teilweise organische Bestandteile, wie Holzreste und andere organische Beimengungen, aufweist. Zur Tiefe hin sind auch kiesige und sandige Anteile anzutreffen. Die Konsistenz ist überwiegend weich, in BS S3 auch steif bis halbfest. Diese Schichten werden als **Tallehm** zusammengefasst. Die Mächtigkeit des Tallehms beträgt 2,2 m in BS-B3 und 2,8 m in BS-S2.

### **d) Lettenkeuper**

Der tiefere Untergrund unter den Decklehmen wird aus den Schichten des Lettenkeupers gebildet. Sie sind insbesondere in den oberen Dezimetern, in BS S2 in den oberen zwei Metern, fast vollständig zu einem gelbbraunen, grüngrauen, ockerbraun und goldbraunen schluffigen, teils kiesigen oder sandigen Ton oder einem sandig-kiesig-schluffigen Grus verwittert (Verwitterungsgrad VZ/VE). Die Konsistenz der bindigen Anteile ist in den Bohrungen meist steif bis halbfest, während in den Rammsondierungen die Schlagzahlen selten über  $N_{10} = 10$  liegen. Darunter sitzen die Sondierungen bei etwa 3 m Tiefe (BS-S4) bis 6 m Tiefe (BS-S2) auf den ersten harten Dolomitstein- und Sandsteinschichten 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 Schichten des Lettenkeupers setzen sich noch wenige Meter bis zum Oberen Muschelkalk hin fort.

## 4.2 Grundwasser

Der Grundwasserspiegel wurde am 29.04.2015 in den Sondierlöchern der Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen nicht angetroffen.

Es kann jedoch auch oberhalb des Grundwasserspiegels durch den Wechsel von feinsandigen und schluffigen Lagen im Decklehm zeitweise zu Sickerwasserzutritten zur Baugrube kommen. Weitere Schichtwasservorkommen sind in den Kalkstein- und Sandsteinbänken des Lettenkeupers zu erwarten.

## 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 und der Fließ- und Ausrollgrenzen nach DIN 18122-1 durchgeführt. Die Ergebnisse der Laborversuche werden nachfolgend beschrieben

In den Decklehmen wurden vier Bestimmungen Zustandsgrenzen ausgeführt, die in Tabelle 2 zusammengefasst sind. Die Einzelwerte der natürlichen Wassergehalte sind in den Bohrprofilen in Anlage 2 dokumentiert.

*Tabelle 2: Zustandsgrenzen im Decklehm nach DIN 18122-1*

Aufschluss		BS-S1	BS-S2	BS-S3	BS-S4
Entnahmetiefe	(m u.Gel.)	1,4 – 3,0 m	1,5 – 2,5 m	2,0 – 2,9 m	1,0 – 1,9 m
Bodenart		U, t', fs	U, t, fs	U,t, fs'	U, t̄, fs'
Geologie		Schwemmlöss	Tallehm	Tallehm	Schwemmllehm
natürl. Wassergehalt	$w_n$ (%)	19,5	21,7	24,7	24,1
Fließgrenze	$w_L$ (%)	30,8	39,1	41,2	50,5
Ausrollgrenze	$w_P$ (%)	15,8	15,8	17,8	18,1
Plastizitätszahl	$I_P$ (%)	15,0	23,3	23,4	32,4
Konsistenzzahl	$I_C$ (%)	0,75	0,75	0,71	0,81
Konsistenz		weich-steif	weich-steif	weich	steif
Klassifikation nach DIN 18196		TL	TM	TM	TM/TA

In den Decklehmen liegen die Wassergehalte zwischen  $w = 17\%$  und  $25\%$ . Hierbei wurden Fließgrenzen mit  $w_L = 30,8\%$  (im Schwemmlöss) und  $50,5\%$  (im Schwemmllehm) und Ausrollgrenzen  $w_P = 15,8\%$  bis  $18,1\%$  festgestellt. Somit ist der Schwemmllehm und der Tallehm als mittel- und ausgeprägt plastischer Ton TM/TA einzuordnen, während der Schwemmlöss eine leicht plastischer Ton TL ist.

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 0,64 und 1,05. Für den Tallehm und Schwemmlöss ergibt sich damit überwiegend eine weiche bis steife Konsistenz, im Schwemmlöss, der oberflächennah angesteht ist die Konsistenz steif bis halbfest.

Zur Tiefe hin im verwitterten Lettenkeuper liegen die Wassergehalte zwischen  $w_n = 15\%$  und  $25\%$ .

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 3).

*Tabelle 3: Klassifikationen und charakteristische bodenmechanische Rechenwerte*

geol. Bezeichnung	Decklehm			Lettenkeuper	
	Schwemmlöss	Tallehm	Lösslehm Schwemmlöss	stark - völlig verwittert	gering - mäßig verwittert
Konsistenz, vorherrschend	steif	weich - steif	steif	halbfest - fest	-
Verwitterungsgrad <sup>1)</sup>				VZ/VE	VAVU
<b>Klassifikationen:</b>					
Bodengruppe (DIN 18196)	TM, TA	TM, TA, OT	TL, TM	TM, GT* (Kst, Dst, Tst, Mst)	(Kst, Dst, Tst, Mst)
Bodenklasse (DIN 18300:2012)	4, 5	4, 5	4	4, 5, 6	6, 7
Frostempfindlichkeit	groß	groß	groß	groß	-
Klasse nach ZTV E-StB	F3	F3	F3	F3	--
<b>Rechenwerte:</b>					
Wichte $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	19,5	18,5	19,5	20	22
unter Auftrieb $\gamma'$ (kN/m <sup>3</sup> )	9,5	8,5	9,5	10	12
Reibungswinkel $\phi'_k$ (°)	25	22,5	27,5	25	25
Kohäsion $c'_k$ (kN/m <sup>2</sup> )	7	2 – 5	7	10 – 25	25 – 100
Undrained Kohäsion $c_{u,k}$ (kN/m <sup>2</sup> )	25	15 – 25	25	>100	-
Steifemodul $E_{S,k}$ (MN/m <sup>2</sup> ) für Setzungsberechnungen	7 – 10	3 – 5	7 – 12	25 – 80	≥ 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 4.

Tabelle 4: 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 nach der alten Fassung der DIN 18300 sind in Tabelle 3 des Abschnitts 5 aufgeführt und werden nachfolgend ergänzend erläutert. Die Homogenbereiche nach der aktuellen Fassung der DIN 18300:2015-08 ergeben sich aus der Einteilung und den Bodenkennwerten nach Tabelle 3 und dem in Anlage 3 dargestellten Baugrundmodell.

---

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

Auf den ehemaligen Ackerflächen 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 0,3 m, im Mittel 0,2 m auszugehen.

Als Aushubmaterial sind neben den Auffüllungen die oben beschriebenen Decklehme zu erwarten. Diese Böden sind überwiegend der Bodenklasse 4 und 5 zuzuordnen ist. Im oberen Meter sind jedoch auch Ziegel- und Schotterreste, zum Teil auch Porzellan- und Metallbeimengungen vorhanden. Eine Wiederverwendung dieser Böden ist bis zu einem Anteil der Fremdbestandteile von 10 % möglich. Sollten Bereiche mit höheren Anteilen von Fremdbestandteilen vorgefunden werden, ist im Bereich unter dem Dammbauwerk das Material ebenfalls auszuheben, separat zwischenzulagern und auf eine mögliche Wiederverwendung bzw. Verwertung gezielt zu untersuchen.

Mit zunehmender Aushubtiefe im Bereich des Durchlassbauwerks wird auch in den teils organischen Tallehm eingegriffen, der bei jahreszeitlich bedingt höheren Grundwasserständen bzw. stärkerem Sickerwasseraufkommen auch breiige Konsistenz aufweisen kann, 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 Tallehm bei breiiger Konsistenz allerdings auch zu erwarten ist. Entsprechende Festlegungen sollten bereits im Leistungsverzeichnis festgeschrieben werden.

**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. Abbraummaterial 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 an-

zuliefernde 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 5 haben wir die Verdichtungsanforderungen und die daraus abgeleiteten bodenmechanischen Rechenwerte für die Standsicherheitsnachweise in einer Übersicht zusammengefasst.

*Tabelle 5: Verdichtungsanforderungen für die Dammschüttung*

Anforderung	Verdichtungsgrad	Luftporenanteil	charakteristische bodenmechanische Rechenwerte		
			Wichte $\gamma_k$ (kN/m <sup>3</sup> )	Reibungswinkel $\phi'_k$ (°)	Kohäsion $c'_k$ (kN/m <sup>2</sup> )
LUBW-Arbeitshilfe	$\geq 100 \%^1$	$n_a \leq 12 \%$	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 Aufschüttun-

gen Setzungen im Untergrund zu erwarten. Für die ungünstigsten zu erwartenden Untergrundverhältnisse im Bereich der Bohrung BS S2 haben wir exemplarisch für eine Schütthöhe bis 3,5 m das Setzungsmaß abgeschätzt. Demnach ist mit Setzungen des Untergrundes infolge der Auflast der Schüttung mit bis zu 6 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 3 cm bis 5 cm zu rechnen.

Die für die Dammschüttungen zur Verfügung stehenden Böden werden in der Regel stark **witterungsempfindlich** sein. Um das Aufweichen der Schüttlagen 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 Schüttlage 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 Schüttilagen 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
- Überprüfung der vorhandenen oberflächennahen Auffüllungen und ggf. Bodenaustausch.

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 Schüttilagen 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.

Die Bereiche, in denen vorhandene Altauffüllungen angetroffen werden, die offensichtlich mit Fremdbestandteilen durchsetzt sind (Ziegel, Porzellan, Metall etc.) sollten ausgehoben werden um eine homogene und wasserundurchlässige Unterlage für das Dammbauwerk sicherzustellen. Das ausgehobenen Material kann mit den o.g. Verdichtungsanforderungen wieder eingebaut werden, sofern der Anteil an Fremdbestandteilen 10 % nicht übersteigt. Bei höheren Anteilen von Fremdstoffen ist die Eignung für den Wiedereinbau in der Dammaufstandsfläche oder innerhalb der Dammschüttung im Einzelfall zu prüfen. Alternativ ist eine Verwer-

tung bzw. Beseitigung von ungeeignetem Aushubmaterial außerhalb der Baumaßnahmen vorzunehmen.

Die abfallrechtliche Einstufung des abzufahrenden Materials über entsprechende Haufwerksbeprobungen baubegleitend vorzunehmen. Eine Rasterbeprobung vor Baubeginn ist nur in Abstimmung mit dem Deponiebetreiber (Landratsamt) möglich.

## **6.2 Herstellung des Durchlassbauwerks**

### **6.2.1 Stabilisieren der Gründungssohle**

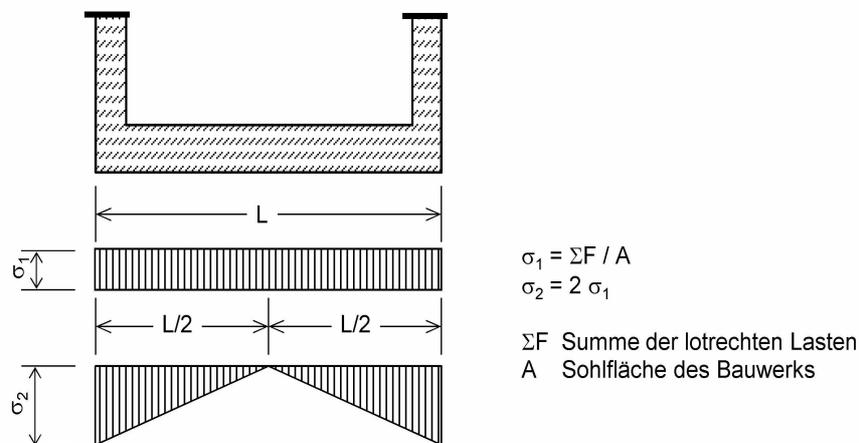
Die Gründungssohlen des Durchlassbauwerks und der anschließenden Stahlbetonkanäle DN 800 werden im Tallehm liegen, der hier überwiegend weich und teilweise organisch ist. Um einen geordneten Bauablauf zu ermöglichen ist es unabhängig von der Konstruktion des Durchlassbauwerks erforderlich, unter der Gründungssohle bzw. unter der Bettungsschicht der Kanalrohre 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.

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 4,8 m belastet mit im Mittel 35 kN/m<sup>2</sup>, Setzungseinflusstiefe 5 m, ergibt sich ein mittlerer Bettungsmodul ( $k_s$ ) von etwa 3 MN/m<sup>3</sup>. Der charakteristische Sohldruck unter der Gründungsplatte sollte  $\sigma_{R,k} = 120 \text{ kN/m}^2$  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 5 genannten bodenmechanischen Rechenwerte angesetzt werden. Zusätzlich ist ein Verdichtungserddruck von  $e_v = 25 \text{ kN/m}^2$  anzusetzen.

Die Dammschüttung ist auf beiden Bauwerksseiten gleichzeitig einzubauen und zu verdichten. Für den Erddruckansatz empfehlen wir in Anlehnung an das "Merkblatt über den Ein-

fluss der Hinterfüllung auf Bauwerke"<sup>2</sup>, die innere und äußere Sicherheit bei der Bauwerksbemessung für den Erdruchdruck 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**

Die Baugrube für die Herstellung des Durchlassbauwerks einschließlich des Schotterpolsters bindet überwiegend rund 1,5 m bis knapp 2 m ins vorhandene Gelände ein.

Bei der Erkundung wurde zwar kein Grundwasser angetroffen, die Baugrubensohle wird jedoch in den weichen Tallem 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 möglicher Sickerwasserzutritte sind die Böschungen oberhalb des Schotterpolsters unter 45° geneigt abzuböschten.

## **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<sub>1000</sub>).

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 6 zusammengestellt. Die Teilsicherheitsbeiwerte für die Berechnungen sind in Tabelle 7 aufgeführt.

---

<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

Tabelle 6: 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> (448,20 mNN)			x					
Spiegelsenkung von Z <sub>v</sub> (447,95 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> (448,45 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 7: 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



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

*Tabelle 8: 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>200</sub>	Spiegelsenkung			HW <sub>1000</sub>	
Ausnutzungsgrad	0,68	0,69	0,87	<b>0,91</b>			0,82	
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 0,91.

## 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 29.12.2015



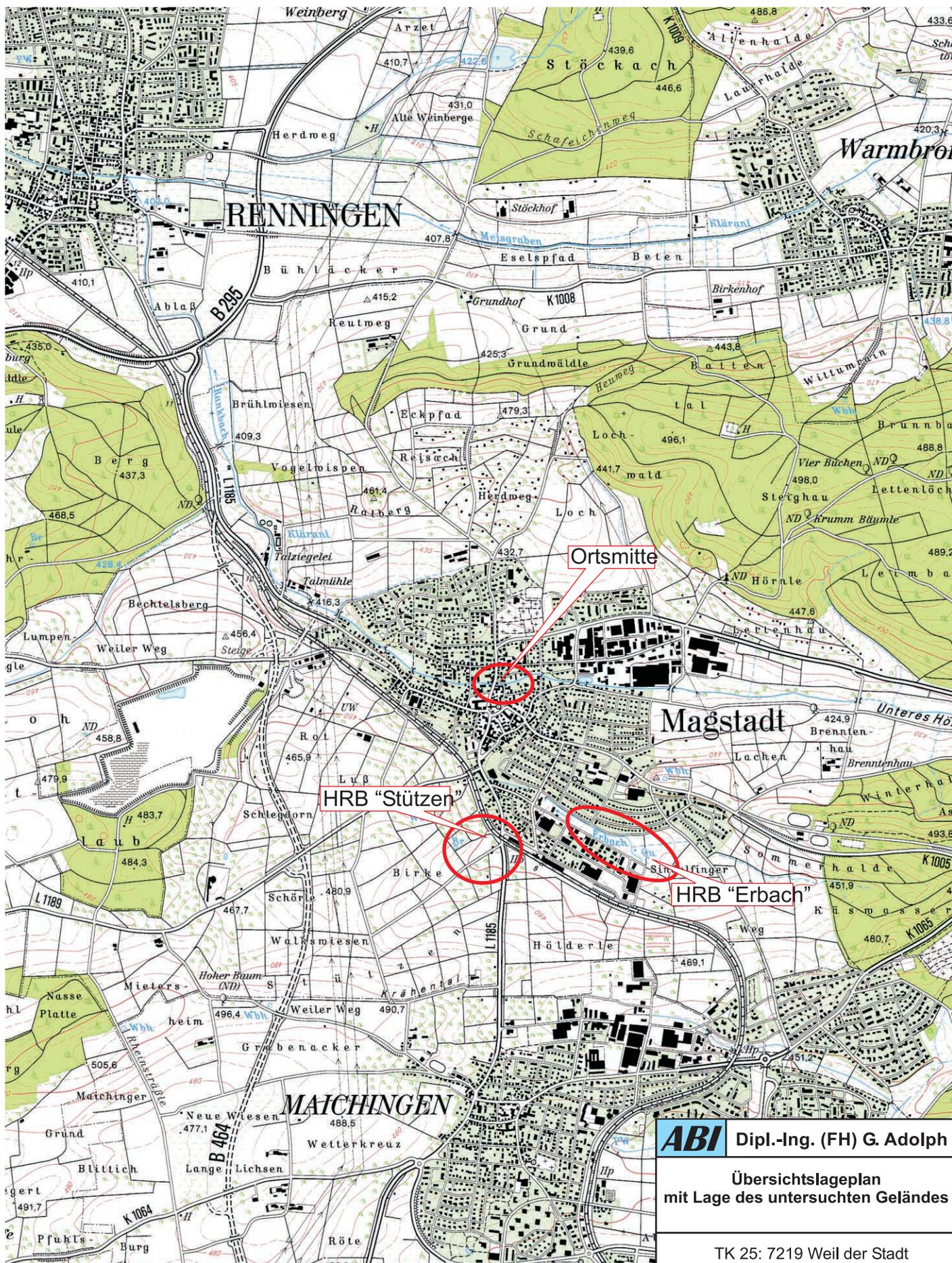
**ABI** - Gisbert Adolph



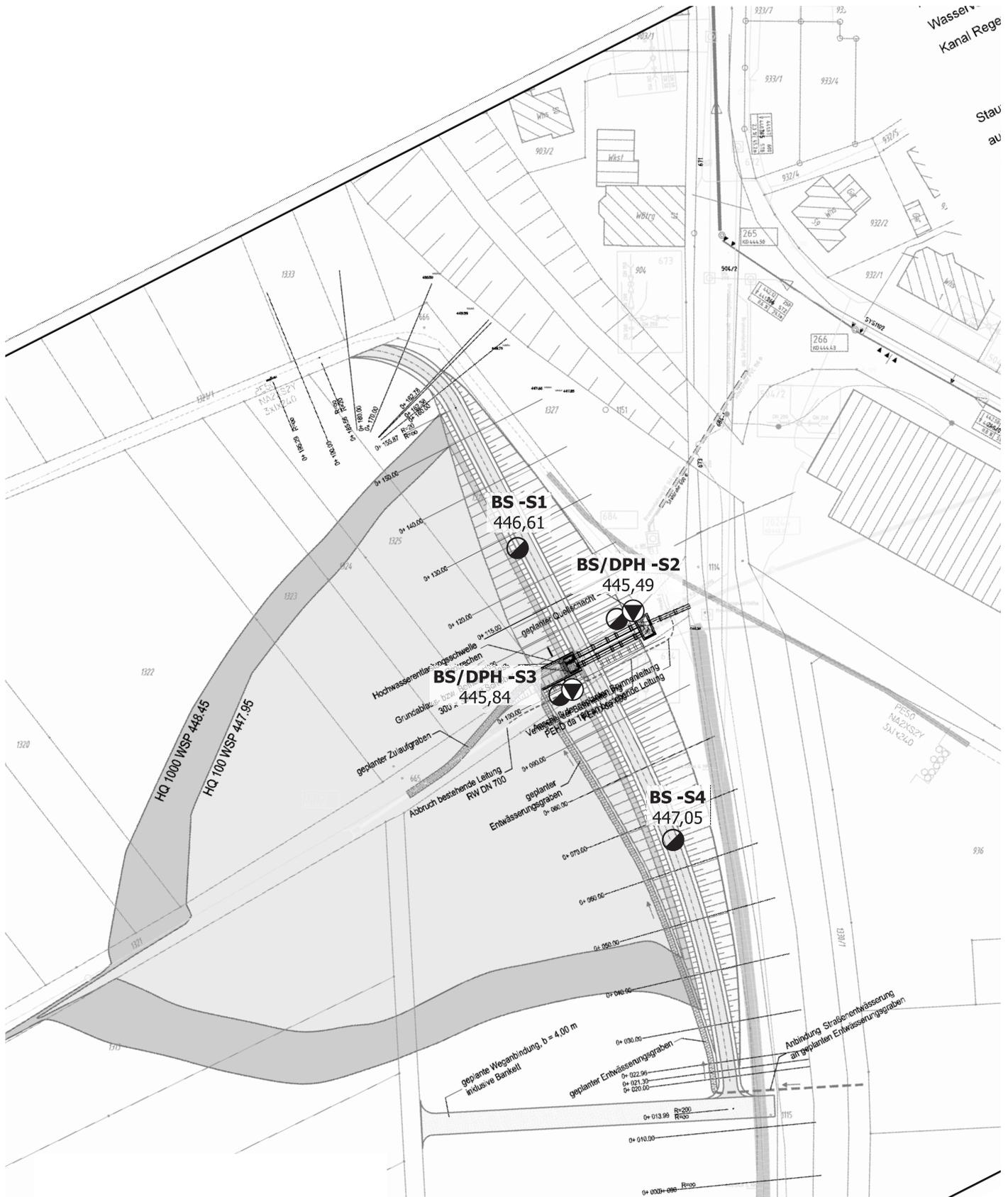
**ABI** - Hartmut Reichenbach

## Anlagenverzeichnis

<b>Lagepläne</b>	<b>Maßstab</b>	<b>Anlage</b>
Übersichtslageplan mit Lage des Bauvorhabens	1:25 000	1.1
Lageplan HRB Stützen mit Lage der Baugrundaufschlüsse	1:1000	1.2
<b>Baugrundaufschlüsse</b>		
Legende und Zeichenerklärung		2.0
Schichtenprofil der Kleinrammbohrung und Rammprogramme der schweren Rammsondierungen	1:50	
• BS-S1		2.1
• BS/DPH -S2		2.2
• BS/DPH -S3		2.3
• BS -S4		2.4
<b>Baugrundmodell</b>		
Geologischer Süd-Nord Geländeschnitt in Dammachse	1:250/50	3
<b>Bodenmechanische Laborversuche</b>		
Bestimmung der Zustandsgrenzen nach DIN 18122-1		4
<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>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



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

Lageplan  
HRB "Stützen"

Lage der Baugrundaufschlüsse

Maßstab 1:1000 **Anlage 1.2**

### Boden- und Felsarten



Lösslehm, Löl



Mutterboden, Mu



Feinsand, fS, feinsandig, fs



Schluff, U, schluffig, u



Auffüllung, A



Kies, G, kiesig, g



Sand, S, sandig, s



Ton, T, tonig, t

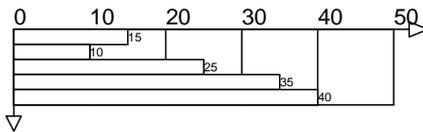
### Korngrößenbereich

f - fein  
m - mittel  
g - grob

### Nebenanteile

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

### Rammdiagramm



### Konsistenz



breiig



weich



steif



halbfest



fest

### Proben

P1  1,00 Sonderprobe Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

K1  1,00 Bohrkern Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

WP1  1,00 Wasserprobe Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

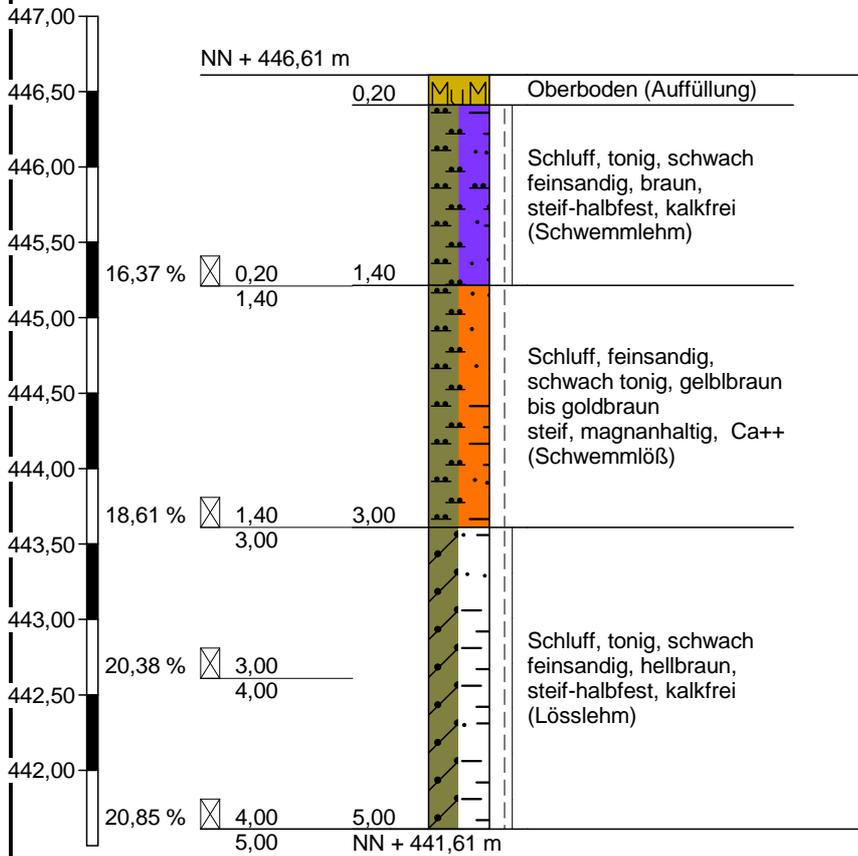
GL1  1,00 Probenglas Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

HS1  1,00 Head-Space Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

SZ1  1,00 Stechzylinder Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

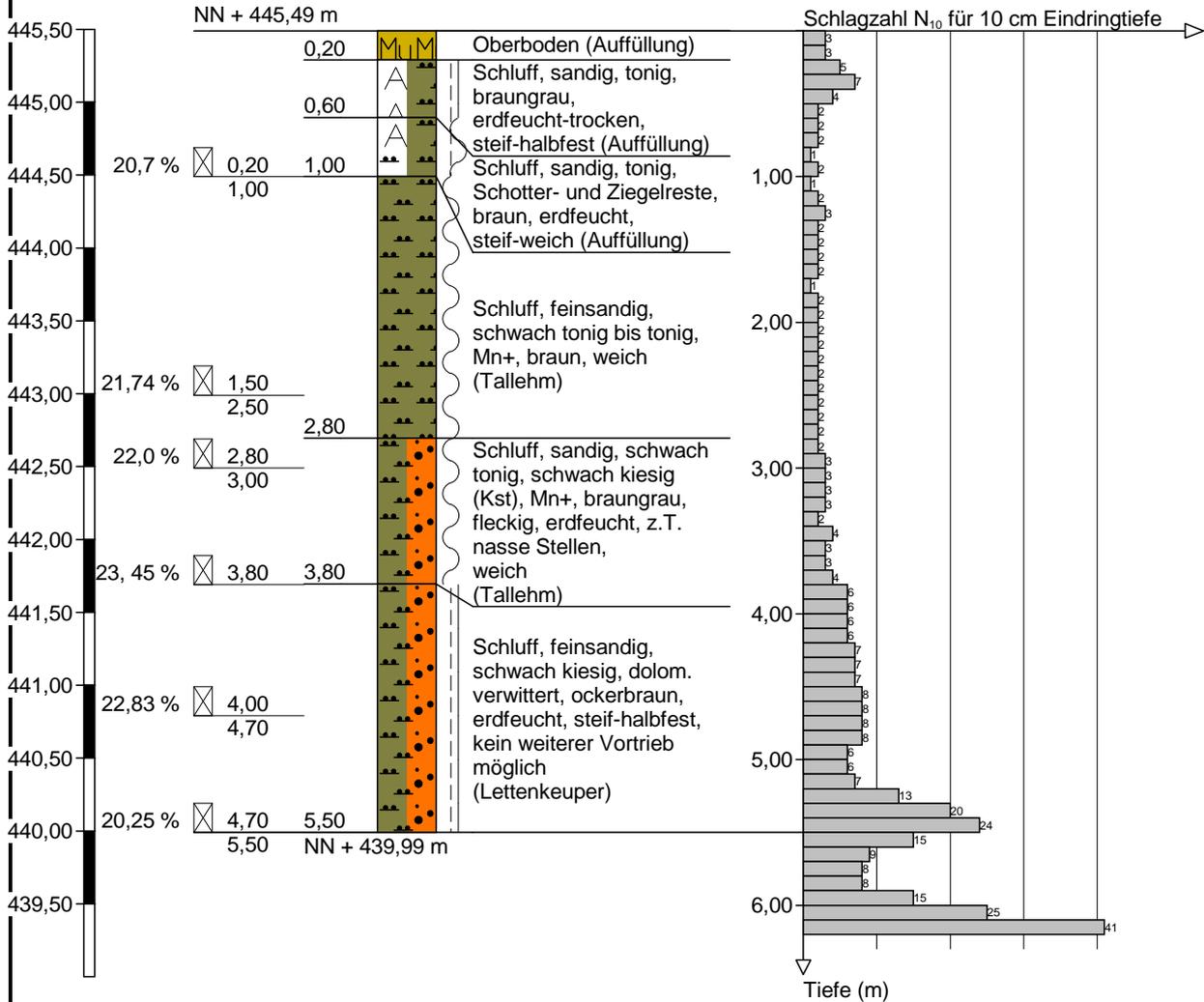
KE1  1,00 Kunststoffeimer Nr 1 aus 1,00 m Tiefe

## BS-S1



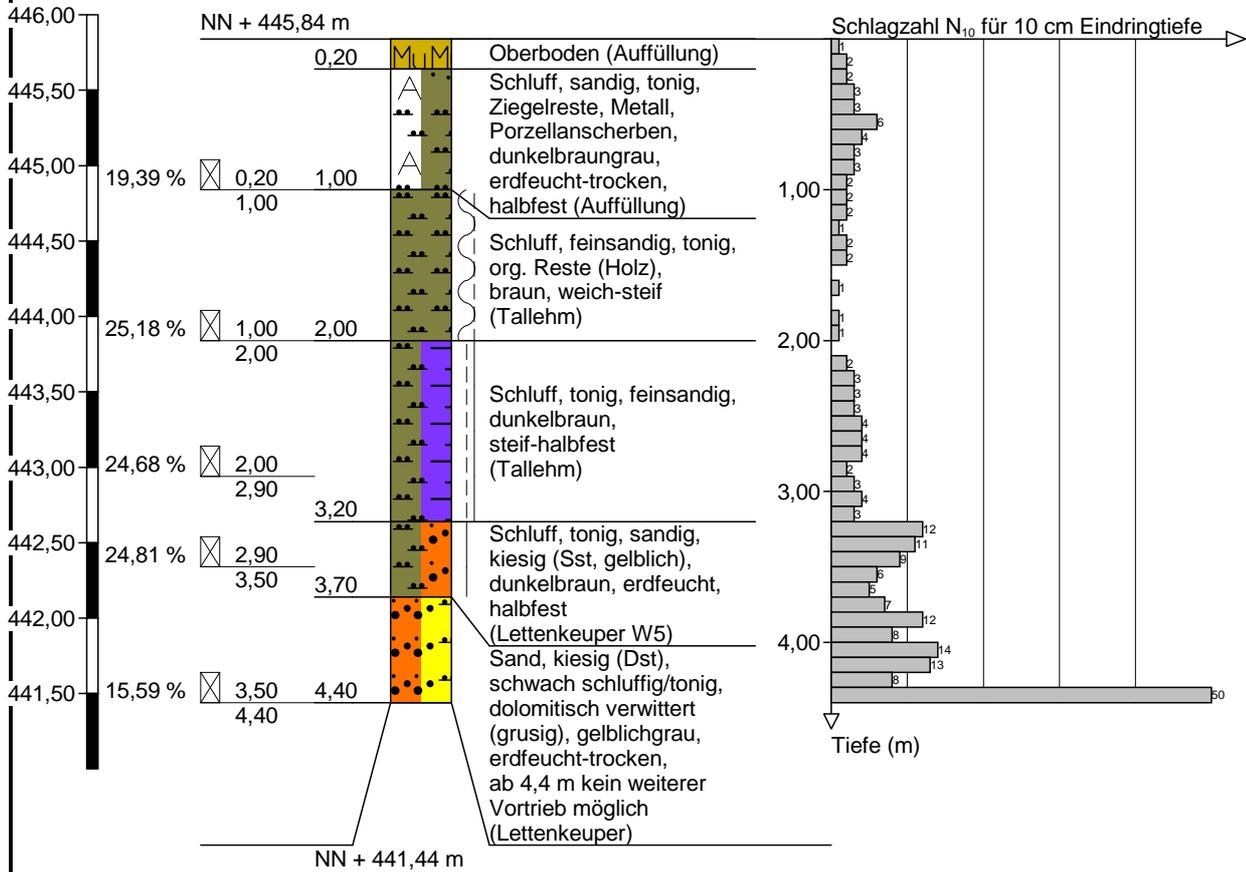
Höhenmaßstab 1:50

BS / DPH -S2



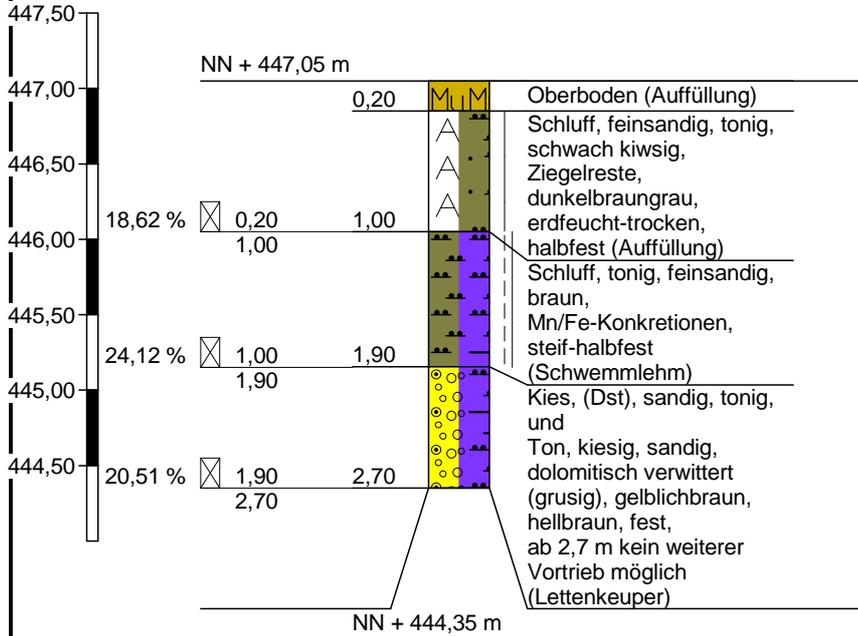
Höhenmaßstab 1:50

## BS / DPH -S3

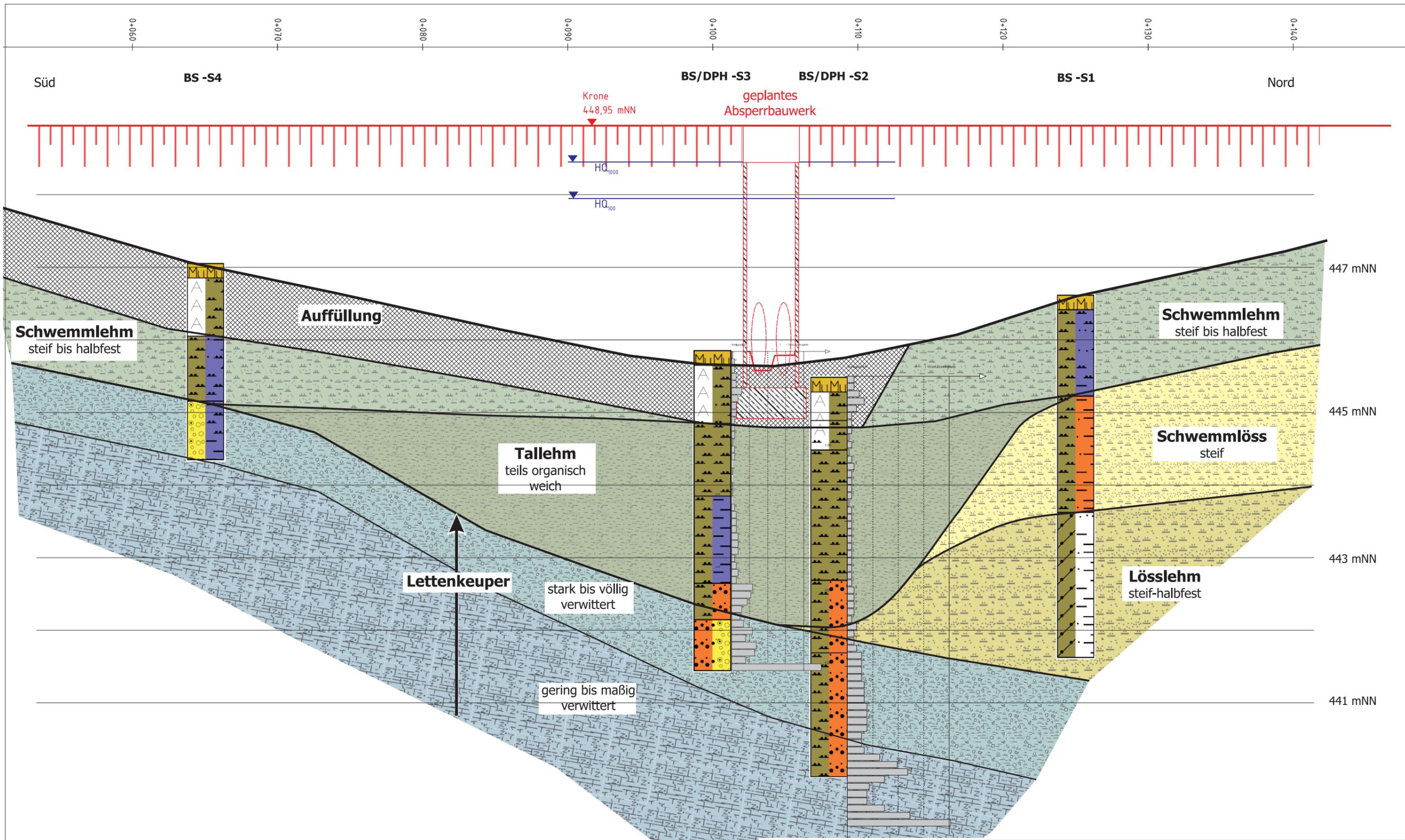


Höhenmaßstab 1:50

## BS-S4



Höhenmaßstab 1:50



kein Grundwasser angetroffen



Magstadt, Hochwasserschutzmaßnahmen, Teilprojekt HRB Stützen  
Geotechnischer Bericht



Geologischer Süd-Nord-Geländeschnitt  
entlang der Dammschse

Anlage Nr. 3

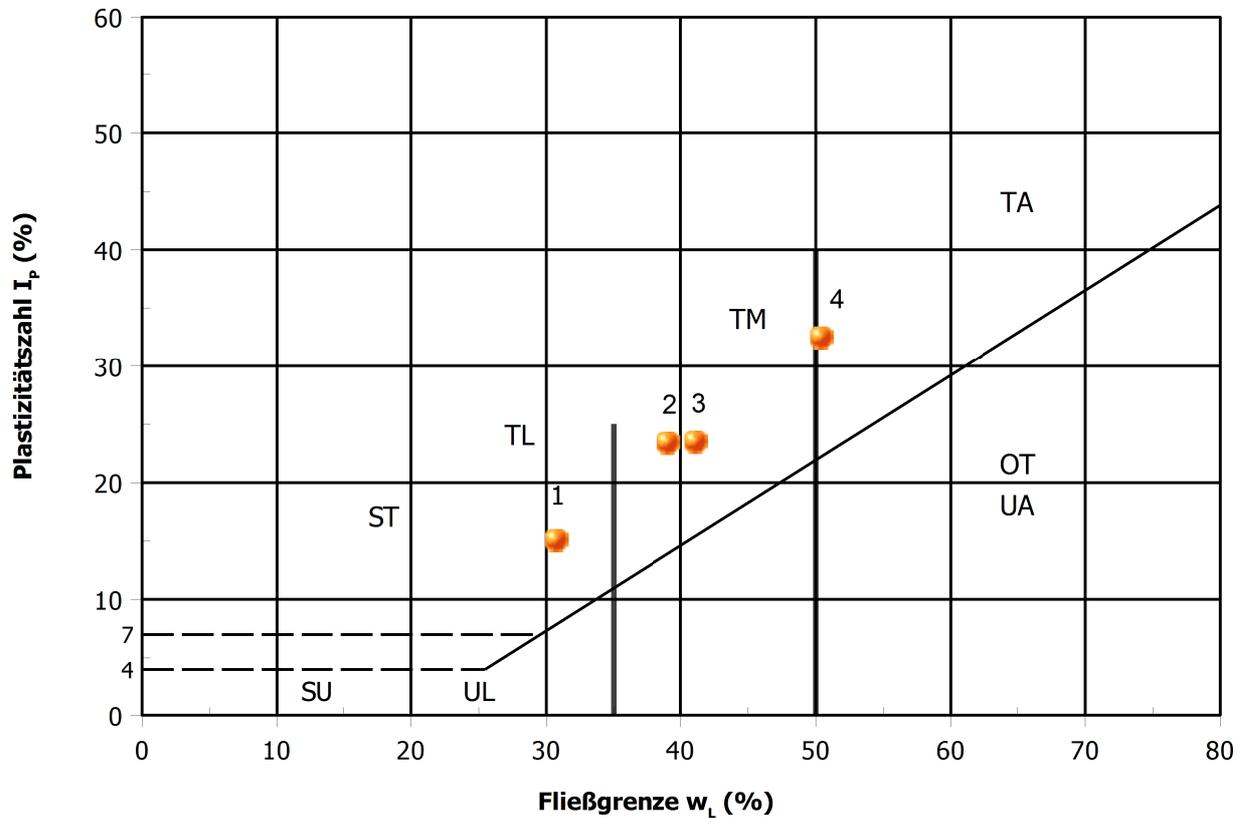
Maßstab 1:250/50

**Zustandsgrenzen nach DIN 18122-1**

**Anlage Nr. 4**

Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen,  
Bodenklassifikation nach DIN 18196

zu Bericht Nr. 070-14GB003



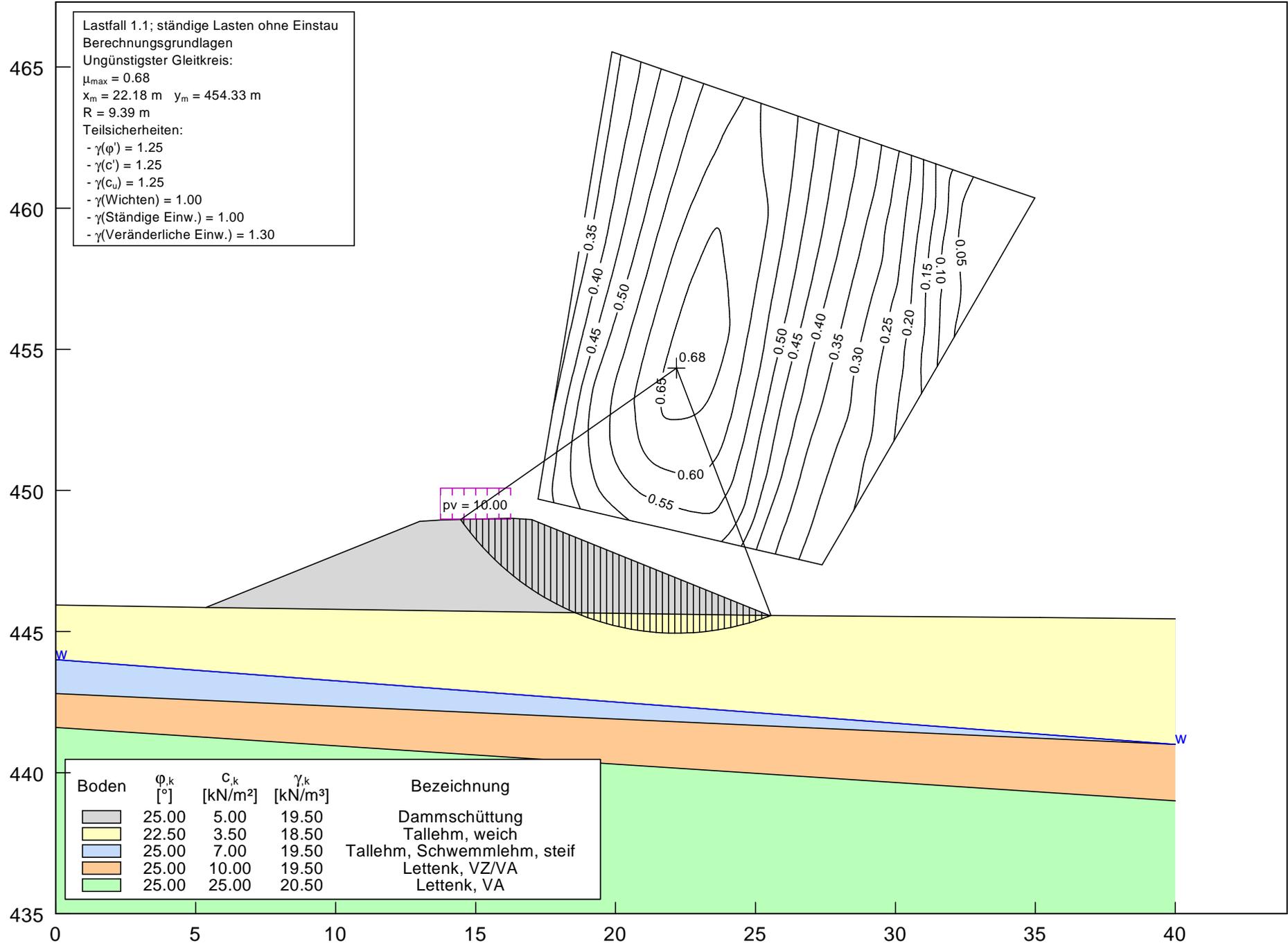
Probe Nr.		1	2	3	4
Aufschluss		BS-S1	BS-S2	BS-S3	BS-S4
Entnahmetiefe	(m u.Gel.)	1,4 – 3,0	1,5 – 2,5	2,0 – 2,9	1,0 – 1,9
Bodenart		U,t,fs	T,u,g'	U,t	U,t*,fs'
Geologie		Löss/Lösslehm	Schwemmlerh	Auelehm	Schwemmlerh
Natürl. Wassergehalt	$w_n$ (%)	19,5	21,7	24,7	24,1
Fließgrenze	$w_L$ (%)	30,8	39,1	41,2	50,5
Ausrollgrenze	$w_p$ (%)	15,8	15,8	17,8	18,1
Plastizitätszahl	$I_p$ (%)	15,0	23,4	23,4	32,4
Konsistenzzahl	$I_c$ (%)	0,75	0,74	0,70	0,81
Konsistenz		weich-steif	weich	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		

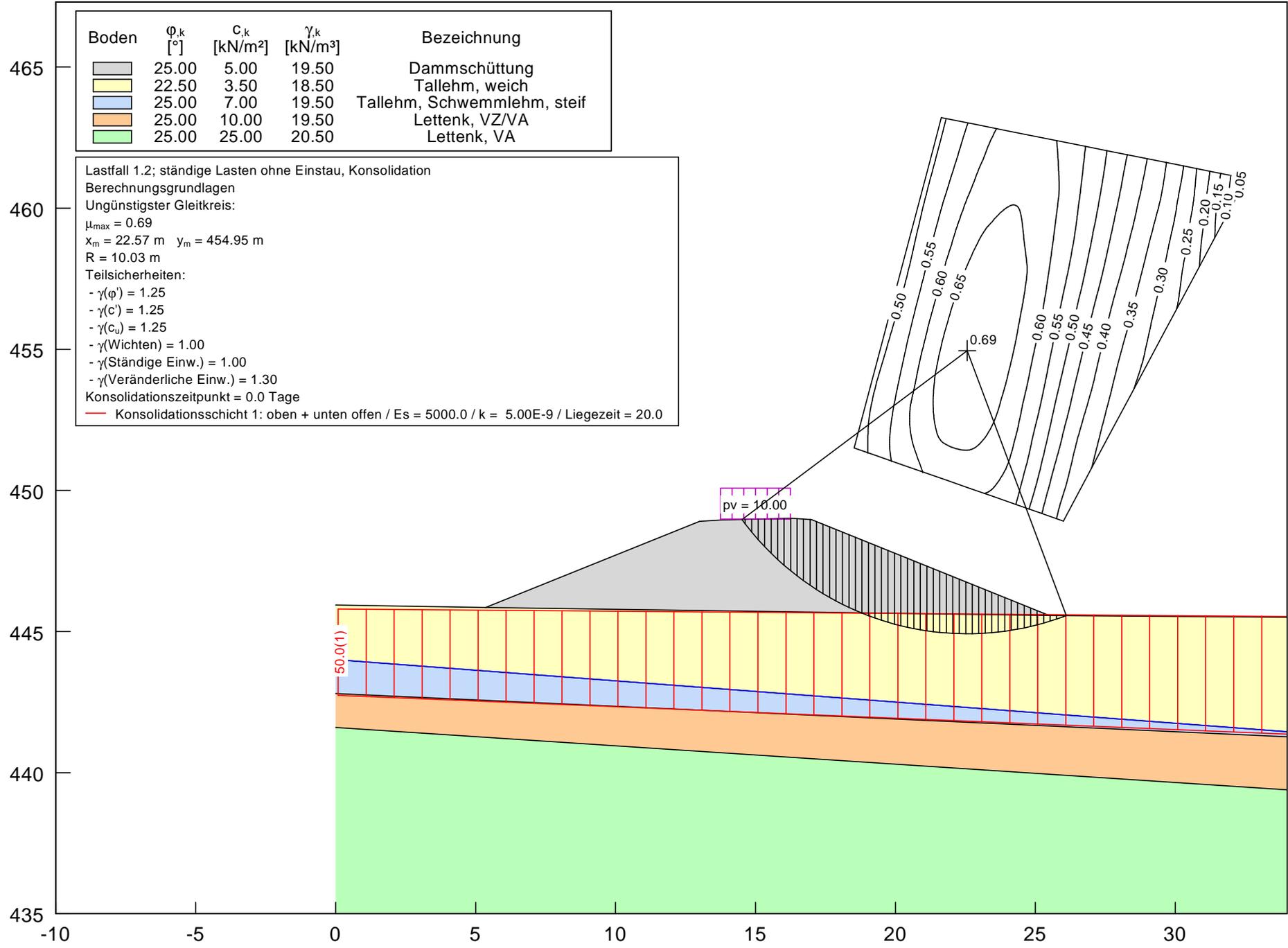
Profilschnitt HRB Stützen; Lastfall 1.1

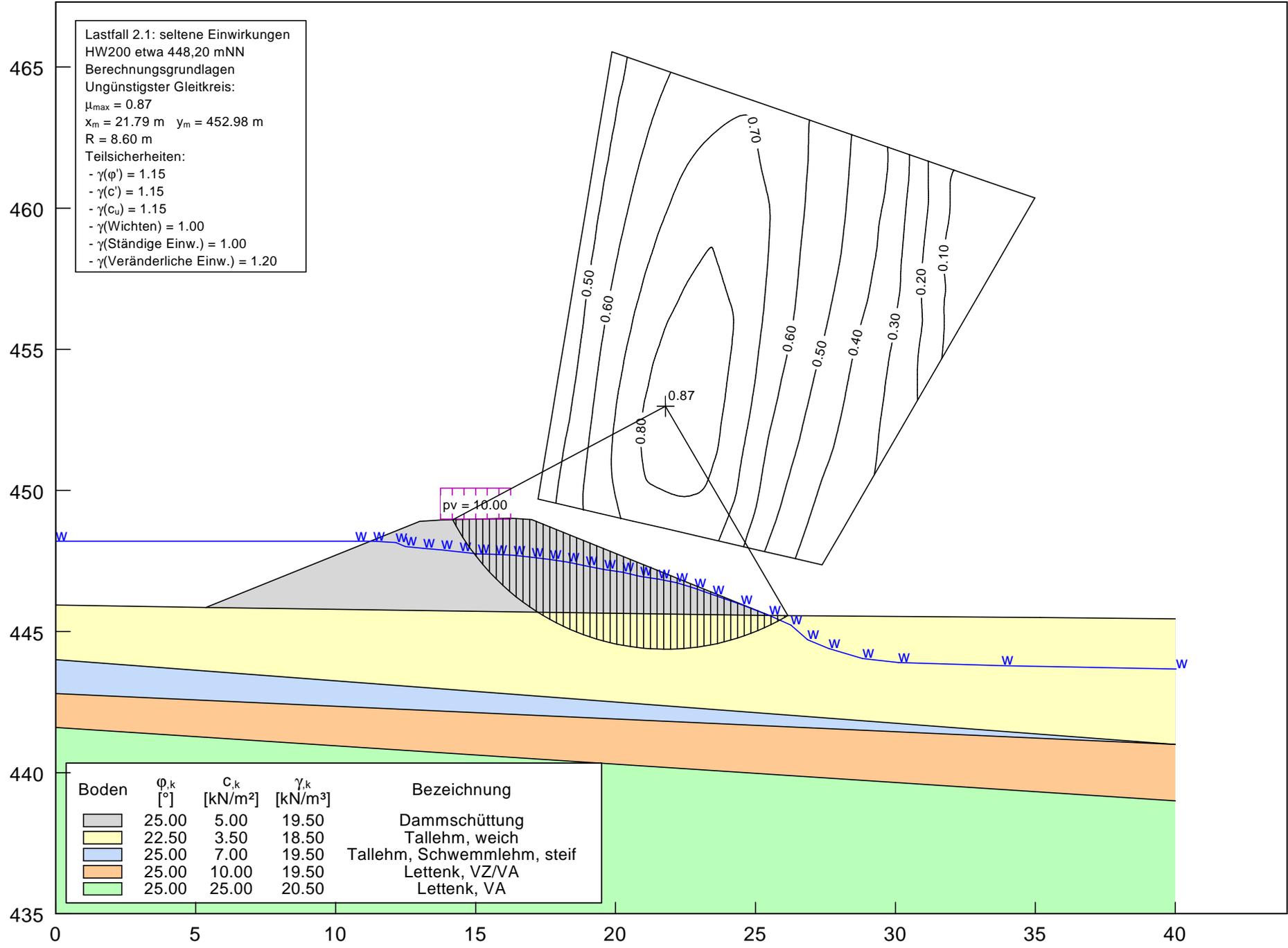
Anlage 5.1



Profilschnitt HRB Stützen; Lastfall 1.2

Anlage 5.2





Profilschnitt HRB Stützen; Lastfall 2.2

Anlage 5.4

