

Hochwasserrückhaltebecken Helsa

Geotechnisches Gutachten

Auftraggeber: Wasserverband Losse
Leipziger Strasse 463
34260 Kaufungen

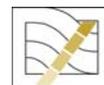
Auftragnehmer: DAS BAUGRUND INSTITUT
Dipl.-Ing. Knierim GmbH
Wolfhager Straße 427
34128 Kassel
Tel.-Nr.: 0561 / 96994-0
kassel@dasbaugrundinstitut.de



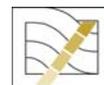
Bearbeiter: Dipl.-Ing. T. Hardt

Projekt Nr.: 098/19 g02rev02

Datum: 31.03.2023

**Inhaltsverzeichnis:**

	Seite
1. Vorgang	5
2. Unterlagen	6
3. Örtliche Verhältnisse und geplante Maßnahmen	6
4. Geologische Verhältnisse	7
5. Untergrunderkundung	7
6. Untergrundverhältnisse	8
6.1 Ergebnisse der Bohrungen und Kleinrammbohrungen	8
6.2 Grundwasser	11
6.3 Ergebnisse der Pumpversuche	12
6.4 Sensorische Auffälligkeiten	13
7. Ergebnisse der Laborversuche	13
7.1 Ergebnisse der Bodenuntersuchungen	13
7.2 Ergebnisse der Wasseranalyse	15
8. Baugrundmodell - geotechnische Bewertung	15
8.1 Homogenbereiche	15
8.2 Bodenklassen	22
9. Bodenmechanische Kennwerte	24
10. Ausbildung des Hochwasserrückhaltebeckens	25
10.1 Hauptdamm	25
10.1.1 homogener Damm	25
10.1.2 Zonendamm	26
10.1.3 Allgemeine Anforderungen	26
10.2 Vorschüttung Talflanke West (B7)	27
10.3 Vorschüttung Talflanke Ost (Bahndamm)	29
11. Durchlassbauwerk	30
11.1 Gründung	30
11.2 Baugrube	30
11.3 Wasserhaltung	33



12.	Hydraulische Berechnungen	34
12.1	Hydraulisches Modell	34
12.2	Berechnungen GW-Modell	37
12.3	Bewertung der Ergebnisse der GW-Modellierung	40
13.	Standicherheit und Verformungen	41
13.1	Erosionsgefährdung	41
13.2	Böschungsbruch	41
13.3	Setzungen	48
14.	Zusammenfassung, Folgerungen und Empfehlungen	49
14.1	Baugrundmodell	49
14.2	Beckendichtung	49
14.3	Dammschüttung - Erdbau	50
14.4	Durchlassbauwerk	51
14.5	Versorgungsleitungen	52
14.6	Hydrogeologische Auswirkungen des Beckeneinstaus	52

**Anlagenverzeichnis:**

- Anlagen:**
- 1 Lagepläne**
 - 1.1 Übersichtslageplan
 - 1.2 Lageplan der Aufschlüsse
 - 1.3 Übersichtslageplan Geologie/Hydrologie
 - 2 Profilschnitte (1 – 1 bis 9 – 9)**
 - 2.1 Schnitt 1 – 1 Längsschnitt Durchlassbauwerk
 - 2.2 Schnitt 2 – 2 Längsschnitt Losse
 - 2.3 Schnitt 3 – 3 Aufstandsfläche Hauptdamm
 - 2.4 Schnitt 4 – 4 Hauptdamm luftseitiger Dammfuß
 - 2.5 Schnitt 5 – 5 Talquerschnitt in der Einstaufläche
 - 2.6 Schnitt 6 – 6 Talquerschnitt in der Einstaufläche
 - 2.7 Schnitt 7 – 7 Schnitt Böschungsfuß B7
 - 2.8 Schnitt 8 – 8 / 9 – 9 Schnitt Achse Bahndamm/Dammfuß
 - 3 Schichtenverzeichnisse**
 - 3.1 Bohrungen
 - 3.2 Sondierungen
 - 3.3 Pegelausbaudaten
 - 4 Fotodokumentation**
 - 4.1 Bohrungen
 - 5 Laborversuche**
 - 5.1 Tabellarische Zusammenstellung
 - 5.2 Körnungslinien
 - 5.3 Zustandsgrenzen
 - 5.4 Wasseranalyse
 - 6 Hydraulische Berechnungen**
 - 6.1 Auswertung der Pumpversuche
 - 6.2 Ergebnisse der hydraulischen Modellierung
 - 7 Standsicherheitsberechnungen**
 - 7.1-7.3 Böschungsbruchberechnungen, östl. Talflanke - Bahn
 - 7.4-7.5 Böschungsbruchberechnungen, Hauptdamm
 - 7.6 Böschungsbruchberechnungen, westl. Talflanke – B7



1. Vorgang

Südlich der Ortslage von Helsa im Tal der Losse plant der **Wasserverband Losse** im Zuge der Umsetzung des Hochwasserschutzkonzeptes den Neubau eines Hochwasserrückhaltebeckens über die gesamte Talbreite unter Einbeziehung der Talflanken. Im Zuge des Planungsfortschritts wurde neben der ursprünglichen Planung eine weitere Standortalternative mit einer Verschiebung des Beckens nach Süden betrachtet und im weiteren Verfahren favorisiert.

Die Fläche des Hochwasserrückhaltebeckens wird begrenzt durch eine dreiseitige Dammschüttung. Im Norden quert der Hauptdamm das komplette Lossetal. Im Westen und Osten sind die Talflanken zur B7 und zur Bahntrasse zu ertüchtigen und im nördlichen Abschnitt zu erhöhen. Zu untersuchen waren die geotechnischen Randbedingungen im Bereich des **Hochwasserrückhaltebeckens** als Grundlage für die weitere Planung der Hochwasserentlastungsanlage als Dammschüttungen mit einem Auslassbauwerk.

Der Wasserverband Losse hat **DAS BAUGRUND INSTITUT Dipl.-Ing. Knierim GmbH (BGI)** mit Schreiben vom 04.06.2019 beauftragt, die im Zuge der Planungsphase erforderlichen wasserbaulichen sowie grundbautechnischen Untersuchungen im Bereich des Hochwasserrückhaltebeckens durchzuführen und geotechnisch zu bewerten.

Mit den durch den Planer, Wald+Corbe Consulting GmbH, vorgelegten Querprofilen für das geplante Becken und die Standortalternative 4 (Verschiebung des Beckens in südliche Richtung) wurden vorab erste Böschungsbruchberechnungen durchgeführt als Grundlage für die weiteren Flächen- und Biotopwertbilanzen und die endgültige Entscheidung der Vorzugsvariante. Die Standsicherheitsuntersuchungen wurden mit dem Bericht 098/19 G01 vom 26.10.2019 vorgelegt.

Die Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen insgesamt werden in dem vorliegenden Gutachten 098/19 G02rev01 beschrieben und bewertet.



2. Unterlagen

Für die Bearbeitung der Untersuchung standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [1] Wald + Corbe Consulting GmbH:**
Umschließungsdamm, Lageplan und Schnitte
(Vorplanung Stand September 2020)

- [2] IGK Ingenieurgesellschaft Kärcher, Institut für Geotechnik**
Hochwasserrückhaltebecken Losse,
 - Geotechnische Vorerkundung, Vorabzug vom 23.11.2016
 - Geotechnische Untersuchungen mit Bewertung hinsichtlich Machbarkeit, Vorabzug vom 08.06.2017

- [3] BBU C. Schubert GmbH:**
Ingenieurgeologisches Gutachten, Helsa, Bahnstrecke Kassel – Waldkappeln (Lossebahn) – Maßnahmen gegen weitere Bahndammdurchspülungen, Bericht vom 12.07.2017

- [4] Hessische Straßen- und Verkehrsverwaltung, Planungsgruppe A 44:**
Lageplan und Längsschnitt A – A, Regenklärbecken/Regenrückhaltebecken, Stat. 13+760
Bauentwurf, Unterlage 13.3.1, Blatt-Nr. 1.2.1, Stand 09.03.2010

- [5] Baugrund Institut Dipl.-Ing. Knierim GmbH:**
Standisicherheitsuntersuchungen Bericht 098/19 G01 vom 26.09.2019

3. Örtliche Verhältnisse und geplante Maßnahmen

Das Untersuchungsgebiet liegt südlich der Ortslage von Helsa. Die mögliche Einstaufläche wird begrenzt durch den geplanten Hauptdamm durch das Lossetal und die Talflanken mit der B7 auf der Ostseite und dem Bahndamm auf der Ostseite. Der geplante Verlauf des Umschließungsdammes (Stand Sept. 2020) mit einer Dammneigung wasserseitig/ luftseitig von 1:2,5 / 1:2,5 und einer Kronenbreite von 5,0 m ist in dem Lageplan der Anlage 1 eingetragen. Mit einem Stauziel von 289,80 mNN ergibt sich ein Stauvolumen von ca. 100.000 m³. Unter Berücksichtigung des Freibords ergibt sich eine Dammhöhe von 291,30 mNN (luftseitig) bis zu ca. 12 m über der Talsohle der Losse. Das Dammbauwerk ist mit einem Auslassbauwerk mit integrierter Hochwasserentlastung vorgesehen.



4. Geologische Verhältnisse

Nach der geologischen Karte Grossalmerode, Blatt 4724, stehen im Untersuchungsgebiet oberflächennah quartäre Schichten aus fluviale Talfüllungen der Losse sowie Hanglehne und –schutte an den Talflanken an. Das liegende Festgestein wird von Formationen des mittleren Buntsandsteins gebildet.

Die quartären Talfüllungen der Losse bilden den obersten Grundwasserleiter. Das Grundwasser fließt nach Norden innerhalb der Talaue der Losse ab.

5. Untergrunderkundung

Zur orientierenden Vorerkundung der Untergrundverhältnisse wurden durch die IGK Ingenieurgesellschaft Kärcher, Institut für Geotechnik in 2016 und 2017 für das zunächst weiter nördlich geplante Becken Bohrungen, Rammkernsondierbohrungen und Schürfe ausgeführt. Für das nun weiter südlich geplante Becken konnten einige Schürfe und Sondierungen verwendet werden:

- 3 Rammkernsondierbohrungen (RKS 5, 6, 8) aus [2]
- 7 Schürfe (Sch 1, 2, 3, 4.1/4.2, 5, 7, 8) aus [2]

Für die Konzeption der Baugrube des Durchlassbauwerks wurden vom 19. bis 21. August 2019

- **5 Bohrungen (B 1, B 2.1/2.2, B 3.1/3.2)**

abgeteuft. Die Bohrungen 2 und 3 wurden zu Grundwassermessstellen als Doppelmessstelle im Quartär (2.1 und 3.1) bzw. Buntsandstein (2.2 und 3.2) ausgebaut.

In der Zeit vom 29.-31.08.2019 innerhalb einer Streckensperrung wurden zur Erkundung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse im Bahndamm von Mitarbeitern des Baugrund Institut Dipl.-Ing. Knierim GmbH

7 Rammsondierungen (DPH): DPH 1 bis DPH 7

Im Schwellenfach der Bahnstrecke mit der Schweren Rammsonde zur Beurteilung der Tragfähigkeit und der relativen Lagerungsdichte der Baugrundschichten ausgeführt.

Im gleichen Zeitraum wurde jeweils neben einigen der Ansatzpunkte der Rammsondierungen von unseren Mitarbeitern insgesamt

4 Rammkernsondierbohrungen: BS 2, BS 3, BS 5 und BS 6



abgeteuft. Ergänzend wurde hier die im Rahmen einer Schadensbeurteilung am Bahndamm ausgeführte Sondierung der BBU C. Schubert GmbH, bei Bahn km 27,74 aus 2017 mit herangezogen:

1 Rammkernsondierbohrungen: Sch/RKS 1 aus [3]

Im Zuge einer weiteren Erkundungskampagne wurden zur Erkundung der Baugrund- und Grundwasserverhältnisse in der Dammaufstandsfläche des Hauptdammes und am Böschungsfuß der Talflanken von Mitarbeitern des Baugrund Institut Dipl.-Ing. Knierim GmbH in der Zeit vom 05. bis 13. Oktober 2020

19 Rammkernsondierbohrungen: KRB 1 bis KRB 21

mit der Rammkernsonde, \varnothing 50 mm sowie unmittelbar neben einzelnen KRB

10 Rammsondierungen (DPH): DPH 1 bis DPH 7, DPH 9, 12, 14

mit der Schwere Rammsonde nach DIN EN ISO 22476-2 zur Beurteilung der Tragfähigkeit und der relativen Lagerungsdichte der Baugrundschichten ausgeführt.

Die gewonnenen Kernbohrproben der Bohrungen sowie die Rammkernsondierungen wurden durch unseren Feldgeologen ingenieurgeologisch aufgenommen und dokumentiert. Ferner wurden Bodenproben für bodenmechanische Untersuchungen entnommen.

Die Ansatzpunkte aller Aufschlüsse sind in dem Lageplan der Anlage 1 eingetragen. Die Aufschlussergebnisse sind in Form von höhenorientierten Tiefenprofilen und Rammdiagrammen in den Schnitten der Anlagen 2 dargestellt. Neben den Profildarstellungen der Rammkernsondierbohrungen sind die angetroffenen Bodenarten mit Kurzzeichen nach DIN 4023 beschrieben.

6. Untergrundverhältnisse

6.1 Ergebnisse der Bohrungen und Kleinrammbohrungen

Der Oberboden wurde mit einer Schichtdicke von 0,1 m bis 0,4 m erkundet. Die oberflächennahen Schichten unter der Oberbodenschicht werden in der Talaue der Losse aus Deck- und Auelehmen gebildet mit unterschiedlicher Schichtmächtigkeit. Unterhalb der lehmigen Talfüllung werden Flussaufschüttungen der Losse aus Kiesen und Sanden erkundet.

Schicht 2.1 und 2.2 aus Deck- und Auelehmen sowie den Lossekiesen werden als **quartäre, fluviatile Ablagerungen** innerhalb der Talaue der Losse zusammengefasst. Die Quartärüberdeckung des Grundgebirges geht aus der Talaue in den Talflanken in **Hanglehm** (2.4) und **Hangschutt** (2.3) über.



Das liegende Festgestein wird durch **Formationen des Mittleren Buntsandsteins** aus Sandstein-Tonstein-Wechselfolgen (3.2) gebildet. Die Verwitterungszone 3.1 an der Oberfläche des Festgesteins wurde mit einer wechselnden Schichtstärke von wenigen Dezimetern bis zu mehreren Metern aufgeschlossen.

Aufgrund der ausgeführten Bodenaufschlüsse sowie der geologischen Gegebenheiten wurde für die Berechnungen aus bodenmechanischen und ingenieurgeologischen Gesichtspunkten ein deutlich gegliedertes

3-Schichten-Profil

angenommen, dass - mit allen Einschränkungen einer Verallgemeinerung - den im Folgenden beschriebenen Aufbau besitzt:

östliche Talflanke - Bahndamm

1. Schicht: Anthropogene Auffüllungen (1)

Als Gleisschotter bis ca. 0,5 m unter OK Betonschwelle. Unterhalb des Gleisschotter im Planum ist von umgelagerten gemischtkörnigen Böden der dort anstehenden quartären Deckschichten auszugehen, eine Abgrenzung zu den anstehenden Böden ist aufgrund gleicher Zusammensetzung jedoch nicht eindeutig möglich.

2. Schicht: Quartärer Hangschutt/-lehm (2.3 + 2.4)

Der überwiegende Teil der Quartärüberdeckung wird aus Hangschutten gebildet. Sie setzen sich aus Sand-Kies-Gemischen mit wechselnden schluffigen und steinigen Anteilen zusammen. Bei einzelnen Aufschlüssen wurden Hanglehme aus schwach tonigen Sand-Schluff-Gemischen angetroffen. Diese Böden weisen eine weiche bis steife Konsistenz auf. Die Hangschutte sind entsprechend der Rammsondiererergebnisse überwiegend mitteldicht gelagert, bereichsweise liegen die Schlagzahlen $N_{10} \leq 5$ entsprechend einer lockeren Lagerung.

3. Schicht: Buntsandstein Verwitterungszone (3.1)

Der Übergang der Hangschutte in die Buntsandsteinverwitterungszone ist fließend und ist gekennzeichnet durch einen erhöhten Schuttanteil und einer zunehmenden eingeregelt Schichtung der Bruchstücke. In den DPHs resultiert daraus ein deutlicher Anstieg der Schlagzahlen wie er sich bei DPH 3 sowie bei DPH 5 bis DPH 7 (Streckenabschnitt 0+500 bis 0+100) bei ca. 4,5 m bis 5,5 m unter dem Ansatzpunkt abzeichnet.



westliche Talflanke – B7

1. Schicht: **Anthropogene Auffüllungen (1)**

Als Straßenaufbau der B7 sowie im Bereich der Anschüttungen (Rampenfahrt) am Regenrückhaltebecken aus überwiegend gemischtkörnigen Böden. Die Auffüllungen der Abfahrtsrampe sind entsprechend des Rammsondierergebnisses (DPH 5) überwiegend mitteldicht gelagert.

2. Schicht: **Quartärer Hangschutt/-lehm (2.3 + 2.4)**

Unter 40 cm Oberboden wurden in den Schürfen 7 und 8 der Vorerkundung Hanglehm/-schutt aus sandig-kiesigen Schluffen mit zur Tiefe zunehmenden steinigen Anteilen und steifer Konsistenz aufgeschlossen.

3. Schicht: **Buntsandstein Verwitterungszone (3.1)**

Der Übergang der Hanglehme und -schutte in die Buntsandsteinverwitterungszone ist fließend und ist gekennzeichnet durch einen erhöhten Schuttanteil und einer zunehmenden eingeregelter Schichtung der Bruchstücke. Der Übergang ist an der Schurfsohle 1,2 m bis 1,5 m unter dem Ansatzpunkt zu erwarten.

Talaue

In der Talaue ergibt sich das Baugrundprofil wie folgt

1. Schicht: **Anthropogene Auffüllungen (1)**

Als Wegebefestigung aus überwiegend gemischtkörnigen Böden (KRB 7/11/13/18)

2. Schicht: **Auelehm/Schwemmlehm (2.1)**

Als sandige Schluffe und Tone mit weicher bis steifer Konsistenz und einer Schichtmächtigkeit von wenigen Dezimetern bis maximal 1,4 m (KRB 9/14)

Quartärer Flusskiese und –gerölle (2.2)

kiesig-sandige Ablagerungen der Losse zur Tiefe mit steinigen Anteilen (Gerölle). Gesamtmächtigkeit ca. 3 – 5 m, 1. Porengrundwasserleiter

3. Schicht: **Buntsandstein (3.1+3.2)**

Buntsandsteinformationen aus Sand- und Tonstein an der Oberfläche zu tonigem Kies/Sand verwittert, Kluffgrundwasserleiter

In den Aufschlüssen im Bereich der Eintauffläche des Hochwasserrückhaltebeckens wurden oberflächlich, dichtende Schichten aus Aue- und Decklehm erkundet, wenn auch in Teilbereichen nur in einer Schichtstärke von wenigen Dezimetern. Lediglich im Bereich der Losse selbst durch



den Einschnitt des Fließgewässers in die wasserführenden Kiese und Sande sowie durch Verlagerung des Flussbettes und Ablagerung von gröberen Flußsedimenten im Uferbereich fehlt die Überdeckung des Grundwasserleiters.

Im Liegenden der quartären Ablagerungen wurde das liegende Grundgebirge aus Formationen des Mittleren Buntsandsteins aufgeschlossen, dass in den Aufschlüssen im Bereich des Durchlassbauwerks ab ca. 6 m unter Gelände erreicht wird.

6.2 Grundwasser

Die Lossekiese bilden den ersten Porengrundwasserleiter. Durch den Einschnitt des Fließgewässers in die wasserführenden Kiese und Sande sowie durch Verlagerung des Flussbettes und Ablagerung von gröberen Flußsedimenten im Uferbereich fehlt die Überdeckung des Grundwasserleiters, sodass von einer hydraulischen Verbindung zwischen dem Fließgewässer und dem Grundwasserleiter auszugehen ist.

Der Buntsandstein im Liegenden der Lossekiese bilden einen Kluffgrundwasserleiter. Die Grundwasserführung in den Klüften des Buntsandsteins scheint durch sandig-tonige und bankige Lagen an der Buntsandsteinoberfläche vom oberen Grundwasserleiter weitestgehend getrennt zu sein.

Für das Grundwasser liegen nur einzelne Stichtagsmessungen in den Aufschlüssen zum Zeitpunkt der Erkundung sowie in den Messstellen vor. Zum Zeitpunkt der Felduntersuchungen schwankte der Grundwasserstand zwischen 288,40 m NHN (KRB 21) am südlichen Rand der Einstaufläche und 277,12 m NHN (KRB 3) im Bereich des Hauptdammes. Die tagesaktuellen Grundwasserspiegellinien sind in den Profilen der Anlage 2 eingetragen und in der nachfolgenden Tabelle 1 zusammengestellt. Grundsätzlich ist von einer Grundwasserströmung nach Norden entsprechend dem Abfluss der Losse in der Talniederung auszugehen. Das Grundwasser kann aufgrund der Auelehmüberdeckung z. T. gespannt sein.



Tabelle 1: Grundwasserstände zum Zeitpunkt der Erkundung

Aufschluss	Ansatzpunkt [mNHN]	Datum	Grund-/Schichtwasser			
			angebohrt		in Ruhe	
			m u GOK	[m NHN]	m u GOK	[m NHN]
B 1	279,00	21.08.2019				
B 2.1	278,85	20.08.2019				277,55
B 2.2	278,81	20.08.2019				277,83
B 3.1	278,42	20.08.2019				277,52
B 3.2	278,55	20.08.2019				277,49
KRB 1	278,29	05.10.2020	0,70	277,59	0,70	277,57
KRB 2	278,19	02.10.2020	1,00	277,19	-	-
KRB 3	278,52	02.10.2020	1,00	277,52	1,40	277,12
KRB 4	278,95	06.10.2020	1,20	277,75	1,50	277,45
KRB 5	285,10	06.10.2020	-	-	-	-
KRB 6	279,98	06.10.2020	2,00	277,98	1,95	278,03
KRB 7	279,40	05.10.2020	1,40	278,00	1,80	277,60
KRB 9	280,36	07.10.2020	1,00	279,36	1,40	278,96
KRB 11	280,33	13.10.2020	1,60	278,73	1,40	278,93
KRB 12	281,09	07.10.2020	1,30	279,79	1,70	279,39
KRB 13	281,16	13.10.2020	1,40	279,76	1,50	279,66
KRB 14	281,97	07.10.2020	1,60	280,37	1,70	280,27
KRB 15	282,39	13.10.2020	1,60	280,79	-	-
KRB 16	282,75	12.10.2020	2,30	280,45	3,40	279,35
KRB 17	284,38	12.10.2020	2,80	281,58	2,10	282,28
KRB 18	286,01	12.10.2020	1,50	284,51	2,20	283,81
KRB 19	287,10)*	13.10.2020	0,60	286,50	0,90	286,20
KRB 20	288,40)*	13.10.2020	1,00	287,40	1,10	287,30
KRB 21	289,30)*	13.10.2020	0,80	288,50	0,90	288,40

)* Höhe aus Querprofilen abgeleitet

6.3 Ergebnisse der Pumpversuche

Zur Ermittlung der geohydraulischen Parameter der grundwasserführenden quartären Schichten sowie des Buntsandsteins als Kluftgrundwasserleiter wurden an den zwei Doppelmessstellen GWM 2.1/GWM 2.2 und GWM 3.1/GWM 3.2 am 20.09.2019 Pumpversuche durchgeführt.

Während der Pumpversuche wurden folgende Parameter gemessen:

- Fördermenge durch Auslitern
- Zeit und Absenkung/Wiederanstieg über Handmessung im Absenkbrunnen
- Zeit und Absenkung/Wiederanstieg über Handmessung in drei Messstellen.



Die Messergebnisse sind als Diagramme graphisch ausgewertet und in den Anlagen 7.1 und 7.2 diesem Gutachten beigefügt.

Die Ermittlung der Durchlässigkeit des Porengrundwasserleiters (quartärer Flusskies) und des Kluftgrundwasserleiters (Buntsandstein) wurde nach dem Zeitabsenkungsverfahren durchgeführt. Die Auswertung der Pumpversuche in den Grundwassermessstellen GWM 2.1 mit einer Filterstrecke im Lossekies und GWM 2.2 mit einer Filterstrecke im Buntsandstein (BSST) zeigt Förderraten von 0,97 m³/h (Kies) bzw. 3,64 m³/h (BSST) bei einer Absenkung von 0,85 m bzw. 8,0 m.

Aus den Förderraten und der Absenkung werden Durchlässigkeiten abgeleitet für den

Quartären Flusskies: $k_f = 1,5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
Buntsandstein: $k_f = 9,4 \times 10^{-6} \text{ m/s}$.

6.4 Sensorische Auffälligkeiten

Bei den durchgeführten Erkundungsarbeiten ergaben sich keine sensorischen Hinweise auf mögliche Kontaminationen. In der Talaue stehen mit Ausnahme von Wegebefestigungen durchgängig natürlich abgelagerte Flusssedimente ohne anthropogene Beimengungen an. Chemische Analysen im Hinblick auf die Verwertung/Entsorgung von Böden wurden nicht durchgeführt. Aushubböden fallen nur untergeordnet im Bereich des Durchlassbauwerks an. Diese Böden können innerhalb der Maßnahme, z.B. bei der Verfüllung des alten Lossebettes nach der Umverlegung, wieder eingebaut werden.

7. Ergebnisse der Laborversuche

7.1 Ergebnisse der Bodenuntersuchungen

Zur Ermittlung von Bodenkennwerten sind an gestört entnommenen Bodenproben Laborversuche durchgeführt worden. Die Ergebnisse dieser Laboruntersuchungen sind im Einzelnen in Anlage 5.1 zusammengestellt. Die Auswertung der Kornverteilungsanalysen gemäß DIN 18123 ist in Form von Körnungslinien in den Anlagen 5.2 dargestellt. Die Atterberg'schen Zustandsgrenzen sind den Anlagen 5.3 zu entnehmen.

Auelehm/Schwemmlehm (2.1)

Die Körnungslinien der 2 Bodenproben aus dem Bereich der Auelehme in der Talaue der Losse beschreiben sandig-tonige Schluffe mit z.T. kiesigen Anteilen:

Auelehm: Sand/Schluff, schwach tonig, z.T. kiesig
Schlammkornanteil 38,3% bis 48,1 %
Bodengruppe TL/TM



Der Wassergehalt der 2 Auelehmproben wurde abhängig von der Körnungslinie und den jahreszeitlichen Schwankungen mit $w_n = 11,9 \%$ und $w_n = 22,8 \%$ bestimmt.

Mit der Bestimmung der ATTERBERG'schen Zustandsgrenzen wurde für die Auelehme, abhängig von der Lage zum Grund- bzw. Schichtwasser, eine weich/breiige (B3.2: 0,15 – 0,90 m und B1: 0,20 – 0,50) bis halbfeste Konsistenz (S 12, 1,0 – 1,30 m) mit $I_C = 0,5$ und $1,33$ und einer Plastizität $I_P = 10,0 - 16,9 \%$ nachgewiesen, vgl. Anlage 5.3. Nach DIN 18196 ist der untersuchte Boden den Bodengruppen der leicht bis mittelplastischen Tone (TL, TM) zuzuordnen.

Lossekies (2.2)

Die Körnungslinien der Lossekiese aus B 1, B2.1, B2.2 und B3.2 liegen entsprechend der vorliegenden Laboruntersuchungen im Bereich der schwach schluffigen bis schluffigen Kiessande mit einem Feinkornanteil von 8% bis $22,2 \%$.

Lossekies: Kies, sandig bis stark sandig, schwach schluffig bis schluffig, z.T. steinig
Schlammkornanteil $8,0\%$ bis $22,2 \%$
Bodengruppe GU/GU*

Der Kiesanteil liegt bei $42,8\%$ bis $56,9 \%$.

Hangschutt/-lehm Talflanke Bahndamm (2.3/2.4)

Die Körnungslinien der Bodenproben aus dem Bereich der Hangschutte und -lehme an der östlichen Talflanke (Bahndamm) wurden mit 5 Proben untersucht und lassen sich wie folgt beschreiben:

Hangschutt: Kies/Sand, schluffig, z.T. schwach tonig
Schlammkornanteil bis 30%
Bodengruppe SU*/GU*

Hanglehm: Sand/Schluff, kiesig, schwach tonig
Schlammkornanteil 45% bis 60%
Bodengruppe SU*/ST*/UL/TL

Der Wassergehalt der Hangschutte und -lehme schwankt, abhängig von der Körnungslinie, zwischen $w_n = 8,3 \%$ und $w_n = 16,6 \%$.

Mit der Bestimmung der ATTERBERG'schen Zustandsgrenzen an 2 Proben wurde für die Hanglehme aus BS 2 eine steife Konsistenz mit $I_C = 0,88 - 0,89$ und einer Plastizität $I_P = 6,5$ bzw. $10,4$ nachgewiesen, vgl. Anlage 5.3. Nach DIN 18196 ist der untersuchte Boden den Bodengruppen der leicht plastischen Tone (TL) und der Sand-Ton-Gemische zuzuordnen.

Buntsandstein – Verwitterungszone (3.1)

Die Körnungslinien von zwei Bodenproben aus der Verwitterungszone an der Oberfläche der Buntsandsteinformationen beschreiben gemischtkörnige Böden



Verwitterungszone: Kies, sandig, schluffig, schwach tonig
Schlammkornanteil 22,3 % und 35,9 %
Bodengruppe GU*

Mit der Bestimmung der ATTERBERG'schen Zustandsgrenzen der bindigen Anteile sind die verwitterten Tonsteine aus dem Bereich der Buntsandsteinverwitterungszone nach DIN 18196 der Bodengruppe der leicht plastischen Tone (TL) zuzuordnen.

7.2 Ergebnisse der Wasseranalyse

Zur Beurteilung des Grundwassers im Hinblick auf seine betonangreifenden Inhaltsstoffe nach DIN 4030 wurde die zur Grundwassermessstelle GWM 2.2 beprobt und analysiert. Das Grundwasser ist gemäß dem Analyseergebnis wie folgt zu charakterisieren:

Grundwasser (GWM 2.2): nicht betonangreifend

Die Analysewerte liegen jeweils unterhalb der Grenzwerte für den Angriffsgrad XA1. Der Prüfbericht zu der Wasseranalyse enthält Anlage 5.4.

8. Baugrundmodell - geotechnische Bewertung

8.1 Homogenbereiche

Für die weiteren Planungs- und Entwurfsarbeiten wurde nach ingenieurgeologischen und geologischen Gesichtspunkten eine Untergliederung in Auffüllungen und unterschiedliche Quartäre Schichten sowie Festgesteine vorgenommen. Den Schichten wurden einzelne Schichtnummern zugeordnet, welche sich in den Geologischen Schnitten wieder finden. Die genannten Schichten sind unter ingenieurgeologischen Gesichtspunkten als Homogenbereiche aufzufassen.

Der Untergrund im Bereich des Hochwasserrückhaltebeckens gliedert sich demnach in die Schichten/Homogenbereiche 1 bis 3 mit folgender Charakterisierung:

Schicht 1 Auffüllungen

Das Auftreten von Auffüllungen ist im Wesentlichen auf die Wegebefestigung in der Talau, die Dammschüttung des bestehenden RRB an der B7 und die Dammschüttung der Bahnlinie an der östlichen Talflanke beschränkt. Die Auffüllungen bestehen aus groben (Kies/Sand, steinig) und gemischtkörnigen (mit schluffigen Beimengungen) Böden.

Schicht 2.1 Auelehm /Schwemmlehm

Auelehm und Schwemmlehm im Bereich in der Talau aus sandigen Schluffen bis stark schluffigen bis schluffigen, schwach kiesigen Sanden mit überwiegend lockerer Lagerung. Der Auelehm/Schwemmlehm ist abhängig vom Bodenwassergehalt gering bis mäßig tragfähig, gering scherfest, setzungs- und frostempfindlich.

**Schicht 2.2 Flusskiese und –gerölle**

Als Kies, stark sandig, schwach schluffig bis schluffig, teilweise schwach tonig, z, T, steinig, gut tragfähig, gut scherfest, gering setzungsempfindlich

Schicht 2.3/2.4 Hangschutt/Hanglehm

Sand-Kies-Gemische mit wechselnden schluffigen und steinigen Anteilen und überwiegend mit teldichte vereinzelt auch lockere Lagerung. Vereinzelt Hanglehme aus schwach tonigen Sand-Schluff-Gemischen mit weicher bis steifer Konsistenz. Je nach Zusammensetzung mäßig bis gut tragfähig, mäßig bis gut scherfest, mäßig setzungs- und frostempfindlich

Schicht 3.1 Verwitterungszone Mittlerer Buntsandstein

In Form von überwiegend zersetztem bis entfestigtem Festgestein (Sandstein mit eingelagerten Ton- und Schlufflagen. Die vorhandenen Ton- und Schluffsteinlagen haben überwiegend eine sehr geringe bis geringe Festigkeit).

Schicht 3.2 Mittlerer Buntsandstein

Im Wesentlichen als mürber Feinsandstein und Sandstein-Tonstein-Wechselfolge.



Homogenbereich 1, Auffüllungen

Bezeichnung	Auffüllungen
Korngrößenverteilung	Kies, Sand, steinig, vereinzelt Blöcke möglich wechselnde schluffige Anteile untergeordnet Schluff/Ton mit wechselnden sandig-kiesigen Anteilen
Beschreibung	grob bis gemischtkörnige Böden untergeordnet bindige Böden
Steine, Blöcke, große Blöcke	Anteil mit mehr als 30% Steinen: 10 - 20 % Anteil mit mehr als 30% Blöcken: 0 - 5 % Anteil große Blöcke: nicht ausgeschlossen
Dichte	1,8-2,2 t/m ³
c _u	-
Wassergehalt	5-15%, bindige Anteile bis 25%
Plastizitätszahl	5 – 15 % (bindige Anteile)
Konsistenzzahl	0,75 – >1 (bindige Anteile)
Lagerungsdichte	mitteldicht, vereinzelt locker
Organischer Anteil*	< 3%
Bodengruppen (DIN 18196)	GW/GU/GU* SU, SU* (UL/TL)
Kohäsion	Gleisschotter 0 kN/m ² Wegebefestigung/Dammschüttung 0 - 2 kN/m ²
Abrasivität	kaum abrasiv bis abrasiv
Durchlässigkeit	10 ⁻³ bis 10 ⁻⁷ m/s
Verklebungspotenzial	gering



Homogenbereich 2.1, Auelehm/ Schwemmlehm

Bezeichnung	Auelehm / Schwemmlehm
Korngrößenverteilung	Schluff/Sand, zum Teil schwach kiesig, schwach tonig, vereinzelt humos
Beschreibung	Aue- und Schwemmlehme aus schluffigen Sanden und sandigen Schluffen mit überwiegend weich-steifer Konsistenz
Steine, Blöcke, große Blöcke	Anteil mit mehr als 30% Steinen: ca,0 - 5% Anteil mit mehr als 30% Blöcken: ca, 0% Anteil große Blöcke: ca, 0%
Dichte	1,9 - 2,1 t/m ³
c _u	40 – 80 kN/m ²
Wassergehalt	15-25% (in Vernässungsbereichen höher)
Plastizitätszahl	5 – 15 %
Konsistenzzahl	< 0,5 – 1
Lagerungsdichte	locker (bei schluffigen Sanden)
Organischer Anteil	bis 5 %
Bodengruppen (DIN 18196)	SU*/UL/TL
Kohäsion	0 – 5 kN/m ² (bei erhöhten bindigen Anteilen)
Abrasivität	kaum abrasiv
Durchlässigkeit	10 ⁻⁶ bis 10 ⁻⁹ m/s
Verklebungspotenzial	neigt zum Verkleben



Homogenbereich 2.2, Flusskiese und -gerölle

Bezeichnung	Flusskiese /-gerölle
Korngrößenverteilung (DIN 18123)	Kies, sandig, schluffig, z, T, steinig
Steine, Blöcke, große Blöcke	Anteil mit mehr als 30% Steinen: 10 - 20 % Anteil mit mehr als 30% Blöcken: 0 - 5 % Anteil große Blöcke: nicht ausgeschlossen
Dichte	1,9-2,2 t/m ³
c _u	
Wassergehalt	5 – 15 %
Plastizitätszahl	
Konsistenzzahl	-
Lagerungsdichte	mitteldicht
Organischer Anteil	nicht angetroffen, < 3%
Bodengruppen (DIN 18196)	GU/GU*/GW
Kohäsion	0 kN/m ²
Abrasivität	abrasiv – stark abrasiv
Durchlässigkeit	10 ⁻² bis 10 ⁻⁵ m/s
Verklebungspotenzial	gering



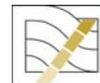
Homogenbereich 2.3/2.4, Hangschutt/Hanglehm

Bezeichnung	Hangschutt/-lehm
Korngrößenverteilung (DIN 18123)	Kies, sandig, schluffig, z, T, steinig Vereinzelt U/T, sandig, kiesig
Steine, Blöcke, große Blöcke	Anteil mit mehr als 30% Steinen: 10 - 20 % Anteil mit mehr als 30% Blöcken: 0 - 5 % Anteil große Blöcke: nicht ausgeschlossen
Dichte	1,9-2,1 t/m ³
c _u	60 – 100 kN/m ²
Wassergehalt	15-20% (in Vernässungsbereichen höher)
Plastizitätszahl	5 – 15 %
Konsistenzzahl	0,5 – 1
Lagerungsdichte	mitteldicht (locker)
Organischer Anteil	nicht angetroffen, < 3%
Bodengruppen (DIN 18196)	GU/GU*/SU/SU*(TL/UL)
Kohäsion	2 - 5 kN/m ²
Abrasivität	abrasiv
Durchlässigkeit	10 ⁻⁵ bis 10 ⁻⁸ m/s
Verklebungspotenzial	gering



Homogenbereich 3.1: Verwitterungszone Buntsandstein

Bezeichnung	Buntsandstein Verwitterungszone
Korngrößenverteilung (DIN 18123)	Sand, stark kiesig, schwach schluffig bis Sand, schluffig, tonig
Steine, Blöcke, große Blöcke	Anteil mit mehr als 30% Steinen: ca.20 - 40% Anteil mit mehr als 30% Blöcken: ca. 10 - 30% Anteil große Blöcke: 0 - 20%
Dichte	2,0 - 2,2 t/m ³
c _u	---
Wassergehalt	5 - 25%
Plastizitätszahl	---
Konsistenzzahl	---
Lagerungsdichte	mitteldicht bis dicht
Organischer Anteil	< 3%
Bodengruppen (DIN 18196)	GU/GU*/SU/SU*/ST*/TL
Kohäsion	0 – 15 kN/m ²
Benennung von Fels (DIN EN ISO 14689-1)	Sandstein, z. T. Tonstein
Verwitterungsstufen	V4 - V5 überwiegend stark zerfallen und zersetzt
Veränderlichkeit	sehr mürbe Sandsteine/Tonsteine, zerfallen zu Ton beim Ausbau bzw. im Witterungseinfluss
Abrasivität	kaum abrasiv bis stark abrasiv
Einaxiale Druckfestigkeit	<1 - 5 MPa
Trennflächen	Festgesteinszersatz, plattiger Sand-/Tonstein



Homogenbereich 3.2, Mittlerer Buntsandstein

Bezeichnung	Buntsandstein Anstehendes Festgestein
Benennung	überwiegend Sandstein, z. T. Tonstein entfestigt
Dichte	2,2 - 2,4 t/m ³
Verwitterungsstufen	V1 bis V3 (Tonstein V4)
Veränderlichkeit	z, T, veränderlich feste Anteile (Tonsteine)
Felsgruppe (FGSV Merkblatt)	SF/SG
Einaxiale Druckfestigkeit	1 - 30 MPa
Abrasivität	kaum abrasiv bis stark abrasiv
Trennflächen	Festgestein entfestigt bis bankiger Sandstein

8.2 Bodenklassen

Die DIN 18300 und DIN 18301 wurden überarbeitet. Die aktuellen Fassungen vom August 2015 sehen keine Einteilung in Bodenklassen mehr vor. Stattdessen sind für die Homogenbereiche spezifische Angaben vorgesehen, die den jeweiligen Boden oder den Fels im Hinblick auf die Ausführung von Erdarbeiten bzw. Bohrarbeiten charakterisieren. Eine Zusammenstellung dieser Angaben ist in Kapitel 8.1 enthalten.

Die Bodenklassen nach alter Norm werden zur Orientierung hier mit angegeben.

Nach der alten **DIN 18300 (Stand Sept, 2012)** sind die hier angetroffenen Bodenarten hinsichtlich Lösen, Laden und Verwenden wie folgt zu klassifizieren:

Oberboden:	Klasse 1
Homogenbereich 1 (Auffüllungen)	Klassen 3 - 5 Klasse 6 (z.B. bei Packlagen nicht ausgeschlossen)
Homogenbereich 2.1 (Auelehm/Schwemmlehm)	Klasse 4 (2)
Homogenbereich 2.2 (Flusskiese/ -gerölle)	Klassen 3 - 5 Klasse 6 (bei erhöhten Anteilen an Blöcken nicht ausgeschlossen)



Homogenbereich 2.3/2.4 **Klassen 3 - 5**
 (Hangschutt/-lehm) **Klasse 6** (bei erhöhten Anteilen an Blöcken nicht ausgeschlossen)

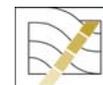
Homogenbereich 3.1 **Klasse 3 - 6**
 (Verwitterungszone Buntsandstein)

Homogenbereich 3.2 **Klassen 6 und 7**
 (Mittlerer Buntsandstein)

Im Hinblick auf die Ausführung von Bohrarbeiten sind die Bodenklassen nach der alten **DIN 18301 (Stand Sept, 2012)** wie folgt anzusetzen:

Oberboden:	---
Homogenbereich 1 (Auffüllungen)	BN 1 – 2 Zusatzklassen BS 1 – 2 BS 3 – 4 (z.B. bei Packlagen nicht ausgeschlossen)
Homogenbereich 2.1 (Auelehm/Schwemmlehm)	BN 2 / BB 2 BB 1 bei GW-Einfluss bzw. Vernässung nicht ausgeschlossen
Homogenbereich 2.2 (Flusskiese /-gerölle)	BN 1 – 2 (BB 2 bei erhöhten bindigen Anteilen) Zusatzklassen BS 1 – 4
Homogenbereich 2.3/2.4 (Hangschutt/-lehm)	BN 1 – 2 (BB 2 bei erhöhten bindigen Anteilen) Zusatzklassen BS 1 – 4
Homogenbereich 3.1 (verwitterter Buntsandstein)	BN 1 – 2 (BB 2 bei erhöhten bindigen Anteilen) Zusatzklassen BS 1 – 4
Homogenbereich 3.2 (Buntsandstein Festgestein)	Klassen FV 2 - FV 6, Zusatzklassen FD 1 - FD 2

Harte Buntsandsteinbänke entsprechend Zusatzklasse FD 3 wurden nicht angetroffen. Sie sind nach den Erfahrungen am Standort nicht zu erwarten, können jedoch auch nicht vollständig ausgeschlossen werden.



9. Bodenmechanische Kennwerte

Die bodenphysikalischen Kennziffern und kennzeichnenden Zustandsgrößen für die im Untergrund vorhandenen Bodenschichten/Homogenbereiche sind nachfolgend auf der Grundlage der ausgeführten Untersuchungen im Bereich des Brückenbauwerks, anhand von Erfahrungswerten, früheren Laborversuchen an vergleichbaren Bodenarten und Tafelwerten zusammenfassend tabellarisch zusammengestellt.

Tabelle 2: Kennziffern/ Zustandsgrößen

Kennziffer Zustandsgröße	Schicht	1	2.1	2.2	2.3/2.4	3.1	3.2
	Einheit	Auf- füllungen	Auelehm	Flusskies /-gerölle	Hang- schutt/ -lehm	Verwite- rungszone Buntsand- stein	Mittlerer Bunt- sand- stein
Homogenbereich		1	2.1	2.2	2.3/2.4	3.1	3.2
Bodenart (DIN 4022)		G, s, x S,u (U,s,g')	T,s – S,u,(g',t')	G/S,u,t', z,T, x	G/S,u,t', z,T, x T/U,s,g	G/S,u'-u, (t) z. T. x, Sst (VE-VZ)	Sst/Ust/T st (VAVE)
Bodenart DIN EN ISO 14688-1		sa co Gr si Sa (sa gr Si)	sa Cl si Sa	sa co si cl Gr	sa co si cl Gr sa gr Si	si Sa/Gr	-
Bodengruppe (DIN 18196)		[A]	TL UL/SU*	GU, GU* GW	GU, GU* SU, SU* ST*/TL	GU/GU* SU/SU* GW/ST*/TL	
Bodenklasse (DIN 18300)		3-5 (6)	4 (2)	3-5 (6)	3-5 (6)	3-6	6/7
Frostgefahr (ZTVE)		F1 - F3	F3	F1 – F3	F2 – F3	F2/F3	F2/F3
Wichte des feuchten Bodens γ'_{k}	kN/m ³	18 - 22	19 – 21	19,0 – 22,0	19,0 – 21,0	20 - 22	22 - 24
Reibungswinkel φ'_{k}	°	27,5-32,5	25-30	32,5-35	27,5-32,5	27,5-35,0	32,5-37,5
Kohäsion c'_{k}	kN/m ²	0-5	0 – 5	0 – 2	0 – 5	0 - 15	20-100
Kohäsion undrainiert $c'_{u,k}$	kN/m ²		40 – 60				
Steifeiziffer E_s (σ 200-400 kN/m ²)	MN/m ²	2 - 10	1 – 5	40 – 80	10 – 30	40-120	200 - 600
Durchlässigkeit k_f	m/s	10 ⁻³ – 10 ⁻⁶	10 ⁻⁶ – 10 ⁻⁹	10 ⁻² - 10 ⁻⁵	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁷	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁷	10 ⁻⁴ - 10 ⁻⁷



10. Ausbildung des Hochwasserrückhaltebeckens

Die Fläche des Hochwasserrückhaltebeckens wird begrenzt durch eine dreiseitige Dammschüttung, im Norden durch den Hauptdamm quer durch das Lossetal, im Osten als Dammvorschüttung an die Talflanke zur B7 und im Westen als Dammvorschüttung an der Talflanke zur Lossebahn.

10.1 Hauptdamm

Das Dammbauwerk ist als Erddamm mit einer Kronenbreite von 5 m und Böschungsneigungen von 1:2,5 wasserseitig und luftseitig geplant. Unter der Oberbodenandeckung sollte ein Wühltierschutz aus einem gebrochenen Gesteinskörnungsgemisch 0/56 angeordnet werden. Das Dammbauwerk kann sowohl als homogener gering durchlässiger Damm als auch als Zonendamm mit einer wasserseitigen Dichtungsschicht ausgeführt werden.

Durch die Felduntersuchungen konnte mit den Bohrungen, Kleinrammbohrungen und Schürfe in der Einstaufläche des Hochwasserrückhaltebeckens ein weitestgehend einheitlicher oberflächennaher Bodenaufbau mit Schwemm und Auelehmen geringer Durchlässigkeit unterlagert von grundwasserführenden grobkörnigen Flusssedimenten erkundet werden. Die bindigen Deckschichten sind zwingend zu erhalten und dürfen insbesondere am wasserseitigen Dammfuß des Hauptdammes nicht ausgeräumt werden.

Es kann davon ausgegangen werden, dass das Rückhaltevermögen der im Einstaubereich anstehenden Deckschichten bei einem kurzfristigen Aufstau im Rückhaltebecken ausreichend ist, sofern ihre Integrität erhalten bleibt und keine hydraulischen Kurzschlüsse durch das Freilegen der Lossekiese erzeugt werden. Lokale Fehlstellen in der gering durchlässigen Deckschicht der Auelehme, insbesondere im Bereich von Wegebefestigungen wie in KRB 13 aufgeschlossen, können jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Im Bereich der Losse selbst ist jedoch aufgrund des Einschnitts des Gewässerbettes in die grundwasserführenden Kiese von einem hydraulischen Kurzschluss auszugehen. Um eine Unterströmung des Hauptdammes zu vermeiden, sind die Lossekiese an den Flanken beidseits des Durchlassbauwerks abzudichten. Hierzu wird empfohlen die Bohrpfahlwand der Baugrubenumschließung für das Durchlassbauwerk, siehe Kapitel 11.2, beidseitig parallel der Dammachse am wasserseitigen Böschungsfuß bis zu dem Böschungsfuß der Talflanken weiterzuführen. Die Dichtwand ist bis ca. 1 m in die Verwitterungszone des Buntsandsteins im Liegenden der Flusskiese zu führen. Die Dichtwandachse sollte leicht trichterförmig vom Durchlassbauwerk zu den Talflanken angeordnet werden.

10.1.1 homogener Damm

Als Dammbaumaterial für einen homogenen Damm bzw. als Dichtungsmaterial bei einem Zonendamm sind grundsätzlich Böden der Bodengruppen GU*, GT*, SU*, UL, TL nach DIN 18 196 geeignet.



An das Material wird im Hinblick auf die Standsicherheit folgende Mindestanforderung an die Scherparameter gestellt:

$$\varphi' \geq 25^\circ$$
$$c' \geq 2 \text{ kN/m}^2$$

Für eine wirtschaftliche Bemessung des Durchlassbauwerks werden an das Dammbaumaterial im Anschlussbereich des Durchlasses erhöhte Anforderungen gestellt mit

im Anschlussbereich Durchlassbauwerk

$$\varphi' \geq 27,5^\circ$$
$$c' \geq 5 \text{ kN/m}^2$$

Ferner sollten folgende Richtwerte eingehalten werden:

Steinanteil $\leq 35\%$
nat. Kalkgehalt $\leq 10\%$
org. Stoffe $\leq 3\%$
Fließgrenze $w_L \leq 80\%$
Ausrollgrenze $w_P \leq 20\%$
Plastizität $I_P \geq 10\%$
Tongehalt $\geq 20\%$
Durchlässigkeit $k_f \leq 10^{-7} \text{ m/s}$

10.1.2 Zonendamm

Bei einem Zonendamm mit wasserseitiger Dichtungsschicht ist die Dichtungsschicht am Böschungsfuß im Einbindebereich der vertikalen Untergrunddichtung am wasserseitigen Böschungsfuß mit einer Mindestbreite von 3,5 m vorzusehen. Zur Dammkrone ist eine Verjüngung der Schichtstärke auf eine Breite von 2,5 m (horizontal) möglich. Zum Schutz der wasserseitigen Dichtungsschicht vor Frost- und Tauwechseln sowie vor Trocknungsrisen ist eine Deckschicht mit einer Mindestdicke von 0,80 m vorzusehen (z.B. 30 cm Oberboden und 50 cm Wühltierschutz) bzw. bei einer Deckschicht mit geringerer Dicke die wirksame Dichtungsschicht erst ab 0,80 m unter GOK anzusetzen.

Für Stützkörper aus nichtbindigem Material werden gut kornabgestufte, verdichtungsfähige Kiese und Sande der Bodengruppen GU und SU empfohlen. Damit sich kein Porenwasserüberdruck aufbaut wird ein Durchlässigkeitsbeiwert $k_f > 10^{-5} \text{ m/s}$ empfohlen.

10.1.3 Allgemeine Anforderungen

Grundsätzlich ist die Eignung des Dammbaumaterials für beide vorgenannten Dammtypen im Rahmen von Eignungsuntersuchungen nachzuweisen.

Beim lagenweisen Einbau des Dammbaumaterials bei einem homogenen Damm bzw. für die dichtende Schicht beim Zonendamm, ist ein Verdichtungsgrad von 100 % D_{Pr} anzustreben. Die



Mindesteinbaudichte von 97 % D_{Pr} sollte nicht unterschritten werden. Der zulässige Luftporengehalt wird auf $n_a \leq 12$ % beschränkt. Für den Stützkörper beim Zonendamm ist der Verdichtungsgrad von 100 % D_{Pr} einzuhalten.

Für den Versagensfall der Dichtungselemente im Dammbauwerk

- Belastungsfall der vollständigen Durchsickerung bei längerem Einstau und vorhandenen Schwachstellen im Dammkörper z.B. durch Maulwurfsgänge
- Hydraulische Fenster innerhalb der Bohrpfehlwand zur Abdichtung der Lossekiese unter dem Hauptdamm bzw. Unterströmung des Dammes über den Klufftgrundwasserleiter

ist auf der Luftseite des Hauptdammes am Dammfuß ein Drainageprisma aus durchlässigem Material ($k_f = 10^{-3}$ m/s) anzuordnen, um einen unkontrollierten Sickerwasseraustritt aus der Böschung, bzw. ein Qualmwasseraustritt im luftseitigen Gelände zu vermeiden, der zu einer Gefährdung der Standsicherheit des Dammes führen kann.

Die OK Drainageprisma kann bei ca. einem Drittel der Einstauhöhe bei einem homogenen Damm angesetzt werden. Beim Zonendamm ist ein Böschungsprisma am Böschungsfuss ausreichend.

Als Trennung zwischen dem Dammschütt- und dem Filtermaterial sollte vorsorglich ein Vlies der Geotextilrobustheitsklasse GRK = 4 angeordnet werden. Ferner sind die Filterregeln entsprechend dem FGSV „Merkblatt für die Anwendung von Geotextilien und Geogittern im Erdbau des Straßenbaus“ zur Festlegung der Öffnungsweite zu berücksichtigen, um ein ausreichendes Bodenerückhaltevermögen und damit eine dauerhafte Funktionsfähigkeit der Drainage sicher zu stellen.

Bei Filtermaterial mit keiner ausreichenden Filterstabilität gegenüber dem bindigen Boden ist der Drainagekörper mit einem Trenn- und Filtervlies der Geotextilrobustheitsklasse GRK 4 zu umhüllen.

Die Drainageleitung kann im freien Gefälle zur Losse auf der Luftseite des Dammes geführt werden. Die Drainage sollte unmittelbar an der Losse über einen Sickerschlitz mit den wasserführenden Kiesen hydraulisch in Verbindung stehen.

10.2 Vorschüttung Talflanke West (B7)

Auf der westlichen Talflanke ist eine Abflachung der Bestandsböschung auf eine Neigung von 1 : 2,5 bis 0,5 m über dem Volleinstau, d.h. bis ca. 290,30 mNHN, vorgesehen. Als Dammbaumaterial für die Vorschüttung sind wie für den homogenen Hauptdamm bzw. für das Dichtungsmaterial bei einem Zonendamm grundsätzlich Böden der Bodengruppen GU*, GT*, SU*, UL, TL nach DIN 18 196 geeignet. An der Talflanke zur B7 sind keine Wasseraustritte bekannt bzw. zu erwarten. Eine Flächendrainage wie auf der Bahnseite geplant (Kap. 10.3), wird an der Talflanke zur B7 nicht vorgesehen. An das Material wird im Hinblick auf die Standsicherheit folgende Mindestanforderung an die Scherparameter gestellt:

$$\varphi' \geq 25^\circ / c' \geq 2 \text{ kN/m}^2$$



Die weiteren Richtwerte für das Vorschüttmaterial gelten analog dem Hauptdammmaterial wie in 10.1 beschrieben.

Die Böschungsneigung der westlichen Talflanke variiert in einer relativ großen Spanne. Insbesondere im südlichen Einstaubereich ist die Bestandsböschung im unteren Böschungsbereich mit Böschungsneigungen von 1 : 2,5 bis 1 : 5,3 relativ flach, sodass nur bei Volleinstau der obere steilere Böschungsbereich mit Böschungsneigungen z.T. bis 1 : 1,5 eingestaut wird. Die vorliegenden Querprofile wurden hinsichtlich der Neigung der Bestandsböschung tabellarisch ausgewertet.

Tabelle 3: Böschungsneigung westliche Talflanke B7

Querprofil	Station	Neigung Böschungsfuß	Neigung oberer Einstaubereich	Einstauhöhe 289,80 mNHN m über Bö.-fuß	Vorschüttung
Q 12	S 0+415	1 : 2,9	1 : 1,67 ab 287,60 mNHN		Ja
Q 13	S 0+385	1 : 5,27	1 : 1,76 ab 285,32 mNHN (1 : 1,62 bis 1 : 2)		Ja
Q 14	S 0+350	1 : 3,5	1 : 1,86 ab 285,97 mNHN		Ja
Q 15	S 0+330	1 : 3,6	1 : 1,78 ab 286,86 mNHN		Ja
Q 16	S 0+310	1 : 3,76	1 : 1,84 ab 287,87 mNHN		Ja
Q 17	S 0+265	ca. 1 : 2,5	ca. 1 : 2,5		nicht erf.
Q 18	S 0+230	1 : 2,45	1 : 1,58 ab 286,97 mNHN		Ja
Q 19	S 0+200	> 1 : 2,5	1 : 1,75 ab 287,11 mNHN		Ja
Q 20	S 0+160	> 1 : 2,5	> 1 : 2,5		nein
Q 21	S 0+130	> 1 : 2,5	> 1 : 2,5		nein
Q 22	S 0+110	> 1 : 2,5	1 : 1,72 ab 289,51 mNHN		nein
Q 23	S 0+080	1 : 2,45	1 : 1,80 ab 287,97 mNHN		nein
Q 24	S 0+060	ca. 1 : 2,5	ca. 1 : 2,5		nein
Q 25	S 0+040	1 : 1,46		2,24 m	nein
Q 26	S 0+000	1 : 1,52		1,61 m	nein

Beginnend bei Querprofil Q20 Richtung Süden kann aufgrund der geringen Böschungsneigung voraussichtlich auf eine Vorschüttung verzichtet werden. Die Querprofile Q 25 und 26 zeigen zwar mit einer Böschungsneigung 1 : 1,5 eine deutlich steilere Böschung, mit Einstauhöhen von maximal 2,24 m bei Vollstau ist aber bei mittleren Kennwertansätzen für den anstehenden Hanglehm/-schutt die Gesamtstandsicherheit der Böschung gegeben. Abhängig vom Zustand der Böschung und der Vegetation können aber oberflächige Rutschungen nach Einstau und schneller Absenkung insbesondere am Böschungsfuß im Bereich Q25/Q26 nicht ausgeschlossen werden.

Für den nördlichen Teil der Talflanke zur B7 bis Q19 wird unabhängig von den Standsicherheitsberechnungen aufgrund der Böschungsneigung von 1 : 1,5 bis 1 : 1,8 im oberen Einstaubereich eine Abflachung empfohlen.



Um den Bedarf an Ersatzaufforstungsflächen aufgrund des starken Eingriffs in den Böschungsbereichen zu optimieren wird eine Waldentwicklung auf der Böschung zur B7 für den Abschnitt 0+000 bis 0+500 zugelassen.

10.3 Vorschüttung Talflanke Ost (Bahndamm)

Vor Aufbringen der Dammvorschüttung an die östliche Talflanke zum Bahndamm ist aufgrund einzelner Quellaustritte und diffus austretender Sicker- und Hangwässer nach Abtrag des Oberbodens zunächst ein Flächenfilter mit einer Dicke von 30 cm vorzusehen. Die Oberkante des Flächenfilters sollte 1 m unter der Grabensohle zwischen Bahndamm und Dammvorschüttung angeordnet werden. Mit der Mindestdicke von 1 m Dammbaumaterials (Durchlässigkeit $k_f \leq 10^{-7}$ m/s) ist eine ausreichende Dichtungssohle im Grabenprofil gegeben und der Zustrom von Oberflächenwasser in den Flächenfilter unterbunden. Bei größerer Durchlässigkeit des Dammbaumaterials ist ggf. eine zusätzliche Dichtungssohle im Grabenprofil mit einer Durchlässigkeit $k_f \leq 10^{-7}$ m/s anzuordnen.

Das dem Flächenfilter zuströmende Sicker- und Hangwasser wird über eine Rigolenvorschüttung am bestehenden Dammfuß mit Drainrohr über das natürliche Längsgefälle der Talaue bis zur Luftseite des Hauptdammes im Abstrom der Losse geführt. Hier sollte das gefasste Hangwasser wie bisher dem Feuchtwiesenbiotop am Böschungsfuß des Hauptdammes zugeführt werden und von dort über die bestehenden Gräben in die Losse unterstrom abgeleitet werden.

Der Wasserandrang wird jahreszeitlich und niederschlagsabhängig stark schwanken. Für die Quelle im Bereich des Böschungsfußes des bestehenden Bahndammes nahe Schurf 2 wurde im Zuge der Vorerkundung [2] eine Schüttung von ca. 5 l/s abgeschätzt, die allerdings abgeführt über einen hangparallelen Graben nach wenigen Dekametern vollständig versickert war.

Als Ansatz für die Dimensionierung der Rigolenvorschüttung sollte von ca. 10 - 20 l/s über den gesamten Streckenverlauf am Böschungsfuß ausgegangen werden.

Für eine ausreichende Standsicherheit der Talflanke sind die weitestgehend bewaldeten Böschungsareale zu roden und mittels Vorschüttung abzufachen. Um den Bedarf an Ersatzaufforstungsflächen aufgrund des starken Eingriffs in den Böschungsbereich zu optimieren wurde eine mögliche Waldentwicklung auf der Böschung zur Bahntrasse geprüft.

Für den südlichen Teilabschnitt der Ostflanke wird zur Minimierung des Eingriffs in die Bestandsböschung für den Streckenabschnitt B 0+000 bis 0+200 lediglich ein Abflachung/Vorschüttung als Auflastfilter mit einer Neigung 1 : 3 bis 0,75 m über dem Vollstau umgesetzt.

Um eine Waldentwicklung auf der Böschung zur Bahntrasse für den Abschnitt 0+200 bis 0+500 zuzulassen, endet der Flächenfilter bei 0+500 und die weitere Vorschüttung bis 0+200 wird mit zum Einstaubereich offenen Sickerschlitzten gestaltet um mögliches Hangwasser in die Talaue der Losse im Einstaubereich abzuführen.



Im Übergangsbereich 0+500 (Ende des Flächenfilters) wird das gering durchlässige Dammbaumaterial im Einstaubereich bis ca. 0,75 m über Vollstau seitlich in den Bestandsdamm eingebunden, um Umläufigkeiten in den Flächenfilter zu minimieren. Hierzu wird das Dammbaumaterial bis 1 m Tiefe in den bestehenden Bahndamm auf einer Breite $\geq 1,2$ m lagenweise eingebracht und verdichtet.

Die Materialanforderungen an den östlichen Seitendamm sind gleich zu setzen mit den Anforderungen an den Hauptdamm. Als Dammbaumaterial für einen homogenen Damm bzw. als Dichtungsmaterial bei einem Zonendamm sind grundsätzlich Böden der Bodengruppen GU*, GT*, SU*, UL, TL nach DIN 18 196 geeignet. An das Material wird im Hinblick auf die Standsicherheit folgende Mindestanforderung an die Scherparameter gestellt:

$$\varphi' \geq 25^\circ / c' \geq 2 \text{ kN/m}^2$$

Die weiteren Richtwerte für das Vorschüttmaterial gelten analog dem Hauptdammmaterial wie in 10.1 beschrieben.

11. Durchlassbauwerk

11.1 Gründung

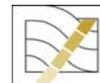
Die nachfolgenden Aussagen beruhen auf den vor Ort durchgeführten Untergrunderkundungen. Werden die räumliche Lage des Durchlassbauwerks oder die empfohlene Bauwerkskonstruktion und/oder Gründungsart gegenüber den nachfolgenden gutachterlichen Aussagen verändert, so verliert das vorliegende Gutachten seine Gültigkeit.

Das Auslassbauwerk hat entsprechend den vorliegenden Planunterlagen eine Länge von ca. 73,0 m und eine Breite von ca. 10 m. Die Gründungsebene liegt im Bereich des Einlaufes bei 276,2 m NHN (UK Betonsohle) und im Bereich des integrierten Tosbeckens vor dem Auslauf bei 273,8 m NHN.

Unterhalb der Sohle ist jeweils eine 0,1 m dicke Betonsauberkeitsschicht und eine 30 cm dicke Bettungsschicht als Flächenfilter für die Wasserhaltungsmaßnahmen vorzusehen. In der Aushubsohle unterhalb der Betonsauberkeitsschicht und dem Flächenfilter stehen entsprechend der Erkundungsergebnisse gut tragfähige mindestens mitteldicht gelagerte Flusskiese bzw. die unterlagernde Sandstein-Tonstein-Wechselfolge des Mittleren Buntsandsteins an.

11.2 Baugrube

Die Aushubsohle liegt entsprechend der Gründungsebene bei ca. 275,8 m NHN bzw. 273,4 m NHN, ca. 3 m bzw. 6 m unter dem Geländeniveau unmittelbar an der Losse. Für die Herstellung der Baugrube und den Bau des Durchlassbauwerkes sind aufgrund der hohen Grundwasserstände Verbaumaßnahmen erforderlich.



Unter Berücksichtigung der Aufschlussbohrungen bis in das Grundgebirge wird für die Herstellung des Durchlassbauwerks eine Baugrubenumschließung als überschnittene Bohrpfahlwand (\varnothing 90 cm) vorgeschlagen. Die Bohrpfahlwand sollte zur Minimierung der Wasserhaltungsmaßnahmen unabhängig der statisch erforderlichen Einbindelänge durchgängig bis in die dichtenden sandig-tonigen Lagen an der Oberfläche des Buntsandsteins bzw. bis auf das Festgestein geführt werden.

Bei einer Rückverankerung mit geneigten Verpressankern erhält die Bohrpfahlwand Vertikallasten, die über Spitzendruck und Mantelreibung im Boden abzutragen sind.

Die Bohrpfähle müssen mindestens 2,50 m in den tragfähigen Horizont bzw. für den Ansatz höherer Pfahlwiderstände mindestens 0,50 m in festen Fels einbinden. Für die statische Bemessung können unter Ansatz der Tabellenwerte nach der EA-Pfähle, Tabelle 5.12, 5.13 und 5.19, folgende charakteristische Werte für den Pfahlsitzenwiderstand und die Pfahlmantelreibung auf der Grundlage der vorliegenden Aufschlussergebnisse angesetzt werden.

Tabelle 4: Charakteristische Pfahlwiderstände

Schicht	Horizont	Mantelreibung $q_{s,k}$ (MN/m ²)	Spitzendruck $q_{b,k}$ (MN/m ²)		
			s/D _s 0,02	s/D _s 0,03	s/D _s 0,10
BSST-Verwitterungszone	3.1	0,10	1,05	1,35	3,0
Buntsandsteine	3.2	0,20			≤ 4,00

Es muss hier in aller Deutlichkeit darauf hingewiesen werden, dass auch in tieferliegenden, wenig verwitterten Sandsteinschichten immer wieder bereichsweise aufgewitterte Abschnitte im Dezimeterbereich auftreten können. Aus diesem Grund muss bei den Bohrarbeiten und Absetztiefen im Horizont 2 besondere Sorgfalt auf die Beschaffenheit des Felses in der Bohrlochsohle gelegt werden. Es wird empfohlen, die Pfahlbohrarbeiten durch einen Baugrundgutachter begleiten zu lassen.

Entsprechend der Erkundungsergebnisse wird die Oberkante der tragfähigen Horizonte in folgender Tiefe erreicht:

Tabelle 5: OK tragfähiger Horizont

Schichtoberkante	Horizont	DPH KRB 7	BK2.2	DPH KRB 2	DPH KRB 3
Lossekies	2.2	277,8	277,8	277,1	277,5
BSST-Verwitterungszone	3.1	273,4	272,8	272,5	< 275,2
Buntsandsteine	3.2	272,1*	269,8	271,6*	269,1*

*Abgeleitet aus den Schlagzahlen der DPH



Bei der Herstellung von Bohrpfählen ist unter Berücksichtigung der Grundwasserstände grundsätzlich mit Wasserauflast zu bohren. Ferner hat das Ziehen des Bohrwerkzeuges bzw. des Bohrohrrohres sehr vorsichtig zu erfolgen um ein Einspülen des umgebenden Bodens (Saugwirkung beim Ziehen) und die daraus resultierenden Auflockerungen im Pfahlmantelbereich zu vermeiden.

Für die Bohrpfahlwand ist bei Aushubtiefen bis ca. 6 m unter GOK. am Pfahlwandkopf eine Rückverankerung oder eine Aussteifung erforderlich. Die Verpressstrecke der Anker kann unterhalb der lehmigen Deckschicht in den quartären Flusskiesen bzw. dem zur Tiefe folgenden Buntsandstein erfolgen. Die Verpressanker sind hierbei nach DIN 1054-Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau- zu berechnen, bzw. zu bemessen, und gemäß DIN EN 1537 - Verpressanker- auszuführen.

Für die Bemessung der Verpressanker kann für die Kraftübertragung bei einem Verpresskörpurchmesser von ca. 10 cm bis 15 cm eine Mantelreibung als Bruchwert von vorerst $q_{s,k} = 0,200$ MN/m² zugrunde gelegt werden. Zur einwandfreien Herstellung der Verpresskörper sollte die Möglichkeit des Nachverpressens gegeben sein. Es wird empfohlen, für die Verpressanker eine Eignungsprüfung gemäß DIN EN 1537 durchzuführen. Unabhängig davon ist entsprechend der Norm jeder Verpressanker einer Abnahmeprüfung zu unterziehen, wobei die Messergebnisse der Abnahmeprüfung zu protokollieren und zur Einsicht vorzuhalten sind.

Aufgrund möglicher Gerölle in den Lossekiesen ist mit Bohrhindernissen und Meißelarbeiten bei der Herstellung der Bohrpfahlwand und der Rückverankerung zu rechnen.

Um bevorzugte Sickerwege innerhalb der Baugrubenverfüllung zu vermeiden, sollte ein verdichtungsfähiges gemischtkörniges Material für die Arbeitsraumverfüllung verwendet werden. Für den Einbau des Bodenmaterials zwischen der Bohrpfahlwand und dem Durchlassbauwerk wird eine Mindestbreite des Arbeitsraumes von ca. 1 m empfohlen. Wird auf einen Arbeitsraum verzichtet, ist der Anschluss Durchlassbauwerk-Bohrpfahlwand konstruktiv so auszubilden, dass Umläufigkeiten ausgeschlossen werden können.

Zur Verlängerung der Sickerwege im Einstaufall ist eine flankierende Bohrpfahlwand von der Baugrubenumschließung beidseitig des Durchlassbauwerks unterhalb des wasserseitigen Dammfußes vorzusehen und bis ca. 1 m in die dichtende Verwitterungszone des Buntsandsteins zu führen.

Die Bohrpfahlwand ist für den hydrostatischen wasserseitigen Druck bei Beckenfüllung zu bemessen und statisch nachzuweisen.

Die Pfahlköpfe sind mit mindestens 0,5 m bindigen Boden ($k_f \leq 1 \times 10^{-7}$ m/s) zu überdecken. Die Dichtung ist bis in die Dammböschung zu ziehen und an den Dammkörper anzubinden.

Die Baugrubenumschließung kann im Ein- und Auslaufbereich ggf. als Flügelwand genutzt werden und dient gleichzeitig als Kolkschutz.



Verankerung der Baugrubenumschließung

Für eine mögliche Rückverankerung der Baugrubenumschließung wird nachfolgend die charakteristische Mantelreibung für die Bemessung der Anker mit Verpresskörpern angegeben. Die Festlegung erfolgt auf Basis der Erkundungsergebnisse für die einzelnen Schichten. Die Verpressstrecke der Anker sollten nach Möglichkeit in einer Schicht angeordnet werden.

$q_{s,k} = 150 \text{ kN/m}^2$	Verpressstrecke im Kies (HB 2.2) bzw. Verwitterungszone Buntsandstein (HB 3.1)
$q_{s,k} = 200 \text{ kN/m}^2$	Verpressstrecke im festen Buntsandstein (HB 3.2)

Die angegebenen Werte gelten zudem für Verpresskörperlängen von ca. 6 bis 8 m.

11.3 Wasserhaltung

Mit dem Anschnitt des quartären Grundwasserleiters zur Herstellung des Durchlassbauwerks, sind Wasserhaltungsmaßnahmen in der Baugrube erforderlich. Die anfallenden Wassermengen sind abhängig von der Qualität und Absetztiefe der umschließenden Bohrpfahlwand. Die Grundwasserhaltung ist zur Trockenhaltung der Baugrube auf der Aushubsohle baubegleitend zum Aushub und bis zum Erreichen einer ausreichenden Auftriebsicherheit des Durchlassbauwerkes zu betreiben.

Für eine wirtschaftliche Dimensionierung der Wasserhaltungsmaßnahmen und Bewertung der Ergiebigkeit des Aquifers wurden tiefe Aufschlussbohrungen bis in das dem Quartär unterlagernde Grundgebirge abgeteuft. Die Brunnen wurden zu Grundwassermessstellen ausgebaut und über Pumpversuche die Durchlässigkeit des Porengrundwasserleiters aus quartären Flusskiese und des Kluftgrundwasserleiters des unterlagernden Festgesteins als Bemessungsgrundlage für die erforderliche Wasserhaltung bestimmt.

Entsprechend der Erkundungsergebnisse stellen die quartären Lossekiese den ersten Grundwasserleiter dar. Aus dem Wasserstand der Losse resultieren korrespondierende Grundwasserhältnisse von frei, teilgespannt und gespannt. Der Kluftgrundwasserleiter des Buntsandsteins scheint entsprechend der Ergebnisse der Pumpversuche durch sandig-tonige und bankige Lagen an der Buntsandsteinoberfläche vom oberen Grundwasserleiter der Lossekiese weitestgehend getrennt zu sein.

Für die quartären Lossekiese beträgt auf Grundlage der Auswertung des durchgeführten Pumpversuches die mittlere hydraulische Leitfähigkeit $k_f = 1,5 \times 10^{-4} \text{ m/s}$.

Ausgehend von einer Trennung des quartären Grundwasserleiters und des Kluftgrundwassers innerhalb der Buntsandsteinformationen kann bei einer Einbindung der Bohrpfahlwand in die tonigen Schichten der Buntsandsteinaufwitterungszone die Wasserhaltungsmaßnahmen voraussichtlich auf eine offene Wasserhaltung über einen Pumpensumpf beschränkt bleiben.



Die offene Wasserhaltung ist bereits vorlaufend im Zuge des Baugrubenaushubs zu betreiben. Dies gilt insbesondere für die Entwässerung der abhängig vom Grundwasserstand überwiegend wassergesättigten Lossekiese sowie für die Tagwasserhaltung.

12. Hydraulische Berechnungen

Durch eine 2D Strömungssimulation wurden die hydraulischen Auswirkungen eines Wassereinstaus in dem geplanten Hochwasserrückhaltebecken der Losse berechnet. Hierzu wurde mittels der Finite-Elemente Grundwassermodells FeFlow (Version 6.1) maßstabsgerecht ein Modellschnitt durch den geplanten Hauptdamm durch das Tal der Losse erstellt. Berechnet wurden die Wasserstände, die Druckverhältnisse, Wassersättigung und die Strömungsbahnen.

12.1 Hydraulisches Modell

Die realitätsnahe Erfassung und der Aufbau des Modells erfolgt auf Grundlage der geologischen Verhältnisse und den detaillierten Erkundungsergebnissen der Quartärüberdeckung. Die nachfolgende Grafik zeigt die geologische Karte des Modellgebietes mit der Lage des Beckens und der Schnittführung des Modells.

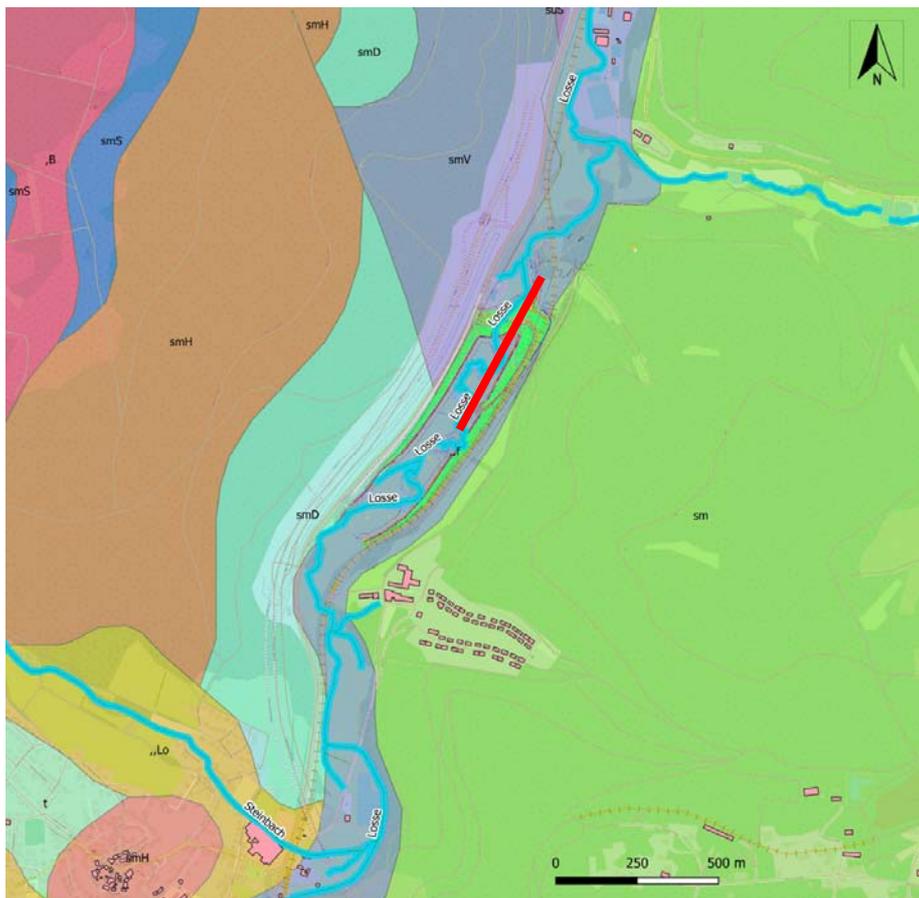


Abbildung 1: Ausschnitt aus der geologischen Karte mit dem HRB Helsa und der Schnittführung des 2D GW-Modells



Der tiefere Untergrund wird von verschiedenen Festgesteinseinheiten der Buntsandsteinformation aufgebaut. Die tieferen Teile dieser Sandsteine weisen hierbei kaum noch hydraulisch wirksame Klüfte auf und sind im Modell als hydraulisch undurchlässig eingestuft worden. In dem oberflächennahen Horizont der Buntsandsteinformationen weisen die Gesteine jedoch Klüfte auf, in denen Wasserbewegung stattfindet (Kluftgrundwasserleiter). Überlagert werden diese Schichten von ca. 1m mächtigen, tonig, schluffigen Verwitterungsprodukten, die im Regelfall und unter Berücksichtigung der Ergebnisse aus den Pumpversuchen eine geringere Durchlässigkeit aufweisen und den Kluftgrundwasserleiter von dem überlagernden Porengrundwasserleiter aus ca. 5 m mächtigen Losse-Kiesen trennen. Die Lossekiese sind als Hauptaquifer anzusehen.

Den Abschluss zum Gelände bilden geringmächtige, geringdurchlässige Auesedimente. Durch den ca. 1,5 m in den Untergrund einschneidenden Bachlauf der Losse bestehen hydraulische Verbindungen zwischen dem Oberflächenwasser und dem Kiesaquifer. Kolmationseffekte sind bei der vorhandenen Fließgeschwindigkeit in der Losse gering, sodass von einer direkten hydraulischen Verbindung des Fließgewässers zu dem Porengrundwasser ausgegangen werden kann.

Um eine direkte Unterströmung des Hauptdammes durch die Lossekiese zu vermeiden ist am wasserseitigen Dammfuß ein vertikales Dichtungselement bis in die Verwitterungszone des Buntsandsteins angeordnet.

Es werden zwei Dammvarianten modelliert. Die Variante V1 sieht einen einheitlichen Dammkörper mit einer Durchlässigkeit von $k_f = 1 \times 10^{-7}$ m/s vor. Die Variante V2 modelliert einen Zonendamm mit einer wasserseitigen Dichtung ($k_f = 1 \times 10^{-7}$ m/s) und einem Stützkörper mit einer Durchlässigkeit von $k_f = 1 \times 10^{-5}$ m/s.

V1: einheitlichen Dammkörper, $k_f = 1 \times 10^{-7}$ m/s

V2: Zonendamm, wasserseitige Dichtung $k_f = 1 \times 10^{-7}$ m/s, Stützkörper $k_f = 1 \times 10^{-5}$ m/s

Zur Beurteilung der Dichtwirkung der Buntsandsteinverwitterungszone zwischen dem Porengrundwasserleiter der Lossekiese und dem Kluftgrundwasser innerhalb der Buntsandsteinformationen wird mit den Rechenläufen a und b der beiden Varianten die Durchlässigkeit der Verwitterungszone variiert.

Rechenlauf a: Verwitterungszone $k_f = 1 \times 10^{-6}$ m/s

Rechenlauf b: Verwitterungszone $k_f = 1 \times 10^{-5}$ m/s, keine Dichtwirkung

Insgesamt sind folgende Durchlässigkeiten für die Schichten im Modell angesetzt worden.



Tabelle 6: Schichtenmodell und Durchlässigkeiten

Schicht	Modell-Variante	Mächtigkeit	Art	Farbe Schnitt	kf-Wert (m/s)
Damm	V1a + V1b	0-12m	Schüttgut	hellgrün	1×10^{-7}
Damm Stützkörper	V2a + V2b	0-12m	Schüttgut	braun	1×10^{-5}
Dammdichtung	V2a + V2b	ca. 2m	Schüttgut	hellgrün	1×10^{-7}
Vertikaldichtung	alle	ca. 2m	Schüttgut	Violett	1×10^{-9}
Auesedimente	alle	ca. 1m	Boden	dunkelgrün	1×10^{-6}
Lossekiese	alle	ca. 5m	Quart. Sediment	rot	1×10^{-4}
Verwitterungszone	V1a + V2a	ca. 1m	Buntsandstein	dunkelgrün	1×10^{-6}
Verwitterungszone	V1b + V2b	ca. 1m	Buntsandstein	braun	1×10^{-5}
geklüfteter Sandstein	alle	ca. 15m	Buntsandstein	dunkelrot	1×10^{-5}
Sandstein massiv	alle	ca. 5m bis Modellgrenze	Buntsandstein	grau	1×10^{-8}

Die nachfolgende Grafik zeigt den Modellaufbau (Modell V1a) des 2D Schnittes (Süd-Nord) durch das Lossetal und den Dammbereich. Die Grundwassermodellberechnungen erfolgten mittels des Finite-Elemente-Modells FeFlow. Es handelt sich um vertikales, instationäres 2D-Modell. Die Grundwasserfließrichtung und der Gradient wurden aus den gemessenen Wasserständen der Baugrunduntersuchung abgeleitet, eine Kalibrierung des Modells erfolgte nicht.

Zur Überprüfung der an bestimmten Punkten des Systems vorliegenden Druckverhältnisse sind vier Kontrollpunkte gesetzt worden. Die Kontrollpunkte liegen am wasserseitigen Dammfuß, unter dem Damm und zwei im Abstrom luftseitig des Dammes für die die Druckverhältnisse während des Einstaues und der Absenkung innerhalb des Beckens ausgewertet wurden.

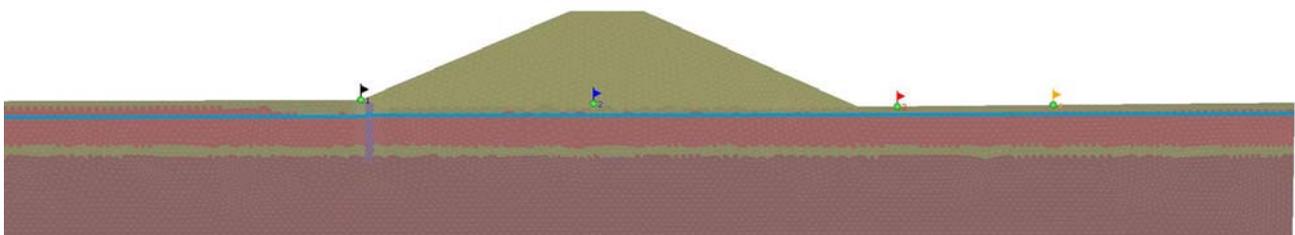


Abbildung 2: GW-Modellschnitt (Variante V1a) mit Kontrollpunkten

Punkt 1 Dammfuss Wasserseite (schwarz)

Punkt 2 Dammbereich (blau)

Punkt 3 Dammfuss Luftseite (rot)

Punkt 4 Abstrom Damm (orange)



12.2 Berechnungen GW-Modell

Neben zahlreichen anderen Simulationen ist in den finalen und hier dokumentierten Berechnungen zur Simulation eines Hochwasserereignisses auf der Wasserseite des Damms ein Einstau von Niederschlagswasser über einen Zeitraum von ca. 80 Tagen simuliert worden. Die nachfolgende Grafik zeigt die simulierten Wasserstandsrandbedingungen im HRB über die Zeit. Der simulierte Wasserstand von 38 m über Modellbasis entspricht einem Wassereinstau von i.M. 10 Meter über dem Losse-Talboden entsprechend dem Volleinstau von 289,80 mNHN im Bereich des Böschungsfußes auf der Wasserseite. Nach einer Einstaudauer von ca. 8 Tagen fällt der Wasserspiegel in der Simulation kontinuierlich wieder ab.



Abbildung 3 Wassereinstau HRB Helsa bis 289,80 mNHN, ca. 10 m über GOK

Die nachfolgende Grafik zeigt die hieraus resultierenden Wasserstände (blaue Linie) für die Variante V1a (Dammkörper aus einem Material und Buntsandsteinverwitterungszone mit geringer Durchlässigkeit $k_f = 10^{-6}$ m/s). Es bildet sich bei den geringen Einstauzeiten keine direkt durch den Damm verlaufende Sickerlinie aus. Die im Damm verlaufende Sickerlinie/Grundwasserspiegel wird vorwiegend aus dem in den unterlagernden Schichten resultierenden Druckanstieg in diesem Abschnitt gespeist. Zur Verdeutlichung der Strömungsverhältnisse sind, ausgehend von den gesetzten, gelben Startpunkten die Strömungsbahnen zum Zeitpunkt der Berechnung nach 18 Tagen dargestellt. Sie zeigen deutlich die Unterströmung der eingeplanten, vertikalen Dichtwand durch den geklüfteten Buntsandstein.

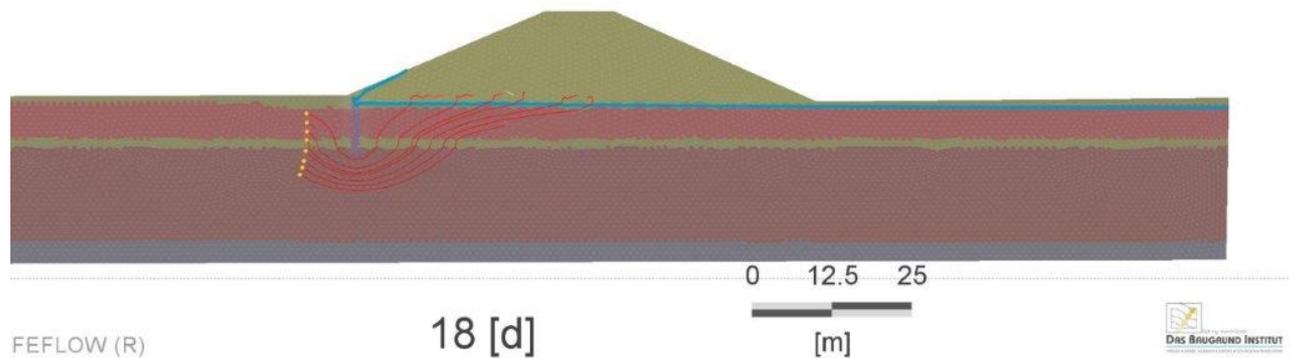


Abbildung 4: Berechnung Variante V1a, Zeitpunkt 18 Tage, Grundwasserspiegel und Strömungsbahnen

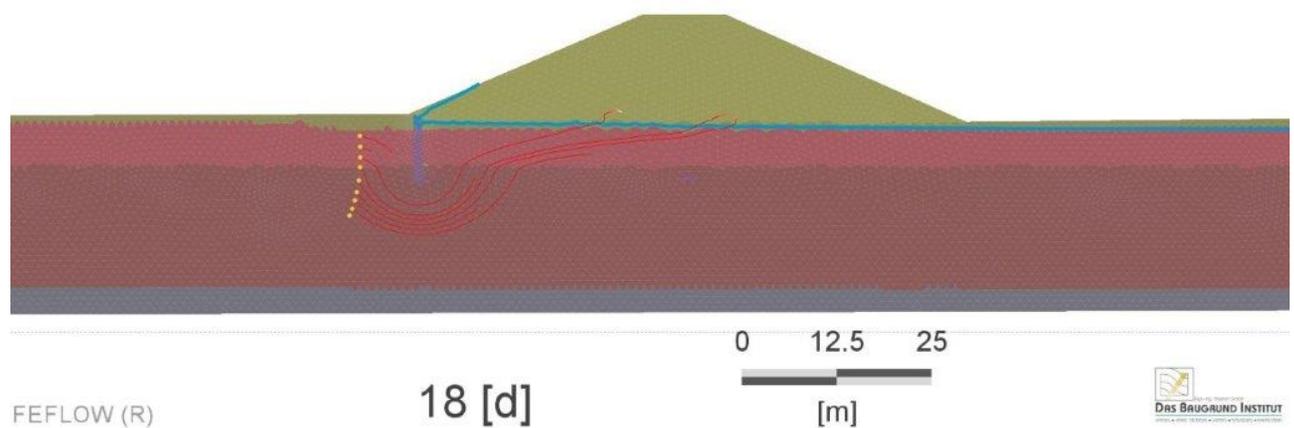


Abbildung 5: Berechnung Variante V1b, Zeitpunkt 18 Tage, Grundwasserspiegel und Strömungsbahnen

Die nachfolgenden Grafiken zeigen die Verläufe des Drucks in den vier Kontrollpunkten für die vier final gerechneten Varianten.

- Punkt 1 Dammfuss Wasserseite (schwarz)**
- Punkt 2 Dammbereich (blau)**
- Punkt 3 Dammfuss Luftseite (rot)**
- Punkt 4 Abstrom Damm (orange)**

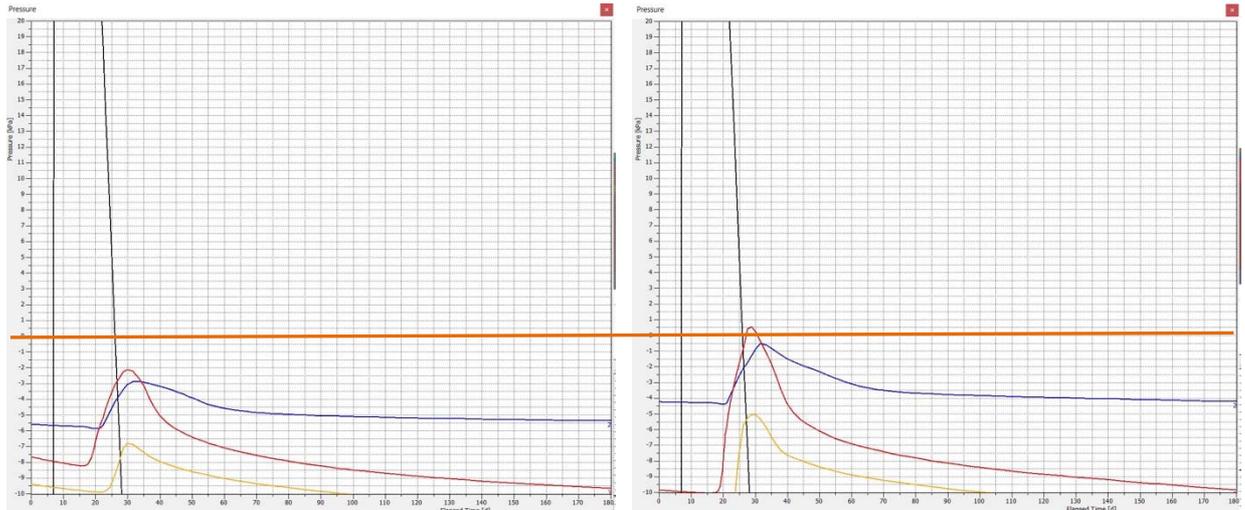


Abbildung 6: Verlauf der Drucklinie/Wassergehalt der Kontrollpunkte links Variante V1a, rechts Variante V1b, mit (a) bzw. ohne (b) Dichtwirkung der Verwitterungszone (VZ)

Die Ganglinien zeigen, dass bei einem Druckanstieg durch den Wassereinstau, die Schichten im Bereich des Damms und des luftseitigen Dammfußes zum Ende des Vorgangs mit Wasser gesättigt werden und die Drücke sich in Form einer Kurve ausbilden.

Dabei zeigt die Variante V1a in keinem der Kontrollpunkte einen Austritt von Wasser an der Oberfläche, die als orange horizontale Linie dargestellt ist. In der Variante V1b kommt es im Kontrollpunkt unmittelbar hinter dem Damm (rote Linie) zu Wasseraustritten an der Geländeoberfläche, d.h. es findet eine Unterströmung des Damms statt und ein Grundwasserabfluss über die Losse unterhalb (stromabwärts) des Damms. Die Drucklinien zeigen aber auch eine zeitliche Verzögerung der Druckausbildung, sodass tatsächlich nur bei sehr langer Einstaudauer und bei einer im Modellbereich flächig fehlender dichtender Buntsandsteinverwitterungszone ein luftseitiger Wasseraustritt zu erwarten ist.

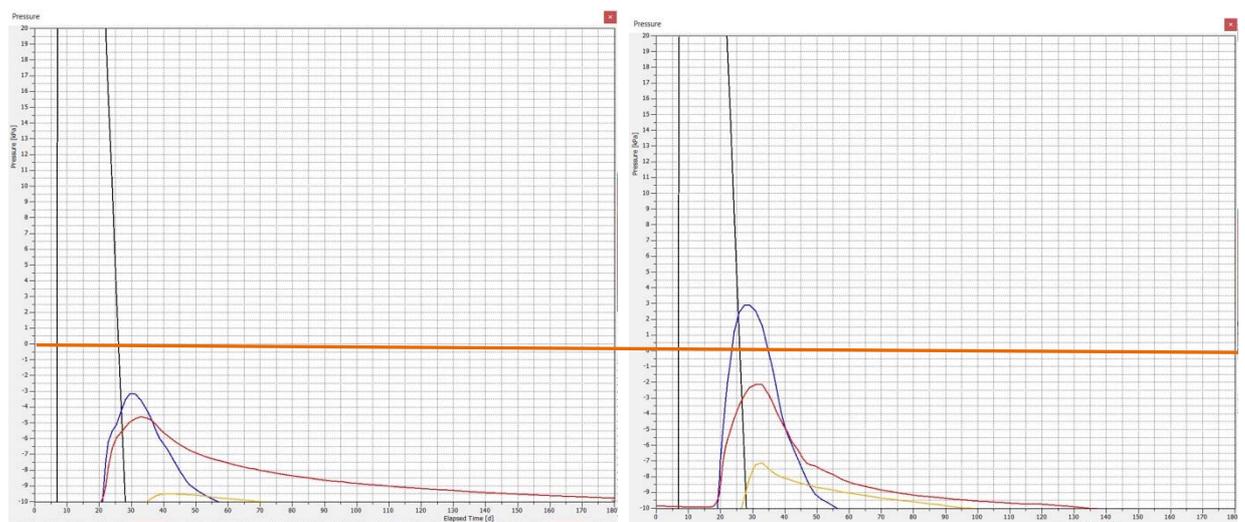


Abbildung 7: Verlauf der Drucklinie/Wassergehalt der Kontrollpunkte links Variante V2a, rechts Variante V2b, mit (a) bzw. ohne (b) Dichtwirkung VZ



Die Variante V2a und V2b zeigen im Kontrollpunkt unmittelbar hinter dem Damm (rote Linie) keine Wasseraustritten an der Geländeoberfläche.

12.3 Bewertung der Ergebnisse der GW-Modellierung

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass bei geringen Einstauzeiten und intakter wasserseitiger Dichtungsschicht bzw. bei durchgängig dichtem Dammkörper mit $k_f \leq 10^{-7}$ m/s eine Durchsickerung des Dammkörpers nicht stattfindet. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass abhängig von der Qualität der dichtenden Elemente im Untergrund aus der vertikalen Dichtung im Bereich der Lossekiese und der dichtenden Wirkung der Buntsandsteinverwitterungszone eine Unterströmung des Dammes stattfinden kann.

Grundsätzlich erfolgt aber ein Druckabbau und eine Entspannung über die freiliegenden Kiese innerhalb des Gewässerbettes auf der Luftseite des Dammes, unterstrom. Durch diesen Druckabbau innerhalb des Fließgewässers kann sich der Druck innerhalb der Lossekiese am luftseitigen Dammfuß bei Überdeckung mit Auelehm nicht soweit aufbauen, dass die Gefahr von Quelltrichtern im Dammvorland zu erwarten ist.

Vorsorglich wird dennoch die Anordnung eines luftseitigen Böschungsfußfilters empfohlen um Wasseraustritte im Bereich des Dammfusses bei lokalen Fehlstellen im Gesamtsystem auszuschließen.

Zudem ist nicht ausgeschlossen das bei längerem Einstau ein Druckabbau über die Drainage am Böschungsfuß des bestehenden Bahndammes an der östlichen Talflanke entsteht und damit ein seitliches Abströmen aus der Einstaufläche. Hier ist sicher zu stellen, dass die vorhandenen Auelehme unterhalb des Flächenfilters/Böschungsfußdrainage beim Bau intakt bleiben. Die Strömungswege sind allerdings lang und sollte dennoch bei längerem Einstau ein Sickerstrom über die flankierende Fußdrainage an der Ostflanke entstehen, kann dieser über die Drainageleitung schadlos auf der Luftseite des Dammes abgeführt werden.

Durch die vertikale Dichtwand innerhalb der Lossekiese am wasserseitigen Böschungsfuß bis zu den Talflanken wird grundsätzlich der natürliche Grundwasserabstrom auf den Bereich der Losse reduziert. Durch die leicht trichterförmige Anordnung der Dichtwand durch das Lossetal ist der Einfluss jedoch gering. Ein Grundwasseraufstau vor der Dichtwand im Regelabfluss ist bei der geringen Grundwasserfließgeschwindigkeit und der geringen Breite des Lossetales nicht zu erwarten.



13. Standsicherheit und Verformungen

Im Hinblick auf die Standsicherheit der Dammschüttung des Hochwasserrückhaltebeckens sind unterschiedliche Versagensmechanismen zu betrachten und zu bewerten:

- Grundbruch infolge Grund- und Sickerwasserströmungen mit daraus resultierenden Suffusions- und Erosionserscheinungen
- Böschungsbruch an der Dammböschung

Für den Nachweis der Tragsicherheit gelten DIN 19700-11, Abschnitt 7 und DIN 19700-12, Abschnitt 7. Das betrachtete Hochwasserrückhaltebecken ist in der Klassifizierung (Abschnitt 3 der Norm) mit dem geplanten Stauvolumen und einer Höhe des Absperrbauwerks von ca. 18,5 m über der Flusssohle als großes Becken einzuordnen. Für große Becken sind neben den Bemessungssituationen mit der Tragwiderstandsbedingung A (wahrscheinliche Bedingungen), d. h. Standsicherheitsuntersuchungen für gesicherte oder allgemein anerkannte Kennwerte bei einer voll wirksamen baulichen Einrichtung auch Lastfälle zu betrachten wie das Versagen von Dichtungen, Filtern, Dräns etc.

13.1 Erosionsgefährdung

Über die sandig-kiesigen Lossesedimente unterhalb des Dammes und dem Einschnitt des Gewässerprofils in diese Schichten, ist ein bevorzugter Sickerweg unterhalb der Dammaufstandsfläche vorhanden. Um einen unkontrollierten Sickerwasseraustritt aus der Böschung, bzw. ein Qualmwasseraustritt im luftseitigen Gelände bei geringer bindiger Überdeckung der wasserführenden Kiese zu vermeiden, wird die Unterströmung durch eine kurze Dichtwand minimiert. Ferner kann dennoch durchsickerndes Wasser auf der Luftseite des Hauptdammes am Dammfuß über ein Drainageprisma kontrolliert gefasst und abgeführt werden. Die Drainage steht im Bereich der geringen Deckschichten unmittelbar an der Losse, ggf. über einen Sickerschlitz, mit den wasserführenden Kiesen hydraulisch in Verbindung. Unter Berücksichtigung der Filterstabilität der Drainage ist ein ausreichendes Bodenrückhaltevermögen und damit eine dauerhafte Funktionsfähigkeit der Drainage sicher zu stellen.

13.2 Böschungsbruch

Berechnungsgrundlagen

Für die Standsicherheitsnachweise wird der Eurocode 7 einschließlich dem Nationalen Anhang (DIN EN 1997-1, DIN EN 1997-1/NA, DIN 1054) zugrunde gelegt.

Die Standsicherheit der Becken- bzw. Dammböschungen für den Grenzzustand GEO 3 (Versagen durch Verlust der Gesamtsicherheit) werden mittels Böschungsberechnungen unter Ansatz kreisförmiger Gleitflächen nach Bishop gemäß DIN 4084 untersucht.



Die Standsicherheitsberechnungen erfolgten mit dem Programm Stability (Version 10.60 vom 06.01.2014, Verfasser: Prof. Dr. Johann Buß). Grundlage für die Standsicherheitsbetrachtung sind die Erkundungsergebnisse der Bohr- und Rammsondierungen, die vorliegenden Vermessungsdaten sowie das geplante Dammprofil mit einer Regelneigung von 1 : 2,5.

Sickerlinie

Bei den Berechnungen ist die Sickerlinie innerhalb des Dammes zu berücksichtigen. Maßgebend für die Sickerlinie innerhalb des Dammes ist die Durchlässigkeit des Dammbaumaterials und des Untergrundes. Die Zeitspanne bis sich ein stationärer Zustand mit einer Sickerlinie durch den Dammkörper einstellt ist weiterhin abhängig von der Wassersättigung des Dammes zum Zeitpunkt des Einstaues.

Das Dammbaumaterial und auch der Aufbau des Dammes als Zonendamm mit innenliegender Dichtung oder als einheitlicher Dammkörper mit geringer Durchlässigkeit, im Regelfall mit $k_f \leq 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$, steht noch nicht fest, wie die hydraulischen Berechnungen zeigen bildet sich eine Sickerlinie nur sehr langsam aus. Auch die Aufsättigung des Dammes von unten aufgrund der Unterströmung bedarf lange Einstauzeiten. Für die Berechnungen wird eine Sickerlinie sehr ungünstig für eine lange Einstaudauer abgeschätzt.

Von einem wassergesättigten Damm ist nicht auszugehen, sodass im Einstaufall die Wassersättigung des Dammkörpers die Durchsickerung des Dammkörpers bis zum stationären Zustand verzögert. Mit einer Durchsickerung des Dammes bei einer Einstauzeit von ca. 1-3 Wochen ist nicht zu rechnen. Es wird sich jedoch eine GW-Drucklinie in den unterlagernden Lossekiesen als 1. Grundwasserleiter entsprechend der hydraulischen Modellierungen ausbilden mit einer Druckhöhe auf der Wasserseite entsprechend dem Volleinstau und auf der Luftseite des Dammes entsprechend dem Regelabfluss der Losse.

Bei der Einstauzeit von 1-3 Wochen ist mit einer Wassersättigung des Oberbodens und des Wühltierschutzes sowie des Dammkörpers auf der wasserseitigen Oberfläche zu rechnen. Rechnerisch ergibt sich bei einer geringen Durchlässigkeit des Dammkörpers bzw. der wasserseitigen Dichtungsschicht für den Wasserdruck des Volleinstaus eine Eindringtiefe im Dezimeterbereich.

Auf der sicheren Seite kann für den instationären Zustand bei einem Einstau von 1 – 3 Wochen mit einer Wassersättigung des Dammkörpers bis maximal 1 m unterhalb des Wühltierschutzes gerechnet werden. Für den stationären Zustand mit einer Durchsickerung des Dammkörpers bis zur luftseitigen Fußdrainage sind rechnerisch deutlich größere Einstauzeiten erforderlich.



Dammgeometrie

Die Geometrie der Dämme ist nach den bisher vorliegenden Planunterlagen wie folgt angenommen:

Hauptdamm / Seitendamm Ost

Dammkrone	291,30 m NHN
Kronenbreite	5,00 m / 10,00 m am Durchlassbauwerk
Böschung landseitig	1 : 2,5
Böschung wasserseitig	1 : 2,5 (Regelböschung)
	1 : 2,0 (Anschlussbereich Durchlassbauwerk)

Dammvorschüttung Seitendamm Ost

Dammkrone	291,30 m NHN
Kronenbreite	5,00 m / 2,00 m
Böschung wasserseitig	1 : 2,5
	1 : 3,0 (Böschungsfuß B 0+000 – B 0+200)

Dammvorschüttung West

Böschungsabflachung mit OK 290,30 m NHN	
wasserseitig	1 : 2,5

Auf die Berücksichtigung von ggf. anzuordnenden Rampenabfahrten, die sich günstig auf die Standsicherheitsberechnung auswirken, wurde verzichtet.

Bodenschichten, Kennwertansätze

Die Bodenschichten und Kennwerte sind auf der Grundlage der vorliegenden Baugrundaufschlussergebnisse angesetzt und können der Tabelle 3, Kapitel 9 entnommen werden. Für das Dammbaumaterial wird, wie für den Deck- und Auelehm, ein Reibungswinkel von $\varphi' = 25^\circ$ angesetzt, die Kohäsion wird als Mindestanforderung ebenfalls mit $c' = 2 \text{ kN/m}^2$ angesetzt. Damit liegen die Berechnungen auf der „sicheren Seite“, denn bei verdichtetem lagenweisen Einbau der Dammschüttung ist von einem deutlich höheren Kohäsionsanteil von mindestens $c' = 5 \text{ kN/m}^2$ für den dichtenden Teil des Dammkörpers auszugehen.

Eine Berechnung für den Anfangszustand mit einer für die Dammauflast unkonsolidierten Deckschicht unter Ansatz eines c_u -Wertes für den Auelehm ist bei der geringen Mächtigkeit des Auelehmes und der damit verbundenen relativ schnellen Konsolidationszeit aus geotechnischer Sicht nicht erforderlich.



Verkehrslasten

Verkehrslasten sind auf dem Hauptdamm durch Fahrzeuge bzw. Mobilkran für Wartungsarbeiten am Durchlass berücksichtigt. Ferner werden Ersatzlasten für den Bahnverkehr auf der Oststeite sowie Straßenverkehr auf der B7 oberhalb der Westböschung berücksichtigt.

Hauptdamm:	33,0 kN/m ²
Bahndamm:	52,0 kN/m ²
B 7	33,0 kN/m ²

Lastfallkombinationen

Es werden Berechnungen für die wasserseitige und für die luftseitige Böschung des Dammes für die Systemschnitte durch den Hauptdamm sowie für die Wasserseitigen Böschungen an den Talflanken durchgeführt. Dabei werden für den Hauptdamm die Standsicherheiten jeweils ohne Wassereinstau und mit Ausbildung einer Sickerlinie/Potentialabbau durch den Damm bei Wassereinstau ermittelt.

Für die wasserseitigen Böschungen des Hauptdammes und der Talflanken ergibt sich die geringste Sicherheit nicht zwangsläufig für die maximale Einstauhöhe, so dass die Einstauhöhe hier für die Berechnungen variiert wird.

Für die wasserseitige Böschung wird zudem der Lastfall einer schnellen Absenkung des Wasserspiegels im Rückhaltebecken betrachtet. Der Lastfall des Versagens von Dichtungssystemen beeinflusst im Wesentlichen die mit der Drainage gefassten Wassermengen und weniger den Potentialabbau innerhalb des Dammes, so dass für die Standsicherheitsbetrachtung dieser Lastfall nicht maßgebend wird. Im Einzelnen werden folgende Lastfälle betrachtet:

Wasserseitige Böschung:

Bemessungssituation BS-P

ohne Wassereinstau

Teileinstau

Wassereinstau auf 289,80 mNHN (max. Einstau)

Bemessungssituation BS-T

schnelle Beckenleerung nach Volleinstau

Luftseitige Böschung:

Bemessungssituation BS-P

ohne Wassereinstau

Wassereinstau auf 289,80 mNHN (max. Einstau)

Standsicherheiten

Die Ergebnisse der Böschungsbruchberechnungen nach EC 7 mit dem Lamellenverfahren nach Bishop werden für die betrachteten Dammquerschnitte und die einzelnen Lastfallkombinationen als Ausnutzungsgrade μ angegeben. Bei Ausnutzungsgraden $\mu \leq 1$ sind die nach DIN 1054 erforderlichen Sicherheitsniveaus für die einzelnen Bemessungssituationen erreicht. Die Ergebnisse sind nachfolgend in Tabelle 7 zusammengestellt

Tabelle 7: Ausnutzungsgrad μ in Abhängigkeit der Bemessungssituation

Systemschnitt	BS-P		BS-P (Volleinstau)		BS-T (schnelle Absenkung) wasserseitig
	luftseitig	wasserseitig	luftseitig	wasserseitig	
Hauptdamm	Anlage 7.4 und 7.5				
Regelprofil, 1:2,5	0,92	0,93/0,98*/1,00*	0,99	0,88	0,97
Profil 1:2		0,92/0,91-1,02*		0,74	0,87
Flanke Ost, Bahn	Anlage 7.1 bis 7.3				
	IST	Damm/Vorschüttung			
B 0+480 Flächenfilter	1,24	0,86/0,95*		0,79	0,85
B 0+480 Sickerschlitze		0,96*		0,84	0,96
B 0+200	1,10	0,93/0,99*		1,00	0,97
B 0+100	1,16	0,95/0,97*		1,00	0,98
Flanke West, B7	Anlage 7.6				
Q12/13	0,87/0,96*			0,83	1,0**
Q18	1,04	0,98		0,92	0,98
Q25	0,84/0,89*			0,79	

* Berechnung mit Teil-Beckenfüllung

** Berechnung ohne Böschungsabflachung

Hauptdamm

Die Standsicherheitsberechnungen für den Hauptdamm wurden für das Regelprofil mit einer Böschungsneigung 1:2,5 sowie für eine wasserseitige Böschungsneigung 1:2 im Anschlussbereich an den Durchlass durchgeführt. Für das Regelprofil wurde mit Ausnutzungsgraden von $\mu \leq 1$ für alle betrachteten Lastfälle eine ausreichende Sicherheit nachgewiesen.

Für das Berechnungsprofil mit wasserseitiger Böschungsneigung von 1:2 wurde das Sicherheitsniveau abhängig von der Lage der Verkehrslast z.T. geringfügig unterschritten mit einem Ausnutzungsgrad bis $\mu = 1,02$. Hier sind entsprechende Einschränkungen für die Befahrung der Dammkrone im Einstaufall festzulegen.

Insgesamt stellen die gewählten Kennwertansätze für das Dammbaumaterial bei den Berechnungsergebnissen mit Ausnutzungsgraden bis $\mu = 1$ die Mindestscherfestigkeit des Dammbaumaterials dar.

Östliche Talflanke

Für das Dammprofil an der östlichen Talflanke im nördlichen Einstaubereich gilt die gleiche Böschungsneigung und Dammbauausbildung wie für den Hauptdamm. Der rechnerische Nachweis wird exemplarisch für das Querprofil B 0+480 geführt.

Da das Profil B 0+480 im Übergangsbereich vom Flächenfilter zur hydraulisch offene Talflanke mit Sickerschlitzen liegt, wurden Standsicherheitsberechnungen mit Flächenfilter (Anlage 7.1.3



bis 7.1.5) und mit Sickerschlitz bei gegenüber den Ansätzen mit Flächenfilter ungünstigerer Sickerlinie im Bahndamm durchgeführt. Für die betrachteten Lastfälle Teileinstau, Vollstau und schnelle Absenkung werden ausreichende Sicherheiten mit Ausnutzungsgraden von $\mu = 0,84$ bis $\mu = 0,96$ ermittelt. Die Ausnutzungsgrade mit Sickerschlitz und hydraulisch offener Talflanke liegen nur geringfügig über den Ausnutzungsgraden der Berechnungen mit Flächenfilter aufgrund der ungünstigeren Sickerlinie innerhalb des Dammkörpers.

Insgesamt wird für die Variante der zur Einstaufläche offenen Sickerschlitz zwischen 0+500 und 0+000 eine ausreichende Standsicherheit der Bahnböschung nachgewiesen.

Für den südlichen Teilabschnitt der Ostflanke im Streckenabschnitt B 0+000 bis 0+200 wird lediglich eine Abflachung/Vorschüttung als Auflastfilter bis 0,75 m über dem Vollstau in den Standsicherheitsberechnungen berücksichtigt.

Für das Querprofil 0+200 und 0+100 wurde zunächst die Standsicherheit des IST-Zustandes der Böschung betrachtet. Die Berechnung zeigt unter Ansatz der Scherparameter $\varphi'_k = 27,5^\circ$ und $c'_k = 4 \text{ kN/m}^2$ einen Ausnutzungsgrad von $\mu = 1,10$ bzw. $\mu = 1,16$, d.h. die Böschung ist nicht ausreichend standsicher.

Mit den aus geotechnischer Sicht plausiblen Kennwerten ergibt sich somit ein labiler Zustand der Böschung ohne große Sicherheitsreserven. Dieser Zustand wird letztlich auch durch die in der Vergangenheit eingetretene Böschungsrutschung im Streckenabschnitt zwischen B 0+200 und B 0+250 bestätigt.

Die Kennwertansätze stellen mit den Berechnungsergebnissen somit die Mindestscherfestigkeit der anstehenden Lockergesteine aus Hanglehm und -schutt dar.

Im nächsten Berechnungsschritt wurde eine Fußsicherung der Bestandsböschung berücksichtigt, mit der für den IST-Zustand eine ausreichende Standsicherheit mit einem Ausnutzungsgrad $\mu \leq 1$ nachgewiesen werden kann. Ferner wurde ein Teileinstau betrachtet. Bei der Berechnung wurde das geforderte Sicherheitsniveau mit einem Ausnutzungsgrad von $\mu = 0,99$ gerade erreicht.

Anschließend wurden die Lastfälle Volleinstau und schnelle Absenkung unter Berücksichtigung der Fußsicherung berechnet. Diese Standsicherheitsberechnungen haben für den Volleinstau als Lastfall BS-P für das Regelprofil ein Ausnutzungsgrad $\mu = 0,79$ und für die Vorschüttung im südlichen Böschungsabschnitt ein Ausnutzungsgrad $\mu = 1,0$ ergeben. Für den Lastfall schnelle Absenkung wurde mit Ausnutzungsgraden von $\mu = 0,85$ bis $\mu = 0,98$ ebenfalls eine ausreichende Sicherheit nachgewiesen.

Insgesamt wurden für 3 Querprofile an der östlichen Talflanke Böschungsbruchberechnungen durchgeführt und eine ausreichende Standsicherheit nachgewiesen. Die Ausnutzungsgrade liegen z.T. bei bzw. nahe 1, sodass die gewählten Kennwertansätze für das Dammbaumaterial und für die an der Talflanke anstehenden Hanglehme und -schutte die Mindestanforderungen an die Scherparameter darstellen.



Westliche Talflanke B7

Für die Dammvorschüttung an der westlichen Talflanke im nördlichen Einstaubereich gilt analog der östlichen Vorschüttung die gleiche Böschungsneigung und Dammausbildung wie für den Hauptdamm. Der rechnerische Nachweis wird exemplarisch für das Querprofil Q18 geführt.

Für den südlichen Teilabschnitt der Westflanke zur B7 war insbesondere zu prüfen, inwieweit zum Schutz des Baumbestandes eine Vorschüttung zur Stabilisierung der Böschung minimiert werden kann.

Die Böschungsneigung der westlichen Talflanke variiert in einer relativ großen Spanne. Insbesondere im südlichen Einstaubereich ist die Bestandsböschung im unteren Böschungsbereich mit Böschungsneigungen von 1 : 2,5 bis 1 : 5,3 relativ flach, sodass nur bei Volleinstau der obere steilere Böschungsbereich mit Böschungsneigungen z.T. bis 1 : 1,5 eingestaut wird. Die vorliegenden Querprofile wurden hinsichtlich der Neigung der Bestandsböschung tabellarisch ausgewertet, siehe Kap 10.2, Tab 3.

Für die Querprofil Q13 (a), Q18 (b) und Q25 (c) in Anlage 7.3.1 wurde zunächst die Standsicherheit des IST-Zustandes der Böschung betrachtet. Die Berechnung zeigt unter Ansatz der Scherparameter $\varphi'_k = 27,5^\circ$ und $c'_k = 4 \text{ kN/m}^2$ lediglich für den Bereich Q18 einen Ausnutzungsgrad von $\mu > 1,0$ die übrige Böschung zwischen Q12 und Q26 ist für den IST-Zustand ausreichend standsicher. Für das Querprofil Q18 wurde exemplarisch die Abflachung durch Vorschüttung mit einer Böschungsneigung 1 : 2,5 berechnet. Hier ergibt sich ein Ausnutzungsgrad von $\mu = 0,98$.

Im nächsten Berechnungsschritt (Anlage 7.3.2) wurde der Volleinstau für die Querprofile Q13, Q18 mit Abflachung und Q25 sowie der Teileinstau, der häufig geringere Sicherheiten liefert als der Volleinstau für die Querprofile 13 und 25 (Anlage 7.3.3) betrachtet. Bei den Berechnungen konnte eine ausreichende Sicherheit nachgewiesen werden.

Abschließend wurde der Standsicherheitsnachweis für den Lastfall schnelle Absenkung im Querprofil Q13 und Q18 geführt (Anlage 7.3.4). Bei der Standsicherheitsberechnung im Querprofil 13 wurde die geforderte Sicherheit mit $\mu = 1$ gerade erreicht. Die Berechnung wurde allerdings ohne Böschungsabflachung auf 1 : 2,5 für die bestehende Böschung geführt. Mit der planmäßig vorgesehenen Abflachung bis 0,5 m Meter über Vollstau erhöht sich die Sicherheit.

Insgesamt wurde mit den Böschungsbruchberechnungen für die Querprofile an der westlichen Talflanke eine ausreichende Standsicherheit nachgewiesen. Die Ausnutzungsgrade liegen z.T. nahe 1, sodass die gewählten Kennwertansätze für das Vorschüttmaterial und für die an der Talflanke anstehenden Hanglehme und -schutte die Mindestanforderungen an die Scherparameter darstellen.

Für den nördlichen Teil der Talflanke zur B7 bis Q19, d.h. vom Hauptdamm bis zum Aufschlusspunkt KRB17 wird unabhängig von den Standsicherheitsberechnungen aufgrund der Böschungsneigung von 1 : 1,5 bis 1 : 1,8 im oberen Böschungs- bzw. Einstaubereich eine Abflachung der Gesamtböschung durch Vorschüttung zur Erhöhung der Böschungsstandsicherheit empfohlen.



Beginnend bei Querprofil Q20 Richtung Süden kann aufgrund der geringen Böschungsneigung voraussichtlich auf eine Vorschüttung verzichtet werden. Die Querprofile Q 25 und 26 zeigen zwar mit einer Böschungsneigung 1 : 1,5 eine deutlich steilere Böschung, mit Einstauhöhen von maximal 2,24 m bei Vollstau ist aber bei den gewählten Kennwertansätzen für den anstehenden Hanglehm/-schutt die Gesamtstandsicherheit der Böschung gegeben. Abhängig vom Zustand der Böschung und der Vegetation können aber oberflächige Rutschungen nach Einstau und schneller Absenkung insbesondere am Böschungsfuß im Bereich Q25/Q26 nicht ausgeschlossen werden.

13.3 Setzungen

Das Setzungsmaß des Dammes kann bei unterschiedlichen Untergrundverhältnissen schwanken. Der Hauptanteil der Setzungen erfolgt für den Hauptdamm in den auf der Dammaufstandsebene anstehenden weich bis steifen Deck- und Auelehmen. Die unterlagernden mindestens mitteldicht gelagerten Lossekiese und die zur Tiefe folgenden Buntsandsteinformationen sind gut tragfähig und wenig setzungsrelevant.

Nach den durchgeführten Verformungsberechnungen liegen die Setzungen im Bereich des Hauptdammes, abhängig von den Schichtmächtigkeiten der setzungsrelevanten Schichten, bei wenigen cm.

Hinzu kommen die Eigensetzungen des Dammkörpers selbst, die bei ausreichender Verdichtung des Dammbaumaterials mit ca. 0,5 – 1,0 % der Dammhöhe abgeschätzt werden, und somit bei maximal 6 - 12 cm liegen.

Die Eigensetzungen des Dammkörpers sind zum größten Teil mit Bauende abgeschlossen. Bei den Konsolidationssetzungen ist bei einem kontinuierlichen Schütten des Dammes davon auszugehen, dass abhängig von der Dicke der Deckschichten die Gesamtsetzungen mit Fertigstellung des Dammes bereits weitestgehend erfolgt sind.

Die Setzungen des Durchlassbauwerkes sind bei einer Gründungssohle auf den gut tragfähigen Flusskiesen bzw. Buntsandsteinformationen ebenfalls als gering einzustufen. Abhängig von dem Verwitterungsgrad und der Zusammensetzung der Buntsandsteinverwitterungszone ist mit Setzungen bis maximal ca. 1 cm zu rechnen.

Die Setzungsdifferenzen zwischen dem Durchlassbauwerk und dem Dammbauwerk selbst sind als unkritisch einzustufen. Die Gefahr der Fugenerosion an der Kontaktfläche zwischen Bauwerk und Dammschüttung kann durch konstruktive Maßnahmen, z.B. durch geneigt ausgebildete Außenwände, durch die sich das Schüttmaterial auf den Bauwerkskörper auflegt und so den Anpressdruck erhöht, minimiert werden.



14. Zusammenfassung, Folgerungen und Empfehlungen

14.1 Baugrundmodell

Wie die Baugrunduntersuchungen als Planungsgrundlage für das **Hochwasserrückhaltebecken Helsa** ergeben haben, baut sich das Baugrundprofil im Untersuchungsgebiet nach bodenmechanischen und ingenieurgeologischen Gesichtspunkten in grober Annäherung aus einem deutlich gegliederten

3-Schichten-Profil

auf. **Auffüllungsböden** (Schicht 1) wurden oberflächlich lokal im Bereich von Wegebefestigungen sowie an den Talflanken im Bereich des Bahndammes und des Regenrückhaltebeckens an der B7. Die flächige Quartärbedeckung besteht in der Talaue aus geringmächtigen **Auelehmen** (Schicht 2.1) unterlagert von den **Kiesen** (Schicht 2.2) der Losse. Die Baunakiese bilden den obersten Grundwasserleiter. An den Talflanken bilden **Hanglehme und -schutte** (Schicht 2.3 und 2.4) die quartären Deckschichten.

Das liegende Festgestein wird durch **Formationen des Mittleren Buntsandsteins** (Schicht 3) gebildet.

In den Aufschlüssen in der Talaue im Bereich der Einstaufläche des Hochwasserrückhaltebeckens wurden nahezu durchgängig wenn auch zum Teil nur in geringer Mächtigkeit oberflächennahe, dichtende Schichten aus bindigem Auelehm erkundet. Lediglich das Gewässerprofil selbst schneidet in die unterlagernden Flusskiese ein und legt diese offen.

Aufgrund der erkundeten Baugrundsituation kann hier von nachfolgenden Folgerungen und Empfehlungen ausgegangen werden:

14.2 Beckendichtung

Es kann davon ausgegangen werden, dass das Rückhaltevermögen der in der Beckensohle anstehenden Deckschichten bei einem kurzfristigen Aufstau im Rückhaltebecken ausreichend ist, jedoch ein hydraulischer Kurzschluss durch das Fließgewässer vorhanden ist.

Der hydraulische Kurzschluss im Bereich der Losse, aufgrund des Einschnitts des Gewässerbettes in die grundwasserführenden Kiese, macht unterhalb des Hauptdamms Dichtungsmaßnahmen erforderlich, um ein Unterströmen des Damms durch die Lossekiese zu minimieren. Hierzu wird eine vertikale Dichtwand unterhalb des Hauptdamms durch die grundwasserführenden und gut durchlässigen Lossekiese empfohlen.



14.3 Dammschüttung - Erdbau

Dammaufstandsfläche

Die Oberbodenschicht im Bereich der Dammschüttung des Hochwasserrückhaltebeckens ist generell abzutragen. Unter dem Oberboden stehen im Wesentlichen gering mächtige bindige Böden mit weicher bis steifer Konsistenz an. Die anstehenden Böden besitzen für den Auftrag bei erhöhten Wassergehalten (insbesondere in Gewässernähe) nur eine geringe Tragfähigkeit. Insbesondere bei erhöhtem Bodenwassergehalt in der Dammaufstandsfläche ist ggf. durch das Einfräsen von Bindemittel die Tragfähigkeit zu verbessern.

Bei der gewählten Dammgeometrie ist eine ausreichende Standsicherheit im Hinblick auf vorhandene Spreizspannungen in der Dammaufstandsfläche vorhanden.

Erdbau

Zur Vorbereitung der Dammaufstandsfläche ist zunächst der Oberboden abzuschleifen und in Bodenmieten zu lagern. Aufgrund der **Fließempfindlichkeit der lehmigen Böden** ist zu beachten, dass diese nicht direkt durch Erdfördermaschinen befahren werden dürfen. Der Erdaushub ist hier im Rückwärtseinschnitt auszuführen. Baustraßen, Lagerplätze etc. sind durch vor-Kopf-geschüttete Schotterpolster zu stabilisieren. Baustraßen in der Dammaufstandsfläche sind im Zuge des Dammbaus rückzubauen, um bevorzugte Sickerwege innerhalb des späteren Dammes zu vermeiden. Bei Arbeitsflächen und Baustraßen im späteren Einstaubereich sollte die Oberbodenschicht erhalten bleiben und das Schotterpolster mit Trennvlies aufgesetzt werden.

Die Entfernung des Oberbodens in der Dammaufstandsfläche sollte aufgrund der Witterungsempfindlichkeit der Aushubböden abschnittsweise entsprechend dem Baufortschritt erfolgen. Zur Ableitung des Schichtwassers und evtl. des Regenwassers in den Abtragsbereichen ist eine **offene Wasserhaltung** vorzuhalten und bei Bedarf einzurichten und zu betreiben. Das gefasste Schicht- und Oberflächenwasser ist über Pumpensämpfe rückstausicher abzuführen.

Der im Zuge der geplanten Baumaßnahme anfallende Erdaushub kann weitestgehend innerhalb der Baumaßnahme verwendet werden. Die Lossekiese können für die Verfüllung des alten Gewässerquerschnitts nach der Umverlegung verwendet werden. Die im Baubereich anfallenden bindigen Böden der Auelehme sind abhängig vom Wassergehalt als nur mäßig bis schlecht einbau- und verdichtungsfähig einzuschätzen. Ein Teil der Böden kann aber ebenfalls zu oberflächigen Verfüllung des alten Lossebettes eingebaut werden um die dichtende Deckschicht zu schließen.

Bei der Verwendung der lehmigen Aushubböden ist ggf. die Einbau- und Verdichtungsfähigkeit durch eine **Bodenverbesserung** durch Bindemittelzugabe und Einstellung des Einbauwassergehaltes zu verbessern. Abhängig vom Bodenwassergehalt und den Witterungsverhältnissen ist zur Verbesserung der Einbaufähigkeit des Materials mit einer 2-3 %igen Zugabe von Weißfeinkalk zu rechnen.

Böden mit zu hohen Wassergehalten, z.B. mit breiiger Konsistenz, müssen separiert und anderweitig verwertet werden. Bei geringen Mengen dieser Böden ist jedoch eine Vermischung mit trockenem Aushub und anschließender Bodenverbesserung mit Weißfeinkalk möglich. **Böden mit hohen orga-**



nischen Anteilen sind nicht aufgeschlossen worden, jedoch in Vernässungszonen nicht ausgeschlossen. Organische Böden sind nicht ausreichend verdichtungsfähig und für die weitere Verwendung in der Baumaßnahme nicht geeignet. Sie müssen grundsätzlich separiert und anderweitig verwendet werden.

Bauvorbereitend sollte ein Probefeldbau mit den vorgesehenen Materialien für den Dammbau erfolgen. Das Dammbaumaterial ist lagenweise (Stärke der Lagen nicht größer als 0,30 m) einzubauen und zu verdichten. Um auch eine Verdichtung der Dammböschungen zu ermöglichen, muss der Damm zunächst mit Überprofil geschüttet und verdichtet werden.

Grundsätzlich sollten die Erdarbeiten in der Talau der Losse in niederschlagsarmen Zeiten mit niedrigen Grundwasserständen ausgeführt werden. Die Herrichtung der Dammaufstandsfläche führt bei starker Vernässung zu einem erdbautechnischen Mehraufwand. Grundsätzlich ist der Erdbau mit bindigen Böden stark witterungsabhängig und kann bei starken Niederschlägen zum Erliegen kommen. Demzufolge sind witterungsabhängige Bauzeitverlängerungen nicht auszuschließen.

Für den gesamten Erdbau ist im Zuge der weiteren Planung ein **Qualitätssicherungsplan** zu erstellen, in dem die Einbaukriterien und Umfang der Kontrollprüfungen während der Baumaßnahme verbindlich festgelegt werden.

14.4 Durchlassbauwerk

Gründung

Die Gründungsebene des Durchlassbauwerkes mit einer Länge von ca. 73,0 m und eine Breite von ca. 10 m. Die Gründungsebene liegt im Bereich der gut tragfähigen mindestens mitteldicht gelagerte Flusskiese bzw. die unterlagernde Sandstein-Tonstein-Wechselfolge des Mittleren Buntsandsteins.

Unterhalb der Sohle ist jeweils eine 0,1 m dicke Betonsauberkeitsschicht und eine 30 cm dicke Bettungsschicht als Flächenfilter für die Wasserhaltungsmaßnahmen vorzusehen.

Verbau- und Wasserhaltungsmaßnahmen

Die Aushubsohle zur Herstellung des Durchlassbauwerkes liegt ca. 3 m bis 6 m unter dem Geländeneiveau unmittelbar an der Losse. Für den Bau des Durchlassbauwerkes sind aufgrund der hohen Grundwasserstände Verbaumaßnahmen erforderlich. Unter Berücksichtigung der Baugrundverhältnisse wird für die Herstellung des Durchlassbauwerkes eine Baugrubenumschließung als überschnittene Bohrpfahlwand vorgeschlagen.

Mit dem Anschnitt der wassergesättigten Lossekiese innerhalb der Baugrube, sind Wasserhaltungsmaßnahmen in der Baugrube erforderlich. Die anfallenden Wassermengen sind abhängig von der Qualität und Absetztiefe der umschließenden Bohrpfahlwand. Die Grundwasserhaltung ist zur Trockenhaltung der Baugrube auf der Aushubsohle baubegleitend zum Aushub und bis zum Erreichen einer ausreichenden Auftriebsicherheit des Durchlassbauwerkes zu betreiben.



Aufgrund der Erkundungsergebnisse kann von einer Trennung des quartären Grundwasserleiters und des Kluftgrundwassers innerhalb der Buntsandsteinformationen ausgegangen werden, sodass bei einer Einbindung der Bohrpfahlwand in die tonigen Schichten der Buntsandstein-aufwitterungszone die Wasserhaltungsmaßnahmen voraussichtlich auf eine offene Wasserhaltung über Pumpensümpfe beschränkt bleibt.

Im Hinblick auf die Wasserhaltungsmaßnahmen sollten die Baumaßnahmen in der Talau der Losse grundsätzlich in niederschlagsarmen Zeiten mit niedrigen Grundwasserständen ausgeführt werden.

14.5 Versorgungsleitungen

Innerhalb der Einstaufläche befinden sich Versorgungsleitungen, die im Zuge der Teilverlegung der Losse zum Bau des Durchlassbauwerks verlegt werden und den Hauptdamm und das vertikale Dichtungselement unterhalb des Dammes queren. Die dichtenden Deckschichten im Beckenbereich müssen in der Leitungsstrasse erhalten bleiben bzw. wiederhergestellt werden. Dichtende Querriegel in der Leitungszone sind da die Leitungen voraussichtlich innerhalb der gut durchlässigen Lossekiese liegen nicht erforderlich. Für die erforderliche Querung der Bohrpfahlwand ist jedoch ein dichter Anschluss herzustellen. Der Nachweis der Rohrstatik durch die Dammauflast muss gesondert im Zuge der weiteren Planung erfolgen. Die Anforderungen an den Leitungsbau sind mit dem zuständigen Versorgungsunternehmen abzustimmen.

Die zu erwartenden Setzungen bei Leitungslagen innerhalb der wenig setzungsempfindlichen Lossekiese sind selbst in Dammmitte im Bereich der Rohrsohle mit $s \leq 1$ cm zu erwarten.

14.6 Hydrogeologische Auswirkungen des Beckeneinstaus

Die quartären Lossekiese stellen im Untersuchungsgebiet den obersten Grundwasserleiter dar. Die Buntsandsteinformationen als Kluftgrundwasserleiter scheinen durch sandig-tonige und bankige Lagen an der Buntsandsteinoberfläche vom oberen Grundwasserleiter weitestgehend getrennt zu sein.

Ein Beckeneinstau führt über das Fließgewässer der Losse, das in den Aquifer einschneidet, zu einem Potentialausgleich, d.h. zu einer Erhöhung der Grundwasserdrucklinie.

Die Bohrpfahlwand als vertikales Dichtungselement in den quartären Lossekiesen unterhalb des Hauptdammes soll die Unterströmung des Hauptdammes im Einstaufall minimieren. Durch die vertikale Dichtwand innerhalb der Lossekiese am wasserseitigen Böschungsfuß bis zu den Talflanken wird grundsätzlich der natürliche Grundwasserabstrom auf den Bereich der Losse reduziert. Durch die leicht trichterförmige Anordnung der Dichtwand durch das Lossetal ist der Einfluss jedoch gering. Ein Grundwasseraufstau vor der Dichtwand im Regelabfluss ist bei der geringen Grundwasserfließgeschwindigkeit und der geringen Breite des Lossetales nicht zu erwarten.



Ein Einfluss auf die Grundwasserverhältnisse im Abstrombereich luftseitig des Hauptdammes ist ebenfalls nicht zu erwarten.

Im Einstaufall erfolgt ein Druckabbau und eine Entspannung über die freiliegenden Kiese innerhalb des Gewässerbettes auf der Luftseite des Dammes, unterstrom. Durch diesen Druckabbau innerhalb des Fließgewässers kann sich der Druck innerhalb der Lossekiese am luftseitigen Dammfuß bei Überdeckung mit Auelehm nicht soweit aufbauen, dass die Gefahr von Quelltrichtern im Dammvorland zu erwarten ist.

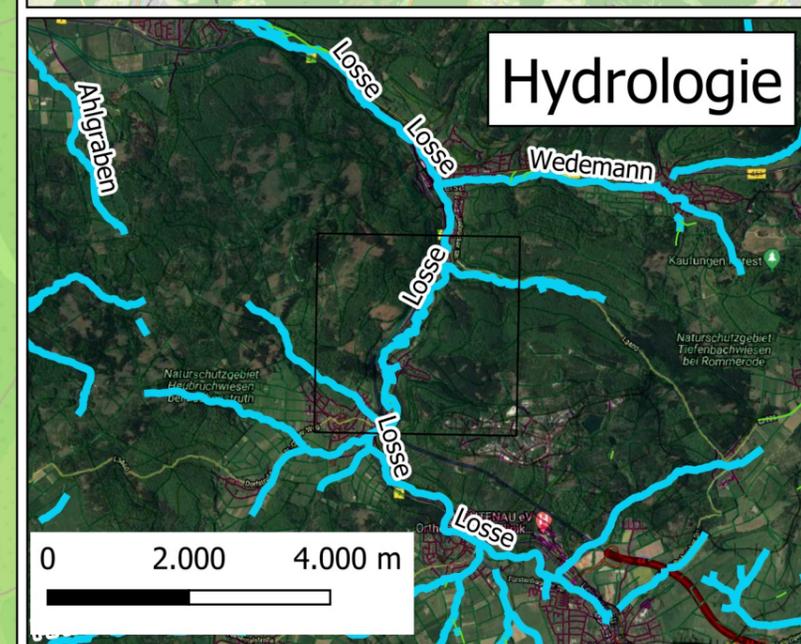
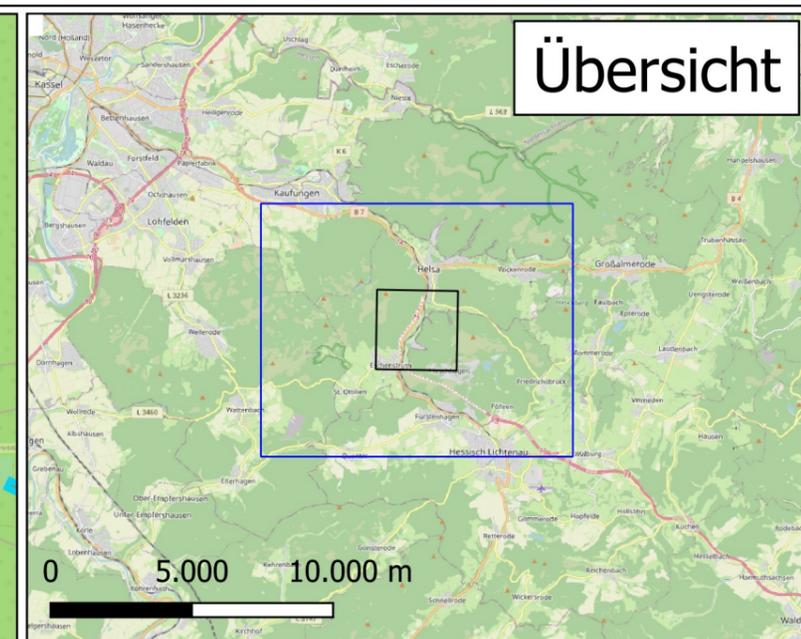
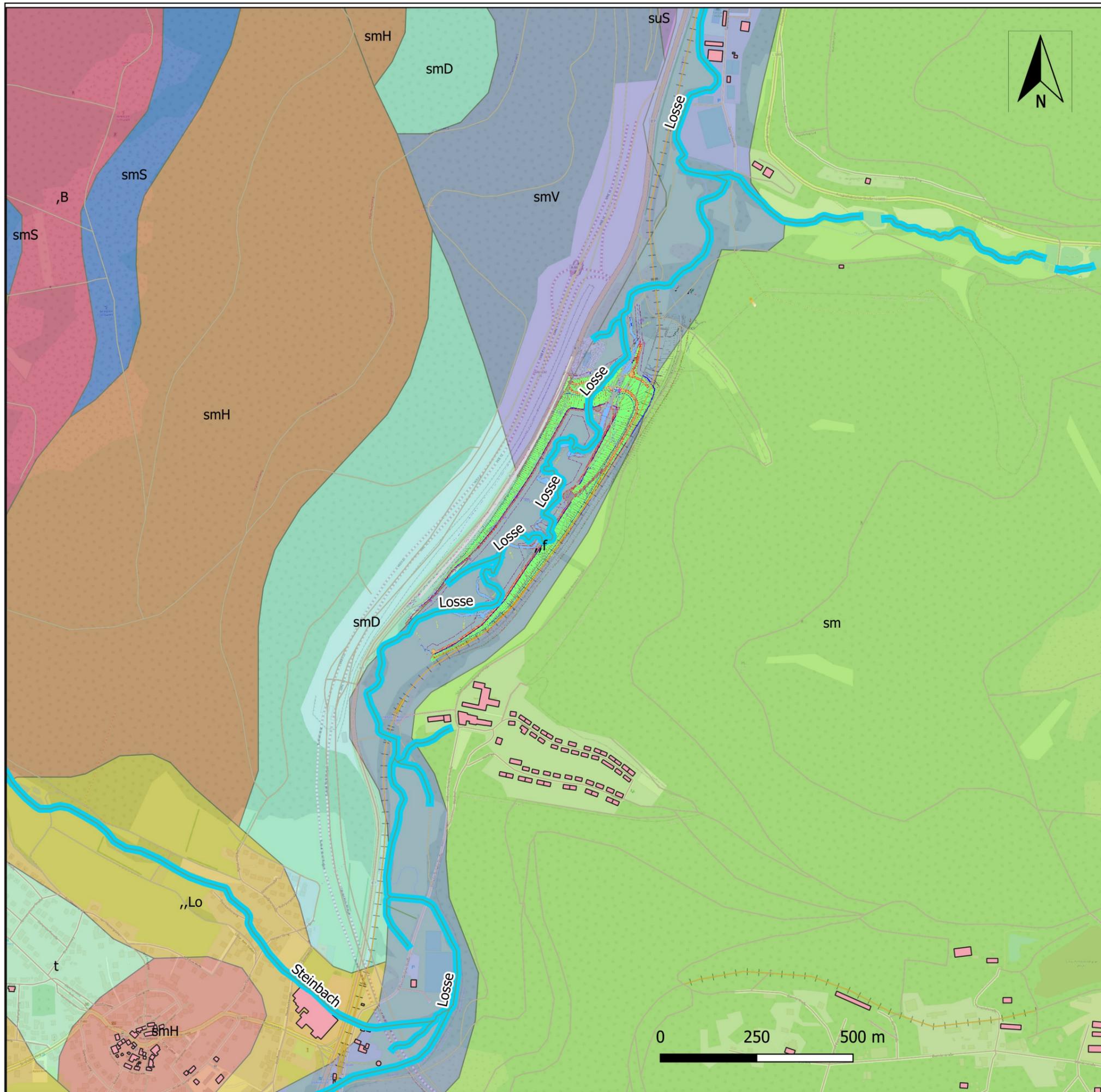
Vorsorglich wird dennoch die Anordnung eines luftseitigen Böschungsfußfilters empfohlen um Wasseraustritte im Bereich des Dammfusses bei lokalen Fehlstellen im Gesamtsystem auszuschließen.

Von der östlichen Talflanke zufließende Sickerwässer werden über eine Flächenfilter zwischen Bestandsböschung und Dammvorschüttung gefasst und über eine Drainage am bestehenden Böschungsfuß schadlos auf der Luftseite des Dammes abgeführt. Somit bleiben auch die bestehenden Vernässungszonen am luftseitigen Böschungsfuß erhalten.

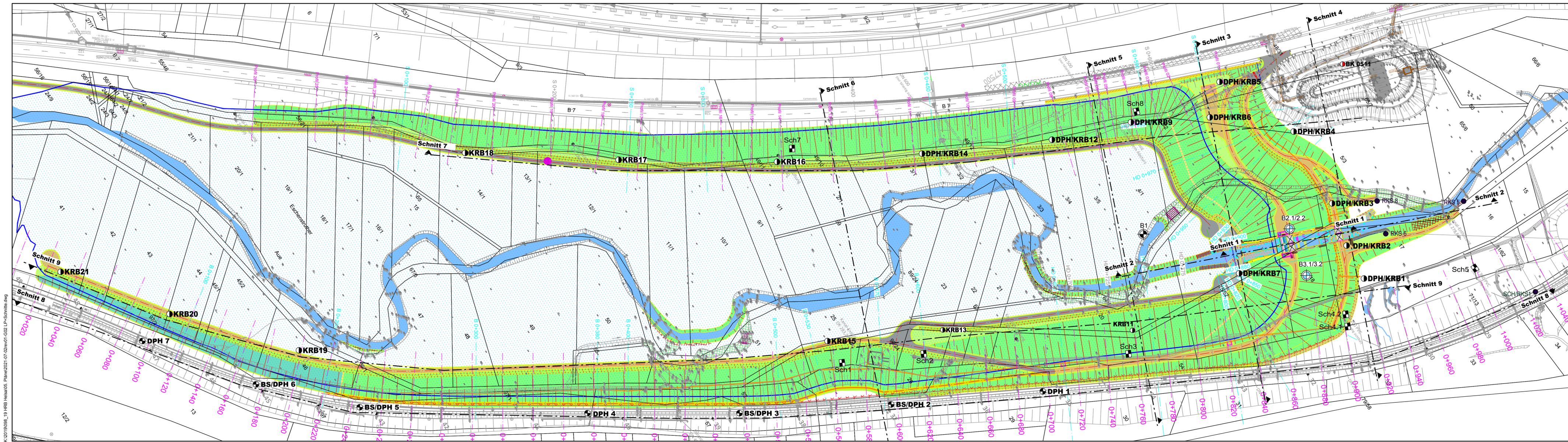
Um eine Waldentwicklung auf der Böschung zur Bahntrasse für den Abschnitt 0+200 bis 0+500 zuzulassen, endet der Flächenfilter bei 0+500 und die weitere Vorschüttung bis 0+200 wird mit zum Einstaubereich offenen Sickerschlitzten gestaltet um mögliches Hangwasser in die Talaue der Losse im Einstaubereich abzuführen.

Kassel, den 31.03.2023

Dipl.-Ing. T. Hardt



		Lageplan, Geologische Karte 1:10.000	
Pfad:	K:/2019	Anlage: 1	
Projekt Nr.			
gezeichnet, geändert / Datum	Kr	Maßstab: 1:10.000	
geprüft, geändert / Datum	Kr		
			
Wolfhager Straße 427 - 34128 Kassel - Tel.: 0561/96994 - Fax.: 0561/96994-55 eMail: kassel@dasbaugrundinstitut.de			



Legende:

Aufschlüsse ausgeführt in 2020

- KRB - Kleinrammbohrung
- DPH - Schwere Rammsondierung

Aufschlüsse ausgeführt in 2019

- BS - Rammkernsondierbohrung
- DPH - Schwere Rammsondierung
- B1 - Bohrung
- B2.1 - Bohrung
- B2.2 - Bohrung ausgebaut als Doppelpegel

Bestehende Aufschlüsse

- RKS - Rammkernsondierbohrung [2] IGK Ingenieurgesellschaft Kärcher, Institut für Geotechnik
- Sch - Schurf [2] IGK Ingenieurgesellschaft Kärcher, Institut für Geotechnik
- SCH/ RKS1 - Schurf/ Rammkernsondierbohrung [3] BBu C. Schubert GmbH
- BK 0511 - Bohrung [4] Hessische Straßen- und Verkehrsverwaltung, Planungsgruppe A 44

Nr.:	Art der Änderung	Bearbeiter: Dipl.-Ing. Hardt	Anlage 1
		EDV-Plat: 098_19/05 Plaene	Datum: Oktober 2020
		Projekt Nr.: 098/19	Gezeichnet: aHerdRo
		Maßstab: 1:1.000	Unterschrift:
		Geprüft am:	

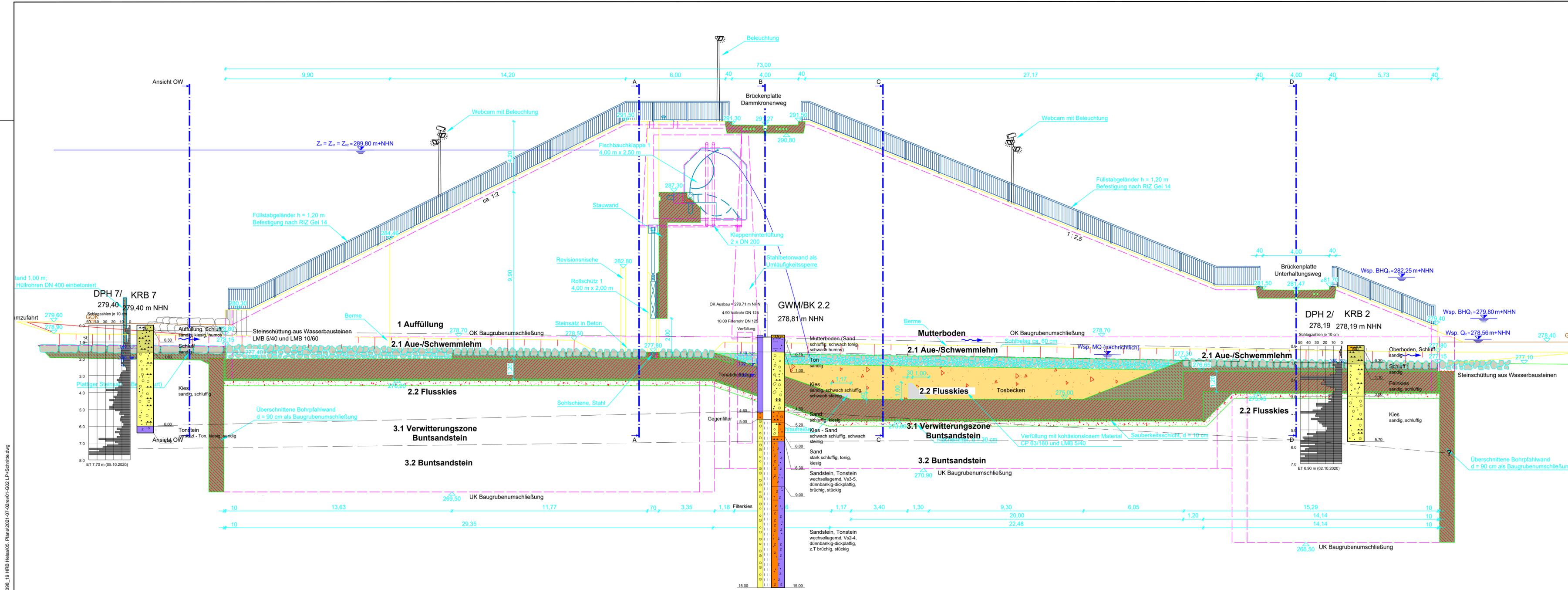
Bauherr: Wasserverband Losse
Leipziger Straße 463 34260 Kaufungen

Bauvorhaben: Hochwasserrückhaltebecken Helsa
-Baugrunduntersuchung-

Darstellung: Lageplan

DAS BAUGRUND INSTITUT
Dipl.-Ing. Knierim GmbH
Wolflager Straße 427, 34128 Kassel-Harleshausen
Tel.: 0561/96994-0; Fax: 0561/96994-55; E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de

K:2019/098_19 HRB Helsa05_Plaene2021-07-02rev01-G02 LP-Schnitt.dwg



Legende

	steif		Tonstein		Oberboden		Schluff
	Sandstein		Feinkies		Ton		
	Auffüllung		Kies				
	Mutterboden		Sand				

Nr.:	Art der Änderung	Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Handt	Anlage 2.1	
1	Austausch Planungsunterlage (14.07.2021)	EDV-Plat:	098_19/05 Pläne		
		Projekt Nr.:	098/19	Datum:	Oktober 2020
		Maßstab:	1:100	Gezeichnet:	dRo
		Geprüft am:		Unterschrift:	

Bauherr: **Wasserverband Losse**
Leipziger Straße 463, 34260 Kaufungen

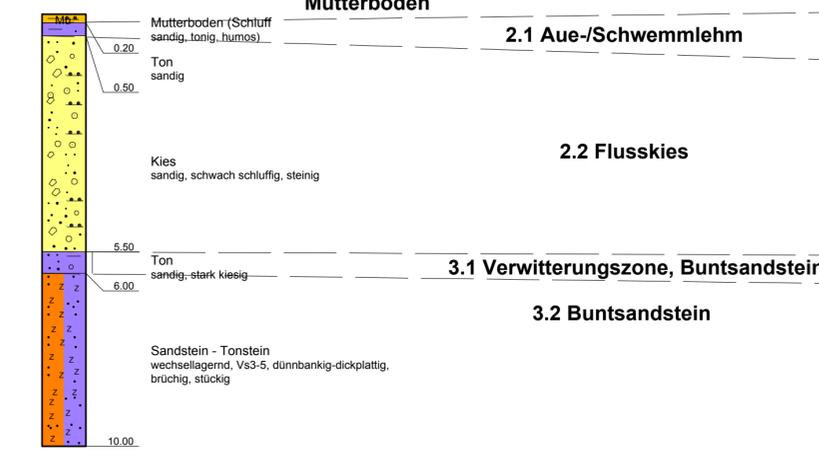
Bauvorhaben: **Hochwasserrückhaltebecken Helsa**
-Baugrunduntersuchung-

Darstellung: **Schnitt 1**

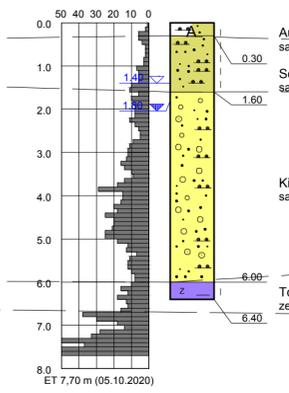
DAS BAUGRUND INSTITUT
Dipl.-Ing. Knierim GmbH
Wolflager Straße 427, 34128 Kassel-Harleshausen
Tel.: 0561/96994-0, Fax: 0561/96994-55, E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de

K:\2019\098_19_HRB_Helsa\05_Plan\2021-07-02\rev01-G02_LP-Schnitt.dwg

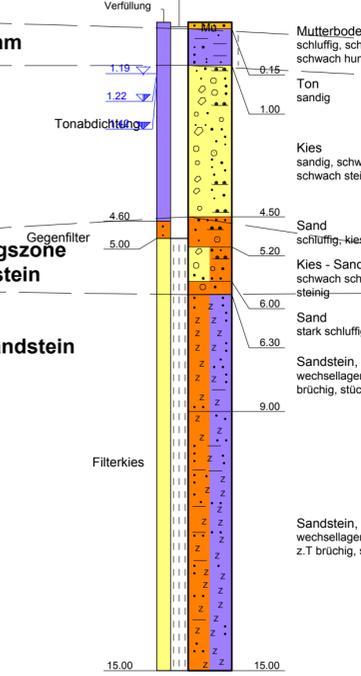
BK 1
279,00 m NHN



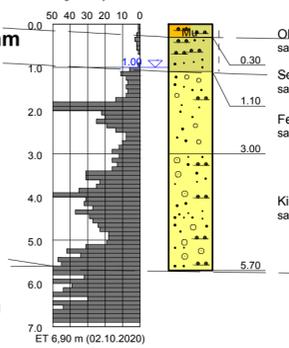
DPH 7/ KRB 7
279,40 279,40 m NHN



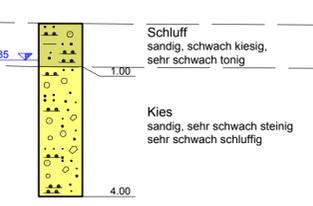
OK Ausbau = 278,71 m NHN
4.90 Vollrohr DN 125
10.00 Filterrohr DN 125



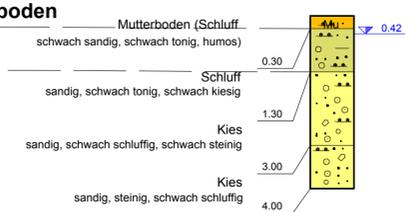
DPH 2/ KRB 2
278,19 278,19 m NHN



RKS 5
277,74 m NHN



RKS 6
277,92 m NHN



Legende

	halbfest - fest	z z	Tonstein	Mu	Oberboden
	steif - halbsteif	z z	Tonstein	o o	Grobkies
	steif	z z	Sandstein	o o	Kies
		z z	Sandstein	o o	Sand
A	Auffüllung	z z	Schluff		
Mu	Mutterboden		Ton		

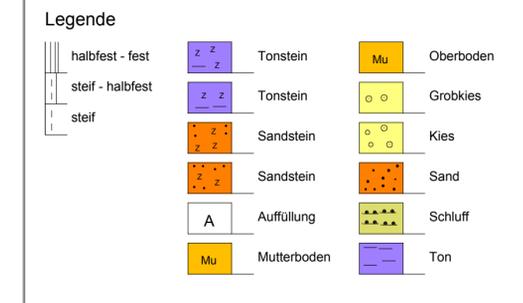
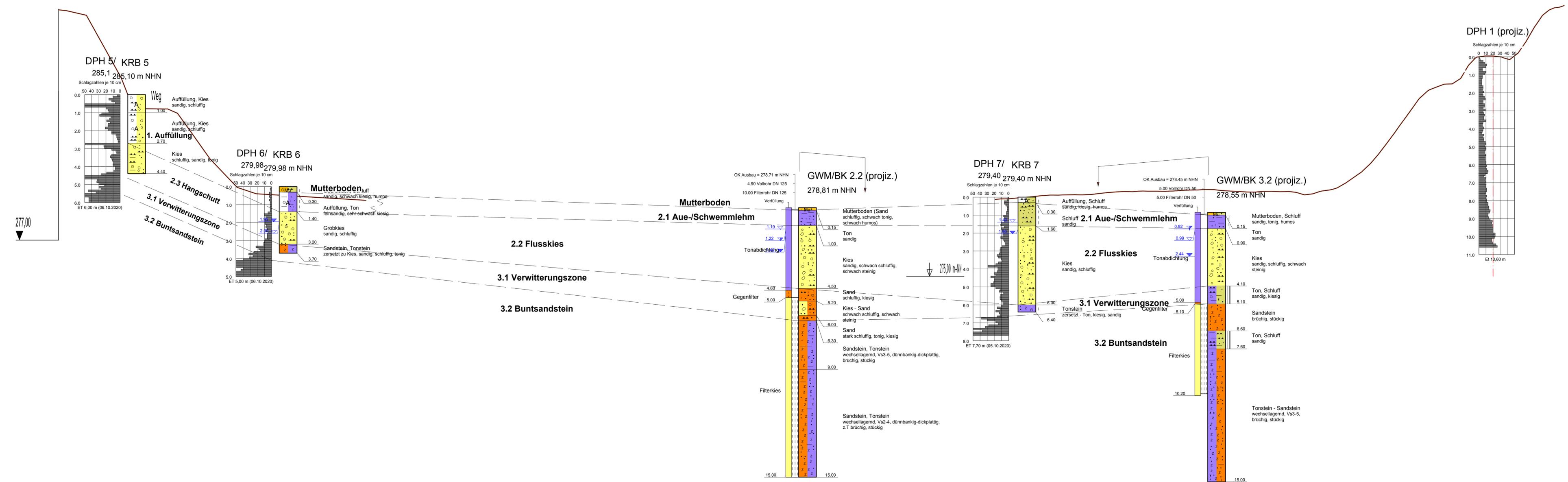
Nr.:	Art der Änderung	Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Hardt	Anlage 2.2	
		EDV-Platd.:	098_19/05 Plaene		
		Projekt Nr.:	098/19		
		Maßstab:	1:250/100		
		Geprüft am:		Datum:	Oktober 2020
				Gezeichnet:	dRo
				Unterschrift:	

Bauherr: **Wasserverband Losse**
Leipziger Straße 463 34260 Kaufungen

Bauvorhaben: **Hochwasserrückhaltebecken Helsa**
-Baugrunduntersuchung-

Darstellung: **Schnitt 2**

DAS BAUGRUND INSTITUT
Dipl.-Ing. Knierim GmbH
Wolfhager Straße 427 · 34128 Kassel-Harleshausen
Tel.: 0561/96994-0, Fax: 0561/96994-55, E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de



Nr.:	Art der Änderung	Bearbeiter: Dipl.-Ing. Hardt	EDV-Plat.: 098_19/05 Pläne	Projekt Nr.: 098/19	Datum: Oktober 2020
				Maßstab: 1:250/100	Gezeichnet: dRo
				Geprüft am:	Unterschrift:

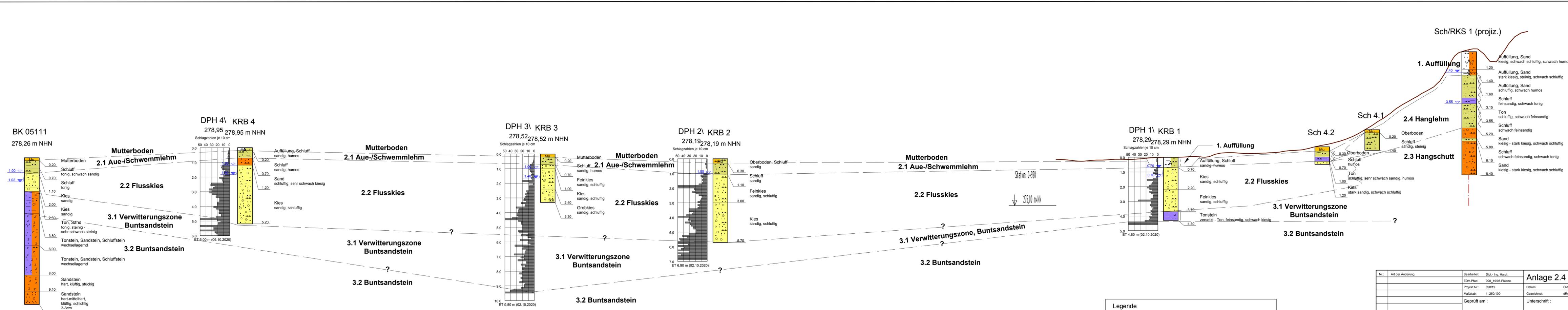
Bauherr: Wasserverband Losse
Leipziger Straße 463 34260 Kaufungen

Bauvorhaben: Hochwasserrückhaltebecken Helsa
-Baugrunduntersuchung-

Darstellung: Schnitt 3

DAS BAUGRUND INSTITUT
Dipl.-Ing. Knierim GmbH
Wolfhager Straße 427, 34128 Kassel-Harleshausen
Tel.: 0561/96994-0; Fax: 0561/96994-55; E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de

K:\2019\098_19_HRB_Helsa\05_Plane\2021-01-14_LP-Schnitte.dwg



Legende

	halbfest - fest	z z z	Tonstein	Mu	Oberboden
	steif - halbfest	z z z	Tonstein	o	Grobkies
	steif	z z z	Sandstein	o o	Kies
		z z z	Sandstein	o	Sand
A	Auffüllung			▲▲▲	Schluff
Mu	Mutterboden			—	Ton

Nr.:	Art der Änderung	Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Hardt	Anlage 2.4	
		EDV-Plat:	098_19/05 Pläne		
		Projekt Nr.:	098/19	Datum:	Oktober 2020
		Maßstab:	1:250/100	Gezeichnet:	dRo
		Geprüft am:		Unterschrift:	

Bauherr: **Wasserverband Losse**
 Leipziger Straße 463 34260 Kaufungen

Bauvorhaben: **Hochwasserrückhaltebecken Helsa**
-Baugrunduntersuchung-

Darstellung: **Schnitt 4**

DAS BAUGRUND INSTITUT
 Dipl.-Ing. Knierim GmbH
 Wolfhager Straße 427, 34128 Kassel-Harleshausen
 Tel.: 0561/96994-0; Fax: 0561/96994-55; E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de

B7

Z₁ = 289,80 m+NN

Z₁ = 289,80 m+NN

20,00

0,00

289,25

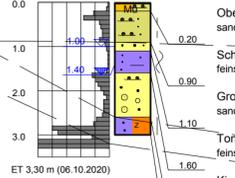
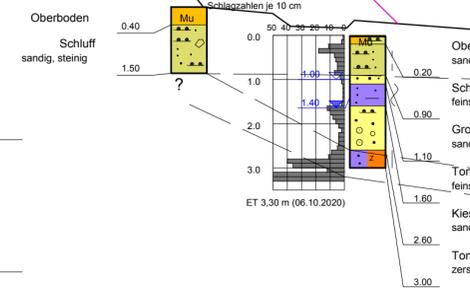
Sch 8
281,00
DPH 9
Weg
KRB 9
280,36 m NHN

KRB 11
280,33 m NHN

Sch 3
280,25

BK 1
279,00 m NHN

Losse

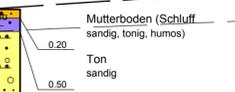


2.1 Aue-/Schwemmeleh

2.2 Flusskies

3.1 Verwitterungszone, Buntsandstein

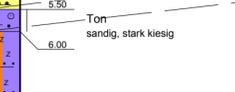
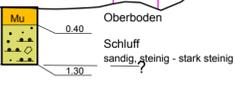
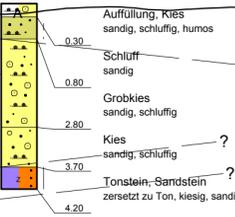
3.2 Buntsandstein



2.2 Flusskies

3.1 Verwitterungszone, Buntsandstein

3.2 Buntsandstein



Legende

	halbfest - fest		Tonstein		Oberboden
	steif - halbfest		Tonstein		Grobkies
	steif		Sandstein		Kies
			Sandstein		Sand
			Auffüllung		Schluff
			Mutterboden		Ton

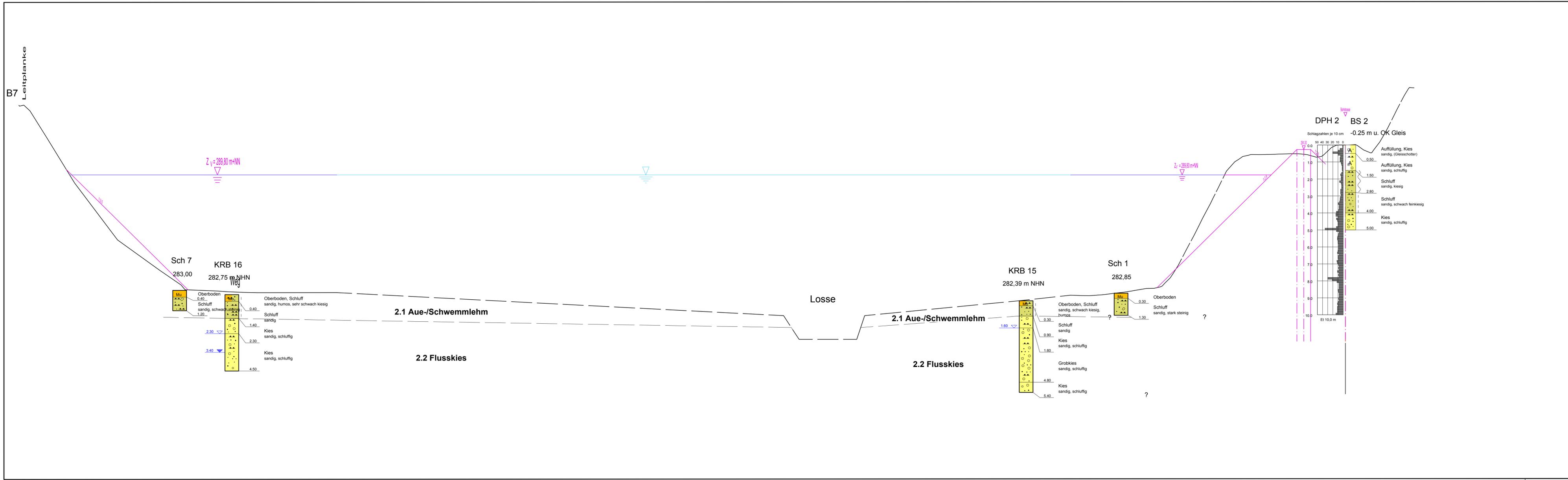
Nr.:	Art der Änderung	Bearbeiter: Dipl.-Ing. Hardt	Anlage 2.5
		EDV-Platz: 098_19/05 Plaene	Datum: Januar 2021
		Projekt Nr.: 098/19	Gezeichnet: dRolaHe
		Maßstab: 1:250/100	Geprüft am:
			Unterschrift:

Bauherr: **Wasserverband Losse**
Leipziger Straße 463 34260 Kaufungen

Bauvorhaben: **Hochwasserrückhaltebecken Helsa**
-Baugrunduntersuchung-

Darstellung: **Schnitt 5**

DAS BAUGRUND INSTITUT
Dipl.-Ing. Knierim GmbH
Wolfhager Straße 427, 34128 Kassel-Harleshausen
Tel.: 0561/96994-0, Fax: 0561/96994-55, E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de



Legende

	halbfest - fest	z z	Tonstein	Mu	Oberboden
	steif - halbfest	z z	Tonstein	o o	Grobkies
	steif	z z	Sandstein	o o	Kies
		z z	Sandstein	o o	Sand
		A	Auffüllung	▲▲▲	Schluff
		Mu	Mutterboden	— — —	Ton

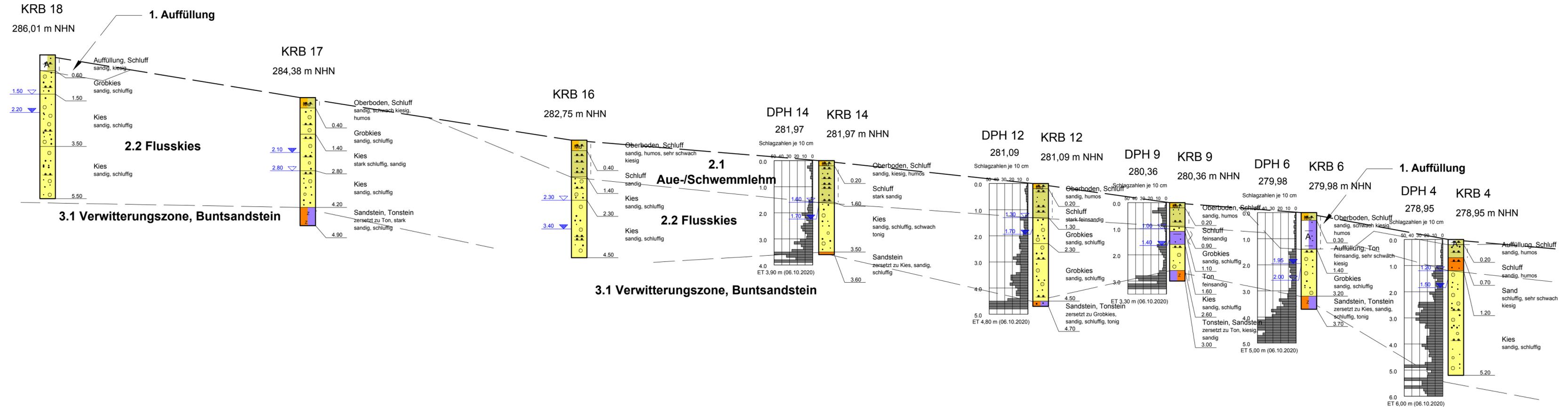
Nr.:	Art der Änderung	Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Hardt	Anlage 2.6
		EDV- Pfad:	088_19\05 Plane	
		Projekt Nr.:	088/19	
		Maßstab:	1: 250/100	
		Geprüft am:		Datum:
				Januar 2021
				Gezeichnet:
				dRo/He
				Unterschrift:

Bauherr: **Wasserverband Losse**
 Leipziger Straße 463 34260 Kaufungen

Bauvorhaben: **Hochwasserrückhaltebecken Helsa**
-Baugrunduntersuchung-

Darstellung: **Schnitt 6**

DAS BAUGRUND INSTITUT
 Dipl.-Ing. Knierim GmbH
 Wolfhager Straße 427 , 34128 Kassel-Harleshausen
 Tel.: 0561/66994-0, Fax: 0561/66994-55, E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de



Legende

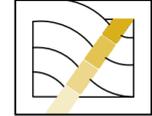
halbfest		Tonstein		Kies
steif		Sandstein		Sand
weich		Auffüllung		Schluff
		Oberboden		Ton
		Grobkies		

Nr.:	Art der Änderung	Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Hardt	Anlage 2.7
		EDV-Pfad:	098_19\05_Plaene	
		Projekt Nr.:	098/19	
		Maßstab:	1:250/100	
		Geprüft am:		Datum: Januar 2021
				Gezeichnet: dRo/aHe
				Unterschrift:

Bauherr: **Wasserverband Losse**
Leipziger Straße 463 34260 Kaufungen

Bauvorhaben: **Hochwasserrückhaltebecken Helsa**
-Baugrunduntersuchung-

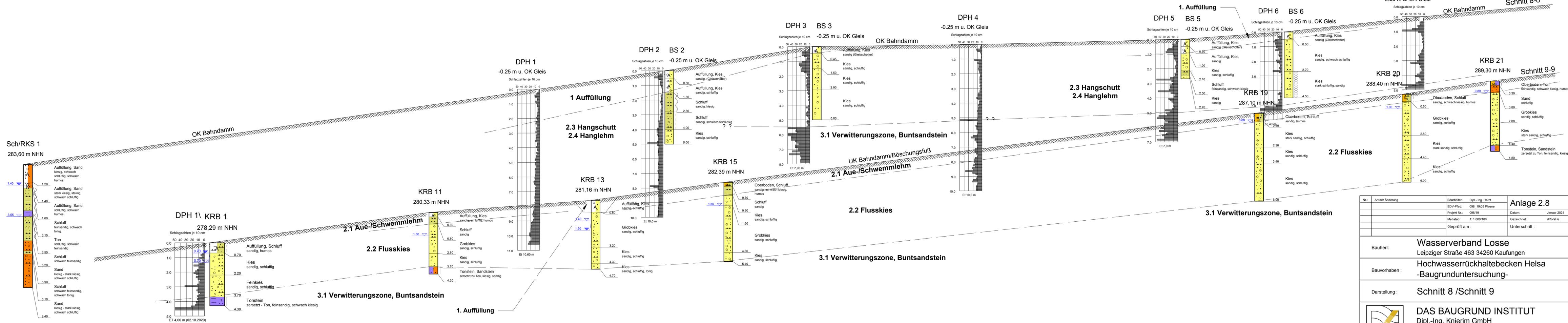
Darstellung: **Schnitt 7**



DAS BAUGRUND INSTITUT
Dipl.-Ing. Knierim GmbH
Wolfhager Straße 427, 34128 Kassel-Harleshausen
Tel.: 0561/96994-0; Fax: 0561/96994-55; E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de

Legende

	halbfest		Tonstein		Oberboden		Sand
	steif		Sandstein		Grobkies		Schluff
	weich		Auffüllung		Kies		Ton
	nass						



Nr.:	Art der Änderung	Bearbeiter:	Dipl.-Ing. Hardt	Anlage 2.8	
		EDV-Plat.:	096_19/05 Pläne		
		Projekt Nr.:	098/19		
		Maßstab:	1:1.000/100		
		Geprüft am:		Datum:	Januar 2021
				Gezeichnet:	dRo/He
				Unterschrift:	

Bauherr: **Wasserverband Losse**
 Leipziger Straße 463 34260 Kaufungen

Bauvorhaben: **Hochwasserrückhaltebecken Helsa**
-Baugrunduntersuchung-

Darstellung: **Schnitt 8 /Schnitt 9**

DAS BAUGRUND INSTITUT
 Dipl.-Ing. Knierim GmbH
 Wolfhager Straße 427, 34128 Kassel-Harleshausen
 Tel.: 0561/96994-0; Fax: 0561/96994-55; E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de

K:\2019\098_19_HRB_Helsa\05_Plane\2021-01-14_LP+Schnitte.dwg

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Ha. Anlage 3.1.1
---	---	--

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung B 1 / Blatt: 1	Höhe: 279,00 m NHN	Datum: 21.08.2019
-------------------------------	--------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe		
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt	
0.20	a) Mutterboden (Schluff, sandig, tonig, humos)				
	b) Oberboden				
	c)	d)	e) dunkelbraun		
	f)	g)	h)	i)	
0.50	a) Ton, sandig		GP	1.1	0.20-0.50
	b)				
	c)	d)	e) braun		
	f) Schwemmlehm	g) Quartär	h)	i)	
5.50	a) Kies, sandig, schwach schluffig, steinig		GP	1.2	0.50-5.50
	b) Gerölle				
	c)	d)	e) braun - rotbraun		
	f) Flussskies	g) Quartär	h)	i)	
6.00	a) Ton, sandig, stark kiesig		GP	1.3	5.50-6.00
	b)				
	c) halbfest	d)	e) rotbraun		
	f) Verwitterungszone	g) Buntsandstein	h)	i)	
10.00	a) Sandstein - Tonstein, wechsellagernd, Vs3-5, dünnbankig-dickplattig, brüchig, stückig				
	b) F:außerordentlich gering - mäßig, KB:schlecht				
	c)	d)	e) rotbraun hellgrau		
	f) Sandstein, Tonstein	g) Buntsandstein	h)	i)	

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Ha. Anlage 3.1.2
---	---	--

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung BK 2.1 / Blatt: 1	Höhe: 278,85 m NHN	Datum:
		20.08.2019

1	2	3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾				
Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalkgehalt	Tiefe in m (Unter- kante)
0.15	a) Mutterboden (Sand, schluffig, schwach tonig, schwach humos)				
	b) Oberboden				
	c)	d)	e) dunkelbraun		
	f)	g)	h) i)		
1.00	a) Ton, sandig				
	b)				
	c) steif - halbfest	d)	e) braun - graubraun		
	f) Auelehm	g) Quartär	h) i)		
4.50	a) Kies, sandig, schluffig, schwach steinig			GP	2.1.1
	b)				1.00-4.00
	c)	d)	e) rotbraun		
	f) Flusskies	g) Quartär	h) i)		
5.00	a) Ton, Schluff, sandig, kiesig				
	b)				
	c) halbfest	d)	e) rotbraun		
	f) Verwitterungszone	g) Quartär Buntsandstein	h) i)		
	a)				
	b)				
	c)	d)	e)		
	f)	g)	h) i)		

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Ha. Anlage 3.1.3
---	---	--

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung BK 2.2 / Blatt: 1	Höhe: 278,81 m NHN Datum: 20.08.2019
----------------------------------	---

1	2			3		4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe					
0.15	a) Mutterboden (Sand, schluffig, schwach tonig, schwach humos)							
	b) Oberboden							
	c)	d)	e) dunkelbraun					
	f)	g)	h) i)					
1.00	a) Ton, sandig							
	b)							
	c) steif	d)	e) braun - graubraun					
	f) Schwemmlehm Auelehm	g) Quartär	h) i)					
4.50	a) Kies, sandig, schwach schluffig, schwach steinig							
	b)							
	c)	d)	e) rotbraun					
	f) Flusskies	g) Quartär	h) i)					
5.20	a) Sand, schluffig, kiesig							
	b)							
	c)	d)	e) rotbraun, grau					
	f) Verwitterungszone	g) Buntsandstein	h) i)					
6.00	a) Kies - Sand, schwach schluffig, schwach steinig					GP	2.2.1	5.20-5.30
	b)							
	c)	d)	e) rotbraun					
	f) Verwitterungszone	g) Buntsandstein	h) i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Ha. Anlage 3.1.3
---	---	--

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung BK 2.2 / Blatt: 2	Höhe: 278,81 m NHN	Datum: 20.08.2019
----------------------------------	--------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe		
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt	
6.30	a) Sand, stark schluffig, tonig, kiesig				
	b)				
	c)	d)	e) rotbraun		
	f) Verwitterungszone	g) Buntsandstein	h)	i)	
9.00	a) Sandstein, Tonstein, wechsellagernd, Vs3-5, dünnbankig-dickplattig, brüchig, stückig				
	b) F:außerordentlich gering - mäßig, KB:mäßig - gering				
	c)	d)	e) grau - rotbraun		
	f) Sandstein-Tonstein	g) Buntsandstein	h)	i)	
15.00	a) Sandstein, Tonstein, wechsellagernd, Vs2-4, dünnbankig-dickplattig, z.T brüchig, stückig				
	b) F:mäßig hoch - gering, KB:mäßig - gering				
	c)	d)	e) rotbraun - hellgrau		
	f) Sandstein-Tonstein	g) Buntsandstein	h)	i)	
	a)				
	b)				
	c)	d)	e)		
	f)	g)	h)	i)	
	a)				
	b)				
	c)	d)	e)		
	f)	g)	h)	i)	

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Ha. Anlage 3.1.4
---	---	--

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung BK 3.1 / Blatt: 1	Höhe: 278,42 m NHN	Datum: 19.08.2019
----------------------------------	--------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾					
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe			
0.15	a) Mutterboden (Schluff, sandig, schwach tonig, schwach humos)					
	b) Oberboden					
	c)	d)	e) dunkelbraun			
	f)	g)	h) i)			
1.00	a) Ton, sandig					
	b)					
	c) steif - halbfest	d)	e) graubraun			
	f) Auelehm - Schwemtlehm	g) Quartär	h) i)			
4.10	a) Kies, sandig, schluffig, schwach steinig					
	b)					
	c)	d)	e) rotbraun			
	f) Flusskies	g) Quartär	h) i)			
4.50	a) Ton, Schluff, sandig, schwach kiesig					
	b)					
	c) halbfest - fest	d)	e) rotbraun			
	f) Verwitterungszone	g) Buntsandstein	h) i)			
	a)					
	b)					
	c)	d)	e)			
	f)	g)	h) i)			

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Ha. Anlage 3.1.5
---	---	--

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung BK 3.2 / GWM3.2 / Blatt: 1	Datum: 19.08.2019
Höhe: 278,55 m NHN	

1	2	3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾				
Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	e) Farbe	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt
0.15	a) Mutterboden (Schluff, sandig, tonig, humos)				
	b) Oberboden				
	c)	d)			e) dunkelbraun
	f)	g)			h) i)
0.90	a) Ton, sandig		GP	3.2.1	0.15-0.90
	b)				
	c) steif - halbfest	d)			e) graubraun
	f) Auelehm	g) Quartär			h) i)
4.10	a) Kies, sandig, schluffig, schwach steinig		GP	3.2.2	2.00-4.00
	b)				
	c)	d)			e) rotbraun
	f) Flussskies	g) Quartär			h) i)
5.10	a) Ton, Schluff, sandig, kiesig		GP	3.2.3	4.10-4.40
	b) z.T. Glimmer				
	c) halbfest - fest	d)			e) rotbraun
	f) Verwitterungszone	g) Buntsandstein			h) i)
6.60	a) Sandstein, brüchig, stückig				
	b)				
	c)	d)			e) hellgrau - rotbraun
	f) Sandstein	g) Buntsandstein			h) i)

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h2 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h2> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Ha. Anlage 3.1.5
---	---	--

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung BK 3.2 / GWM3.2 / Blatt: 2	Datum: 19.08.2019
---	----------------------

1	2			3		4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe					
7.60	a) Ton, Schluff, sandig							
	b)							
	c) halbfest - fest	d)	e) rotbraun					
	f) Verwitterungszone	g) Buntsandstein	h)					
15.00	a) Tonstein - Sandstein, wechsellagernd, Vs3-5, brüchig, stückig							
	b) F:außerordentlich gering - mäßig, KB:mäßig							
	c)	d)	e) rotbraun - graugrün					
	f) Sandstein-Tonstein	g) Buntsandstein	h)					
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)					
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)					
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.2
---	---	--

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung BS 3 / Blatt: 1	Datum: 31.08.2019
--------------------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)		
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut					d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe
	f) Übliche Benennung					g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe
0.45	a) Auffüllung, Kies, sandig (Gleisschotter)						
	b)						
	c)					d)	e) dunkelgrau
	f) Auffüllung					g) anthropogen	h)
1.50	a) Kies, sandig, schluffig	erdfeucht	GP	3.1	0.45-1.50		
	b) Sandstein						
	c)					d) schwer	e) rot
	f) Hangschutt					g) Quartär	h)
2.90	a) Kies, sandig, schluffig	erdfeucht	GP	3.2	1.50-2.90		
	b) Sandstein						
	c)					d) schwer	e) rot
	f) Hangschutt					g) Quartär	h)
5.00	a) Kies, sandig, schluffig	erdfeucht	GP	3.3	2.90-5.00		
	b) Sandstein						
	c)					d) sehr schwer	e) rot
	f) Hangschutt					g) Quartär	h)
	a)						
	b)						
	c)					d)	e)
	f)					g)	h)

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.3
---	---	--

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung BS 5 / Blatt: 1	Datum: 31.08.2019
---------------------------------------	-----------------------------

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt			
0.50	a) Auffüllung, Kies, sandig (Gleisschotter)						
	b)						
	c)	d)				e) dunkelgrau	
	f) Auffüllung	g) anthropogen				h)	i)
1.00	a) Auffüllung, Kies, sandig (Sandstein)		erdfeucht GP 5.1 0.50-1.00				
	b)						
	c)	d) schwer				e) rot	
	f) Auffüllung	g) anthropogen				h)	i)
2.10	a) Kies, sandig, schluffig		erdfeucht GP 5.2 1.00-2.10				
	b) Sandstein						
	c)	d) schwer				e) rot	
	f) Hangschutt	g) Quartär				h)	i)
2.50	a) Schluff, feinsandig, schwach kiesig		erdfeucht GP 5.3 2.10-2.50				
	b) Sandstein						
	c) halbfest	d) normal				e) braun	
	f) Hanglehm	g) Quartär				h)	i)
2.70	a) Kies, sandig		trocken GP 5.4 2.50-2.70 ET				
	b) Sandstein						
	c)	d) sehr schwer				e) rot - grau	
	f) Hangschutt	g) Quartär				h)	i)

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.4
---	---	--

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung BS 6 / Blatt: 1	Datum: 31.08.2019
---------------------------------------	-----------------------------

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)		
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt			
0.50	a) Auffüllung, Kies, sandig (Gleisschotter)						
	b)						
	c)	d)				e) dunkelgrau	
	f) Auffüllung	g) anthropogen				h)	i)
2.70	a) Kies, sandig, schwach schluffig		erdfeucht GP 6.1 0.50-2.70				
	b) Sandstein						
	c)	d) schwer				e) rot	
	f) Hangschutt	g) Quartär				h)	i)
4.50	a) Kies, stark schluffig, sandig		feucht - nass GP 6.2 2.70-4.50 ET				
	b) Sandstein						
	c)	d) leicht				e) rot	
	f) Hangschutt	g) Quartär				h)	i)
	a)						
	b)						
	c)	d)				e)	
	f)	g)				h)	i)
	a)						
	b)						
	c)	d)				e)	
	f)	g)				h)	i)

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.6
---	---	--

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung KRB 2 / Blatt: 1	Höhe: 278,19 m NHN	Datum: 02.10.2020
--	--------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Art	Nr	Tiefe in m (Unter-kante)		
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut					d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe
	f) Übliche Benennung					g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe
0.30	a) Oberboden, Schluff, sandig	erdfeucht, GW angebohrt (1.00)	GP	2.1	0.00-0.30		
	b)						
	c) steif					d) normal	e) braun
	f) Oberboden					g) anthropogen	h)
1.10	a) Schluff, sandig	erdfeucht	GP	2.2	0.30-1.10		
	b)						
	c) steif					d) leicht	e) braun
	f) Auelehm					g) Quartär	h)
3.00	a) Feinkies, sandig, schluffig	nass					
	b)						
	c)					d) schwer	e) braun - rot
	f) Flusskies					g) Quartär	h)
5.70	a) Kies, sandig, schluffig	nass, Kernverlust 50%, kein weiterer Bohrvortrieb ----> Abbruch					
	b)						
	c)					d) schwer	e) rotbraun
	f) Flusskies					g) Quartär	h)
	a)						
	b)						
	c)					d)	e)
	f)					g)	h)

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.7
---	---	--

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung KRB 3 / Blatt: 1	Höhe: 278,52 m NHN	Datum: 02.10.2020
--	--------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Art	Nr	Tiefe in m (Unter-kante)		
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut					d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe
	f) Übliche Benennung					g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe
0.20	a) Mutterboden	erdfeucht, GW angebohrt (1.00), GW in Ruhe (1.40)					
	b)						
	c) steif					d) normal	e) dunkelbraun
	f) Mutterboden					g) anthropogen	h)
0.70	a) Schluff, sandig, humos	erdfeucht	GP	3.1	0.00-0.70		
	b)						
	c) steif					d) normal	e) dunkelbraun
	f) Oberboden					g) Quartär	h)
1.00	a) Feinkies, sandig, schluffig	erdfeucht	GP	3.2	0.70-1.00		
	b) g- Sandstein, gerundet						
	c)					d) schwer	e) rotbraun
	f) Flusskies					g) Quartär	h)
2.40	a) Kies, sandig, schluffig	nass	GP	3.3	1.00-2.40		
	b) g- gerundet + kantig						
	c)					d)	e) braun
	f) Flusskies					g) Quartär	h)
3.30	a) Grobkies, sandig, schluffig	nass, kein weiterer Bohrvortrieb ----> Abbruch	GP	3.4	2.60-3.30		
	b)						
	c)					d) schwer	e) braun
	f) Flusskies					g) Quartär	h)
ET							

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.8
---	---	--

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung KRB 4 / Blatt: 1	Datum: 06.10.2020
Höhe: 278,95 m NHN	

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe			
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk-gehalt		
0.20	a) Auffüllung, Schluff, sandig, humos	erdfeucht, GW angebohrt (1.20), GW in Ruhe (1.50)				
	b)					
	c) steif		d) normal	e) braun		
	f) Oberboden		g) anthropogen	h)	i)	
0.70	a) Schluff, sandig, humos	erdfeucht				
	b)					
	c) steif		d) normal	e) braun		
	f) Auelehm		g) Quartär	h)	i)	
1.20	a) Sand, schluffig, sehr schwach kiesig	erdfeucht				
	b)					
	c)		d) normal	e) hellbraun		
	f) Schwemmlehm		g) Quartär	h)	i)	
5.20	a) Kies, sandig, schluffig	nass ET				
	b) Sandstein, Basalt,g= z.T.gut gerunder					
	c)		d) schwer	e) rotbraun		
	f) Flusskies		g) Quartär	h)	i)	
	a)					
	b)					
	c)	d)	e)			
	f)	g)	h)	i)		

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.9
---	---	--

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung KRB 5 / Blatt: 1	Höhe: 285,10 m NHN	Datum: 06.10.2020
--	--------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)		
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut					d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe
	f) Übliche Benennung					g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe
1.00	a) Auffüllung, Kies, sandig, schluffig	erdfeucht, GW angebohrt (-), GW in Ruhe (-)	GP	5.1	0.00-1.00		
	b) Kalksteinschotter, Basalt, Asphaltreste						
	c)					d) schwer	e) grau
	f) Auffüllung					g) anthropogen	h)
2.70	a) Auffüllung, Kies, sandig, schluffig	erdfeucht	GP	5.2	1.00-2.70		
	b) Basalt, Kalksteinschotter						
	c)					d) schwer	e) hellgrau
	f) Auffüllung					g) anthropogen	h)
4.40	a) Kies, schluffig, sandig, tonig	erdfeucht, kein weiterer Bohrvortrieb ----> Abbruch	GP	5.3	2.70-4.40		
	b) Sandstein						
	c)					d) normal - schwer	e) rotbraun
	f) Hangschutt					g) Quartär	h)
	a)						
	b)						
	c)					d)	e)
	f)					g)	h)
	a)						
	b)						
	c)					d)	e)
	f)					g)	h)

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.11
---	---	---

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung KRB 7 / Blatt: 1	Höhe: 279,40 m NHN	Datum: 05.10.2020
--	--------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe			
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt		
0.30	a) Auffüllung, Schluff, sandig, kiesig, humos	erdfeucht, GW angebohrt (1.40), GW in Ruhe (1.80)				
	b)					
	c) steif		d) normal	e) braun		
	f) Auffüllung		g) anthropogen	h)	i)	
1.60	a) Schluff, sandig					
	b)					
	c) steif	d) normal	e) braun			
	f) Auelehm	g) Quartär	h)	i)		
6.00	a) Kies, sandig, schluffig	nass				
	b) g- Sandstein, gerundet					
	c)		d)	e) rotbraun		
	f) Flusskies		g) Quartär	h)	i)	
6.40	a) Tonstein, zersetzt - Ton, kiesig, sandig	erdfeucht	GP	7.1	6.00-6.40	
	b)					
	c) steif	d) schwer	e) rotbraun			
	f) Verwitterungszone	g) Buntsandstein	h)	i)		
	a)	ET				
	b)					
	c)	d)	e)			
	f)	g)	h)	i)		

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h2 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h2> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.12
---	---	---

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung KRB 9 / Blatt: 1	Höhe: 280,36 m NHN	Datum: 07.10.2020
--	--------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe			
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt		
0.20	a) Oberboden, Schluff, sandig, humos	erdfeucht, GW angebohrt (1.00), GW in Ruhe (1.40)				
	b)					
	c) steif		d) leicht	e) braun		
	f) Oberboden		g) anthropogen	h)	i)	
0.90	a) Schluff, feinsandig	erdfeucht				
	b)					
	c) steif		d) normal	e) braun		
	f) Auelehm		g) Quartär	h)	i)	
1.10	a) Grobkies, sandig, schluffig	erdfeucht				
	b) Sandstein					
	c)		d) normal	e) braunrot		
	f) Flusskies		g) Quartär	h)	i)	
1.60	a) Ton, feinsandig	nass	GP	9.1	1.10-1.60	
	b)					
	c) weich		d) leicht	e) grau		
	f) Auelehm		g) Quartär	h)	i)	
2.60	a) Kies, sandig, schluffig	nass				
	b) Sandstein, g=z.T. kantig					
	c)		d) normal	e) braun		
	f) Flusskies		g) Quartär	h)	i)	

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.12
---	---	---

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung KRB 9 / Blatt: 2	Höhe: 280,36 m NHN Datum: 07.10.2020
---------------------------------	---

1	2			3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾				Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe i) Kalk-gehalt				
3.00	a) Tonstein, Sandstein, zersetzt zu Ton, kiesig, sandig			erdfeucht, kein weiterer Bohrvortrieb ---> Abbruch ET	GP	9.2	2.60-3.00
b)							
c) halbfest	d) schwer	e) rotbraun					
f) Verwitterungszone	g) Buntsandstein	h) i)					
	a)						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g)	h) i)				
	a)						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g)	h) i)				
	a)						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g)	h) i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.13
---	---	---

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung KRB 11 / Blatt: 1	Höhe: 280,33 m NHN	Datum: 13.10.2020
---	--------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)		
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe				
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt			
0.30	a) Auffüllung, Kies, sandig, schluffig, humos		erdfeucht, GW angebohrt (1.60), ab 1.40m Bohrloch zugefallen				
	b) Kalkschotter, Sandstein						
	c)	d) normal				e) grau	
	f) Auffüllung	g) anthropogen				h)	i)
0.80	a) Schluff, sandig		erdfeucht				
	b)						
	c) steif	d) normal				e) braun	
	f) Auelehm	g) Quartär				h)	i)
2.80	a) Grobkies, sandig, schluffig		nass				
	b) Sandstein, Basalt						
	c)	d) normal				e) braun	
	f) Flusskies	g) Quartär				h)	i)
3.70	a) Kies, sandig, schluffig		nass				
	b) Sandstein						
	c)	d) sehr schwer				e) braun	
	f) Flusskies	g) Quartär				h)	i)
4.20	a) Tonstein, Sandstein, zersetzt zu Ton, kiesig, sandig		erdfeucht, kein weiterer Bohrvortrieb ----> Abbruch ET				
	b)						
	c) halbfest	d) sehr schwer				e) rot - braun	
	f) Verwitterungszone	g) Buntsandstein				h)	i)

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.14
---	---	---

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung KRB 12 / Blatt: 1	Höhe: 281,09 m NHN	Datum: 07.10.2020
----------------------------------	--------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6									
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges			Entnommene Proben							
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾						Art	Nr	Tiefe in m (Unter-kante)					
c) Beschaffenheit nach Bohrgut		d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe											
f) Übliche Benennung		g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk-gehalt										
0.20	a) Oberboden, Schluff, sandig, humos			erdfeucht, GW angebohrt (1.30), GW in Ruhe (1.70)										
	b)													
	c) steif		d) leicht							e) braun				
	f) Oberboden		g) anthropogen							h)	i)			
1.30	a) Schluff, stark feinsandig			erdfeucht										
	b)													
	c) steif		d) normal							e) braun				
	f) Auelehm		g) Quartär							h)	i)			
2.30	a) Grobkies, sandig, schluffig			nass										
	b)													
	c)		d) schwer							e) grau				
	f) Flusskies		g) Quartär							h)	i)			
4.50	a) Grobkies, sandig, schluffig			nass										
	b) Sandstein, Basalt													
	c)		d) schwer							e) braun				
	f) Flusskies		g) Quartär							h)	i)			
4.70	a) Sandstein, Tonstein, zersetzt zu Grobkies, sandig, schluffig, tonig			erdfeucht, kein weiterer Bohrvortrieb ----> Abbruch ET										
	b)													
	c)		d) sehr schwer							e) rotbraun				
	f) Verwitterungszone		g) Buntsandstein							h)	i)			

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.15
---	---	---

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung KRB 13 / Blatt: 1	Höhe: 281,16 m NHN	Datum: 13.10.2020
---	--------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Art	Nr	Tiefe in m (Unter-kante)		
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut					d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe
	f) Übliche Benennung					g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe
0.80	a) Auffüllung, Kies, sandig, schluffig	erdfeucht, GW angebohrt (1.40), GW in Ruhe (1.50)					
	b) Kalkschotter						
	c)		d) schwer	e) grau			
	f) Auffüllung		g) anthropogen	h)	i)		
3.20	a) Grobkies, sandig, schluffig	nass					
	b) Sandstein						
	c)		d) schwer	e) braun			
	f) Flusskies		g) Quartär	h)	i)		
4.30	a) Kies, sandig, schluffig	nass					
	b) Sandstein						
	c)		d) schwer	e) braun			
	f) Flusskies		g) Quartär	h)	i)		
4.70	a) Kies, sandig, schluffig, tonig	nass, kein weiterer Bohrvortrieb ----> Abbruch					
	b) Sandstein, Tonstein						
	c)		d) schwer	e) gelb			
	f) Flusskies		g) Quartär	h)	i)	ET	
	a)						
	b)						
	c)	d)	e)				
	f)	g)	h)	i)			

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.16
---	---	---

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung KRB 14 / Blatt: 1	Höhe: 281,97 m NHN	Datum: 07.10.2020
---	--------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6	
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben			
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)	
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe			
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalk- gehalt		
0.20	a) Oberboden, Schluff, sandig, kiesig, humos	erdfeucht, GW angebohrt (1.60), GW in Ruhe (1.70)				
	b) Basalt					
	c) steif		d) leicht	e) braun		
	f) Oberboden		g) anthropogen	h)	i)	
1.60	a) Schluff, stark sandig	erdfeucht				
	b)					
	c) steif		d) normal	e) grau		
	f) Auelehm		g) Quartär	h)	i)	
3.50	a) Kies, sandig, schluffig, schwach tonig	nass				
	b)					
	c)		d) schwer	e) grau		
	f) Flusskies		g) Quartär	h)	i)	
3.60	a) Sandstein, zersetzt zu Kies, sandig, schluffig	erdfeucht ET				
	b)					
	c)		d) sehr schwer	e) rotbraun		
	f) Verwitterungszone?		g) Buntsandstein?	h)	i)	
	a)					
	b)					
	c)	d)	e)			
	f)	g)	h)	i)		

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h2 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h2> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.17
---	---	---

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung KRB 15 / Blatt: 1	Höhe: 282,39 m NHN	Datum: 13.10.2020
---	--------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Art	Nr	Tiefe in m (Unter-kante)		
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut					d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe
	f) Übliche Benennung					g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe
0.30	a) Oberboden, Schluff, sandig, schwach kiesig, humos		erdfeucht, GW angebohrt (1.60), ab 2.90m Bohrloch zugefallen				
	b) Sandstein						
	c) steif	d) leicht				e) braun	
	f) Oberboden	g) anthropogen				h)	i)
0.90	a) Schluff, sandig		erdfeucht				
	b)						
	c) steif	d) normal				e) braun	
	f) Auelehm	g) Quartär				h)	i)
1.60	a) Kies, sandig, schluffig		erdfeucht				
	b) Sandstein						
	c)	d) schwer				e) braun	
	f) Flusskies	g) Quartär				h)	i)
4.80	a) Grobkies, sandig, schluffig		nass				
	b) Sandstein						
	c)	d) schwer				e) braun	
	f) Flusskies	g) Quartär				h)	i)
5.40	a) Kies, sandig, schluffig		nass, kein weiterer Bohrvortrieb ----> Abbruch ET				
	b) Sandstein						
	c)	d) sehr schwer				e) gelb	
	f) Flusskies	g) Quartär				h)	i)

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.18
---	---	---

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung KRB 16 / Blatt: 1	Höhe: 282,75 m NHN	Datum: 12.10.2020
---	--------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Art Nr Tiefe in m (Unter- kante)				
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut			d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe		
	f) Übliche Benennung			g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe	i) Kalkgehalt	
0.40	a) Oberboden, Schluff, sandig, humos, sehr schwach kiesig	erdfeucht, GW angebohrt (2.30), GW in Ruhe (3.40)					
	b)						
	c) steif					d) normal	e) dunkelbraun
	f) Oberboden					g) anthropogen	h)
1.40	a) Schluff, sandig	erdfeucht					
	b)						
	c) steif					d) normal	e) braun
	f) Auelehm					g) Quartär	h)
2.30	a) Kies, sandig, schluffig	erdfeucht					
	b)						
	c)					d) schwer	e) rotbraun
	f) Flusskies					g) Quartär	h)
4.50	a) Kies, sandig, schluffig	nass, kein weiterer Bohrvortrieb ----> Abbruch ET					
	b)						
	c)					d) schwer	e) rotbraun
	f) Flusskies					g) Quartär	h)
	a)						
	b)						
	c)					d)	e)
	f)					g)	h)

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1>Schichtenverzeichnis</h1> <p>Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.19
---	---	---

Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung KRB 17 / Blatt: 1	Höhe: 284,38 m NHN Datum: 12.10.2020
----------------------------------	---

1	2			3		4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾					Art	Nr	Tiefe in m (Unter-kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe					
0.40	a) Oberboden, Schluff, sandig, schwach kiesig, humos			erdfeucht, GW angebohrt (2.80), GW in Ruhe (2.10)				
b)								
c) steif	d) normal	e) dunkelbraun						
f) Oberboden	g) anthropogen	h)	i)					
1.40	a) Grobkies, sandig, schluffig			erdfeucht				
b)								
c)	d) normal	e) hellbraun						
f) Flusskies	g) Quartär	h)	i)					
2.80	a) Kies, stark schluffig, sandig			erdfeucht				
b)								
c)	d) normal	e) braun						
f) Flusskies	g) Quartär	h)	i)					
4.20	a) Kies, sandig, schluffig			nass				
b)								
c)	d) normal - schwer	e) graubraun						
f) Flusskies	g) Quartär	h)	i)					
4.90	a) Sandstein, Tonstein, zersetzt zu Ton, stark sandig, schluffig			erdfeucht, kein weiterer Bohrvortrieb ----> Abbruch ET				
b)								
c)	d) schwer	e) rotbraun						
f) Verwitterungszone	g) Buntsandstein	h)	i)					

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Das Baugrund Institut Wolfhager Str. 427 34128 Kassel Tel.: 0561/969940 Fax: 0561/9699455	<h1 style="margin: 0;">Schichtenverzeichnis</h1> <p style="margin: 0;">Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben</p>	Projekt-Nr. 098/19 Personal : Do./Ha. Anlage 3.2.20
---	---	---

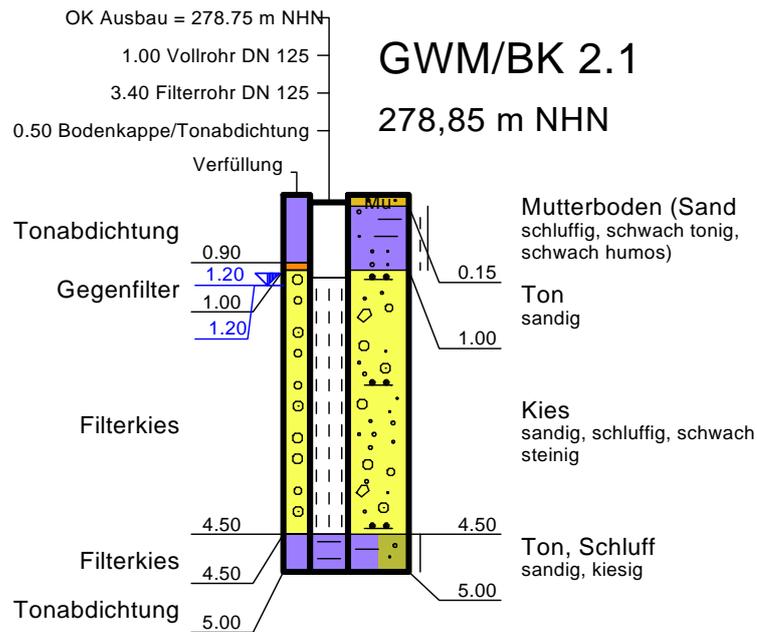
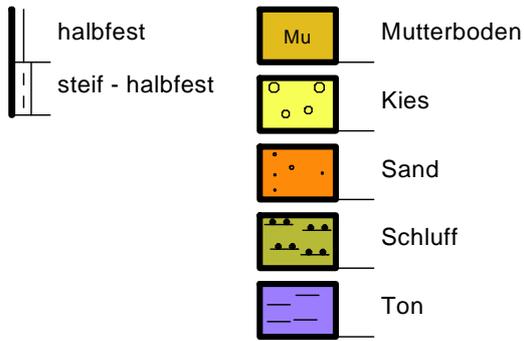
Vorhaben: HRB Helsa

Bohrung KRB 18 / Blatt: 1	Höhe: 286,01 m NHN	Datum: 12.10.2020
---	--------------------	----------------------

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkung ¹⁾		Art	Nr	Tiefe in m (Unter-kante)		
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut					d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe
	f) Übliche Benennung					g) Geologische Benennung ¹⁾	h) ¹⁾ Gruppe
0.60	a) Auffüllung, Schluff, sandig, kiesig	erdfeucht, GW angebohrt (1.50), GW in Ruhe (2.20)					
	b) Keramik, Schlacke, Holzkohle, Sandstein						
	c) steif					d) normal	e) dunkelbraun
	f) Auffüllung					g) anthropogen	h)
1.50	a) Grobkies, sandig, schluffig	erdfeucht					
	b) Sandstein						
	c)					d) schwer	e) rotbraun
	f) Flusskies					g) Quartär	h)
3.50	a) Kies, sandig, schluffig	nass					
	b) Sandstein g = gerundet						
	c)					d) schwer	e) braun
	f) Flusskies					g) Quartär	h)
5.50	a) Kies, sandig, schluffig	nass, kein weiterer Bohrvortrieb ----> Abbruch					
	b) Sandstein, Basalt						
	c)					d) schwer	e) braun
	f) Flusskies					g) Quartär	h)
	a)						
	b)						
	c)					d)	e)
	f)					g)	h)

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Legende

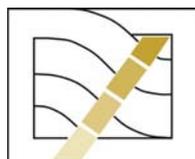


Nr.:	Art der Änderung	Bearbeiter: Dipl.-Ing. Hardt	Anlage 3.3.1
		EDV-Pfad : 098_19\07 Feld...	
		Projekt Nr.: 098/19	Datum : Oktober 2019
		Maßstab : 1: 100	Gezeichnet : aHe
		Geprüft am :	Unterschrift :

Auftraggeber: **Wasserverband Losse**
Leipziger Straße 463 34260 Kaufungen

Bauvorhaben : Hochwasserrückhaltebecken Helsa

Darstellung : Einzeldarstellung GWM/BK 2.1

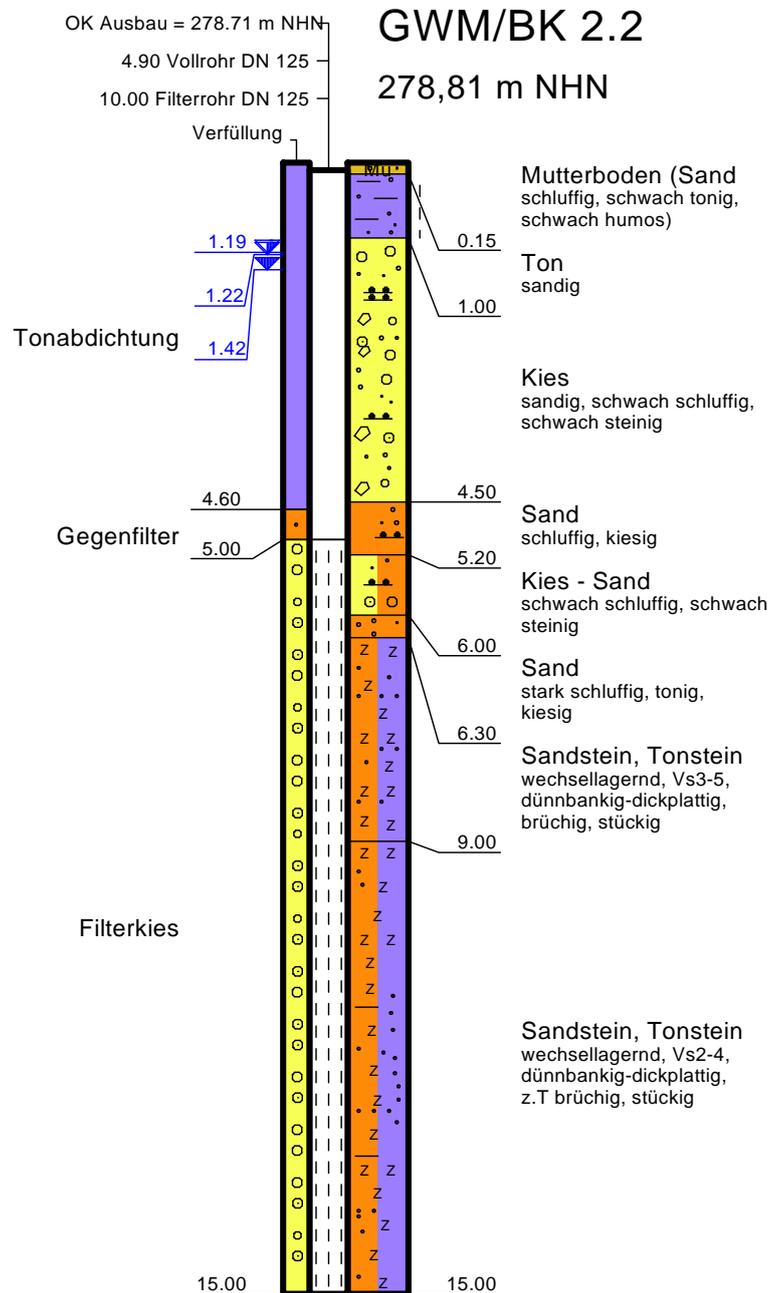


DAS BAUGRUND INSTITUT
Dipl.-Ing. Knierim GmbH

Wolfhager Straße 427 , 34128 Kassel-Harleshausen
Tel.: 0561/96994-0; Fax: 0561/96994-55, E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de

Legende

steif		Tonstein
		Sandstein
		Mutterboden
		Kies
		Sand
		Ton

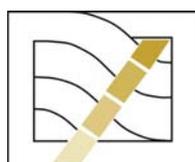


Nr.:	Art der Änderung	Bearbeiter: Dipl.-Ing. Hardt	Anlage 3.3.2
		EDV-Pfad : 098_19\07 Feld...	
		Projekt Nr.: 098/19	Datum : Oktober 2019
		Maßstab : 1: 100	Gezeichnet : aHe
		Geprüft am :	Unterschrift :

Auftraggeber: **Wasserverband Losse**
 Leipziger Straße 463 34260 Kaufungen

Bauvorhaben : Hochwasserrückhaltebecken Helsa

Darstellung : Einzeldarstellung GWM/BK 2.2

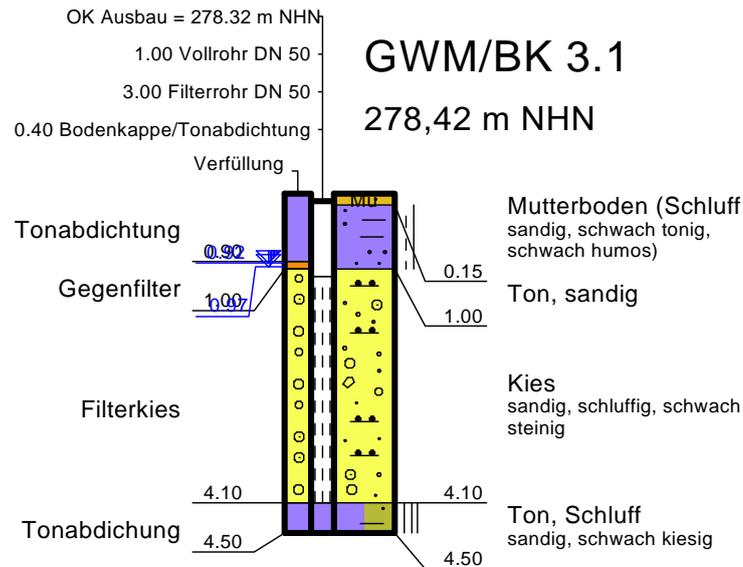


DAS BAUGRUND INSTITUT
 Dipl.-Ing. Knierim GmbH

Wolfhager Straße 427 , 34128 Kassel-Harleshausen
 Tel.: 0561/96994-0; Fax: 0561/96994-55, E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de

Legende

	halbfest - fest		Mutterboden
	steif - halbfest		Kies
			Schluff
			Ton

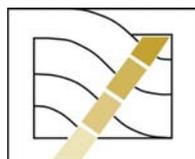


Nr.:	Art der Änderung	Bearbeiter: Dipl.-Ing. Hardt	Anlage 3.3.3
		EDV-Pfad : 098_19\07 Feld...	
		Projekt Nr.: 098/19	Datum : Oktober 2019
		Maßstab : 1: 100	Gezeichnet : aHe
		Geprüft am :	Unterschrift :

Auftraggeber: **Wasserverband Losse**
Leipziger Straße 463 34260 Kaufungen

Bauvorhaben : Hochwasserrückhaltebecken Helsa

Darstellung : Einzeldarstellung GWM/BK 3.1

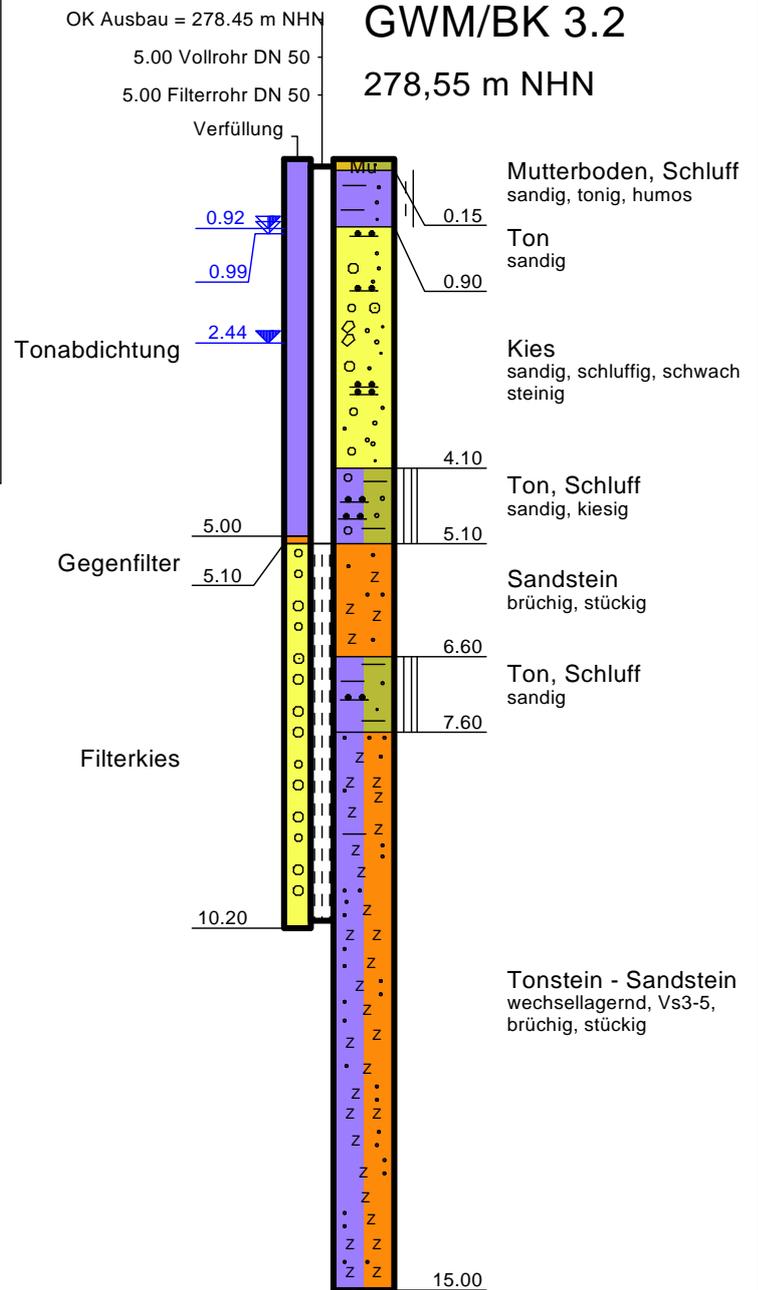


DAS BAUGRUND INSTITUT
Dipl.-Ing. Knierim GmbH

Wolfhager Straße 427 , 34128 Kassel-Harleshausen
Tel.: 0561/96994-0; Fax: 0561/96994-55, E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de

Legende

	halbfest - fest		Sandstein
	steif - halbfest		Mutterboden
			Kies
			Sand
			Schluff
			Ton

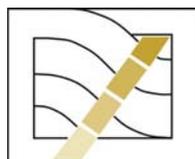


Nr.:	Art der Änderung	Bearbeiter: Dipl.-Ing. Hardt	Anlage 3.3.4
		EDV-Pfad : 098_19\07 Feld...	
		Projekt Nr.: 098/19	Datum : Oktober 2019
		Maßstab : 1: 100	Gezeichnet : aHe
		Geprüft am :	Unterschrift :

Auftraggeber: **Wasserverband Losse**
 Leipziger Straße 463 34260 Kaufungen

Bauvorhaben : **Hochwasserrückhaltebecken Helsa**

Darstellung : **Einzeldarstellung GWM/BK 3.2**



DAS BAUGRUND INSTITUT
 Dipl.-Ing. Knierim GmbH

Wolfhager Straße 427 , 34128 Kassel-Harleshausen
 Tel.: 0561/96994-0; Fax: 0561/96994-55, E-Mail: kassel@dasbaugrundinstitut.de

FOTODOKUMENTATION

Projekt: 098/19
HRB Helsa

BK 1

0,00m



6,00m

FOTODOKUMENTATION

Projekt: 098/19
HRB Helsa

BK 1

6,00m



ET 10,00 m

FOTODOKUMENTATION

Projekt: 098/19
HRB Helsa

BK 2.1

0,00m



ET 5,00m

FOTODOKUMENTATION

Projekt: 098/19
HRB Helsa

BK 2.2

0,00m



6,00m

FOTODOKUMENTATION

Projekt: 098/19
HRB Helsa

BK 2.2

0,00m



ET 14,00m

FOTODOKUMENTATION

Projekt: 098/19
HRB Helsa

BK 3.1

0,00m



ET 5,00m

FOTODOKUMENTATION

Projekt: 098/19
HRB Helsa

BK 3.2

0,00m



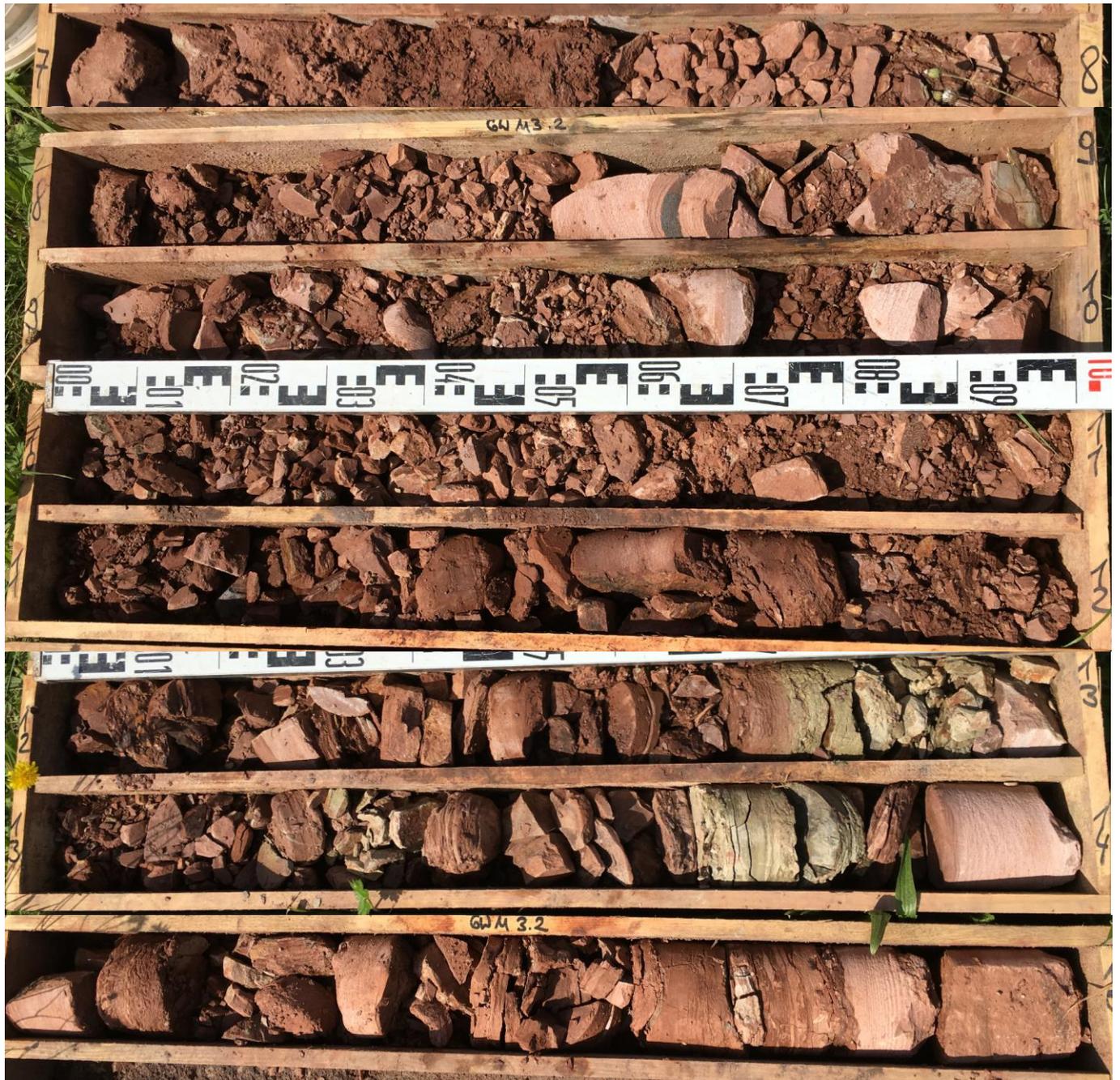
7,00m

FOTODOKUMENTATION

Projekt: 098/19
HRB Helsa

BK 3.2

7,00m



ET 15,00m

KENNWERTTABELLE	Probe Nr.		GP 1	GP 2	GP 3	1/1	1/2	1/3
	Einheit							
Entnahme-Ort			B 3.2	B 3.2	B 3.2	B 1	B 1	B 1
Entnahme-Tiefe	m		0,15 - 0,90	2,00 - 4,00	4,10 - 4,40	0,20-0,50	0,50-5,50	5,50-6,00
Entnahme-Datum			19.08.2019	19.08.2019	19.08.2019	21.08.2019	21.08.2019	21.08.2019
Bodenart (DIN 4022)	-		S, u, g, t'	G, s, u'	G, u, s, t'	S, U, t'	G, s, x', u'	G, u, s, t'
Bodengruppe (DIN18196)	-							
Ungleichförmigkeitsgrad	C_u -		-	175	196,1	30,8	227,2	3407,6
Wassergehalt (bei 105 °C)	w	%	22,79	9,63	9,46	11,93	9,48	7,41
Fließgrenze	w_L	%	37		28,1	28,2		29,6
Ausrollgrenze	w_P	%	20,1		17,5	18,2		20,4
Plastizitätszahl	I_P	%	16,9		10,6	10		9,2
Konsistenzzahl	I_C -		0,5		1,41	1,33		0,85
Konsistenz	- -		weich/breiig		halbfest	halbfest		steif
Anteil Überkorn	ü	%	31		45	20		66
Wassergehalt Überkorn	$w_{\ddot{u}}$	%	10		5	0		0
korrigierter Wassergehalt	w'	%	28,5		13,1	14,9		21,8
Dichte (feucht)	ρ	g/cm ³						
Trockendichte	ρ_d	g/cm ³						
Verdichtungsgrad	D_{Pr}	%						
Porenanteile	n	%						
Sättigungsgrad	S_r	%						
Luftporenanteil	n_a	%						
Glühverlust	V_{gl}	%						
Kalkgehalt	V_{ca}	%						
Wasseraufnahme nach Neff	(24 h)	%						
Druckfestigkeit	q_u	N/mm ²						
Durchlässigkeitsbeiwert	$k(10^\circ)$	m/s						
Reibungswinkel	φ'	°						
Kohäsion	c'	kN/m ²						
Proctordichte/Wassergehalt	ρ_{pr} / w_{pr}	g/cm ³ / %						
Schichtzuordnung			Auelehme (2.1)	Flussskies (2.2)	Verwitt.-zone (3.1)	Auelehme (2.1)	Flussskies (2.2)	Verwitt.-zone (3.1)

KENNWERTTABELLE	Probe Nr.		2/1	2/2				
	Einheit							
Entnahme-Ort			B 2.1	B 2.2				
Entnahme-Tiefe	m		1,00-4,00	5,00-5,30				
Entnahme-Datum			21.08.2019	21.08.2019				
Bodenart (DIN 4022)	-		G, S, u	G, s, u'				
Bodengruppe (DIN18196)	-							
Ungleichförmigkeitsgrad	C _u -		276	-				
Wassergehalt (bei 105 °C)	w	%	9,51	9,69				
Fließgrenze	w _L	%						
Ausrollgrenze	w _P	%						
Plastizitätszahl	I _P	%						
Konsistenzzahl	I _C -							
Konsistenz	- -							
Anteil Überkorn	ü	%						
Wassergehalt Überkorn	w _ü	%						
korrigierter Wassergehalt	w'	%						
Dichte (feucht)	ρ	g/cm ³						
Trockendichte	ρ _d	g/cm ³						
Verdichtungsgrad	D _{Pr}	%						
Porenanteile	n	%						
Sättigungsgrad	S _r	%						
Luftporenanteil	n _a	%						
Glühverlust	V _{gl}	%						
Kalkgehalt	V _{ca}	%						
Wasseraufnahme nach Neff	(24 h)	%						
Druckfestigkeit	q _u	N/mm ²						
Durchlässigkeitsbeiwert	k(10°)	m/s						
Reibungswinkel	φ'	°						
Kohäsion	c'	kN/m ²						
Proctordichte/Wassergehalt	ρ _{pr} / w _{pr}	g/cm ³ / %						
Schichtzuordnung			Flussskies (2.2)	Flussskies (2.2)				

KENNWERTTABELLE	Probe Nr.		2/2	2/3	3/1-3/3	5/2	6/2	
	Einheit							
Entnahme-Ort			BS 2	BS 2	BS 3	BS 5	BS 6	
Entnahme-Tiefe	m		1,5 - 2,8	2,8 - 4,0	0,45 - 5,0	1,0 - 2,1	2,7 - 4,5	
Entnahme-Datum			29.08.2019	29.08.2019	31.08.2019	31.08.2019	31.08.2019	
Bodenart (DIN 4022)	-		U, s, g, t'	S, \bar{u} , g, t'	U, s, g, t'	G, \bar{s} , u	S, \bar{g} , u, t'	
Bodengruppe (DIN18196)	-							
Ungleichförmigkeitsgrad	C_u -		29,0	35,2	-	92,8	101,6	
Wassergehalt (bei 105 °C)	w	%	15,38	16,6	8,34	10,44	13,82	
Fließgrenze	w_L	%	24,6	29,1				
Ausrollgrenze	w_P	%	18,0	18,7				
Plastizitätszahl	I_P	%	6,5	10,4				
Konsistenzzahl	I_C -		0,89	0,88				
Konsistenz	- -		steif	steif				
Anteil Überkorn	\bar{u}	%	26,3	23,6				
Wassergehalt Überkorn	$w_{\bar{u}}$	%	6	6				
korrigierter Wassergehalt	w'	%	18,7	19,9				
Dichte (feucht)	ρ	g/cm ³						
Trockendichte	ρ_d	g/cm ³						
Verdichtungsgrad	D_{Pr}	%						
Porenanteile	n	%						
Sättigungsgrad	S_r	%						
Luftporenanteil	n_a	%						
Glühverlust	V_{gl}	%						
Kalkgehalt	V_{ca}	%						
Wasseraufnahme nach Neff	(24 h)	%						
Druckfestigkeit	q_u	N/mm ²						
Durchlässigkeitsbeiwert	$k(10^\circ)$	m/s						
Reibungswinkel	φ'	°						
Kohäsion	c'	kN/m ²						
Proctordichte/Wassergehalt	ρ_{pr} / w_{pr}	g/cm ³ / %						
Schichtzuordnung			Hanglehm (2.4)	Hanglehm (2.4)	Hangschutt (2.3)	Hangschutt (2.3)	Hangschutt (2.3)	

Das Baugrund Institut
 Dipl.-Ing. Knierim GmbH
 Wolfhager Straße 427, 34128 Kassel
 Tel.:0561/96994-0 Fax:9699455

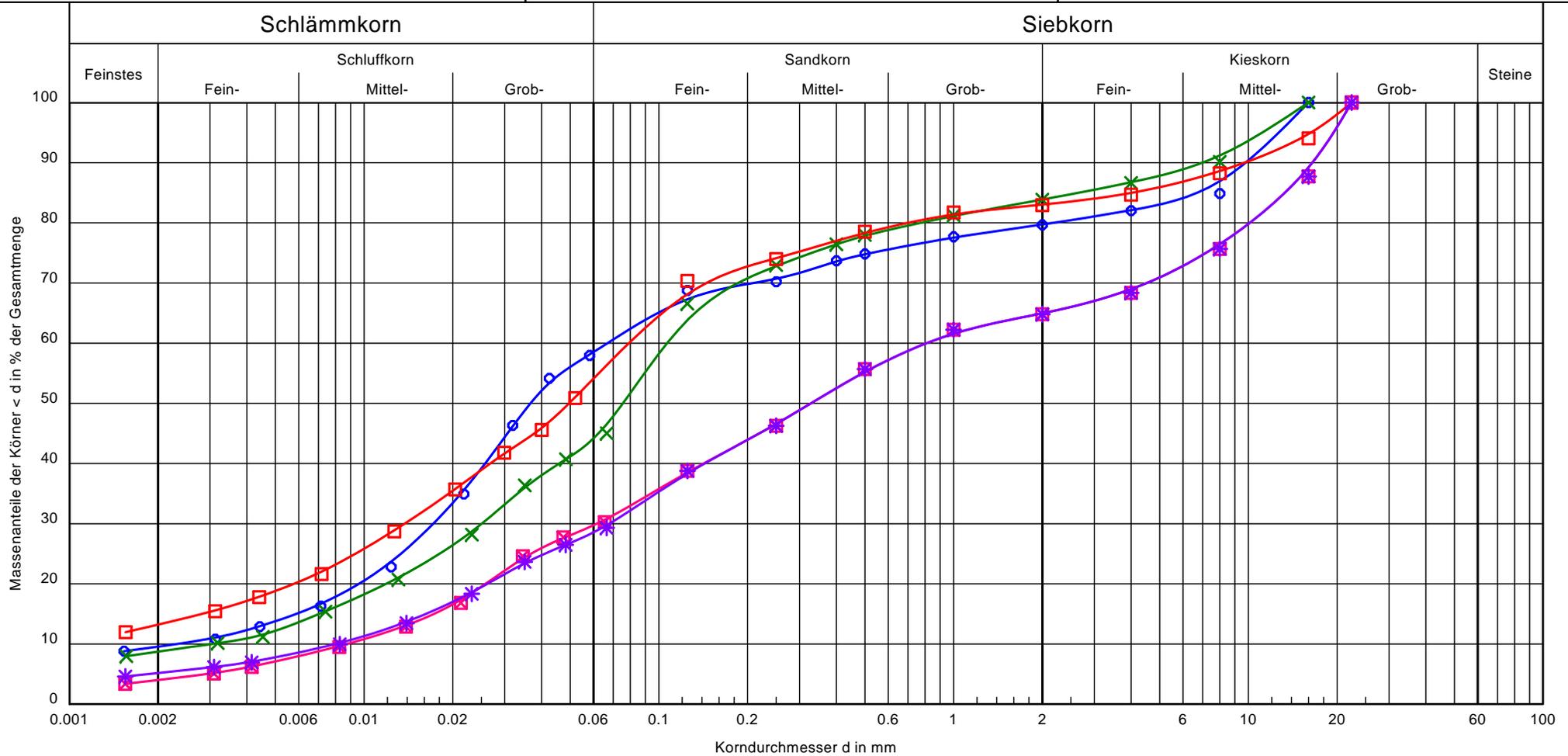
Körnungslinie

HRB, Helsa

Prüfungsnummer: 098/19
 Probeneingang: 29.08.2019
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Sieb- und Sedimentationsanalyse

Bearbeiter: Sa./Ge.

Datum: 15.10.2019



Signatur:					
Bezeichnung:	2/2	2/3	3/1-3/3	5/2	6/2
Bodenart:	U, s, g, t'	S, u, g, t'	U, s, g, t'	G, s, u	S, g, u, t'
Tiefe (m):	1,5 - 2,8	2,8 - 4,0	0,45 - 5,0	1,0 - 2,1	2,7 - 4,5
U/Cc:	29.0/1.9	35.2/1.9	-/-	92.8/0.5	101.6/0.7
Entnahmestelle:	BS 2	BS 2	BS 3	BS 5	BS 6
Anteile:	9.6/49.6/20.5/20.3	8.7/36.5/38.6/16.1	13.2/41.9/27.9/17.0	4.0/26.2/34.7/35.0	5.2/23.9/35.9/35.0
Homogenbereich	2.4 Hanglehm	2.4 Hanglehm	2.3/2.4 Hanglehm/-schutt	2.3 Hangschutt	2.3 Hangschutt

Bemerkungen:

Bericht:
 098/19 G02
 Anlage:
 5.2.1

Das Baugrund Institut
 Dipl.-Ing. Knierim GmbH
 Wolfhager Straße 427, 34128 Kassel
 Tel.:0561/96994-0 Fax:9699455

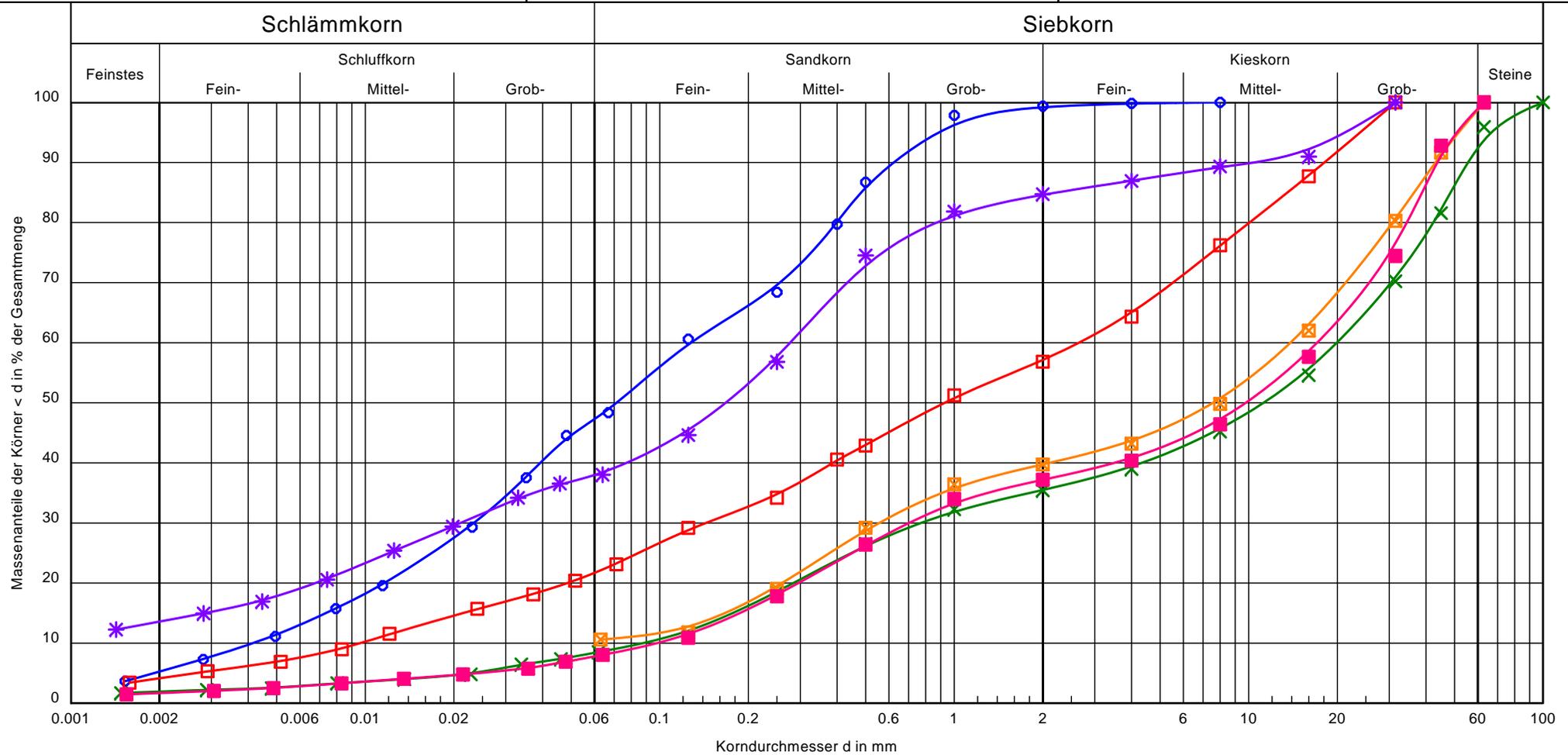
Körnungslinie

HRB, Helsa

Prüfungsnummer: 098/19
 Probeneingang: 21.08.2019
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Sieb- und Sedimentationsanalyse

Bearbeiter: Sa./Ge.

Datum: 03.09.2019



Signatur:						
Bezeichnung:	1/1	1/2	2/1	2/2	GP1	GP 2
Bodenart:	S, U, t'	G, s, x', u'	G, s, u	G, s, u'	S, u, g, t'	G, s, u'
Tiefe (m):					0,15 - 0,90	2,00 - 4,00
U/Cc:	30.8/1.0	227.2/0.3	276.0/0.8	-/-	-/-	175.0/0.3
Entnahmestelle:	B1	B1	B2-2	B2-2	B3-2	B3.2
Anteile:	5.3/42.8/51.2/0.8	1.9/6.6/26.9/56.9	4.2/18.0/35.0/42.8	-/10.6/29.1/59.0	13.6/24.7/46.3/15.4	1.7/6.3/29.2/61.8
k-Wert nach Hazen	-	-	-	-	-	-
Homogenbereich	2.1 Auelehm	2.2 Flusskies	2.2 Flusskies	2.2 Flusskies	2.1 Auelehm	2.2 Flusskies

Bemerkungen:

Bericht:
 098/19 G02
 Anlage:
 5.2.2

Das Baugrund Institut
 Dipl.-Ing. Knierim GmbH
 Wolfhager Straße 427, 34128 Kassel
 Tel.:0561/96994-0 Fax:9699455

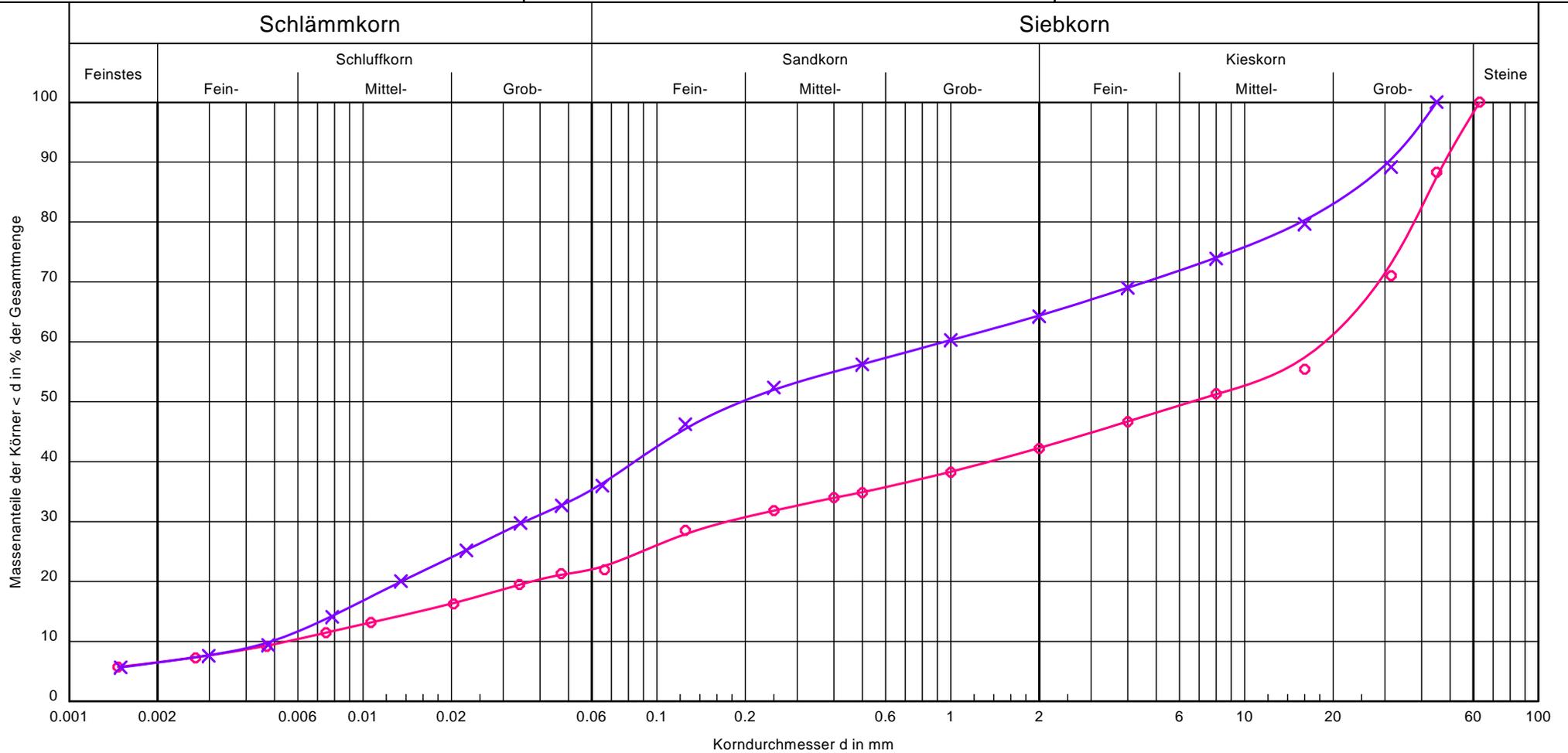
Körnungslinie

HRB, Helsa

Prüfungsnummer: 098/19
 Probeneingang: 21.08.2019
 Art der Entnahme: gestört
 Arbeitsweise: Sieb- und Sedimentationsanalyse

Bearbeiter: Sa./Ge.

Datum: 03.09.2019



Signatur:	
Bezeichnung:	1/3 GP 3
Bodenart:	G, s, u, t' G, u, s, t'
Tiefe (m):	4,10 - 4,40
U/Cc:	3407.6/0.3 196.1/0.3
Entnahmestelle:	B1 B3.2
Anteile:	6.5/15.8/20.0/56.0 6.5/29.4/28.5/35.6
Homogenbereich	3.1 Verwitterungszone BSST 3.1 Verwitterungszone BSST

Bemerkungen:

Bericht:
 098/19 G02
 Anlage:
 5.2.3

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

HRB

Helsa

Bearbeiter: Ke.

Datum: 06.09.2019

Probe-Nr.: 2/2

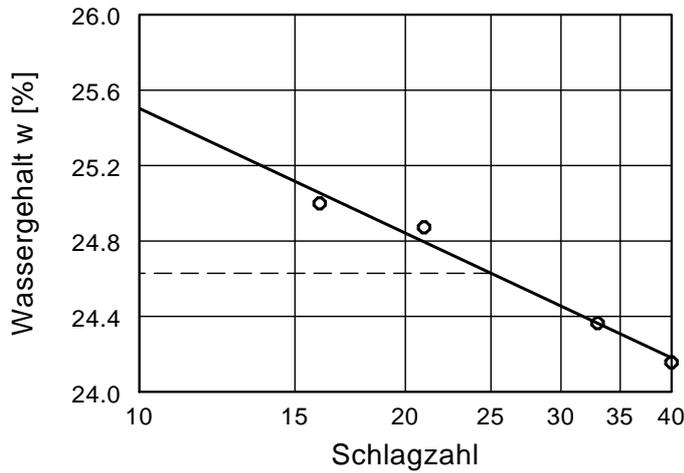
Entnahmestelle: BS 2

Tiefe: 1,50 - 2,80m

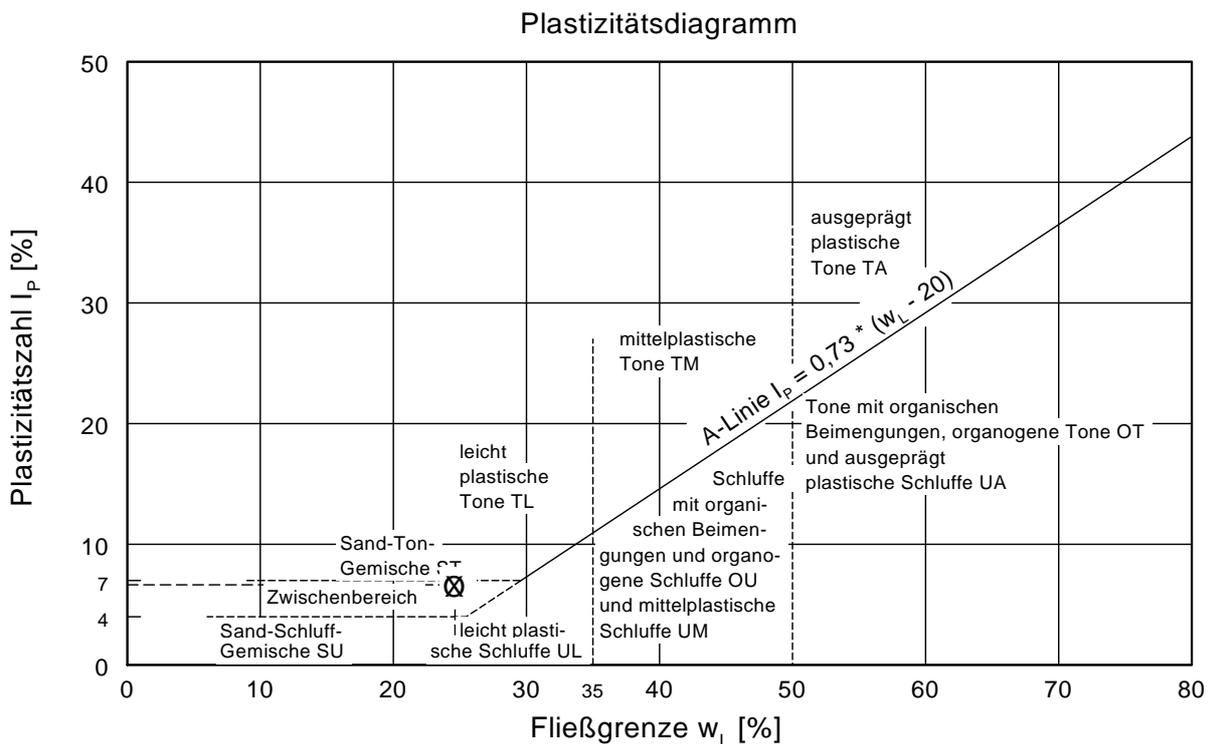
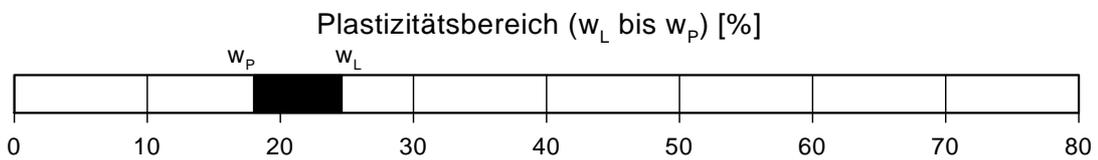
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: U, s, g, t'

Probe entnommen am: 29.08.2019



Wassergehalt $w = 15.4 \%$
 Fließgrenze $w_L = 24.6 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 18.0 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 6.6 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.89$
 Anteil Überkorn $\ddot{u} = 26.3 \%$
 Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}} = 6.0 \%$
 Korr. Wassergehalt = 18.7%



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

HRB

Helsa

Bearbeiter: Ke.

Datum: 05.09.2019

Probe-Nr.: 2/3

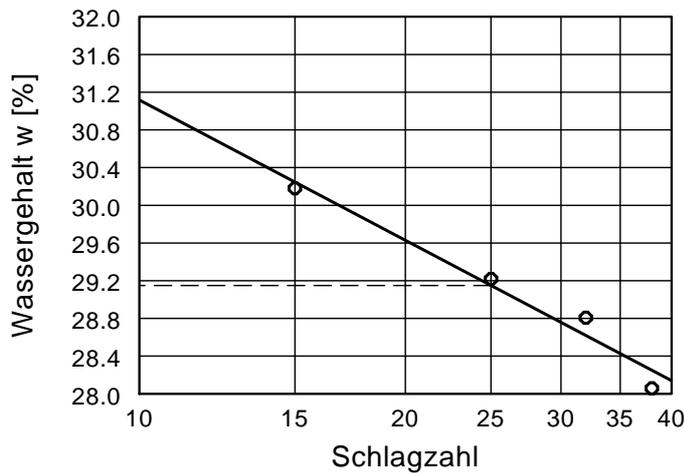
Entnahmestelle: BS 2

Tiefe: 2,8 - 4,0

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: S, \bar{u} , g, t'

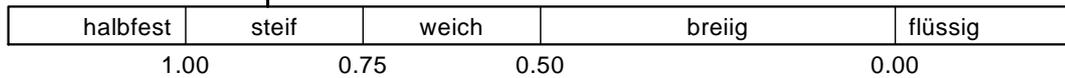
Probe entnommen am: 29.08.2019



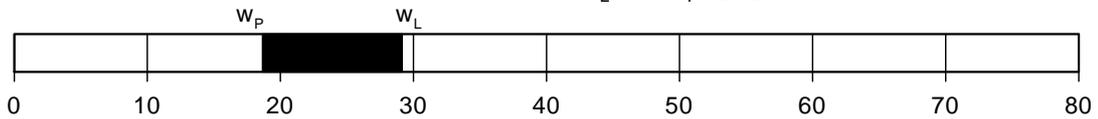
Wassergehalt $w = 16.6 \%$
 Fließgrenze $w_L = 29.1 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 18.7 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 10.4 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.88$
 Anteil Überkorn $\bar{u} = 23.6 \%$
 Wassergeh. Überk. $w_{\bar{u}} = 6.0 \%$
 Korr. Wassergehalt = 19.9%

$I_C = 0.88$

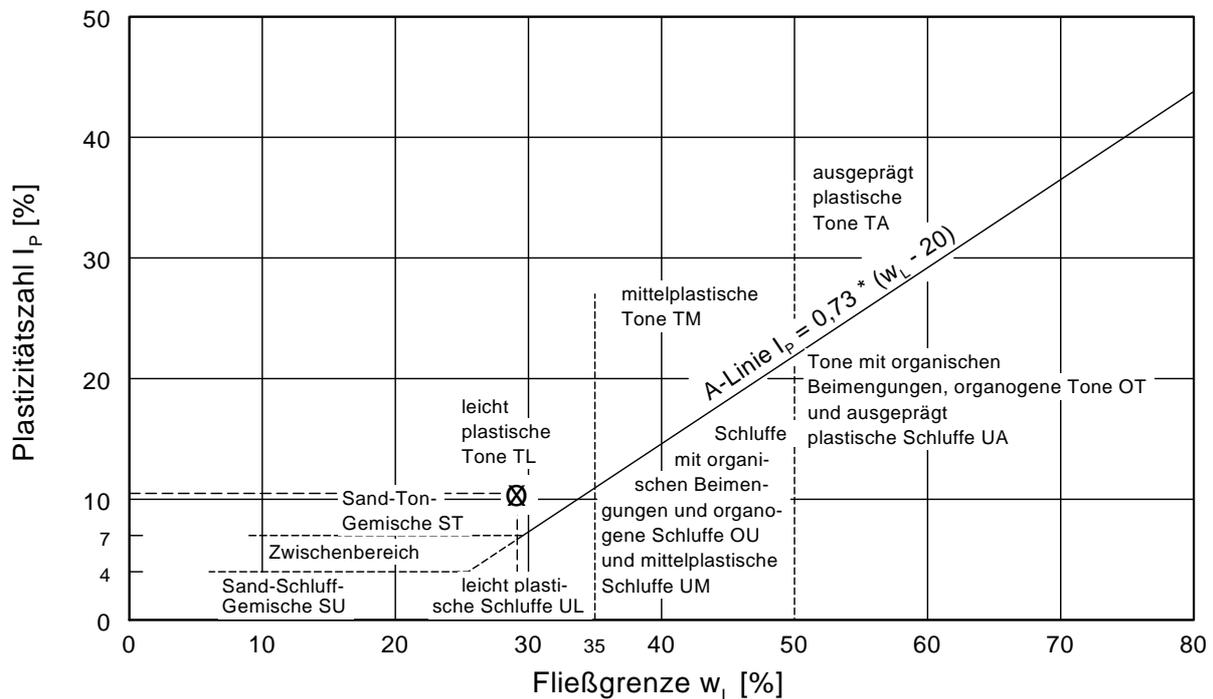
Zustandsform



Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

HRB, Helsa

Bearbeiter: Sa.

Datum: 02.09.2019

Probe-Nr.: 1/1

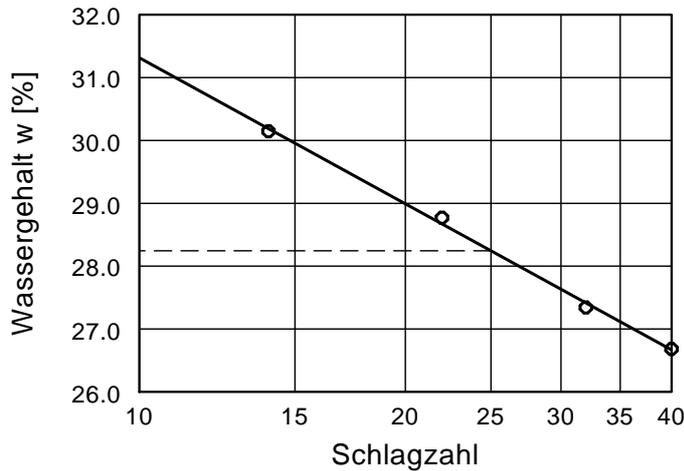
Entnahmestelle: B 1

Tiefe: 0,20-0,50

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: S/U, t'

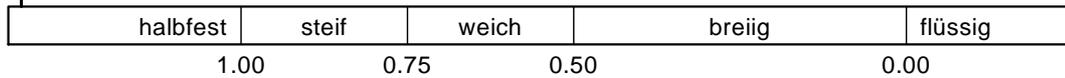
Probe entnommen am: 21.08.2019



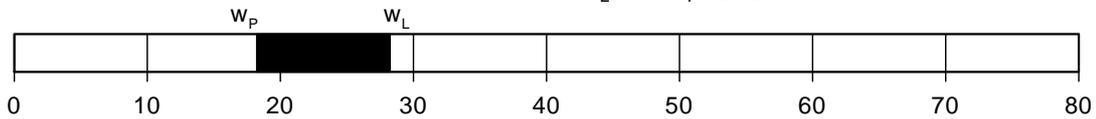
Wassergehalt w =	11.9 %
Fließgrenze w_L =	28.2 %
Ausrollgrenze w_p =	18.2 %
Plastizitätszahl I_p =	10.0 %
Konsistenzzahl I_c =	1.33
Anteil Überkorn \ddot{u} =	20.0 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}}$ =	0.0 %
Korr. Wassergehalt =	14.9 %

$I_c = 1.33$

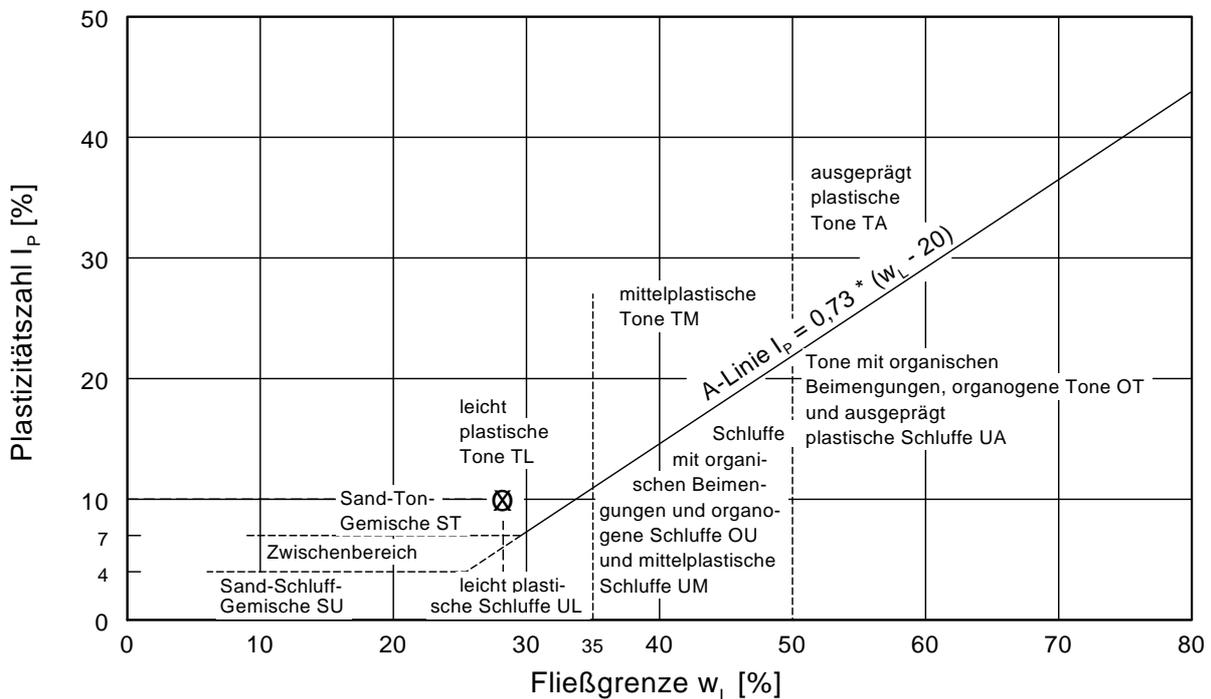
Zustandsform



Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]



Plastizitätsdiagramm



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

HRB, Helsa

Bearbeiter: Sa.

Datum: 02.09.2019

Probe-Nr.: 1/3

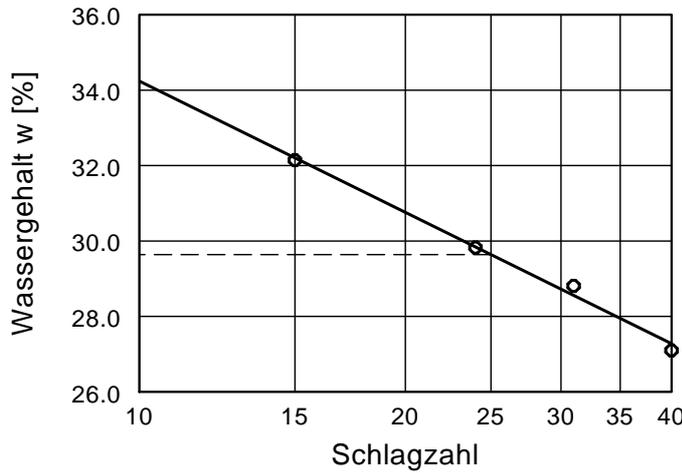
Entnahmestelle: B 1

Tiefe: 5,50-6,00

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: G, s, u, t'

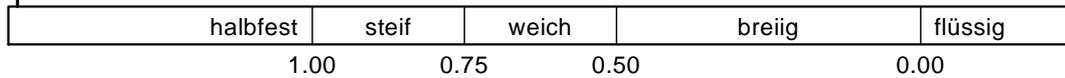
Probe entnommen am: 21.08.2019



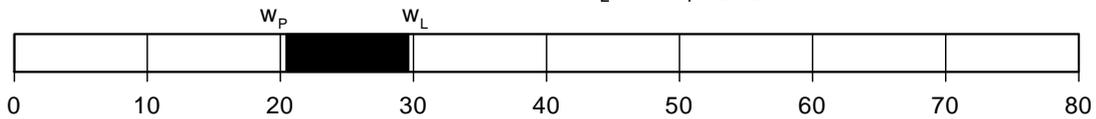
Wassergehalt $w = 7.4 \%$
 Fließgrenze $w_L = 29.6 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 20.4 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 9.2 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.48$
 Anteil Überkorn $\ddot{u} = 66.0 \%$
 Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}} = 3.0 \%$
 Korr. Wassergehalt = 16.0%

$I_c = 1.48$

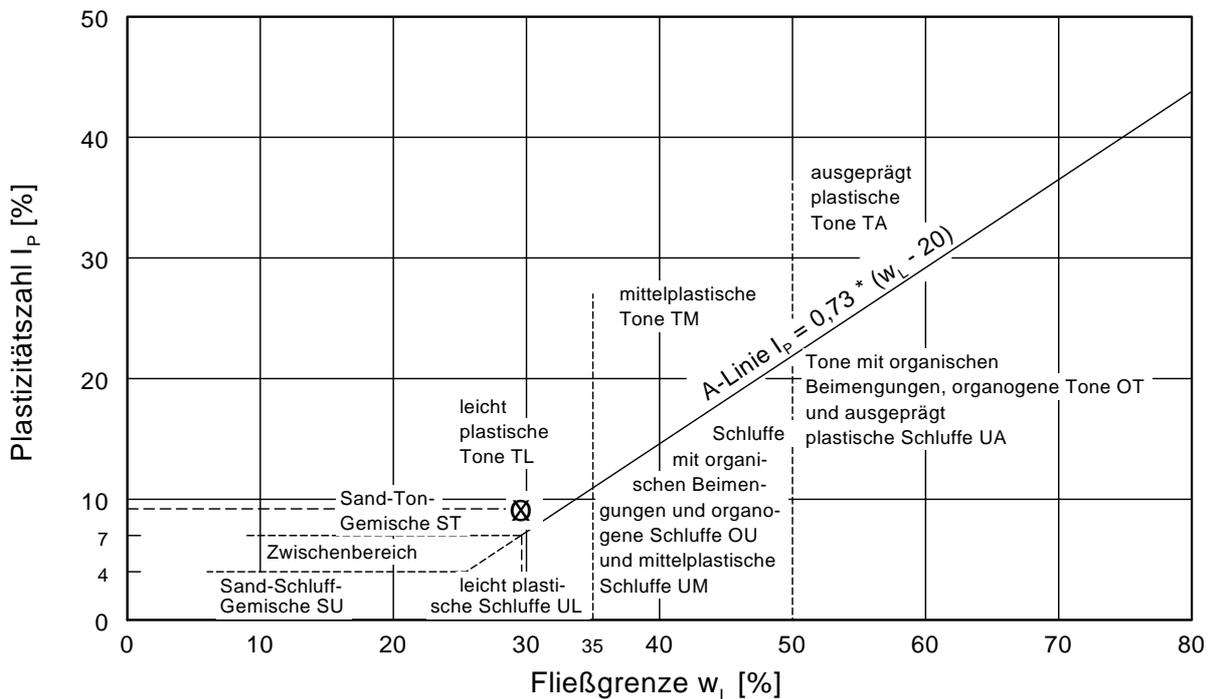
Zustandsform



Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]



Plastizitätsdiagramm



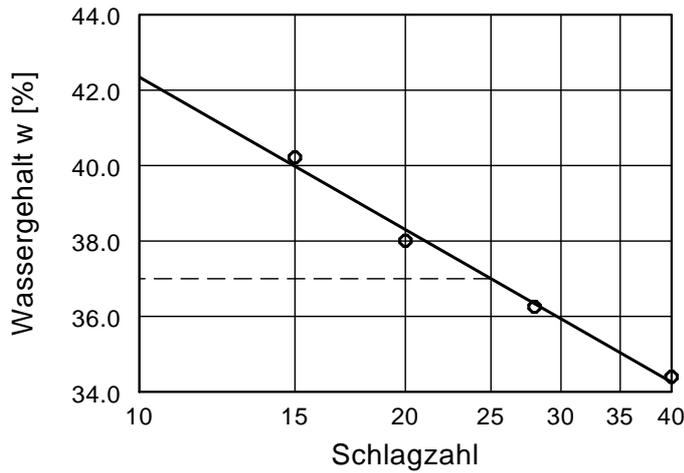
Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

HRB, Helsa

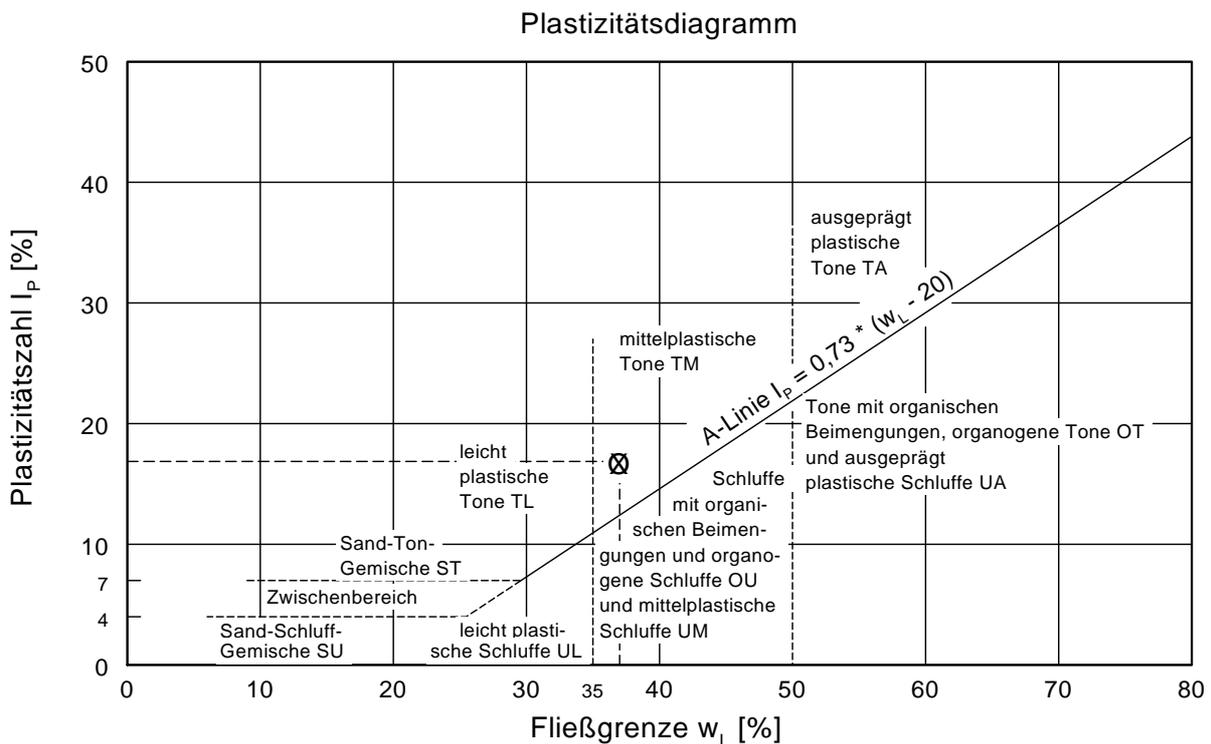
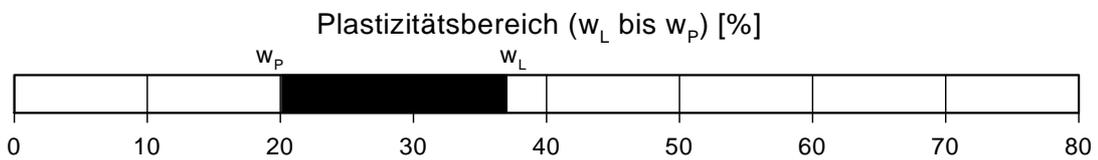
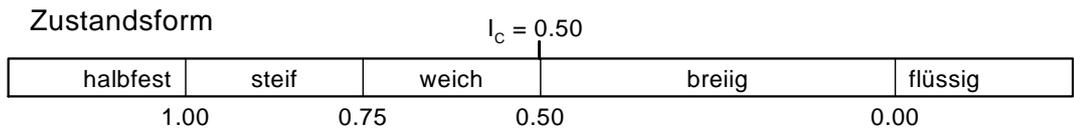
Bearbeiter: Sa.

Datum: 22.08.2019

Probe-Nr.: GP1
 Entnahmestelle: B 3-2
 Tiefe: 0,15 - 0,90
 Art der Entnahme: gestört
 Bodenart: S, u, g, t'
 Probe entnommen am: 19.08.2019



Wassergehalt $w = 22.8 \%$
 Fließgrenze $w_L = 37.0 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 20.1 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 16.9 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.50$
 Anteil Überkorn $\ddot{u} = 31.0 \%$
 Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}} = 10.0 \%$
 Korr. Wassergehalt = 28.5%



Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

HRB, Helsa

Bearbeiter: Sa.

Datum: 22.08.2019

Probe-Nr.: GP3

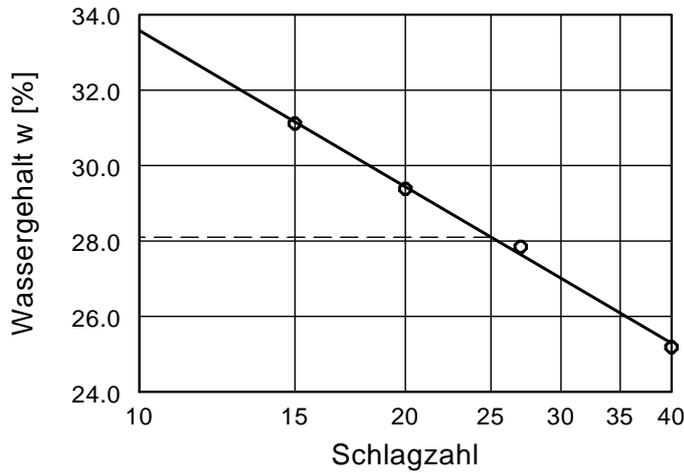
Entnahmestelle: B 3-2

Tiefe: 4,10-4,40

Art der Entnahme: gestört

Bodenart: G, u, s, t'

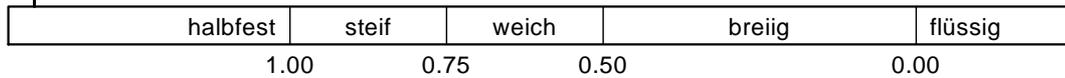
Probe entnommen am: 19.08.2019



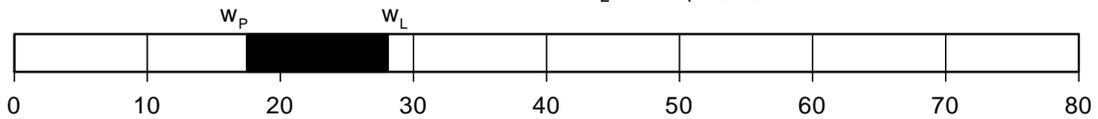
Wassergehalt $w = 9.5 \%$
 Fließgrenze $w_L = 28.1 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 17.5 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 10.6 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.41$
 Anteil Überkorn $\ddot{u} = 45.0 \%$
 Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}} = 5.0 \%$
 Korr. Wassergehalt = 13.1%

$I_c = 1.41$

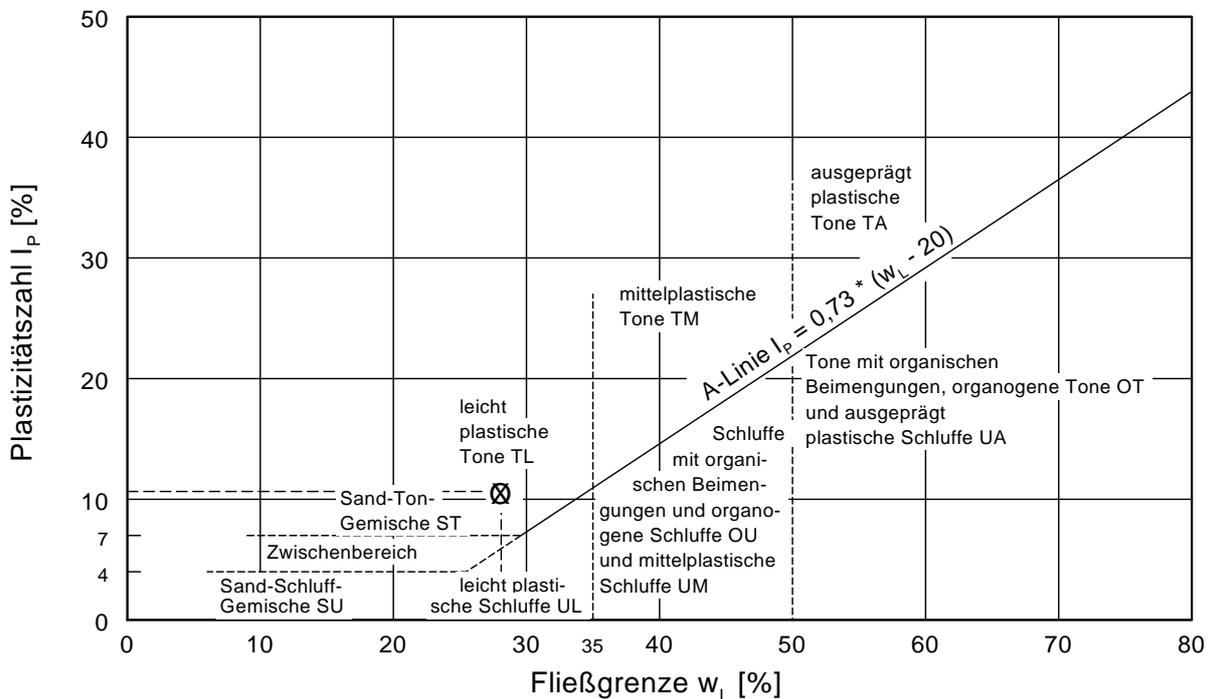
Zustandsform



Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]



Plastizitätsdiagramm



Laboratorien Dr. Döring Haferwende 21 28357 Bremen

Das Baugrund Institut
Dipl.-Ing. Knierim GmbH
Wolfhager Straße 427

34128 KASSEL

23. November 2020

PRÜFBERICHT 171120058

Auftragsnr. Auftraggeber: 098/19
Projektbezeichnung: HRB Helsa
Probenahme: durch Auftraggeber am 13.11.2020
Probentransport: durch Laboratorien Dr. Döring GmbH am 13.11.2020
Probeneingang: 14.11.2020
Prüfzeitraum: 17.11.2020 – 23.11.2020
Probennummer: 180984 / 20
Probenmaterial: Wasser
Verpackung: Braunglas (1 L), Schliffglas (0,25 L)
Bemerkungen: -
Sonstiges: Der Messfehler dieser Prüfungen befindet sich im üblichen Rahmen. Näheres teilen wir Ihnen auf Anfrage gerne mit. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die angegebenen Prüfgegenstände. Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Prüfberichts bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die Laboratorien Dr. Döring GmbH.

Analysenbefunde: Seite 2

Messverfahren:

Sulfat	DIN EN ISO 10304-2 (D20): 1996-11
Magnesium	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
kalklös. Kohlensäure	DIN 38404-C10: 2012-12
Ammonium	DIN 38406-E5-1: 1983-10
pH-Wert (W,E)	DIN 38404-C5: 2009-07

Qualitätskontrolle:

M. Sc. Farzin Mostaghimi
(Projektleiter)

Dr. Joachim Döring
(Geschäftsführer)

Auftragsnr. Auftraggeber: 098/19
Projektbezeichnung: HRB Helsa

Labornummer	180984	Angriffsgrad		
Probenbezeichnung	WP GWM 2.2	Angriffsgrad		
Entnahmetiefe	-	Angriffsgrad		
Dimension	[mg/L]	[mg/L]		
pH-Wert bei 20 °C	7,2	6,5 – 5,5	< 5,5 – 4,5	< 4,5
kalklösende Kohlensäure	12	15 – 40	> 40 – 100	> 100
Ammonium	0,19	15 – 30	> 30 – 60	> 60
Sulfat	20	200 – 600	> 600 – 3.000	> 3.000
Magnesium	3,9	300 – 1.000	> 1.000 – 3.000	> 3.000
Angriffsgrad n. DIN 4030	*	XA1 <i>schwach angreifend</i>	XA2 <i>mäßig angreifend</i>	XA3 <i>stark angreifend</i>

* die Analysenwerte liegen jeweils unterhalb der Grenzwerte für den Angriffsgrad: XA1 schwach angreifend



**Hochwasserrückhaltebecken Helsa
Wasserverband Losse**

Anl. Proj.-Nr. 098/19
 Bearbeiter Ha
 Datum 20.09.2019

Messstelle GWM 2.1

GOK	278,85 m NN	Endteufe	4,8 m u. POK
POK	278,76 m NN	GW erschl. H	3,65 m

Untersuchung Pumpversuch mit Wiederanstieg

Datum	20.08.2019			
Förderung	20.08.2019 12:00	bis	20.08.2019 13:00	1,00 h
Wiederanstieg	20.08.2019 13:00	bis	20.08.2019 13:10	0,17 h
gesamt	20.08.2019 12:00	bis	20.08.2019 13:10	1,17 h

Wasserspiegel

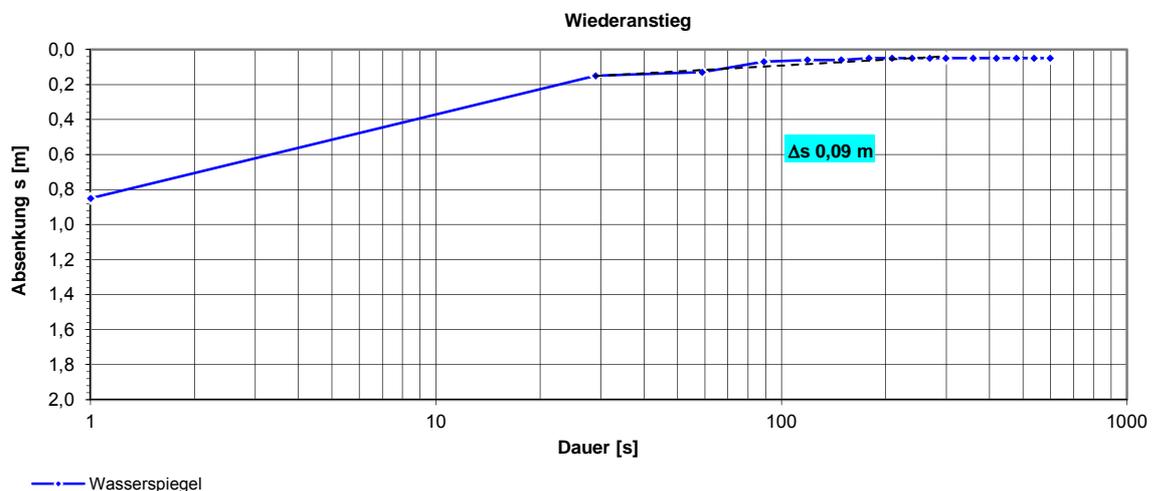
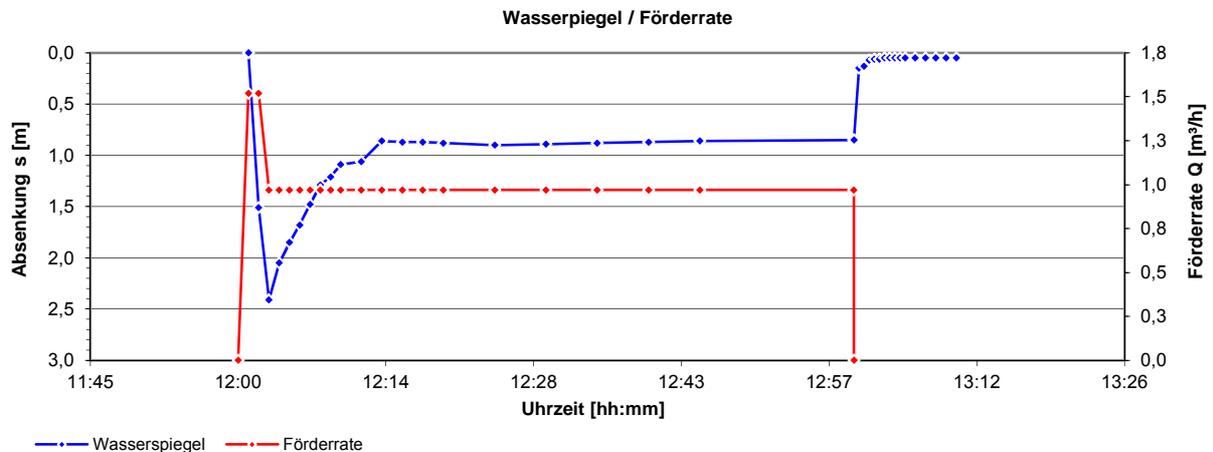
Datengrundlage n	36		
RWS	1,15 m u. POK	277,61 m NN	
s_{max} / WSP_{min}	2,41 m	275,20 m NN	(Ende PV)
$s / WSP_{Ende WA}$	0,05 m	277,56 m NN	

Förderraten

Q_1	1,52 m ³ /h
Q_2	0,97 m ³ /h
Q_3	xx m ³ /h

Auswertung / Transmissivität und T/H-Wert (Jacob & Cooper)

T	5,48E-04 m ² /s	Q	2,69E-04 m ³ /s
T/H ($\approx k_f$)	1,50E-04 m/s	Δs	0,09 m





**Hochwasserrückhaltebecken Helsa
 Wasserverband Losse**

Anl. Proj.-Nr. 098/19
 Bearbeiter Ha
 Datum 20.09.2019

Messstelle GWM 2.2

GOK	278,81 m NN	Endteufe	15 m u. POK
POK	278,71 m NN	GW erschl. H	14,12 m

Untersuchung Pumpversuch mit Wiederanstieg

Datum	20.08.2019		
Förderung	20.08.2019 12:00	bis	20.08.2019 13:10 1,17 h
Wiederanstieg	20.08.2019 13:00	bis	20.08.2019 14:10 1,17 h
gesamt	20.08.2019 12:00	bis	20.08.2019 14:10 2,17 h

Wasserpiegel

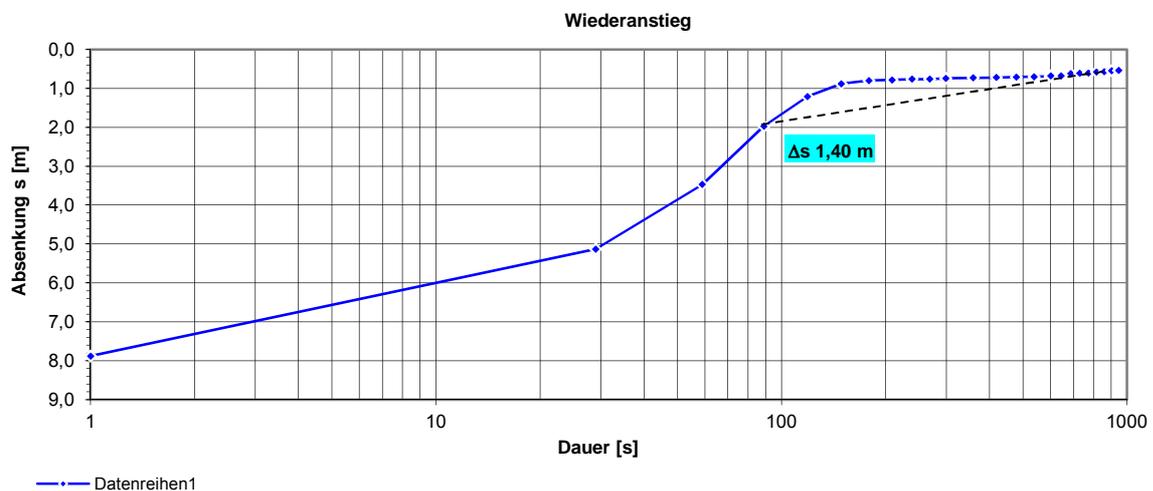
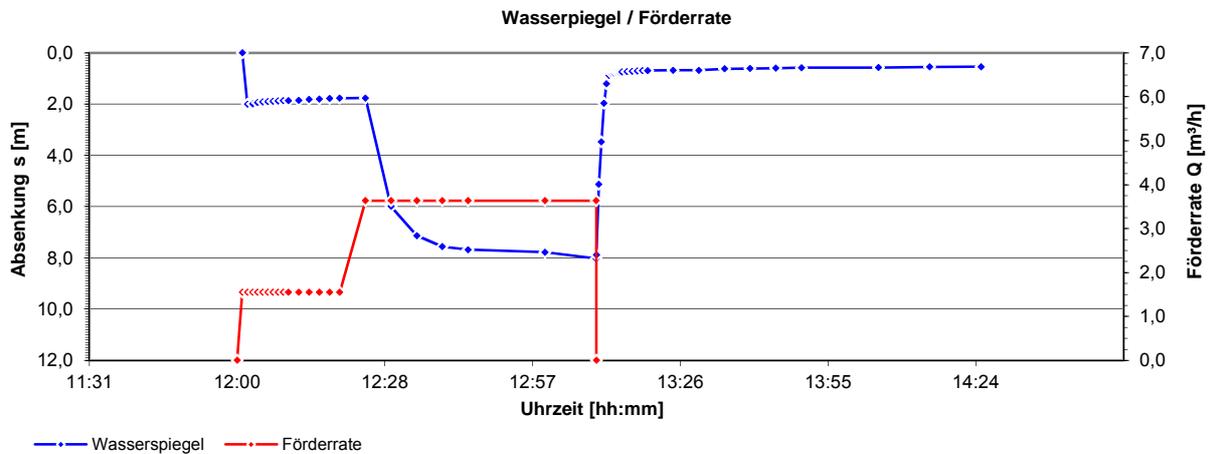
Datengrundlage n	46		
RWS	0,88 m u. POK	277,83 m NN	
s_{max} / WSP_{min}	7,88 m	269,95 m NN	(Ende PV)
$s / WSP_{Ende WA}$	0,54 m	277,29 m NN	

Förderraten

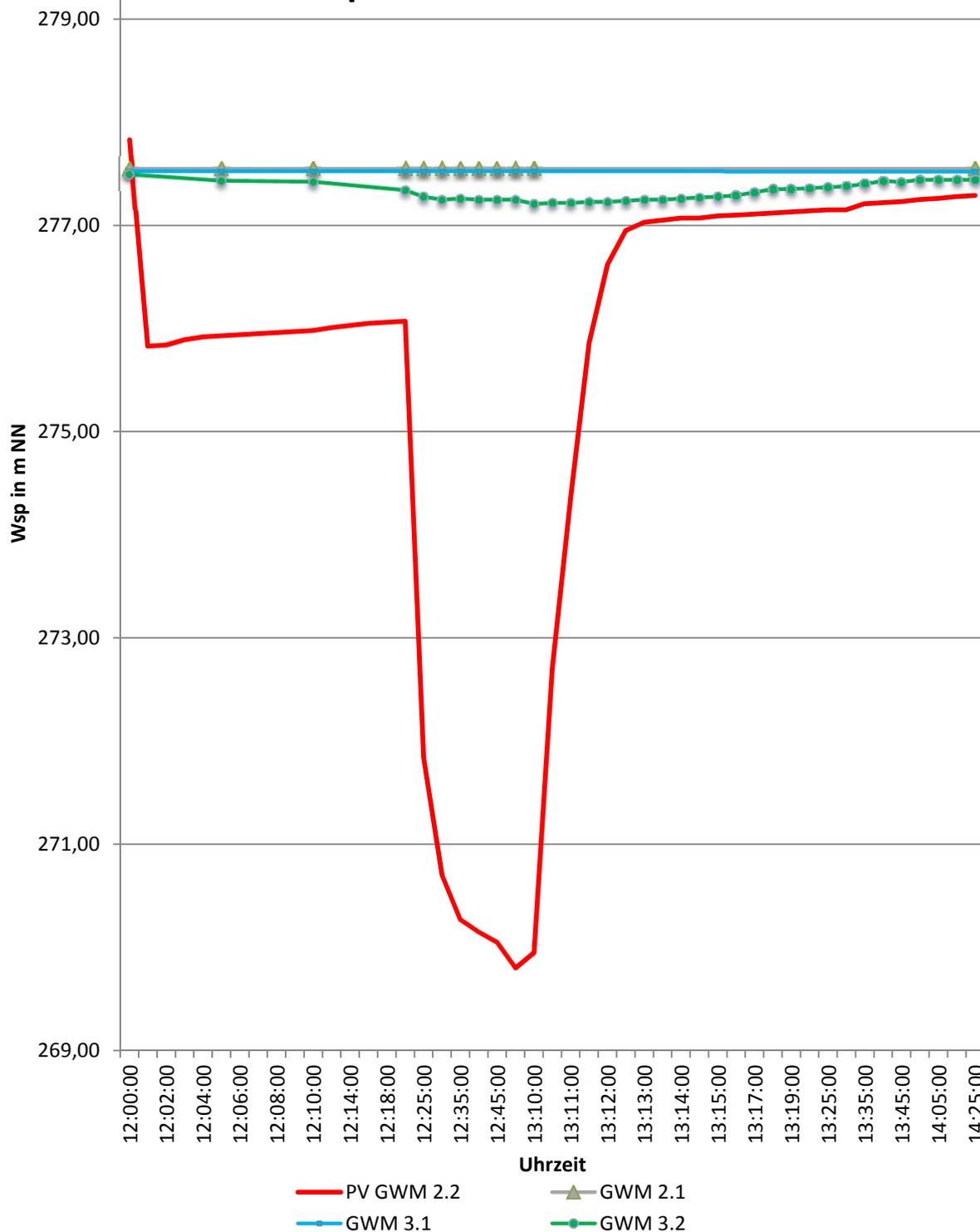
Q_1	1,55 m³/h
Q_2	3,64 m³/h
Q_3	xx m³/h

Auswertung / Transmissivität und T/H-Wert (Jacob & Cooper)

T	1,32E-04 m²/s	Q	1,01E-03 m³/s
T/H ($\approx k_f$)	9,36E-06 m/s	Δs	1,40 m



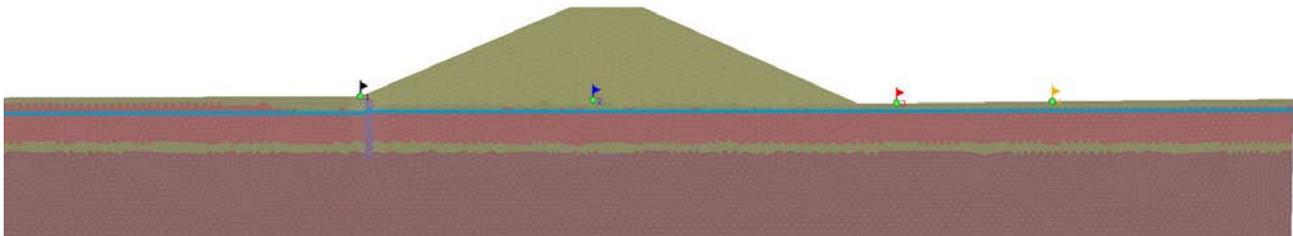
GW-Standsmessungen während des Pumpversuch an GWM 2.2



HYDRAULISCHES MODELL

Projekt: 098/19
HRB Helsa

Modell:



GW-Modellschnitt (Variante V1a) mit Kontrollpunkten

Punkt 1 Dammfuss Wasserseite (schwarz)

Punkt 2 Dammbereich (blau)

Punkt 3 Dammfuss Luftseite (rot)

Punkt 4 Abstrom Damm (orange)



Wassereinstau HRB Helsa bis 289,80 mNHN, ca. 10 m über GOK

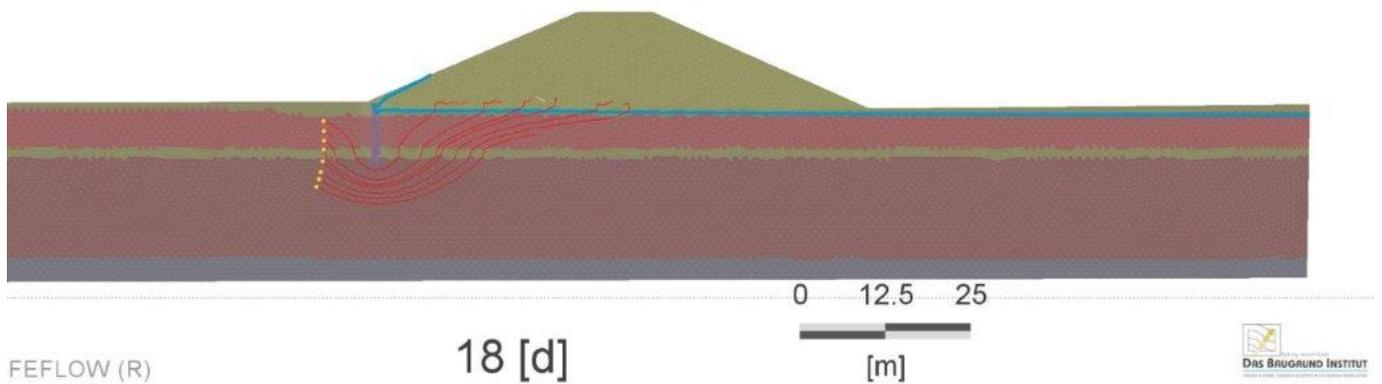
HYDRAULISCHES MODELL

Projekt: 098/19
HRB Helsa

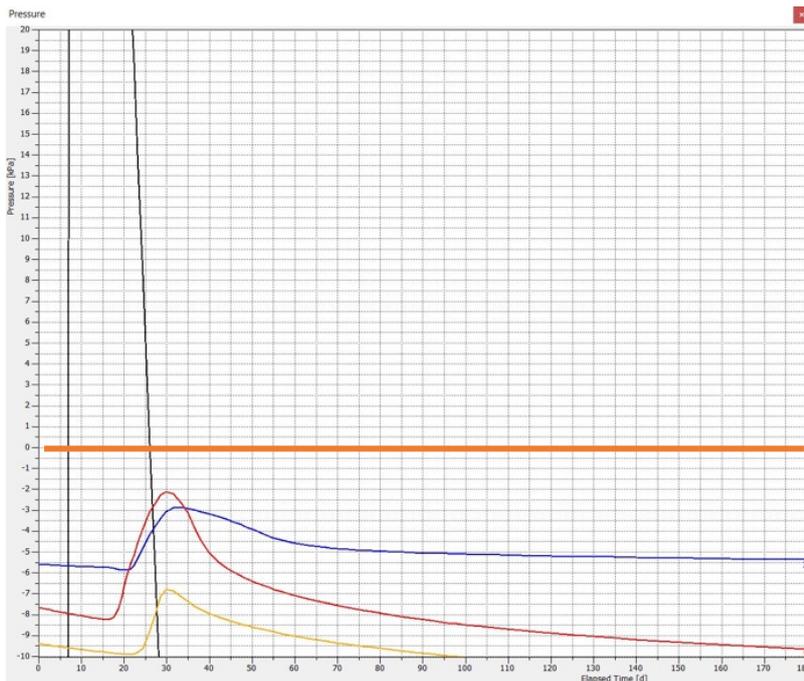
Variante 1a:

einheitlichen Dammkörper, $k_f = 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$

Dichtwirkung der Verwitterungszone $k_f = 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$



Strömungsmodell nach 18 Tagen

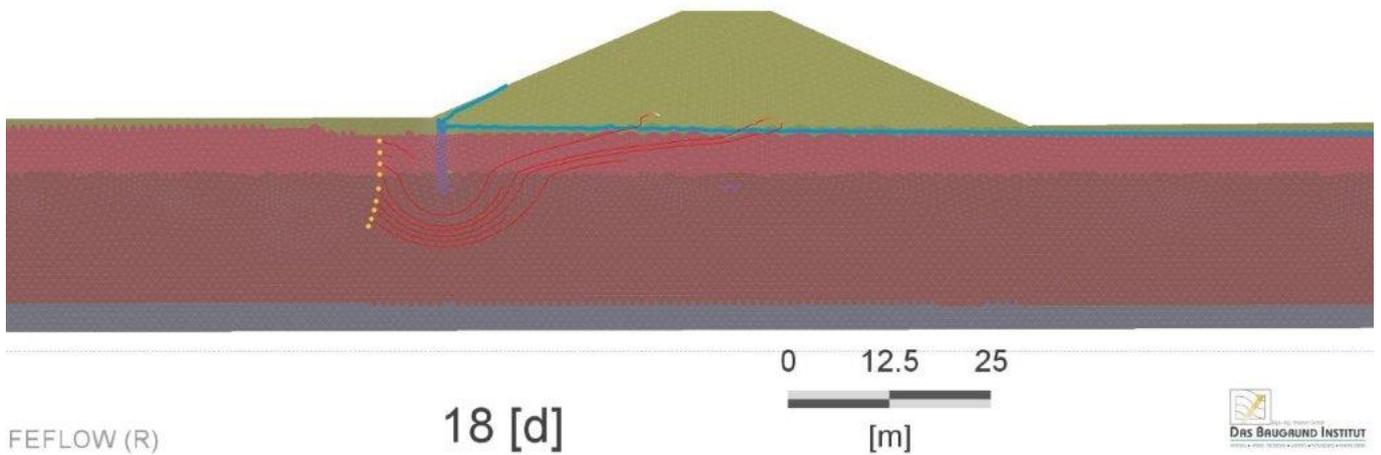


Verlauf der Drucklinie

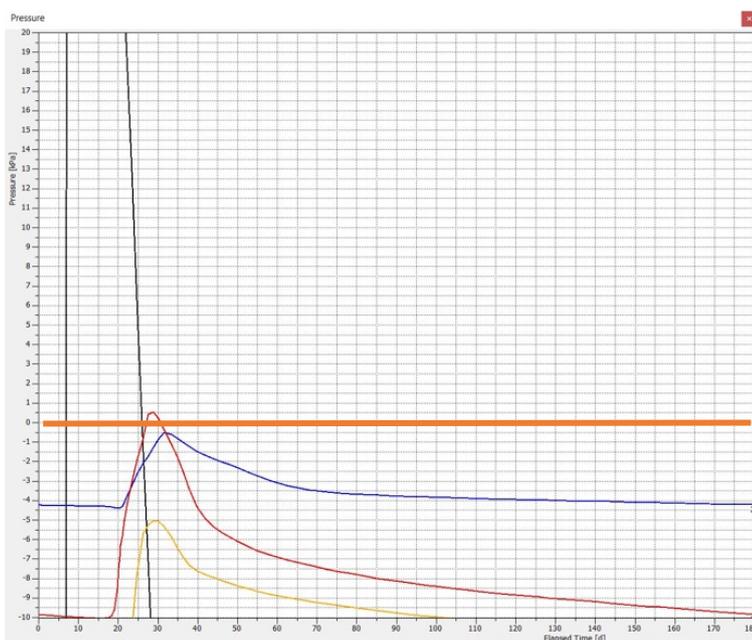
HYDRAULISCHES MODELL

Projekt: 098/19
HRB Helsa

Variante 1b:
einheitlichen Dammkörper, $k_f = 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$
keine Dichtwirkung der Verwitterungszone $k_f = 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$



Strömungsmodell nach 18 Tagen



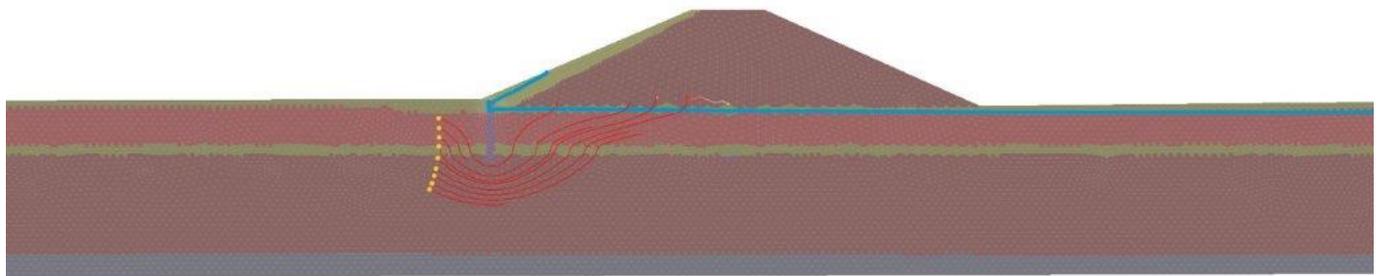
Verlauf der Drucklinie

HYDRAULISCHES MODELL

Projekt: 098/19
HRB Helsa

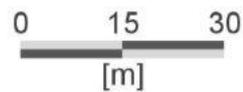
Variante 2a:

Zonendamm, wasserseitige Dichtung $k_f = 1 \times 10^{-7}$ m/s, Stützkörper $k_f = 1 \times 10^{-5}$ m/s
Dichtwirkung der Verwitterungszone $k_f = 1 \times 10^{-6}$ m/s

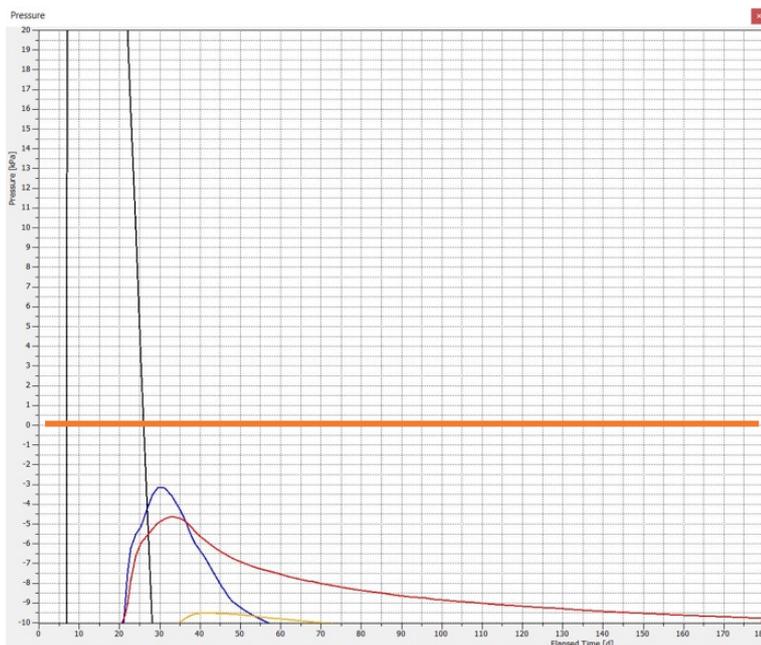


FEFLOW (R)

18 [d]



Strömungsmodell nach 18 Tagen



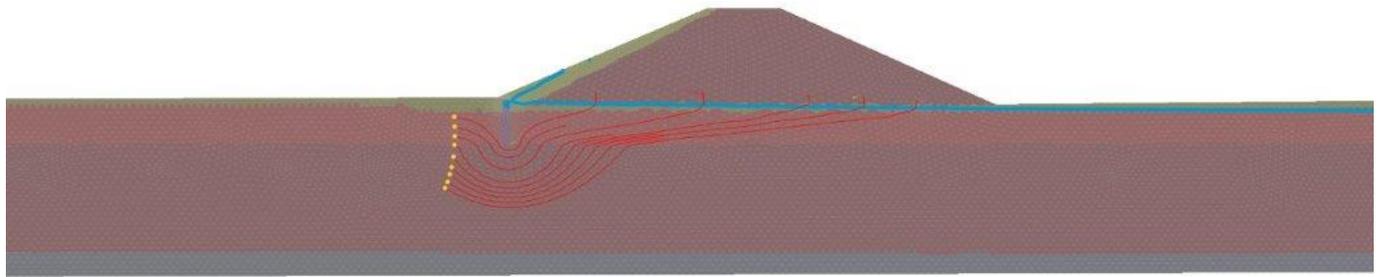
Verlauf der Drucklinie

HYDRAULISCHES MODELL

Projekt: 098/19
HRB Helsa

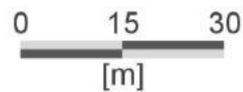
Variante 2b:

Zonendamm, wasserseitige Dichtung $k_f = 1 \times 10^{-7}$ m/s, Stützkörper $k_f = 1 \times 10^{-5}$ m/s
Keine Dichtwirkung der Verwitterungszone $k_f = 1 \times 10^{-5}$ m/s

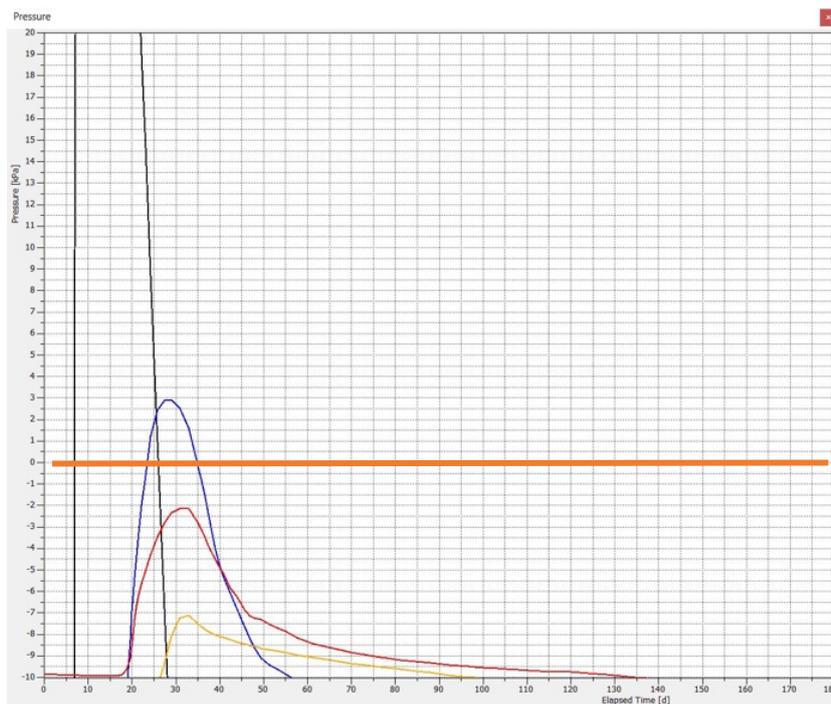


FEFLOW (R)

18 [d]



Strömungsmodell nach 18 Tagen

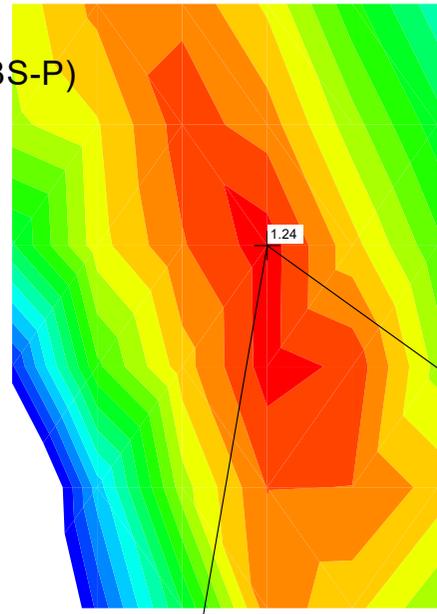
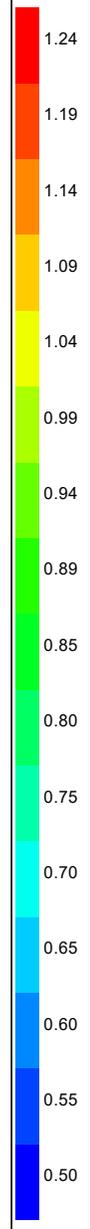


Verlauf der Drucklinie

Querprofil 0+480 IST-Zustand (BS-P)

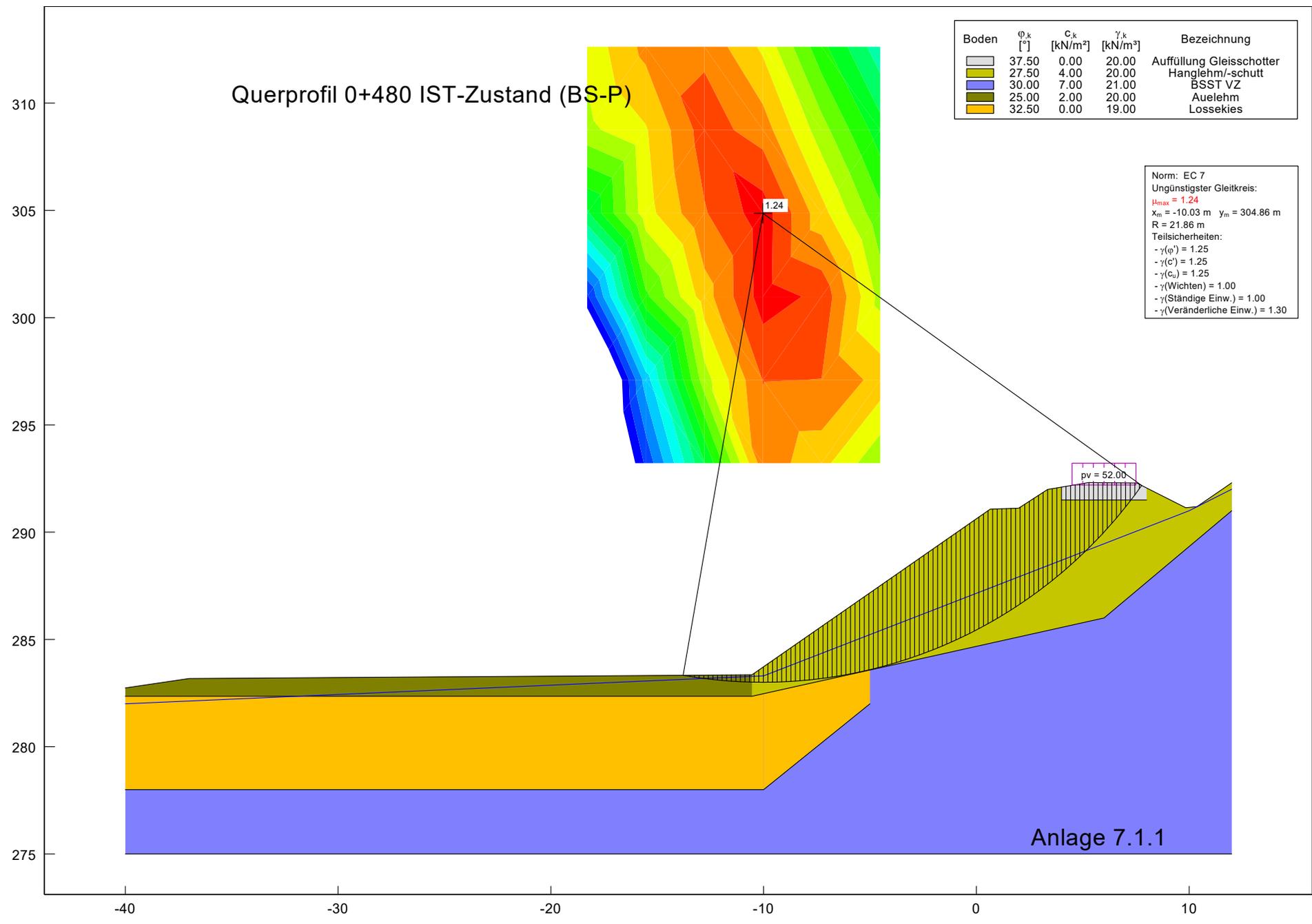
Boden	φ_k [°]	C_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
[White]	37.50	0.00	20.00	Auffüllung Gleisschotter
[Light Green]	27.50	4.00	20.00	Hanglehm/-schutt
[Blue]	30.00	7.00	21.00	BSST VZ
[Dark Green]	25.00	2.00	20.00	Auelehm
[Yellow]	32.50	0.00	19.00	Lossekies

Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 1.24$
 $x_m = -10.03 \text{ m}$ $y_m = 304.86 \text{ m}$
 $R = 21.86 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

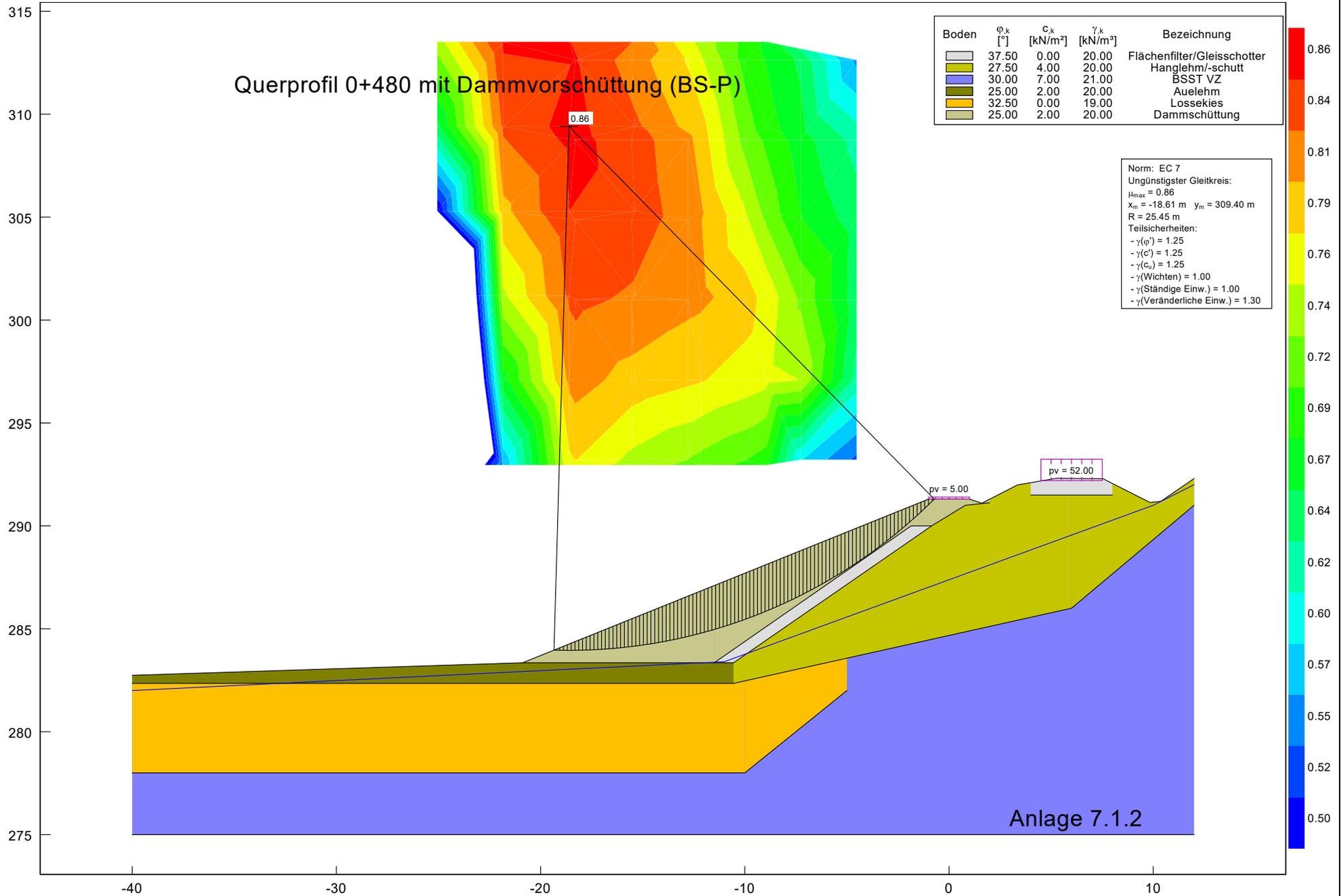


pv = 52.00

Anlage 7.1.1



Querprofil 0+480 mit Dammvorschüttung (BS-P)

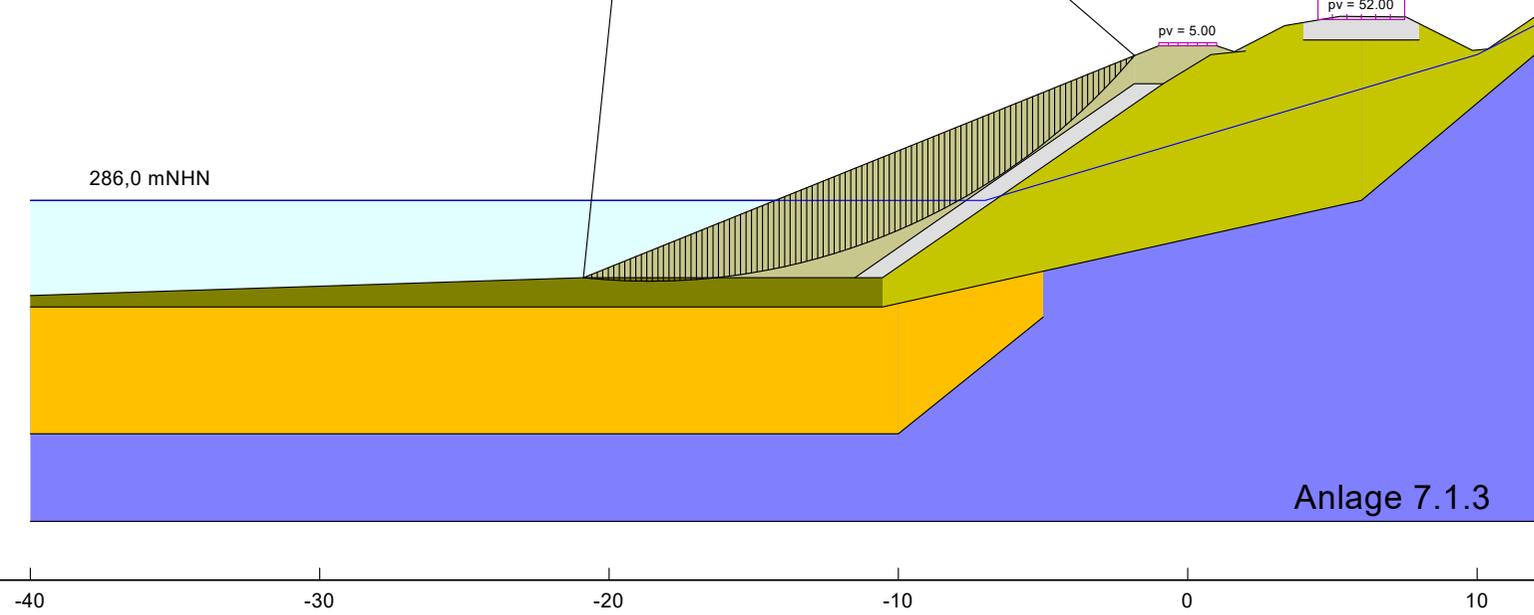
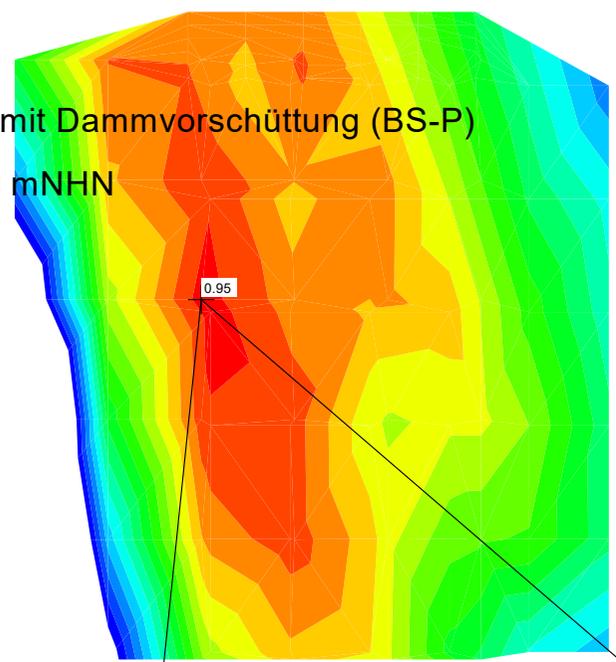
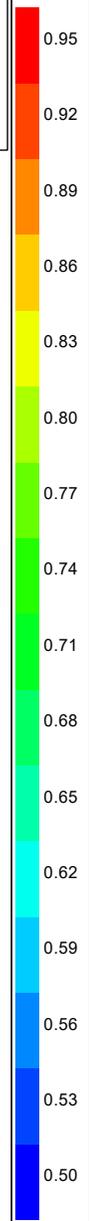


315
310
305
300
295
290
285
280
275

Querprofil 0+480 mit Dammvorschüttung (BS-P)
Teileinstau 286,0 mNHN

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	37.50	0.00	20.00	Flächenfilter/Gleisschotter
	27.50	4.00	20.00	Hanglehm/-schutt
	30.00	7.00	21.00	BSST VZ
	25.00	2.00	20.00	Auelehm
	32.50	0.00	19.00	Lossekies
	25.00	2.00	20.00	Dammvorschüttung

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.95$
 $x_m = -18.61\text{ m}$ $y_m = 305.29\text{ m}$
 $R = 22.06\text{ m}$
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

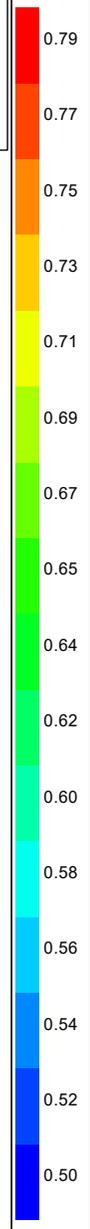


315
310
305
300
295
290
285
280
275

Querprofil 0+480 mit Dammvorschüttung (BS-P)
Vollstau 289,80 mNHN

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	37.50	0.00	20.00	Flächenfilter/Gleisschotter
	27.50	4.00	20.00	Hanglehm/-schutt
	30.00	7.00	21.00	BSST VZ
	25.00	2.00	20.00	Auelehm
	32.50	0.00	19.00	Lossekies
	25.00	2.00	20.00	Dammvorschüttung

Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.79$
 $X_m = -15.09$ m $y_m = 313.34$ m
 $R = 30.93$ m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$



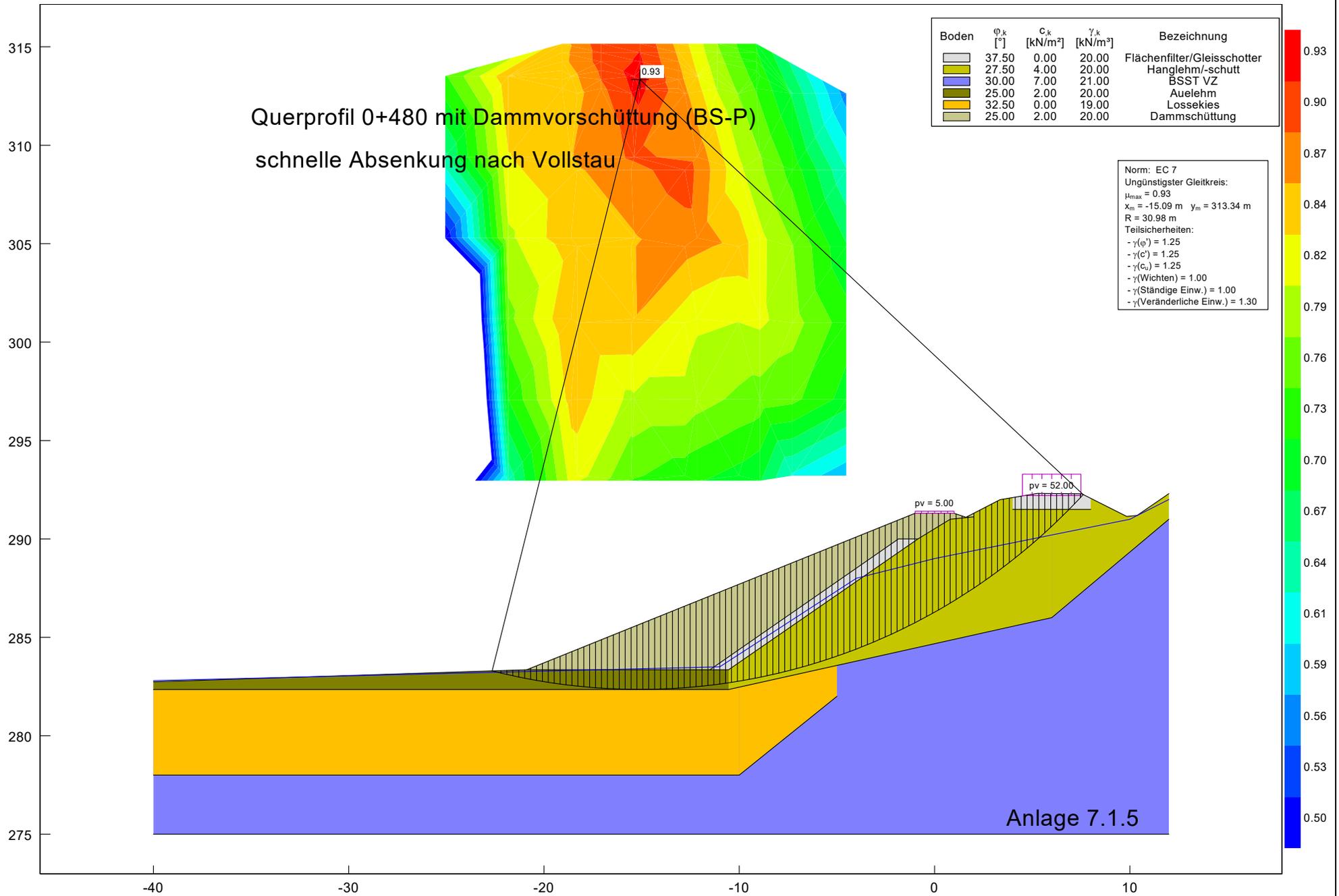
289,80 mNHN

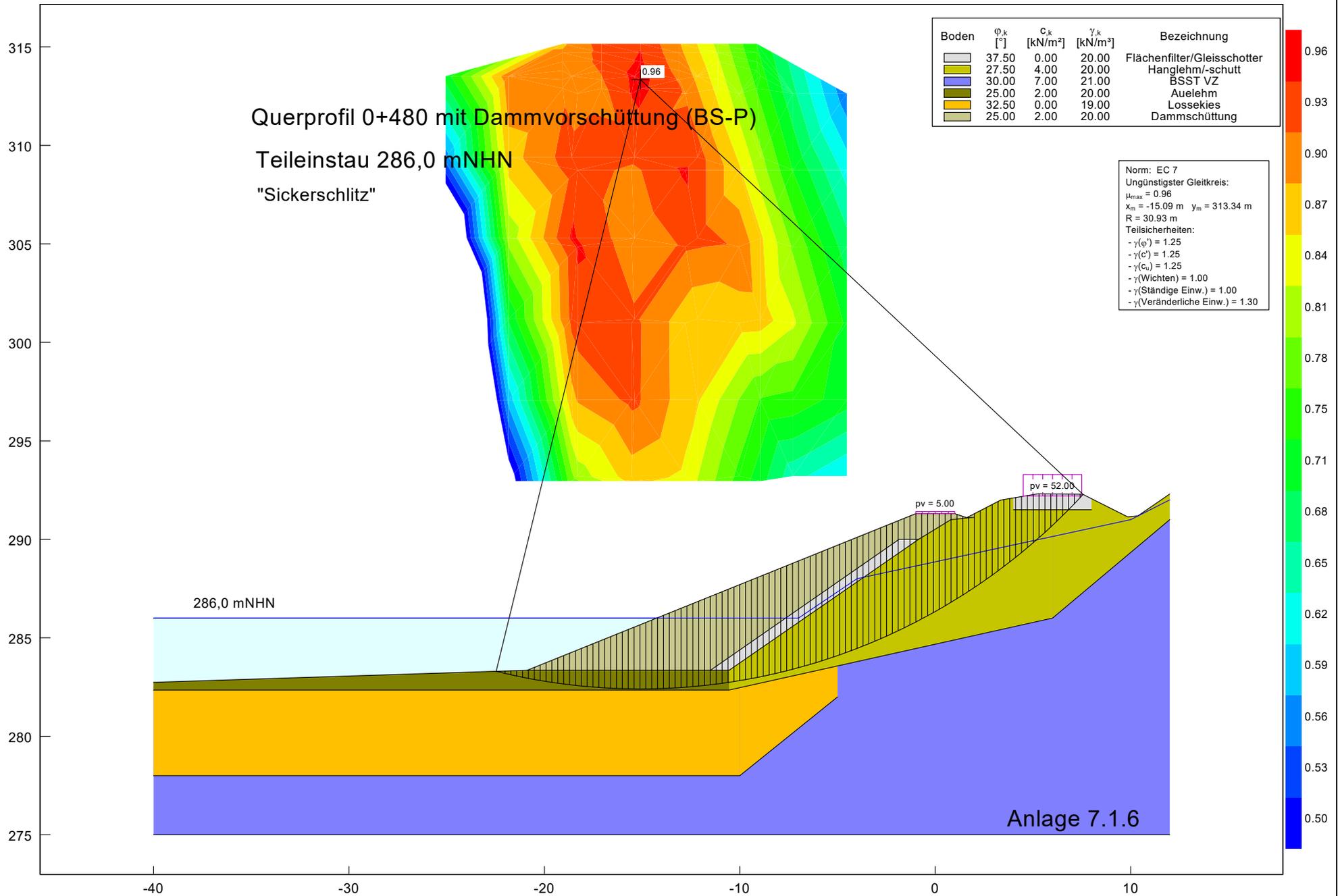
pv = 5.00

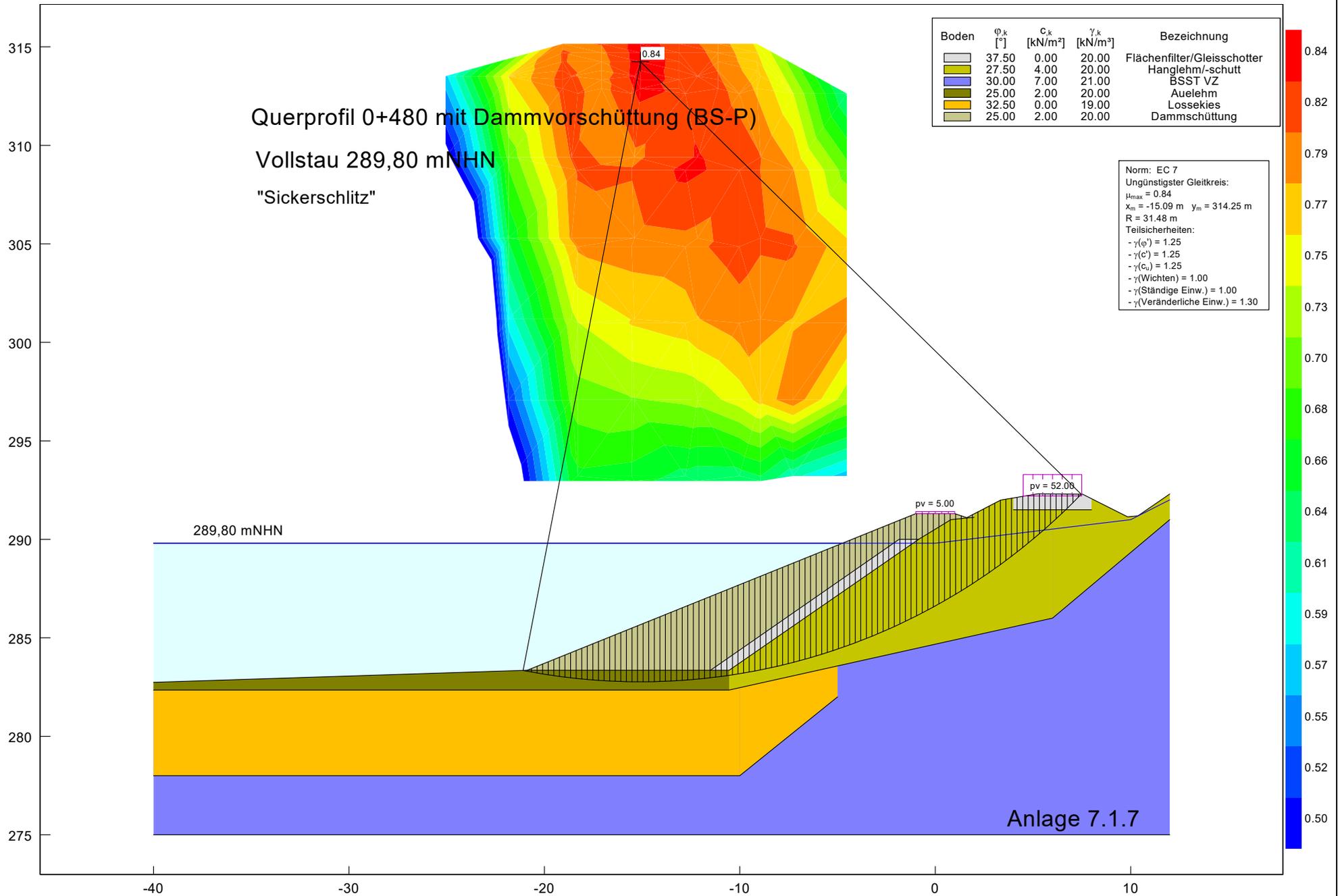
pv = 52.00

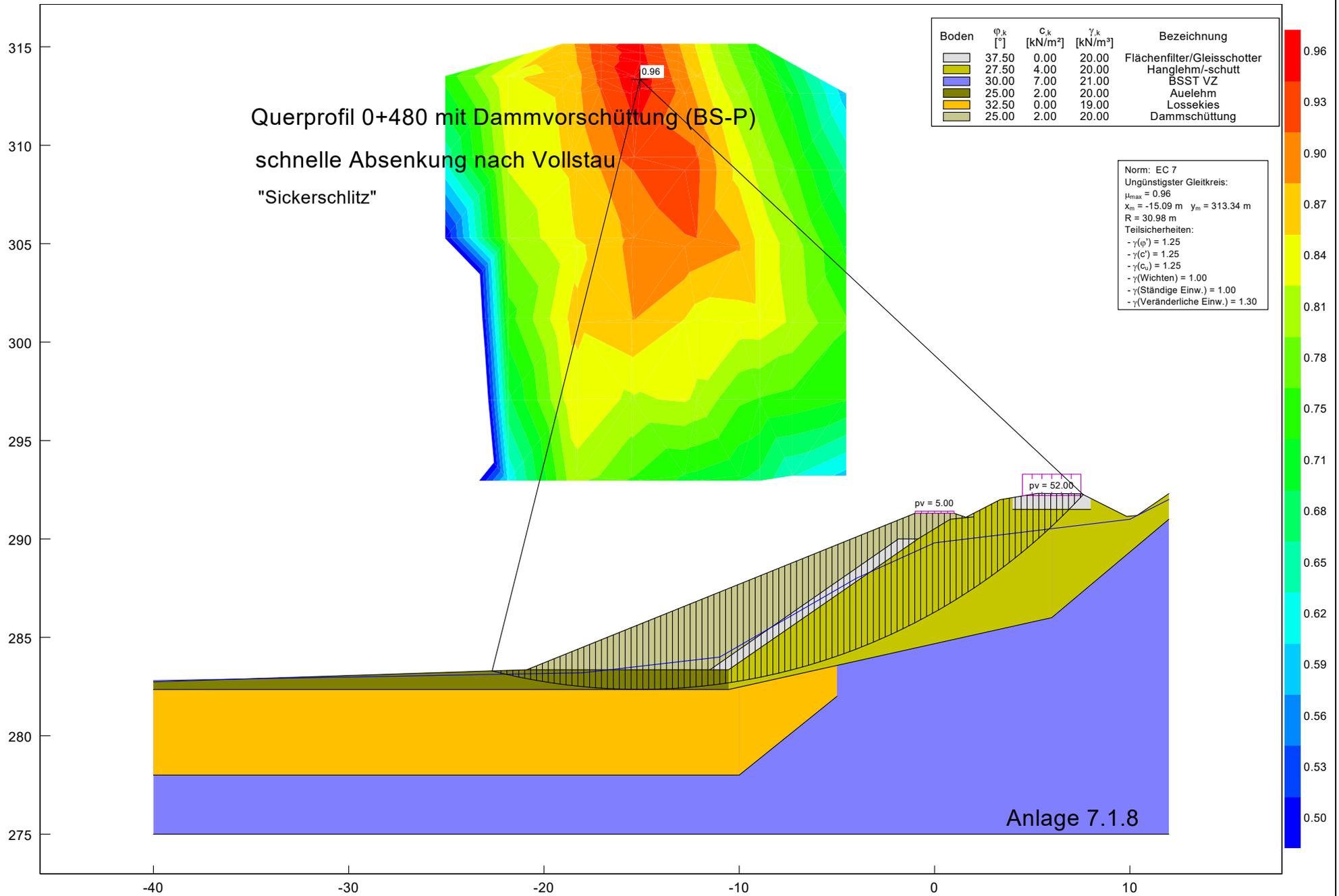
Anlage 7.1.4

-40 -30 -20 -10 0 10

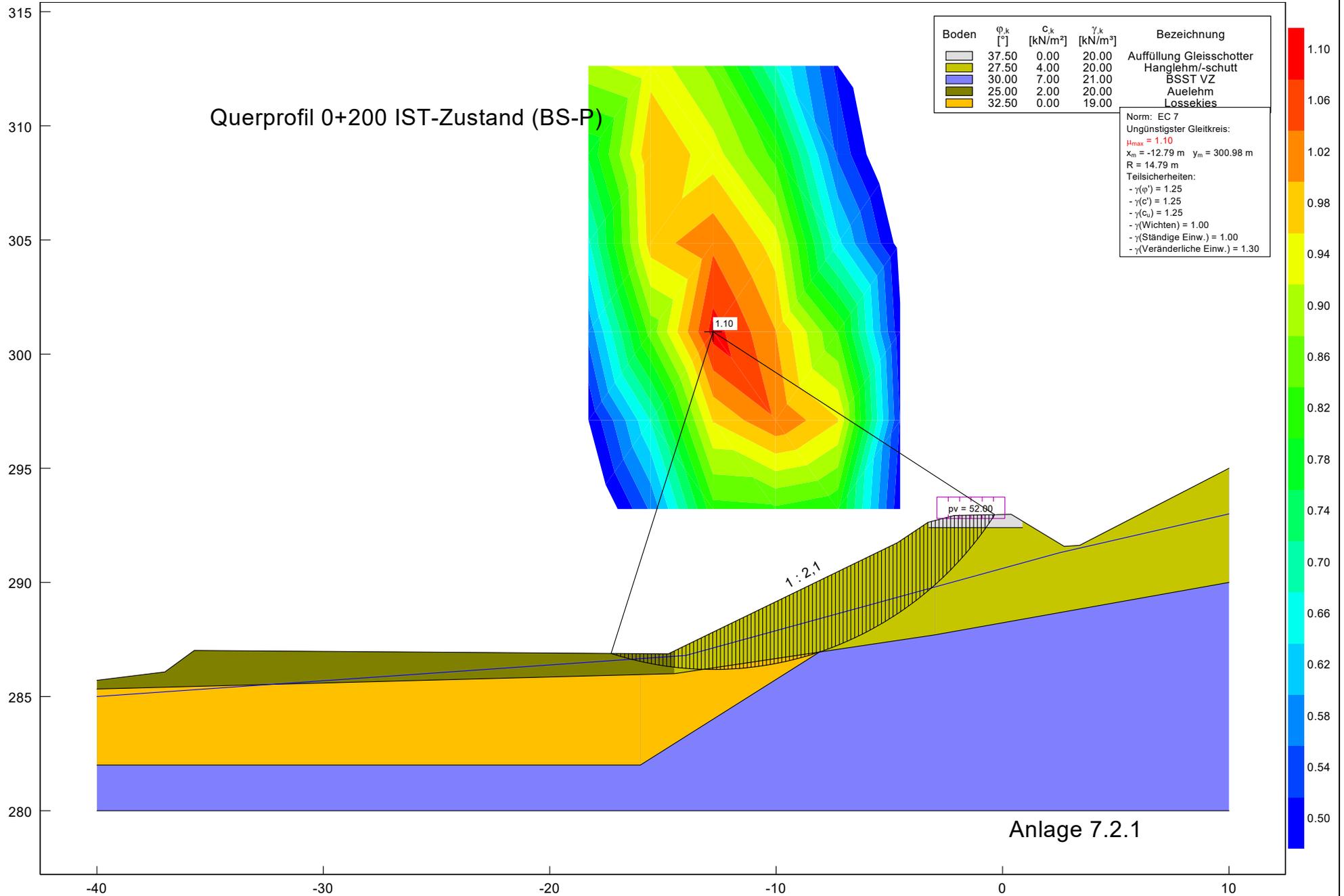




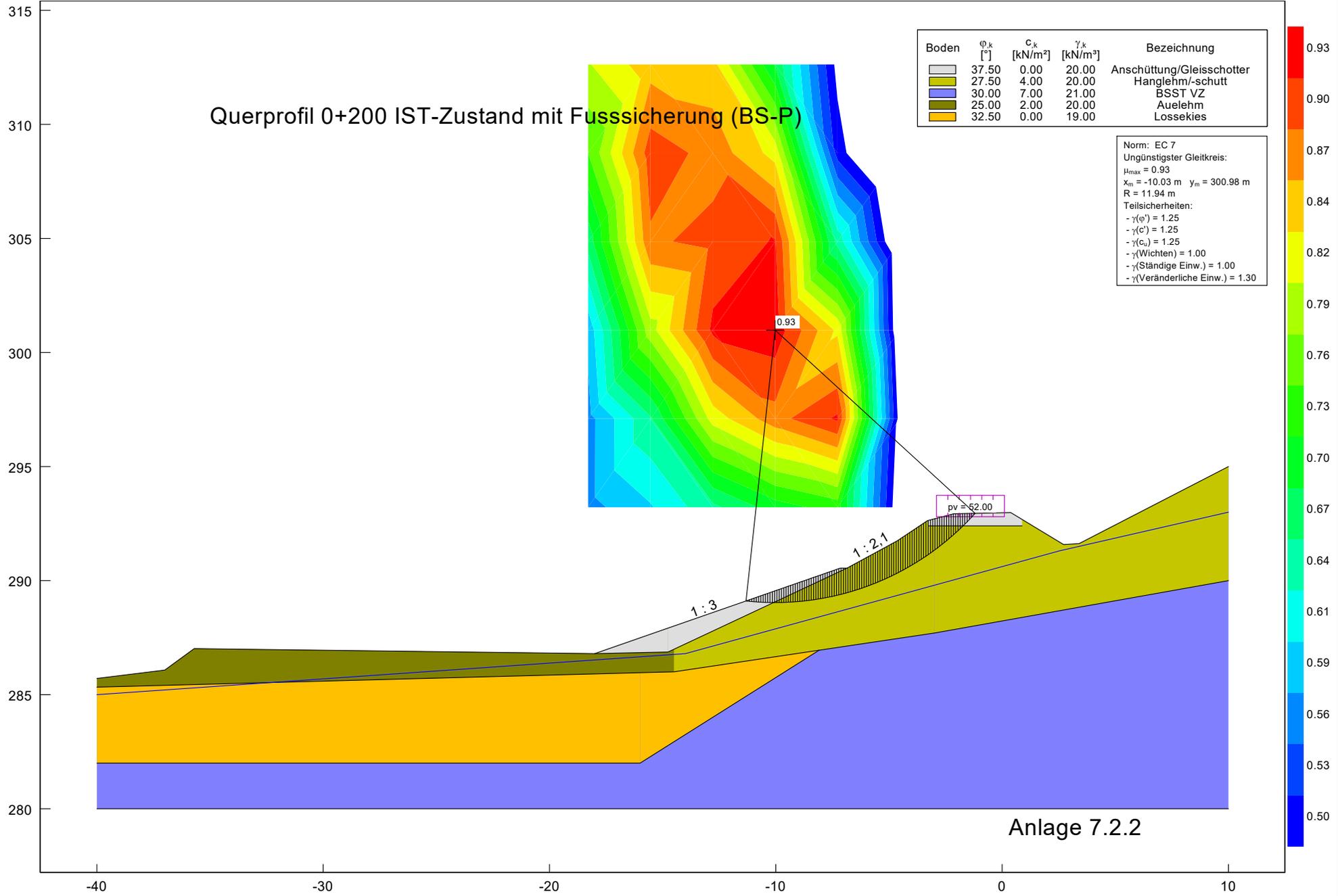




Querprofil 0+200 IST-Zustand (BS-P)



Querprofil 0+200 IST-Zustand mit Fussicherung (BS-P)



Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
[Light Grey]	37.50	0.00	20.00	Anschüttung/Gleisschotter
[Olive Green]	27.50	4.00	20.00	Hanglehm/-schutt
[Blue]	30.00	7.00	21.00	BSST VZ
[Dark Olive Green]	25.00	2.00	20.00	Auelehm
[Yellow]	32.50	0.00	19.00	Lossekies

Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.93$
 $x_m = -10.03$ m $y_m = 300.98$ m
 $R = 11.94$ m
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

pv = 62.00

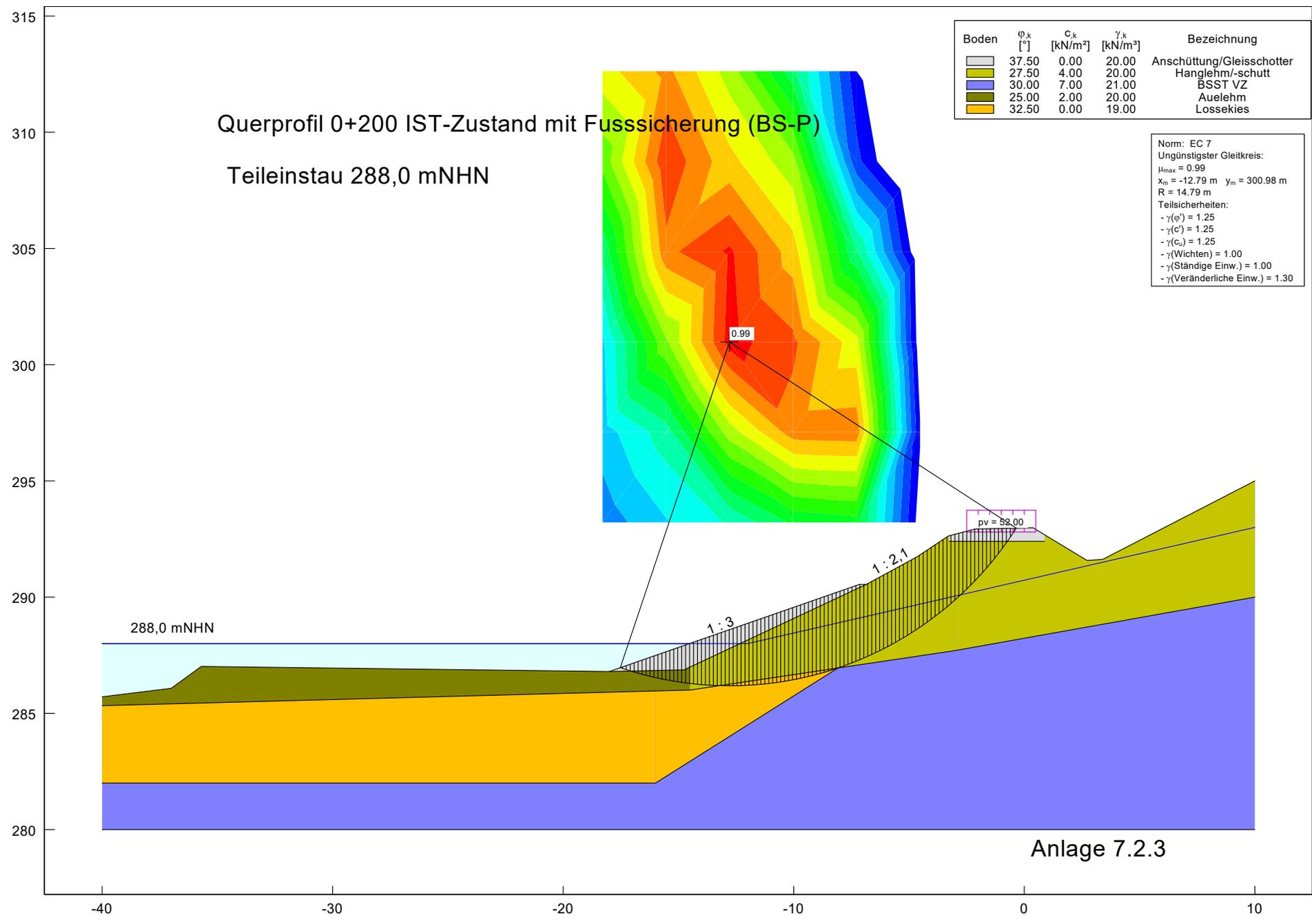
1:3

1:2,1

Anlage 7.2.2

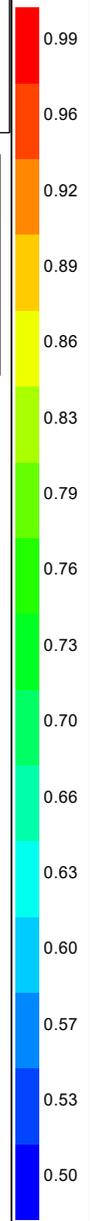
Querprofil 0+200 IST-Zustand mit Fussicherung (BS-P)

Teileinstau 288,0 mNHN



Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
[Light Blue]	37.50	0.00	20.00	Anschüttung/Gleisschotter
[Yellow-Green]	27.50	4.00	20.00	Hanglehm/-schutt
[Blue]	30.00	7.00	21.00	BSST VZ
[Dark Green]	25.00	2.00	20.00	Auelehm
[Orange]	32.50	0.00	19.00	Lossekies

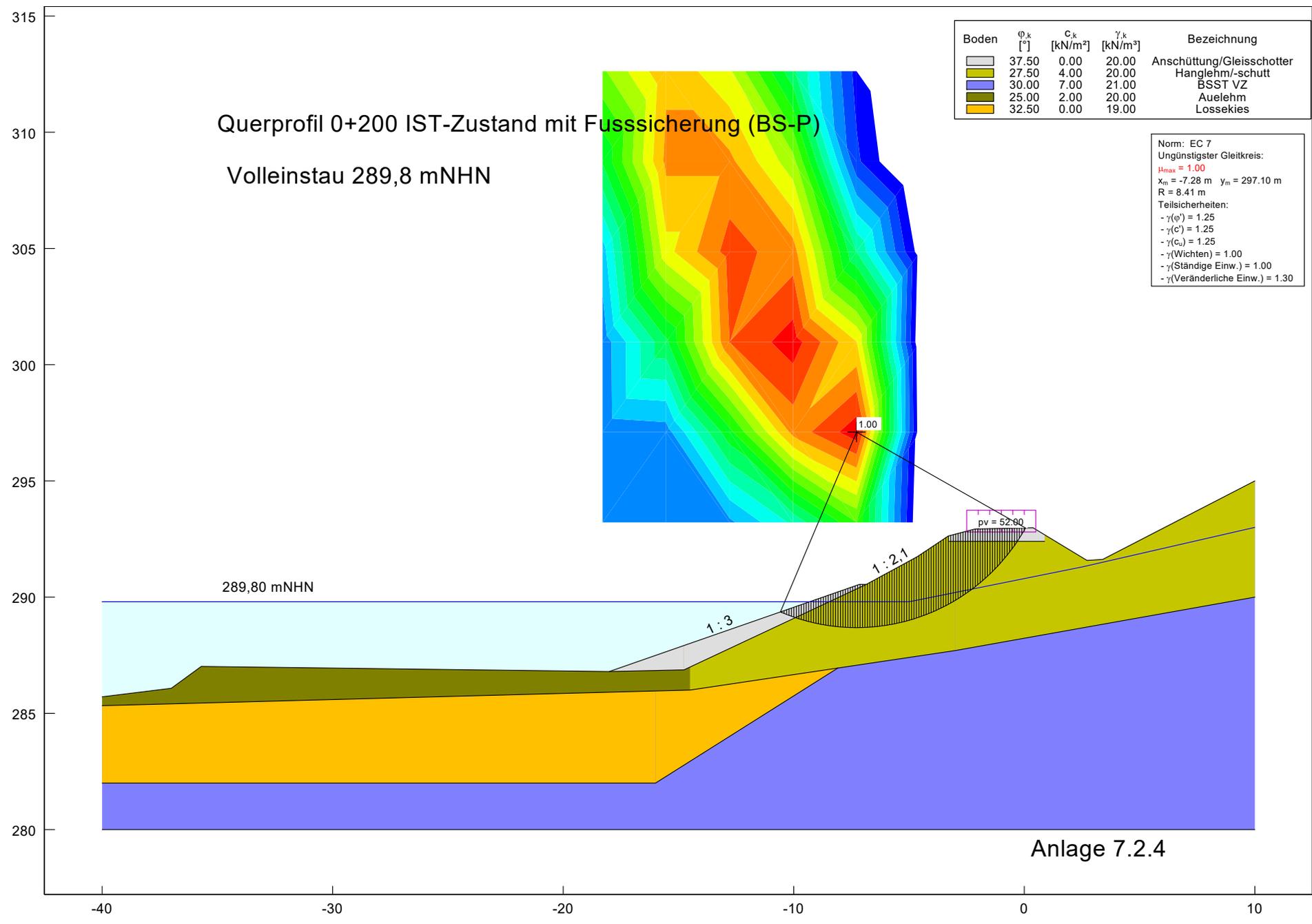
Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.99$
 $x_m = -12.79$ m $y_m = 300.98$ m
 $R = 14.79$ m
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi)$ = 1.25
 - $\gamma(c)$ = 1.25
 - $\gamma(c_u)$ = 1.25
 - $\gamma(\text{Wichten})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.})$ = 1.00
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.})$ = 1.30



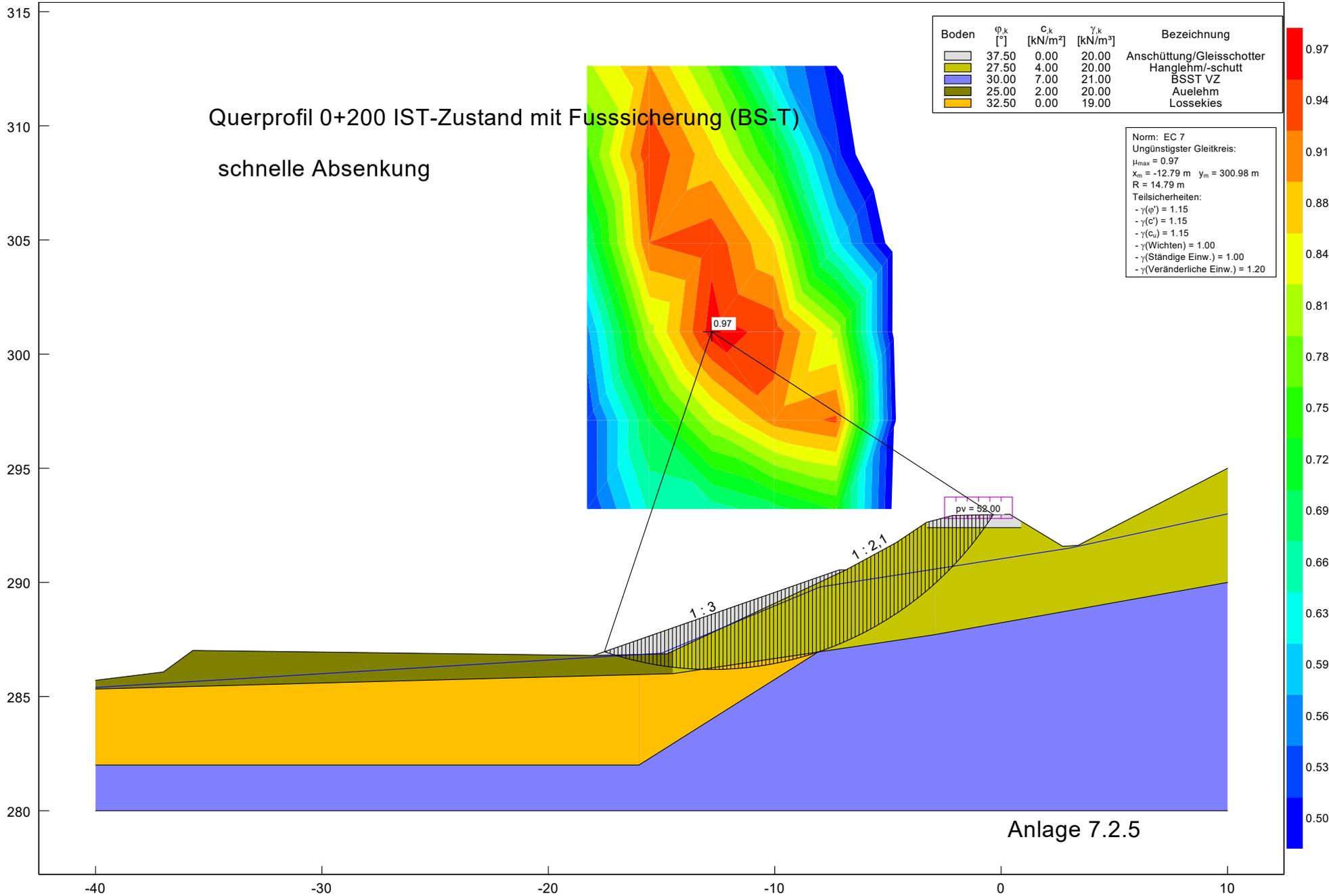
Anlage 7.2.3

Querprofil 0+200 IST-Zustand mit Fussicherung (BS-P)

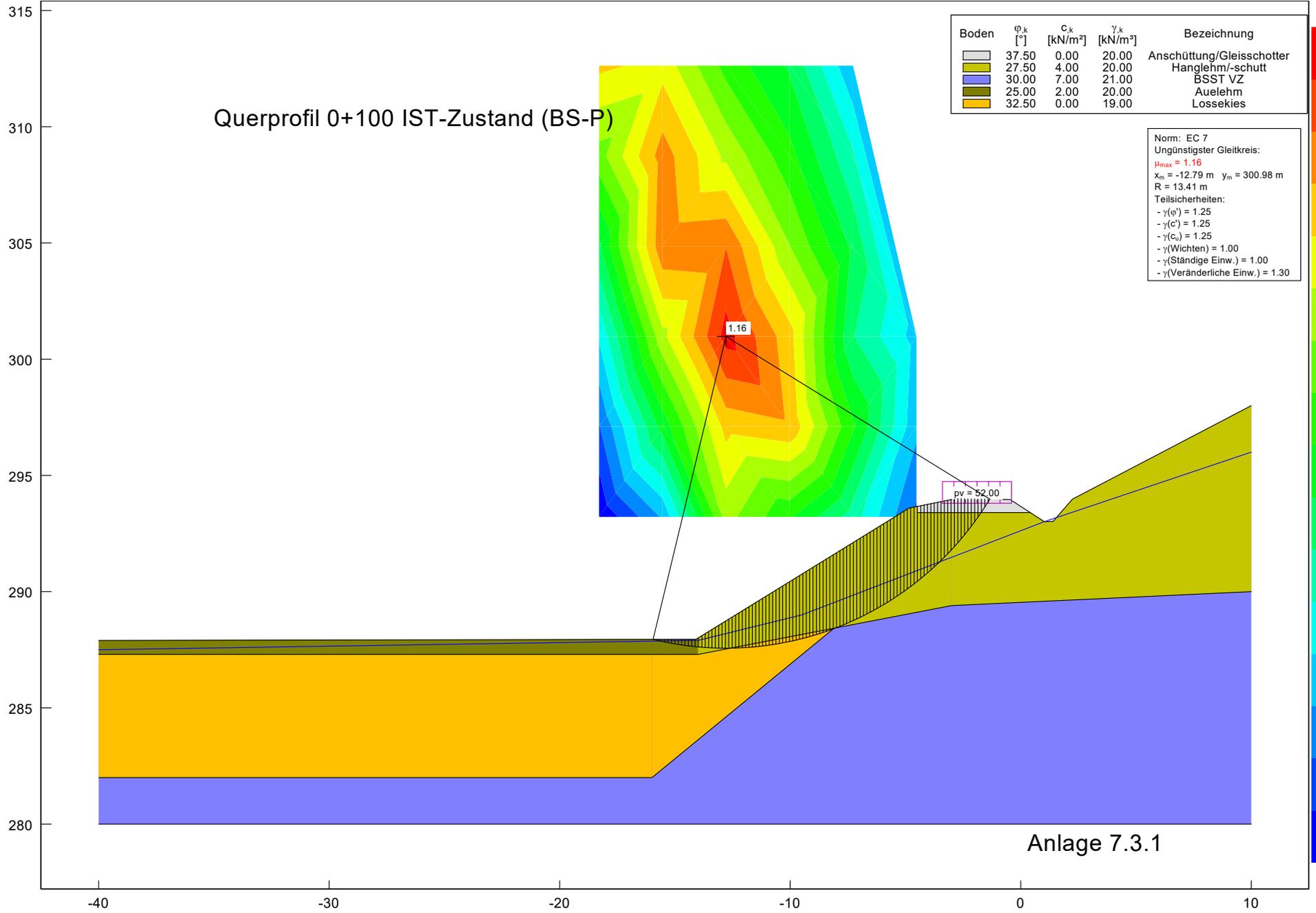
Volleinstau 289,8 mNHN



Anlage 7.2.4

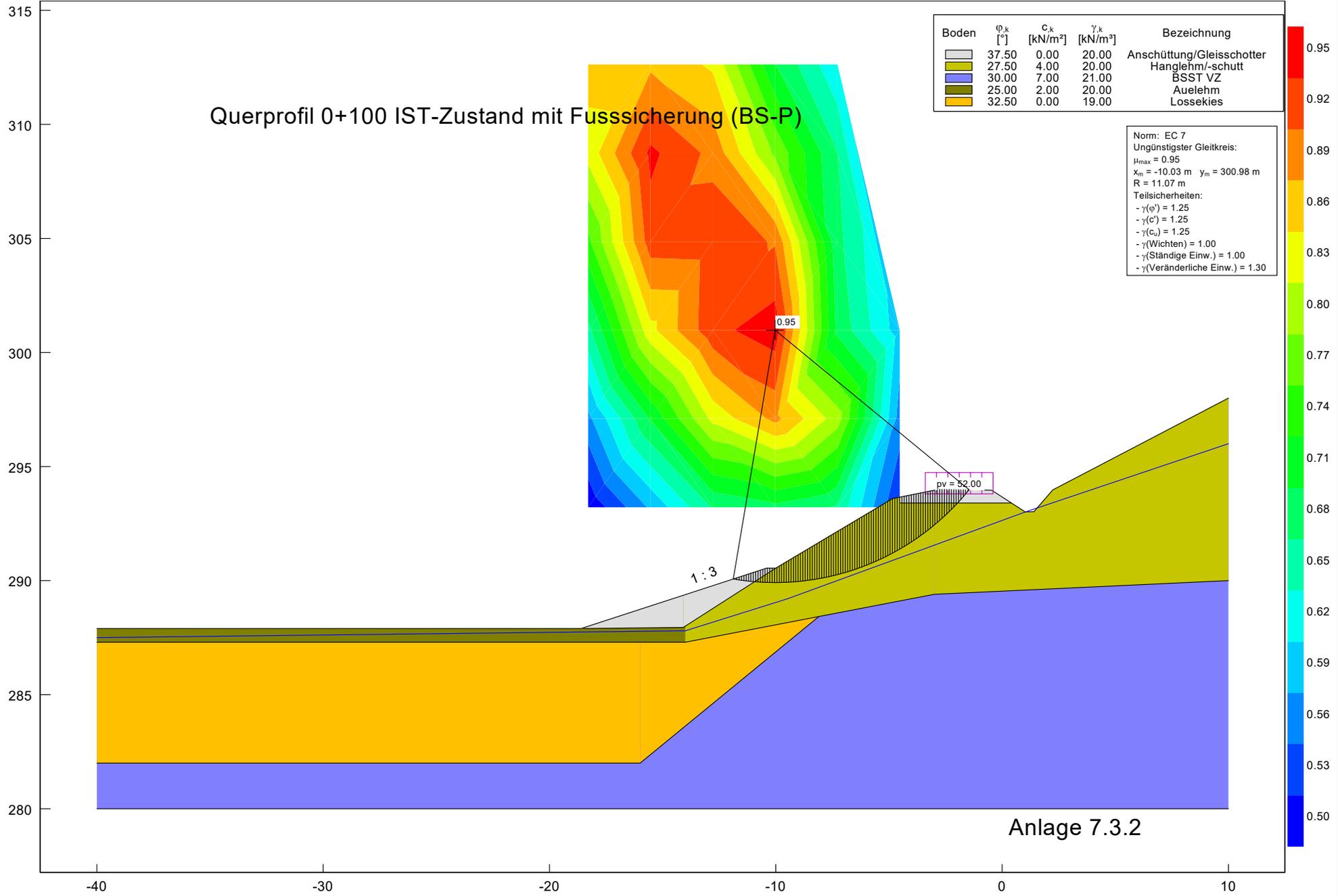


Querprofil 0+100 IST-Zustand (BS-P)

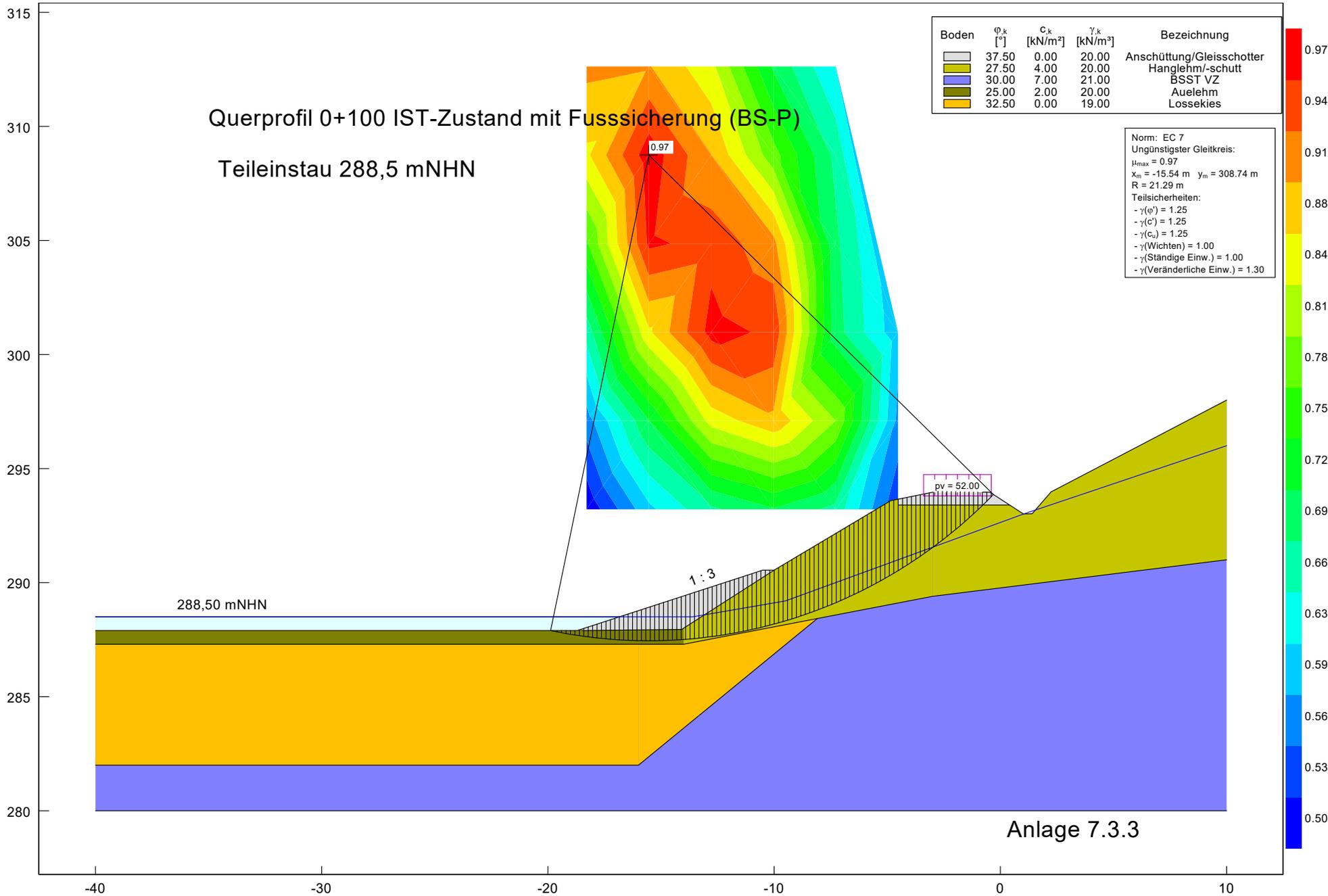


Anlage 7.3.1

Querprofil 0+100 IST-Zustand mit Fussicherung (BS-P)

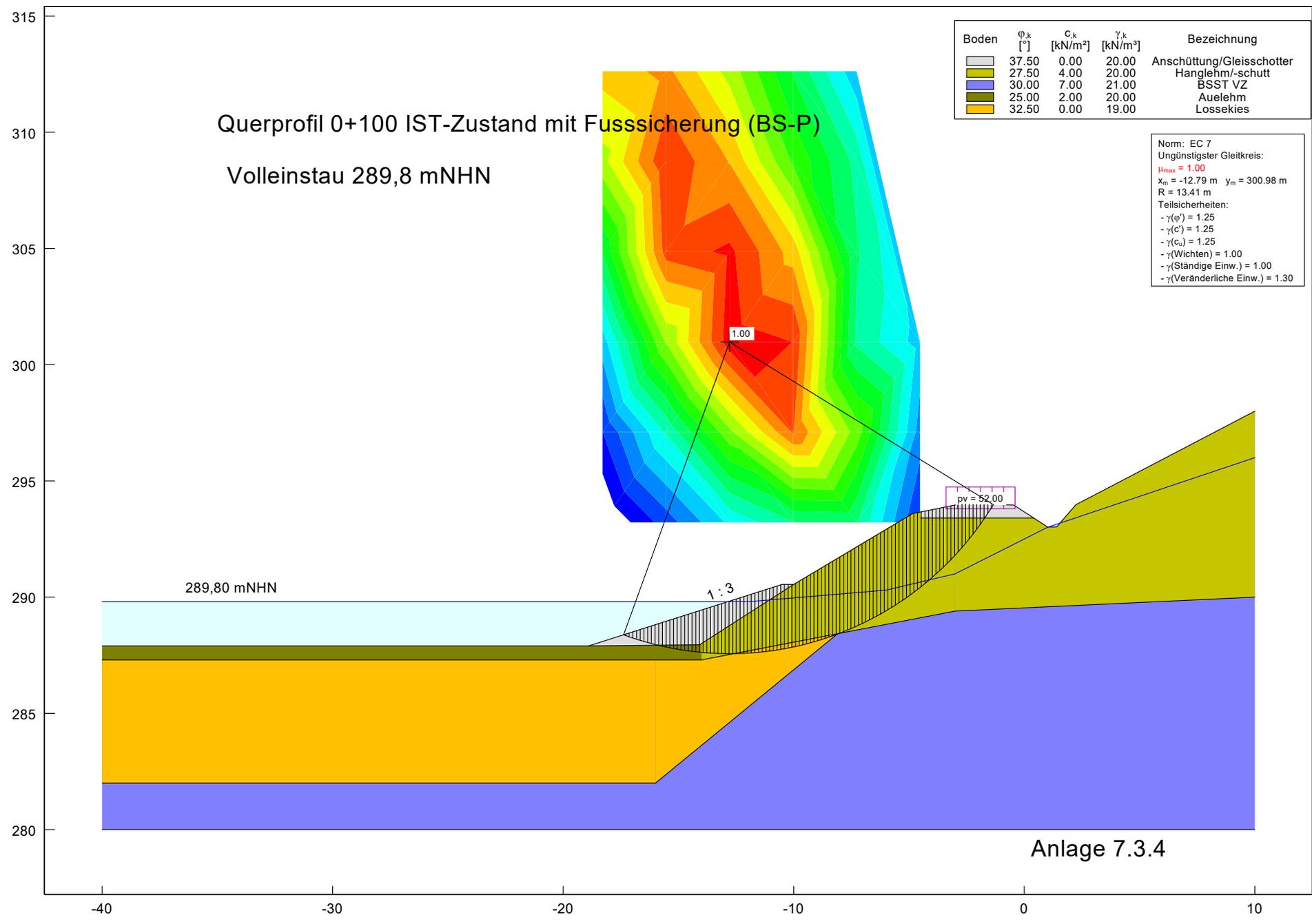


Anlage 7.3.2



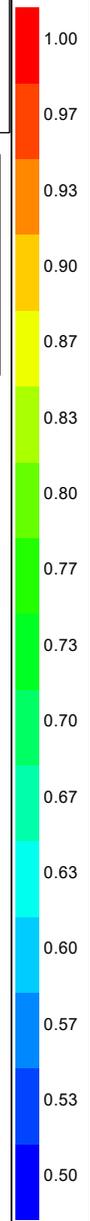
Querprofil 0+100 IST-Zustand mit Fussicherung (BS-P)

Volleinstau 289,8 mNHN

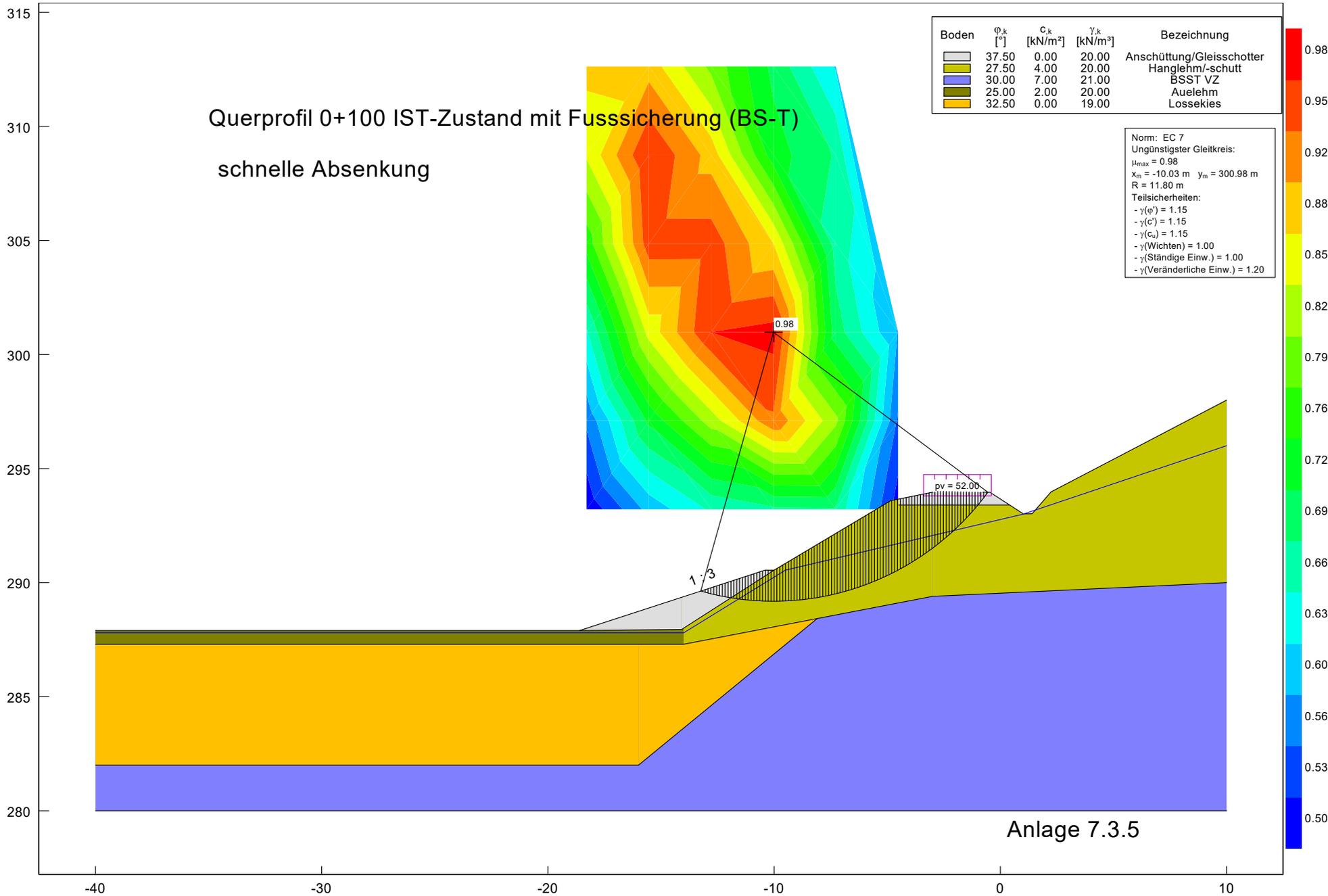


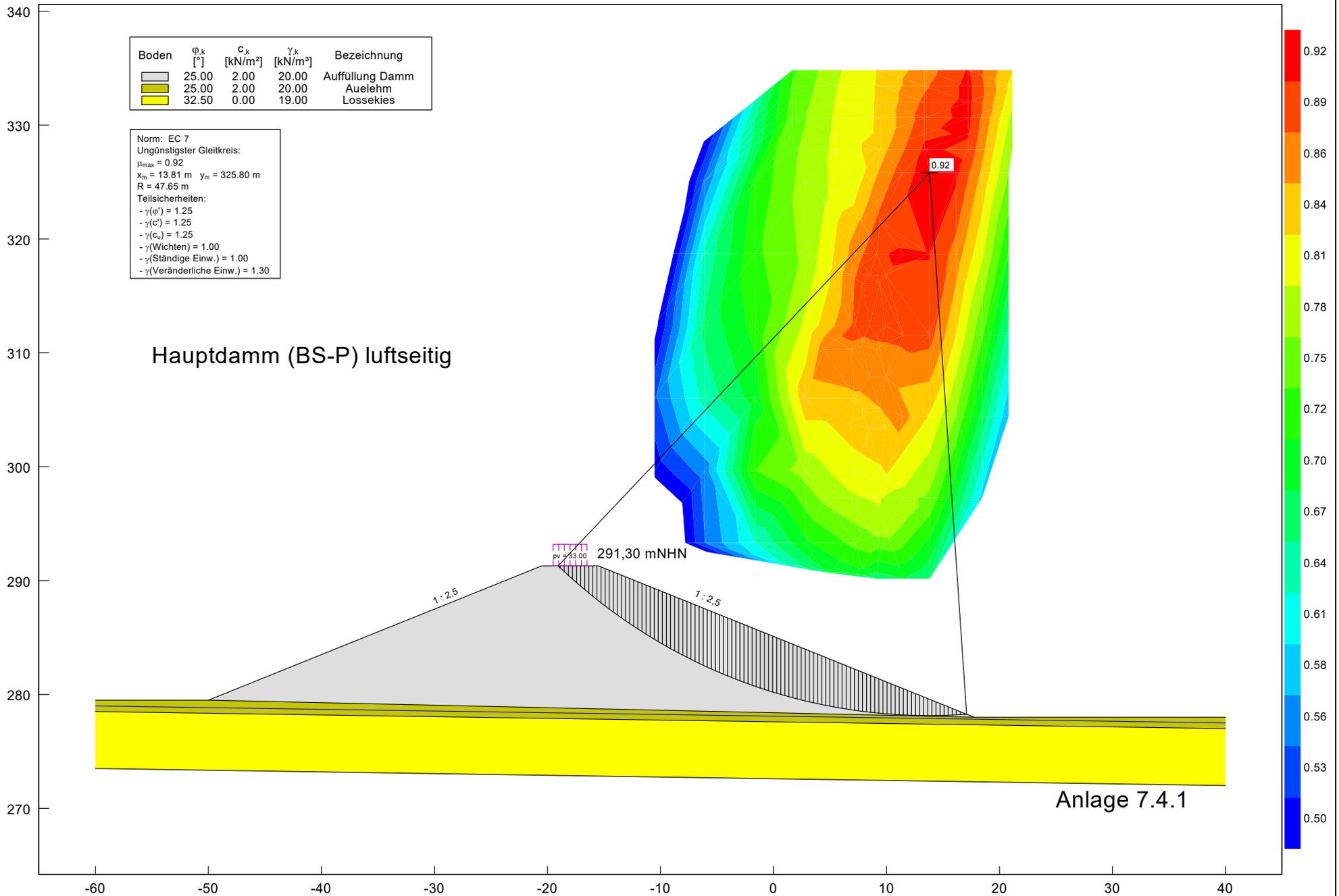
Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
[Light Blue]	37.50	0.00	20.00	Anschüttung/Gleisschotter
[Yellow]	27.50	4.00	20.00	Hanglehm/-schutt
[Blue]	30.00	7.00	21.00	BSST VZ
[Dark Blue]	25.00	2.00	20.00	Auelehm
[Orange]	32.50	0.00	19.00	Lossekies

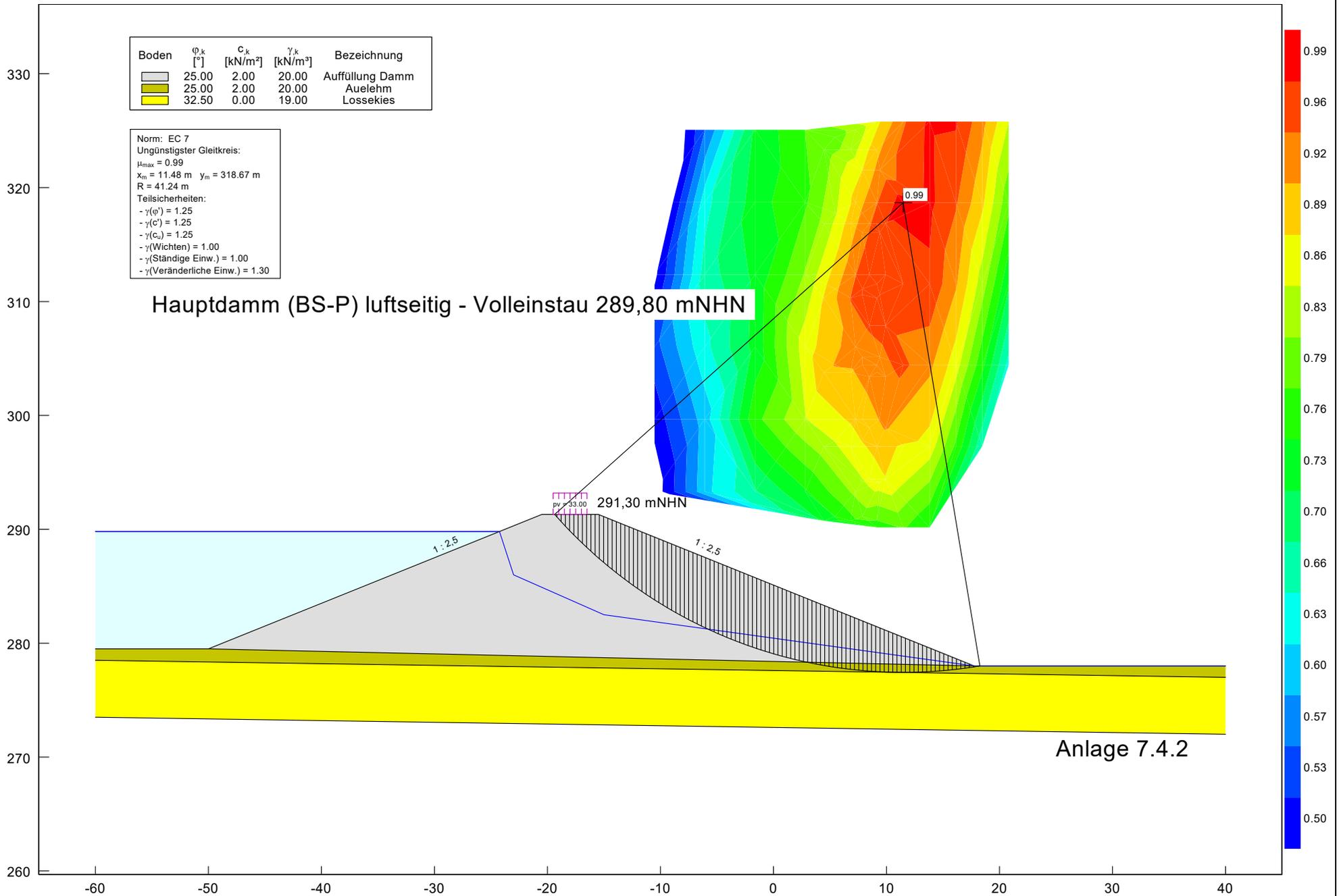
Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 1.00$
 $x_m = -12.79$ m $y_m = 300.98$ m
 $R = 13.41$ m
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

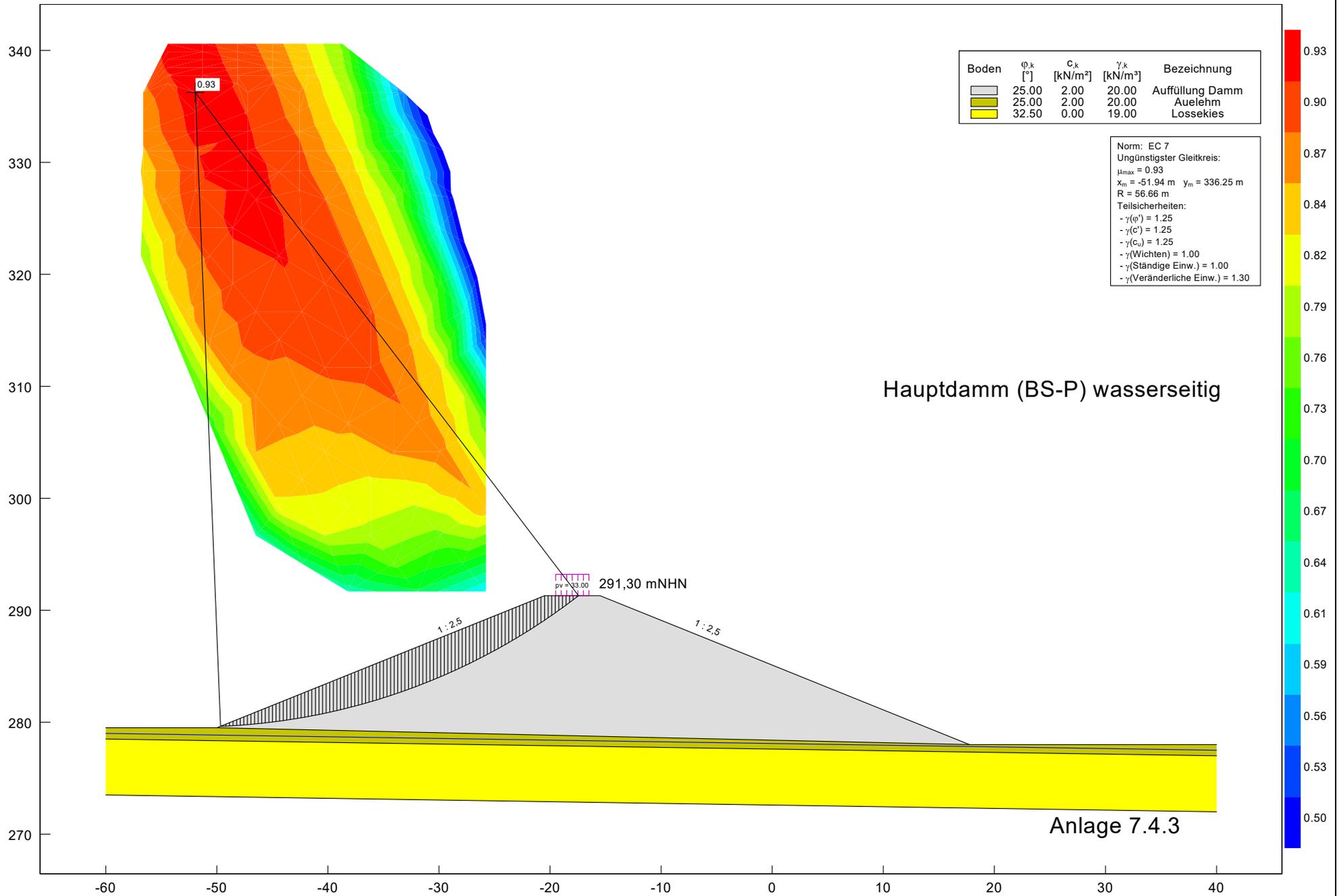


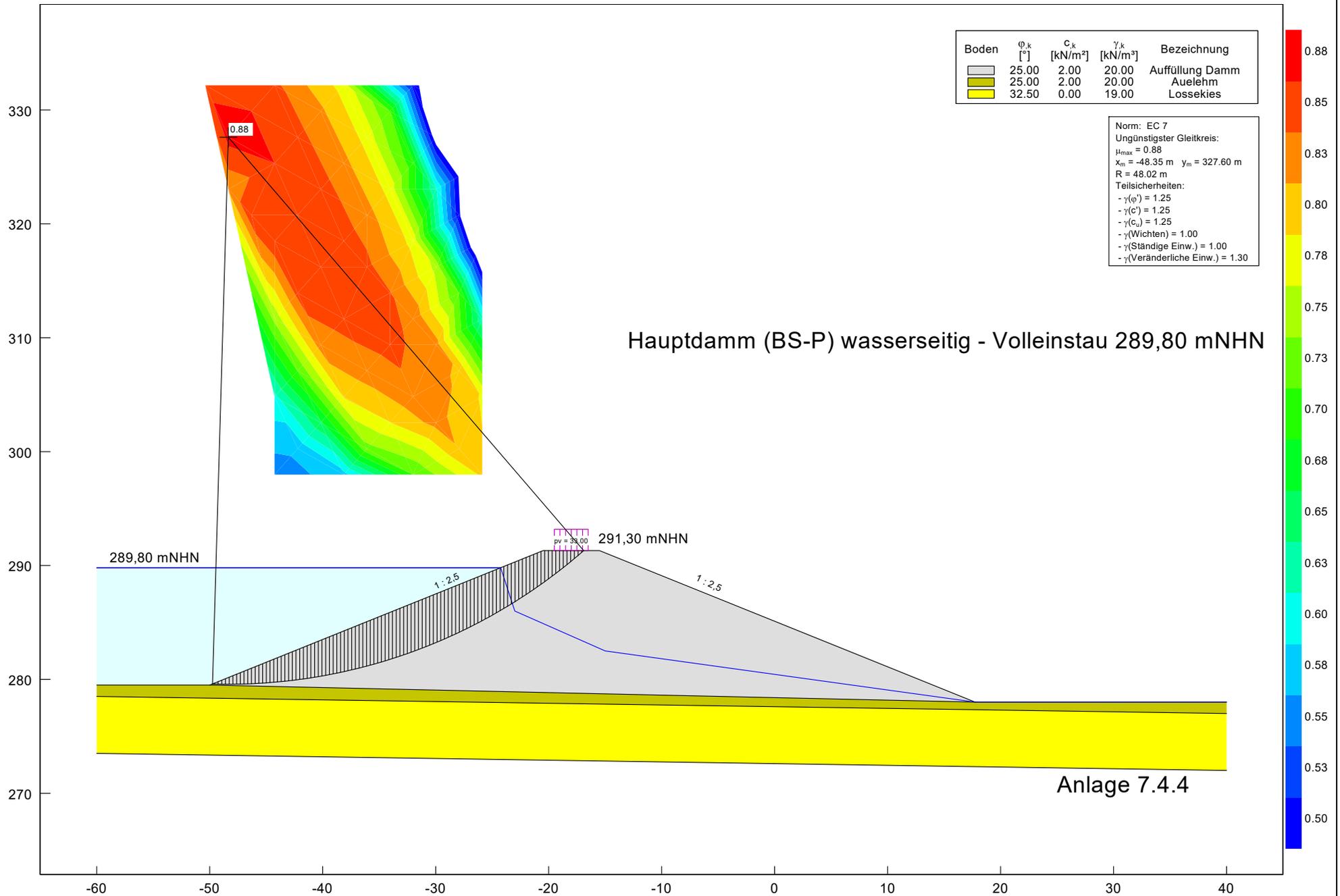
Anlage 7.3.4

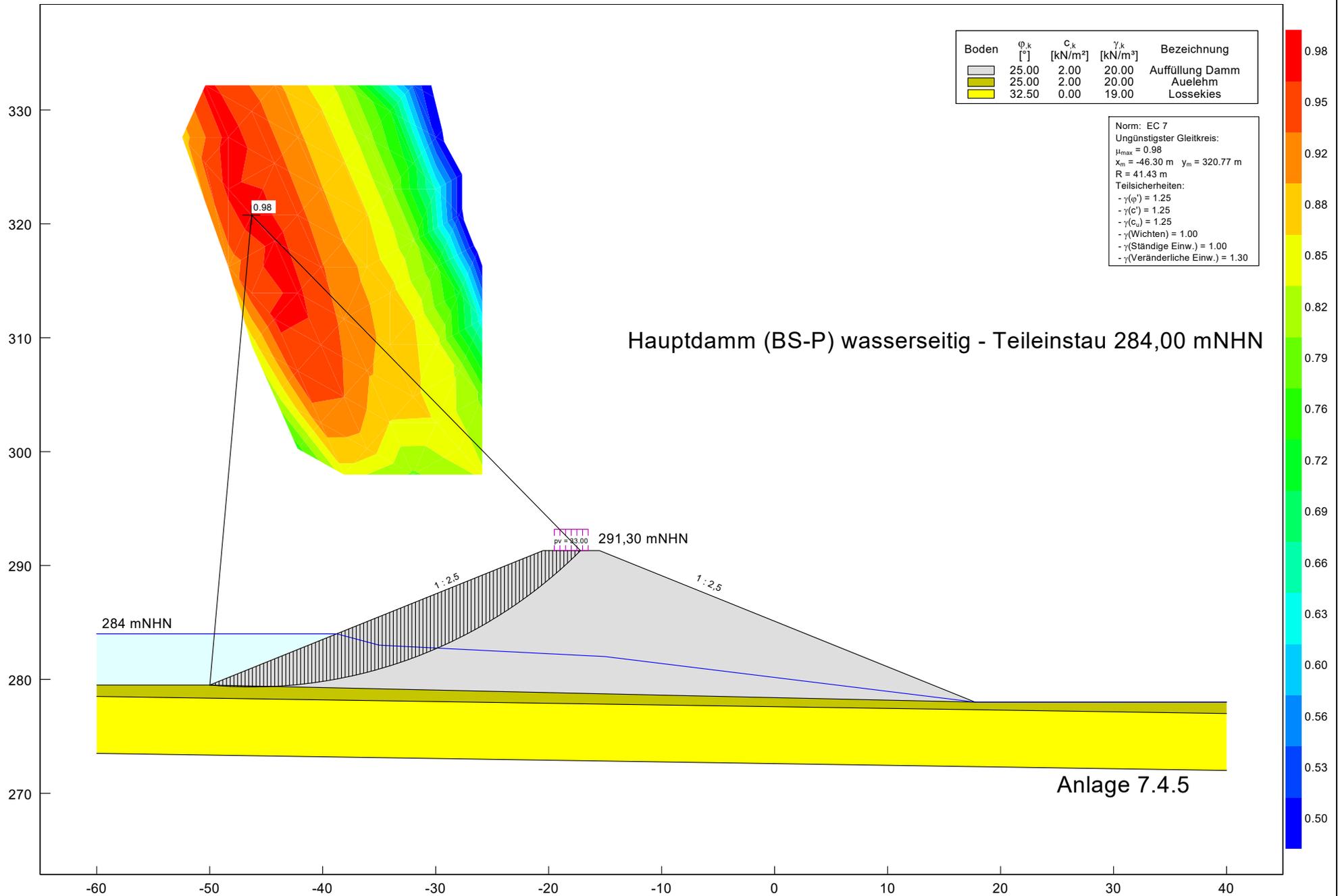


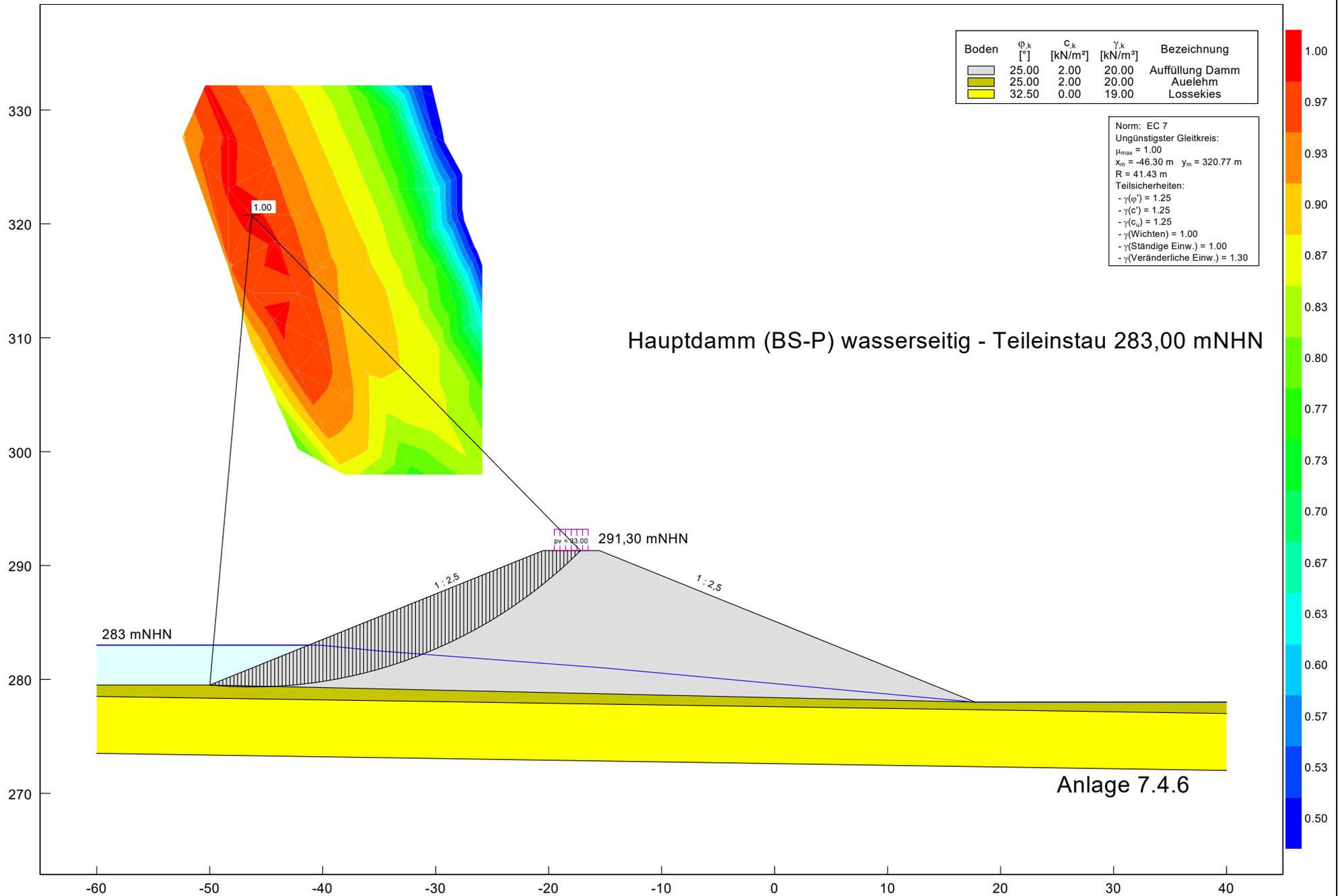


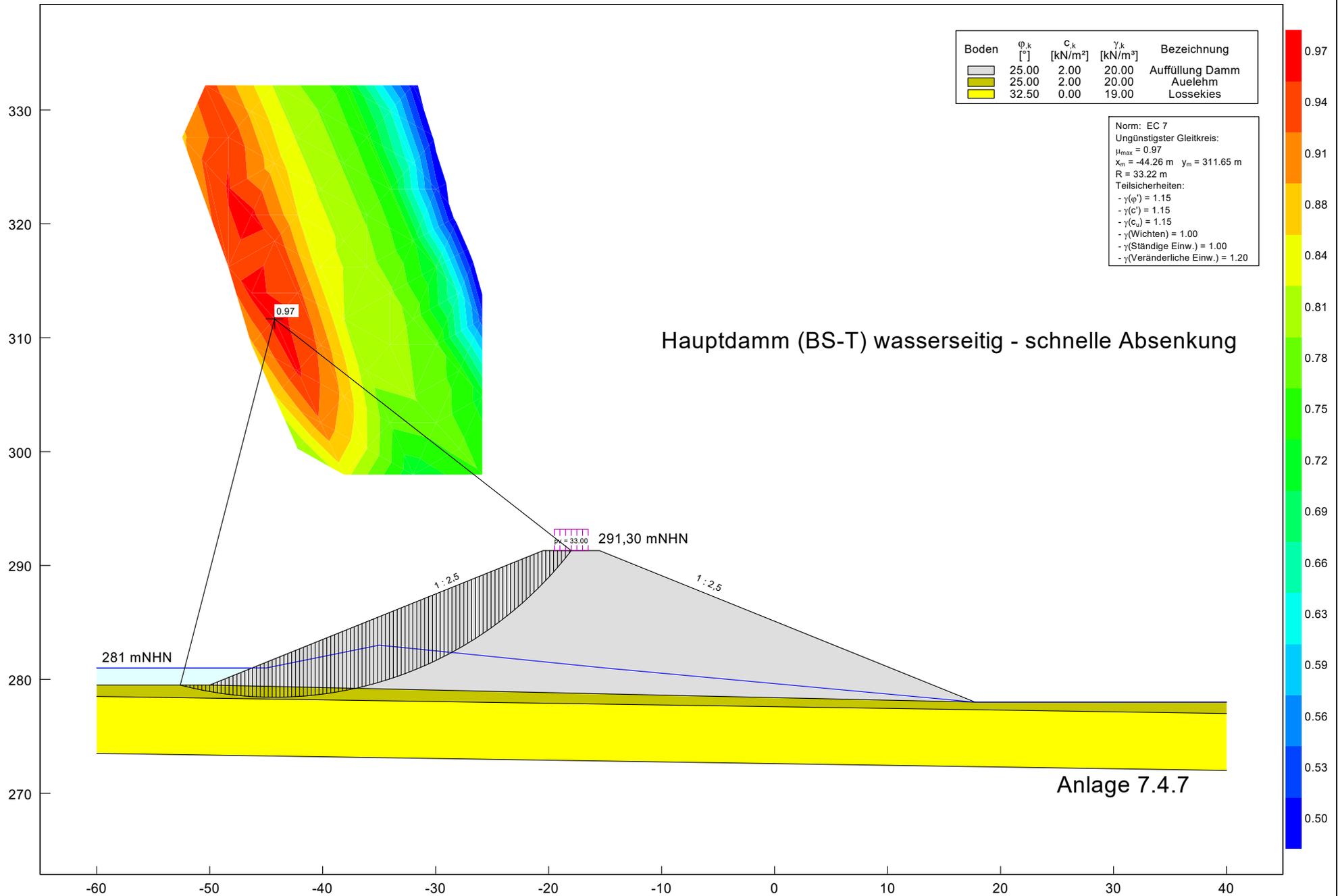


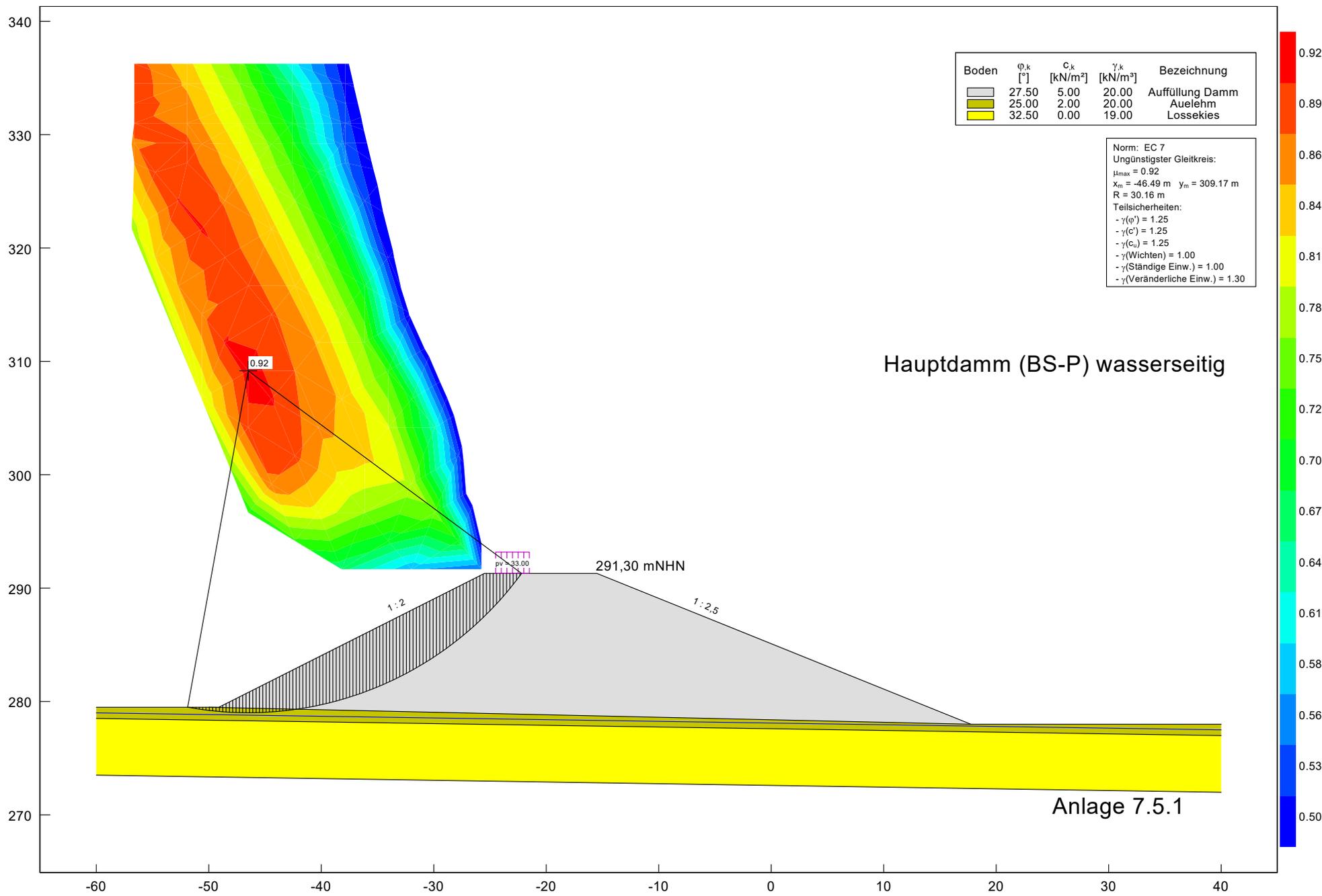












Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	20.00	Auffüllung Damm
	25.00	2.00	20.00	Auelehm
	32.50	0.00	19.00	Lossekies

Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.92$
 $x_m = -46.49$ m $y_m = 309.17$ m
 $R = 30.16$ m
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(Wichten) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Hauptdamm (BS-P) wasserseitig

Anlage 7.5.1

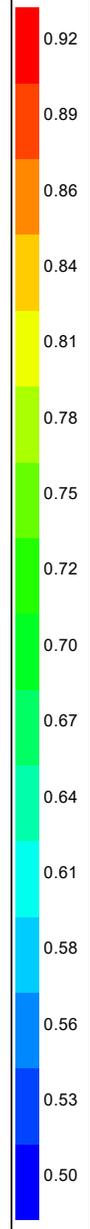
291,30 mNHN

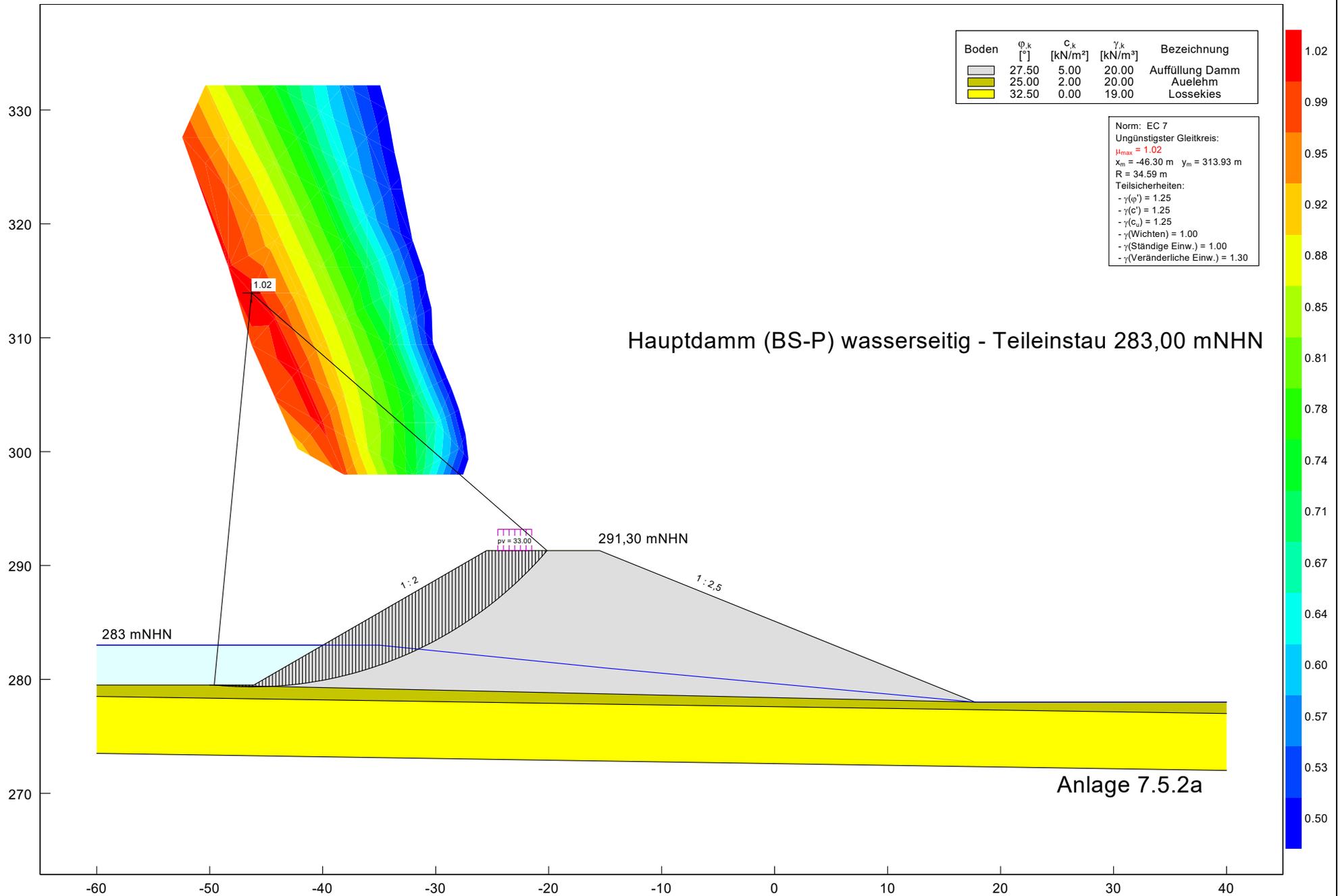
1:2

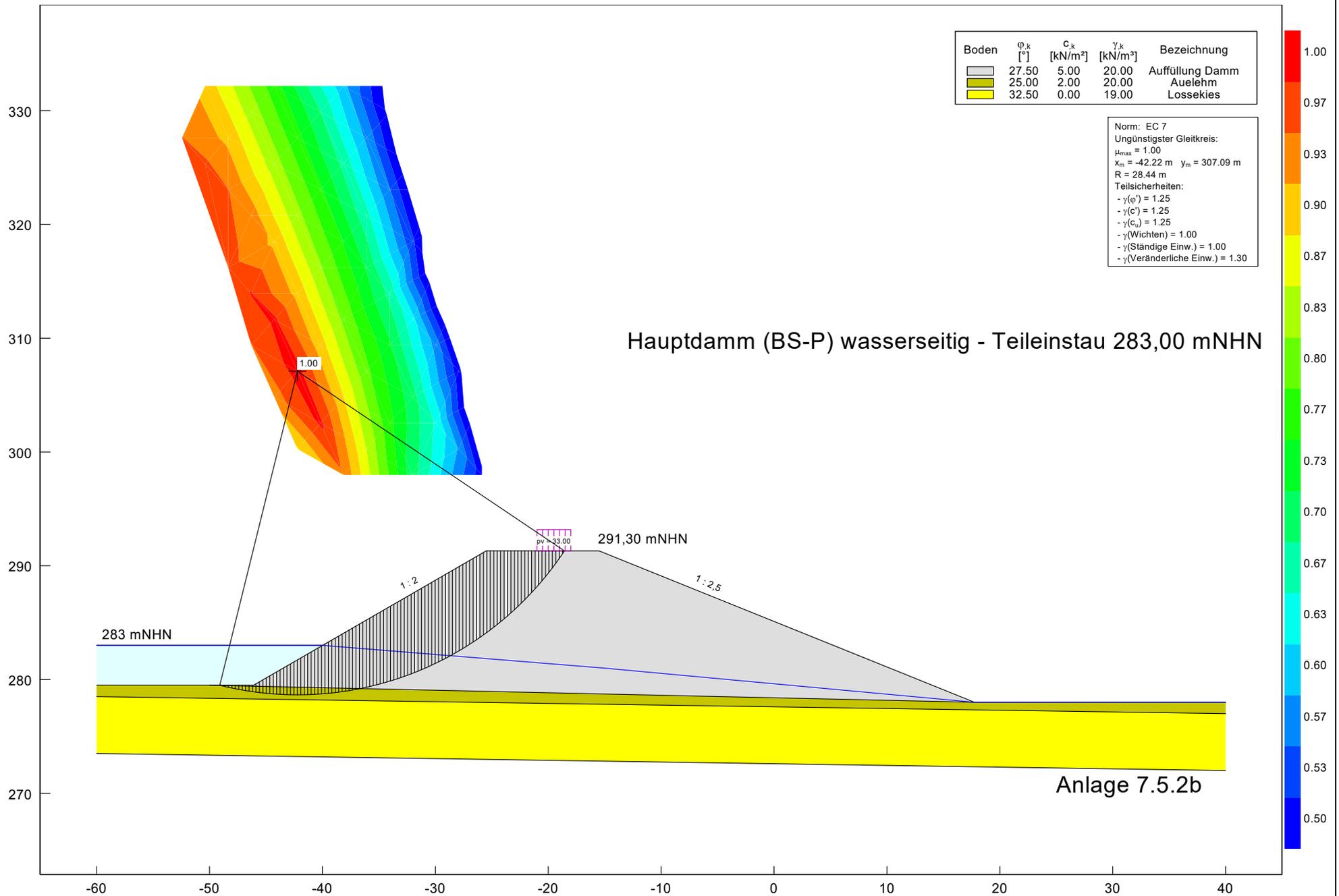
1:2,5

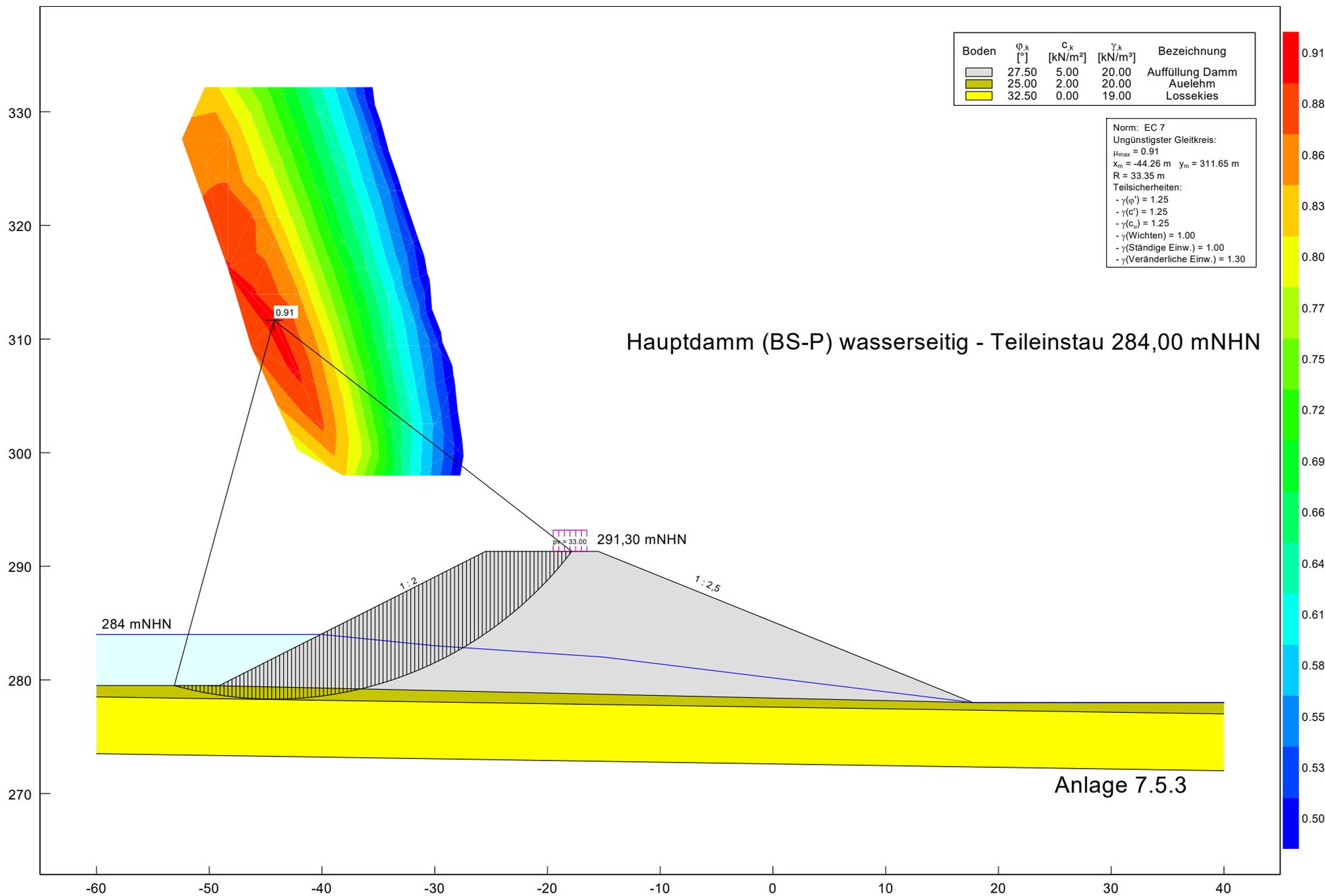
pv = 33,00

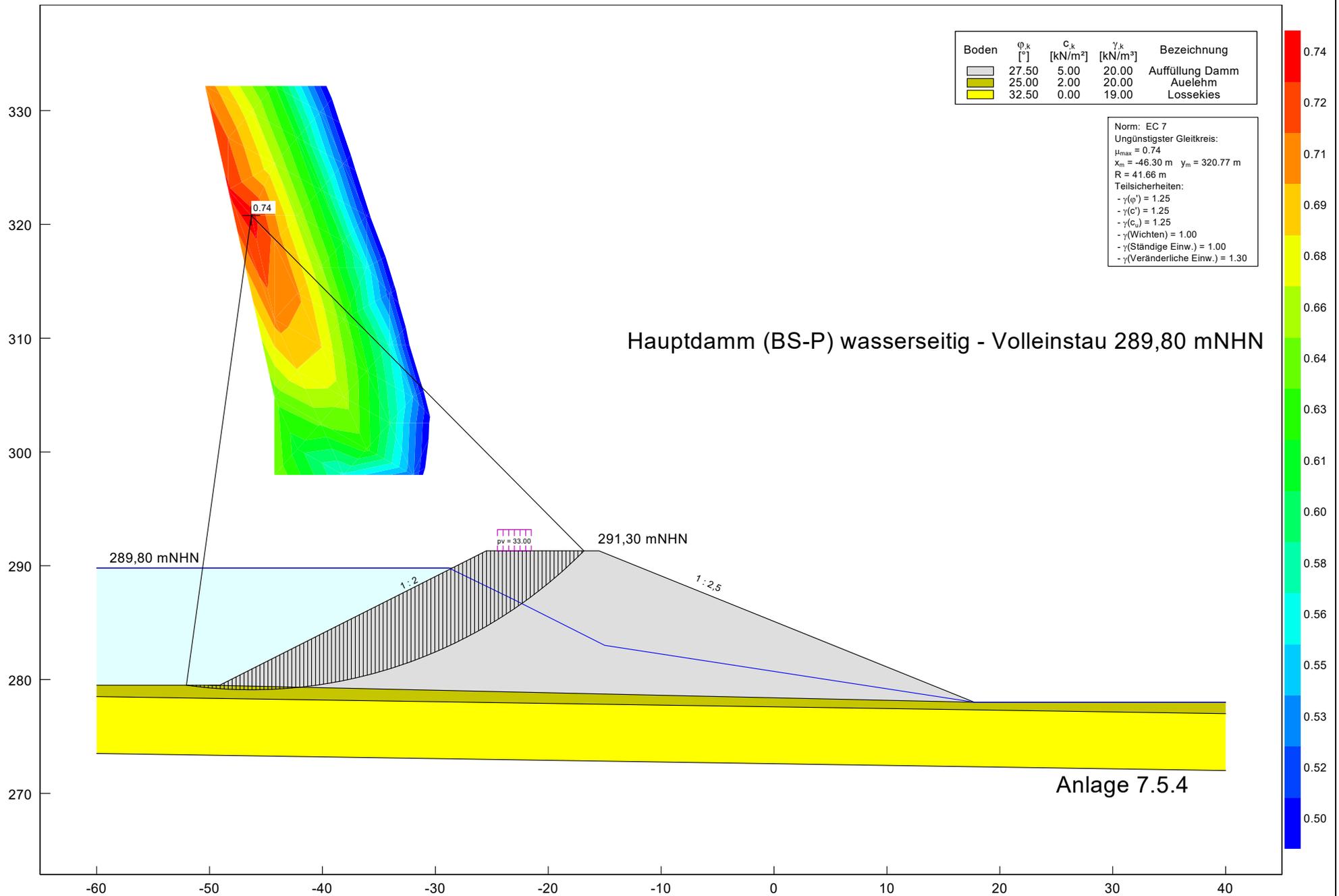
0.92

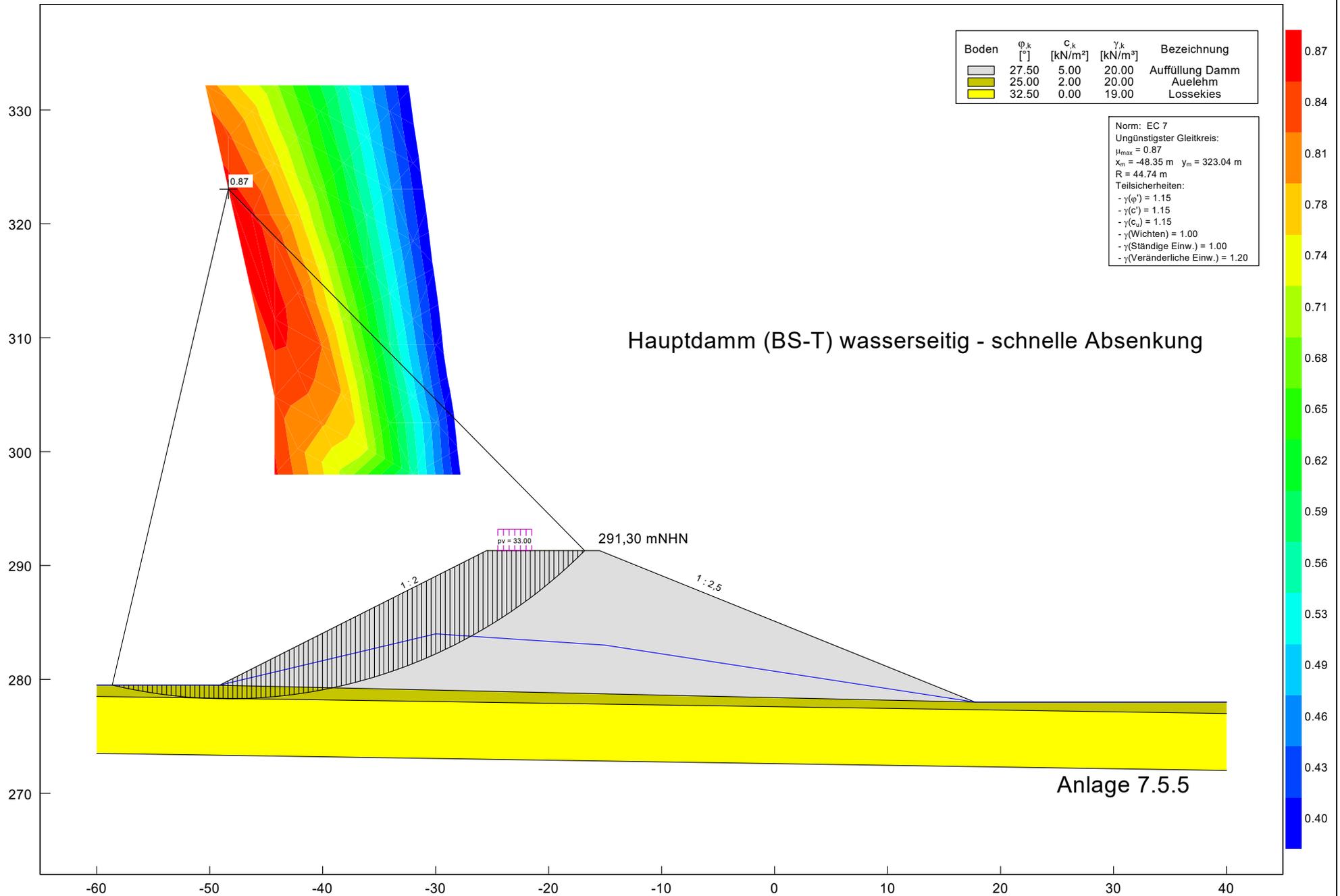










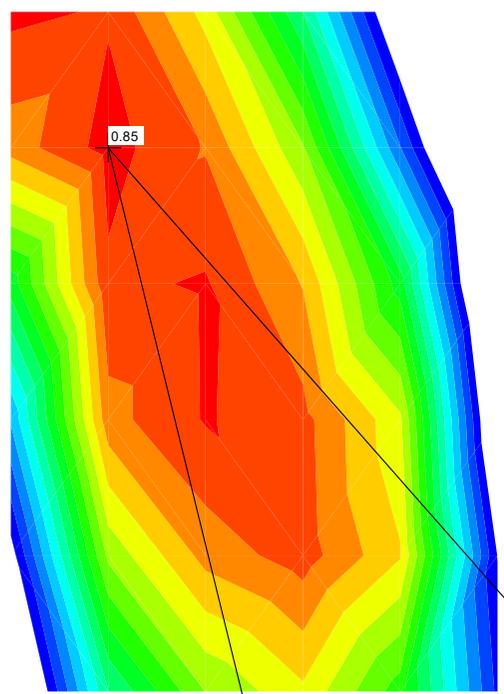


320
315
310
305
300
295
290
285
280
275

Querprofil 13 B7 IST-Zustand (BS-P)

Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	37.50	0.00	20.00	Auffüllung Gleisschotter
	27.50	4.00	20.00	Hanglehm/-schutt
	30.00	7.00	21.00	BSST VZ
	25.00	2.00	20.00	Auelehm
	32.50	0.00	19.00	Lossekies

Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.85$
 $x_m = -18.45 \text{ m}$ $y_m = 314.50 \text{ m}$
 $R = 28.28 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(q') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(Wichten) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$



B 7

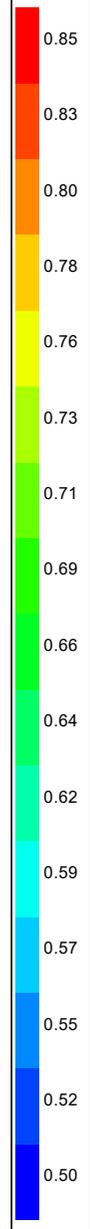
pv = 33.00

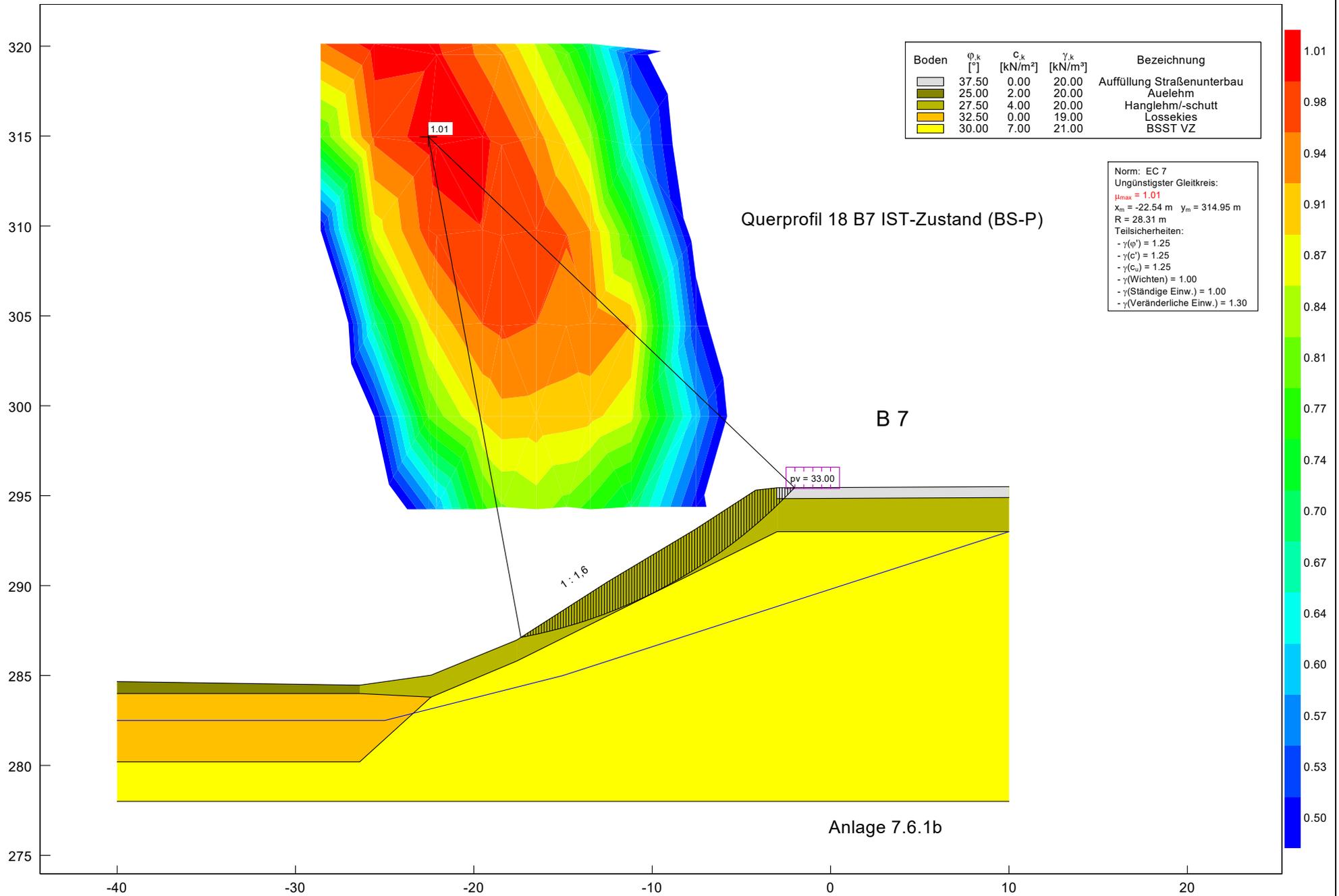
1:2

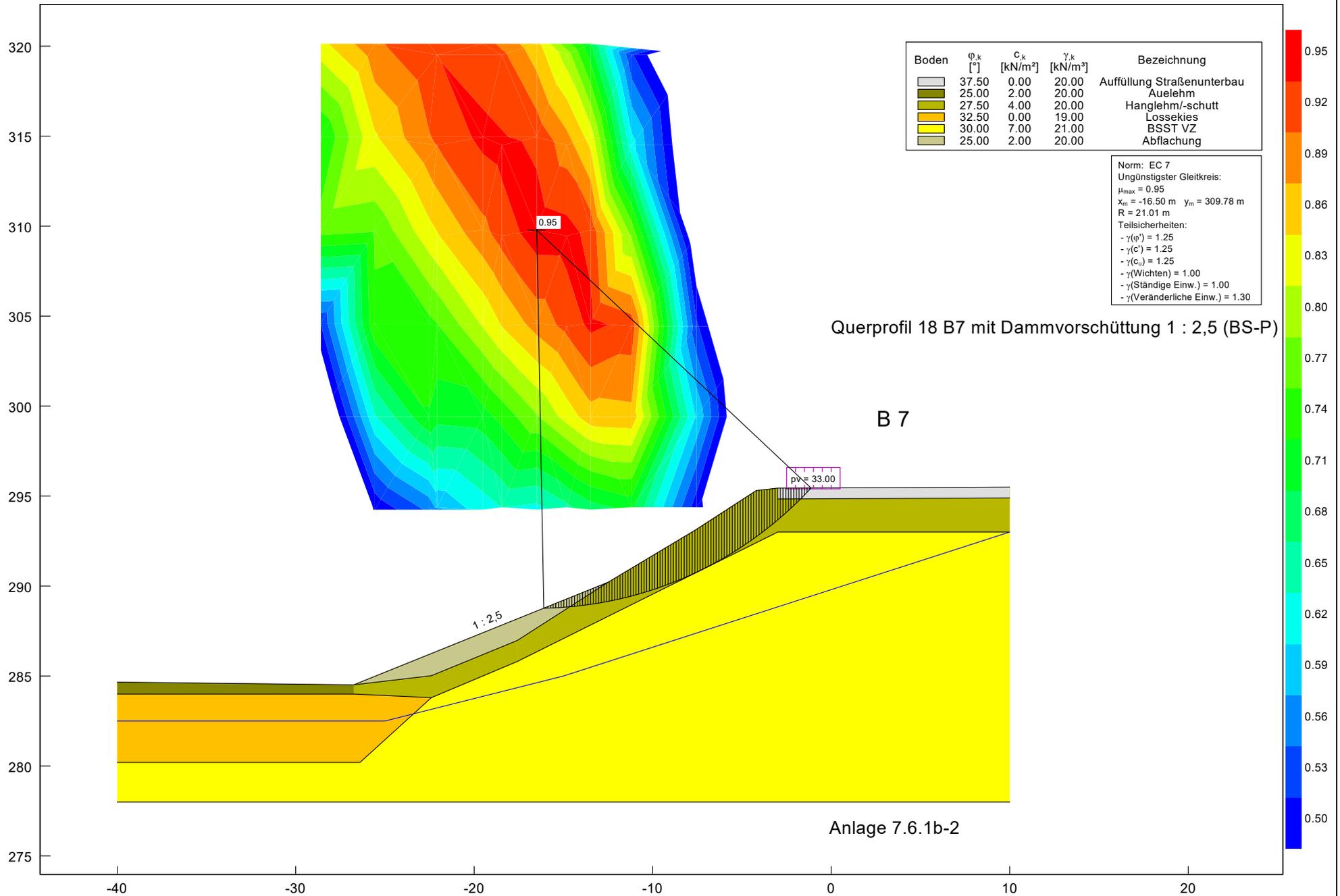
1:1.6

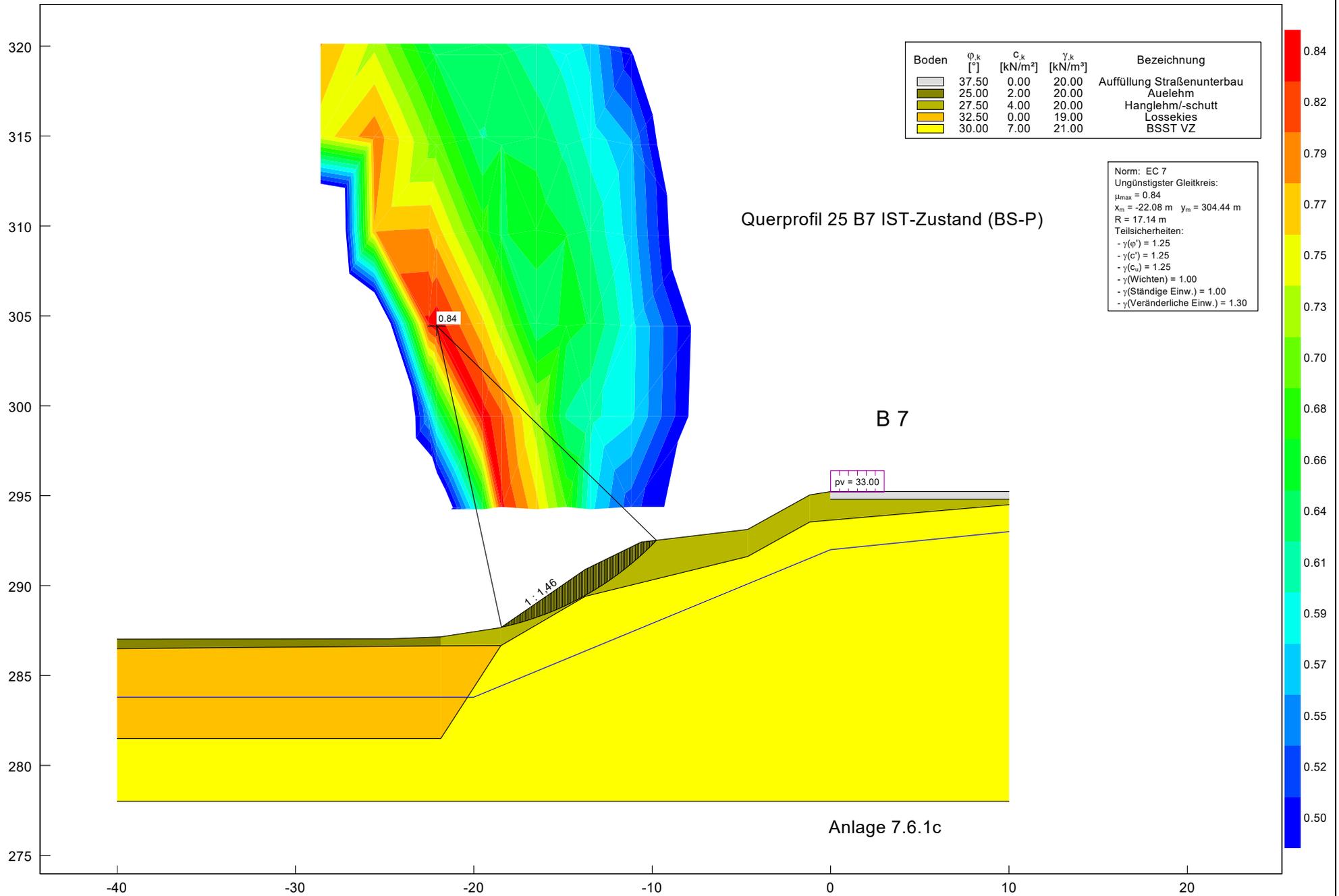
Anlage 7.6.1a

-40 -30 -20 -10 0 10







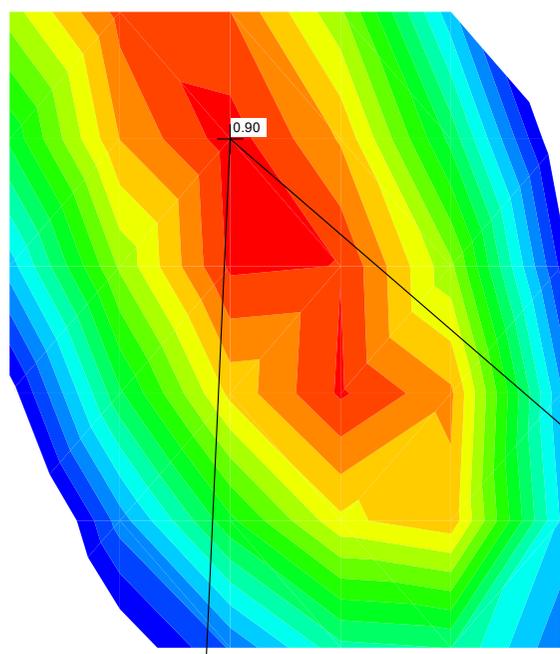


Querprofil 13 B7 Volleinstau (BS-P)

310
305
300
295
290
285
280
275

289,80 mNN

-40 -30 -20 -10 0 10



Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
[Light Grey]	37.50	0.00	20.00	Auffüllung Gleisschotter
[Light Yellow]	27.50	4.00	20.00	Hanglehm/-schutt
[Yellow]	30.00	7.00	21.00	BSST VZ
[Dark Yellow]	25.00	2.00	20.00	Auelehm
[Orange]	32.50	0.00	19.00	Lossekies

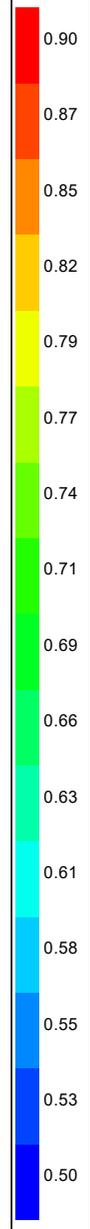
Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $H_{max} = 0.90$
 $x_m = -13.75$ m $y_m = 308.15$ m
 $R = 22.74$ m
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi) = 1.25$
 - $\gamma(c) = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

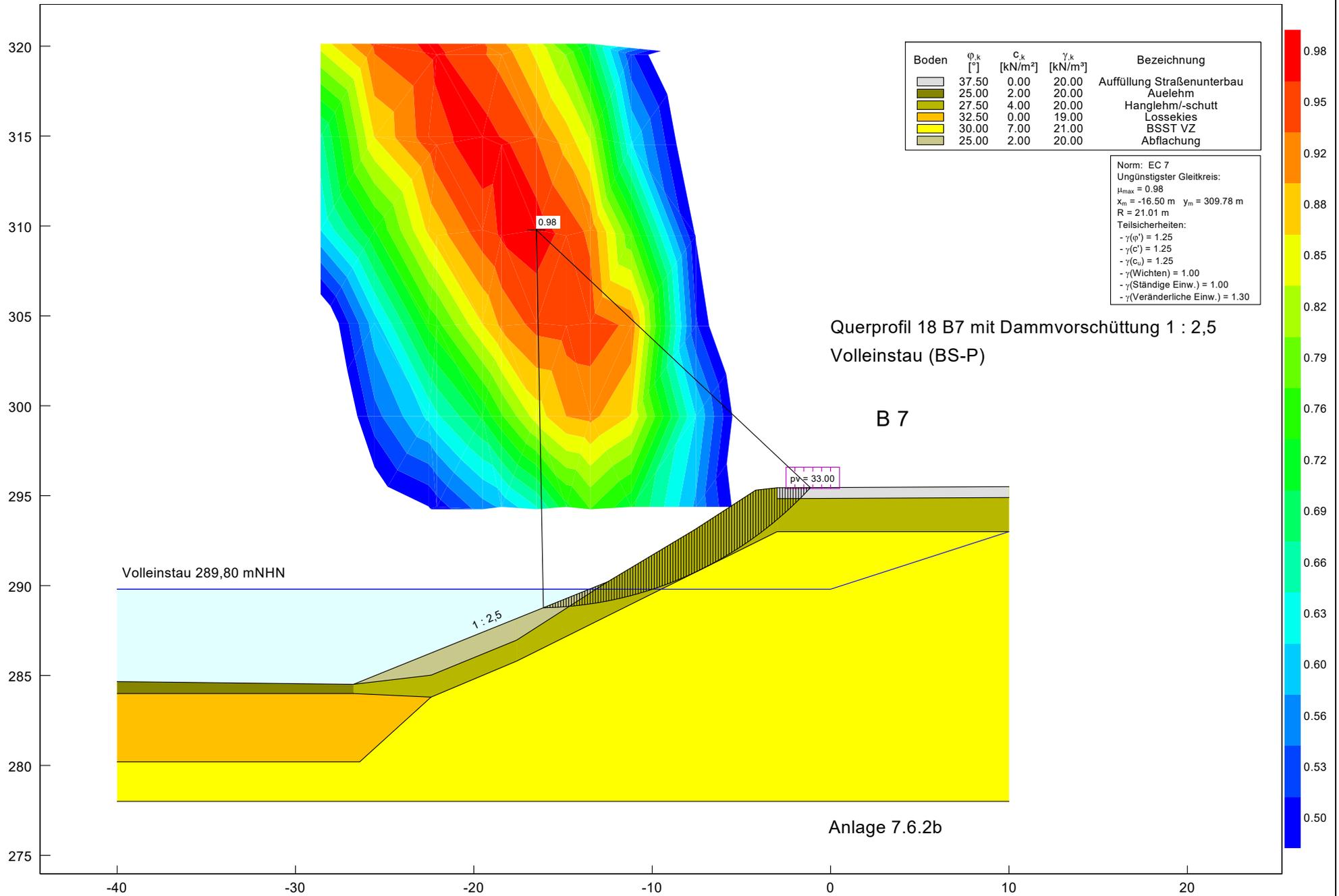
B 7

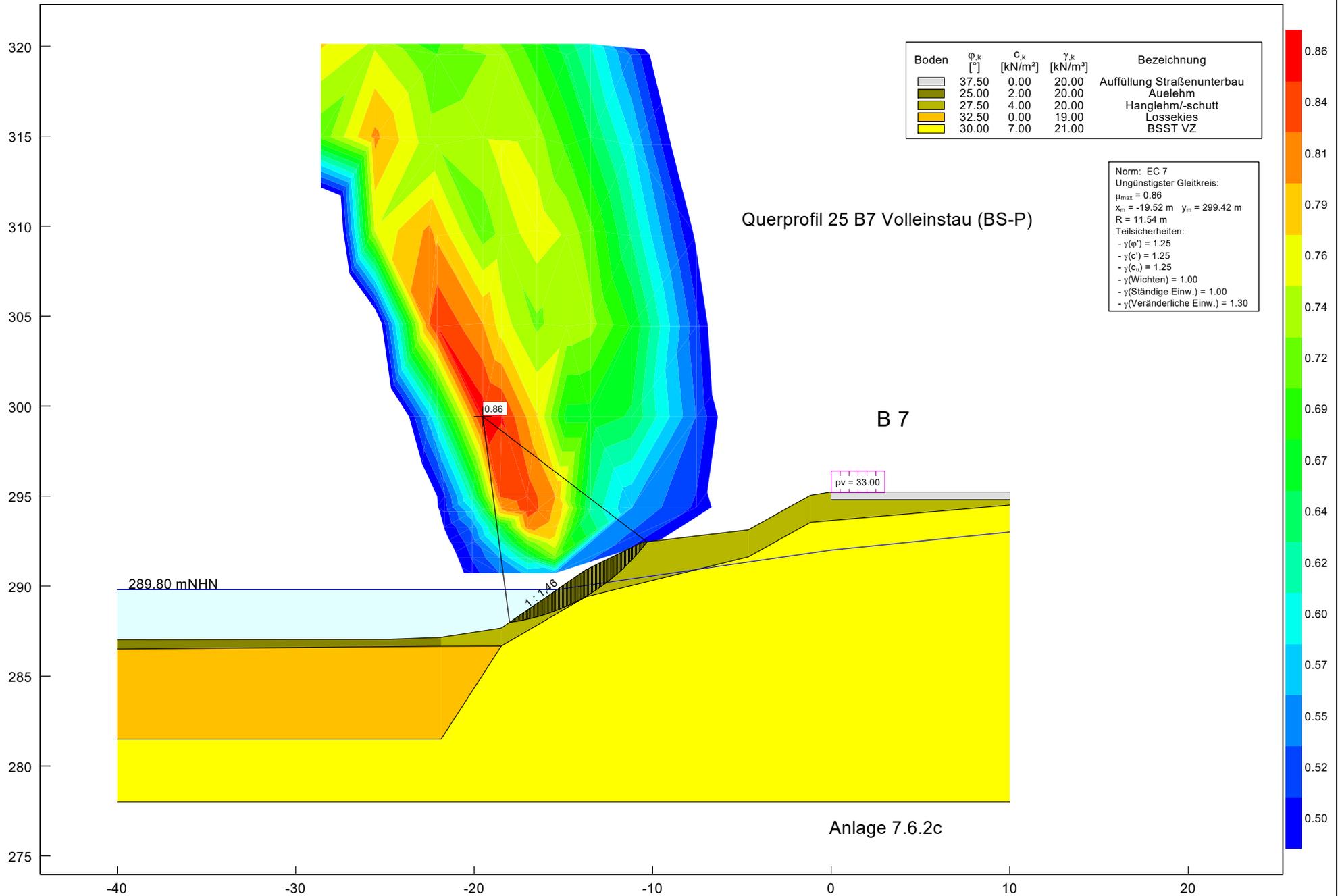
pv = 33.00 pv = 16.70

1:2 1:1.6

Anlage 7.6.2a







Querprofil 13 B7 Teileinstau (BS-P)

310
305
300
295
290
285
280
275

-40

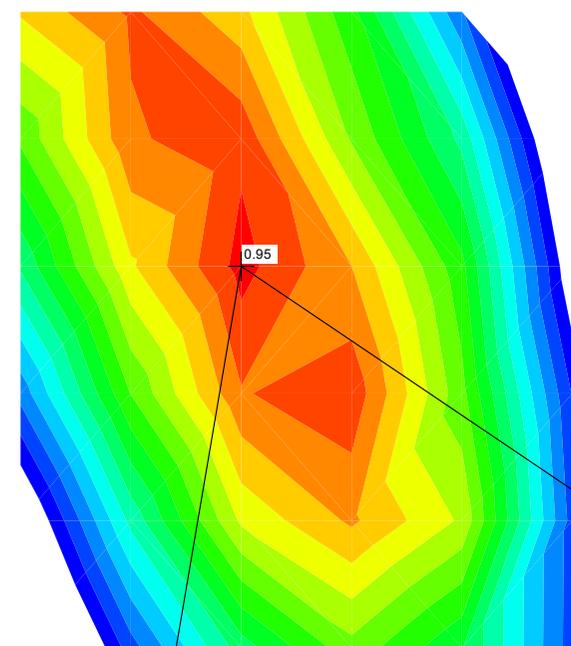
-30

-20

-10

0

10



Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
[Light Grey]	37.50	0.00	20.00	Auffüllung Gleisschotter
[Light Yellow]	27.50	4.00	20.00	Hanglehm/-schutt
[Dark Yellow]	30.00	7.00	21.00	BSST VZ
[Dark Green]	25.00	2.00	20.00	Auelehm
[Orange]	32.50	0.00	19.00	Lossekies

Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $H_{max} = 0.95$
 $X_m = -13.75$ m $y_m = 304.26$ m
 $R = 19.60$ m
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi) = 1.25$
 - $\gamma(c) = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

B 7

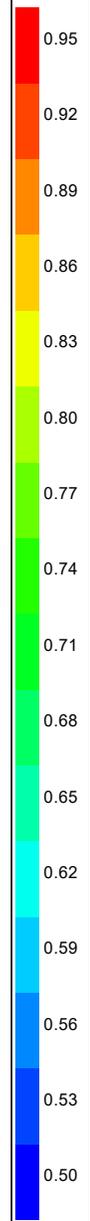
pv = 33.00

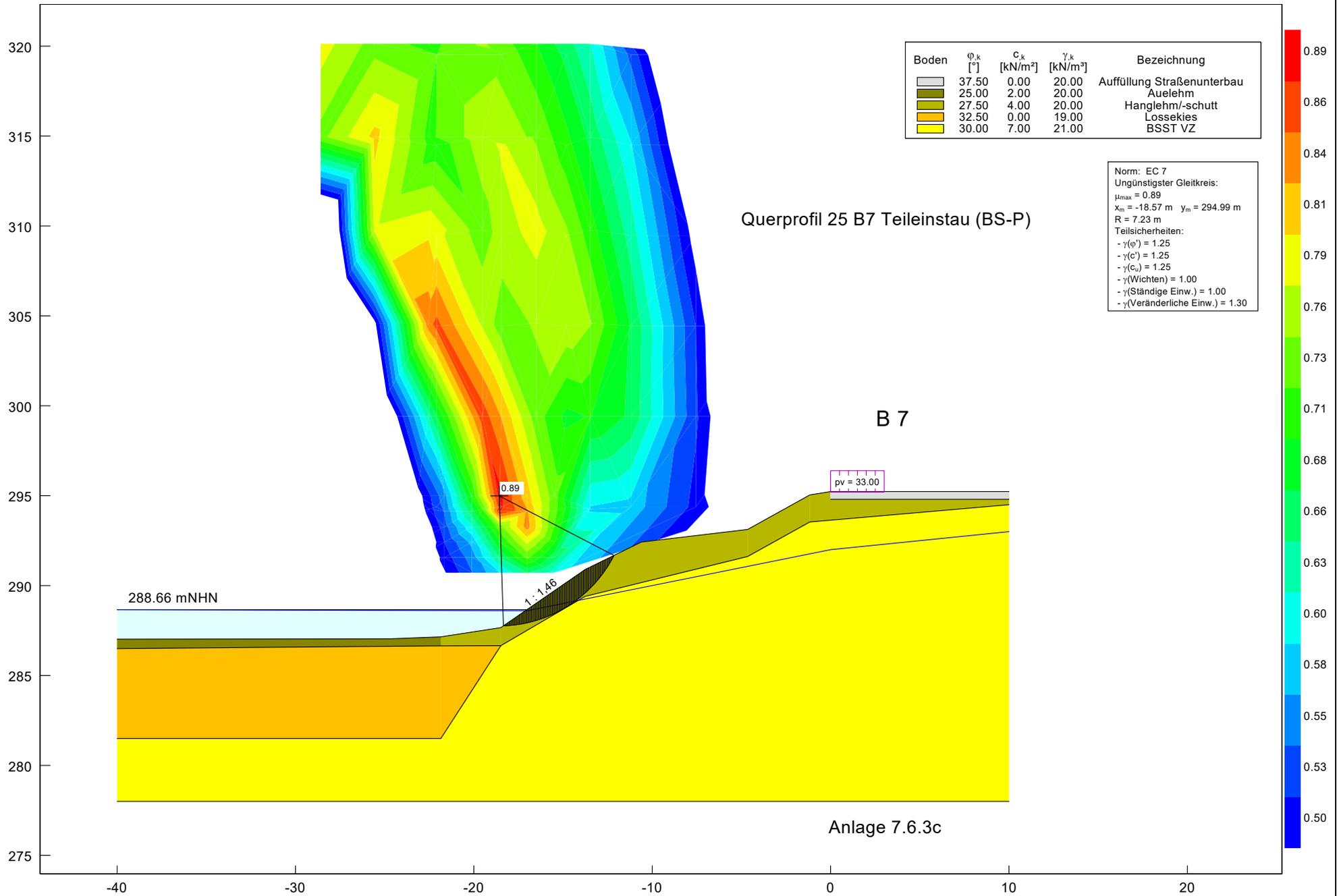
287,50 mNHN

1:2

1:1.6

Anlage 7.6.3a





Boden	ϕ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
	37.50	0.00	20.00	Auffüllung Straßenunterbau
	25.00	2.00	20.00	Auelehm
	27.50	4.00	20.00	Hanglehm/-schutt
	32.50	0.00	19.00	Lossekies
	30.00	7.00	21.00	BSST VZ

Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.89$
 $x_m = -18.57 \text{ m}$ $y_m = 294.99 \text{ m}$
 $R = 7.23 \text{ m}$
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\phi') = 1.25$
 - $\gamma(c') = 1.25$
 - $\gamma(c_u) = 1.25$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Querprofil 25 B7 Teileinstau (BS-P)

B 7

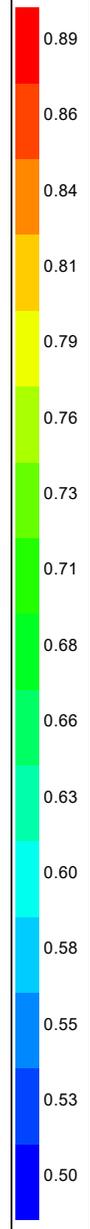
pv = 33.00

0.89

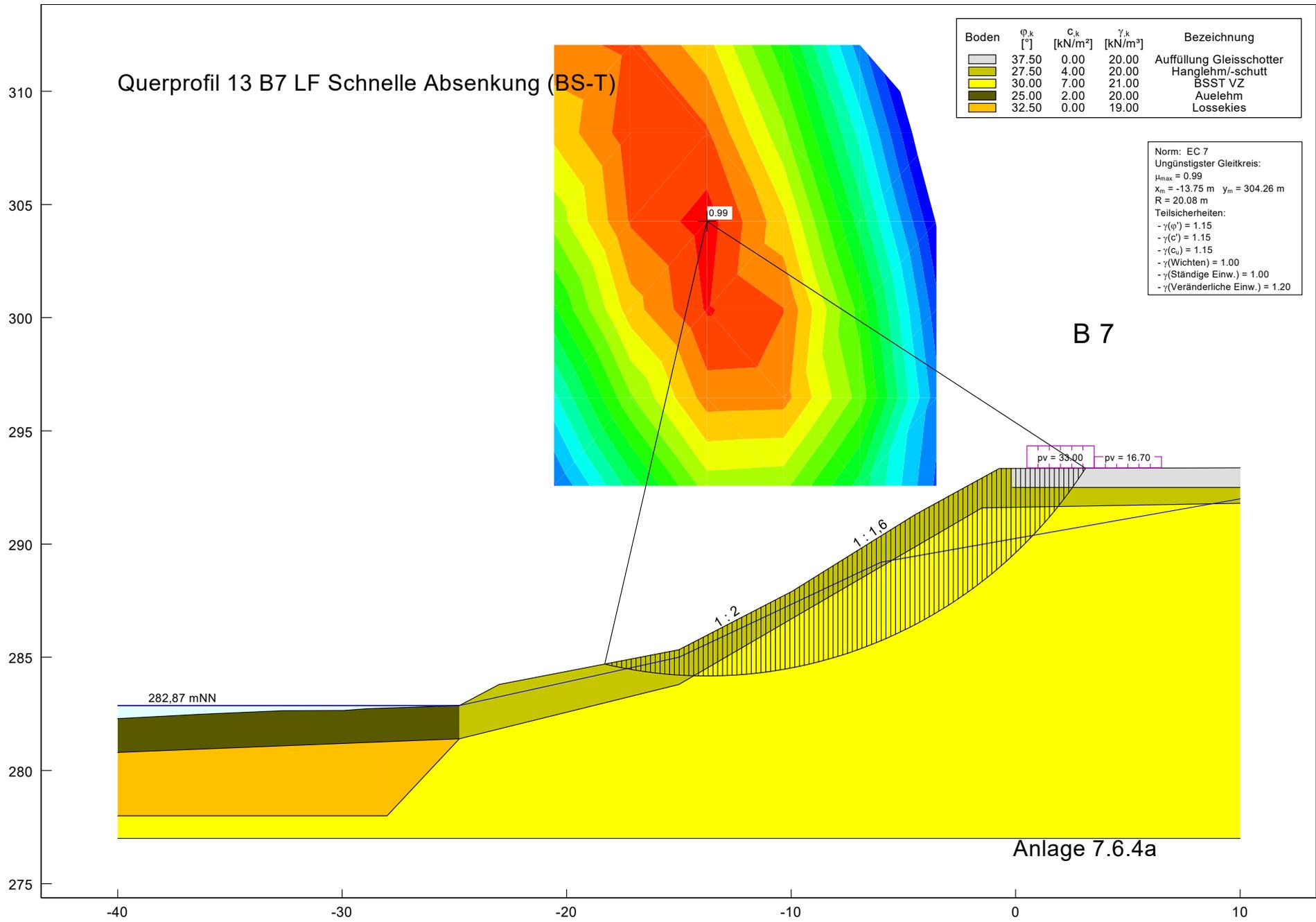
1 : 1.46

288.66 mNHN

Anlage 7.6.3c



Querprofil 13 B7 LF Schnelle Absenkung (BS-T)



Boden	φ_k [°]	c_k [kN/m ²]	γ_k [kN/m ³]	Bezeichnung
[Light Grey]	37.50	0.00	20.00	Auffüllung Gleisschotter
[Light Yellow]	27.50	4.00	20.00	Hanglehmschutt
[Dark Yellow]	30.00	7.00	21.00	BSST VZ
[Dark Green]	25.00	2.00	20.00	Auelehm
[Orange]	32.50	0.00	19.00	Lossekies

Norm: EC 7
 Ungünstigster Gleitkreis:
 $\mu_{max} = 0.99$
 $X_m = -13.75$ m $y_m = 304.26$ m
 $R = 20.08$ m
 Teilsicherheiten:
 - $\gamma(\varphi') = 1.15$
 - $\gamma(c') = 1.15$
 - $\gamma(c_u) = 1.15$
 - $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
 - $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.20$

