



HOCHWASSERKONZEPTION MAGSTADT – HRB PLANBACH

Nachweise zur Dammstandsicherheit

Titel: Hochwasserkonzeption Magstadt HRB Planbach

Auftraggeber: Gemeinde Magstadt
Marktplatz 1
71106 Magstadt

Datum: 28.11.2012

Az.:12241beS

Hö/hb

Verteiler: Gemeinde Magstadt, Ortsbauamt
Ing.-Büro Westram
Ing.-Büro Unger

1-fach +pdf
1-fach+pdf
1-fach+pdf



Inhalt

1.	Vorbemerkungen – Grundlagen	5
2.	Baugrundverhältnisse und Dammaufbau	6
3.	Angaben zum Dammbau	8
3.1	Allgemeines	8
3.2	Materialanforderungen an Dammschütt- und Dichtungsmaterial	9
3.3	Einbauanforderungen	9
3.4	Bodenverbesserung mit Bindemitteln und Eignungsprüfung vorab	10
3.5	Dammaufstandsfläche	10
3.6	Umweltverträglichkeit des Dammschüttmaterials	11
4	Standsicherheitsnachweise des Dammes	12
4.1	Untersuchte Dammschnitte	12
4.2	Nachweisführung	12
4.2.1	Einwirkungskombinationen	12
4.2.2	Ansatz für Einwirkungssituation Vollstau Z_v – Ansatz der Dammdurchsickerung	13
4.2.3	Einwirkungssituation für BHQ 1 und BHQ 2	14
4.2.4	Berücksichtigte Tragwiderstandsbedingungen für „sehr kleine Becken“	14
4.2.5	Bemessungssituationen - Gesamtstandsicherheit	15
4.3	Tragsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise	17
4.3.1	Tragsicherheitsnachweise	17
4.3.2	Gebrauchstauglichkeitsnachweise	18
4.4	Standsicherheit Dammquerschnitt Profil 0+750	18
4.4.1	Dammaufbau mit Abflachung der Böschungen	18
4.4.2	Nachweis der Sicherheit gegen Böschungsbruch / Grundbruch / Spreizkräfte	19
4.4.3	Erforderliche Zusatzmaßnahmen zur Sicherstellung der Standsicherheit	19
4.5	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit -Dammsetzungen	20
4.6	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit - Innere Erosion – Suffosion	21



ANLAGEN

ANLAGE 1 LAGEPLÄNE UND DAMMSCHNITTE

- Anlage 1.1 Übersichtslageplan
- Anlage 1.2 Lageplan mit Aufschlusspunkten aus Baugrundgutachten
- Anlage 1.3 Berechnungsquerschnitt Querprofil 0+750

ANLAGE 2 MAßGEBENDE BODENPROILE GEMÄß BAUGRUNDGUTACHTEN

- Anlage 2.1 Schichtenprofil Bohrsondierung / Rammsondierung BS 1 / DPH 1
- Anlage 2.2 Schichtenprofil Bohrsondierung BS 2
- Anlage 2.3 Schichtenprofil Bohrsondierung / Rammsondierung BS 8 / DPH 2

Anlage 3 Nachweise zu Böschungsbruchsicherheit und Grundbruch sowie Spreizsicherheit

- Anlage 3.1 EK 1.1 Luftseite
- Anlage 3.2 EK 1.2 Wasserseite
- Anlage 3.3 EK 2.1 Wasserseite
- Anlage 3.4 EK 2.2 Wasserseite
- Anlage 3.5 EK 3.1 Luftseite
- Anlage 3.6 EK 4.1 Grundbruchnachweis Wasserseite
- Anlage 3.7 EK 4.2 Grundbruchnachweis Luftseite
- Anlage 3.8 EK 5.1 Nachweis Spreizkräfte bei Schneller Spiegelabsenkung
enthält Anlagenteile A und B

**Verwendete Normen und Unterlagen:**

- /1/ DIN 19700-10 –2004 Stauanlagen gemeinsame Festlegungen
- /2/ DIN 19700-11-2004 Talsperren
- /3/ DIN 19700-12-2004 Hochwasserrückhaltebecken
- /4/ DIN 19712-1997-11 Flussdeiche
- /5/ E-DIN 19712-2011-2 Hochwasserschutz an Fließgewässern
- /6/ Arbeitshilfe zur DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken in Baden Württemberg
hrsg. Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW),
2007 mit Korrekturen in 2008
- /7/ Handbuch Eurocode 7 mit DIN EN 1997-1:2009-09 Entwurf, Berechnung und Bemessung in der
Geotechnik, Teil 1: allgemeine Regeln
einschließlich DIN-EN 1997-1/NA:2010-12-nationaler Anhang
und DIN 1054:2010-12 Baugrund-Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Re-
geln zu DIN EN 1997-1
- /8/ Merkblatt DWA-M 507-1 Deiche an Fließgewässern, Teil 1,
Planung, Bau und Betrieb, Dez. 2011
- /9/ Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraße (MSD), 2011,
hrsg. Bundesanstalt für Wasserbau
- /10/ DIN 4124-2012-1 Baugruben und Gräben, Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten
- /11/ Geotechnisches Gutachten zum Neubau der Osttangente und HRB Planbach in Magstadt
erstellt durch Geotechnik Aalen am 10.09.2012 im Auftrag der Gemeinde Magstadt
- /12/ HASELSTEINER, R. (2007a): Hochwasserschutzdeiche an Fließgewässern und ihre Durchsicke-
rung. Dissertation, Lehrstuhl und Versuchsanstalt für Wasserbau und Wasserwirtschaft, Technische
Universität München, Band 111
- /13/ Haselsteiner, R. Geotechnische Bemessung der Dammbauwerke von Flutpoldern,
zitiert gemäß Internet Auftritt www.dr-haselsteiner.de



1. VORBEMERKUNGEN – GRUNDLAGEN

Die Gemeinde Magstadt plant die Nutzung einer ca. 80 m langen Dammstrecke der neu geplanten Osttangentenstraße als Hochwasserrückhaltedamm für den Planbach. Der Damm besitzt Höhen zwischen 1 m bis kleiner 3 m. Die Böschungsneigungen sind analog den Böschungsneigungen im Straßenbau mit einer Neigung von 1: 1,5 vorgesehen. Der Straßendamm wird in diesem Bereich als homogener Erddamm aus bindigem Erdstoff mit geringer Durchlässigkeit gemäß den Materialanforderungen in /6/, Abschnitt 7 hergestellt.

Als Planunterlagen für die nachfolgende Bearbeitungen lagen uns folgende Planunterlagen der Ing.-Büros Westram, Bietigheim-Bissingen (Planung der Straße sowie des Straßendamms) sowie Ing.-Büro Unger, Freiburg (Planung Durchlassbauwerk, Hochwasserschutz) vor:

- Übersichtslageplan 2970_ep_02_01_LP.pdf (Ing.-Büro Unger)
- Lageplan Durchlassbauwerk 2970_ep_03_03_LP.pdf (Ing.-Büro Unger)
- Schnitte Durchlassbauwerk 2970_ep_05_01-SC.pdf (Ing.-Büro Unger)
- H1 höhenplan Osttangente.pdf (Ing.-Büro Westram)
- R1 Regelquerschnitt Osttangente.pdf (Ing.-Büro Westram)
- Querprofile 675,700,750,775,Regelquerschnitt bei 0+727,5

Grundlagen des Hochwasserrückhaltebeckens gemäß Ing.-Büro Unger, Freiburg

Einzugsgebiet: $A = 8,767 \text{ km}^2$

Stauvolumen: $V = 15.000 \text{ m}^3$

Staufläche: $A = 24.250 \text{ m}^2$

Stauziel: $y = 422,78 \text{ mÜNN}$

erforderliche Dammhöhe: $y = 423,28 \text{ mÜNN}$ (Freibord: $f = 0,5 \text{ m}$, sehr kleines Becken)

Gemäß Straßenplanung liegen die planmäßigen Höhen der Straßenoberkante zwischen Profil 0+650 und 0+800 zwischen 423,360 mNN bis 424,382 mNN. Damit besteht eine Freibordhöhe von mind. 0,5 m.

Die maximale Einstauhöhe wird die Höhe von 422,78 mNN nicht überschreiten. Höhere ankommende Wassermengen werden über Regelungen der Schützöffnungen gesteuert, so dass die Wasserabgabe ins Unterwasser gegenüber der Regelabgabe im Fall HQ 100 erhöht wird.

In diesem Fall kann die vergrößerte Abflussmenge vermutlich nicht mehr im Gewässerbett aufgenommen werden und kann zu einem rückseitigen Aufstau an der Luftseite des Damms führen. Die dabei mögliche Einstauhöhe ist nicht bekannt. Für die nachfolgenden Standsicherheitsnachweise wird von einer maximalen Einstauhöhe von 0,5 m ausgegangen.

Nachweise Im Lastfall Erdbeben

Das Hochwasserrückhaltebecken ist ein Trockenbecken und erhält ein Fassungsvermögen von 15000 m³ und fällt damit nach DIN 19700 in die Kategorie „sehr kleine Becken“. Gemäß Arbeitshilfe für Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg /6/ kann damit auf einen Nachweis für den Nachweis im Lastfall Erdbeben verzichtet werden, obwohl Magstadt nach DIN 4149 in der Erdbebenzone 1 liegt, in der für Hochbauten Zusatzmaßnahmen zu berücksichtigen sind.

2. BAUGRUNDVERHÄLTNISSSE UND DAMMAUFBAU

Die Untergrundverhältnisse wurden im Baugrundgutachten der Geotechnik Aalen für den „Neubau der Osttangente und HRB Planbach in Magstadt“ /11/ vom 10.9.2012 untersucht. Der Lageplan mit Aufschlusspunkten sowie die maßgebenden Schichtenprofile sind in den Anlagen beigefügt.

Im Bereich des geplanten Dammes wurde die Bohrsondierung BS 1 sowie die Schwere Rammsondierung DPH 1 hergestellt. Im näheren Umfeld liegt die Sondierung BS 2. Diese Aufschlüsse werden als repräsentative Aufschlüsse für die Untergrundverhältnisse unterhalb des Dammes angesetzt.

Gemäß Bohrsondierungen stehen im relevanten Tiefenbereich bis ca. 4 m unter Gelände hier Auelehme als überwiegend weiche bis steife Tone und Schluffe an, unter denen die vollständig zu Schluffen mit Tonsteinstücken und Residuallinsen verwitterten Schichtlagen der Gipskeuper-schichten folgen.

Im unteren Bereich der Auelehme wurden in den Sondierungen BS 1 und BS 2 organische Auelehme mit geringer Scherfestigkeit erbohrt, deren Ausdehnung nicht weitergehend bekannt ist und die für die Gesamtstandsicherheit des Dammes maßgebend werden können.

Dammbaumaterial

Das Dammbaumaterial soll voraussichtlich aus einem im Zuge des Straßenbaus herzustellenden Geländeeinschnitt mit ca. 4,5 m Tiefe entnommen werden. In diesem Bereich wurde die Bohrsondierung BS 8 sowie die Schwere Rammsondierung DPH 2 hergestellt.

Erbohrt wurden hier im oberen Bereich bis 2,20 m unter GOK schluffiger Auelehm, der gemäß bodenmechanischen Laboruntersuchungen in der bautechnischen Einstufung nach DIN 18196 als

leichtplastischer Ton einzustufen ist. Im unteren Bereich ist der Ton als organisch eingestuft, so dass im Geotechnischen Gutachten abgeminderte Kennwerte für Reibungswinkel und Kohäsion angegeben sind.

Der darunter liegende Lösslehm, der ebenfalls im Einschnittsbereich entnommen wird und ebenfalls als Dammbaumaterial vorgesehen ist, ergibt sich als toniger Schluff, der nach DIN 18196 als mittelplastischer Ton (TM) einzustufen ist.

Beide Böden stehen in weich bis steifer Zustandsform an, so dass voraussichtlich auch gemäß Baugrundgutachten für die Herstellung des Dammes eine Bodenverbesserung mittels Bindemitteln erforderlich wird.

Angesetzte Bodenmechanische Kennwerte für erdstatische Berechnungen
gemäß Baugrundgutachten der Geotechnik Aalen

Bodenschicht	Wichte (kN/m ³)		Reibungs- Winkel φ'	Kohäsion (kN/m ²) c'	Steifemodul (MN/m ²) E_s
	γ	γ			
Dammbaumaterial 1) Auelehm, TM, TL, z. T. mindestens steif, bzw. mit Bodenverbesserung	20,5	10,5	25°	5	7
Auelehm TL/TM/TA, weich bis steif	19,0	9,0	22,5°	5	3 - 6
Auelehm OT, weich,	18,0	8,0	15,0°	0	2 - 4
Bachablagerungen U, kiesig, sandig, weich	19,5	9,5	20°	3	3 - 8
Lösslehm	19,5	9,5	22,5°	5 - 10	4 - 8
Gipskeuper, verwittert halbfest	21,0	11,0	25°	10	8

- 1) für das Dammbaumaterial, das bisher nicht genauer bekannt ist, werden charakteristische Kennwerte nach DIN 1055-Teil 2 für mittelplastische Tone (TM) angesetzt. Diese liegen auf der sicheren Seite des möglichen Kennwertstreibereiches.



3. ANGABEN ZUM DAMMBAU

3.1 Allgemeines

Angaben zum Dammaufbau sowie den materialtechnischen Anforderungen zur Sicherstellung der Erosionssicherheit und der Durchlässigkeit sind in Abschnitt 5.3 sowie in Abschnitt 6.2 des Baugrundgutachtens der Geotechnik Aalen enthalten.

Eine Eignungsprüfung für das vorgesehene Dammschüttmaterial ist erforderlich. Nachfolgend werden noch einmal die Materialanforderungen nach /6/ dargestellt und ergänzende Angaben gemacht.

Für einen homogenen Dammaufbau wird gering durchlässiges, kohäsives Bodenmaterial der Bodengruppen TL, TM nach DIN 18196 in ausreichender Menge mit vergleichbarer verdichtungsfähiger Zustandsform benötigt. Böden der Bodengruppe TA (Hochplastische Tonböden) sind wegen ihres oft geringen Reibungswinkels und geringer Steifigkeit sowie ihrer Entfestigung durch Austrocknungs- und Befeuchtungswechseln weniger geeignet und werden in den Regelwerken nicht empfohlen.

Die Anforderungen an das einzubauende Material erfolgen für Dämme mit Anforderungen an die Standsicherheit gemäß Regelwerk „Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg – Arbeitshilfe zur DIN 19700“ der LUBW /6/.

Das Material darf maximal einen Durchlässigkeitsbeiwert von kf-Wert $\leq 10^{-7}$ m/s besitzen. Um baupraktische Heterogenitäten der eingebauten Böden zu berücksichtigen, ist hierbei ein Vorhaltemaß von Faktor 10 ($= kf < 1 \times 10^{-8}$ m/s) sicherzustellen. Die eingebauten Böden müssen einen Mindestanteil größer 10 % an Tonfraktion enthalten, um die Wasserdurchlässigkeit sowie die Erosionsstabilität sicherzustellen.

Erdbautechnisch erfordern homogene Dämme aus bindigem Material eine sorgfältige Eingangskontrolle der Zustandsform auf seine Verdichtungsfähigkeit und Plastizität sowie einer evtl. witterungsabhängig notwendigen Bodenconditionierung / -stabilisierung mit Bindemitteln



3.2 Materialanforderungen an Dammschütt- und Dichtungsmaterial

Dammschüttungen aus bindigem Material, die im Damm Dichtungsfunktion übernehmen, müssen folgende Materialanforderungen aufweisen:

Bodengruppen nach DIN 18196:	TM und TL
Steinanteil ($\varnothing < 63$ mm):	≤ 35 %
Gehalt an organischen Inhaltstoffen:	≤ 3 %
Fließgrenze (DIN 18122):	$w_L \leq 80$ %
Ausrollgrenze (DIN 18122):	$w_P \leq 20$ %
Plastizität (DIN 18122):	$I_P \geq 10$ %
Rohtongehalt (Korngröße $< 0,002$ mm):	≥ 20 %
Natürlicher Kalkgehalt:	≤ 10 %
Durchlässigkeitsbeiwert k_f	$\leq 10^{-7}$ m/s

3.3 Einbauanforderungen

Außer den Materialanforderungen werden in der zitierten Arbeitshilfe /6/ folgende Einbauanforderungen genannt:

Verdichtungsgrad:	$D_{Pr} \geq 100$ % e. P.
Mindestverdichtungsgrad innerhalb einer Lage:	$D_{Pr} \geq 97$ %
Luftporengehalt:	$n_a \leq 12$ %
Schütthöhe (locker) bei bindigen Böden:	$d \leq 30$ cm
Schütthöhe (locker) bei nichtbindigen Böden:	$d \leq 40$ cm
<u>Größtkorn bei bindigen Böden:</u>	≤ 10 % der Schichtdicke, max, 80 mm.

Die Schüttung der Dämme ist lagenweise vorzunehmen. Das Schüttmaterial ist unter sorgfältiger, lagenweiser Verdichtung einzubauen. Der Wassergehalt sollte nahe dem optimalen Wassergehalt (\sim Ausrollgrenze) liegen, um eine ausreichende Verdichtung ohne besondere Verbesserungsmaßnahmen erzielen zu können.

Die Verwendung von Aushubmaterial für den Dammaufbau bedingt eine sorgfältige horizontale Abtragung des Bodens sowie Trennung und Zwischenlagerung geeigneter Böden, da im Bohraufschluss BS 8 lagenweise organische Bereiche angetroffen wurden, die nicht im Damm eingebaut werden dürfen.

Da die beim Aushub anfallenden Böden während des Aushubs durch visuelle Ansprache der Baggerfahrer vermutlich schlecht zu trennen sind, ist davon auszugehen, dass häufig Bodengemische anfallen, die aufgrund höherer Sandanteile oder ungeeigneter Plastizität nicht den Material-



Anforderungen für homogene Dämme entsprechen bzw. eine zu hohe Wasserdurchlässigkeit besitzen.

Evtl. können diese Böden auf einem Zwischenlager ausgebreitet und mit anderen Böden vermischt werden, so dass sie nach gesonderter Eignungsprüfung insgesamt den Anforderungen entsprechen.

Um eine vollständige Verdichtung auch der Böschungsbereiche zu gewährleisten, wird empfohlen während des Einbaus ein Überprofil über das Sollprofil hinaus zu schütten und zu verdichten. Dieses Überprofil ist nach Herstellung der Gesamthöhe der Böschung wieder bis auf das planmäßige Profil abzutragen.

Zusätzliche Vorschüttungen mit bewurzelungsfähigem Boden sind mit der Böschung durch Einschneiden von Erdhaken zu verzahnen. Das nachträgliche Einschneiden für die Erdhaken ist beim statisch erforderlichen Dammprofil mit zu berücksichtigen.

3.4 Bodenverbesserung mit Bindemitteln und Eignungsprüfung vorab

Bei ungünstiger Zustandsform der Böden, mit der eine ausreichende Verdichtung wegen zu hoher Wassergehalte nicht gewährleistet werden kann, ist grundsätzlich eine Bodenverbesserung mit Weissfeinkalk möglich. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass sich dadurch die Wasserdurchlässigkeit der Böden erhöht. Das Maß der zulässigen Kalkzugabe ist im Rahmen einer entsprechenden Eignungsprüfung, die auch die Prüfung der Wasserdurchlässigkeit enthält, festzulegen.

Im vorliegenden Fall mit weichen bis steifen Böden wird daher eine ergänzende Eignungsprüfung für die Wasserdurchlässigkeit von bindemittelverbesserten Böden vorgeschlagen.

3.5 Dammaufstandsfläche

Die Dammaufstandsfläche kommt nach Abtrag des Oberbodens in den gering durchlässigen, bindigen Deckschichten zu liegen, die in allen Bohrungen angetroffen wurden. Die Auelehme liegen entsprechend den Aufschlüssen in weicher bis steifer Zustandsform vor, wobei hier in der Nähe der Geländeoberkante die jahreszeitliche Durchführung der Baumaßnahme wesentlichen Einfluss haben kann.

Die im Bereich der Geländeoberfläche anstehenden bindigen Böden sind grundsätzlich als Dammaufstandsfläche für die Herstellung des geplanten Dammes geeignet. Die Dammaufstandsfläche ist vor dem Dammaufbau zu verdichten. Verdichtungsfähig sind nur Böden mit einer mindestens steifen Zustandsform.



Aufgrund der teilweise weichen Zustandsform sind über größere Längen Zusatzmaßnahmen notwendig zur Bodenstabilisierung und Verbesserung der Verdichtungsfähigkeit des anstehenden Bodens. Für die Dammaufstandsflächen kann davon ausgegangen werden, dass eine ein- bis zweilagige Bodenstabilisierung mit einer Dicke von je ca. 45 cm zur Stabilisierung ausreichend ist. Bei nicht verdichtungsfähiger Zustandsform und örtlichen Vernässungen der Dammaufstandsfläche, bereitet oft der Einbau der ersten Schicht besondere Schwierigkeiten, so dass die Dammaufstandsfläche verbessert werden muss, um eine fachgerechte lagenweise Verdichtung des aufzubauenden Damms zu ermöglichen. Bei ausreichend großflächigen Flächen ist hier eine Bodenverbesserung mit Bindemitteln (Weissfeinkalk-Zement, Mischbindemittel) das geeignete Verfahren für eine Bodenverbesserung. Auf diese wird in einem späteren Kapitel eingegangen.

Bei kleinen Vernässungsflächen sind die Böden auszutauschen und durch Dammschüttmaterial zu ersetzen, um diese Bereiche für den Dammaufbau zu stabilisieren.

Wir empfehlen, nach dem Abtrag des Oberbodens, die jeweilige Dammaufstandsfläche durch eine Bodenverbesserung mit einem Kombinationsbindemittel (Gemisch aus Zement und Kalk, das den Vorteil besitzt, günstiger als reiner Weißfeinkalk zu sein und eine höhere Festigkeit des verbesserten Materials gewährleistet) zu stabilisieren. Man hat dann einen gewissen Schutz des Erdplanums gegen Witterungseinflüsse während der Baumaßnahme und die erste Schüttlage kann besser verdichtet werden, da bereits ein verdichtetes „Widerlager“ hergestellt wurde. Erfahrungsgemäß ist keine ausreichende Verdichtung der ersten Schüttlage zu erzielen, wenn die Aufstandsfläche locker gelagert oder bei bindiger Beschaffenheit in weicher Zustandsform vorliegt.

Auf eine Stabilisierung des Erdplanums kann verzichtet werden, wenn die anstehenden Böden mindestens mitteldicht gelagert sind oder bei bindiger Beschaffenheit eine steife bis halbfeste Beschaffenheit aufweisen. Man kann die Entscheidung, ob eine Verbesserung des Erdplanums durchgeführt wird, nach dem Abtrag des Oberbodens fällen oder man führt jeweils im Zuge der Bauarbeiten im Vorlauf zum Abräumen des Geländes gezielt Probeschürfe durch.

3.6 Umweltverträglichkeit des Dammschüttmaterials

Die einzubringenden Böden müssen die Anforderungen des Bundesbodenschutzgesetzes sowie der Altlastenverordnung einhalten. Für die Verwendung von zugeführtem Material in technischen Bauwerken gilt gemäß „Verwaltungsvorschrift des Umweltministeriums für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial“ (2007) /13/, dass in Trockenbecken für Hochwasserdämme Bodenmaterial mit den Qualitätsstufen Z0 und Z1.1 eingebaut werden darf. Die Einhaltung der Zuordnungswerte ist durch Analysen zu belegen und der Einbau ist zu dokumentieren.



4 STANDSICHERHEITNACHWEISE DES DAMMES

4.1 Untersuchte Dammabschnitte

Die Standsicherheitsnachweise nach DIN 19700 werden für ein Dammprofil mit der maximalen Dammhöhe geführt (Profil 0+750)

4.2 Nachweisführung

4.2.1 Einwirkungskombinationen

Gemäß DIN 19700-11, Abschn. 7.1.2.2 sowie Arbeitshilfe /6/, Abschn. 5.2.1 sind nachfolgende Einwirkungen zu untersuchen:

Gruppe 1 Ständige oder häufig wiederkehrende Einwirkungen

- Eigengewicht des Dammes
- Verkehrslast auf Dammkrone (SLW 60, beidseitig+ Radweg) $q = 33,3 \text{ kN/m}^2$
- Wasserdruck und Strömungskräfte bei Vollstau $Z_v = 422,78 \text{ mNN}$

Anmerkung: aufgrund der geringen Dammhöhe ergibt sich ein hoher Einfluss der SLW-Lasten sowie des Abstandes der Lasten vom Böschungsrand auf die Standsicherheit des Dammes.

Gruppe 2 seltene oder zeitlich begrenzte Einwirkungen

- Wasserdruck u. Strömungskraft bei Stauziel Z_{H1}
(wenn $Z_{H1} > Z_v$) entfällt, da $Z_{H1} = Z_v = 422,78 \text{ mNN}$
- Schnelle Spiegelabsenkung ab Z_v (422,78 mNN)
- außerplanmäßige Betriebs- und Belastungszustände
Unfallsituation wasserseitig mit SLW-Belastung auf Geh- und Radweg
- Betriebserdbeben - entfällt, kein Nachweis erforderlich, siehe Abschnitt 1

Gruppe 3 außergewöhnliche Einwirkungen

- Wasserdruck und Strömungskräfte bei Stauziel $Z_{H2} = 422,78 \text{ mNN}$
wenn $Z_{H2} > Z_{H1}$) entfällt, da $Z_{H2} = Z_{H1} = Z_v$
- Bemessungserdbeben - da sehr kleines Becken, kein Nachweis erforderlich
- Ausfall von Betriebseinrichtungen
- Hochwassersituation BHQ 1 Auswirkungen einer erhöhten Wasserabgabe an das Unterwasser im Falle eines mehr als hundertjährigen Hochwassers, die durch Geländeüberflutung zu einem Einstau des luftseitigen Dammfußes führt.



Lastfälle - Einwirkungskombinationen

Die Einwirkungskombinationen ergeben sich als Kombinationen der vorgenannten Einwirkungen

Lastfall 1 – Regelkombination	alle maßgebenden Einwirkungen der Gruppe 1
Lastfall 2 – seltene Kombination	alle maßgebenden Einwirkungen der Gruppe 1 sowie je eine Einwirkung der Gruppe 2
Lastfall 3 - außergewöhnliche Kombination	alle maßgebenden Einwirkungen der Gruppe 1 sowie je eine Einwirkung der Gruppe 3

4.2.2 Ansatz für Einwirkungssituation Vollstau Z_v – Ansatz der Dammdurchsickerung

Gemäß Angabe des Planers ist für ein hundertjähriges Hochwasserereignis eine Einstaudauer von ca. 21 Stunden zu erwarten. Aufgrund der geringen Einstauhöhe des Wasserspiegels mit ca. 1,5 m Wassersäule ergibt sich bei der Breite des Dammes ein geringer hydraulischer Gradient von 0,08. Der Untergrundaufbau besteht ebenfalls bis in eine Tiefe von mehr als 4 m aus gering durchlässigen hochplastischen Tonen und schluffigen Tonen.

Geht man von dieser Einstaudauer aus und einem auffüllbaren Porenanteil $e = 10 \%$, dann ergibt sich bei der maximal zulässigen Durchlässigkeit des Dammschüttmaterials von $k_f = 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ eine maximalen Durchlässigkeit des Dammkörpers und des Untergrundes innerhalb der Einstauzeit eine rechnerische Eindringtiefe kleiner 10 cm. Eine Durchsickerung des Dammes bis zur Luftseite ist daher nicht zu erwarten.

Eine Abschätzung für die erforderliche Zeitdauer zur vollständigen Durchsickerung kann nach Haselsteiner / 13/, Abbildung 9, erfolgen. Mit der vorhandenen Einstauhöhe von $h_w = 1,6 \text{ m}$ sowie einer Durchlässigkeit des Dammkörpers von $k_f = 10^{-6} \text{ m/s}$ und einem Verhältnis von Dammbreite zu Einstauhöhe $x/h = 19,2 \text{ m} / 1,58 \text{ m} > 10$ kann für einen homogenen Damm auf undurchlässigem Untergrund aus der im Bild angegebenen Referenzdurchströmzeit t^* für die Referenzeinstauhöhe von $h_w^* 1,0 \text{ m}$ eine Durchsickerungszeit größer 28 Tage abgeschätzt werden.

Für die nachfolgenden Nachweise wird daher von instationären Verhältnissen ausgegangen. Die Reichweite der Durchsickerungsfront wird mit 7 m von der Wasserseite aus angesetzt.



4.2.3 Einwirkungssituation für BHQ 1 und BHQ 2

Bei dem vorliegenden HRB erfolgt bei einem Zustrom, der mehr als den 100 jährigen Hochwasseranfall betrifft, kein höherer Einstau mit Rückhalt im Becken selbst, sondern es erfolgt über eine gesteuerte höhere Wasserabgabe über die Schutzöffnungen des Durchlassbauwerks aus dem Becken ins Unterwasser.

Dabei ist aufgrund der erhöhten Wassermengen nicht auszuschließen, dass das unterwasserseitige Gelände überflutet wird, so dass ein Rückstrom bis zum luftseitigen Dammfuß entsteht.

Angaben zu der zu erwartenden Wasserstandshöhe liegen nicht vor. Daher wird in den Nachweisen eine Wasserstandshöhe von 0,5 m angesetzt.

4.2.4 Berücksichtigte Tragwiderstandsbedingungen für „sehr kleine Becken“

Grundsätzlich sind nach DIN 19700 die Streubreiten geotechnischer Kennwerte durch den Ansatz unterschiedlicher Tragwiderstandsbedingungen zu berücksichtigen. Tragwiderstände sind die Scherfestigkeiten der einzelnen Böden (Reibungswinkel, Kohäsion für Dammbaumaterial und Untergrund), Ansatz als Tragwiderstandsbedingung A, B, C1 sowie die Wirksamkeit von baulichen Einrichtungen. Hierbei ist eine eingeschränkte Wirkung als Tragwiderstandsbedingung B und der Ausfall einer Einrichtung als Tragwiderstandsbedingung C2 anzusetzen.

Aufgrund von in der Regel vorhandenen Streubereichen der Kennwerte sind nach DIN 19700 –11 unterschiedliche Tragwiderstandsbedingungen für

- wahrscheinliche Kennwerte (Tragwiderstandsbedingung A)
- wenig wahrscheinliche Kennwerte (Tragwiderstandsbedingung B)
- unwahrscheinliche Bedingungen (Tragwiderstandsbedingung C)

zu definieren.

Gemäß Arbeitshilfe LUBW /6/ ist bei sehr kleinen Becken keine Berücksichtigung der Tragwiderstandsbedingungen B und C erforderlich.



4.2.5 Bemessungssituationen - Gesamtstandsicherheit

Aus der Kombination von Lastfällen und Tragwiderstandsbedingungen ergeben sich die nachfolgenden Bemessungssituationen.

Die Nachweise für den Grenzzustand der Tragfähigkeit erfolgen nach den Verfahren GEO-2 und Verfahren GEO 3 gemäß DIN EN 1997-1 sowie zugehörigem Nationalem Anhang und Ergänzungsnorm 1054 /7/. Die Berechnungen für Böschungs- und Geländebruch sowie Grundbruch des Dammes werden nach DIN 4084-2009 durchgeführt.

In DIN 19700-11 sind die nachzuweisenden Gesamtstandsicherheiten für die Bemessungssituationen nach dem Globalsicherheitskonzept angegeben. Gemäß Arbeitshilfe zur DIN 19700, Abschn. 5.3 /6/ erfolgen die Nachweise mit dem Nachweiskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten mit den Teilsicherheitsfaktoren für die Bemessungssituationen BS-P, BS-T, BS-A nach aktuell gültiger Norm DIN EN 1997-1/NA:2010-12 /7/, Tabelle A 2.1 bis A 2.3. Hieraus ergibt sich ein vergleichbares Sicherheitsniveau.

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Bemessungssituationen nach DIN 19700 und EC 7

	Nachweis mit Globalsicherheitskonzept nach DIN 19700-11		Nachweis mit Teilsicherheitsbeiwerten nach Eurocode 7	
	Bemessungssituation nach DIN 19700-11	Nachzuweisender Gesamtstandsicherheitsfaktor η gemäß DIN 19700	Bemessungssituation nach Handbuch Eurocode 7 – Geotechnische Bemessung Band 1 /7/ mit Teilsicherheitsbeiwerten für	Nachzuweisender Ausnutzungsgrad nach Handbuch Eurocode 7 – Geotechnische Bemessung Band 1 /7/ μ 1)
Ständige Bemessungssituation	BS I	$\eta = 1,3$	BS-P	$\mu \leq 1,0$
Vorübergehende Bemessungssituation	BS II	$\eta = 1,2$	BS-T	$\mu \leq 1,0$
Außergewöhnliche Bemessungssituation	BS III	$\eta = 1,1$	BS-A	$\mu \leq 1,0$

1) Die Zahlenwerte der Ausnutzungsgrade werden in den einzelnen Bemessungssituationen jeweils unter Ansatz unterschiedlicher Teilsicherheitsbeiwerte ermittelt



Tabelle 2: Teilsicherheitsbeiwerte nach EC 7, Tabelle A2.1 bis A 2.3

Bemessungssituation	Formelzeichen	BS-P	BS-T	BS-A	Tabelle nach Handbuch EC-7
Grenzzustand Geo-3 - Verlust der Gesamtstandsicherheit					
Teilsicherheitsbeiwert Reibungswinkel φ'	γ_φ	1,25	1,15		A2.2 /A2.3
Teilsicherheitsbeiwert Kohäsion c' (Endzustand)	γ_c	1,25	1,15		A2.2 /A2.3
Kohäsion des undränierten Bodens c_u	γ_{cu}	1,25	1,15		A2.2 /A2.3
Teilsicherheitsbeiwert Wichte	γ_G	1,00	1,00		A2.1
Teilsicherheitsbeiwert ständige Einwirkungen	γ_G	1,00	1,00	1,00	A2.1
Teilsicherheitsbeiwert veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,3	1,2	1,0	A2.1
Grenzzustand Geo-2 Nachweis Grundbruchsicherheit					
Teilsicherheitsbeiwerte für Beanspruchungen und Widerstände 1)					
Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen	γ_{Gt}	1,35	1,2	1,10	A2.1
Beanspruchungen aus ungünst. Veränderlichen Einwirkungen	γ_Q	1,5	1,3	1,1	A2.1
Bodenwiderstand für Grundbruchwiderstand	$\gamma_{R,e}, \gamma_{R,v,t}$	1,4	1,3	1,20	A2.3

- 1) Beim Grundbruchnachweis werden die ständigen und veränderlichen Einwirkungen mit den Teilsicherheitsbeiwerten γ_{Gt} und γ_Q erhöht und der mit dem charakteristischen Scherwiderstand ermittelte Grundbruchwiderstand mit dem Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{R,e} = 1,4$ abgemindert.

Nach DIN 4017-2006 ist der Grundbruchnachweis, wenn er mit einer Geländebruchuntersuchung geführt wird, mit den charakteristischen Scherparametern φ , c , und entsprechend erhöhten Einwirkungen zu führen.

Hinweis: Für den Grundbruchnachweis stellt das Eigengewicht des Dammes eine Einwirkung auf den Untergrund dar, das mit den Teilsicherheitsbeiwerten für ständige Lasten erhöht werden muss. Daher wird in den nachfolgenden Geländebruchberechnungen für den Grundbruchnachweis die Bodenwichte des Dammschüttmaterials und des Straßenunterbaus mit dem Teilsicherheitsbeiwert erhöht.

Die in der Geländebruchberechnung anzusetzenden Teilsicherheitsbeiwerte ergeben sich wie folgt :

für ständige Lasten

$$\gamma_G^* = 1,35 \times 1,4 = 1,89$$

hierzu gehört bei dem Dammquerschnitt das Eigengewicht des Dammes

Für veränderliche Lasten und Verkehrslasten

$$\gamma_Q^* = 1,5 \times 1,4 = 2,1$$



Tabelle 3: Einwirkungskombinationen und Bemessungssituationen für Teilsicherheitskonzept

Lastfälle (LF) / Einwirkungskombinationen	Bemessungssituationen für Tragwiderstandsbedingung A
LF 1	BS-P
LF 2	BS-T
LF 3 1)	BS-A

1) Gemäß Arbeitshilfe zur DIN 19700 /7/, „Abschnitt 3 – Hinweise zur Berücksichtigung von Erdbeben bei der Nachweisführung“, können bei Trockenbecken für den Nachweis des Bemessungserdbebens (Erdbebenfall 2) Wasserdruck und Strömungskräfte vernachlässigt werden.

4.3 Tragsicherheits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise

4.3.1 Tragsicherheitsnachweise

Gemäß DIN 19700, Abschn. 7.2.6 gilt die Tragsicherheit des Dammes als gegeben, wenn folgende Nachweise geführt werden:

- Böschungs- und Geländebruch sowie Abschieben / Gleiten des Dammes in der Sohlfuge oder im Untergrund nach DIN 4084-2009

Die Böschungs- und Geländebruchberechnungen für den Damm erfolgen unter Ansatz einer vereinfachten geradlinig geschätzten Porenwasserdruckverteilung für den Fall einer Teildurchsickerung des Dammes.

- Aufnahme der Spreizspannungen in der Sohlfuge als Berechnung nach DIN 4084-2009
Der Nachweis der ausreichenden Standsicherheit wird für abschnittsweise vergrößerte Böschungskeile mit dem Verfahren des Blockgleitens untersucht. Der Nachweis erfolgt daher als Böschungsbruchberechnung nach DIN 4084 mit polygonalen Gleitkörpern nach dem Verfahren von Janbu. Hierbei werden Böschungskörper zwischen Fußpunkt des Dammes und der Böschungsschulter in der Sohlfuge des Dammes untersucht. Der maßgebende horizontale Erddruck wird durch Variation der Neigung der Gleitkörperhinterkante zur Horizontalen variiert, vgl. Anlage 3.8.

Maßgebende Einwirkungskombination ist hier der Lastfall Schnelle Wasserspiegelabsenkung der wasserseitigen Böschung.

- Grundbruchsicherheit - Berechnung als Geländebruchberechnung nach DIN 4084-2009 mit erhöhten Teilsicherheitsbeiwerten.



- Hydraulischer Grundbruch (Sohlaufbruch) am luftseitigen Dammfuß – nicht maßgebend
Der Nachweis gegen hydraulischen Grundbruch ist nur bei Unterströmung des Dammes bis zur Luftseite maßgebend. Diese tritt im vorliegenden Fall nicht auf.

4.3.2 Gebrauchstauglichkeitsnachweise

Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit sind Nachweise für die

- Verträglichkeit der Setzungen des Dammes zu führen. Diese wurden bereits im Rahmen des Baugrundgutachtens ermittelt.
- Nachweis zur Sicherheit gegen Materialtransport (Kontakterosion, Suffosionsstabilität, rückschreitende Erosion-Piping) zu führen.

4.4 Standsicherheit Dammquerschnitt Profil 0+750

4.4.1 Dammaufbau mit Abflachung der Böschungen

Der uns übergebene Dammquerschnitt besitzt Böschungsneigungen von 1: 1,5 und eine maximale Höhe im Bereich Querprofile 0+727 bis 0+750 von 2,4 m. Er wird als homogener Erddamm ausgeführt. Die Dammaufstandsfläche liegt nach Abtrag des Oberbodens ca. 0,3 m unter OK Gelände.

Aufgrund der ungünstigen Untergrundverhältnisse mit lagenweise gering scherfesten Bodenschichten müssen gemäß den durchgeführten Vorberechnungen die Böschungsneigungen des Dammes luft- und wasserseitig gegenüber der bisherigen Böschungsneigung von 1: 1,5 abgeflacht werden.

Dies ergab sich auch aus der im Rahmen des Baugrundgutachtens /6/ durchgeführten Standsicherheitsberechnung in Anlage 5.2.

Maximale Böschungsneigung Luftseite: 1:2,5

Maximale Böschungsneigung Wasserseite 1: 2,0

Die Dammaufstandsfläche ist durch eine mindestens einlagige Bodenstabilisierung (verdichtete Mächtigkeit 45 cm) mit Bindemittel zu stabilisieren.

4.4.2 Nachweis der Sicherheit gegen Böschungsbruch / Grundbruch / Spreizkräfte

Tabelle 4: Untersuchte Einwirkungskombinationen und Angabe der Berechnungsergebnisse für Nachweise gegen Böschungsbruch und Grundbruch sowie Spreizkräfte in Dammaufstandsfläche.

Last-Fall	TWB		Bemes-sungs-situation	Luft-/Wasser-seite	Zul. Aus-nutzungs-grad μ_{zul}	Vorh. Ausnut-zungs-grad μ	Anlage Nr.
Nachweise gegen Böschungsbruch							
1.1	A	Ansatz G+Q+ Vollstau Zv	BS-P	Luft	$\mu \leq 1,0$	0,94 2)	3.1
1.2	A	Ansatz G+Q+ Beckenfüllung 1/3 bzw. Niedrigwasser Flussbett	BS-P	Wasser	$\mu \leq 1,0$	0,87 1)	3.2
2.1	A	Ansatz G+Q+ Beckenfüllung 1/3 + SLW-Belastung auf Wasserseitigem Radweg (Unfallsituation)	BS-T	Wasser	$\mu \leq 1,0$	0,92 1)	3.3
2.2	A	Ansatz G+Q+ schnelle Spiegelabsenkung	BS-T	Wasser	$\mu \leq 1,0$	0,87	3.4
3.1	A	Ansatz G + Q+ Vollstau + rückseitiger Einstau der Luftseitigen Böschung bis 0,5 m ü- GOK	BS-A	Luft	$\mu \leq 1,0$	0,89	3.5
Nachweise gegen Grundbruch							
4.1	A	Ansatz G+Q+ Vollstau	BS-P GEO 2	Luft	$\mu \leq 1,0$	0,96	3.6
4.2	A	Ansatz G+Q+ Vollstau	BS-P GEO-2	Wasser	$\mu \leq 1,0$	0,89	3.7
Nachweis der zulässigen Spreizkräfte in der Dammaufstandsfläche							
5.1	A	Ansatz G+Q+ schnelle Spiegelabsenkung	BS-T- GEO-3	Wasser	$\mu \leq 1,0$	0,77 1)	3.8

- 1) einlagige Bodenstabilisierung d = 45 cm unter der Aufstandsfläche erforderlich
- 2) einlagige Bodenstabilisierung d = 45 cm sowie Geogitter (Bemessungsfestigkeit mind. 20 kN/m) unter der Aufstandsfläche erforderlich

Die zulässigen Ausnutzungsgrade sind eingehalten. Damit sind die Nachweise erfüllt.

4.4.3 Erforderliche Zusatzmaßnahmen zur Sicherstellung der Standsicherheit

Aufgrund des Ausnutzungsgrades wird vorgeschlagen eine einlagige Bodenstabilisierung mit einer Mächtigkeit von ca. 45 cm im verdichteten Zustand mit Weissfeinkalk unter der Aufstandsfläche durchzuführen, um den erforderlichen Sohlsreibungswinkel bei durchströmtem Boden sicherzustellen.



Des Weiteren ergibt sich aus den Standsicherheitsnachweisen, s. Anlage 3.1, dass in der Aufstandsfläche zwischen Bodenstabilisierung und aufgehendem Damm ein Geogitter mit einer Bemessungsfestigkeit von $R_d \geq 20 \text{ kN/m}$ einzubauen ist. Das Geogitter muss aufgrund der unterlagernden Bodenverbesserung mit Bindemitteln, die im Boden hohe pH-Werte erzeugen, für pH-Werte von 12 bis 13 beständig sein.

Vorzugsweise ist ein biaxiales Geogitter einzubauen, das in der Lage ist in allen Richtungen unterhalb des Dammes Kräfte aufzunehmen und zu verteilen.

Überlappungen der Geogitterbahnen in Querrichtung des Dammes sind nicht zulässig. Überlappungen in Längsrichtung des Dammes sollten 1 m betragen.

4.5 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit -Dammsetzungen

Die für Setzungen relevanten Schichten unterhalb der Dammaufstandsfläche setzen sich aus den oberflächennahen, weichen bis steifen tonig-schluffig-sandigen Auelehmen zusammen, sowie den oberen vollständig verwitterten schluffig-tonigen Schichten des Gipskeupers, die unterhalb der Talfüllungen vorliegen.

Die Setzungen des Dammes wurden im Rahmen des Baugrundgutachtens der Geotechnik Aalen in Abschnitt 5.3 sowie in Anlage 5.4 mit 4 cm bis 5 cm ermittelt. Weitere Berechnungen werden hier nicht durchgeführt. Aufgrund der geringen Durchlässigkeit der Böden ist für die Setzungen mit einer langen Konsolidationszeit von 1 bis 2 Jahren zu rechnen. Die vorgenannten Setzungsmaße sind mit der Dammkonstruktion vertretbar. Eine Vergleichmäßigung der Setzungen ist durch das gemäß Abschnitt 4.4.3 in der Aufstandsfläche erforderliche Geogitter zu erwarten.

Bei den oben angegebenen Setzungen handelt es sich um die Setzungen des Untergrundes infolge seiner Belastung durch die Dammschüttung. Nicht enthalten sind hierbei Eigensetzungen des Dammes, die sich bei einer Schüttung aus bindigen Böden, auch bei optimaler Verdichtung, durch die Langzeitkonsolidation einstellen. Rechnerisch ergeben sich Eigensetzungen in der Größenordnung von 0,5 % bis 1 % der Schütthöhe.



4.6 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit - Innere Erosion – Suffosion

Erosions- und Suffosionsstabilität

Für das Becken ergibt sich eine Einstauhöhe im Fall HQ 100 mit $Z_v = 422,78$ mNN. Das unterwasserseitige Gelände liegt in einer Höhe von 421,2 mNN. Damit ergibt sich eine Druckhöhe von 1,58 m durch den Einstau.

Die Fußbreite des Dammes beträgt im Bereich der höchsten Dammprofile (0+750) nach Abflachung der Böschungen auf 1:2,5 luftseitig und auf 1:2 wasserseitig insgesamt ca. 23 m.

Damit ergibt sich bei vollständiger Unterströmung ein hydraulisches Gefälle im Falle einer Unterströmung von $i_{\text{vorh}} = 1,58 \text{ m} / 23 \text{ m} = 0,07$.

Als Vergleichswert für die zulässigen Strömungsgradienten gegenüber Suffosion und Erosionsgrundbruch (hydraulisches Kriterium) wird nach DIN 19712 –Flussdeiche /21/ Bild 8, der kritische hydraulische Gradient i_{krit} in Abhängigkeit vom Grad der Ungleichförmigkeit nach Istomina herangezogen. Aus vorgenanntem Bild 8 ergibt sich, dass der kritische Gradient i_{krit} mit zunehmender Ungleichförmigkeit bis zu einer Ungleichförmigkeitszahl von 25 abnimmt, darüber hinaus kommt es zu keiner weiteren Abminderung. Aufgrund der weitgestuften Böden wird von einem $U > 40$ ausgegangen. Damit ergibt sich als Kontrollgradient $i_{\text{krit}} = 0,22$.

Gemäß Merkblatt DWA-M 507-1 /7/ ergibt sich das zulässige Strömungsgefälle nach Abschnitt 8.5.7 aus Tabelle 8 unter Ansatz der Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen (i_{vorh}) und Widerstände (i_{krit}).

Hydraul. Kriterium	Einwirkungen			Widerstände $\gamma_{H,\text{krit}}$
	$\gamma_{H,\text{vorh}}$			
Bemessungssituation	BS-P	BS-T	BS-A	
Suffosion	1,35	1,2	1,1	1,5

Dabei gilt nach /8/ $i_{\text{vorh}} \times \gamma_{H,\text{vorh}} \leq i_{\text{krit}} / \gamma_{H,\text{krit}}$

mit $i_{\text{krit}} = 0,22$ und $i_{\text{vorh}} = 0,07$ ist das zulässige Strömungsgefälle größer als das kritische Strömungsgefälle. Der Nachweis ist damit erfüllt.

Bewertung der Erosionsstabilität der Böden nach Merkblatt MSD 2011

Im Baugrundgutachten wurde für die im Untergrund unterhalb der Dammaufstandsfläche anstehenden Ton- und Schluffböden in bodenmechanischen Laborversuchen die Plastizität untersucht (Probe 1/1, 2/1, 2/4). Gemäß den Laborergebnissen stehen im Untergrund plastische bindige Böden der Bodengruppen TM (mittelplastischer Ton) und TA (hochplastische Tone) mit Plastizitätszahlen größer $i_p = 0,15$ an.

Für diese Böden kann aufgrund der Plastizität davon ausgegangen werden, dass sie einen Tongehalt von mindestens 10 % Feinstkorn $< 0,002$ mm besitzen.

Gemäß Merkblatt MSD /8/, Abschnitt 5.6 ist bei bindigen Böden mit Feinstkorngehalten (Tonfraktion $< 0,002$ mm) größer 10 % und einer Plastizität von mindestens 15% aufgrund der Haftfestigkeit der Teilchen nicht mit Materialtransport auf Grund hydrodynamischer Belastung (Suffosion und Kontakterosion) zu rechnen. Diese Böden können daher als ausreichend erosions- und suffosionssicher angesehen werden.

Mit den ermittelten Ausnutzungsgraden werden die zulässigen Gradienten gegen hydrodynamischen Materialtransport infolge Suffosion und Erosionsgrundbruch eingehalten.

Für die Geotechnik Aalen:



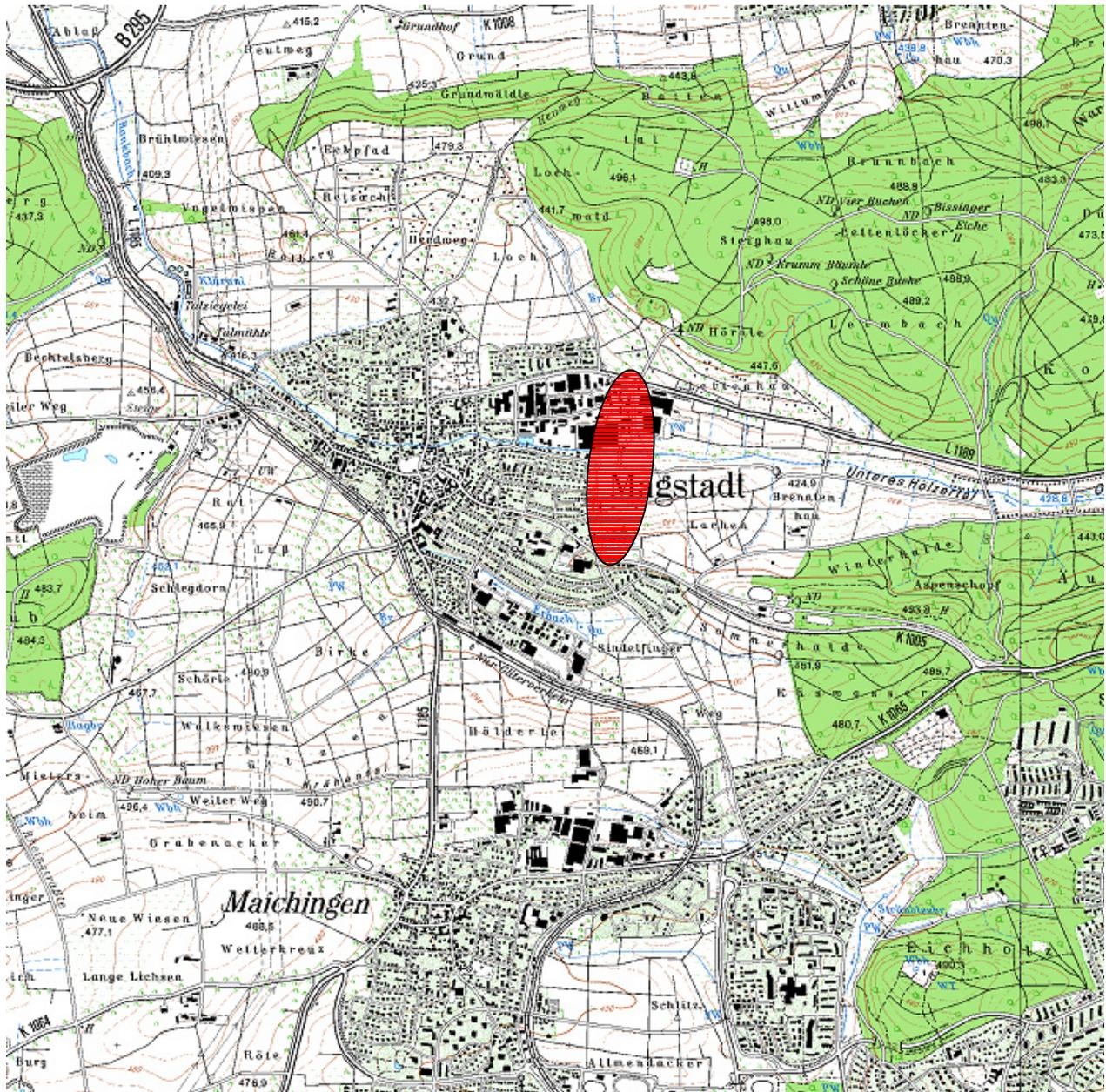
Dipl.- Geol. W. Höfner

Sachbearbeiter:

Dipl.- Ing. K. Hübel

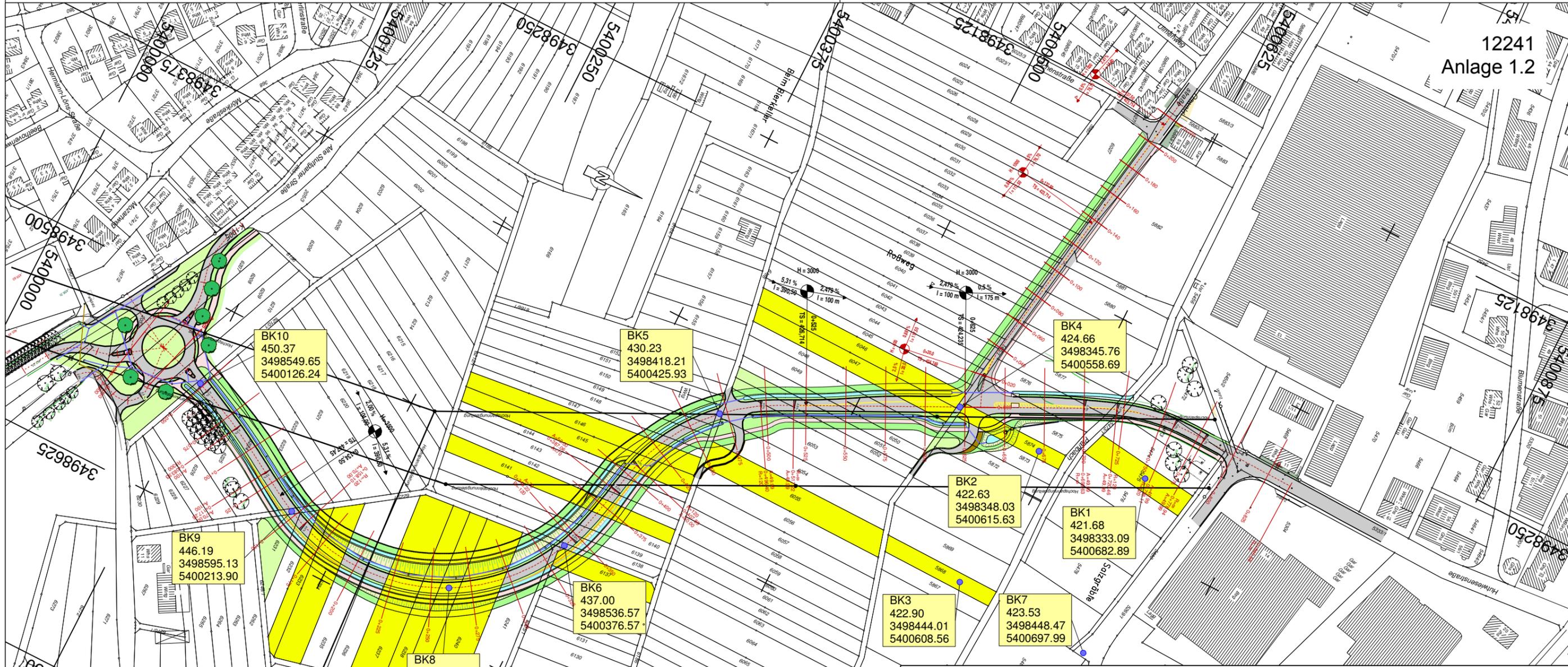
ÜBERSICHTSLAGEPLAN

Plangrundlage: TK 1: 25.000



Legende:

 Untersuchungsgebiet



BK10
450.37
3498549.65
5400126.24

BK5
430.23
3498418.21
5400425.93

BK4
424.66
3498345.76
5400558.69

BK9
446.19
3498595.13
5400213.90

BK2
422.63
3498348.03
5400615.63

BK1
421.68
3498333.09
5400682.89

BK6
437.00
3498536.57
5400376.57

BK3
422.90
3498444.01
5400608.56

BK7
423.53
3498448.47
5400697.99

BK8
444.50
3498593.16
5400323.96

Auftraggeber:



Gemeinde
Magstadt
Marktplatz 1
71106 Magstadt

Osttangente Magstadt

Lageplan m. öfftl. Flächen abgesteckten Bohrpunkten



Ingenieurbüro Axel Westram
Büro für Bau- & Vermessungswesen
Wilhelmshofstr. 25, 74321 Bietigheim-Bissingen
Tel. 07142/56540, Fax 07142/987300
mail@ib-westram.de, www.ib-westram.de

Maßstab:
1:2500

Gefertigt: 16.08.2012 AW

Plan-Nr. Index

abst 1

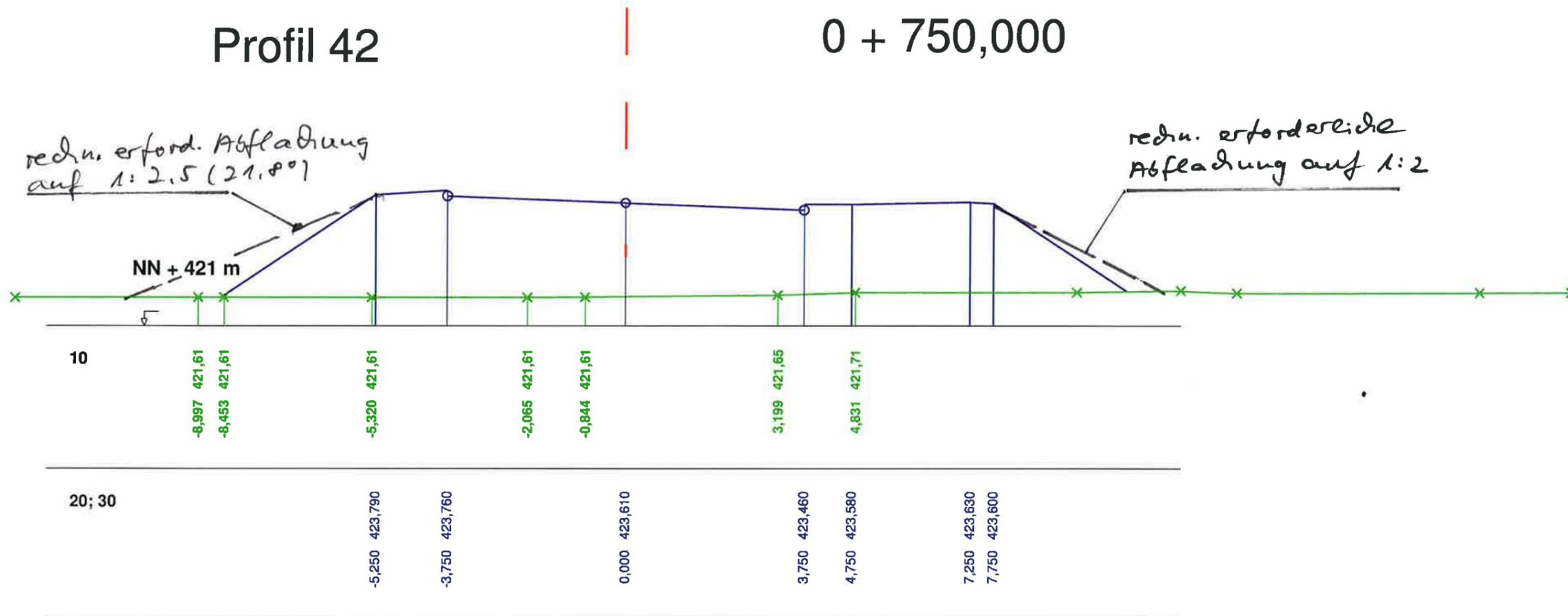
Leistungsphase:
Entwurfsplanung

Genehmigt:

Projektnr.: 20118077
Dateiname: abst geolog2.sda
Stratis-Version: STRATIS V14.2

Profil 42

0 + 750,000



Gemeinde Magstadt
 Neubau Osttangente
Querprofil 0+750



Ingenieurbüro Axel Westram
 Büro für Bau- & Vermessungswesen
 Wilhelmshofstr. 25, 74321 Bietigheim-Bissingen
 Tel. 07142/56540 Fax 07142/987300

Maßstab:
 1:100

Gefertigt:
 18.09.2012 AW

Projektnr.: 20118077
 Dateiname: 750.sda
 Stratis-Version: STRATIS V14.2

GEOTECHNIK AALEN

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

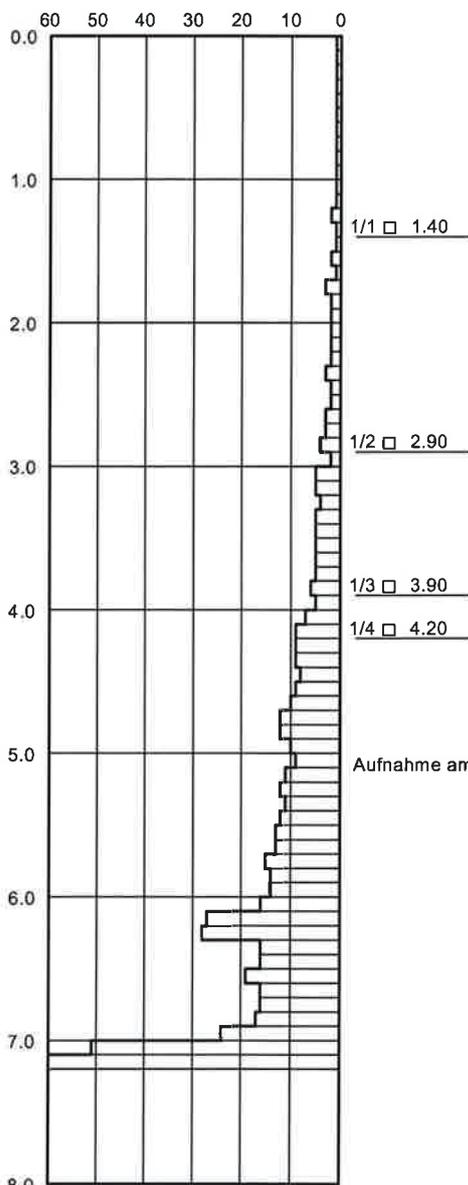
Bericht: 12241

Anlage 2.1

DPH 1

421,73 m

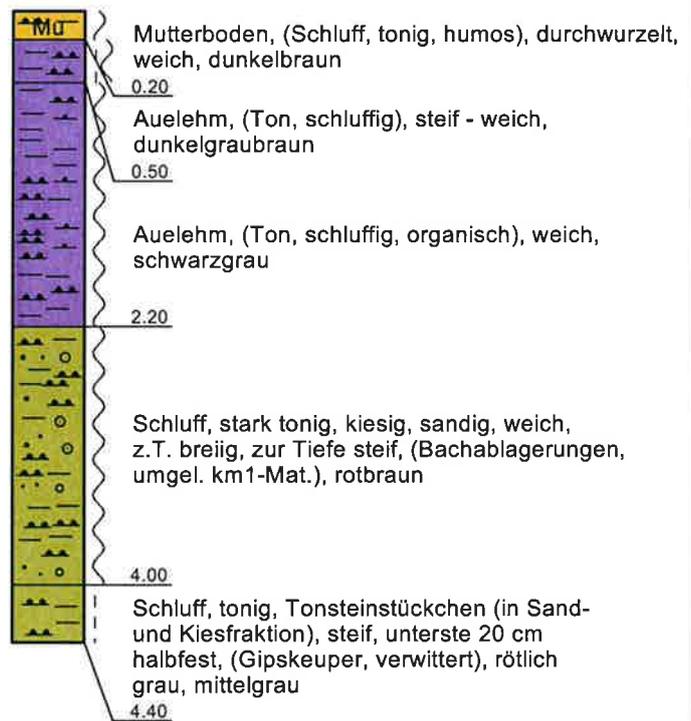
Schlagzahlen je 10 cm



16.08.12/Ma/(bei 7,20 m 60 Schläge auf 8 cm)

BS 1

421,73 m NN



Aufnahme am 16.08.2012/G. Däumling/M 1: 50

GEOTECHNIK AALEN

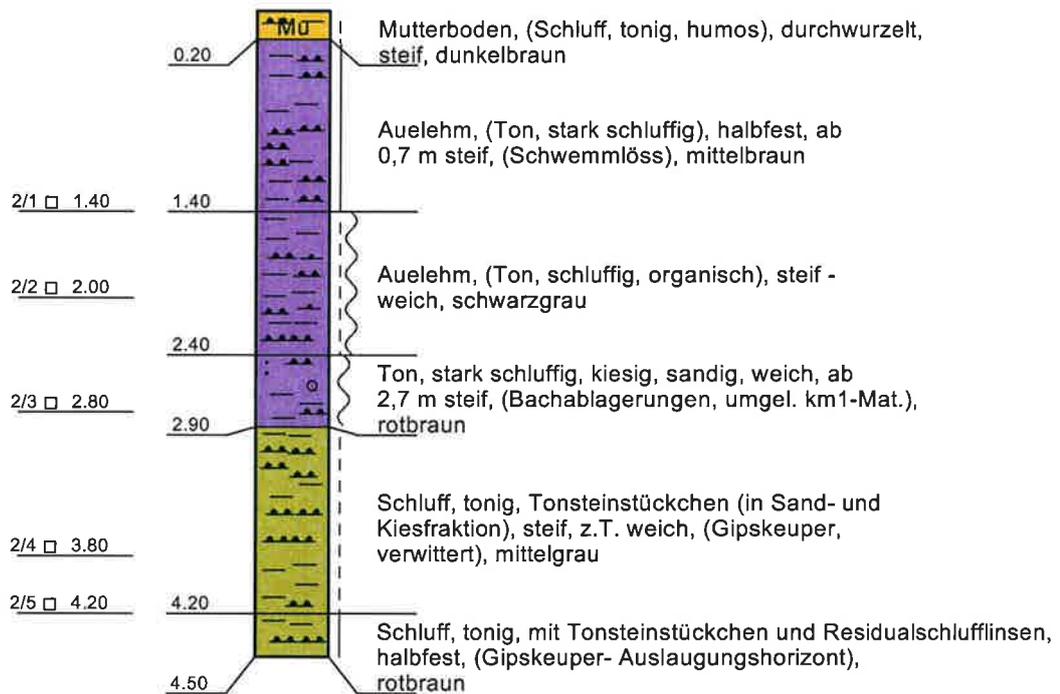
Robert-Bosch-Str. 59
73431 Aalen
Tel.: 07361 / 9406-0 Fax: 07361 / 9406-10

Bericht: 12241

Anlage 2.2

BS 2

422,63 m NN



Aufnahme am 16.08.2012/G. Däumling/M 1: 50

GEOTECHNIK AALEN

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

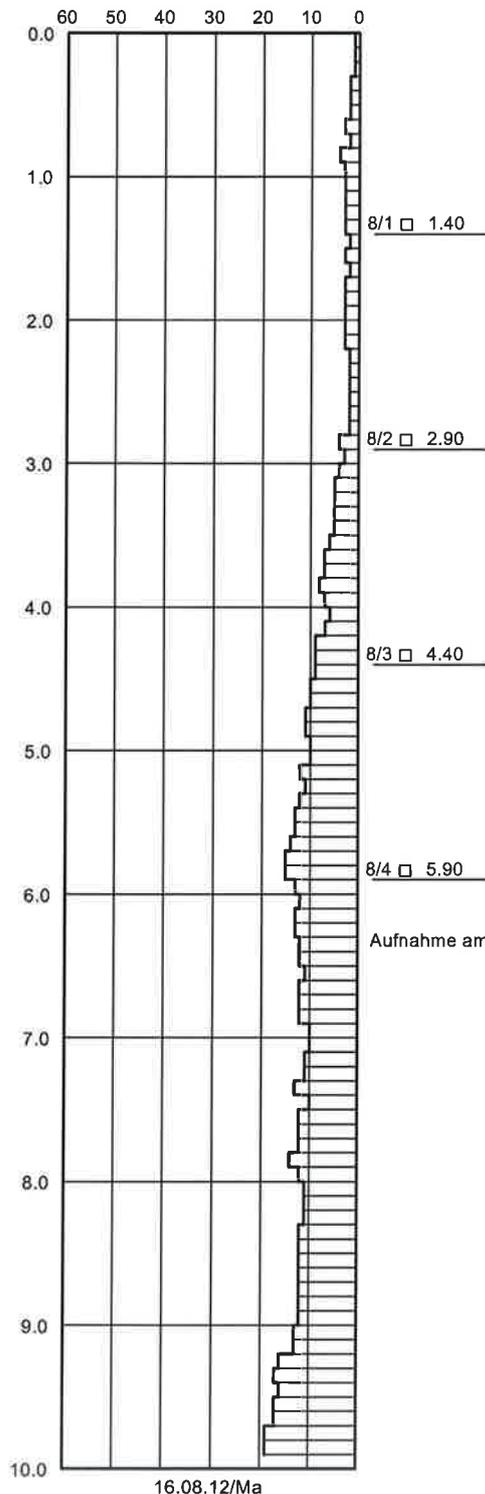
Bericht: 12241

Anlage 2 

DPH 2

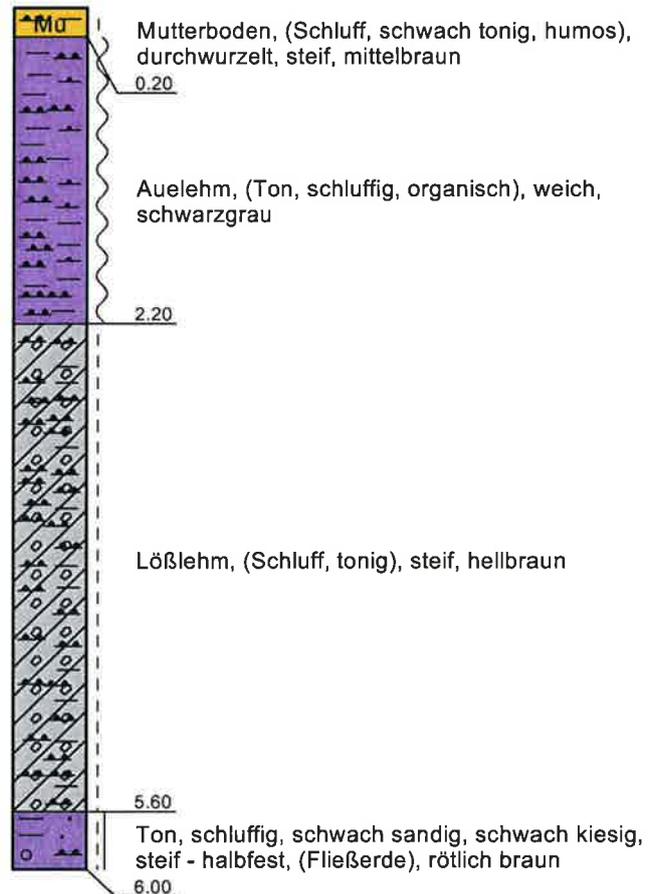
444,48 m

Schlagzahlen je 10 cm



BS 8

444,48 m NN



Aufnahme am 16.08.2012/G. Däumling/M 1: 50

Berechnungsgrundlagen
 Norm: EC 7
 $\mu_{max} = 0.94$
 $x_m = -7.99$ m
 $y_m = 426.56$ m
 $R = 7.30$ m
Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
 - $\gamma(\text{Herausziehen}) = 1.4000$
 Datei: 12241beS-anl3-1.boe

Nachweis der Böschungsbruchsicherheit

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

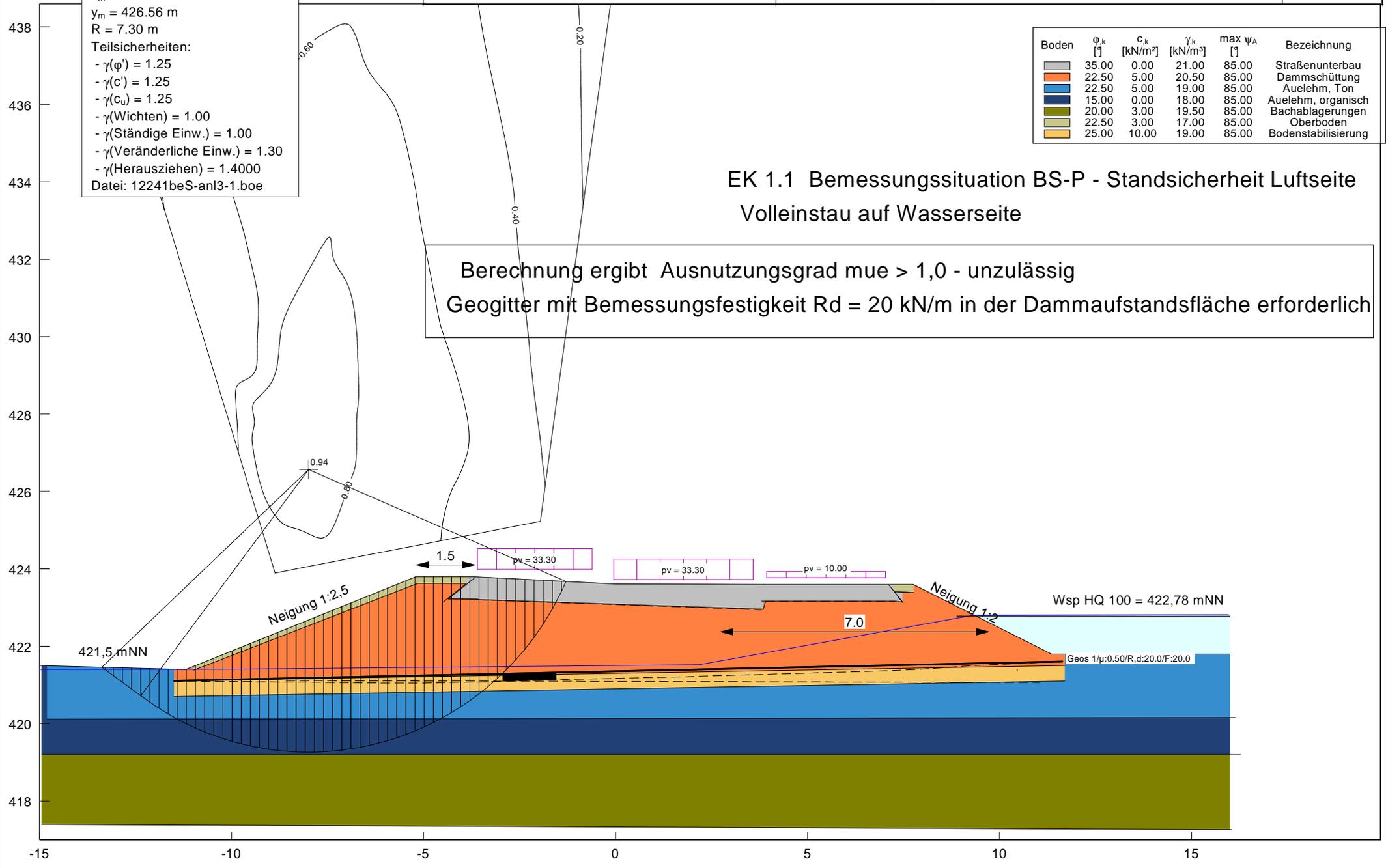
Gemeinde Magstadt
 Hochwasserrückhaltebecken Planbach
 Dammquerschnitt 0 + 750

Projekt. Nr.
 12241
 Anlage Nr.
 3.1

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	max ψ_A [°]	Bezeichnung
[Grey]	35.00	0.00	21.00	85.00	Straßenunterbau
[Orange]	22.50	5.00	20.50	85.00	Dammschüttung
[Blue]	22.50	5.00	19.00	85.00	Auelehm, Ton
[Dark Blue]	15.00	0.00	18.00	85.00	Auelehm, organisch
[Green]	20.00	3.00	19.50	85.00	Bachablagerungen
[Light Green]	22.50	3.00	17.00	85.00	Oberboden
[Yellow]	25.00	10.00	19.00	85.00	Bodenstabilisierung

**EK 1.1 Bemessungssituation BS-P - Standsicherheit Luftseite
 Volleinstau auf Wasserseite**

Berechnung ergibt Ausnutzungsgrad $\mu_e > 1,0$ - unzulässig
 Geogitter mit Bemessungsfestigkeit $R_d = 20$ kN/m in der Dammaufstandsfläche erforderlich



Wsp HQ 100 = 422,78 mNN

Geos 1/ μ :0.50/R,d:20.0/F:20.0

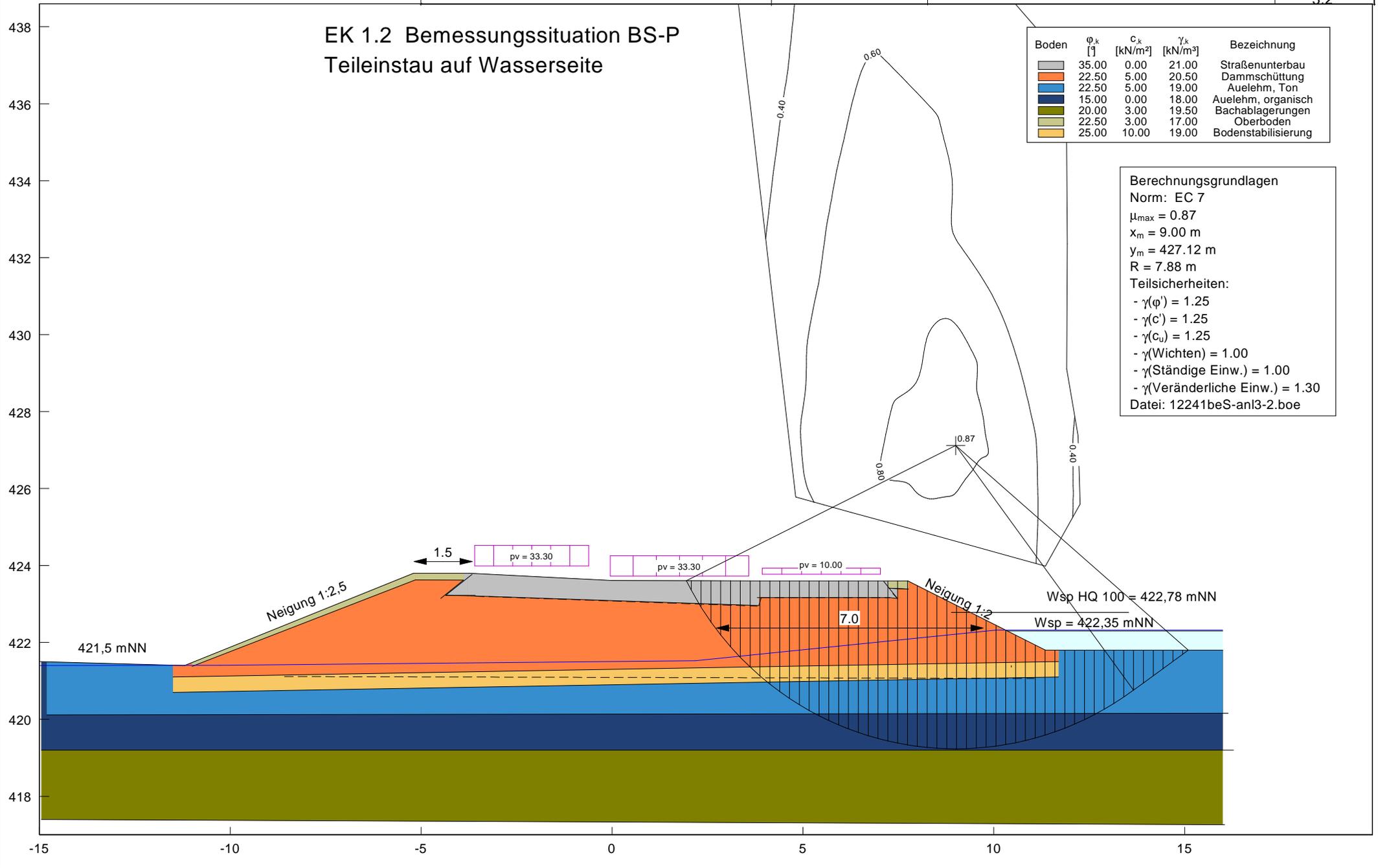
-15 -10 -5 0 5 10 15

438
436
434
432
430
428
426
424
422
420
418

EK 1.2 Bemessungssituation BS-P
Teileinstau auf Wasserseite

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
[Grey]	35.00	0.00	21.00	Straßenunterbau
[Orange]	22.50	5.00	20.50	Dammschüttung
[Blue]	22.50	5.00	19.00	Auelehm, Ton
[Dark Blue]	15.00	0.00	18.00	Auelehm, organisch
[Green]	20.00	3.00	19.50	Bachablagerungen
[Light Green]	22.50	3.00	17.00	Oberboden
[Yellow]	25.00	10.00	19.00	Bodenstabilisierung

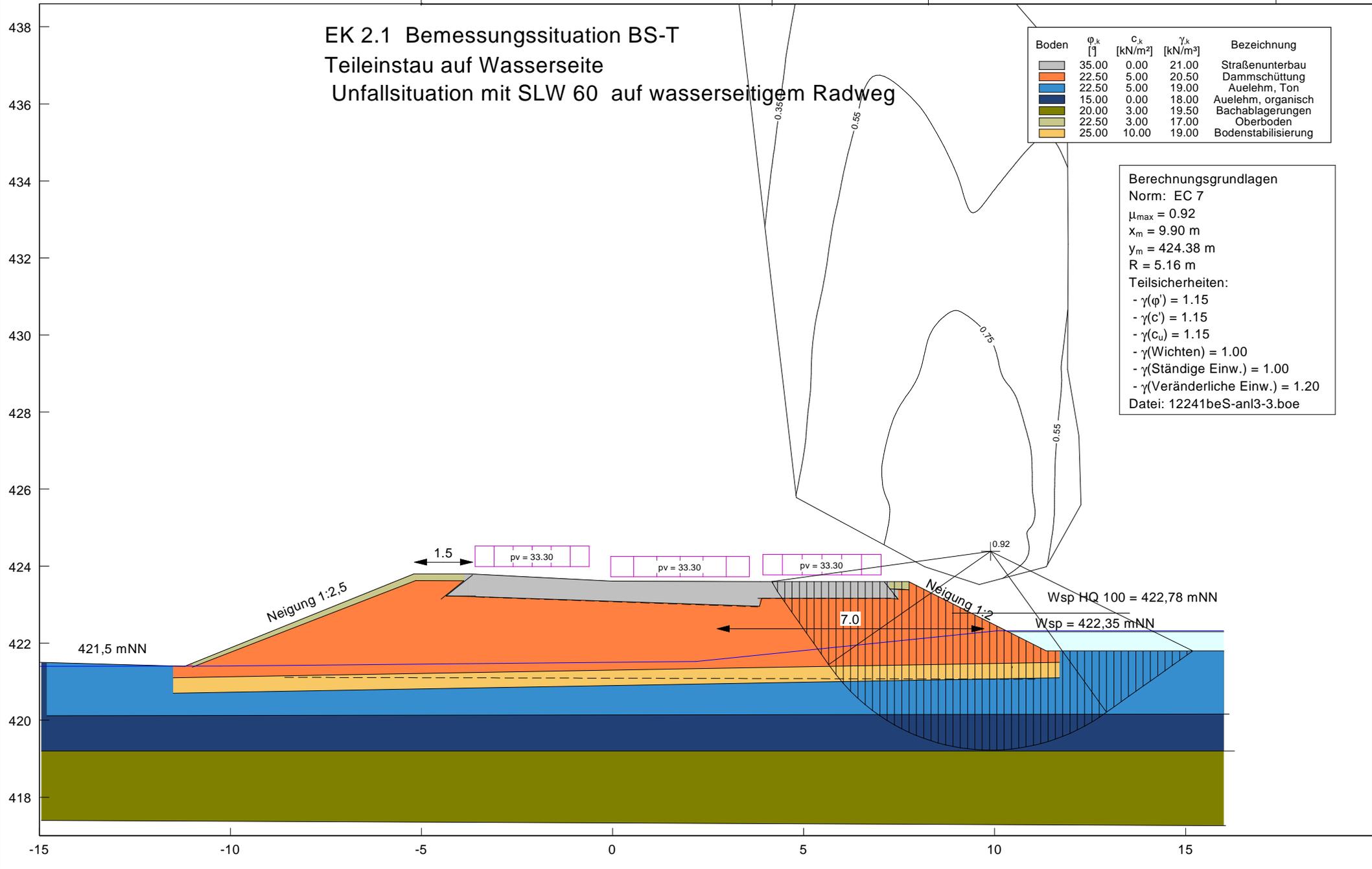
Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
 $\mu_{max} = 0.87$
 $x_m = 9.00$ m
 $y_m = 427.12$ m
 $R = 7.88$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Datei: 12241beS-anl3-2.boe



EK 2.1 Bemessungssituation BS-T
Teileinstau auf Wasserseite
Unfallsituation mit SLW 60 auf wasserseitigem Radweg

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
[Grey]	35.00	0.00	21.00	Straßenunterbau
[Orange]	22.50	5.00	20.50	Dammschüttung
[Blue]	22.50	5.00	19.00	Auelehm, Ton
[Dark Blue]	15.00	0.00	18.00	Auelehm, organisch
[Green]	20.00	3.00	19.50	Bachablagerungen
[Light Green]	22.50	3.00	17.00	Oberboden
[Yellow]	25.00	10.00	19.00	Bodenstabilisierung

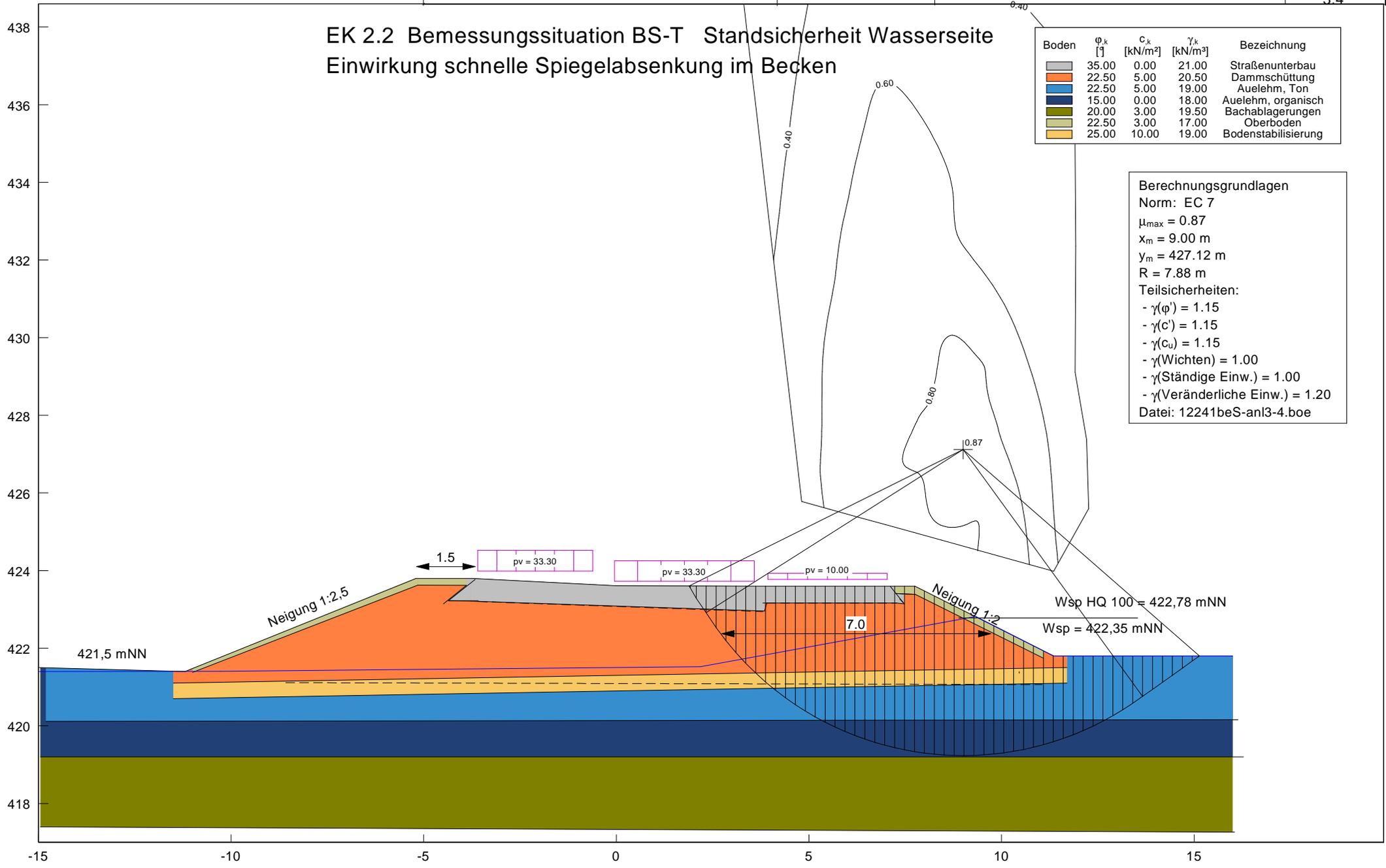
Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
 $\mu_{max} = 0.92$
 $x_m = 9.90$ m
 $y_m = 424.38$ m
 $R = 5.16$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.15$
- $\gamma(c') = 1.15$
- $\gamma(c_u) = 1.15$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$
Datei: 12241beS-anl3-3.boe



EK 2.2 Bemessungssituation BS-T Standsicherheit Wasserseite
Einwirkung schnelle Spiegelabsenkung im Becken

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	35.00	0.00	21.00	Straßenunterbau
	22.50	5.00	20.50	Dammschüttung
	22.50	5.00	19.00	Auelehm, Ton
	15.00	0.00	18.00	Auelehm, organisch
	20.00	3.00	19.50	Bachablagerungen
	22.50	3.00	17.00	Oberboden
	25.00	10.00	19.00	Bodenstabilisierung

Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
 $\mu_{max} = 0.87$
 $x_m = 9.00$ m
 $y_m = 427.12$ m
 $R = 7.88$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.15$
- $\gamma(c') = 1.15$
- $\gamma(c_u) = 1.15$
- $\gamma(Wichten) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$
Datei: 12241beS-anl3-4.boe



Nachweis der Böschungsbruchsicherheit

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

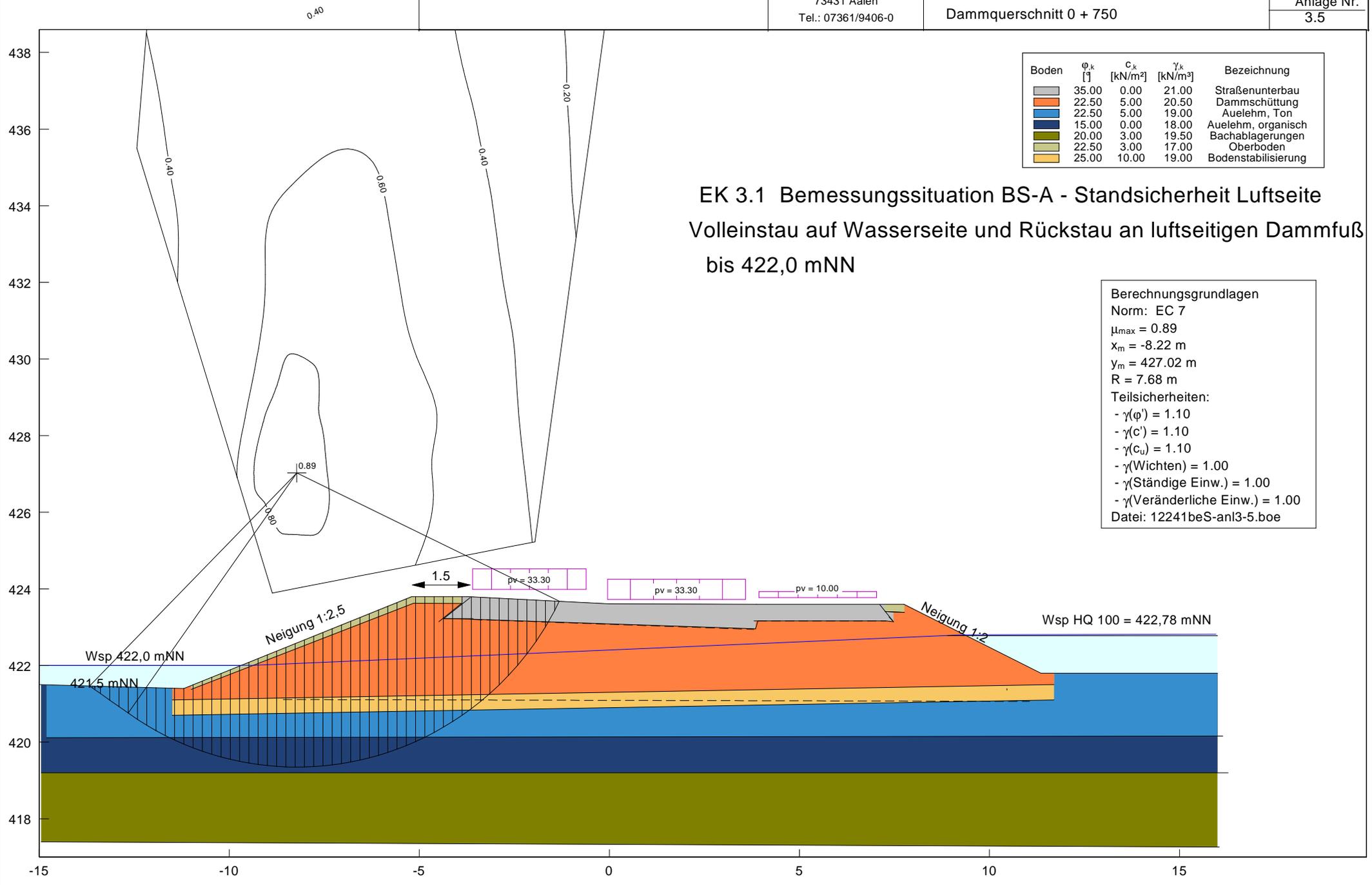
Gemeinde Magstadt
Hochwasserrückhaltebecken Planbach
Dammquerschnitt 0 + 750

Projekt. Nr.
12241
Anlage Nr.
3.5

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	35.00	0.00	21.00	Straßenunterbau
	22.50	5.00	20.50	Dammschüttung
	22.50	5.00	19.00	Auelehm, Ton
	15.00	0.00	18.00	Auelehm, organisch
	20.00	3.00	19.50	Bachablagerungen
	22.50	3.00	17.00	Oberboden
	25.00	10.00	19.00	Bodenstabilisierung

EK 3.1 Bemessungssituation BS-A - Standsicherheit Luftseite
Volleinstau auf Wasserseite und Rückstau an luftseitigen Dammfuß
bis 422,0 mNN

Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
 $\mu_{max} = 0.89$
 $X_m = -8.22$ m
 $y_m = 427.02$ m
 $R = 7.68$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi) = 1.10$
- $\gamma(c) = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.00$
Datei: 12241beS-anl3-5.boe

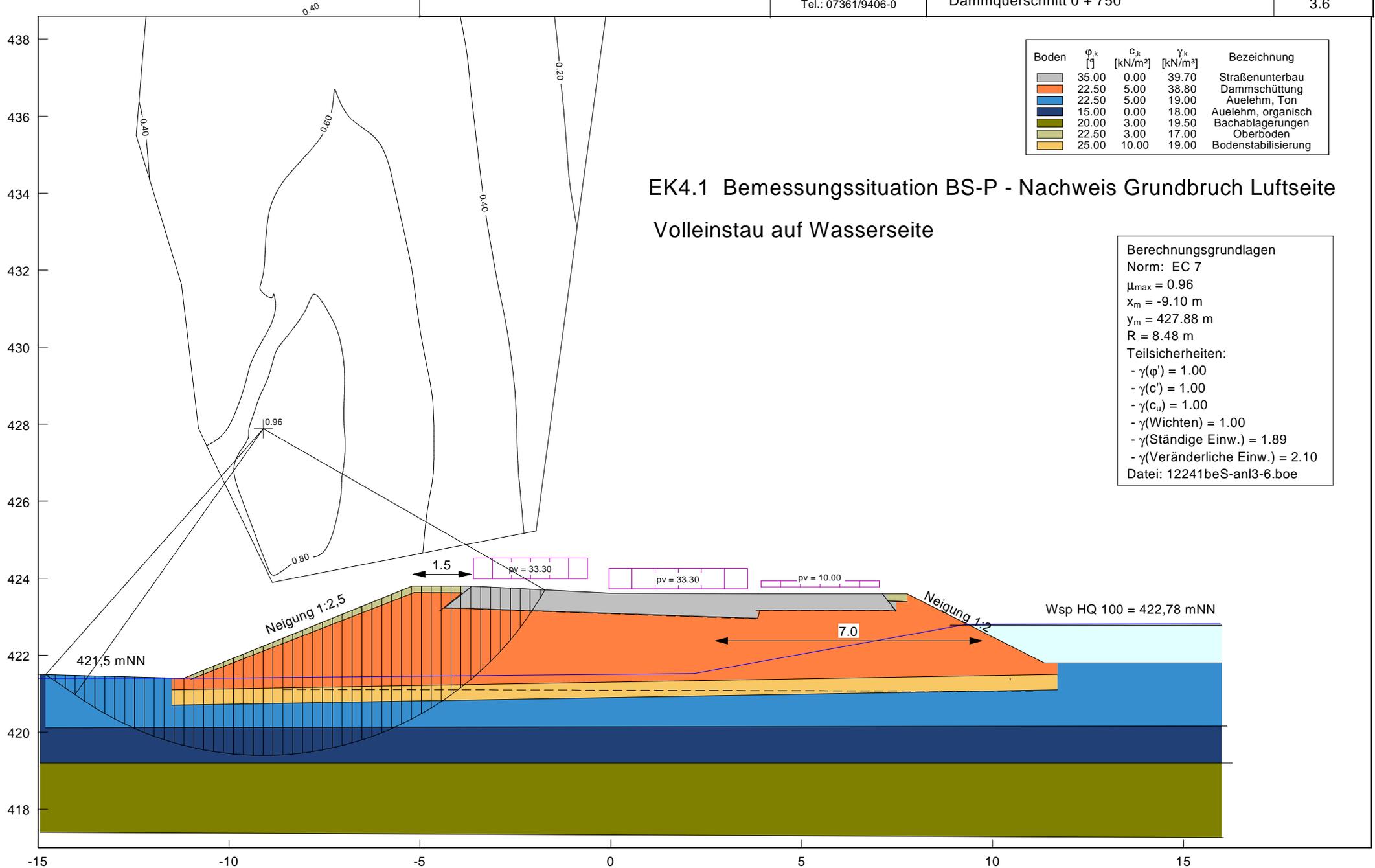


Nachweis der Böschungsbruchsicherheit

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

Gemeinde Magstadt
Hochwasserrückhaltebecken Planbach
Dammquerschnitt 0 + 750

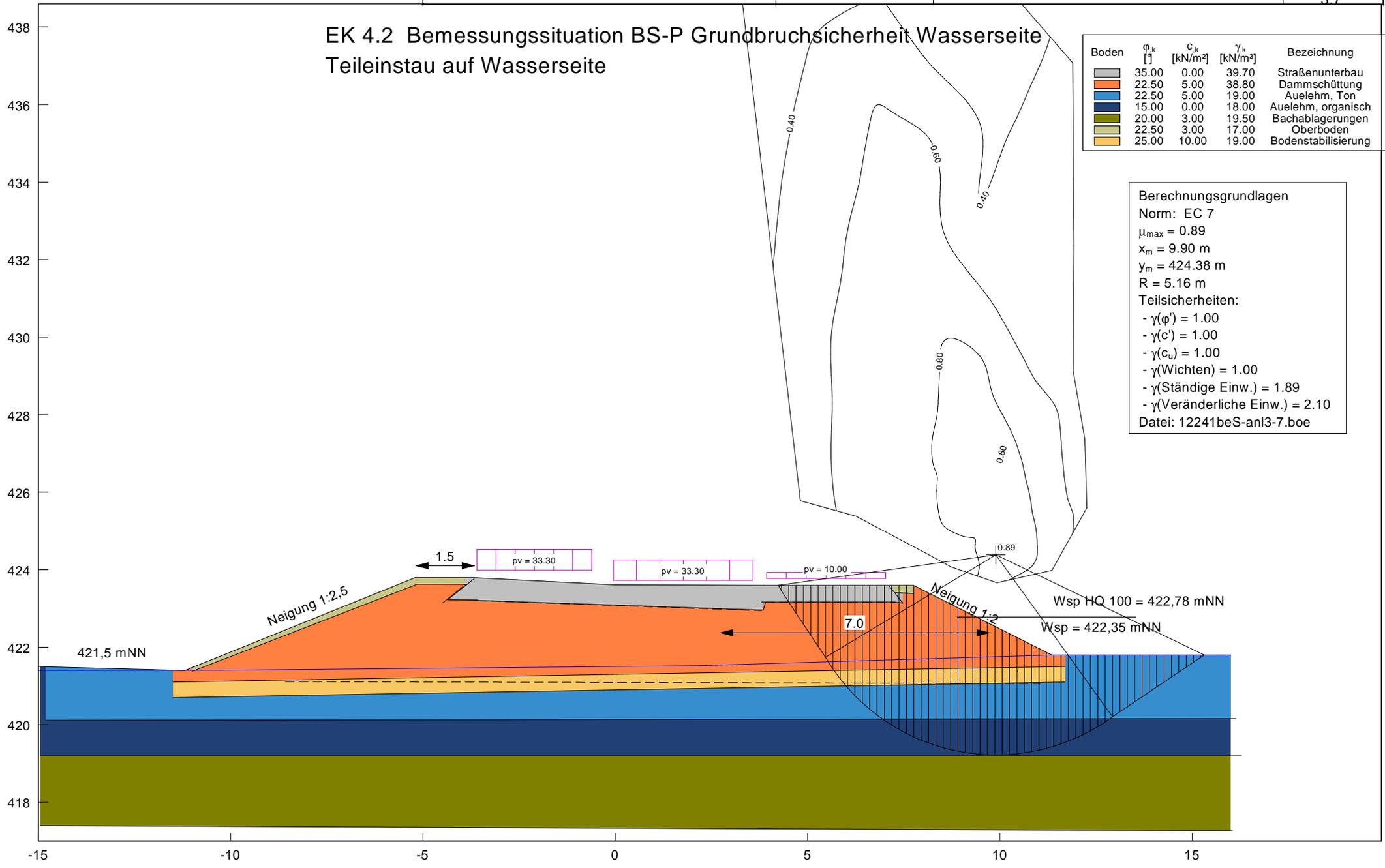
Projekt. Nr.
12241
Anlage Nr.
3.6



EK 4.2 Bemessungssituation BS-P Grundbruchsicherheit Wasserseite
Teileinstau auf Wasserseite

Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
[Grey]	35.00	0.00	39.70	Straßenunterbau
[Orange]	22.50	5.00	38.80	Dammschüttung
[Blue]	22.50	5.00	19.00	Auelehm, Ton
[Dark Blue]	15.00	0.00	18.00	Auelehm, organisch
[Green]	20.00	3.00	19.50	Bachablagerungen
[Light Green]	22.50	3.00	17.00	Oberboden
[Yellow]	25.00	10.00	19.00	Bodenstabilisierung

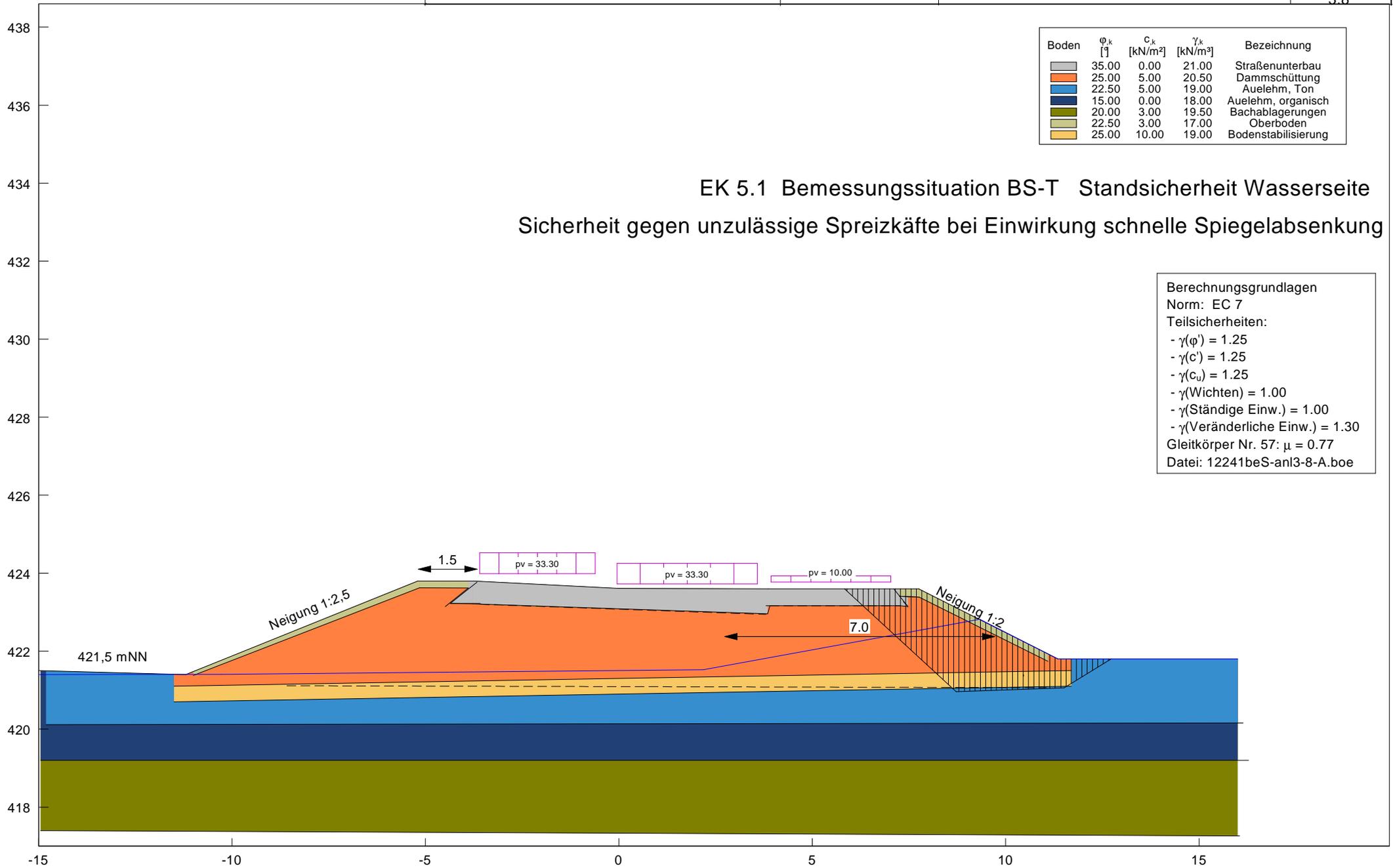
Berechnungsgrundlagen
 Norm: EC 7
 $\mu_{max} = 0.89$
 $x_m = 9.90$ m
 $y_m = 424.38$ m
 $R = 5.16$ m
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.00$
 - $\gamma(c') = 1.00$
 - $\gamma(c_u) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.89$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 2.10$
 Datei: 12241beS-anl3-7.boe



Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	35.00	0.00	21.00	Straßenunterbau
	25.00	5.00	20.50	Dammschüttung
	22.50	5.00	19.00	Auelehm, Ton
	15.00	0.00	18.00	Auelehm, organisch
	20.00	3.00	19.50	Bachablagerungen
	22.50	3.00	17.00	Oberboden
	25.00	10.00	19.00	Bodenstabilisierung

EK 5.1 Bemessungssituation BS-T Standsicherheit Wasserseite
Sicherheit gegen unzulässige Spreizkäfte bei Einwirkung schnelle Spiegelabsenkung

Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Gleitkörper Nr. 57: $\mu = 0.77$
Datei: 12241beS-anl3-8-A.boe



Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	35.00	0.00	21.00	Straßenunterbau
	25.00	5.00	20.50	Dammschüttung
	22.50	5.00	19.00	Auelehm, Ton
	15.00	0.00	18.00	Auelehm, organisch
	20.00	3.00	19.50	Bachablagerungen
	22.50	3.00	17.00	Oberboden
	25.00	10.00	19.00	Bodenstabilisierung

EK 5.1 Bemessungssituation BS-T Standsicherheit Wasserseite
Sicherheit gegen unzulässige Spreizkräfte bei Einwirkung schnelle Spiegelabsenkung
Darstellung der untersuchten Gleitkörper in der Dammaufstandsfläche

Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\phi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$
Datei: 12241beS-anl3-8-B.boe

