

**Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)  
Heimbach  
auf der Gemarkung Au  
der Verwaltungsgemeinschaft Hexental  
- Geotechnischer Bericht -**

**Auftraggeber:**

Verwaltungsgemeinschaft Hexental  
vertreten durch: Rathaus Merzhausen  
Friedhofweg 11  
79249 Merzhausen

**Unsere Auftragsnummer:**

21196/K-S-Ki

**Bearbeiter:**

Herr Dr. von Kuhlberg / Herr Kiefer

**Ort, Datum:**

Kirchzarten, 30. November 2022/K-Ki

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Veranlassung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Unterlagen</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Baugrund</b>	<b>5</b>
3.1	Baugrunderkundung	5
3.1.1	Geotechnische Untersuchungen	5
3.1.2	Umwelttechnische Untersuchungen	6
3.2	Geländeverlauf und Untergrundaufbau	8
3.3	Geotechnische / Umwelttechnische Einstufung und Bodenkennwerte	13
3.4	Wasserverhältnisse	13
3.5	Aggressivität des Grundwassers	15
3.6	Erdbeben	15
<b>4</b>	<b>Geotechnische Beratung</b>	<b>17</b>
4.1	Baumaßnahme	17
4.2	Geotechnische Kategorie	17
4.3	Absperrdamm	17
4.4	Erdbau	21
4.5	Durchlassbauwerk	22
4.6	Seitliche Beckenböschungen	24
4.7	Verwendung des Aushubmaterials	25
4.7.1	Geotechnische Hinweise	25
4.7.2	Umwelttechnische Hinweise	26
<b>5</b>	<b>Statische und hydraulische Sicherheit</b>	<b>28</b>
5.1	Grundlagen und Annahmen	28
5.2	Bemessungsergebnisse	30
5.2.1	Ergebnisse für den Absperrdamm	30
5.2.2	Ergebnisse für die südliche Beckenböschung (Talböschung)	31
5.3	Hydraulische Sicherheit	31
<b>6</b>	<b>Vorschlag für weitere Maßnahmen</b>	<b>32</b>
<b>7</b>	<b>Geotechnische Begleitung der Baumaßnahme</b>	<b>32</b>
<b>8</b>	<b>Schlussbemerkungen</b>	<b>33</b>

# Anlagenverzeichnis

## 1 Lagepläne

- 1.1 Übersichtslageplan
- 1.2 Lageplan

## 2 Ergebnisse der Baugrunderkundung

- 2.1 schematisch in Schnitt A-A (Längsschnitt Damm) übertragen
- 2.2 schematisch in Schnitt B-B (QP 0+020) übertragen
- 2.3 schematisch in Schnitt C-C übertragen
- 2.4 schematisch in Schnitt D-D übertragen

## 3 Laborversuche

- 3.1 Tabellarische Zusammenstellung
- 3.2.1 ff. Korngrößenverteilungen
- 3.3.1 ff. Konsistenzversuche
- 3.4 Bestimmung des organischen Anteils
- 3.5 Wassergehalte

## 4 Abschätzung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes $k$

- 4.1 Abschätzung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes durch Versickerungsversuch im Schurf SCH5
- 4.2 Abschätzung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwertes durch Versickerungsversuch im Schurf SCH6

## 5 Maßgebende Angaben zu Homogenbereichen und Bodenkenngrößen

- 5.1 Maßgebende Angaben zu Bodenschichten/Homogenbereichen
- 5.2 Maßgebende Angaben zu Bodenkenngrößen (charakteristische Werte)

## 6 Erdstatische Berechnungen

- 6.0 Bemessungsschnitt / Regelprofil (Dammquerschnitt 0+020)
- 6.1 Übersicht der Ergebnisse der Böschungsbruchberechnungen (Absperrdamm)
- 6.2-6.7 Böschungsbruchberechnungen, Wasserseite
- 6.8-6.10 Böschungsbruchberechnungen, Luftseite
- 6.11 Büro für Böschungsbruchberechnungen, südlicher Talhang

## 7 Fotodokumentation der Rammkernbohrungen

## Anhang

- A Unterlagen zur orientierenden Schadstoffuntersuchung (Aufsteller: solum, büro für boden + geologie, Freiburg)
- B Allgemeine Hinweise für den Umgang mit Erdaushub (Aufsteller: solum, , Freiburg)

## 1 Veranlassung

Südlich von Au soll das Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Heimbach neu gebaut werden. Die Projektplanung liegt bis zum jetzigen Planungsstand in den Händen der BIT Ingenieure AG, Standort Freiburg. Die Ingenieurgruppe Geotechnik, Kirchzarten, wurde durch die Bauherrschaft auf Grundlage des Angebotes vom 21.06.2021 beauftragt, für die geplante Baumaßnahme geotechnische Leistungen zu erbringen.

Hierbei sollen insbesondere der Baugrund erkundet und eine geotechnische / dammbautechnische Beratung (u. a. für das Durchlassbauwerk sowie den Erddamm) durchgeführt werden. Ferner soll auch die Beurteilung der beim Aushub des Durchlassbauwerks anfallenden Aushubmaterialien in Hinblick auf ihre Eignung als Dammbaumaterial enthalten sein.

Eine orientierende Schadstoffuntersuchung war ebenfalls Bestandteil der Beauftragung. Die umwelttechnischen Leistungen wurden von solum, büro für boden + geologie, Freiburg, erbracht.

## 2 Unterlagen

- **BIT Ingenieure AG, Freiburg:**
  - [U1] Lageplan, Stand: 25.05.2021
  - [U2] Querschnitte des Absperrdamms, Stand: 25.01.2021
  - [U3] Querschnitte des Beckens, Stand: 11.09.2020
  - [U4] Lageplan Absteckung Erkundungen inkl. Höhenangaben der Erkundungspunkte, per E-Mail erhalten am 19.05.2022
  - [U5] Angaben zum HRB Heimbach, z. B. Beckenklassifizierung, per E-Mail erhalten am 30.06.2022
- **Weiß Ingenieure, Freiburg:**
  - [U6] Hochwasserschutz Hexental – Hochwasserrückhaltebecken Standort Heimbach, Dokument-Nr. 12775X002, Geotechnische Standortbeurteilung vom 21.03.2013
- **solum, büro für boden + geologie, Freiburg:**
  - [U7] Orientierende Schadstoffuntersuchung, per E-Mail vom 25.11.2022, s. Anhänge A + B
- **LBA Luftbildauswertung GmbH, Stuttgart:**
  - [U8] Luftbildauswertung auf Kampfmittelbelastung, Hochwasserrückhaltebecken Heimbach, Au vom 21.10.2020, per E-Mail erhalten am 15.09.2021

- **Bohrunternehmung Drillexpert GmbH, Teningen-Nimburg:**
  - [U9] Handschriftliche Schichtenverzeichnisse der Bohrungen BK1 – BK3
- **Ingenieurgruppe Geotechnik, Kirchzarten:**
  - [U10] Protokolle von Ortsbesichtigungen und Besprechungen
  - [U11] Geotechnische Berichte zu Bauvorhaben in der näheren Umgebung
  - [U12] Honorarangebot zum Bauvorhaben, 21.06.2021
  - [U13] Allgemeine geotechnische Unterlagen aus unserem Archiv (z. B. geologische und hydrogeol. Karten)
- **Literatur:**
  - [U14] Arbeitshilfe zum Nachweis der Erdbebensicherheit von Hochwasserrückhaltebecken und Talsperren, LUBW, Stand Nov. 2016
  - [U15] Arbeitshilfe zur DIN 19700 für Hochwasserrückhaltebecken, LUBW, Stand Sept. 2007

## 3 Baugrund

### 3.1 Baugrunderkundung

#### 3.1.1 Geotechnische Untersuchungen

Vor Erkundung des Baugrundes wurden die Unterlagen aus dem Archiv der Ingenieurgruppe Geotechnik und [U6] ausgewertet.

Für den Erkundungsbereich erfolgte eine Luftbildauswertung hinsichtlich Kampfmittel durch die LBA Luftbildauswertung GmbH, Stuttgart [U8]. Es besteht kein Kampfmittelverdacht.

Der Schichtenaufbau wurde am 17. und 18.05.2022 stichprobenartig durch vier 1,8 m bis 4,0 m tiefe **Kleinrammkernbohrungen (d = 40 mm - 80 mm)** sowie im Zeitraum vom 23. bis 25.05.2022 durch drei jeweils 9,0 m tiefe **Kernbohrungen (d ≥ 178 mm, s. [U9])** erkundet. Zudem wurden am 17.05.2022 sechs ca. 1,4 m bis 3,4 m tiefe **Baggerschürfe** u. a. zur Erkundung der Zusammensetzung des oberflächennahen Untergrundes in der südlichen Steilböschung und der Wasserverhältnisse im Talgrund ausgeführt. Aus Standsicherheitsgründen der steilen südlichen Talböschung war eine Tieferführung der hier liegenden Schürfe SCH1

und SCH2 nicht möglich. In den Baggerschürfen SCH5 und SCH6 wurden Versickerungsversuche zur Abschätzung der Durchlässigkeit der wasserführenden Erdstoffe im Talgrund durchgeführt.

Ergänzend wurden sieben **Sondierungen mit der Schweren Rammsonde DPH-15** bis in Tiefen zwischen 2,0 m und 7,5 m zur Ermittlung der Lagerungsdichte der Erdstoffe und in Hinblick auf einen ggf. tiefer reichenden Baugrundaufschluss durchgeführt.

Die Bohrungen und Schürfe wurden nach geologischen und bodenmechanischen Kriterien in Anlehnung an DIN EN ISO 14688 (Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden) aufgenommen. Die Ansatzpunkte der Baugrundaufschlüsse wurden von BIT Ingenieure, Freiburg, nach Lage und Höhe im Gelände eingemessen [U4].

Im Lageplan der Anlage 1.2 sind die Ansatzpunkte der Untergrundaufschlüsse angegeben. Die Erkundungsergebnisse sind im Anlagenteil 2 dargestellt.

An kennzeichnenden Erdstoffproben aus den Bohrungen und Schürfen wurden **Laborversuche** zur geotechnischen Klassifizierung und zur Festlegung von Bodenkennwerten ausgeführt (tabellarische Zusammenstellung, s. Anlage 3.1, Korngrößenverteilungen, s. Anlage 3.2.1 ff., Konsistenzgrenzen, s. Anlage 3.3.1 ff., Bestimmung des Organischen Anteils, s. Anlage 3.4, Wassergehalte, s. Anlage 3.5).

Die Sondierungen RS5 und RS6 wurden zu bauzeitlichen Grundwassermessstellen ausgebaut. Hier erfolgten **Stichtagsmessungen** zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung. Spätere Messungen waren nicht mehr möglich, da die Messstellen nicht mehr auffindbar waren (vermutlich Beschädigung durch landwirtschaftliche Arbeiten).

Die Entnahme einer Grundwasserprobe aus einer der Kernbohrungen zur Untersuchung hinsichtlich betonangreifender Anteile nach DIN 4030, Teil 2 (Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase) war nicht möglich, da bis zur Bohrendtiefe kein freies Wasser festgestellt wurde.

### 3.1.2 Umwelttechnische Untersuchungen

Aus den entnommenen Proben wurden durch solum, büro für boden + geologie, Freiburg, entsprechende Mischproben erstellt, um die orientierende Schadstoffuntersuchung vorzunehmen (siehe Anhang A). Eine historische Recherche für das Baugrundstück wurde nicht durchgeführt. Hinsichtlich der Zusammensetzung und der umwelt- und abfallrechtlichen Einstufung können folgende Schichten unterschieden werden:

Tabelle 1: Probenmanagement (Verzeichnis der Analyseproben)

Homogenbereich	Material	Probe	Tiefe [m]	Bezeichnung Einzelproben	Analysenumfang
Oberboden	Schluff, sandig	MP1	0,00-0,30	BS1,BP1: 0,00-0,18 BS2,BP1: 0,00-0,13 BS3,BP1: 0,00-0,20 BS4,BP1: 0,00-0,18 BK2,BP1: 0,00-0,10 SCH1: 0,00-0,10 SCH2: 0,00-0,10 SCH3: 0,00-0,10 SCH4: 0,00-0,10 SCH5: 0,20-0,30 SCH6: 0,00-0,10	Schwermetalle, Arsen, PAK, pH-Wert
Auffüllung	Schluff, sandig	MP2	0,00-2,60	BS2,BP2: 0,18-0,38 BS2,BP3: 0,50-0,90 BK1,BP1: 0,70-0,90 BK1,BP2: 2,30-2,60 BK3,BP1: 0,00-0,30 BK3,BP2: 1,20-1,40 SCH6: 0,30-0,40	PAK, Schwermetalle, Arsen
Decklage	Schluff, sandig	MP3	0,22-2,60	BS1,BP2: 0,22-0,48 BS1,BP4: 0,80-1,00 BS2,BP4: 1,05-1,45 BS2,BP6: 1,85-2,05 BS2,BP7: 2,20-2,60 BS3,BP2: 0,25-0,65 BS3,BP3: 0,80-1,20 BS3,BP4: 1,50-2,00 BS4,BP2: 0,25-0,55 BS4,BP3: 0,70-1,00 BS4,BP4: 1,20-1,60 SCH1: 0,50-0,70 SCH2: 0,70-0,90 SCH2: 1,00-1,10 SCH2: 1,10-1,30 SCH3: 0,60-0,70 SCH4: 0,30-0,40 SCH4: 0,90-1,00 SCH4: 1,30-1,50 SCH5: 0,60-0,70 SCH5: 1,20-1,30	Schwermetalle, Arsen
Verwitterungszone	Kies, sandig	MP4	0,70-3,80	BS1,BP5: 1,02-1,28 BS2,BP9: 3,30-3,60 BS3,BP5: 2,50-3,00 BS4,BP5: 1,80-2,30 BS4,BP6: 2,60-3,10 BS4,BP7: 3,40-3,80 BK2,BP2: 0,70-0,90 BK2,BP3: 1,60-2,00 SCH3: 1,00-1,20 SCH5: 2,60-2,70 SCH6: 1,00-1,20 SCH6: 2,10-2,20 SCH6: 2,90-3,00	Schwermetalle, Arsen
Ton und Torf	Ton, torfig	P5	0,70-0,90	SCH3: 0,70-0,90	Vorsorgewerte BBodSchV, Arsen, TOC

Die Einstufung und Bewertung der Untersuchungsergebnisse erfolgt nach folgenden Schriften:

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung, Berlin, 1999
- Umweltministerium Baden-Württemberg (Hrsg): Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial (VwV Boden), Stuttgart, 2007

- Umweltministerium Baden-Württemberg: Anwendung der VwV Boden bei großflächig erhöhten Schadstoffgehalten; Az.: 5-8982.31/6, vom 27. Juli 2016
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg: Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit, Stuttgart, 04.12.2018
- Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Abfall: Technische Hinweise zur Einstufung von Abfällen nach ihrer Gefährlichkeit, Berlin, 04.12.2018

### 3.2 Geländeverlauf und Untergrundaufbau

Der planmäßige Standort des Hochwasserrückhaltebeckens (HRB) Heimbach liegt westlich des südlichen Ortsausgang von Au zwischen den Zuwegungen Heidenweg und Unterer Burghof. Der aus südwestlicher Richtung kommende Heimbach verläuft im Talgrund und ist im Bereich des geplanten Standorts des HRB verdolt. Ferner verlaufen im Talgrund Dränleitungen (s. SCH6 in Anlage 2.2), nicht mehr in Betrieb befindliche Gußleitungen (ggf. Dränleitungen [U10]) sowie eine Quelleitung. Die Trassen dieser Leitungen sind nicht bekannt.

Das Tal verläuft ungefähr in nordöstlicher Richtung und ist im Projektareal überwiegend mit Gras (landwirtschaftlich genutzte Wiesenflächen) bewachsen.

Die südliche Talflanke ist vergleichsweise steil ausgebildet (Böschungswinkel i. M. ca. 34°). An der nördlichen Talflanke weist die Geländeoberfläche eine deutlich flachere Neigung auf (Böschungswinkel i. M. ca. 18°).

Nach der geologischen Karte von Baden-Württemberg (Blatt 8012, Freiburg im Breisgau - SW) stehen im Untersuchungsbereich Paragneise (Bezeichnung: pg) an, die von jungen, ungegliederten Talfüllungen (Bezeichnung: qj) überlagert werden. Die nach der o. g. geologischen Karte im Untersuchungsbereich vorzufindenden Untergrundverhältnisse wurden dem Grunde nach durch die Untergrundaufschlüsse bestätigt.

Nach den Befunden aus den durchgeführten Untergrundaufschlüssen wird der oberflächennahe Untergrund im Baubereich überwiegend durch **Umlagerungsbildungen** und eine **Verwitterungszone** aufgebaut. Hierbei handelt es sich zumeist um kiesige bis stark kiesige, schwach schluffige bis schluffige Sande (nach den durchgeführten Siebanalysen u. a. Bodenarten SU und SU\* nach DIN 18196, s. Anlagen 3.2.1 ff.) und um sandige bis stark sandige, schwach schluffige bis schluffige Kiese, die insbesondere im Talgrund wechselnde Steinanteile aufweisen (nach den durchgeführten Siebanalysen u. a. Bodenarten GU und GU\* nach DIN 18196, s. Anlagen 3.2.1 ff.), wobei zwischengelagerte Schluff-/Tonlinsen vorhanden sind (s. Anlagenteil 2). Je nach Feinkornanteil und Zusammensetzung der vorhandenen Böden ist mit stark unterschiedlichen Wasserdurchlässigkeiten zu rechnen. Die Durchlässigkeitsbeiwerte betragen auf der Grundlage der Auswertung von Sieblinien und Erfahrungswerten bzw.



der Auswertung der Versickerungsversuche ca.  $1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s} \leq k_f \leq 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$  (siehe u. a. Anlagen 4.1 und 4.2).

Die Verwitterungs-/Umlagerungsbildungen werden von jungen Talfüllungen (**Decklage**) überlagert, welche überwiegend aus Ton-Schluff-Gemischen, örtlich auch aus Sanden und Sand-Ton-Gemischen bestehen, die häufig Beimengungen von Kies enthalten. Lokal wurden Torflinsen/-lagen festgestellt. Die Decklage weist eine wechselhafte Mächtigkeit zwischen nur wenigen Dezimetern und ca. 2,7 m auf. Örtlich ist die Decklage nicht vorhanden (siehe z. B. SCH6, Anlage 2.2). Je nach Wassergehalt weisen feinkörnige Erdstoffe der Decklage eine wechselnd überwiegend weiche bis steife Konsistenz auf (s. Anlagen 3.3.1 bis 3.3.4). Erfahrungsgemäß sind die feinkörnigen Materialien der Decklage nur sehr gering wasserdurchlässig ( $k_f < 10^{-8} \text{ m/s}$ ). Lokale gemischtkörnige Zwischenlagen (verschlufte Sande) weisen wesentlich höhere Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von ca.  $1 \cdot 10^{-7} \text{ m/s} \leq k_f \leq 1 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$  auf.

In Teilbereichen des Untersuchungsgebietes sind oberflächennah künstliche **Auffüllungen** vorhanden, die i. d. R. eine Mächtigkeit von bis zu einigen Dezimetern aufweisen und in denen auch ehemalige (Drän-)Leitungen verlaufen. Im Bereich der an den Böschungsköpfen der seitlichen Beckenböschungen vorhandenen Wege reichen die Auffüllungen jedoch wesentlich tiefer (bis zu ca. 2,8 m unter derzeitige GOF (u. a. BK1/RS1), s. Anlage 2.1). Aller Voraussicht nach handelt es sich dabei um im Zuge des Wegebaus bzw. der Verlegung von u. a. Wasserleitungen eingebaute Materialien. Die Auffüllungen sind sehr wechselhaft zusammengesetzt und sind lokal als vergleichsweise wasserdurchlässig einzustufen (Durchlässigkeitsbeiwerte je nach Kornzusammensetzung ca.  $1 \cdot 10^{-8} \text{ m/s} \leq k_f \leq 5 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ ).

Der **Tiefere Untergrund** wird im Untersuchungsgebiet durch Paragneise aufgebaut. Die Oberkante des angewitterten/unverwitterten Gneises wurde im Zuge der Baugrunderkundung bis zur Endtiefe der Kernbohrungen von 9 m nicht angetroffen. Ein Umstellen auf das Rotationsbohrverfahren war nicht erforderlich, d. h. die Verwitterungszone des Gneises wurde beim Bohren durchrammt. Erfahrungsgemäß ist davon auszugehen, dass der Verwitterungsgrad des Gneises mit zunehmender Tiefe abnimmt. Bei dem verwitterten Material des **stark verwitterten bis zersetzten Gneises** handelt es sich meist um schwach schluffige bis schluffige Kies-Sand-Gemische mit lokal unterschiedlichen Steinanteilen (u. a. GU nach DIN 18196, s. Anlagen 3.2.1 ff.; auf der Grundlage von Sieblinien und Erfahrungswerten abgeschätzte Durchlässigkeitsbeiwerte: ca.  $1,0 \cdot 10^{-9} \text{ m/s} \leq k_f \leq 1,0 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ ).

Das aus den Baugrundaufschlüssen abgeleitete Baugrundmodell ist im Anlagenteil 2 dargestellt. In den Aufschlüssen wurde folgender Aufbau von Bodenschichten / Homogenbereichen festgestellt:

▸ **Mutterboden / Oberboden**

Schichtunterkante:	ca. 0,1 bis 0,25 m u. GOF
Umwelttechnische Beurteilung:	Oberboden ist geschützt und wiederzuverwenden. Die Probe hält die Vorsorgewerte nach BBodSchV (1999) ein. Umweltgefährdungen werden nicht angenommen. Zur abfallrechtlichen Orientierung kann das Material hilfsweise nach VwV Boden (2007) mit dem Zuordnungswert Z0 eingestuft werden.

▸ **Auffüllung**

Schichtunterkante:	i. d. R. ca. 0,3 bis 1,0 m u. GOF; am Kopf der seitlichen Böschungen (talseitiger Wegrand) bis ca. 2,8 m u. GOF aufgeschlossen; lokal tiefer möglich
Zusammensetzung:	<b>Schluff</b> , schwach sandig bis stark sandig, schwach tonig, einzelne Kiesgerölle bis schwach kiesig, lokal einzelne Steine, nicht bis schwach durchwurzelt, Ziegelbruchstücke, Keramikreste; <b>Ton</b> , schluffig, schwach sandig, Kohlereste; <b>Sand</b> , schwach schluffig bis schluffig, nicht kiesig bis kiesig, einzelne Steine, Ziegelbruchstücke; <b>Kies</b> , sandig, schluffig, einzelne Steine, Ziegelbruchstücke; lokal auch <b>Steine</b> , kiesig, schwach sandig, schwach schluffig, Rohrreste
Lagerungsdichte/Konsistenz:	sehr locker bis locker, lokal mitteldicht möglich bzw. steif
Farbe:	hellbraun, beige bis braun, graubraun, rotbraun
Geotechnische Beurteilung:	Das Material ist gering bis sehr wasser- und frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F2 bis F3 nach ZTVE-StB17) sowie unterschiedlich stark zusammendrückbar.
Umwelttechnische Beurteilung:	Die Probe wird nach VwV Boden (2007) mit Z0 eingestuft. Umweltgefährdungen werden nicht angenommen.

▸ **Decklage**

Schichtunterkante:	ca. 0,5 bis 2,7 m u. GOF
Zusammensetzung:	<p><b>Schluff</b>, schwach tonig bis stark tonig, schwach sandig bis stark sandig, einzelne Kiesgerölle bis schwach kiesig, lokal durchwurzelt, schwache organische Beimengungen, Holz- und Wurzelreste;</p> <p><b>Ton</b> (u. a. TL/ST, TM, TA nach DIN 18196; s. Anlage 3.3.1 ff), nicht sandig bis stark sandig, schwach schluffig bis stark schluffig, einzelne Kiesgerölle;</p> <p><b>Sand</b> (u. a. SU* nach DIN 18196, s. Anlage 3.1), schluffig, schwach kiesig bis kiesig, schwach tonig;</p> <p><b>Sand und Ton</b>, schwach schluffig bis schluffig; lokal bei SCH3: <b>Ton</b>, torfig und <b>Torf</b></p>
Konsistenz:	i. d. R. weich bis steif
Farbe:	hellbraun bis graubraun, beigebraun, braun
Geotechnische Beurteilung:	Das Material ist sehr wasser- und frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F3 nach ZTVE-StB17) und weist eine vergleichsweise geringe Scherfestigkeit sowie relativ große Zusammendrückbarkeit auf.
Umwelttechnische Beurteilung:	<p><b>Ton / Schluff:</b> Die Probe MP3 (s. Tabelle 1, S. 7) wird nach VwV Boden (2007) mit Z0 eingestuft. Umweltgefährdungen werden nicht angenommen.</p> <p><b>Ton und Torf:</b> Die Probe P5 (s. Tabelle 1, S. 7) hält die Vorsorgewerte nach BBodSchV (1999) ein. Umweltgefährdungen werden nicht angenommen.</p> <p>Zur abfallrechtlichen Orientierung kann das Material hilfsweise nach VwV Boden (2007) mit dem Zuordnungswert Z0 eingestuft werden.</p>

▸ **Umlagerungsbildung / Verwitterungszone**

Schichtunterkante:	ca. 1,7 bis 7,0 m u. GOF, bereichsweise auch tiefer möglich, da die Erdstoffe der Umlagerungsbildung / Verwitterungszone den unterlagernden Verwitterungsprodukten des Festgesteins sehr ähnlich sind bzw. in diese übergehen; im Bereich der seitlichen Böschungen z. T. nicht vorhanden
--------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

- Zusammensetzung: **Sand** (u. a. SU, SU\* nach DIN 18196, s. Anlage 3.1), schwach kiesig bis stark kiesig, schwach schluffig bis schluffig, lokal tonig, lokal Holzreste;  
**Kies** (u. a. GU, GU\* nach DIN 18196, s. Anlage 3.1), schwach sandig bis stark sandig, schwach schluffig bis schluffig, lokal nicht schluffig, lokal schwach tonig, einzelne Steine bis lokal steinig, lokal Holzreste, oberflächennah durchwurzelt  
Erfahrungsgemäß können auch Blöcke in den Erdstoffen der Umlagerungsbildung / Verwitterungszone eingelagert sein.
- Lagerungsdichte: überwiegend mitteldicht bis dicht; bereichsweise insbesondere im oberen Bereich sehr locker bis locker
- Farbe: graubraun, rötlich braun, beigebraun, hellbraun, schwarzgrau bis dunkelgrau
- Geotechnische Beurteilung: Das Material ist mittel bis sehr wasser- und frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F2 bis F3 nach ZTVE-StB17) und weist i. d. R. eine mittlere bis hohe Scherfestigkeit sowie eine mittlere bis geringe Zusammendrückbarkeit auf.
- Umwelttechnische Beurteilung: Die Probe weist Anreicherungen mit Arsen, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink auf. Maßgeblich für die Einstufung nach VwV Boden (2007) ist der Arsengehalt. Die Probe wird mit dem Zuordnungswert Z0\* eingestuft.  
Hinweis: Mit einer ergänzenden Eluatanalyse ist ggf. eine bessere Einstufung möglich. Das Ergebnis wird nachgereicht. Umweltgefährdungen werden weitgehend ausgeschlossen.
- **Gneis, stark verwittert bis zersetzt**
- Schichtunterkante: nicht festgestellt, tiefer als ca. 9 m u. GOF (maximale Erkundungstiefe)
- Zusammensetzung: **Gneis**, stark verwittert bzw. zu Lockergestein zersetzt;  
Bohrgut: **Sand**, schwach kiesig bis kiesig, schwach schluffig bis schluffig, einzelne Steine;  
**Kies** (u. a. GU nach DIN 18196, s. Anlage 3.1), schwach bis stark sandig, schwach schluffig, lokal nicht

	schluffig, einzelne Steine bis schwach steinig, lokal steinig bis stark steinig;
	Anmerkung: Der Grad der Verwitterung nimmt erfahrungsgemäß tendenziell mit der Tiefe ab.
Lagerungsdichte:	erfahrungsgemäß dicht bis sehr dicht
Farbe:	grau bis graubraun, rötlich braun, hellgraubraun
Geotechnische Beurteilung:	Das Material ist je nach Feinkornanteil wasser- und frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F1 bis F3 nach ZTVE-StB17) und weist eine relativ hohe Scherfestigkeit sowie eine vergleichsweise geringe Zusammendrückbarkeit auf.
Umwelttechnische Beurteilung:	nicht untersucht

Die Oberfläche des angewitterten / unverwitterten Gneises wurde nicht aufgeschlossen. Lokal können angewitterte / unverwitterte Bereiche rippen-/nasenartig ausbeißen, d. h. auch in geringeren Tiefen vorhanden sein.

### 3.3 Geotechnische / Umwelttechnische Einstufung und Bodenkennwerte

Bei der Ausschreibung der Erd-/Bohrarbeiten kann von der Beschreibung in Kapitel 3.2 und der Einstufung in Anlage 5.1 ausgegangen werden. Bei erdstatischen Berechnungen kann von den in der Anlage 5.2 angegebenen mittleren charakteristischen Bodenkennwerten ausgegangen werden.

### 3.4 Wasserverhältnisse

**Allgemeine Angaben zu den Grundwasserverhältnissen:** Im Talgrund ist ein zusammenhängender Grundwasserspiegel (GWS) ausgebildet, dessen Grundwasserleiter die unterhalb der Decklage anstehenden überwiegend gemischtkörnigen, z. T. ggf. auch grobkörnigen Erdstoffe der Umlagerungsbildung / Verwitterungszone sind. Diese Erdstoffe weisen wegen ihrer wechselhaften Feinanteile unterschiedliche Durchlässigkeitsbeiwerte von grob geschätzt ca.  $1 \cdot 10^{-7}$  m/s bis  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s auf. Zwischengelagerte Bereiche mit höherem Feinkornanteil (Kornanteil mit  $d < 0,06$  mm > 15 M.%) können lokal als „Zwischenstauer“ wirken. Grundwasserstauende Schicht ist der unterlagernde stark verwitterte bis zersetzte Gneis, in dem jedoch lokal im Talgrund in Abhängigkeit des Verwitterungsgrades auch noch Grundwasser zirkuliert (vgl. SCH6) bzw. in den Talflanken Hangwasser dem Talgrund zutreten kann. Zudem können je nach den vorherrschenden Witterungsverhältnissen in der schwach bindigen bis bindigen

Decklage Schichtwässer vorhanden sein. Aufgrund der Überlagerung durch die feinkörnige Decklage herrschen bereichsweise gespannte Grundwasserverhältnisse vor bzw. sind auch flächig möglich. Bei höheren Wasserständen beispielsweise nach langanhaltender feuchter Witterung muss insbesondere in der Talsohle mit einem Anstieg der Druckhöhe des Grundwassers bis zur Geländeoberfläche gerechnet werden.

Das geplante HRB liegt nach den Wasserschutzgebietskarten der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (Stand: 21.11.2022) außerhalb von Wasserschutzgebieten. Eine aktuelle, flurstücksgenaue Überprüfung dieses Sachverhaltes ist durch die untere Wasserbehörde erforderlich.

**Festgestellte Grundwasserstände:** Zum Zeitpunkt der Untersuchungen wurden in den behelfsmäßigen Messstellen folgende Wasserstände vorgefunden:

Messstelle	Datum	Wasserspiegel [mNN]	Flurabstand [m]
RS5	17.05.2022	318,01	1,22
	18.05.2022	318,00	1,23
RS6	17.05.2022	315,77	0,95
	18.05.2022	315,73	0,99

Ferner wurden die Erdstoffe der Umlagerungsbildung / Verwitterungszone bei den Erkundungsarbeiten am 17.05.2022 in den folgenden Tiefen als sehr feucht bzw. nass angesprochen:

Untergrund-aufschluss	Tiefe u. GOF [m]	Ansprache
SCH3	1,0	nass
SCH5	1,8	sehr feucht - nass
SCH6	1,0	sehr feucht
BS1	1,0	nass
BS2	2,7	sehr feucht
BS3	2,3	sehr feucht

Nach Abgleich mit regionalen, durch das Landesamt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) aufgezeichneten Wasserständen herrschten großräumig im Mai 2022 unterdurchschnittliche Grundwasserstände mit weiter fallender Tendenz.

Zum Zeitpunkt der Berichtserstellung waren die bauzeitlichen Pegel (s. o.) nicht mehr vorhanden, sodass weitere Pegelmessungen nicht möglich waren.

**Grundwasserschwankung:** Aufgrund fehlender amtlicher hydrologischer Karten über die Wasserverhältnisse im Bereich des HRBs bzw. fehlender amtlicher Grundwassermessstellen ist die Angabe von gesicherten Grundwasserschwankungen nicht möglich.

Um den Schwankungsbereich des Grundwassers im späteren Abgrabungsbereichs für das Durchlassbauwerk besser abschätzen zu können und da die im Zuge der Baugrunderkundung installierten Pegel nicht mehr vorhanden sind (s. o.), empfehlen wir, neue bauzeitliche Pegel zu installieren und diese regelmäßig zu beobachten, insbesondere auch nach längeren Niederschlägen.

### 3.5 Aggressivität des Grundwassers

Die vorgesehene Entnahme einer Grundwasserprobe aus den Rammkernbohrungen durch die Bohrunternehmung war nicht möglich (s. o.).

Es wird empfohlen, im Zuge der weiteren Planung aus einer der neu hergestellten bauzeitlichen Grundwassermessstellen (s. o.) eine kennzeichnende Grundwasserprobe zu entnehmen und hinsichtlich betonangreifender Stoffe zu untersuchen.

### 3.6 Erdbeben

Gemäß der in Baden-Württemberg weiterhin bauaufsichtlich eingeführten DIN 4149 (Bauten in deutschen Erdbebengebieten - Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten, Ausgabe April 2005) sowie der dazugehörigen „Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg“ liegt das Bauvorhaben in der **Erdbebenzone 1** und es müssen zur Berücksichtigung des Einflusses von Erdbebenerstschütterungen folgende Werte angesetzt werden bzw. ist folgende Einstufung vorzunehmen:

- ▶ Bemessungswert der **Bodenbeschleunigung**:  $a_g = 0,40 \text{ m/s}^2$
- ▶ **Untergrundklasse** zur Berücksichtigung des tieferen Untergrundes ab 20 m unter GOF: R
- ▶ **Baugrundklasse** zur Berücksichtigung der örtlichen Baugrundeigenschaften (zwischen 3 und 20 m unter GOF): B

Gemäß EC 8, DIN EN 1998-1/NA (Juli 2021) sowie einer Online-Abfrage beim Deutschen GeoForschungsZentrum, Postdam, sind folgende Werte maßgebend:

- ▶ **Spitzen-Bodenbeschleunigung** für A-R  
( $T_{NCR} = 975$  Jahre; Mittelwert):  $PGA = 1,05 \text{ m/s}^2$
- ▶ **Bodenparameter** entsprechend Untergrund-  
verhältnis B-R:  $S = 1,2$

Nach DIN 19700:2004 sind für Stauanlagen Erdbebennachweise zu führen. Der Erdbebennachweis wird nach der Arbeitshilfe „Nachweis der Erdbebensicherheit von Talsperren und Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg“, Stand 2016, geführt, wobei der sog. Standortfaktor nach DIN EN 1998-1-NA:2021-07 angesetzt wird. Bei den Nachweisen der Standsicherheit des Absperrdammes im **Lastfall Erdbeben** wird von folgenden Bedingungen ausgegangen:

- ▶ Bei Trockenbecken darf nach DIN 19700-12:2004 auf den Nachweis mit der Einwirkung „Betriebserdbeben“ verzichtet werden.
- ▶ Der Nachweis des Bemessungserdbebens (Jährlichkeit im vorliegenden Fall  $T = 1.000$  Jahre) darf bei Trockenbecken nach DIN 19700-12:2004 für das leere Becken, d. h. für den Fall ohne Einstau nachgewiesen werden.
- ▶ Ferner wird angenommen, dass das Becken der Bedeutungskategorie II (Bedeutungsbeiwert  $\gamma_1 = 1,0$ ) zugeordnet werden kann. Sofern eine höhere Bedeutungskategorie maßgebend ist, was durch den Planer zu überprüfen ist, sind die Erdbebennachweise erneut zu führen.
- ▶ Die Nachweise der Standsicherheit im Lastfall Erdbeben dürfen mit quasistatischen Berechnungsverfahren geführt werden (DIN 19700-11:2004).

Im Rahmen der Bearbeitung dieses Berichts wird der Erdbebennachweis entsprechend DIN 19700 mit quasistatischen Ersatzlasten geführt. Der Bemessungswert der Bodenbeschleunigung (1000-jährliches Erdbeben) auf Fels im Untersuchungsbereich beträgt  $PGA = 1,05 \text{ m/s}^2$  (s. o.). Unter der Annahme, dass der Bodenparameter  $S$  nach DIN EN 1998-1/NA:2021-07, Tabelle NA.2 (Jährlichkeit: 475) auch für das 1000-jährliche Erdbeben verwendet werden kann, beträgt der Bemessungswert der Bodenbeschleunigung:

$$a_{g,1000} = PGA \cdot S = 1,05 \text{ m/s}^2 \cdot 1,2 = 1,26 \text{ m/s}^2$$



## 4 Geotechnische Beratung

### 4.1 Baumaßnahme

Der geplante Absperrdamm soll nach den vorliegenden Planunterlagen [U1, U2] eine Länge von ca. 65 m (s. Anlage 1.2) und in der Dammlängsachse eine Höhe von bis zu ca. 11 m aufweisen. Der Absperrdamm quert ein vergleichsweise enges, in Richtung Südwesten ansteigendes Tal, wobei die Neigungen der seitlichen Böschungen im Einstaubereich auf der Südseite des Tals vergleichsweise einheitlich bei ca. 1:1,5 (Höhe:Länge) und auf der Nordseite zwischen ca.  $\leq 1:4,8$  im unteren Bereich und bis zu ca. 1:1,3 nahe des Absperrdamms im oberen Bereich liegen. Die geplante Dammkrone liegt auf einer Höhe von 328,4 mNHN.

Das Hochwasserrückhaltebecken wird nach DIN 19700 als **mittleres Becken** eingestuft [U4]. Bei Vollstau soll das Becken auf ca. 327,1 mNN eingestaut werden.

Angaben zu den Bemessungshochwasserständen  $Z_{H1}$  und  $Z_{H2}$  sowie zur Absinkgeschwindigkeit des Wasserspiegels bei Entleerung des Beckens liegen zum gegenwärtigen Planungszeitpunkt nicht vor [U10]. Planunterlagen zum Durchlassbauwerk (Art des Bauwerks, Gründungstiefe etc.) liegen ebenfalls noch nicht vor.

### 4.2 Geotechnische Kategorie

Allgemeine Grundlage für die geotechnischen Gesichtspunkte beim Entwurf von Hoch- und Ingenieurbauwerken ist der Eurocode 7 (DIN EN 1997-1:2009-09 in Verbindung mit dem nationalen Anhang DIN EN 1997-1/NA:2010-12 und der DIN 1054:2021-04).

Das Bauvorhaben ist in Hinblick auf das Zusammenwirken von Bauwerk und Baugrund gemäß DIN 1054, A 2.1.2 folgender Geotechnischer Kategorie (GK) zuzuordnen:

GK 3: hoher Schwierigkeitsgrad (z. B. Bauwerke mit hohem Sicherheitsanspruch, Bauwerke mit mehr als 5 m Einstauhöhe)

Die zunächst in unserem Honorarangebot [U12] angenommene Geotechnische Kategorie ist damit bestätigt.

### 4.3 Absperrdamm

**Dammkörper:** Es wird vorgeschlagen, den Hochwasserrückhaltedamm als sog. **Zonendamm** (Regelprofil: s. Anlage 6.0) zu errichten, der sich wie folgt zusammensetzt:

Auf der Wasserseite des Absperrdamms wird eine mindestens 1,5 m dicke wasserseitigen **Dichtung** (fein- und gemischtkörnige Erdstoffe der Art: TL, TM, ST\*, GU\*, GT\*, UL, UM,  $k_f \leq 1 \cdot 10^{-7}$  m/s) angeordnet.

Die Dichtung wird zur Wasserseite hin mit einer mindestens 1,2 m dicken **Schutzschicht** aus stark wasserdurchlässigen grobkörnigen Erdstoffen (z. B. saubere Kiessande oder Schotter, Sandanteil  $\leq 2$  mm, 20 bis 25 %, vrsl.  $k_f \geq 1 \cdot 10^{-4}$  m/s, was zu überprüfen ist, wenn die Absinkgeschwindigkeit bekannt ist) abgedeckt, die die Dichtung z. B. vor Witterungseinflüssen (Frost- / Tauwechsel, Austrocknung), Durchwurzelung und Wühltieren schützt. Die vergleichsweise hohe Durchlässigkeit des Materials der Schutzschicht ist erfahrungsgemäß erforderlich, damit die Schutzschicht im Lastfalle „schnelle Wasserspiegelabsenkung“ weitgehend entwässert wird und damit standsicher ist (s. u.). Unter Berücksichtigung der Geometrie des Tals und in Abhängigkeit der konkreten Lage des Durchlassbauwerkes wird voraussichtlich am Fuß der Schutzschicht ein zusätzlicher Dränbereich erforderlich, um das in der Schutzschicht anfallende Sickerwasser im Lastfall „schnelle Wasserspiegelabsenkung“ schadlos abzuführen. Die Höhe dieses Dränbereichs und dessen Materialzusammensetzung sind im Zuge der Ausführungsplanung festzulegen.

Der **Stützkörper** wird zweckmäßiger Weise aus gut verdichtbaren grobkörnigen Erdstoffen oder überwiegend kiesigen Mischböden (z. B. Materialien der Umlagerungsbildung/Verwitterungszone (gemischtkörnige Erdstoffe) aus dem Abtragsbereich oder Fremdmaterial nach DIN 18196: GW, GU, GT, GU\*, GT\*, SW) gebaut. Vom Grundsatz her sind bei geeignetem Wassergehalt auch feinkörnige Erdstoffe oder überwiegend sandige Mischböden (nach DIN 18196: TL, TM, UL, SU, SU\*, ST, ST\*) geeignet. Zwischen Dichtungslage und Stützkörper ist zur Gewährleistung einer mechanischen Filterstabilität ein geeignetes geotextiles Trennvlies einzubauen, welches auf der Wasserseite zusätzlich ein entsprechend strukturiertes Geogitter (Kombiprodukt) aufweist.

Auf der Luftseite ist in Hinblick auf die hydraulische Sicherheit bei einem nach DIN 19700 nachzuweisenden Ausfall der wasserseitigen Dichtung (gezielte Abführung von Wasser bei Leckage der wasserseitigen Dichtung) bis auf halber Dammhöhe ein **Dränfuß** aus dränfähigem grobkörnigen Material (nach DIN 18196: z. B. GW mit einem Sandanteil  $\leq 2$  mm, 20 bis 25 %,  $k_f \geq 5 \cdot 10^{-5}$  m/s) auszuführen.

Bezüglich der beim Bau des Absperrdamms erforderlichen Materialien wird darauf hingewiesen, dass möglichst jeweils relativ **große Chargen** eines Materials zum Einsatz kommen sollten und die mechanische **Filterstabilität** der Materialien in sich sowie gegeneinander gegeben sein muss.

In Hinblick auf die Empfehlungen der Arbeitshilfe zum Bau von Hochwasserrückhaltebecken in Baden-Württemberg [U15], der DIN 19712, der Unterhaltung der Dammböschungen sowie der statischen und hydraulischen Sicherheit des Absperrdamms werden Böschungsneigungen von 1:2,5 (Höhe:Länge) auf der Luftseite und 1:3 auf der Wasserseite für erforderlich gehalten. Für den Kronenweg wird in der DIN 19700 eine Mindestbreite von 4 m (Mindestfahrbahnbreite 3 m zzgl. befestigte Seitenstreifen von je 0,5 m) vorgegeben, was nach den vorliegenden Planunterlagen eingehalten wird.

**Dammaufstandsfläche:** In der Dammaufstandsfläche sind nach Abtrag des Oberbodens i. d. R. feinkörnige oder gemischtkörnige Materialien der Decklage sowie lokal aufgefüllte Materialien vorhanden.

In der Dammaufstandsfläche anstehende aufgefüllte Erdstoffe mit Fremdbestandteilen oder organischen Bestandteilen (z. B. Holzreste) sowie Torflinsen und -lagen sind zur Vermeidung späterer Setzungen und Sackungen infolge von Zersetzungs- oder Verrottungsvorgängen vollständig auszuheben und durch geeignete, wenig durchlässige, feinkörnige oder gemischtkörnige Erdstoffe (z. B. der Art: GU\*, GT\*, SU\*, ST\*, UL, UM, TL, TM, Durchlässigkeitsbeiwert:  $k_f \leq 5 \cdot 10^{-7}$  m/s) zu ersetzen. Selbiges gilt für feinkörnige Decklagenmaterialien von sehr weicher bis weicher Konsistenz sowie vorhandene stark durchwurzelte Erdstoffe und Wurzelstöcke zur Vermeidung bevorzugter Wasserwegigkeiten.

Grundsätzlich muss darauf geachtet werden, dass die Aufstandsfläche des Damms nur wenig wasserdurchlässig ist, damit bei einem Beckeneinstau möglichst wenig Wasser aus dem Untergrund in den Dammkörper aufsteigt.

**Umgang mit dem verdolten Heimbach:** Nach Fertigstellung des Durchlassbauwerkes und der Wiederherstellung/Umleitung des Bachlaufs des Heimbachs ist die im Baufeld bestehende Rohrleitung des verdolten Heimbachs rückzubauen, da diese einen bevorzugten Sickerweg darstellen würde. In Abhängigkeit der Lage des Durchlassbauwerkes in Bezug zur Verdolung ist ggf. auch eine bauzeitliche Fassung des Heimbachs mit anschließendem Rückbau der Verdolung vor Herstellung des Durchlassbauwerkes erforderlich. Der ehemalige Kanalgraben ist mit wenig wasserdurchlässigen Materialien lagenweise verdichtet zu verfüllen. Hierzu sind ausreichend tragfähige Erdstoffe (z. B. der Art GU\*, GT\* nach DIN 18196) zu verwenden, welche einen Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f \leq 5 \cdot 10^{-7}$  m/s aufweisen.

**Erdplanum:** Die Erdstoffe im Bereich des Erdplanums sind i. d. R. stark wasser- und frostempfindlich. Das Erdplanum darf deshalb nur in der Witterung angepassten Abschnitten freigelegt werden und ist unverzüglich mit Erdstoffen der Dammschüttung zu schützen. Vor Aufbringung der Dammschüttung ist das Erdplanum in Bereichen grob-/gemischtkörniger Erdstoffe zum Ausgleich aushubbedingter Auflockerungen nachzuverdichten. Die Erdarbeiten

dürfen nur in einer frostfreien Periode oder mit entsprechenden Schutzmaßnahmen durchgeführt werden.

Je nach jahreszeitlicher Witterung kann das Gelände stark vernässt sein. In diesem Falle kann eine ausreichende Trocknung des Planums abgewartet werden, oder es kann die Tragfähigkeit im Bereich der Dammaufstandsfläche durch Einfräsen von Bindemittel (Weißfeinkalk) in die gewachsene Deckschicht erhöht werden. Aus baubetrieblichen Gründen (vernässte Bereiche mit größerem Gerät kaum bzw. nicht befahrbar) sollten Baustraßen vorgesehen werden, die ggf. rückgebaut werden müssen.

**Maßnahmen zur Gewährleistung der hydraulischen Sicherheit:** In den überwiegend gemischtkörnigen Erdstoffen der Umlagerungsbildung / Verwitterungszone sind teilweise nach Lage und Höhe unregelmäßig verteilt stärker durchlässige Bereiche vorhanden, was den bisherigen Baugrundaufschlüssen nach insbesondere im Talgrund, ggf. in der Nähe des ehemaligen Bachlaufs der Fall ist. Die wenig wasserdurchlässige Decklage ist bereichsweise nicht vorhanden bzw. nur wenig dick und es sind diverse Leitungen in der Talsohle vorhanden (s. o.), so dass ohne bauliche Maßnahmen mit einer starken Unterströmung des Absperrdamms und des Durchlassbauwerks sowie aufsteigendem Sickerwasser im Absperrdamm zu rechnen ist.

Aufgrund des vergleichsweise hohen Potenzialunterschiedes von bis zu ca. 10,5 m zwischen dem wasserseitigen Wasserspiegel und der Geländehöhe am luftseitigen Dammfuß wird bei den vorliegenden Verhältnissen zur Gewährleistung der hydraulischen Sicherheit eine **Untergrundabdichtung** durch eine dichtende Wand erforderlich. Die Untergrundabdichtung wird zweckmäßigerweise auf der Wasserseite des Absperrdamms auf einer Länge von zunächst grob geschätzt ca. 25 m angeordnet und bis in den stark verwitterten Gneis geführt, wobei die Mindesteinbindung ca. 1,5 bis 2,5 m (je nach Verwitterungsgrad) beträgt. Die Untergrundabdichtung kann z. B. aus einer überschnittenen Bohrpfahlwand (Bohrdurchmesser  $\geq 0,6$  m) oder ggf. einer Schlitzwand ( $d \geq 0,5$  m) bestehen. Eine Spundwand ist bei den vorliegenden Verhältnissen nicht sicher ausführbar, da der Untergrund aufgrund der bereichsweise hohen Lagerungsdichte sowie den in der Umlagerungsbildung / Verwitterungszone eingelagerten Steinen und ggf. Blöcken nicht ausreichend rammpbar ist (Auflockerungsbohrungen sind nicht zulässig, da hierdurch bevorzugte Wasserwegigkeiten entlang der Spundwand geschaffen werden könnten) und auch eine ausreichende Einbindung in den stark verwitterten Gneis nicht möglich sein wird. Die Untergrundabdichtung muss dicht an das Durchlassbauwerk und an die wasserseitige Dichtungslage im späteren Dammkörper anschließen.

Grundsätzlich muss die Dichtwand im Bereich stärker wasserführender Materialien der Umlagerungsbildung / Verwitterungszone ausgeführt werden. Ggf. kann am Talrand, wo die Umla-

gerungsbildung / Verwitterungszone ausläuft, auf den Einbau einer Dichtwand verzichtet werden, wenn hier eine ausreichend Dicke abdichtende bindige Decklage vorhanden ist und außerdem die Dichtwand eine so große Breite aufweist, dass bei einer Umströmung der Dichtwand von einem in Hinblick auf Erosionsvorgänge unkritisch erscheinenden mittleren Strömungsgefälle ausgegangen werden kann. Im Hinblick auf eine flächenhaftere Überprüfung der Dicke der Decklage (insbesondere im Bereich der Talhänge) und somit auch eine genauere Abschätzung der Länge der Untergrundabdichtung (s. o.) schlagen wir vor, im unteren Bereich der Talhänge eine ergänzende Baugrunderkundung (z. B. Kleinrammkernbohrungen) durchzuführen.

Durch den Bau der Untergrundabdichtung wird sich eine **Veränderung der Grundwasserverhältnisse** ergeben, weshalb die Maßnahmen in enger Abstimmung mit den zuständigen Fachbehörden geplant werden müssen.

Die grundsätzlich mögliche, alternative Ausführung eines **wasserseitigen Dichtungsteppichs** in Verbindung mit einem **luftseitigen Entspannungsdrän** wird unter Berücksichtigung des erforderlichen Eingriffs in den Untergrund zur Herstellung des Dichtungsteppichs bei dem vergleichsweise hoch liegenden Grundwasserspiegel bzw. dem Verlust an Stauvolumen bei Anordnung des Dichtungsteppichs oberhalb der bestehenden Geländeoberfläche sowie insbesondere den diversen, in der Talsohle verlaufenden Leitungen - vorbehaltlich der Genehmigungsfähigkeit der Untergrundabdichtung - nicht weiter diskutiert.

**Dammsetzungen:** Überschlägige Berechnungen haben zum Ergebnis, dass bei den vorhandenen Untergrundverhältnissen und bei einer Schütthöhe des Dammes bis ca. 11 m die rechnerischen Setzungen des Untergrundes in der Größenordnung von ca. 5 bis 8 cm liegen werden, was im Zuge der Ausführungsplanung durch ergänzende Setzungsberechnungen zu verifizieren ist. Ferner liegen die Eigensetzungen von gut verdichteten Dämmen in einer Größenordnung von ca. 1 % der Dammhöhe. Bei den gegebenen Untergrundverhältnissen werden die Gesamtsetzungen voraussichtlich in einer Größenordnung von  $s \leq 20$  cm liegen. Die Setzungen im Untergrund und im Damm werden überwiegend im Zuge des Dammbaus eingetreten sein. Es wird empfohlen, den Damm mit einer Überhöhung von 10 cm herzustellen.

#### 4.4 Erdbau

Das Dammschüttmaterial ist nach Abschieben des Oberbodens bzw. nach Abtrag vorhandener Auffüllungen lagenweise einzubauen und zu verdichten, wobei in Abhängigkeit des verwendeten Materials (Dammbaustoffe) folgende Verdichtungsgrade (bezogen auf die Einfache Proctordichte) erreicht werden müssen:

Tabelle 2: erforderliche Verdichtungsgrade

Schüttmaterial	Mindestverdichtungsgrad $D_{Pr}$ [%]
Stützkörper aus feinkörnigen oder gemischtkörnigen Erdstoffen	98
Stützkörper aus geeigneten grobkörnigen Erdstoffen	98, im oberen Meter 100
Dichtungskörper und Bodenaustausch aus feinkörnigen oder geeigneten gemischtkörnigen Erdstoffen	98
Trag-/ Frostschuttschicht (Kronenweg), luftseitige Dränschicht	100

Die Eignung und die Verdichtung der eingebauten Schüttmaterialien sind stichprobenartig zu überprüfen. Erforderliche Geotextile Trennvliese haben folgende Kriterien zu erfüllen: Filtervlies ausschließlich mechanisch verfestigt, Geotextile Robustheitsklasse GRK 4, charakteristische Öffnungsweite  $O_{90,w} \leq 0,1$  mm.

#### 4.5 Durchlassbauwerk

**Allgemeines:** Nach [U1] liegt die Längsachse des Durchlassbauwerks in einem Abstand von ca. 6 m zum Fuß der südöstlichen Talböschung. Die Tiefe der Gründungssohle des Durchlassbauwerks ist derzeit noch nicht bekannt, weshalb nachfolgend lediglich allgemeine Aussagen zur Gründung des Durchlassbauwerks getroffen werden können. Üblicherweise liegt die planmäßige Gründungssohle des Durchlassbauwerkes ca. 1,0 m bis 1,5 m unter der angrenzenden Bachsohle. Zur Tiefenlage der bestehenden Verdolung des Heimbachs liegen uns keine Angaben vor, so dass zunächst von einer Lage der Gründungssohle bei ca. 2,0 m unter der bestehenden Geländeoberfläche ausgegangen wird. Damit ergibt sich eine Höhe der Gründungssohle von ca. 317,2 mNHN im Bereich der Wasserseite bis ca. 314,7 mNHN im Bereich der Luftseite (vgl. Anlage 2.2). Bei Vorliegen einer konkreten Planung sind diese Angaben zu überprüfen und ggf. anzupassen.

**Gründung:** Im Bereich des geplanten Durchlassbauwerks stehen nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung bis in Tiefen zwischen ca. 2,5 bis 5 m unter vorhandener GOF die gut tragfähigen gemischt-/grobkörnigen Erdstoffe der Umlagerungsbildung / Verwitterungszone an (s. u. a. Anlage 2.2). Das Durchlassbauwerk kann flach auf einer **tragenden Bodenplatte** in den Erdstoffen der Umlagerungsbildung / Verwitterungszone gegründet werden. Falls örtlich nicht ausreichend tragfähige Erdstoffe der Decklage oder aufgefüllte Erdstoffe bis unter die

Gründungssohle reichen, ist ein partieller Bodenaustausch aus gemischtkörnigen überwiegend kiesigen Böden (z. B. Böden nach DIN 18196: GU, GU\*) notwendig. Aufgrund des hoch liegenden Grundwasserspiegels (s. o.) ist eine i. d. R. dynamisch ausgeführte Nachverdichtung der Aushubsohle nicht möglich. Der Aushub muss deshalb im untersten halben Meter schonend erfolgen (z. B. glatte Schneide der Baggerschaufel), anschließend ist das Planum mit leichtem Gerät statisch nachzuverdichten. Der Einbau einer Dränschicht aus grobkörnigen, stark wasserdurchlässigen Erdstoffen (z. B. Rollkies) zur Trockenhaltung der Baugrube ist bei den vorliegenden Verhältnissen in Hinblick auf die Erosionssicherheit und die hydraulische Sicherheit des Beckens nicht zulässig, da sie unter dem Bauwerk einen bevorzugten Sickerweg im Falle des Beckeneinstaus - bei eingeschränkter Wirkung der Untergrundabdichtung - darstellen würden.

Für die Bemessung der tragenden Bodenplatte kann im Rahmen einer Vorbemessung elastische Bettung und vereinfachend ein mittlerer Bettungsmodul des Untergrundes  $k_s = 25 \text{ MN/m}^3$  angenommen werden. Dieser Wert ist nach Vorlage der konkreten Planung durch den Sachverständigen für Geotechnik zu bestätigen.

Beim Durchlassbauwerk selbst werden sich keine nennenswerten Setzungen ergeben.

**Baugrube:** Bei Annahme o. g. Tiefen der Gründungssohle erreicht die Baugrube für das Durchlassbauwerk eine Tiefe von bis zu ca. 2,5 m. Die Baugrube kann aller Voraussicht nach frei geböschet werden. In Abhängigkeit der Breite des Durchlassbauwerkes und dessen Anordnung in Bezug zur südöstlichen Talböschung ist im Zuge der weiteren Planung zu prüfen, ob die Standsicherheit der angrenzenden Talböschung durch die Baugrube beeinträchtigt wird, ggf. ist die Lage des Durchlassbauwerks auch etwas von dieser Böschung abzurücken.

Frei abgeboöschte Baugrubenwände dürfen höchstens unter einer Neigung von 1:1,5 (Höhe:Länge) ausgeführt werden (bei Böschungshöhen  $\geq 5 \text{ m}$  ist eine mindestens 1,5 m breite Zwischenberme anzuordnen). Hierbei wird vorausgesetzt, dass hinter dem Böschungskopf ein Streifen von mindestens 3,0 m Breite lastfrei bleibt. Je nach vorherrschenden Witterungsbedingungen und Wasservorkommen sind die Böschungen insbesondere im Bereich von ggf. vorhandenen Wasseraustrittsstellen, z. B. am Böschungsfuß durch geeignete Dränagemaßnahmen, z. B. quer verlaufende Sickerbetonplomben, zu sichern, um die Standsicherheit der Baugrubenböschungen auch in diesem Fall zu gewährleisten.

**Wasserhaltung:** Nach den bisherigen Erkenntnissen steht das Grundwasser im Bereich des geplanten Durchlassbauwerks bei mittleren Grundwasserverhältnissen mindestens ca. 1,1 m bis 1,3 m über der Baugrubensohle an (s. Anlage 2.2). Bei den vorliegenden Verhältnissen wird zunächst davon ausgegangen, dass zur bauzeitlichen Grundwasserabsenkung - nach

Herstellung der Untergrundabdichtung - eine offene Wasserhaltung (Anordnung eines umlaufenden seitlichen Grabens mit lokalen Pumpensümpfen) ausreichend ist. Der Einbau eines Flächenfilters (z. B. Filterkiesschüttung) ist nicht zulässig, da dadurch die Durchlässigkeit entlang des Bauwerks unzulässig groß werden würde („bevorzugte Wasserwegigkeit“). Ggf. sind ergänzende Brunnenschächte o. dgl., die ca. 2 m unter die Baugrubensohle reichen, erforderlich.

Aus baubetrieblichen Gründen kann es in Abhängigkeit der Höhenlage der Gründungssohle (die derzeit nicht bekannt ist) sowie der anstehenden Erdstoffe ggf. sinnvoll sein, im Bereich der Baugrubensohle eine ca. 10 cm dicke Sauberkeitsschicht aus Unterwasserbeton abschnittsweise einzubauen, an die seitlich der umlaufende Graben zur Wasserhaltung anschließt.

Nach dem Ende der bauzeitlichen Grundwasserhaltung sind alle Entwässerungsgräben und Pumpensümpfe unmittelbar vor der Arbeitsraumverfüllung mit wenig durchlässigen und wenig erosionsempfindlichen Materialien (z. B. kiesige, steinfreie Mischböden mit einem Feinkornanteil ( $d < 0,6 \text{ mm}$  von  $> 20 \text{ M.-%}$ ) kontrolliert verdichtet aufzufüllen oder alternativ mit Beton zu verfüllen, damit sich unter dem Bauwerk keine bevorzugten Sickerwege befinden.

**Konstruktive Maßnahmen:** Die Außenwände des Durchlassbauwerkes sind nach innen geneigt auszuführen (Neigung ca. 1:10 bis 1:15), damit sich der Erddamm infolge der größeren Belastung des Untergrundes im Vergleich zu dem Stahlbetonbauwerk und der dadurch bedingten größeren Setzungen stets an das Bauwerk anpresst und so bevorzugten Wasserwegigkeiten entlang der Wände entgegengewirkt wird.

**Arbeitsraumverfüllung:** Die Arbeitsraumverfüllung muss auf der Wasserseite auf einer Länge von mindestens ca. 10 m mit feinkörnigen oder wenig durchlässigen gemischtkörnigen Erdstoffen (z. B. Böden entsprechend für die wasserseitige Dichtung, s. Abschnitt 4.3) wiederverfüllt werden, um einer bevorzugten Wasserwegigkeit entlang der Außenwände entgegen zu wirken.

#### 4.6 Seitliche Beckenböschungen

Die **südliche Beckenböschung** ist im Einstaubereich mit Böschungsneigungen bis zu ca. 1:1,5 (Höhe:Länge) vergleichsweise steil ausgebildet. Orientierenden Berechnungen nach lässt sich für den Lastfall „Vollstau“ rechnerisch keine ausreichende Standsicherheit der Böschung nachweisen (s. Abschnitt 5.2.2). Die Böschung ist daher aller Voraussicht nach im Einstaubereich abzuflachen bzw. ist das weitere Vorgehen mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen. Die erforderliche Neigung der abzuflachenden Böschung ist im Zuge der Ausführungsplanung erdstatisch zu ermitteln. Wir empfehlen daher, zur weiteren Abstimmung mit der



zuständigen Genehmigungsbehörde zeitnah Kontakt aufzunehmen. Ggf. werden zusätzliche Maßnahmen zur Erhöhung der Standsicherheit, z. B. quer verlaufende Dränschlitze, Aufbringung einer Dränschicht, etc. erforderlich.

Die **nördliche Beckenböschung** ist im Einstaubereich überwiegend mit Böschungsneigungen von bis zu ca. 1:3 (Höhe:Länge) vergleichsweise flach. Sofern die Böschung im derzeitigen Zustand verbleibt sowie kein Geländeabtrag und damit Versteilungen vorgesehen werden, ist die Böschung als ausreichend standsicher anzusehen. Sollten örtlich Böschungsinstabilitäten infolge von austretendem Schichtwasser oder nach Einstauereignissen (schnelle Wasserspiegelabsenkung) o. dgl. auftreten, so ist die Böschung hier durch geeignete Dränvorschüttungen, Entwässerungsschlitze o. dgl. zu stabilisieren.

Seitens des Planers sind die o. g. Neigungen der seitlichen Beckenböschungen im Zuge der weiteren Planung zu verifizieren. Sofern die Böschungen in Bereichen steiler als mit o. g. Neigungen ausgebildet sind, ist ggf. eine Neubewertung der Böschungsstandsicherheit erforderlich.

## 4.7 Verwendung des Aushubmaterials

### 4.7.1 Geotechnische Hinweise

Beim Bau des geplanten Hochwasserrückhaltebeckens (u. a. auch des Durchlassbauwerkes) und dem voraussichtlich erfolgenden Abflachen der südlichen Talböschung fallen überwiegend feinkörnige Materialien aus der Decklage, die überwiegend gemischtkörnigen Materialien der Umlagerungsbildung / Verwitterungszone und ggf. der unterlagernd anstehende stark verwitterte bis zersetzte Gneis an. Ferner fallen lokal fein- und gemischtkörnige aufgefüllte Materialien an.

Das i. d. R. feinkörnige Material aus der **Decklage**, das i. d. R. eine weiche bis steife Konsistenz aufweist, kann grundsätzlich zum Dammaufbau - unter Berücksichtigung der stark variierenden Ton- und Schluffanteile und der bereichsweise hohen Sandanteile - im Stützkörper verwendet werden. Zur Erzielung einer ausreichenden Verdichtung (s. Abschnitt 4.4) sind ggf. zusätzliche Bodenverbesserungsmaßnahmen (z. B. Bindemittelzugabe, Abtrocknen bei trockener Witterung) erforderlich, was im Voraus der Baumaßnahme anhand geeigneter Feld-/Laborversuche (z. B. Konsistenzversuche, Wassergehalte, Proctorversuche) zu überprüfen ist.

Das gemischtkörnige überwiegend kiesige Aushubmaterial aus der **Umlagerungsbildung** / **Verwitterungszone** ist vom Grundsatz her nach einer Aussortierung größerer Steine und ggf. vorhandener Blöcke ( $d \geq 200$  mm) für den Wiedereinbau im Stützkörperbereich geeignet, wenn es in Hinblick auf die Verdichtung einen geeigneten Wassergehalt (nahe Proctorwassergehalt, vrs. Abtrocknung erforderlich) aufweist.

Das Aushubmaterial aus dem stark verwitterten bis zersetzten **Gneis** ist ebenfalls nach einer Aussortierung größerer Steine und ggf. vorhandener Blöcke ( $d \geq 200$  mm) bei in Hinblick auf die Verdichtung geeigneten Wassergehalten (nahe Proctorwassergehalt) für den Wiedereinbau im Stützkörperbereich geeignet.

Die Eignung der zum Wiedereinbau vorgesehenen Materialien ist durch entsprechende Feld-/Laborversuche (z. B. ergänzende Siebanalysen, Wassergehalte, Proctorversuche) im Vorfeld der Baumaßnahme zu überprüfen.

Die **Auffüllungen** sind bedingt durch ihre wechselhafte Zusammensetzung und der vorhandenen Fremdbestandteile nicht für eine Verwendung im Stützkörperbereich des Damms geeignet, sondern können nur für untergeordnete Schüttungen, an die keine Anforderungen an Tragfähigkeit und Setzungsverhalten gestellt werden, eingesetzt werden.

Vernässtes Material ist zum Wiedereinbau nicht geeignet. Grundsätzlich muss zum Wiedereinbau vorgesehenes Aushubmaterial vor Witterungseinflüssen geschützt werden (z. B. bei einer Zwischendeponierung des Materials Abwalzen der ausreichend geneigten Oberfläche der Lagermiete oder durch Abplanen).

#### 4.7.2 Umwelttechnische Hinweise

##### **Umweltrechtliche Hinweise – Oberboden und torfhaltiger Ton**

Die an den o.g. Proben vorgenommenen Untersuchungen ergeben keine Überschreitungen der Vorsorgewerte nach BBodSchV. Hinsichtlich des Wirkungspfades Boden-Mensch liegen keine Prüfwertüberschreitungen und damit Gefährdungen vor. Eine Verwendung des Oberbodens und des torfhaltigen Tons innerhalb und außerhalb des Baugrundstücks ist uneingeschränkt möglich, vorbehaltlich der Vorgaben nach BBodSchV (§12).

##### **Abfallrechtliche Hinweise - Boden**

Die Untersuchung der Homogenbereiche ergab abfallrechtliche Einstufungen in der Größenordnung von Z0 und Z0\* nach VwV Boden. Bei der Weiterverwendung der ausgehobenen Erdstoffe sind die Ergebnisse der orientierenden Schadstoffuntersuchung (siehe Anhang A) wie folgt zu berücksichtigen:

### Verwendung von Boden auf dem Baugrundstück

- Solange umweltrechtlich unbedenkliches Bodenmaterial auf der Baustelle verbleibt, ist es nicht als Abfall einzustufen. Solches Material ist vorrangig, auch zur Vermeidung erhöhter Verwertungskosten, auf der Baustelle zu verwerten. Dies gilt insbesondere für die auf dem Baugrundstück vorkommenden, natürlichen Oberböden.
- Hilfsweise können die im Rahmen dieser Untersuchung vorgenommenen Einstufungen nach Abfallrecht im Hinblick auf die Verwendung von Bodenmaterial auf der Baustelle wie folgt interpretiert werden:
  - Material der Zuordnungsklasse Z0 kann auf der Baustelle uneingeschränkt wiederverwendet werden.
  - Material der Zuordnungsstufe Z0\* kann in Vergleichslage verwendet werden. Der Mindestabstand zum höchsten zu erwartenden Grundwasserstand (HHW) von 1 m ist einzuhalten.

### Verwertung von Boden außerhalb des Baugrundstücks

- Bodenmaterial, das aus planerischer Sicht nicht mehr benötigt wird und vom Baugrundstück abgefahren werden muss, ist als Abfall einzustufen.
- Vorsorglich wird darauf hingewiesen, dass für eine Entsorgung der Aushubmaterialien von Seiten des Entsorgungsunternehmers weitere Beprobungen (bspw. Haufwerksbeprobung) und Laboranalysen (bspw. Vollanalysen nach VwV Boden) gefordert werden können. Eine Abweichung von der bisherigen Einstufung kann nicht ausgeschlossen werden.
- Eine Verwertung des unbelasteten Aushubs außerhalb des Baugrundstücks ist unter Einhaltung der Einbaukriterien Z0 nach VwV Boden möglich, vorbehaltlich der Vorgaben nach BBodSchV §12 (bspw. bei einer Verwendung auf Ackerflächen). Unabhängig vom Verwertungsort ist die geotechnische Eignung ggf. zu überprüfen.
- Die untersuchten Erdstoffe der Zuordnungsstufe Z0\* können in Bereichen mit geogen oder bergbauhistorisch bedingt großflächig erhöhten Schadstoffgehalten (geS-Flächen) uneingeschränkt verwendet werden. Außerhalb von geS-Flächen kann das Material unter Einhaltung der Einbaukriterien Z0\* verwertet werden.
- Bodenmaterial bis zur Zuordnungsstufe Z0\* nach VwV Boden kann in einem technischen Bauwerk verwertet werden. Außerdem kann das Material in bodenähnlichen Anwendungen, zum Beispiel im Landschaftsbau und zur Verfüllung von Abgrabungen unter folgenden Voraussetzungen verwendet werden: a) die Sohle der Verfüllung weist einen Mindestabstand zum höchsten Grundwasserstand von 1 Meter auf und b) das Z0\* Material wird von einer Abdeckung aus Bodenmaterial, das die Vorsorgewerte der BBodSchV einhält, in einer

Mindestmächtigkeit von 2 m überdeckt und c) die Verfüllung außerhalb von Wasserschutzgebieten Zone IIIA, Heilquellenschutzgebieten, Wasservorranggebieten und Karstgebieten liegt (detaillierte Vorgaben siehe VwV Boden).

### Hinweise für die Ausschreibung

In der Regel werden für die Entsorgung der Aushubmaterialien von Seiten des Entsorgungsunternehmers weitere Beprobungen (bspw. Haufwerksbeprobung) und Laboranalysen (bspw. nach Deponieverordnung) gefordert. Eine Abweichung von der bisherigen Einstufung kann daher nicht ausgeschlossen werden.

Bei der Ausschreibung der Erdarbeiten sollten deshalb weitere Einstufungen innerhalb der Homogenbereiche massenmäßig oder als Zulageposition berücksichtigt werden.

Weitere Hinweise für den Umgang mit Erdaushub im Rahmen der Verwertung und für den Baubetrieb sind dem Anhang B zu entnehmen.

## 5 Statische und hydraulische Sicherheit

### 5.1 Grundlagen und Annahmen

Die statischen Standsicherheitsnachweise für den **Absperrdamm** werden entsprechend DIN 19700-10 (Stauanlagen, Gemeinsame Festlegungen) und -12 (Hochwasserrückhaltebecken) geführt. Hiernach müssen für verschiedene **Tragwiderstandsbedingungen A bis C** (wahrscheinliche, wenig wahrscheinliche, unwahrscheinliche Bedingungen) für die **Lastfälle 1 bis 3** so genannte Bemessungssituation (BS) mit Sicherheiten von im Falle BS I:  $\gamma = 1,3$ , BS II:  $\gamma = 1,2$  und BS III:  $\gamma = 1,1$  nachgewiesen werden. Die genannten Sicherheitsbeiwerte sind **globale Sicherheitsbeiwerte**, die nach DIN 19700 bei Nachweisen für Dämme einzuhalten sind. Da i. d. R. in der derzeitigen Normung  $\gamma$  als Teilsicherheitsbeiwert verwendet wird, wird nachfolgend der **globale Sicherheitsbeiwert** – wie üblich – mit  $\eta$  bezeichnet.

Für die **seitlichen Beckenböschungen** sind statische Standsicherheitsnachweise entsprechend DIN 19700 bzw. EC7 unter Berücksichtigung des **Teilsicherheitskonzeptes** durchzuführen. Bei diesem Verfahren werden Widerstände in Abhängigkeit der Bemessungssituation um Teilsicherheitsbeiwerte abgemindert und ungünstige Einwirkungen (z. B. Lasten) um Teilsicherheitsbeiwerte erhöht. Die Standsicherheit ist dann nachgewiesen, wenn bei Berechnungen mit Bemessungswerten der sog. Ausnutzungsgrad der Bodenwiderstände  $\mu \leq 1,0$  ist.

Die erdstatischen Berechnungen werden i. d. R. mit dem Rechenprogramm GGU-Stability durchgeführt. Der Untergrundaufbau und die Bodenkennwerte entsprechen Abschnitt 3 und

sind jeweils bei den Berechnungsergebnissen dargestellt. Bei den Berechnungen wurde auf der sicheren Seite liegend im Untergrund / Damm ein Grundwasserstand entsprechend der angenommenen Sickerlinien im Damm angesetzt. Auf der Dammkrone wird eine 3 m breite Verkehrslast von  $16,67 \text{ kN/m}^2$  (SLW 30) berücksichtigt. Es werden i. d. R. **kreiszyklindrische Gleitflächen** nach dem Verfahren von BISHOP untersucht, wobei die Kreismittelpunkte und die Kreisradien variiert werden. Der jeweils maßgebende Gleitkreis mit der geringsten Sicherheit ist in den Ergebnisblättern der Standsicherheitsberechnungen wiedergegeben. Teilweise werden auch polygonale Gleitflächen untersucht.

Bei den Standsicherheitsberechnungen werden die **maßgebenden Lastfälle** Vollstau, Teileinstau (Halbeinstau, Dritteinstau; jeweils bezogen auf die wasserseitige Dammhöhe), leeres Becken, schnelle Wasserspiegelabsenkung von Vollstau auf GOF, Bemessungserdbeben und Ausfall der Dichtung untersucht.

Die nachfolgenden Berechnungen werden an dem Dammquerschnitt QP 0+020 für einen Wasserstand bei Vollstau  $Z_V = 327,10 \text{ mNN}$  geführt. Die Lastfälle 2.1 und 3.1 (Hochwasserstauziele  $Z_{H1}$  und  $Z_{H2}$ ) werden nicht geführt, da hierüber derzeit keine Angaben vorliegen. Diese Lastfälle sind erfahrungsgemäß jedoch auch nicht maßgebend, da sich die Sickerlinie im Damm infolge des i. d. R. nur geringfügig höheren Einstaus kaum ändert und gleichzeitig ein deutlich geringerer Sicherheitsbeiwert nachgewiesen werden muss. Falls sich im Zuge der weiteren Bearbeitung andere ggf. maßgebende Belastungssituationen ergeben, sind diese durch den geotechnischen Sachverständigen nochmals zu überprüfen.

Auf der Grundlage des Dammquerschnittes QP 0+020 und den aufgeschlossenen Untergrundverhältnissen wurde der in Anlage 6.0 dargestellte schematische Dammquerschnitt (Bemessungsschnitt) erstellt (Regelprofil) und als für die Standsicherheitsberechnungen des Dammes maßgebender Querschnitt festgelegt.

Eine Übersicht der Ergebnisse der Böschungsbruchberechnungen für die Dammböschungen ist in Anlage 6.1 dargestellt.

Die Berechnungen der südlichen Talböschung werden an dem im Hinblick auf die Böschungsstandsicherheit ungünstigsten Beckenquerschnitt im Einstaubereich QP 0+080 geführt.

## 5.2 Bemessungsergebnisse

### 5.2.1 Ergebnisse für den Absperrdamm

**Wasserseitige Dammböschung:** Für die **Tragwiderstandsbedingungen A** (TB A, wahrscheinliche Bedingungen) berechnen sich für die **Wasserseite** für die Lastfälle 1.1 (Vollstau und Teileinstau) ausreichende Standsicherheiten von  $\eta_{\text{vorh}} \geq 1,78 \geq \eta_{\text{erf}} = 1,30$  (s. Anlagen 6.2 bis 6.3, 6.4a). Für den maßgebenden Lastfall mit der geringsten Sicherheit („Drittelstau“) wurde zusätzlich eine geradlinige Gleitfläche entlang des zwischen Tondichtung und Stützkörper eingebauten geotextilen Trennvlieses mit aufliegendem Geogitter untersucht, wobei in der Fuge Trennvlies / Dichtung eine abgeminderte Scherfestigkeit angesetzt wurde ( $\tan \varphi'_{k, \text{Vlies}} = 0,85 \cdot \tan \varphi'_{k, \text{Ton}}, c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$ ). Mit diesen abgeminderten Scherfestigkeiten berechnet sich eine ausreichende Sicherheit von  $\eta_{\text{vorh}} = 1,53 \geq \eta_{\text{erf}} = 1,30$  (s. Anlage 6.4b). Für den Lastfall 1.2 (leeres Becken) ergibt sich ebenfalls eine ausreichende Standsicherheit  $\eta_{\text{vorh}} \geq 1,88 \geq \eta_{\text{erf}} = 1,30$  (s. Anlage 6.5). Für den Lastfall 2.1 schnelle Wasserspiegelabsenkung berechnet sich unter Berücksichtigung sowohl von Kreisgleitflächen als auch polygonaler Gleitflächen eine ausreichende Sicherheit  $\eta_{\text{vorh}} \geq 1,33 \geq \eta_{\text{erf}} = 1,20$  (BS II, s. Anlagen 6.6a und 6.6c). Für die Annahme, dass das Wasser in der Schutzschicht nennenswert dem fallenden Beckenwasserspiegel nachläuft (**Tragwiderstandsbedingung B** (TB B, wenig wahrscheinliche Bedingungen)), ergibt sich für die maßgebende Gleitfläche ebenfalls eine ausreichende Sicherheit  $\eta_{\text{vorh}} = 1,14 \geq \eta_{\text{erf}} = 1,10$  (BS III, s. Anlage 6.6b). Auch bei Betrachtung eines oberflächennahen Böschungselementes berechnet sich für die ungünstige Annahme einer böschungsp parallelen Durchströmung nach der Gleichung  $\eta = \gamma' / (\gamma' + \gamma_w) \cdot \tan \varphi' / \tan \beta$  (mit  $\gamma'$ : Auftriebswichte der Schutzschicht,  $\gamma_w$ : Wichte von Wasser,  $\varphi'_k$ : eff. Reibungswinkel der Schutzschicht,  $\beta$ : Böschungswinkel) eine ausreichende Sicherheit  $\eta = 12 / (12+10) \cdot \tan 37^\circ / \tan 18,4^\circ = 1,23 \geq 1,20$ . Für den Lastfall 3.2 (Bemessungserdbeben bei leerem Becken) wird bei Ansatz kreiszylindrischer Gleitflächen nach dem Verfahren von BISHOP für die Wasserseite eine ausreichende Standsicherheit  $\eta_{\text{vorh}} = 1,30 \geq \eta_{\text{erf}} = 1,10$  ermittelt (BS III, s. Anlage 6.7a). Polygonale Gleitflächen wurden für diesen Lastfall ebenfalls untersucht. Es ergibt sich ebenfalls eine ausreichende Standsicherheit  $\eta_{\text{vorh}} = 1,13 \geq \eta_{\text{erf}} = 1,10$  (BS III, s. Anlage 6.7b).

**Luftseitige Dammböschung:** Für die **Luftseite** wird u. a. das böschungsp parallele Abgleiten betrachtet. Hierfür berechnet sich für die **Tragwiderstandsbedingung A** für den nicht durchsickerten Damm eine ausreichende Sicherheit  $\eta = \tan \varphi' / \tan \beta = \tan 35^\circ / \tan 21,8^\circ = 1,75 > 1,30$ , mit  $\varphi'$ : Reibungswinkel des Stützkörpers (gemischtkörnige Böden),  $\beta$ : Böschungswinkel. Für den Lastfall 1.1a (Vollstau) wird eine ausreichende Standsicherheit  $\eta_{\text{vorh}} \geq 1,57 \geq$

$\eta_{\text{erf}} = 1,30$  (BS I, s. Anlage 6.8) ermittelt. Für den Lastfall 3.2: Bemessungserdbeben berechnet sich eine ausreichende Standsicherheit  $\eta_{\text{vorh}} = 1,26 \geq \eta_{\text{erf}} = 1,1$  (s. Anlage 6.9).

Für die **Tragwiderstandsbedingung C** (unwahrscheinliche Bedingung, Ausfall der Dichtung) wird ebenfalls eine ausreichende Standsicherheit  $\eta_{\text{vorh}} = 1,29 \geq 1,10$  (BS III, s. Anlage 6.10) ermittelt.

### 5.2.2 Ergebnisse für die südliche Beckenböschung (Talböschung)

Unter der Annahme, dass sich die bestehende südliche Talböschung unter Berücksichtigung der vergleichsweise steilen Böschungsneigung (s. o.) sowie der Zusammensetzung der anstehenden Lockergesteine nahe des Grenzgleichgewichtszustandes befindet, wurde zur Ermittlung gemittelter charakteristischer Bodenkennwerte die südliche Beckenböschung für den Lastfall ohne Wassereinstau (Lastfall 1.2: Leeres Becken; Bemessungssituation BS-T) rückgerechnet (vgl. Anlage 6.11a). Diesem Vorgehen liegt die Annahme zugrunde, dass es in der Vergangenheit keine Rutschungsereignisse der Böschung gegeben hat, was im Zuge der weiteren Planung verifiziert werden muss (z. B. Nachfrage bei der Gemeinde, Anwohnerbefragung, etc.). Die Berechnung erfolgte gemäß EC7 und DIN 4084 unter Verwendung des Verfahrens nach BISHOP (kreiszyklrische Gleitflächen). Die Rückrechnung ergab für die Decklage einen Reibungswinkel von  $\varphi'_k = 27,5^\circ$  und eine Kohäsion von  $c'_k = 3 \text{ kN/m}^2$ .

Für die Bemessungssituation BS-P (wahrscheinliche Bedingungen) berechnet sich bereits für den eingestauten Zustand der Böschung (Lastfall 1.1a „Vollstau“) eine nicht ausreichende Sicherheit ( $\mu = 1,17 > 1,0$ , s. Anlage 6.11b) der südlichen Talböschung, weshalb aller Voraussicht nach und in Abstimmung mit den zuständigen Genehmigungsbehörden weitere Maßnahmen zu ergreifen sind (s. Abschnitt 4.6).

### 5.3 Hydraulische Sicherheit

Die hydraulische Sicherheit wird aus den nachfolgenden Gründen als ausreichend erachtet:

- Die Erdstoffe im Untergrund und Damm sind i. d. R. gegeneinander und in sich filterstabil. Dort, wo dies nicht der Fall ist, wird ein geotextiles Trennvlies eingebaut.
- Die Unterströmung des Damms wird durch eine Untergrundabdichtung im Talgrund behindert.
- Im Fall einer Fehlstelle in der wasserseitigen Dichtungslage, die nach DIN 19700 berücksichtigt werden muss, wird das Sickerwasser im Damm über den luftseitigen Dränfuß schadlos abgeleitet.

## 6 Vorschlag für weitere Maßnahmen

Da die im Zuge der Baugrunderkundung hergestellten bauzeitlichen Pegel nicht mehr vorhanden sind, empfehlen wir im Hinblick auf eine bessere Abschätzung des Schwankungsbereichs des Grundwassers im späteren Abgrabungsbereichs für das Durchlassbauwerk und zur Entnahme einer kennzeichnenden Grundwasserprobe (s. Abschnitt 3.5) im Talgrund zwei bauzeitliche Pegel zu installieren und in regelmäßigen Zeitabständen sowie insbesondere nach stärkeren Niederschlagsereignissen Pegelmessungen durchzuführen.

Ferner schlagen wir zur genaueren Abschätzung der erforderlichen Länge der Untergrundabdichtung (s. Abschnitt 4.5) vor, im unteren Bereich der Talhänge ergänzende Baugrundaufschlüsse (z. B. Kleinrammkernbohrungen) durchzuführen.

## 7 Geotechnische Begleitung der Baumaßnahme

Die geotechnischen und bautechnischen Angaben des Berichtes beruhen auf stichprobenartigen Untergrundaufschlüssen, weshalb sie im Zuge der Aushubarbeiten stichprobenhaft zu überprüfen sind. Folgende Maßnahmen sind vom geotechnischen Sachverständigen stichprobenhaft abzunehmen bzw. zu überwachen:

- Erdplanum / Dammaufstandsfläche
- Baugrubenböschungen
- bauzeitliche Wasserhaltung
- Gründungssohle Durchlassbauwerk
- Arbeitsraumverfüllungen etc.
- Materialzusammensetzung und Verdichtung der Dammbaustoffe sowie Materialwahl der Geotextilien
- Aufgrund der geringen Belastungen kann von einer umwelttechnischen Begleitung abgesehen werden. Sollten Bodenverhältnisse auftreten, die von der vorgenannten Beschreibung abweichen, ist der Gutachter hinzuzuziehen




## 8 Schlussbemerkungen

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen und der bislang geführten Standsicherheitsnachweise können der Absperrdamm sowie das Durchlassbauwerk erdstatisch standsicher errichtet werden. Weitere Maßnahmen im Bereich der seitlichen Böschungen werden aller Voraussicht nach erforderlich (s. Abschnitt 4.6).

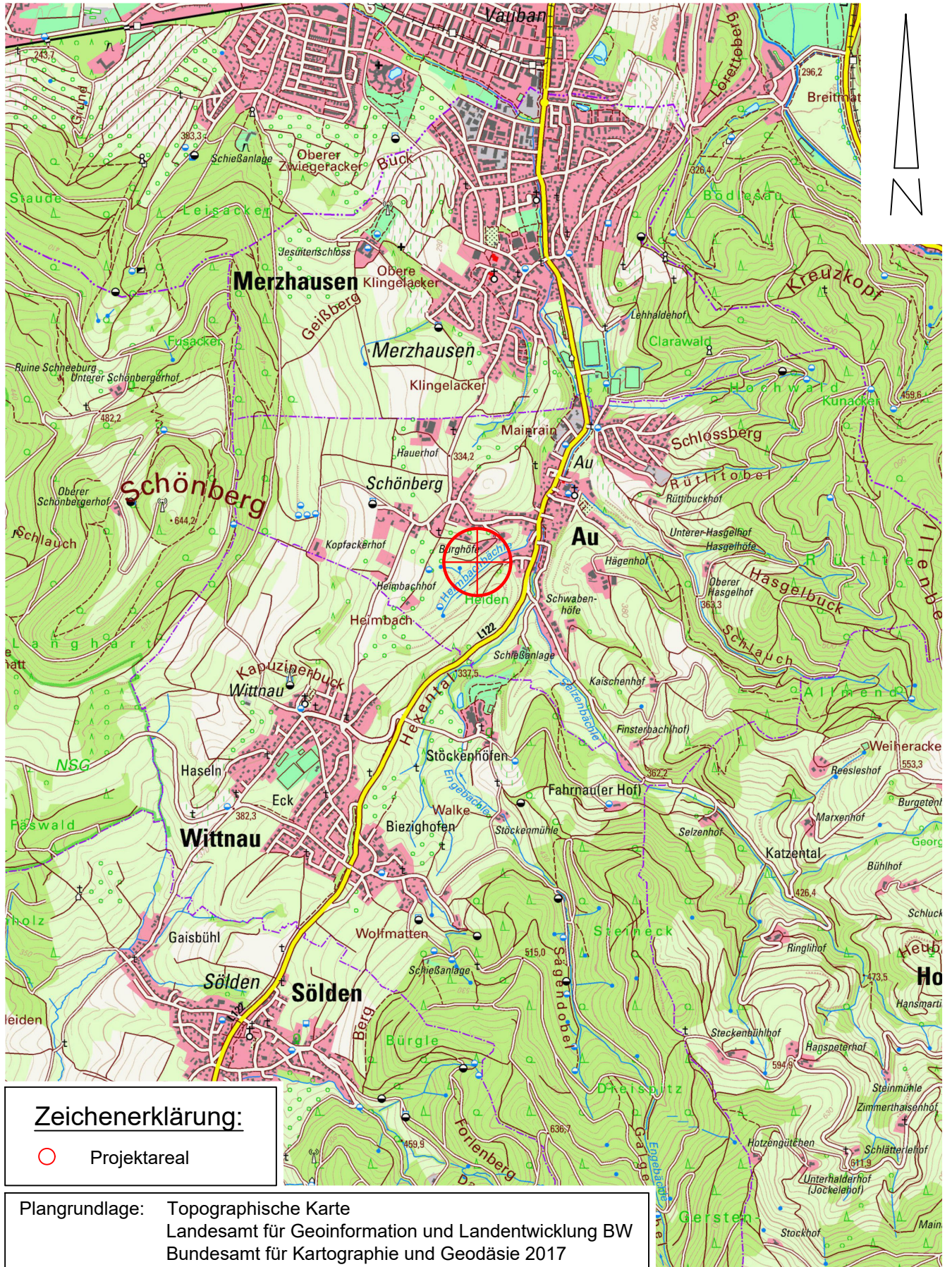
Den Aussagen dieses Berichtes liegen die in Abschnitt 2 genannten Unterlagen zugrunde. Nach Ausarbeitung der fortgeschriebenen Planung (u. a.  $Z_{H1}/Z_{H2}$ , zeitliche Angaben zur Befüllung, zum Vollstau und zum Abstau des Beckens) müssen ggf. weitere Standsicherheitsnachweise geführt werden. Nach Vorlage der konkreten Planung (u. a. Höhenlage Durchlassbauwerk) und bei Planungsänderungen muss überprüft werden, ob die Aussagen auch noch für den aktuellen/geänderten Planungsstand zutreffend sind.



Kiefer, M.Sc.  
(Projektbearbeiter)



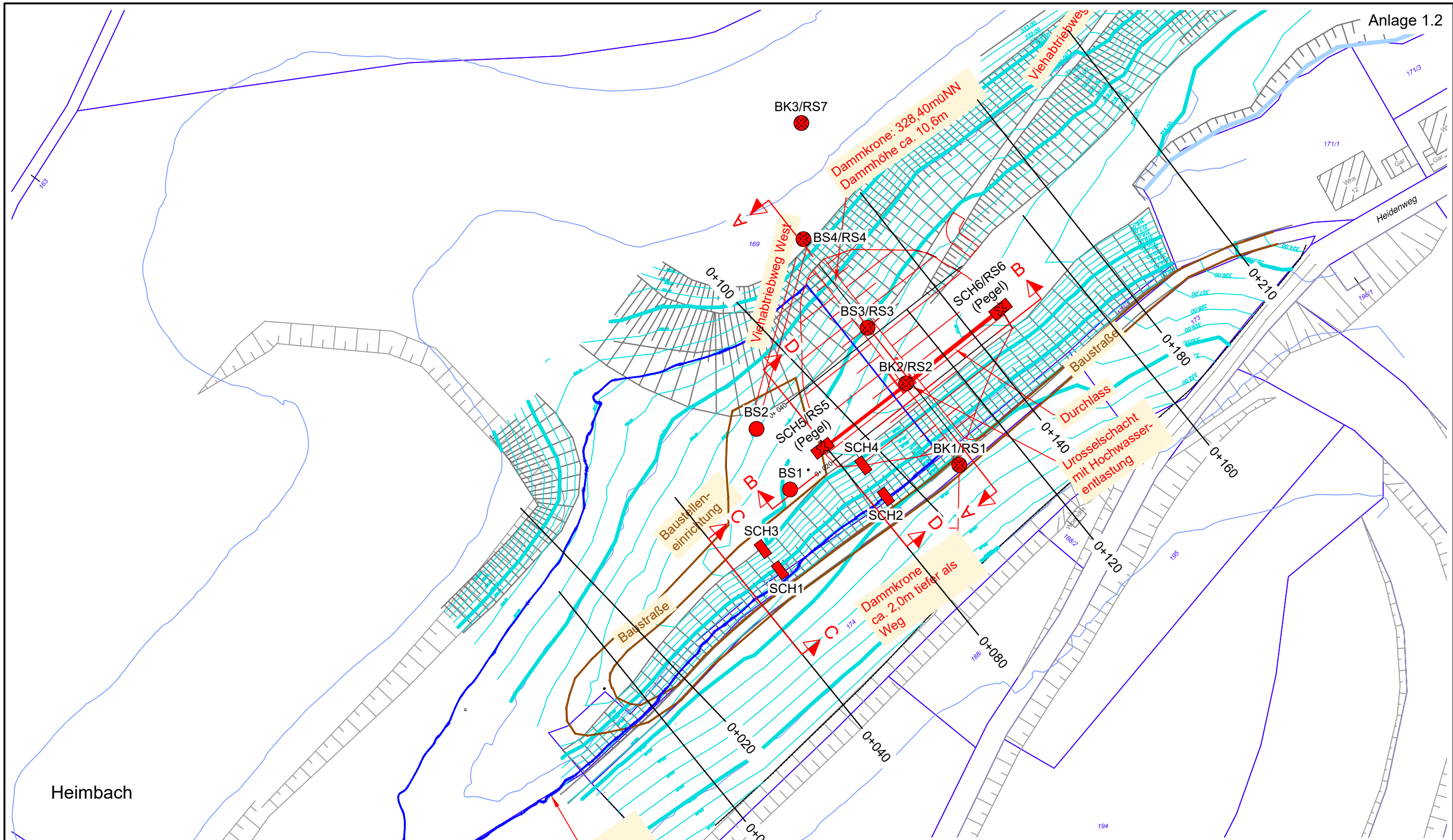
Dr.-Ing. von Kuhlberg  
(Projektleiter)



### Zeichenerklärung:

○ Projektareal

Plangrundlage: Topographische Karte  
Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung BW  
Bundesamt für Kartographie und Geodäsie 2017



**Zeichenerklärung:**

	RS:	Sondierung mit der Schweren Rammsonde DPH-15
	BS/BK:	Kleinrammkernbohrung / Kernbohrung (d = 40-80 mm) (d = 178 mm)
	SCH:	Baggerschurf

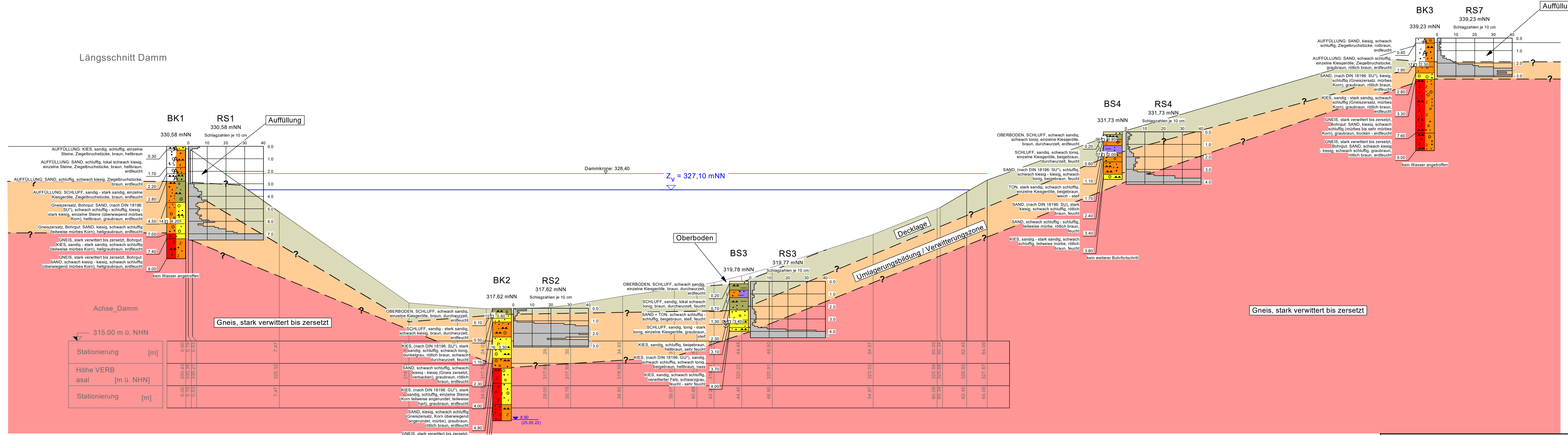
Plangrundlage: Lageplan, Variante 2,7  
 BIT Ingenieure AG, Freiburg  
 Stand vom 25.05.2021



**Ingenieurgruppe Geotechnik**  
**Hintner • Kuhlberg • Renk • Wunsch**  
**Partnerschaft mbB Beratende Ingenieure**  
 Lindenbergsstraße 12 79199 Kirchzarten  
 Tel.: 07661 / 9391 - 0 Fax: 07661 / 9391 - 75  
 E-Mail: info@ingenieurgruppe-geotechnik.de

Projekt: Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Heimbach Gemarkung Au	Projekt - Nr.: 21196/K-S-Ki
	Datum: 28.11.2022/mw
<b>Lageplan</b>	Maßstab: 1 : 1.000
	Dateiname: 21196-G-Anlage 1.2

Längsschnitt Damm



Achse\_Damm  
315.00 m ü. NHN

Stationierung [m]	0.00	0.19	0.53	7.47
Höhe VERB asal [m ü. NHN]	330.43	330.36	330.21	325.32
Stationierung [m]	0.00	0.19	0.53	7.47

- Zeichenerklärung:**
- BK Rammkernbohrung
  - BS Kleinrammkernbohrung
  - SCH Baggerschurf
  - RS Sondierungen mit der Schweren Rammsonde DPH-15
  - w natürlicher Wassergehalt
  - I<sub>c</sub> Zustandszahl
  - c<sub>u</sub> Kohäsion des undrnierten Bodens (Handflügelsonde)
  - GOF Geländeoberfläche
  - GOK Geländeoberkante
- SW** Sickerwasser
- ▽ e. GW Grundwasser eingespiegelt (Ruhwasserstand)
  - ∇ a. GW Grundwasser angetroffen, nicht eingespiegelt
  - 2|1.0 m gestörte Bodenprobe mit Labornummer und Entnahmetiefe
  - 1.0 m Wasserprobe mit Entnahmetiefe
- Plangrundlage:**  
**Querschnitte Variante 2,7**  
**BIT Ingenieure AG, Freiburg**  
**Stand vom 25.05.2021**

Ingenieurgruppe Geotechnik  
 Hintner • Kuhlberg • Renk • Wunsch  
 Partnerschaft mbB Beratende Ingenieure  
 Lindenbergsstraße 12, 79199 Kirchzarten  
 Tel.: 07661 / 9391-0 Fax: 07661 / 9391-75  
 E-Mail: info@ingenieurgruppe-geotechnik.de

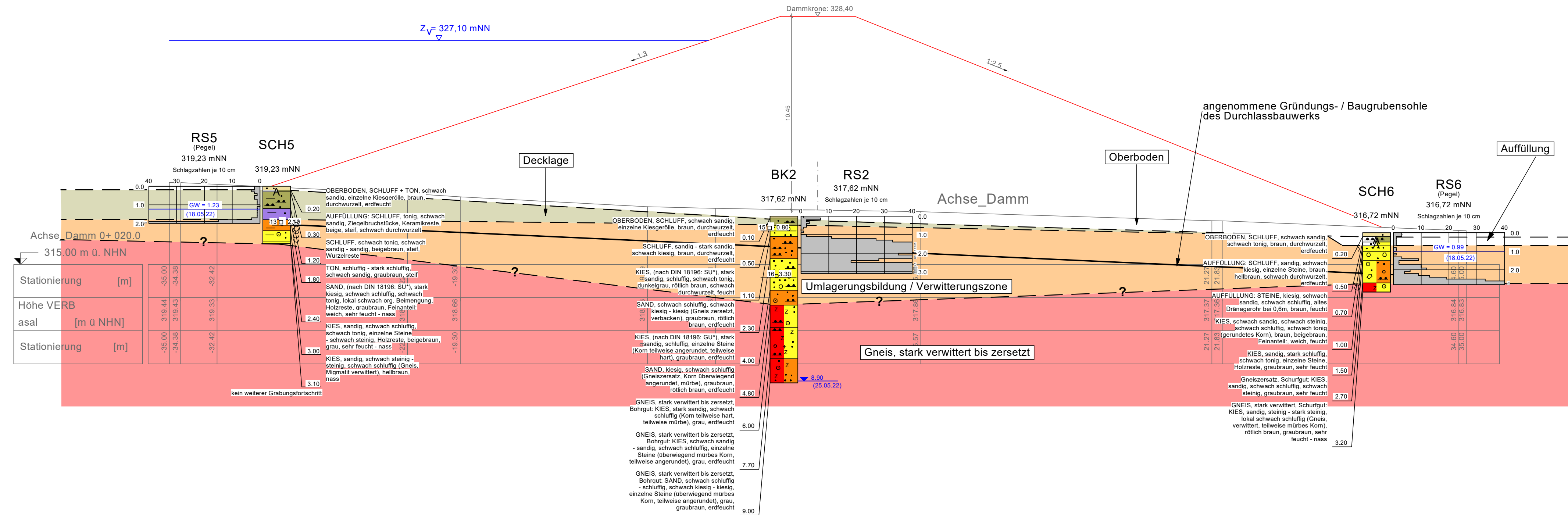
**INGENIEURGRUPPE GEOTECHNIK**

Projekt: Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Heimbach  
 Heimbach

Projekt-Nr.: 21196/K-S-Ki  
 Maßstab: 1:150

Ergebnisse Baugrunderkundung  
 Achse Damm Schnitt A - A

Datum: 28.11.2022/mw



**Zeichenerklärung:**

- BK Rammkernbohrung
- BS Kleinrammkernbohrung
- SCH Baggerschurf
- RS Sondierungen mit der Schweren Rammsonde DPH-15
- w natürlicher Wassergehalt
- I<sub>c</sub> Zustandzahl
- c<sub>u</sub> Kohäsion des undrännierten Bodens (Handflügelsonde)
- GOF Geländeoberfläche
- GOK Geländeoberkante

SW Sickerwasser  
 ▽ e. GW Grundwasser eingespiegelt (Ruhwasserstand)  
 ▽ a. GW Grundwasser angetroffen, nicht eingespiegelt  
 □ 1.0 m gestörte Bodenprobe mit Labornummer und Entnahmetiefe  
 ● 1.0 m Wasserprobe mit Entnahmetiefe

**Plangrundlage:**  
 Querschnitte Variante 2,7  
 BIT Ingenieure AG, Freiburg  
 Stand vom 25.05.2021

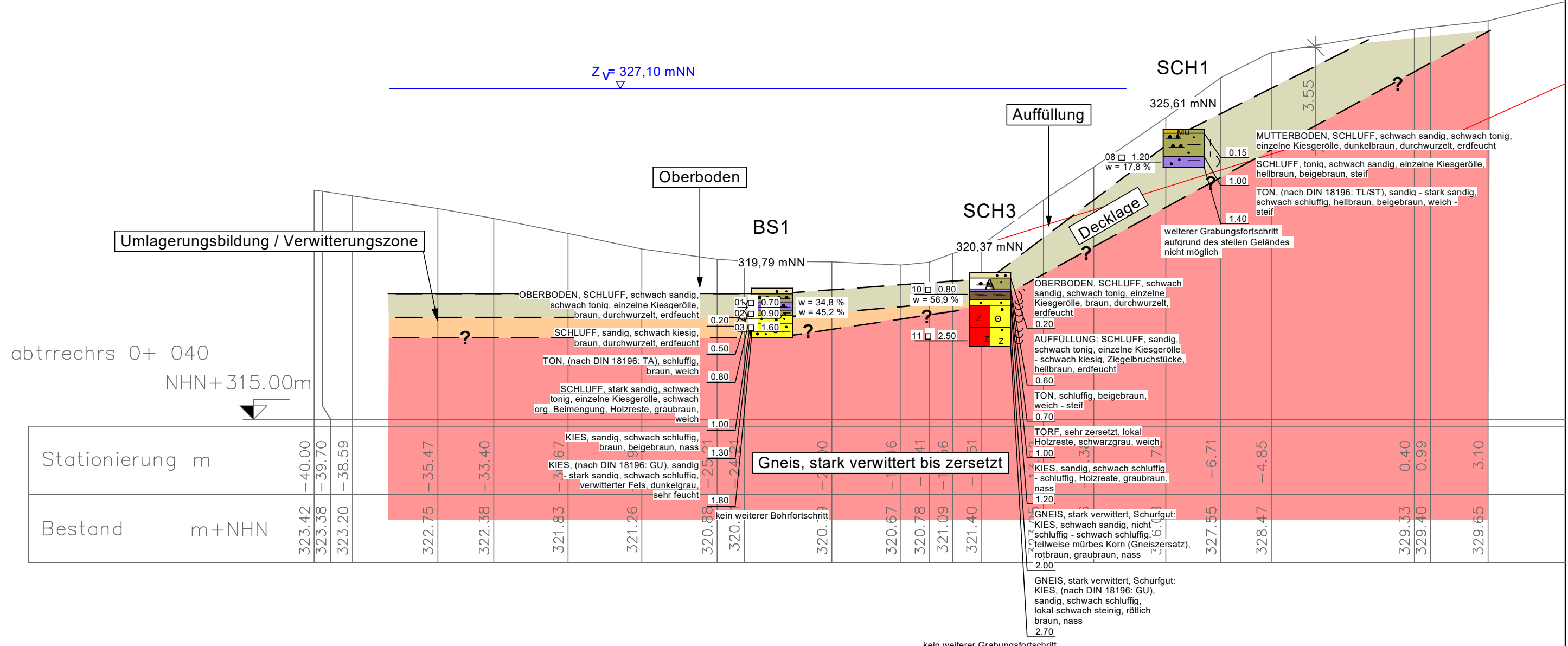
21196-G-Anlage 2-2.bop

Ingenieurgruppe Geotechnik  
 Hintner • Kuhlberg • Renk • Wunsch  
 Partnerschaft mbB Beratende Ingenieure  
 Lindenbergsstraße 12, 79199 Kirchzarten  
 Tel.: 07661 / 9391-0 Fax: 07661 / 9391-75  
 E-Mail: info@ingenieurgruppe-geotechnik.de

Projekt: Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Heimbach  
 Heimbach

Ergebnisse Baugrunderkundung  
 Schnitt B - B

Projekt-Nr.: 21196/K-S-Ki  
 Maßstab: 1:150  
 Datum: 29.11.2022/mw



Zeichenerklärung:

- BK Rammkernbohrung
- BS Kleinrammkernbohrung
- SCH Baggerschurf
- RS Sondierungen mit der Schwere Rammsonde DPH-15
- w natürlicher Wassergehalt
- I<sub>c</sub> Zustandszahl
- c<sub>u</sub> Kohäsion des undrained Bodens (Handflügelsonde)
- GOF Geländeoberfläche
- GOK Geländeoberkante

- SW Sickerwasser
- ▼ e. GW Grundwasser eingespiegelt (Ruhwasserstand)
- ▽ a. GW Grundwasser angetroffen, nicht eingespiegelt
- 2□ 1.0 m gestörte Bodenprobe mit Labornummer und Entnahmetiefe
- 1,0 m Wasserprobe mit Entnahmetiefe

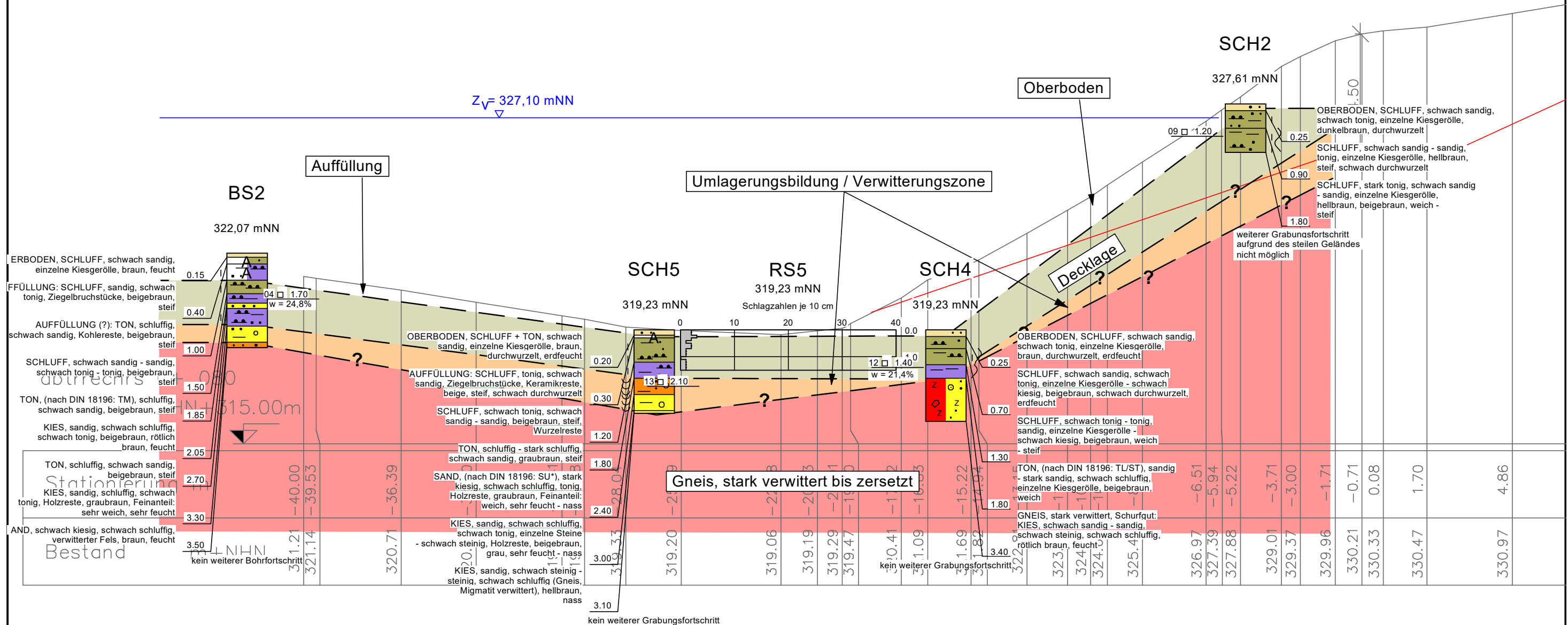
**Plangrundlage:**  
**Querschnitte Böschungsabtrag**  
**BIT Ingenieure AG, Freiburg**  
**Stand vom 11.09.2020**

**Ingenieurgruppe Geotechnik**  
 Hintner • Kuhlberg • Renk • Wunsch  
 Partnerschaft mbB Beratende Ingenieure

Lindenbergstraße 12, 79199 Kirchzarten  
 Tel.: 07661 / 9391-0 Fax: 07661 / 9391-75  
 E-Mail: info@ingenieurgruppe-geotechnik.de



Projekt: Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Heimbach	Projekt-Nr.: 21196/K-S-Ki
Heimbach	Maßstab: 1:150
Ergebnisse Baugrunderkundung Schnitt C - C	Datum: 29.11.2022/mw



Zeichenerklärung:

- BK Rammkernbohrung
- BS Kleinrammkernbohrung
- SCH Baggerschurf
- RS Sondierungen mit der Schweren Rammsonde DPH-15
- w natürlicher Wassergehalt
- I<sub>c</sub> Zustandszahl
- c<sub>u</sub> Kohäsion des undränierten Bodens (Handflügelsonde)
- GOF Geländeoberfläche
- GOK Geländeoberkante

- SW Sickerwasser
- ▽ e. GW Grundwasser eingespiegelt (Ruhewasserstand)
- △ a. GW Grundwasser angetroffen, nicht eingespiegelt
- 2□ 1,0 m gestörte Bodenprobe mit Labornummer und Entnahmetiefe
- 1,0 m Wasserprobe mit Entnahmetiefe

Plangrundlage:  
 Querschnitte Böschungsabtrag  
 BIT Ingenieure AG, Freiburg  
 Stand vom 11.09.2020

Ingenieurgruppe Geotechnik  
 Hintner • Kuhlberg • Renk • Wunsch  
 Partnerschaft mbB Beratende Ingenieure

Lindenbergstraße 12, 79199 Kirchzarten  
 Tel.: 07661 / 9391-0 Fax: 07661 / 9391-75  
 E-Mail: info@ingenieurgruppe-geotechnik.de



Projekt: Neubau Hochwasserrückhaltebecken  
 (HRB) Heimbach  
 Heimbach

Projekt-Nr.: 21196/K-S-Ki

Maßstab: 1:150

Ergebnisse Baugrunderkundung  
 Schnitt D - D

Datum: 29.11.2022/mw

### Laboruntersuchungen

**Projekt:** Neubau Hochwasserrückhaltebecken  
(HRB) Heimbach  
Gemarkung Au  
**Projekt-Nr.:** 21196/S-K-Ki

Aufschluss	Eintnahme- tiefe [m]	Labor- Nr. art <sup>1)</sup>	Boden- zeichnung nach DIN 4022	Boden- gruppe nach DIN 18196	Homogen- bereich-	natürlicher Wasser- gehalt w <sub>n</sub> [%]	Fließ- grenze		Ausroll- grenze		Plastizi- tätzahl		Zustands- zahl I <sub>c</sub>	organische Bestand- teile [%]
							w <sub>L</sub> [%]	w <sub>P</sub> [%]	w <sub>L</sub> [%]	w <sub>P</sub> [%]	I <sub>p</sub> [%]	I <sub>p</sub> [%]		
BS1	0,52-0,78	GP 01		TA	Decklage	34,8	57,0	14,5	42,5	0,52	2,9			
	0,80-1,0	GP 02			Decklage Umlagerungsbildung / Verwitterungszone	45,2								
BS2	1,40-1,80	GP 03	G, s*, u'	GU	Decklage	24,8	48,9	22,9	26,0	0,93				
	1,52-1,82	GP 04		TM										
BS3	3,20-3,60	GP 05	G, s, u', t'	GU*	Umlagerungsbildung / Verwitterungszone									
	0,70-1,0	GP 06	S, u, g, t'	SU*	Decklage									
BS4	1,80-2,30	GP 07	S, g*, u'	SU	Umlagerungsbildung / Verwitterungszone									
	1,10-1,20	GP 08		TL/ ST	Decklage	17,8	25,9	14,8	11,1	0,73				
SCH1	1,10-1,30	GP 09	U, t*, s		Decklage									
SCH2	0,70-0,90	GP 10	G, s, u'	GU	Torf / Ton Gneis	56,9								
	2,50-2,60	GP 11												
SCH3	1,30-1,50	GP 12		TL/ ST	Decklage	21,4	29,1	16,6	12,5	0,61				
	SCH4	2,0-2,20	GP 13	S, g*, u', t'	Umlagerungsbildung / Verwitterungszone									
SCH5	5,70-6,70	GP 14	S, g*, u	SU*	Umlagerungsbildung / Verwitterungszone									
	BK1	0,70-0,90	GP 15	G, s*, u, t'	Umlagerungsbildung / Verwitterungszone									
BK2	3,0-3,70	GP 16	G, s*, u	GU*	Umlagerungsbildung / Verwitterungszone									
	BK3	2,20-2,40	GP 17	S, g, u	Umlagerungsbildung / Verwitterungszone									

<sup>1)</sup> SP: Sonderprobe, GP: gestörte Probe, MP: Mischprobe





# Bestimmung der Korngrößenverteilung DIN EN ISO 17892-4

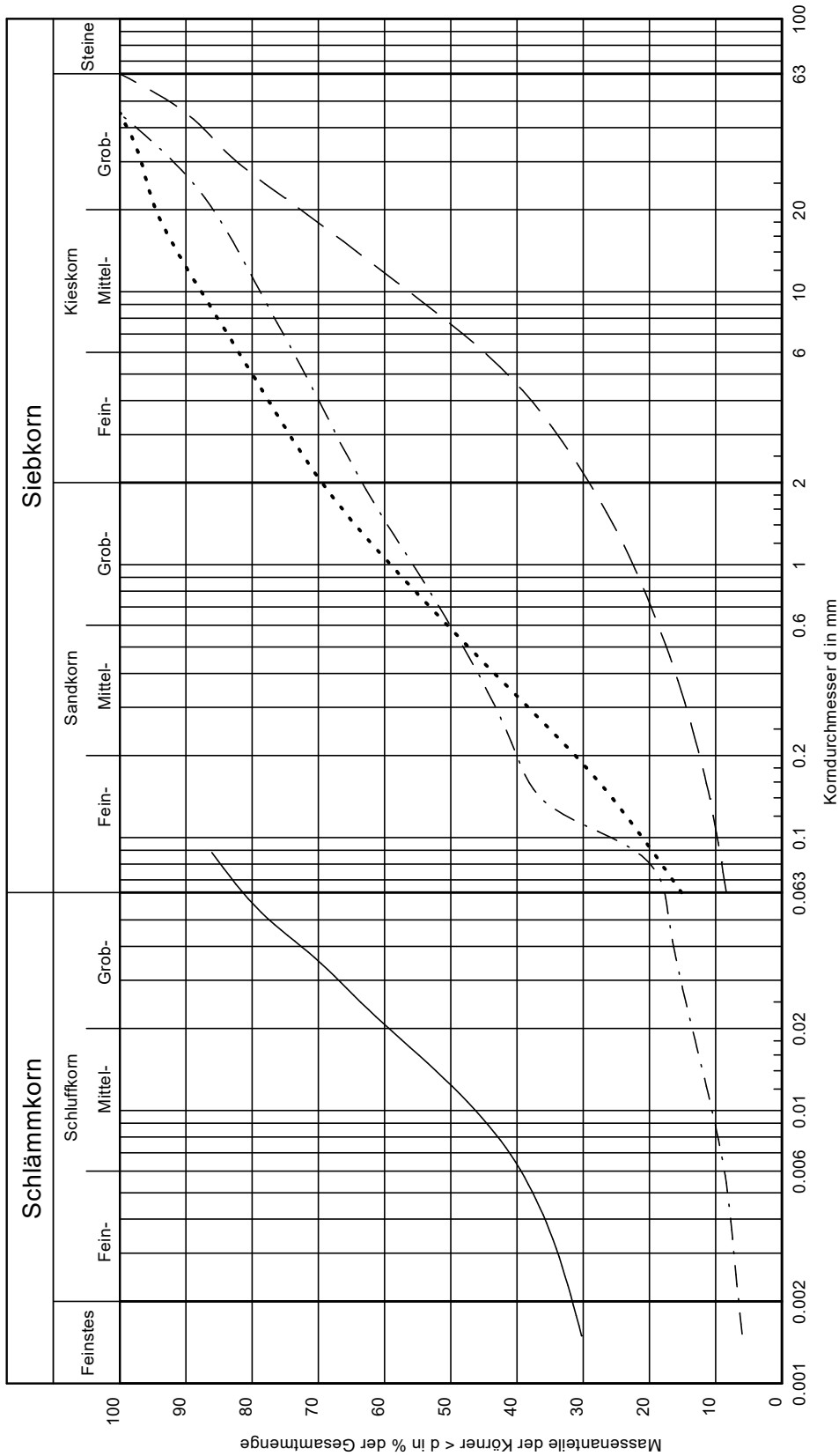
Geotechnische Erkundung und Untersuchung  
Laborversuche an Bodenproben

Anlage 3.2.2

Projekt-Nr.:  
21196/K-S-Ki

Projekt: **Neubau Hochwasserrückhaltebecken  
(HRB) Heimbach  
Gemarkung Au**

Bearbeiter: Si / Gr / Eis Datum: 13.06.2022



21196-G-Anlage 3-2-2\_09-14.kvs

Labor-Nr.:		09	11	13	14	Bemerkungen:
Signatur:		—	---	--- · - · -	·····	
Entnahmestelle:		SCH2	SCH3	SCH5	BK1	
Tiefe [m]:		1,10-1,30	2,50-2,60	2,00-2,20	5,70-6,70	
U/Cc:		-/-	107.9/3.7	166.2/1.0	-/-	
Anteile (T/U/S/G) [%]:		31.6/49.8/18.6/-	-/8.4/20.7/70.9	6.5/11.2/45.7/36.6	-/15.1/54.3/30.6	
Bodenart (DIN 4022):		U, t, s	G, s, u'	S, g, u', t'	S, g, u	
Bodengruppe (DIN 18196):			GU	SU*	SU*	

# Bestimmung der Korngrößenverteilung DIN EN ISO 17892-4

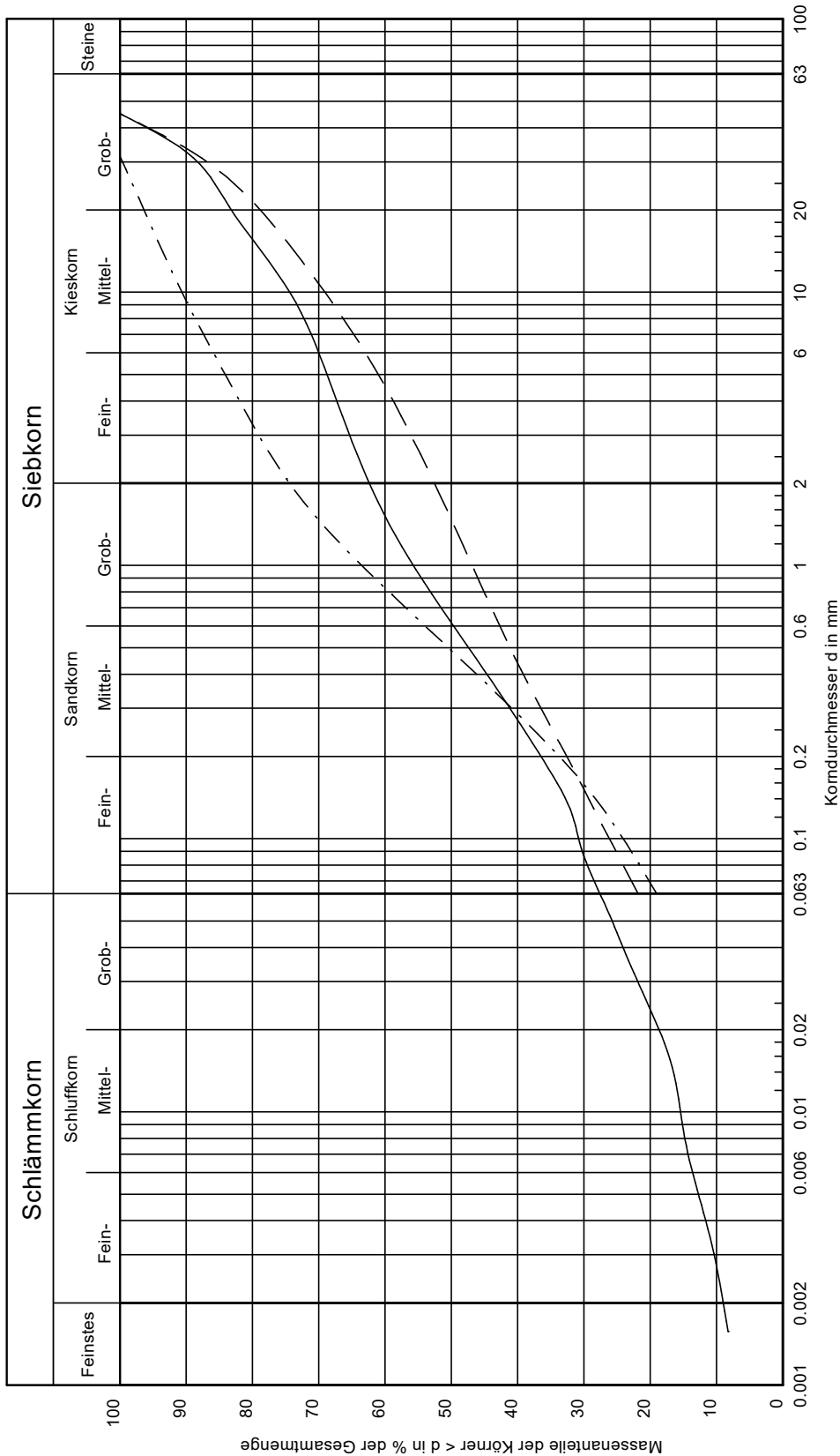
Geotechnische Erkundung und Untersuchung  
Laborversuche an Bodenproben

Anlage 3.2.3

Projekt-Nr.:  
21196/K-S-Ki

Projekt: **Neubau Hochwasserrückhaltebecken  
(HRB) Heimbach  
Gemarkung Au**

Bearbeiter: Gr/Si Datum: 15.06.2022



21196-G-Anlage 3-2-3\_15-17.kvs

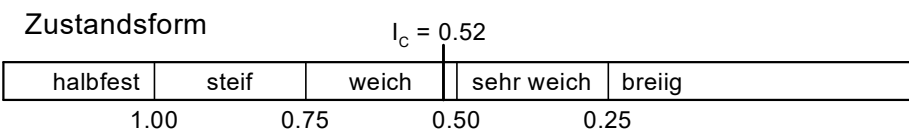
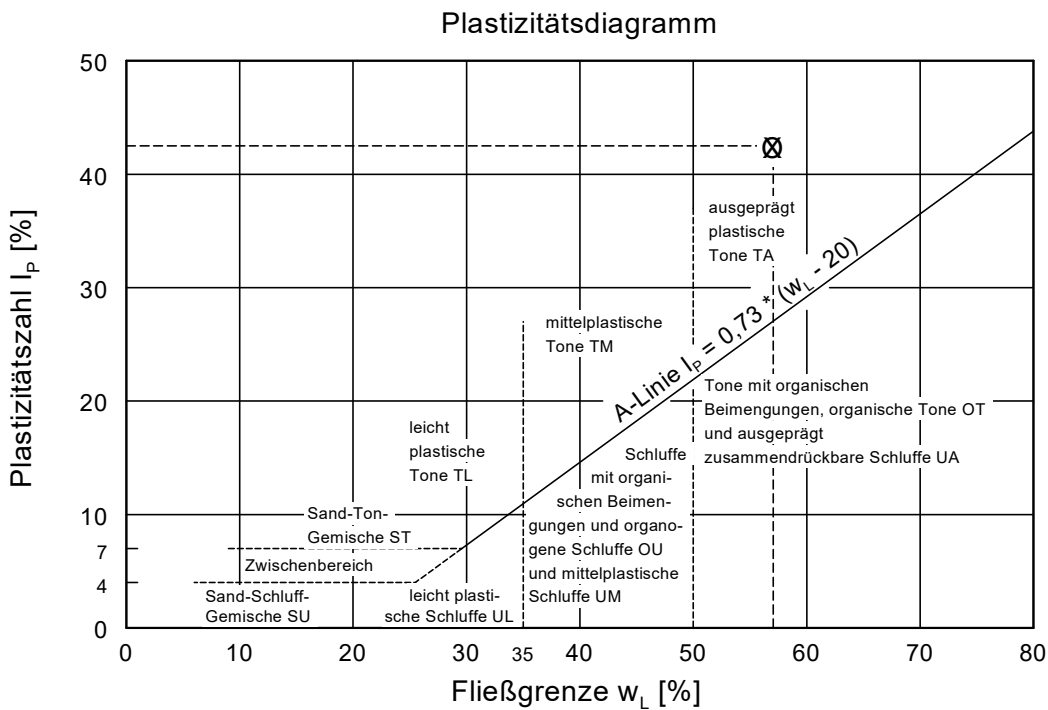
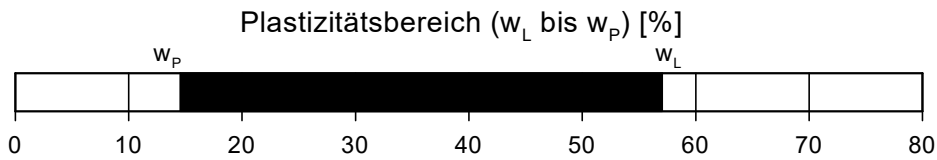
Labor-Nr.:		15	16	17	Bemerkungen:
Signatur:		—	—	---	
Entnahmestelle:	BK2	BK2	BK2	BK3	
Tiefe [m]:	0,70-0,90	3,0-3,7	2,20-2,40		
U/Cc:	553.2/1.8	-/-	-/-		
Anteile (T/U/S/G) [%]:	8.9/18.6/34.8/37.6	-/21.8/30.7/47.5	-/19.0/55.4/25.6		
Bodenart (DIN 4022):	G, s, u, t'	G, s, u	S, g, u		
Bodengruppe (DIN 18196):	SU*	GU*	SU*		

**Projekt: Neubau Hochwasserrückhaltebecken  
(HRB) Heimbach  
Gemarkung Au**

Labor-Nr.: 01  
Entnahmestelle: BS1  
Tiefe [m]: 0,52-0,78  
Bearbeiter: Sinn  
Datum: 13.06.2022

Versuchergebnisse:

Wassergehalt  $w = 34.8 \%$   
Fließgrenze  $w_L = 57.0 \%$   
Ausrollgrenze  $w_P = 14.5 \%$   
Plastizitätszahl  $I_p = 42.5 \%$   
Konsistenzzahl  $I_c = 0.52$

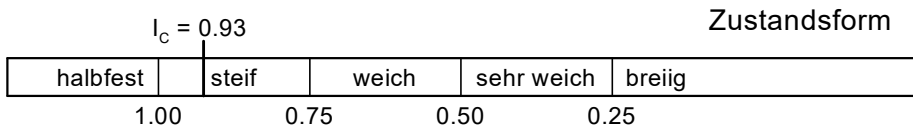
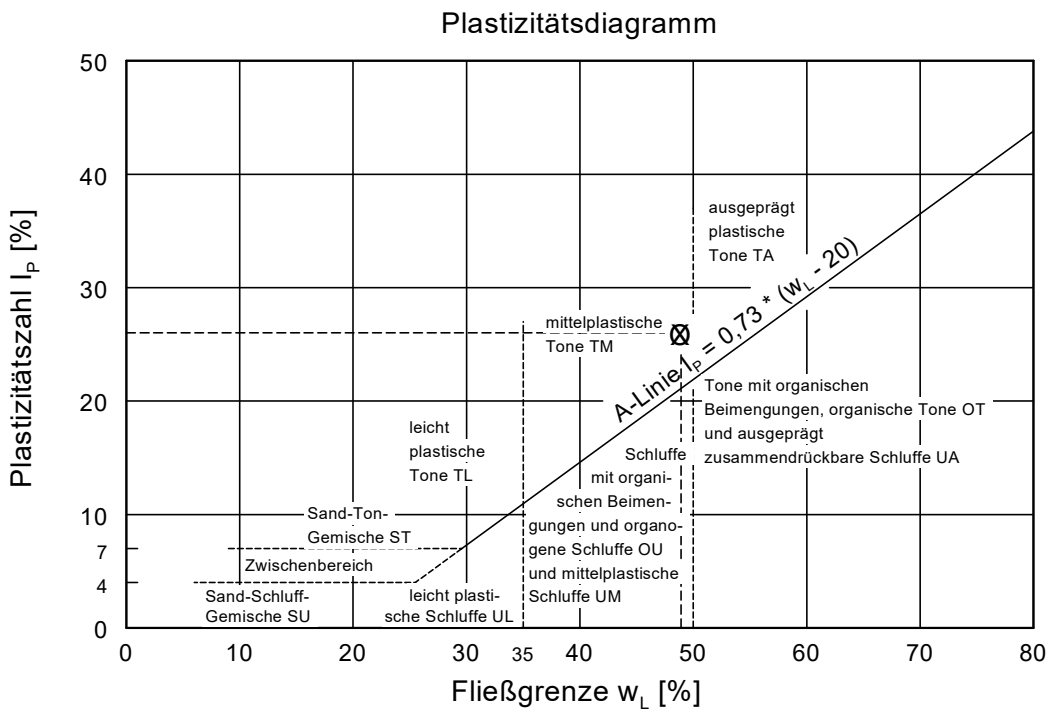
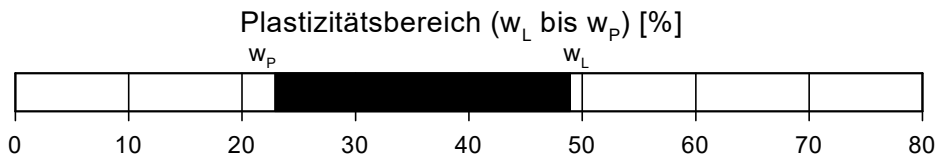


**Projekt: Neubau Hochwasserrückhaltebecken  
(HRB) Heimbach  
Gemarkung Au**

Labor-Nr.: 04  
Entnahmestelle: BS2  
Tiefe [m]: 1,52-1,82  
Bearbeiter: Si / Gr  
Datum: 13.06.2022

Versuchergebnisse:

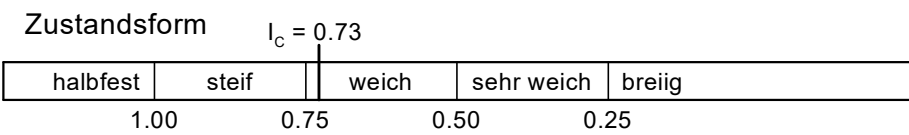
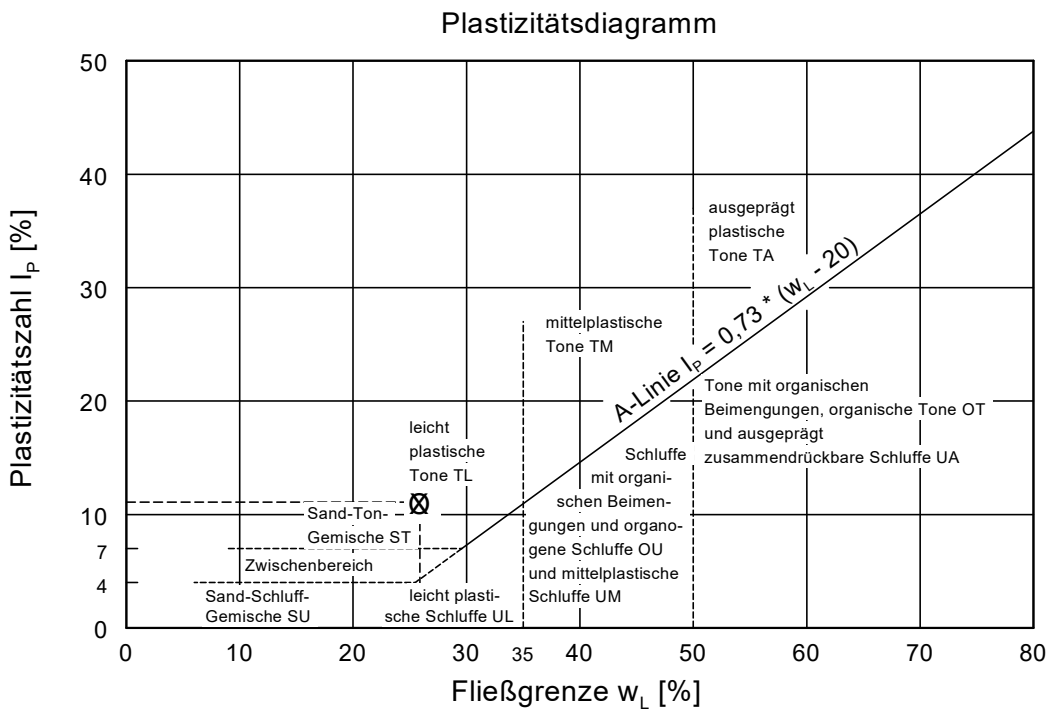
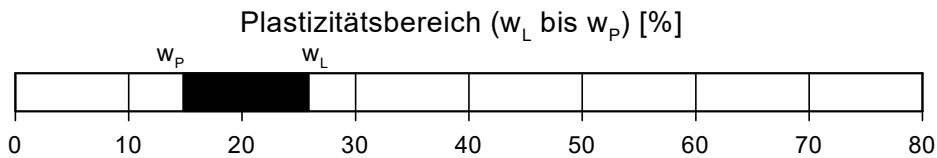
Wassergehalt  $w = 24.8 \%$   
Fließgrenze  $w_L = 48.9 \%$   
Ausrollgrenze  $w_P = 22.9 \%$   
Plastizitätszahl  $I_p = 26.0 \%$   
Konsistenzzahl  $I_c = 0.93$



Projekt: **Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Heimbach Gemarkung Au**

Labor-Nr.: 08  
 Entnahmestelle: SCH1  
 Tiefe [m]: 1,10-1,20  
 Bearbeiter: Si / Eis  
 Datum: 13.06.2022

Versuchergebnisse:  
 Wassergehalt  $w = 17.8 \%$   
 Fließgrenze  $w_L = 25.9 \%$   
 Ausrollgrenze  $w_P = 14.8 \%$   
 Plastizitätszahl  $I_p = 11.1 \%$   
 Konsistenzzahl  $I_c = 0.73$

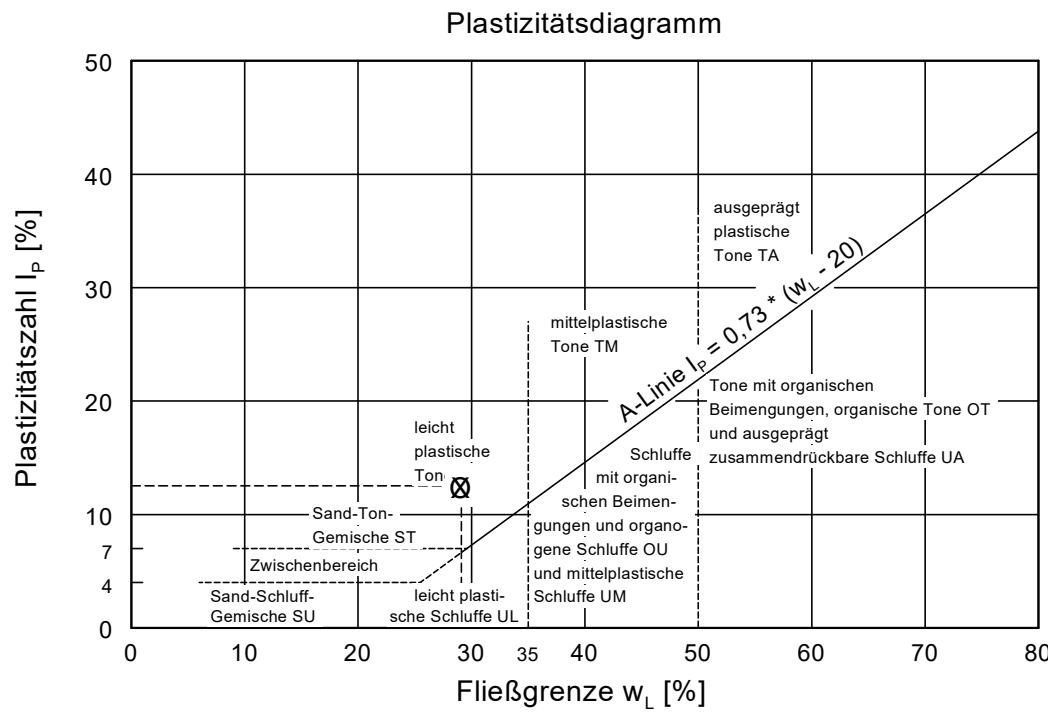
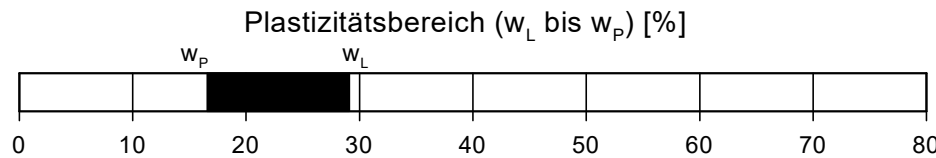


**Projekt: Neubau Hochwasserrückhaltebecken  
(HRB) Heimbach  
Gemarkung Au**

Labor-Nr.: 12  
Entnahmestelle: SCH4  
Tiefe [m]: 1,30-1,50  
Bearbeiter: Si / Gr  
Datum: 13.06.2022

Versuchergebnisse:

Wassergehalt  $w = 21.4 \%$   
Fließgrenze  $w_L = 29.1 \%$   
Ausrollgrenze  $w_P = 16.6 \%$   
Plastizitätszahl  $I_p = 12.5 \%$   
Konsistenzzahl  $I_c = 0.61$



# Bestimmung des Organischen Anteils

Wasserstoffperoxid

Projekt: Neubau Hochwasserrückhaltebecken  
(HRB) Heimbach  
Gemarkung Au

Bearbeiter: SInn

Datum: 13.06.2022

Entnahmestelle:	BS1	BS1
Tiefe [m]	0,80-1,00	0,80-1,00
Labor-Nr.:	02	02
A: trockene Probe + Behälter [g]	211.49	211.84
B: oxidierte Probe + Behälter [g]	211.12	211.53
C: Behälter [g]	199.25	200.65
A - B [g]:	0.37	0.31
A - C [g]:	12.24	11.19
org. Bestandteil [%]:	3.02	2.77
Mittelwert [%]:	2.90	

Entnahmestelle:	SCH3	SCH3
Tiefe [m]	0,70-0,90	0,70-0,90
Labor-Nr.:	10	10
A: trockene Probe + Behälter [g]	195.72	183.06
B: oxidierte Probe + Behälter [g]	195.06	182.29
C: Behälter [g]	184.26	171.28
A - B [g]:	0.66	0.77
A - C [g]:	11.46	11.78
org. Bestandteil [%]:	5.76	6.54
Mittelwert [%]:	6.15	

Entnahmestelle:		
Tiefe [m]		
Labor-Nr.:		
A: trockene Probe + Behälter [g]		
B: oxidierte Probe + Behälter [g]		
C: Behälter [g]		
A - B [g]:		
A - C [g]:		
org. Bestandteil [%]:		
Mittelwert [%]:		

Entnahmestelle:		
Tiefe [m]		
Labor-Nr.:		
A: trockene Probe + Behälter [g]		
B: oxidierte Probe + Behälter [g]		
C: Behälter [g]		
A - B [g]:		
A - C [g]:		
org. Bestandteil [%]:		
Mittelwert [%]:		





Ingenieurgruppe Geotechnik  
 Lindenbergsstraße 12  
 79199 Kirchzarten  
 Tel.: (0 76 61) 93 91-0  
 Fax: (0 76 61) 93 91-75

# Bestimmung des Wassergehaltes DIN EN ISO 17892-1

Geotechnische Erkundung und Untersuchung  
 Laborversuche an Bodenproben

Anlage 3.5  
 Projekt-Nr.:  
 21196/K-S-Ki  
 DIN EN ISO 17892-1

**Projekt: Neubau Hochwasserrückhaltebecken  
 (HRB) Heimbach  
 Gemarkung Au**

Bearbeiter: Si / He

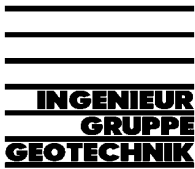
Datum: 13.06.2022

Entnahmestelle:	BS1	BS1	BS2	SCH1	SCH3	SCH4
Labor-Nr.:	01	02	04	08	10	12
Feuchte Probe + Behälter [g]:	408.29	412.78	333.01	477.44	407.36	450.10
Trockene Probe + Behälter [g]:	348.33	336.19	295.01	432.87	322.03	399.55
Behälter [g]:	176.19	166.62	141.94	182.64	172.15	163.31
Porenwasser [g]:	59.96	76.59	38.00	44.57	85.33	50.55
Trockene Probe [g]:	172.14	169.57	153.07	250.23	149.88	236.24
Wassergehalt [%]:	34.83	45.17	24.83	17.81	56.93	21.40

Entnahmestelle:						
Labor-Nr.:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]:						

Entnahmestelle:						
Labor-Nr.:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]:						

Entnahmestelle:						
Labor-Nr.:						
Feuchte Probe + Behälter [g]:						
Trockene Probe + Behälter [g]:						
Behälter [g]:						
Porenwasser [g]:						
Trockene Probe [g]:						
Wassergehalt [%]:						

 Ingenieurgruppe Geotechnik GbR Lindenbergstr. 12 79199 Kirchzarten Tel.: (0 76 61) 93 91 - 0 Fax: (0 76 61) 93 91 - 75	<b>Abschätzung des Durchlässigkeitsbeiwertes k</b> <b>durch Schluckversuch im Schurf</b>  mit steigender Druckhöhe	Anlage 4.1
	Projekt: Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)  Heimbach, Gemarkung Au	Projekt-Nr.: 21196/K-S-Ki
		Datum: 17.05.2022

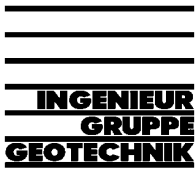
**Schurf-Nr.: 5**

Beobachter: Ki

Zeit:		Wasseruhrstand:	
Beginn:	11:45:00 h	Beginn:	m <sup>3</sup>
Ende:	12:00:00 h	Ende:	m <sup>3</sup>
Δt:	0:15:00 h	Gesamtmenge:	m <sup>3</sup>
Schurf:		Ersatzradius:	
Volumen:	5,616 m <sup>3</sup>	Ersatzradius (r <sub>E</sub> ):	0,81 m
Tiefe:	2,70 m	Durchmesser (d):	1,63 m

Berechnung nach VAWE:  $k^* = \frac{\Delta h}{\Delta t} \cdot \frac{d}{28 \cdot h_m}$

	Zeit	Tiefe ab GOF	Zeitdifferenz Δt	Anstieg Δh	mittlerer Aufstau h <sub>m</sub>	Durchlässigkeitsbeiwert k*
Nr.	[hh:mm:ss]	[m]	[s]	[m]	[m]	[m/s]
1	12:02:00	2,220				
2	12:03:00	2,218	60	0,002	0,483	4,01E-06
3	12:04:00	2,217	60	0,001	0,484	2,00E-06
4	12:05:30	2,215	90	0,002	0,486	2,66E-06
5	12:07:00	2,213	90	0,002	0,488	2,65E-06
6	12:08:30	2,210	90	0,003	0,492	3,94E-06
7	12:10:00	2,207	90	0,003	0,495	3,92E-06
8	12:11:30	2,203	90	0,004	0,499	5,18E-06
9	12:42:30	2,197	1860	0,006	0,506	3,71E-07
10	12:56:30	2,195	840	0,002	0,506	2,73E-07
<b>Mittelwert:</b>						2,78E-06

 Ingenieurgruppe Geotechnik GbR Lindenbergstr. 12 79199 Kirchzarten Tel.: (0 76 61) 93 91 - 0 Fax: (0 76 61) 93 91 - 75	<b>Abschätzung des Durchlässigkeitsbeiwertes k</b> <b>durch Versickerungsversuch im Schurf</b>  mit fallender Druckhöhe, ungespanntes Grundwasser	Anlage 4.2
	Projekt: Hochwasserrückhaltebecken (HRB)	Projekt-Nr.: 21196/K-S-Ki
	Stöckenhöfe, Wittnau	Datum: 27.05.2022

**Schurf-Nr.:** 6

**Beobachter:** Ki

**Zeit:**

**Beginn:** 13:32:00 h

**Ende:** 13:47:00 h

**Δt:** 0:15:00 h

**Schurf:**

**Volumen:** 2,160 m<sup>3</sup>

**Tiefe:** 1,20 m

**Ersatzradius:**

**Ersatzradius (r<sub>E</sub>):** 0,76 m

**Grundwasser:**

**Tiefe GW:** 0,99 m ab GOK

Berechnung nach VAWE: 
$$k^* = \frac{\Delta h}{\Delta t} \cdot \frac{r_E}{4 * h_m}$$

	Zeit	Tiefe ab GOF	Zeitdifferenz Δt	Absenkung Δh	mittlerer Aufstau h <sub>m</sub>	Durchlässigkeitsbeiwert k*
Nr.	[hh:mm:ss]	[m]	[s]	[m]	[m]	[m/s]
1	13:49:00	0,6700				
2	13:50:00	0,6730	60	0,003	0,32	2,97E-05
3	13:51:00	0,6750	60	0,002	0,32	2,00E-05
4	13:52:00	0,6758	60	0,001	0,31	8,02E-06
5	13:53:00	0,6800	60	0,004	0,31	4,24E-05
6	13:55:00	0,6830	120	0,003	0,31	1,53E-05
7	13:57:00	0,6850	120	0,002	0,31	1,03E-05
8	13:59:00	0,6870	120	0,002	0,30	1,04E-05
9	14:01:00	0,6890	120	0,002	0,30	1,04E-05
10	14:03:00	0,6920	120	0,003	0,30	1,58E-05
11	14:05:00	0,6950	120	0,003	0,30	1,60E-05
12	14:07:00	0,6970	120	0,002	0,29	1,07E-05
13	14:09:00	0,7000	120	0,003	0,29	1,62E-05
<b>Mittelwert:</b>						1,71E-05

**Projekt:** Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)  
 Heimbach  
 Gemarkung Au  
**Projekt-Nr.:** 21196/K-S-Ki

**Maßgebende Angaben zu Bodenschichten/Homogenbereichen nach VOB 2019 (z. T. Erfahrungs- bzw. Schätz-/Literaturwerte)**

Homogenbereich/Schicht	Oberboden	Auffüllung	Decklage	Umlagerungs- bildung / Verwitterungs- zone	Gneis, stark verwittert bis zersetzt
Zusammensetzung	s. Abschnitt 3.2				
Bodengruppen nach DIN 18196 <sup>1)</sup>	OU, OH, OT	UL, UM, TL, TM, SU, SU*, ST, SW, GU, GU*, GT, GW	UL, UM, UA, TL/ST, TM, TA, ST, SU*, SU	SU, SU*, SW, GU*, GU, GW	Bohr-/Schurfgut: SU, SU*, SW, GU*, GU, GW
Steinanteil/Blockanteil [Massen-%]	--- / ---	< 20 / < 10 lokal > 20 / > 10 möglich	--- / ---	< 10 / < 5 lokal > 10 / > 5 möglich	< 10 / < 5 lokal > 10 / > 5 möglich
Schichtunterkante [m u GOF]	s. Anlagenteil 2				
Dichte [t/m <sup>3</sup> ]	---	1,7 - 2,3	1,7 - 2,0	1,9 - 2,3	1,9 - 2,3
Wassergehalt w [%]	---	n. b.	5 - 60	über Grundwasser: i. d. R. 4 - 20	---
Bezogene Lagerungsdichte I <sub>D</sub> [-]	---	< 0,15 bis 0,35, lokal 0,35 bis 0,65 möglich	---	i. d. R. 0,35 bis 0,85; bereichsweise <0,15 bis 0,35	erfahrungsgemäß 0,65 bis > 0,85
Konsistenz [-]	---	steif	i. d. R. weich bis steif	---	---
Konsistenzzahl I <sub>c</sub> [-]	---	0,75 - 1,0	i. d. R. 0,5 - 1,0	---	---
Plastizitätszahl I <sub>p</sub> [%]	---	4 - 40	4 - 45	---	---
undränierete Scherfestigkeit c <sub>u</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	---	---	i. d. R. 20 - 150	---	---
organischer Anteil [%]	---	< 3	< 3	< 1	---
Abrasivität LAK [g/to]	---	0 - 1.250	0 - 250	50 - 1.250	50 - 2.000
Abrasivität CAI [-]	---	0 - 4,0	0 - 1,0	0,3 - 4,0	0,3 - 6,0
Benennung von Fels	---	---	---	---	s. Absch. 3.2
Verwitterung/Veränderlichkeit	---	---	---	---	s. Absch. 3.2
einaxiale Druckfestigkeit q <sub>u</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	---	---	---	---	< 80, lokal ggf. > 80
Trennflächenrichtung	---	---	---	---	s. Absch. 3.2
Trennflächenabstand	---	---	---	---	s. Absch. 3.2
Gesteinskörperform	---	---	---	---	s. Absch. 3.2
Bodenklassen DIN 18300 <sup>2)</sup>	1	3, 4, lokal 5, 6 möglich bei Vernässung: 2 möglich	3 - 5; bei Ausfließen: 2	3 - 5, lokal 6, 7 möglich	3 - 5, lokal bzw. mit zunehmender Tiefe 6, 7 möglich
Bodenklassen DIN 18301 <sup>3)</sup>	---	BN1, BN2 mit BS1 bis BS4, BB2	BB1, BB2, BB3, BO1, BO2 lokal BN1, BN2	BN1, BN2 mit BS1 bis BS4	BN1, BN2 mit BS1 - BS4; lokal bzw. mit zunehmender Tiefe FV1 bis FV6, FD1 bis FD4 möglich
Bodenklassen DIN 18311 <sup>8)</sup>	---	BOB2, NB1 bis NB5 mit S1 bis S3	BOB2 bis BOB3, NB1, NB2, lokal NB3, NB4 möglich	NB1 - NB5 mit S1 bis S3	NB1 bis NB5 mit S1 bis S3; mit zunehmender Tiefe F1 bis lokal F2
Einbaukonfiguration/Materialqualität nach VwV Boden (2007) <sup>6)</sup>	Z0 s. Hinweis	Z0 s. Hinweis	Z0 s. Hinweis	Z0* s. Hinweis	nicht untersucht
Einbaukonfiguration/Materialqualität nach RC Erlass (MU 2004) <sup>7)</sup>	---	---	---	---	---

1), 2), 3), 4), 5), 6), 7): s. Erläuterungen

Hinweis: Orientierender Wert! Bei einer weitergehenden, vertiefenden Beprobung kann eine Abweichung von der angegebenen Einstufung nicht ausgeschlossen werden, s. Abschnitt Umwelttechnische Hinweise.

## Erläuterungen zu Anlage 5.1

### 1) Bodengruppen nach DIN 18196:

GE: enggestufte Kiese  
 GW: weitgestufte Kies-Sand-Gemische  
 GI: intermittierend gestufte Kies-Sand-Gemische  
 SE: enggestufte Sande  
 SW: weitgestufte Sand-Kies-Gemische  
 SI: intermittierend gestufte Sand-Kies-Gemische  
 GU, GU\*: Kies-Schluff-Gemische  
 GT, GT\*: Kies-Ton-Gemische  
 SU, SU\*: Sand-Schluff-Gemische  
 ST, ST\*: Sand-Ton-Gemische  
 UL: leicht plastische Schluffe  
 UM: mittelpastische Schluffe  
 UA: ausgeprägt zusammendrückbarer Schluff  
 TL: leicht plastische Tone  
 TM: mittelpastische Tone  
 TA: ausgeprägt plastische Tone  
 OH: grob-, gemischtkörnige Böden m. humosen Beimengungen  
 OU: Schluffe mit organischen Beimengungen  
 OT: Tone mit organischen Beimengungen  
 HN: nicht bis mäßig zersetzte Torfe (Humus)  
 HZ: zersetzte Torfe

### 2) Boden- und Felsklassen nach DIN 18300 (nur nachrichtlich, nach VOB 2019 nicht mehr gültig):

1: Oberboden  
 2: Fließende Bodenarten  
 3: Leicht lösbare Bodenarten  
 4: Mittelschwer lösbare Bodenarten  
 5: Schwer lösbare Bodenarten  
 6: Leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten  
 7: Schwer lösbarer Fels

### 3) Boden- und Felsklassen nach DIN 18301 (nur nachrichtlich, nach VOB 2019 nicht mehr gültig):

BN1: nichtbindig Sand-Kies, Feinkorn bis 15%  
 BN2: nichtbindig Sand-Kies, Feinkorn über 15%  
 BB1: bindig, flüssig bis breiig  
 BB2: bindig, weich bis steif  
 BB3: bindig, halbfest  
 BB4: bindig, fest bis sehr fest  
 BO1: Mudde, Humus und zersetzte Torfe  
 BO2: unzersetzte Torfe  
 FV1: Fels entfestigt  
 FV2: Fels angewittert, Trennflächenabstand bis 30cm  
 FV3: Fels angewittert, Trennflächenabstand über 30cm  
 FV4: Fels unverwittert, Trennflächenabstand bis 10cm  
 FV5: Fels unverwittert, Trennflächenabstand 10-30cm  
 FV6: Fels unverwittert, Trennflächenabstand über 30cm  
Für Lockergestein Zusatzklasse BS bei Steinen und Blöcken:  
 BS1: Steine (63-200mm) bis 30 Vol. %  
 BS2: Steine (63-200mm) über 30 Vol. %  
 BS3: Blöcke (200-600mm) bis 30 Vol. %  
 BS4: Blöcke (200-600mm) über 30 Vol. %  
Für Felsklasse FV2-6 Zusatzklasse FD:  
 FD1: einaxiale Festigkeit bis 20 N/mm<sup>2</sup>  
 FD2: einaxiale Festigkeit 20-80 N/mm<sup>2</sup>  
 FD3: einaxiale Festigkeit 80-200 N/mm<sup>2</sup>  
 FD4: einaxiale Festigkeit 200-300 N/mm<sup>2</sup>  
 FD5: einaxiale Festigkeit über 300 N/mm<sup>2</sup>

### 4) Boden- und Felsklassen nach DIN 18319 (nur nachrichtlich, nach VOB 2019 nicht mehr gültig):

Für Lockergestein Zusatzklasse S bei Steinen und Blöcken:  
 S1: Steine (63-200mm) bis 30 Vol. %  
 S2: Steine (63-200mm) über 30 Vol. %  
 S3: Blöcke (200-600mm) bis 30 Vol. %  
 S4: Blöcke (200-600mm) über 30 Vol. %  
Für Klasse F: Fels  
 FZ1: Trennflächenabstand bis 10 cm, Einaxiale Druckfestigkeit bis 20 N/mm<sup>2</sup>  
 FZ2: Trennflächenabstand bis 10 cm, Einaxiale Druckfestigkeit bis 20-50 N/mm<sup>2</sup>  
 FZ3: Trennflächenabstand bis 10 cm, Einaxiale Druckfestigkeit bis 50-100 N/mm<sup>2</sup>  
 FZ4: Trennflächenabstand bis 10 cm, Einaxiale Druckfestigkeit bis 100-200 N/mm<sup>2</sup>  
 FD1: Trennflächenabstand über 10 cm, Einaxiale Druckfestigkeit bis 20 N/mm<sup>2</sup>  
 FD2: Trennflächenabstand über 10 cm, Einaxiale Druckfestigkeit bis 20-50 N/mm<sup>2</sup>  
 FD3: Trennflächenabstand über 10 cm, Einaxiale Druckfestigkeit bis 50-100 N/mm<sup>2</sup>  
 FD4: Trennflächenabstand über 10 cm, Einaxiale Druckfestigkeit bis 100-200 N/mm<sup>2</sup>  
Für Lockergesteine, Klasse L:  
 LN: nicht bindige Böden  
 LNE1: enggestuft, locker, Feinkorn bis 15 %  
 LNE2: enggestuft, mitteldicht, Feinkorn bis 15 %  
 LNE3: enggestuft, dicht, Feinkorn bis 15 %  
 LNW1: weit- oder intermittierend gestuft, locker, Feinkorn bis 15 %  
 LNW2: weit- oder intermittierend gestuft, mitteldicht, Feinkorn bis 15 %  
 LNW3: weit- oder intermittierend gestuft, dicht, Feinkorn bis 15 %  
 LN1: locker, Feinkorn über 15 %  
 LN2: mitteldicht, Feinkorn über 15 %  
 LN3: dicht, Feinkorn über 15 %  
 LBO1: organogen, breiig bis weich  
 LBO2: organogen, steif bis halbfest  
 LBO3: organogen, fest  
Klasse LB: bindige Böden  
 LBM1: mineralisch, breiig bis weich  
 LBM2: mineralisch, steif bis halbfest  
 LBM3: mineralisch, fest  
Für bindige Böden Zusatzklassen Plastizität:

P1: leicht bis mittelpastisch

P2: ausgeprägt plastisch

### 5) Rechenwerte für erdstatische Berechnungen, s. gesonderte Anlage

### 6) Einbaukonfigurationen/ Materialqualitäten nach VwV Boden (2007)

Z0: uneingeschränkte Verwendung in bodenähnlichen Anwendungen  
 Z0\*: wie Z0, mit Einschränkungen  
 Z1.1: Verwertung in technischen Bauwerken  
 Z1.2: wie Z1.1, unter günstigen hydrogeologischen Verhältnissen  
 Z2: Verwertung in technischen Bauwerken bei definierten Sicherungsmaßnahmen  
 >Z2: i.A. Entsorgung auf Deponie

### 7) Einbaukonfigurationen/ Materialqualitäten nach RC Erlass (MU 2004)

Z1.1: Verwertung in technischen Bauwerken  
 Z1.2: wie Z1.1, unter günstigen hydrogeologischen Verhältnissen  
 Z2: Verwertung in technischen Bauwerken bei definierten Sicherungsmaßnahmen

<sup>8)</sup> **Boden- und Felsklassen nach DIN 18311 (nur  
nachrichtlich, nach VOB 2019 nicht mehr gültig):**

Klasse BOB: Bindige und organische Böden

BOB1:  $c_u \leq 20$  kN/m<sup>2</sup> (Konsistenz flüssig bis breiig)

BOB2:  $c_u > 20$  bis 200 kN/m<sup>2</sup> (Konsistenz weich bis steif)

BOB3:  $c_u > 200$  bis 600 kN/m<sup>2</sup> (Konsistenz halbfest)

BOB4:  $c_u > 600$  kN/m<sup>2</sup> (Konsistenz fest)

Klasse NB: Nichtbindige Böden

NB1: Kiesanteil  $\leq 10$  % und Feinkornanteil  $\leq 15$  %

NB2: Kiesanteil  $\leq 10$  % und Feinkornanteil  $> 15$  %

NB3: Kiesanteil  $> 10$  % bis 40 % und Feinkornanteil  $\leq 15$  %

NB4: Kiesanteil  $> 10$  % bis 40 % und Feinkornanteil  $> 15$  %

NB5: Kiesanteil  $> 40$  % und beliebigem Feinkornanteil

Zusatzklasse S: Steine und Blöcke

S1: Durchmesser Steine und Blöcke  $\leq 200$  mm

S2: Durchmesser Steine und Blöcke  $> 200$  bis 400 mm

S3: Durchmesser Steine und Blöcke  $> 400$  mm

Klasse F: Fels


F1: Trennflächenabstand  $\leq 10$  cm (entfestigt / angewittert)

F2: Trennflächenabstand  $> 10$  cm (unverwittert)

**Projekt:**                    **Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)**  
**Heimbach**  
**Gemarkung Au**  
**Projekt-Nr.:**            **21196/K-S-Ki**

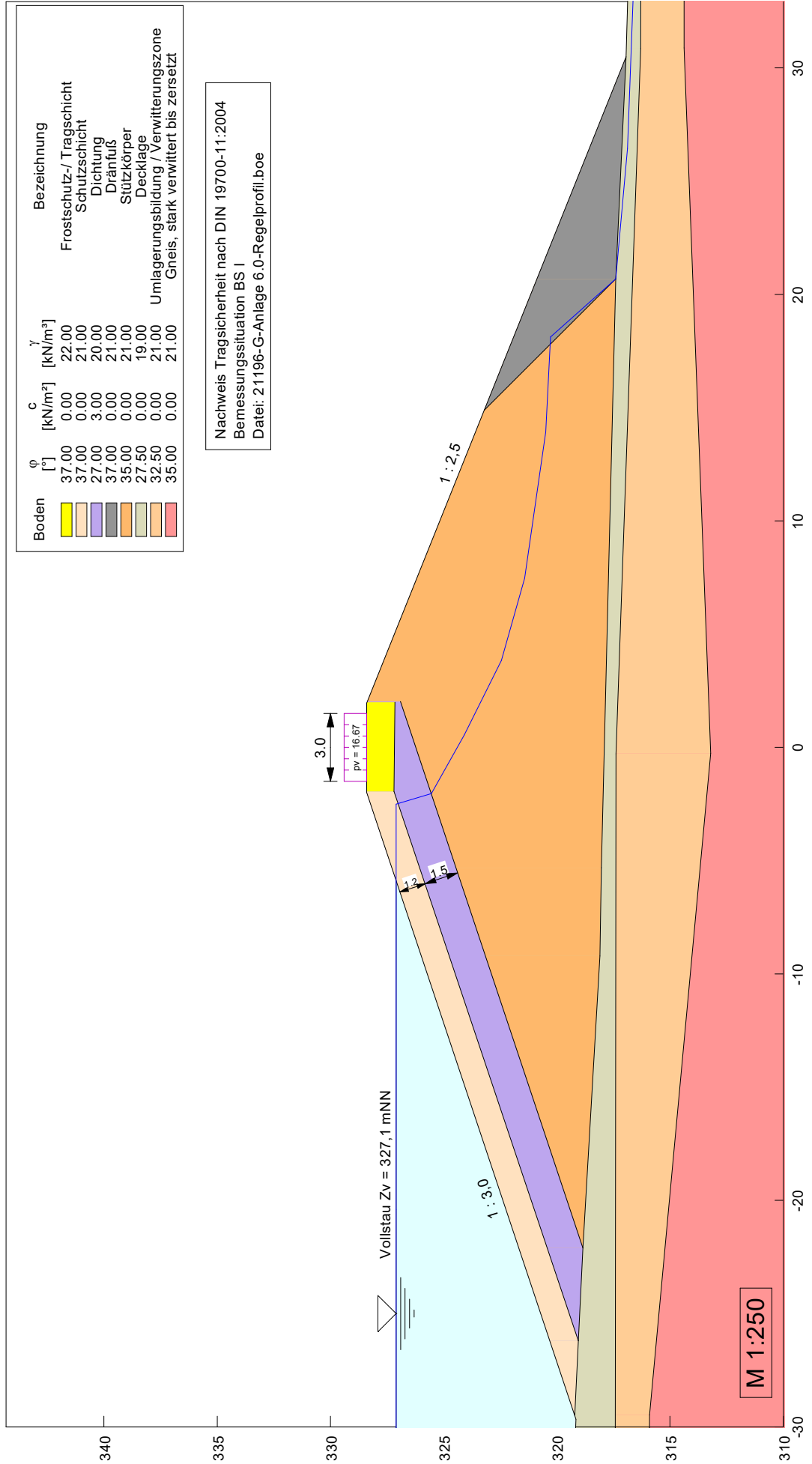
**Maßgebende Angaben zu Bodenkenngößen (charakteristische Werte)**

Bodenschicht / Homogenbereich	Schicht- unterkante unter GOF  [m]	Feucht-/Auf- triebswichte  $\gamma_k/\gamma'_k$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Scherfestigkeit des dränierten Bodens		maßgebender Steifemodul bei Erstbelastung  $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]
			Reibungswinkel $\phi'_k$ [°]	Kohäsion $c'_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	
Auffüllung	s. Anlagenteil 2	21 / 12	Ersatzreibungswinkel: 30	0	---
Decklage		19 / 10	Schluff: 27,5 - 30 ----- Ton: 22,5 - 27,5	0 - 3 ----- 3 - 10	5 - 8
Umlagerungsbildung / Verwitterungszone		21 / 12	30 - 35	0	30 - 80
Gneis, stark verwittert bis zersetzt		21 / 12	32,5 - 37,5	0	> 80

 <p>Ingenieurguppe Geotechnik</p> <p>INGENIEUR GRUPPE GEOTECHNIK</p> <p style="font-size: small;">Lindenbergr. 12 74156 Künzelsau Tel: (0 71 42 93 91-0 Fax: (0 71 42 93 91-75)</p>	<p><b>Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)</b> Heimbach, Gemarkung Au Verwaltungsgemeinschaft Hexental</p>	<p style="text-align: right;">Projekt-Nr.: 21196/K-S-Kf</p> <hr/> <p style="text-align: right;">Datum: Nov. 2022</p>
<h2 style="margin: 0;">Bemessungsschnitt / Regelprofil</h2> <p style="margin: 0;">Dammquerschnitt 0+020</p>		<p style="font-size: x-small;">Programm: GGU-STABILITY</p>

Boden	φ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	37.00	0.00	22.00	Frostschutz-/ Tragschicht
	37.00	0.00	21.00	Schutzschicht
	27.00	3.00	20.00	Dichtung
	37.00	0.00	21.00	Dränfuß
	35.00	0.00	21.00	Stützkörper
	27.50	0.00	19.00	Decklage
	32.50	0.00	21.00	Umlagerungsbildung / Verwitterungszone
	35.00	0.00	21.00	Gneis, stark verwittert bis zersetzt

Nachweis Tragsicherheit nach DIN 19700-11:2004  
Bemessungssituation BS I  
Datei: 21196-G-Anlage 6.0-Regelprofil.boe






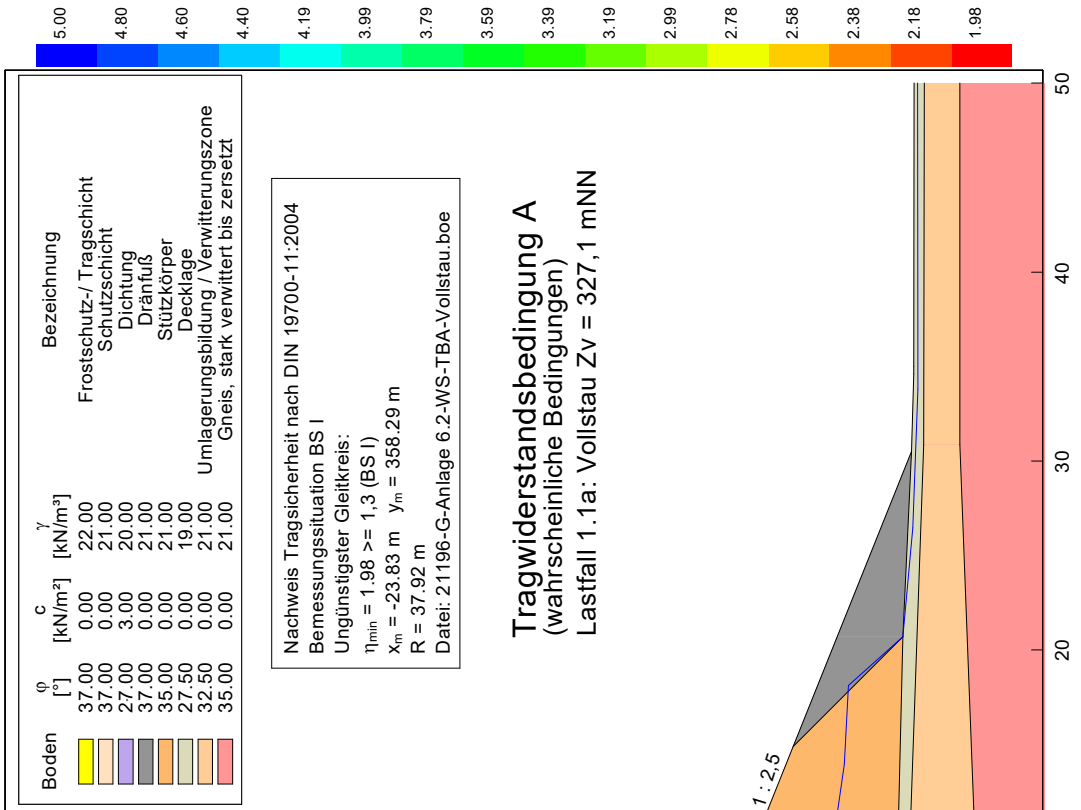
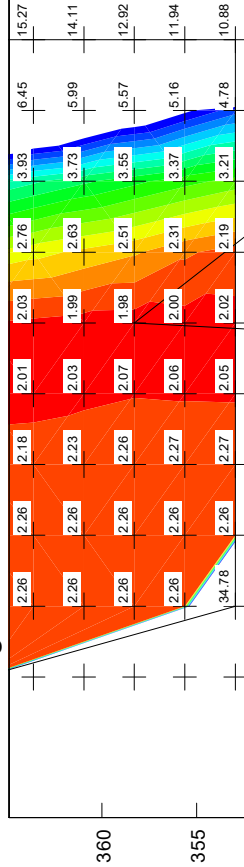
## Übersicht der Ergebnisse der Böschungsbruchberechnungen

**Projekt:** Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Heimbach  
**Ort:** Gemarkung Au  
**Auftrag:** 21196/K-S-Ki

Damm- böschung	Tragwider- stands- bedingung	Lastfall	vorhandene Sicherheit $\eta_{\text{vorh}}$	erforderliche Sicherheit $\eta_{\text{erf}}$	Anlage
Wasserseite	TB A	1.1a: Vollstau	1,98	1,30	6.2
Wasserseite	TB A	1.1b: Halbeinstau	1,80	1,30	6.3
Wasserseite	TB A	1.1c: Dritteleinstau	1,78	1,30	6.4a
Wasserseite			1,53	1,30	6.4b
Wasserseite	TB A	1.2: leeres Becken	1,88	1,30	6.5
Wasserseite	TB A	2.1: schnelle Wasserspiegelabsenkung von Vollstau auf leeres Becken	1,33	1,20	6.6a
Wasserseite	TB B		1,14	1,10	6.6b
Wasserseite	TB A		1,41	1,20	6.6c
Wasserseite	TB A	3.2: Bemessungserdbeben	1,30	1,10	6.7a
Wasserseite			1,13	1,10	6.7b
Luftseite	TB A	1.1: Vollstau	1,57	1,30	6.8
Luftseite	TB A	3.2: Bemessungserdbeben	1,26	1,10	6.9
Luftseite	TB C	1.1: Ausfall der Dichtung bei Vollstau	1,29	1,10	6.10

 <b>INGENIEURGRUPPE GEOTECHNIK</b> <small>Lindenbergrstr. 12 54196 Kiersch Tel: (0 76 81) 93 91-0 Fax: (0 76 81) 93 91-75</small>	<b>Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)</b> Heimbach, Gemarkung Au Verwaltungsgemeinschaft Hexental	<b>Böschungsbruchberechnung</b> Kreisgleitflächen nach DIN 4084 Programm: GGU-STABILITY
	Projekt-Nr.: 21196/K-S-Ki Datum: Nov. 2022	

**Bemessungsschnitt QP 0+020**



Nachweis Tragsicherheit nach DIN 19700-11:2004  
 Bemessungssituation BS I  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $r_{\min} = 1.98 \geq 1,3$  (BS I)  
 $x_m = -23.83$  m  $y_m = 358.29$  m  
 $R = 37.92$  m  
 Datei: 21196-G-Anlage 6.2-WS-TBA-Vollstau.boe

**Tragwiderstandsbedingung A**  
 (wahrscheinliche Bedingungen)  
 Lastfall 1.1a: Vollstau  $Z_v = 327,1$  mNN

Vollstau  $Z_v = 327,1$  mNN

M 1:400

**Ingenieurgruppe Geotechnik**

**INGENIEUR GRUPPE GEOTECHNIK**

Lindenbergrstr. 12  
51105 Köln  
Tel: (0 22 81) 93 91-0  
Fax: (0 22 81) 93 91-75

**Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)**

Heimbach, Gemarkung Au

Verwaltungsgemeinschaft Hexental

**Böschungsbruchberechnung**

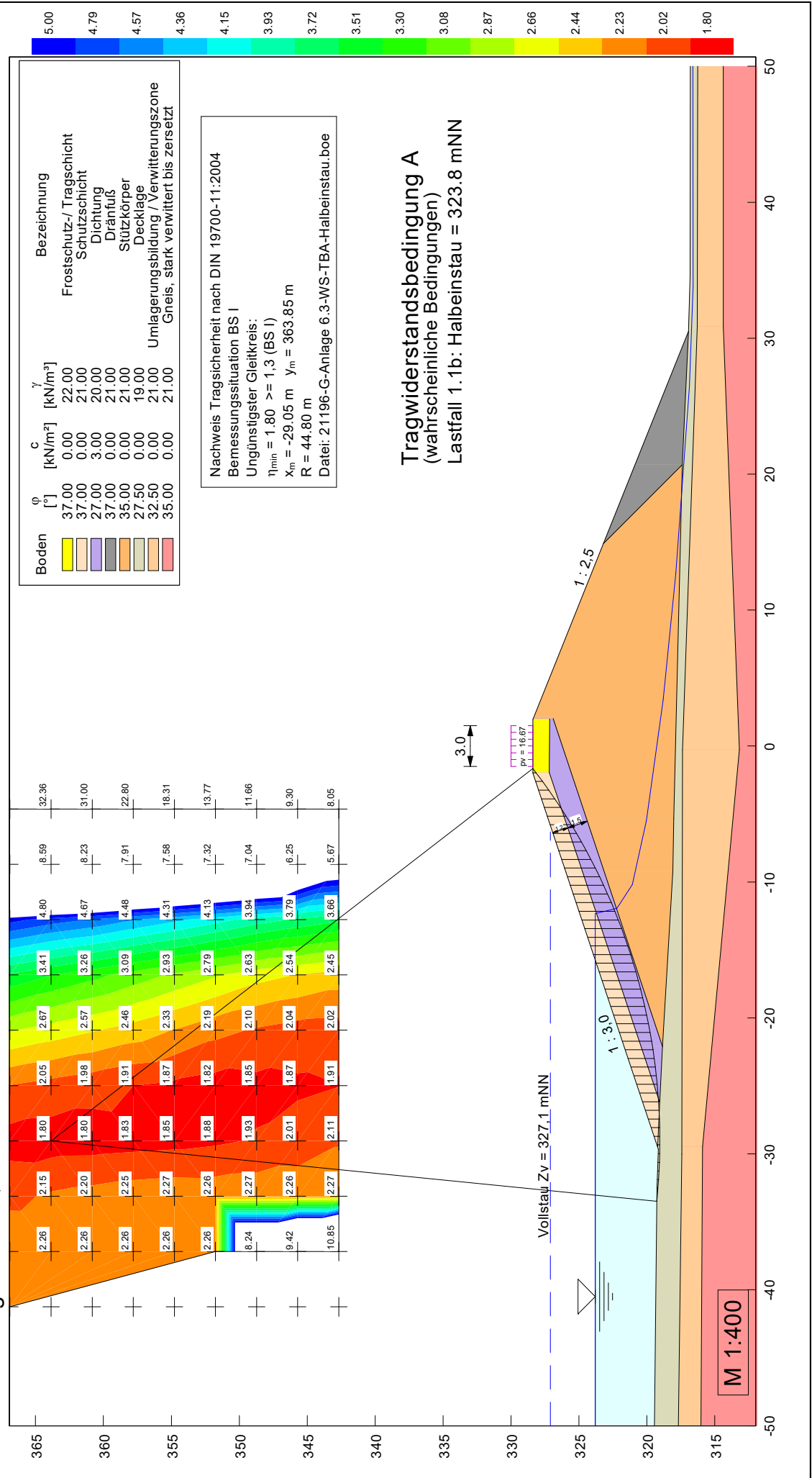
Kreisgleitflächen nach DIN 4084

Projekt-Nr.: 21196/K-S-Ki

Datum: Nov. 2022

Programm: GGU-STABILITY

**Bemessungsschnitt QP 0+020**



**Ingenieurgruppe Geotechnik**

**INGENIEUR GRUPPE GEOTECHNIK**

Uindenbergstr. 12  
41570 Lüttringhausen  
Tel: (0 21 61) 93 91-0  
Fax: (0 21 61) 93 91-75

**Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)**

Heimbach, Gemarkung Au

Verwaltungsgemeinschaft Hexental

**Böschungsbruchberechnung**

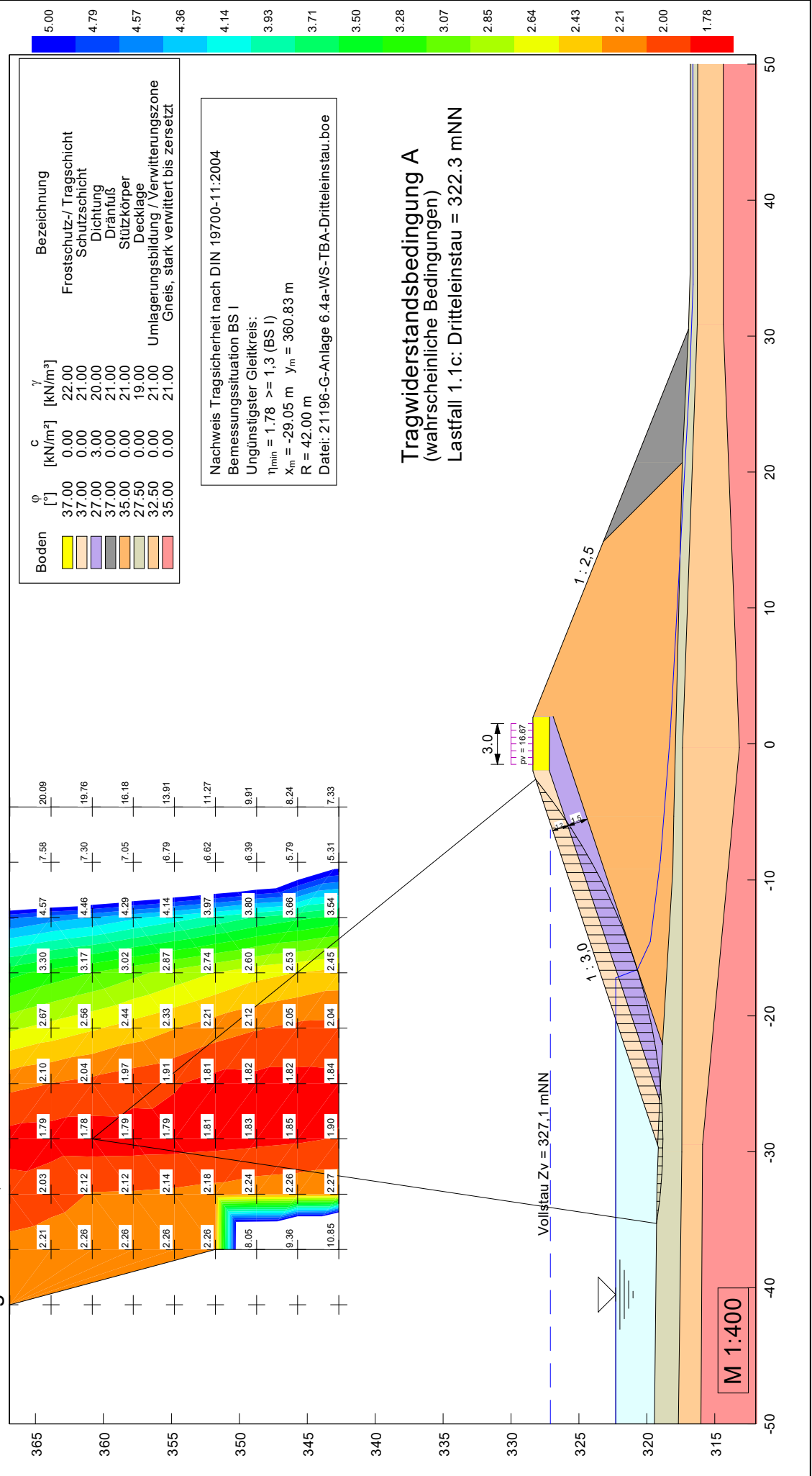
Kreisgleitflächen nach DIN 4084


Projekt-Nr.: 21196/K-S-Kf

Datum: Nov. 2022

Programm: GGU-STABILITY

**Bemessungsschnitt QP 0+020**



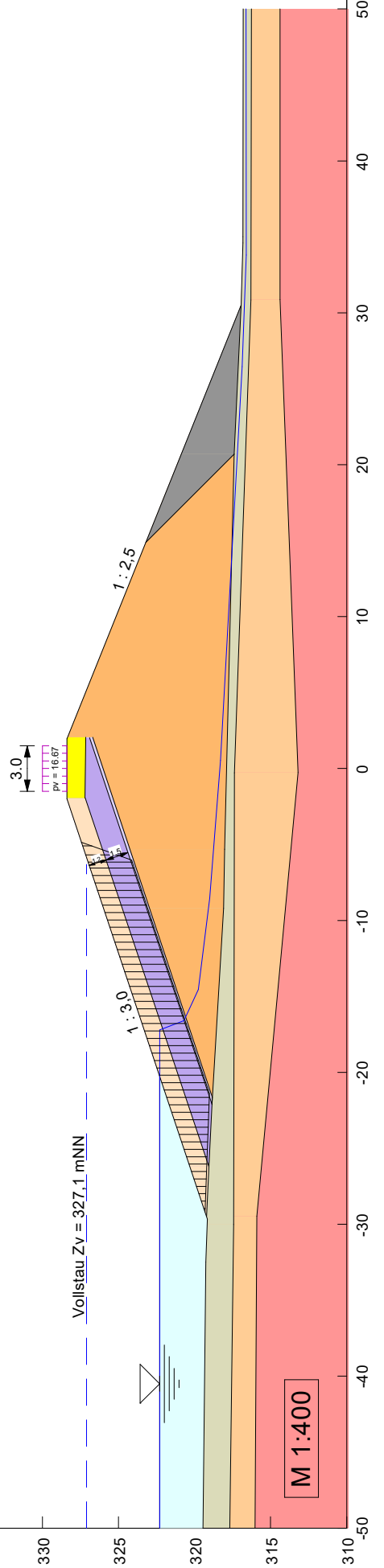
 <p><b>INGENIEURGRUPPE GEOTECHNIK</b> Lindenbergr. 12 51109 Siegbach Tel: (0 22 61) 93 91-0 Fax: (0 22 61) 93 91-75</p>	<p><b>Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)</b> Heimbach, Gemarkung Au Verwaltungsgemeinschaft Hexental</p>	<p><b>Böschungsbruchberechnung</b> Polygonale Gleitflächen nach DIN 4084 Programm: GGU-STABILITY</p>
	<p>Projekt-Nr.: 21196/K-S-Ki Datum: Nov. 2022</p>	

**Bemessungsschnitt QP 0+020**

Boden	φ [°]	c [kN/m²]	γ [kN/m³]	Bezeichnung
	37.00	0.00	22.00	Frostschutz-/ Tragschicht
	37.00	0.00	21.00	Schutzschicht
	27.00	3.00	20.00	Dichtung
	37.00	0.00	21.00	Dränfuß
	35.00	0.00	21.00	Stützkörper
	27.50	0.00	19.00	Decklage
	32.50	0.00	21.00	Umlagerungsbildung / Verwitterungszone
	35.00	0.00	21.00	Gneis, stark verwittert bis zersetzt
	23.40	0.00	20.00	Geotex. Trennvlies

Nachweis Tragsicherheit nach DIN 19700-11:2004  
 Bemessungssituation BS I  
 Gleitkörper Nr. 1: η = 1.53 >= 1,3 (BS I)  
 Datei: 21196-G-Anlage 6.4b-WS-TBA-Dritteleinbau.boe

**Tragwiderstandsbedingung A**  
 (wahrscheinliche Bedingungen)  
 Lastfall 1.1c: Dritteleinbau = 322.3 mNN



**Ingenieurgruppe Geotechnik**

**INGENIEURGRUPPE GEOTECHNIK**

Lindenbergr. 12  
 41550 Stiecheln  
 Tel: (0 76 81) 93 91-0  
 Fax: (0 76 81) 93 91-75

**Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)**

**Heimbach, Gemarkung Au**

**Verwaltungsgemeinschaft Hexental**

**Böschungsbruchberechnung**

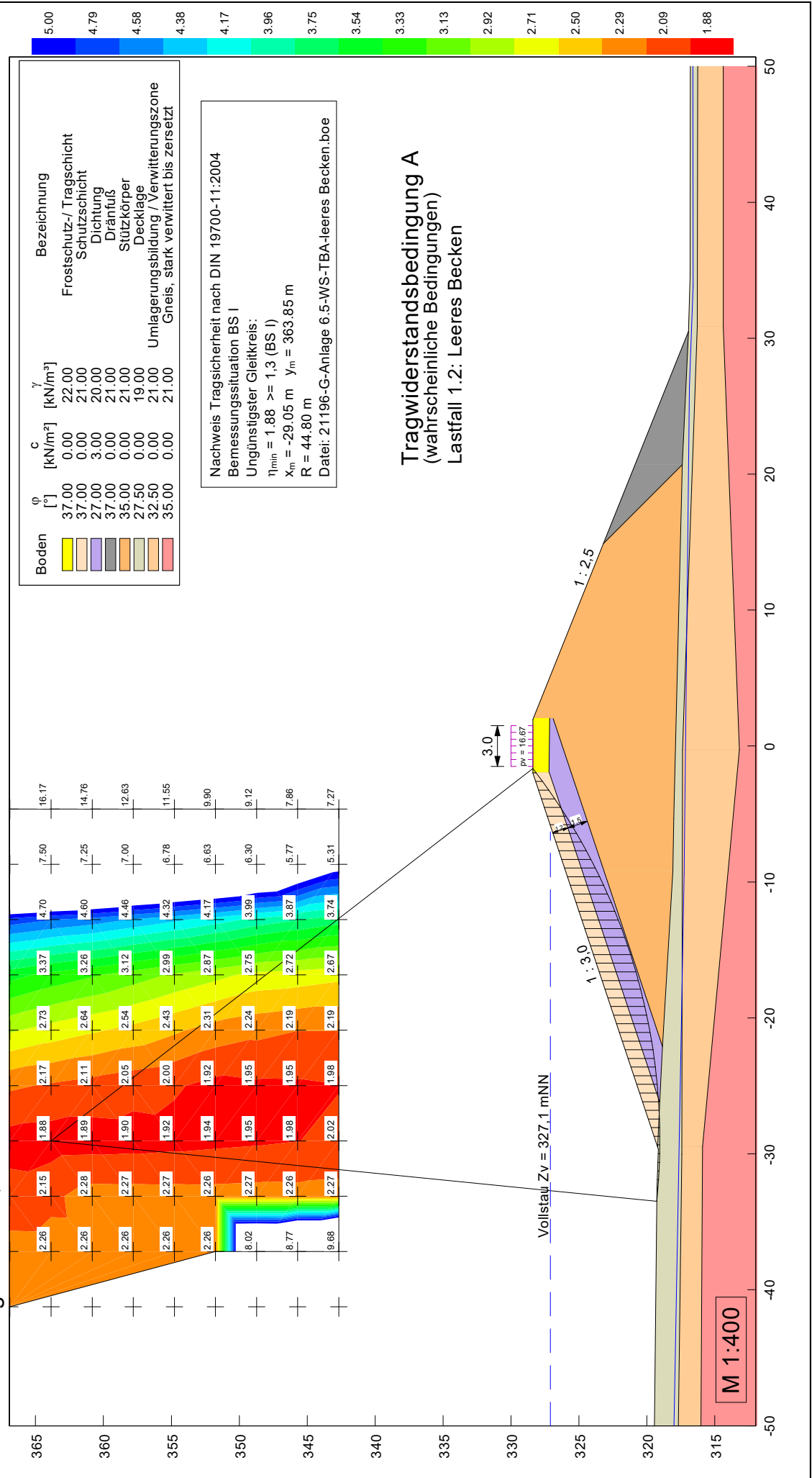
Polygonale Gleitflächen nach DIN 4084

Projekt-Nr.: 21196/K-S-Ki


Datum: Nov. 2022

Programm: GGU-STABILITY

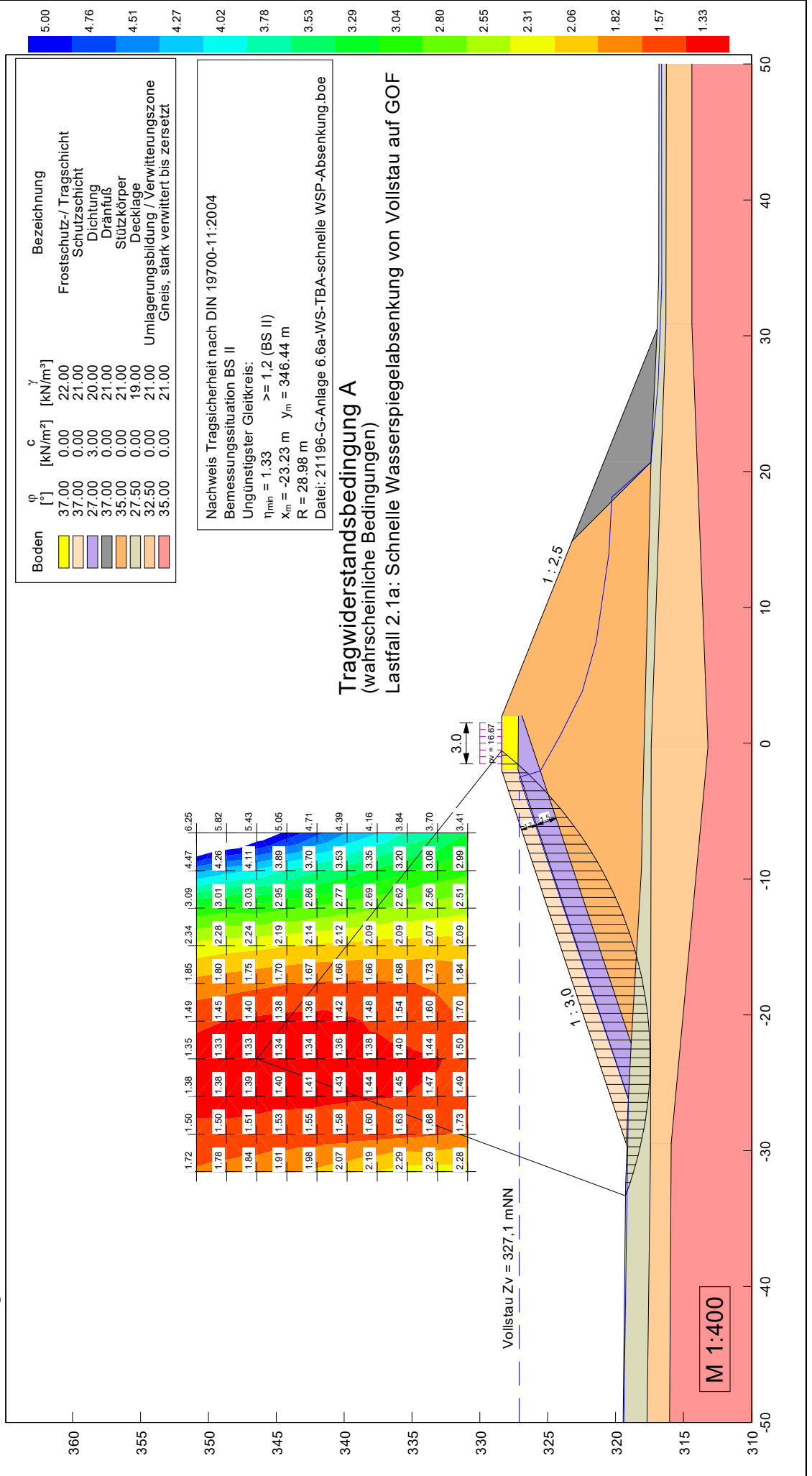
**Bemessungsschnitt QP 0+020**



M 1:400

 <p><b>INGENIEURGRUPPE GEOTECHNIK</b></p> <p>Uindenbergstr. 12 41504 Siefelshausen Tel: (0 21 27 93 91 - 0 Fax: (0 21 27 93 91 - 75)</p>	<p><b>Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)</b> Heimbach, Gemarkung Au Verwaltungsgemeinschaft Hexental</p>	<p><b>Böschungsbruchberechnung</b></p> <p>Kreisgleitflächen nach DIN 4084</p> <p>Projekt-Nr.: 21196/K-S-Kf Datum: Nov. 2022</p> <p style="font-size: small;">Programm: GGU-STABILITY</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

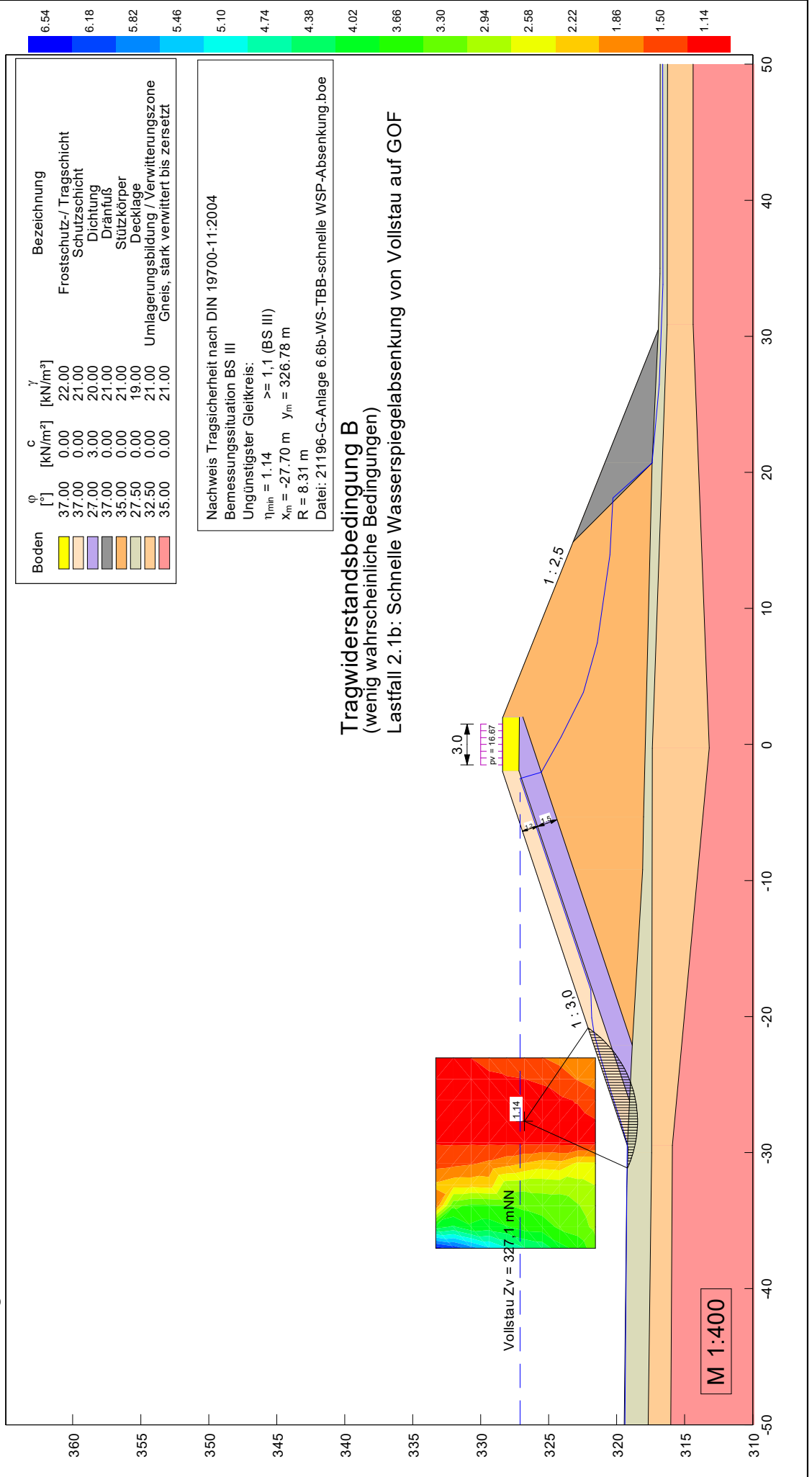
**Bemessungsschnitt QP 0+020**




M 1:400

 <b>INGENIEUR GRUPE GEOTECHNIK</b> Lindenbergrstr. 12 41504 Siefelshausen Tel: (0 21 61) 93 91 - 0 Fax: (0 21 61) 93 91 - 75	<b>Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)</b> Heimbach, Gemarkung Au Verwaltungsgemeinschaft Hexental	<b>Böschungsbruchberechnung</b> Kreisgleitflächen nach DIN 4084 Programm: GGU-STABILITY
Projekt-Nr.: 21196/K-S-Kf		
Datum: Nov. 2022		

**Bemessungsschnitt QP 0+020**





 <p><b>INGENIEURGRUPPE GEOTECHNIK</b> Lindenbergrstr. 12 41564 Stiebert Tel: (0 21 61) 93 91-0 Fax: (0 21 61) 93 91-75</p>	<p><b>Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)</b> Heimbach, Gemarkung Au Verwaltungsgemeinschaft Hexental</p>	<p><b>Böschungsberechnung</b> Polygonale Gleitflächen nach DIN 4084 Programm: GGU-STABILITY</p>
	<p>Projekt-Nr.: 21196/K-S-Kf</p>	<p>Datum: Nov. 2022</p>

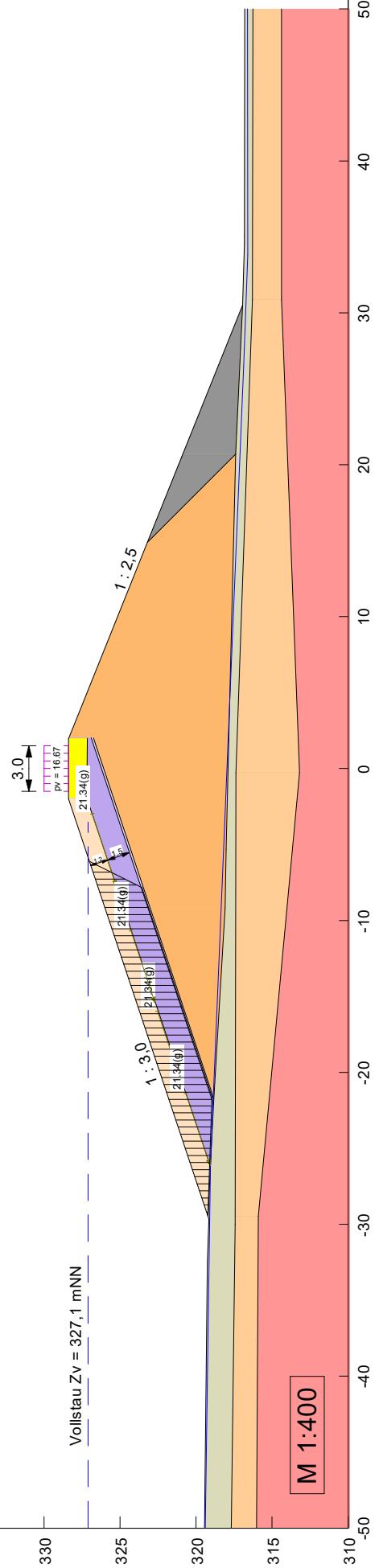
**Bemessungsschnitt QP 0+020**

Boden	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	37,00	0,00	22,00	Frostschutz-/ Tragschicht
	37,00	0,00	21,00	Schutzschicht
	27,00	3,00	20,00	Dichtung
	37,00	0,00	21,00	Dränfuß
	35,00	0,00	21,00	Stützkörper
	27,50	0,00	19,00	Decklage
	32,50	0,00	21,00	Umlagerungsbildung / Verwitterungszone
	35,00	0,00	21,00	Gneis, stark verwittert bis zersetzt
	23,40	0,00	20,00	Geotex. Trennvlies

Nachweis Tragicherheit nach DIN 19700-11:2004
Bemessungssituation BS II
Gleitkörper Nr. 1: $\eta = 1,41$ <span style="float: right;"><math>\geq 1,2</math> (BS II)</span>
Datei: 21196-G-Anlage 6.6c-WS-TBA-schnelle WSP-Absenkung.boe

**Tragwiderstandsbedingung A**  
(wahrscheinliche Bedingungen)  
Lastfall 2.1c: Schnelle Wasserspiegelabsenkung von Vollstau auf GOF



**Ingenieurgruppe Geotechnik**

**INGENIEURGRUPPE GEOTECHNIK**

Uindenbergstr. 12  
51109 Siegbach  
Tel: (0 76 61) 93 91-0  
Fax: (0 76 61) 93 91-75

**Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)**

Heimbach, Gemarkung Au

Verwaltungsgemeinschaft Hexental

**Böschungsbruchberechnung**

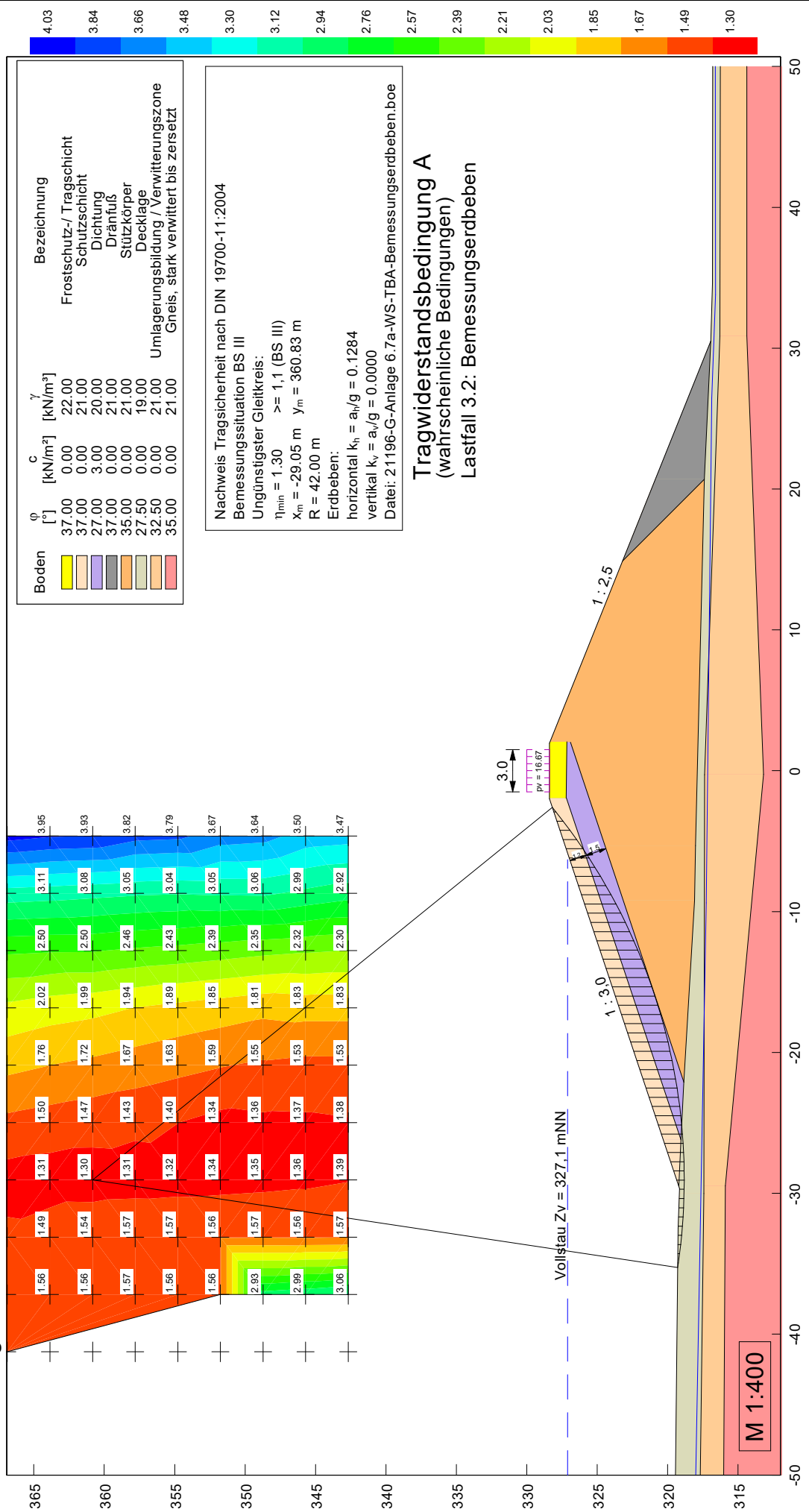
Kreisgleitflächen nach DIN 4084

Projekt-Nr.: 21196/K-S-Kf

Datum: Nov. 2022


Programm: GGU-STABILITY

**Bemessungsschnitt QP 0+020**

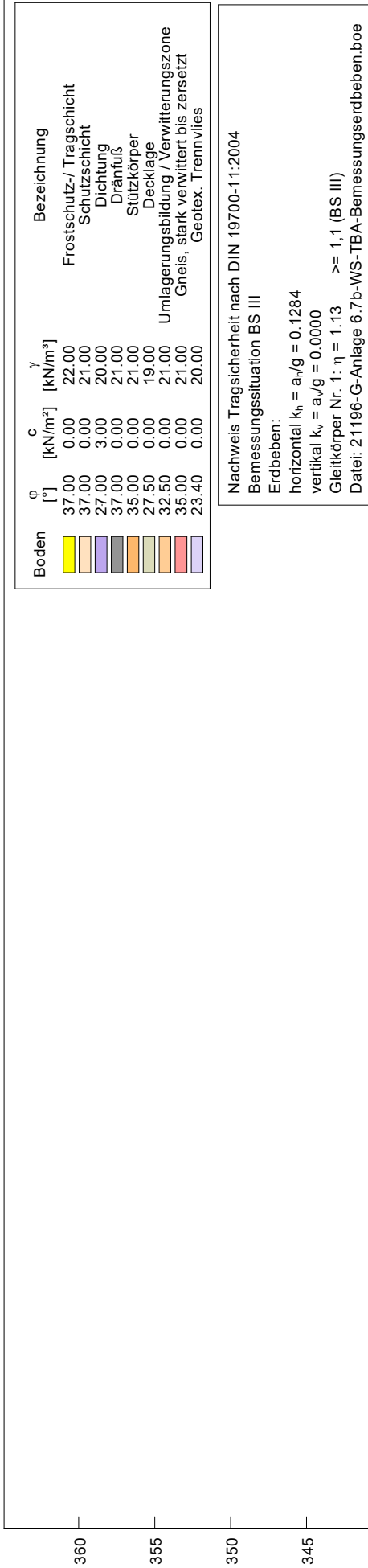


**Tragwiderstandsbedingung A**  
(wahrscheinliche Bedingungen)  
Lastfall 3.2: Bemessungserdbeben

M 1:400

 <p><b>INGENIEURGRUPPE GEOTECHNIK</b></p> <p>Lindenbergr. 12 Palisade 53175 Cullandorf Tel: (0 76 81) 93 91-0 Fax: (0 76 81) 93 91-75</p>	<p><b>Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)</b> Heimbach, Gemarkung Au Verwaltungsgemeinschaft Hexental</p>	<p><b>Böschungsbruchberechnung</b></p> <p>Polygonale Gleitflächen nach DIN 4084</p> <p>Projekt-Nr.: 21196/K-S-Kf Datum: Nov. 2022</p> <p>Programm: GGU-STABILITY</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Bemessungsschnitt QP 0+020**



**Tragwiderstandsbedingung A**  
(wahrscheinliche Bedingungen)  
Lastfall 3.2: Bemessungserdbeben

Ingenieurgruppe  
Geotechnik

**INGENIEUR GRUPE GEOTECHNIK**

Unterbergstr. 12  
74613 Heimbach  
Tel: (0 76 81) 93 91-0  
Fax: (0 76 81) 93 91-75

## Böschungsbruchberechnung

Kreisgleitflächen nach DIN 4084

Projekt-Nr.: 21196/K-S-Ki

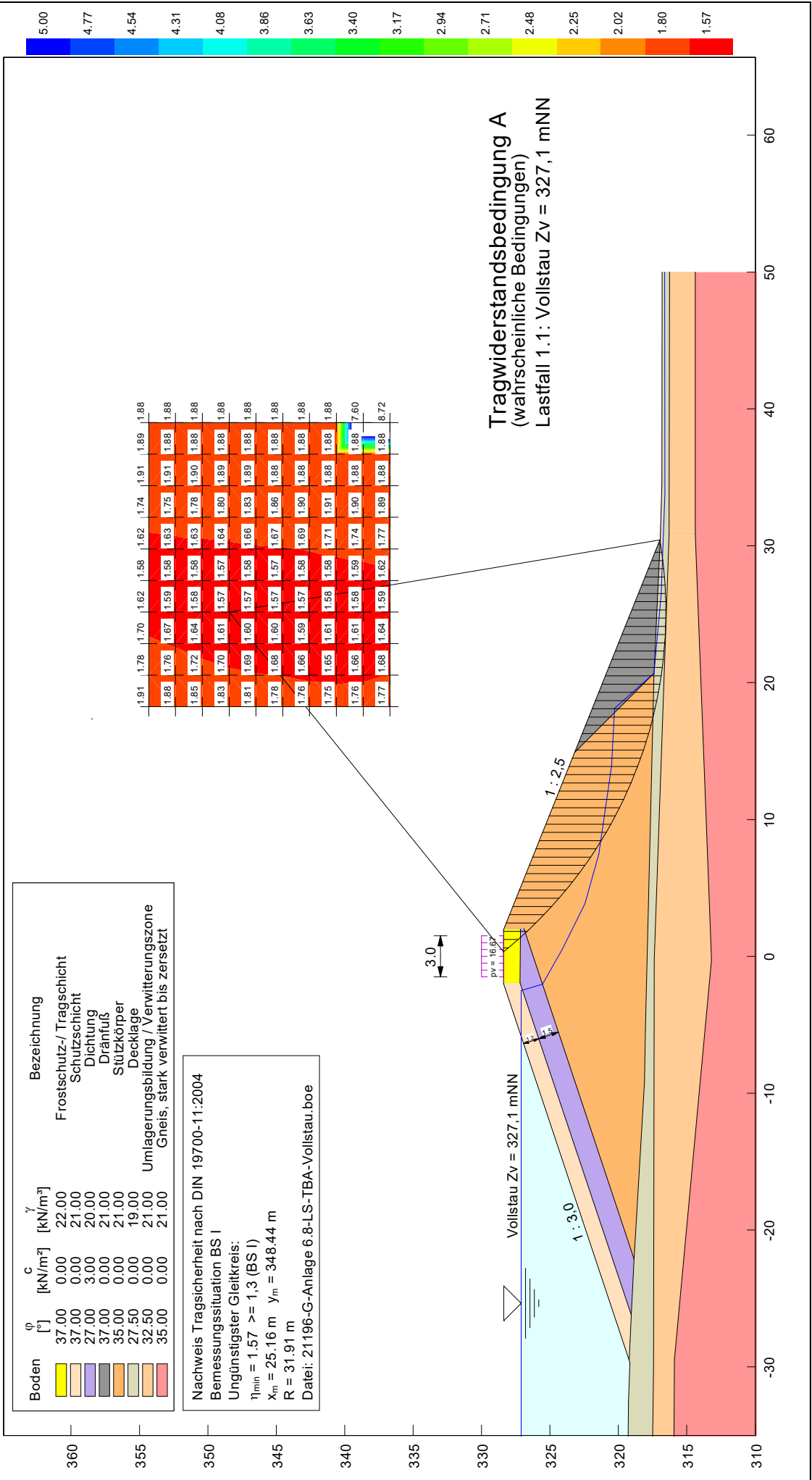
Datum: Nov. 2022

Programm: GGU-STABILITY

### Bemessungsschnitt QP 0+020

Boden	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	37.00	0.00	22.00	Frostschutz-/ Tragschicht
	37.00	0.00	21.00	Schutzschicht
	37.00	3.00	20.00	Dichtung
	37.00	0.00	21.00	Dränfuß
	35.00	0.00	21.00	Stützkörper
	27.50	0.00	19.00	Decklage
	32.50	0.00	21.00	Umlagerungsbildung / Verwitterungszone
	35.00	0.00	21.00	Gneis, stark verwittert bis zersetzt

Nachweis Tragsicherheit nach DIN 19700-11:2004  
 Bemessungssituation BS I  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\eta_{\min} = 1.57 \geq 1.3$  (BS I)  
 $x_m = 25.16$  m  $y_m = 348.44$  m  
 $R = 31.91$  m  
 Datei: 21196-G-Anlage 6.8-LS-TBA-Vollstau.boe



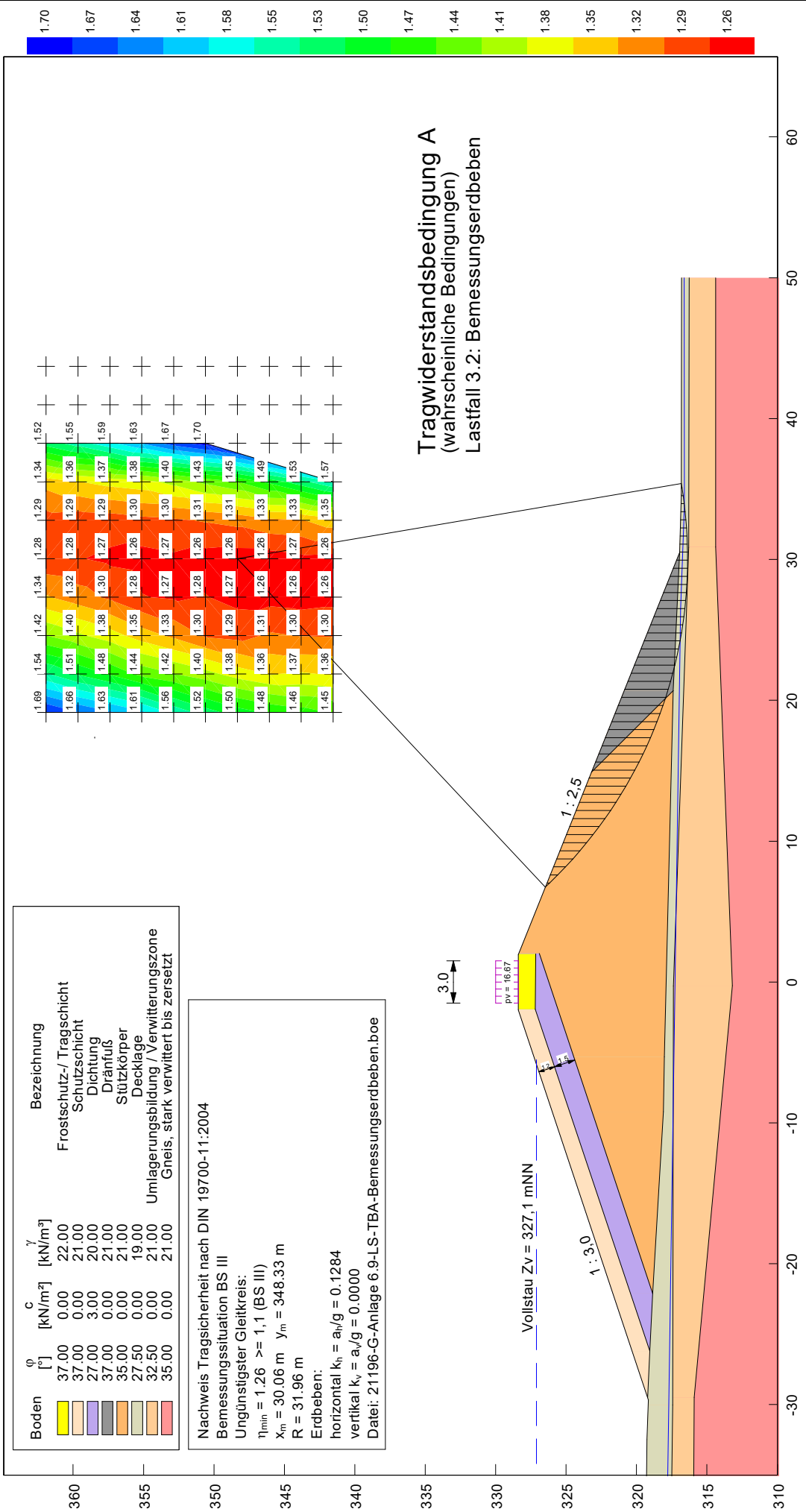
1.91	1.78	1.70	1.62	1.58	1.62	1.74	1.91	1.89	1.88
1.88	1.76	1.67	1.59	1.58	1.63	1.75	1.91	1.88	1.88
1.85	1.72	1.64	1.58	1.58	1.63	1.76	1.90	1.88	1.88
1.83	1.70	1.61	1.57	1.57	1.64	1.80	1.89	1.88	1.88
1.81	1.69	1.60	1.57	1.58	1.66	1.83	1.89	1.88	1.88
1.78	1.68	1.60	1.57	1.57	1.67	1.86	1.88	1.88	1.88
1.76	1.66	1.59	1.57	1.58	1.69	1.90	1.88	1.88	1.88
1.75	1.65	1.61	1.58	1.58	1.71	1.91	1.88	1.88	1.88
1.76	1.66	1.61	1.58	1.59	1.74	1.90	1.88	1.88	7.60
1.77	1.68	1.64	1.59	1.62	1.77	1.89	1.88	1.88	0.72

 <b>INGENIEURGRUPPE GEOTECHNIK</b> <small>Undenbergr. 12 Pilsenerstr. 93 76193 Heidelberg Tel: (0 76 81) 93 91-0 Fax: (0 76 81) 93 91-75</small>	<h2 style="margin: 0;">Böschungsbruchberechnung</h2> <p style="margin: 0;">Kreisgleitflächen nach DIN 4084</p>	Projekt-Nr.: 21196/K-S-Ki Datum: Nov. 2022
Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB) Heimbach, Gemarkung Au Verwaltungsgemeinschaft Hexental		
Programm: GGU-STABILITY		

### Bemessungsschnitt QP 0+020

Boden	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	37.00	0.00	22.00	Frostschutz-/ Tragschicht
	37.00	0.00	21.00	Schutzschicht
	27.00	3.00	20.00	Dichtung
	37.00	0.00	21.00	Dränfuß
	35.00	0.00	21.00	Stützkörper
	27.50	0.00	19.00	Decklage
	32.50	0.00	21.00	Umlagerungsbildung / Verwitterungszone
	35.00	0.00	21.00	Gneis, stark verwittert bis zersetzt

Nachweis Tragsicherheit nach DIN 19700-11:2004  
 Bemessungssituation BS III  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\eta_{\min} = 1.26 \geq 1.1$  (BS III)  
 $x_m = 30.06$  m  $y_m = 348.33$  m  
 $R = 31.96$  m  
 Erdbeben:  
 horizontal  $k_h = a_h/g = 0.1284$   
 vertikal  $k_v = a_v/g = 0.0000$   
 Datei: 21196-G-Anlage 6.9-LS-TBA-Bemessungserdbeben.boe



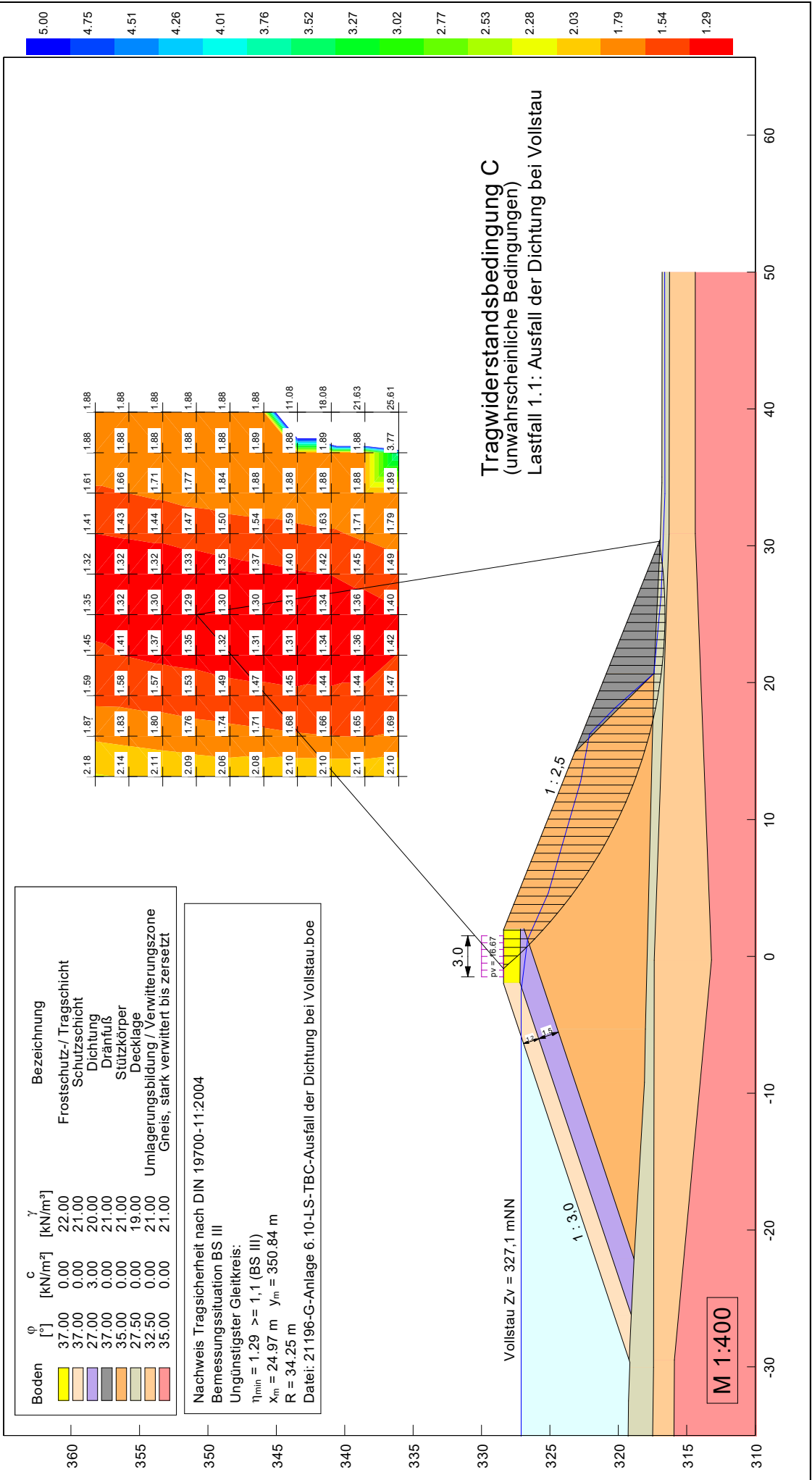
**Tragwiderstandsbedingung A**  
 (wahrscheinliche Bedingungen)  
 Lastfall 3.2: Bemessungserdbeben

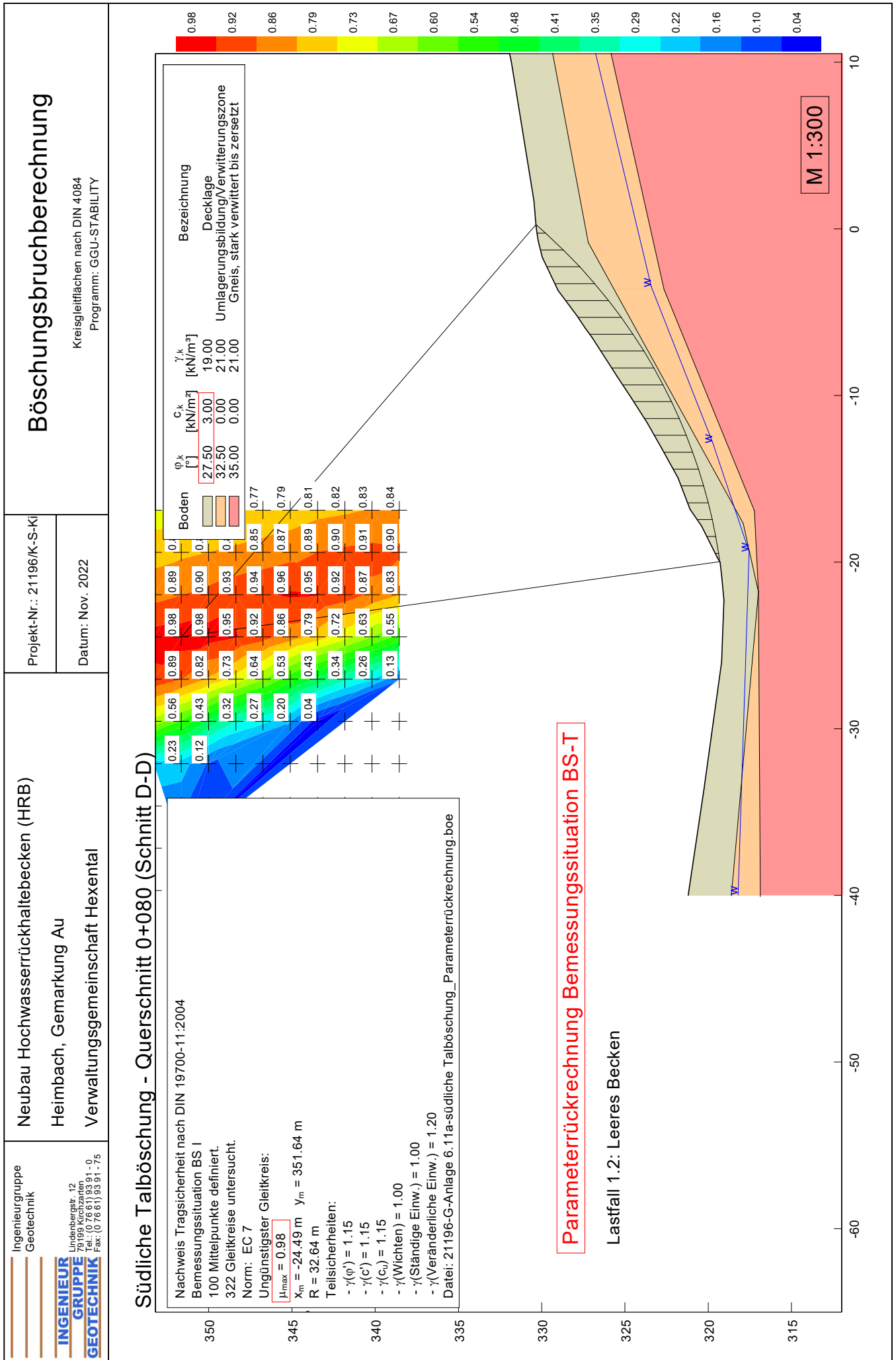
 <b>INGENIEURGRUPPE GEOTECHNIK</b> Lindenbergrstr. 12 40700 Schwanau Tel: (0 26 81) 93 91 - 0 Fax: (0 26 81) 93 91 - 75	<b>Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)</b> Heimbach, Gemarkung Au Verwaltungsgemeinschaft Hexental	<b>Böschungsbruchberechnung</b> Kreisgleitflächen nach DIN 4084 Programm: GGU-STABILITY
	Projekt-Nr.: 21196/K-S-Kf Datum: Nov. 2022	


### Bemessungsschnitt QP 0+020

Boden	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Bezeichnung
	37,00	0,00	22,00	Frostschutz-/ Tragschicht
	37,00	0,00	21,00	Schutzschicht
	27,00	3,00	20,00	Dichtung
	37,00	0,00	21,00	Dränfuß
	35,00	0,00	21,00	Stützkörper
	27,50	0,00	19,00	Decklage
	32,50	0,00	21,00	Umlagerungsbildung / Verwitterungszone
	35,00	0,00	21,00	Gneis, stark verwittert bis zersetzt

Nachweis Tragsicherheit nach DIN 19700-11:2004  
 Bemessungssituation BS III  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\eta_{min} = 1,29 \geq 1,1$  (BS III)  
 $X_m = 24,97$  m  $Y_m = 350,84$  m  
 $R = 34,25$  m  
 Datei: 21196-G-Anlage 6.10-LS-TBC-Ausfall der Dichtung bei Vollstau.boe

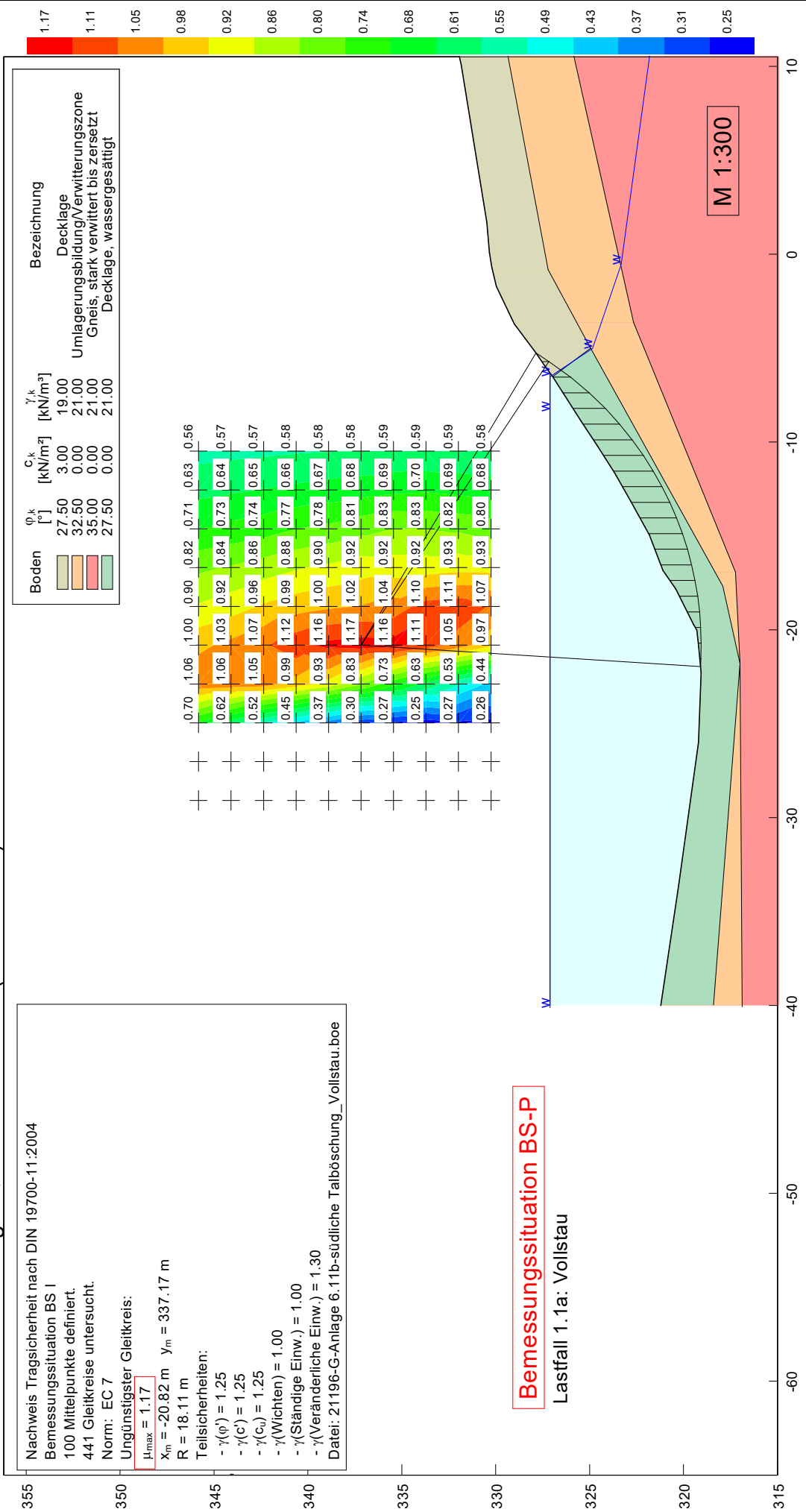




 <b>INGENIEURGRUPPE GEOTECHNIK</b> <small>Undenbergrstr. 12 74183 Sulzbach Tel: (0 76 81) 93 91-0 Fax: (0 76 81) 93 91-75</small>	<b>Neubau Hochwasserrückhaltebecken (HRB)</b> Heimbach, Gemarkung Au Verwaltungsgemeinschaft Hexental	<b>Böschungsbruchberechnung</b> <small>Kreisgleitflächen nach DIN 4084                  Programm: GGU-STABILITY</small>
Projekt-Nr.: 21196/K-S-Ki	Datum: Nov. 2022	

### Südliche Talböschung - Querschnitt 0+080 (Schnitt D-D)

Nachweis Tragsicherheit nach DIN 19700-11:2004  
 Bemessungssituation BS I  
 100 Mittelpunkte definiert.  
 441 Gleitkreise untersucht.  
 Norm: EC 7  
 Ungünstigster Gleitkreis:  
 $\mu_{max} = 1.17$   
 $x_m = -20.82 \text{ m}$     $y_m = 337.17 \text{ m}$   
 $R = 18.11 \text{ m}$   
 Teilsicherheiten:  
 $\gamma(\varphi) = 1.25$   
 $\gamma(c) = 1.25$   
 $\gamma(c_u) = 1.25$   
 $\gamma(\text{Wichten}) = 1.00$   
 $\gamma(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$   
 $\gamma(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$   
 Datei: 21196-G-Anlage 6.11b-südliche Talböschung\_Vollstau.boe

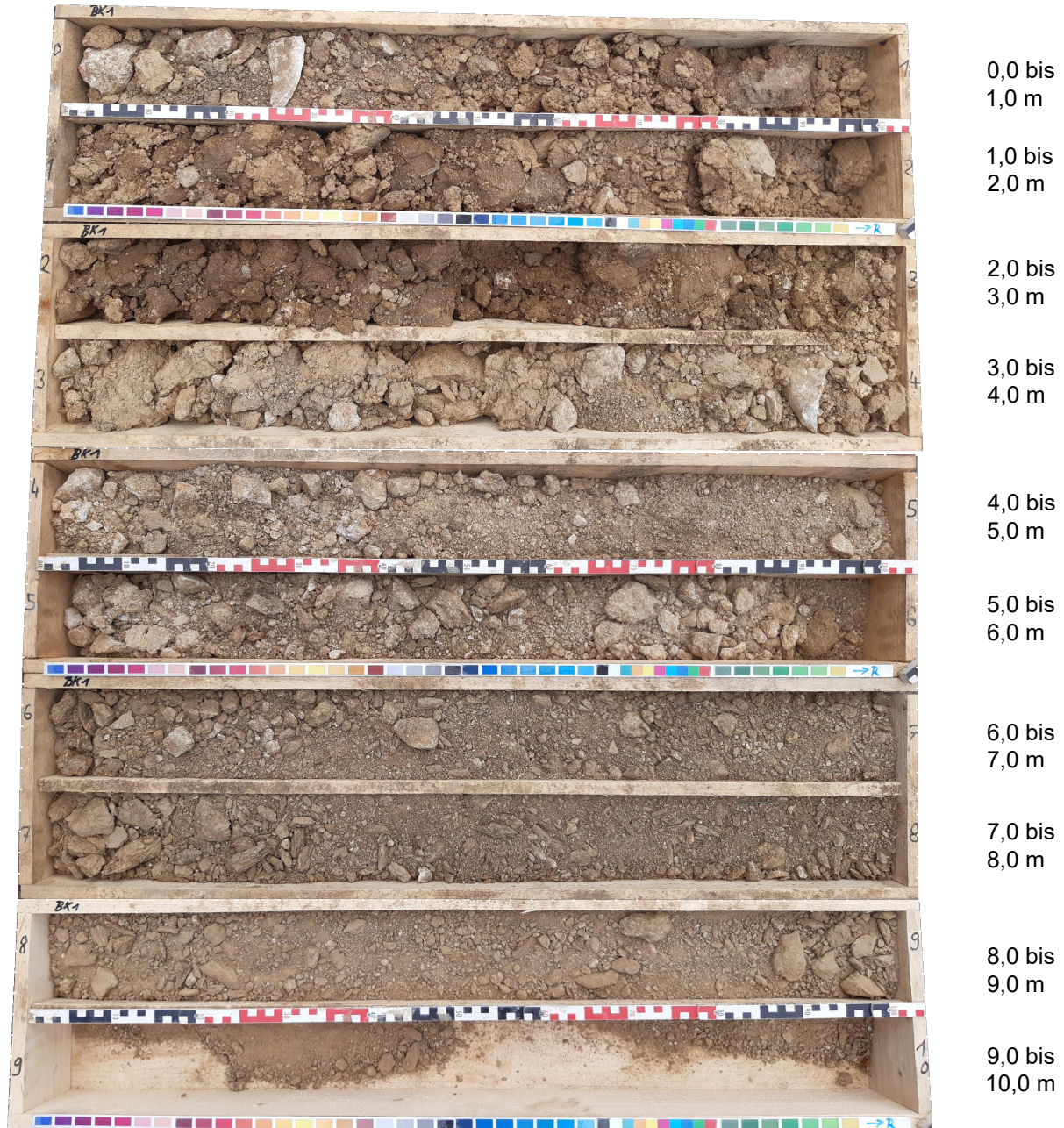


**Bemessungssituation BS-P**

  
 Lastfall 1.1a: Vollstau



**Bohrmeter 0,0 bis 10,0 m**



**Bohrmeter 0,0 bis 10,0 m**



0,0 bis  
1,0 m

1,0 bis  
2,0 m

2,0 bis  
3,0 m

3,0 bis  
4,0 m

4,0 bis  
5,0 m

5,0 bis  
6,0 m

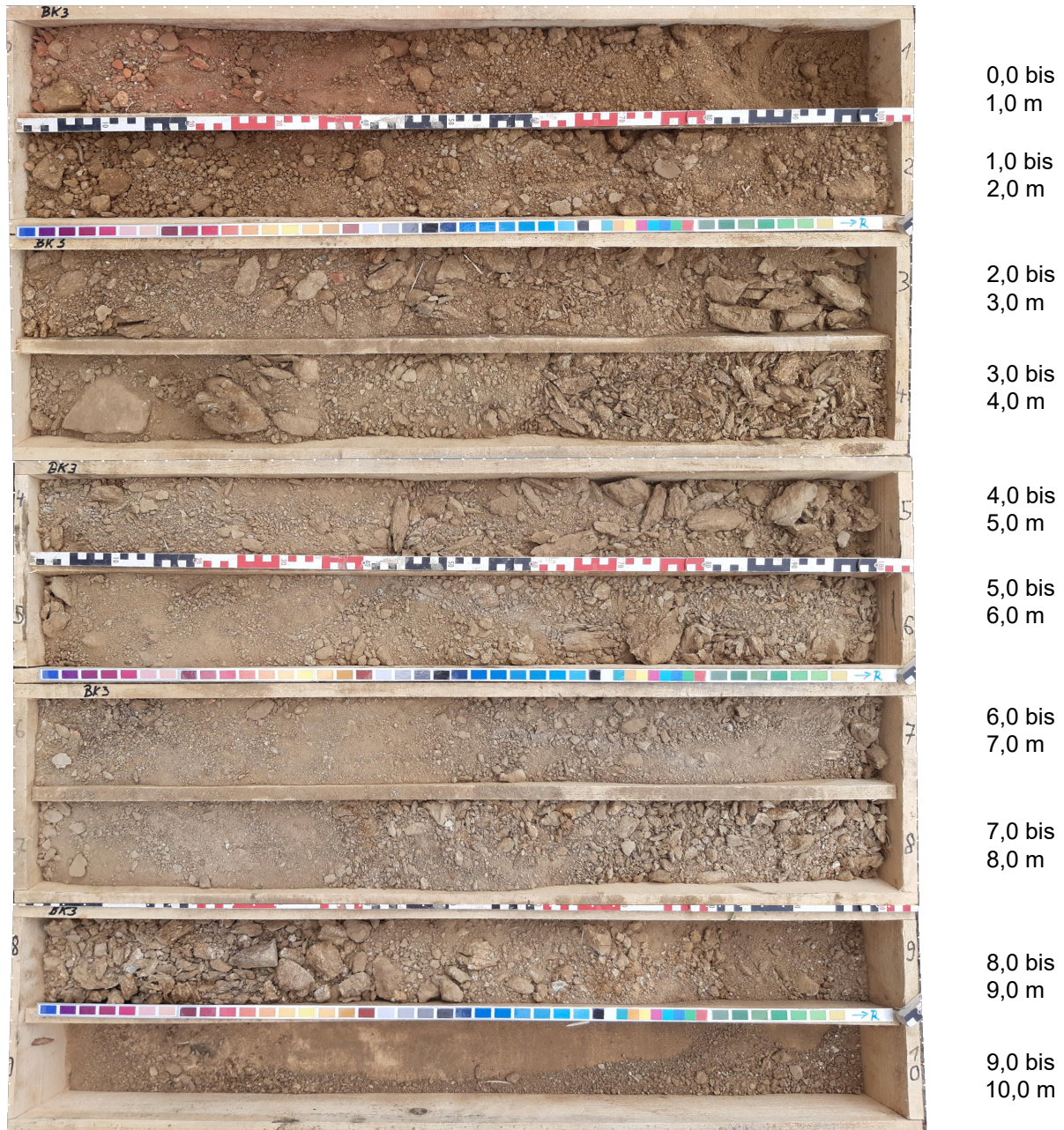
6,0 bis  
7,0 m

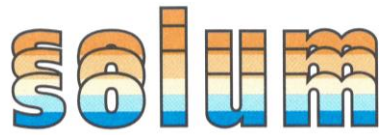
7,0 bis  
8,0 m

8,0 bis  
9,0 m

9,0 bis  
10,0 m

**Bohrmeter 0,0 bis 10,0 m**





**büro für boden + geologie**

## **Anhang A**

Unterlagen zur orientierenden Schadstoffuntersuchung (Aufsteller: solum, büro für boden + geologie, Freiburg i. Br.)

Anlage A1: Probenzusammenstellung

Anlage A2: Tabellen zu den Schadstoffgehalten

Anlage A3: Abfallrechtliche Bewertung der Analyseproben

Anlage A4: Umweltrechtliche Bewertung der Analyseproben

Anlage A5: Prüfbericht AR-22-NO-008270-01 (Eurofins Umwelt Südwest GmbH)

## Anlage A1: Probenzusammenstellung

**Tabelle 1:** Probenmanagement (Verzeichnis der Analyseproben)

Homogenbereich	Material	Probe	Tiefe [m]	Bezeichnung Einzelproben	Analysenumfang
Oberboden	Schluff, sandig	MP1	0,00-0,30	BS1BP1: 0,00-0,18 BS2BP1: 0,00-0,13 BS3BP1: 0,00-0,20 BS4BP1: 0,00-0,18 BK2BP1: 0,00-0,10 SCH1: 0,00-0,10 SCH2: 0,00-0,10 SCH3: 0,00-0,10 SCH4: 0,00-0,10 SCH5: 0,20-0,30 SCH6: 0,00-0,10	Schwermetalle, Arsen, PAK, pH-Wert
Auffüllung	Schluff, sandig	MP2	0,00-2,60	BS2BP2: 0,18-0,38 BS2BP3: 0,50-0,90 BK1BP1: 0,70-0,90 BK1BP2: 2,30-2,60 BK3BP1: 0,00-0,30 BK3BP2: 1,20-1,40 SCH6: 0,30-0,40	PAK, Schwermetalle, Arsen
Decklage	Schluff, sandig	MP3	0,22-2,60	BS1BP2: 0,22-0,48 BS1BP4: 0,80-1,00 BS2BP4: 1,05-1,45 BS2BP6: 1,85-2,05 BS2BP7: 2,20-2,60 BS3BP2: 0,25-0,65 BS3BP3: 0,80-1,20 BS3BP4: 1,50-2,00 BS4BP2: 0,25-0,55 Bs4BP3: 0,70-1,00 BS4BP4: 1,20-1,60 SCH1: 0,50-0,70 SCH2: 0,70-0,90 SCH2: 1,00-1,10 SCH2: 1,10-1,30 SCH3: 0,60-0,70 SCH4: 0,30-0,40 SCH4: 0,90-1,00 SCH4: 1,30-1,50 SCH5: 0,60-0,70 SCH5: 1,20-1,30	Schwermetalle, Arsen
Verwitterungszone	Kies, sandig	MP4	0,70-3,80	BS1BP5: 1,02-1,28 BS2BP9: 3,30-3,60 BS3BP5: 2,50-3,00 BS4BP5: 1,80-2,30 BS4BP6: 2,60-3,10 BS4BP7: 3,40-3,80 BK2BP2: 0,70-0,90 BK2BP3: 1,60-2,00 SCH3: 1,00-1,20 SCH5: 2,60-2,70 SCH6: 1,00-1,20 SCH6: 2,10-2,20 SCH6: 2,90-3,00	Schwermetalle, Arsen
Ton und Torf	Ton, torfig	P5	0,70-0,90	SCH3: 0,70-0,90	Vorsorgewerte BBodSchV, Arsen, TOC

## Anlage A2: Tabellen zu den Schadstoffgehalten

**Tabelle 2:** Schadstoffgehalte im Feststoff [mg/kg], VwV Boden Teil 1

Probe	Bodenart <sup>4</sup>	pH	As	Pb	Cd	Cr ges.	Cu	Ni	Zn	Hg	Tl
MP1	U	5,7	11,0	34	0,2	43	31	28	86	< 0,07	-
MP2	U	-	10,3	19	< 0,2	45	31	30	88	< 0,07	-
MP3	U	-	11,7	17	< 0,2	41	20	28	68	< 0,07	-
MP4	S	-	12,5	31	0,2	59	32	41	87	< 0,07	-
P5	Ton, torfig	4,5	9,1	23	0,2	28	13	20	58	<0,07	-
<b>VwV Boden (2007) Zuordnungswerte</b>											
Z0 Sand (S)			10	40	0,4	30	20	15	60	0,1	0,4
Z0 Lehm/Schluff (L/U)			15	70	1,0	60	40	50	150	0,5	0,7
Z0 Ton (T)			20	100	1,5	100	60	70	200	1,0	1,0
Z0*IIIA			15/20 <sup>3</sup>	100	1	100	60	70	200	1,0	0,7
Z0*			15/20 <sup>3</sup>	140	1	120	80	100	300	1,0	0,7
Z1.1			45	210	3,0	180	120	150	450	1,5	2,1
Z1.2			45	210	3,0	180	120	150	450	1,5	2,1
Z2			150	700	10	600	400	500	1.500	5	7

**Tabelle 3:** Schadstoffgehalte im Feststoff [mg/kg], VwV Boden Teil 2

Probe	Humus <sup>4</sup>	PAK <sub>16</sub>	Benzo(a)pyren	MKW C10-22	MKW C10-40	BTEX	LHKW	EOX	PCB <sub>6</sub>	Cyanid (ges)
MP1	<8%	n.b.	<0,05	-	-	-	-	-	-	-
MP2	<8%	1,02	0,11	-	-	-	-	-	-	-
<b>VwV Boden (2007) Zuordnungswerte</b>										
Z0 Sand/ Lehm/ Schluff/ Ton		3	0,3	100	-	1	1	1	0,05	-
Z0*IIIA		3	0,3	100	-	1	1	1	0,05	-
Z0*		3	0,6	200	400	1	1	1	0,1	-
Z1.1		3	0,9	300	600	1	1	3	0,15	3
Z1.2		9	0,9	300	600	1	1	3	0,15	3
Z2		30	3	1.000	2.000	1	1	10	0,5	10

**Tabelle 4:** Erläuterungen zu den Tabellen „Schadstoffgehalte im Feststoff/ Eluat“ nach VwV Boden

Abkürzung/ Hochzahl	Erläuterung
P/ MP/ PP	Einzelprobe/ Mischprobe/ Prüfprobe
-	Es wird kein Zuordnungswert angegeben/ Analyse nicht durchgeführt
<BG	Wert liegt unter der Bestimmungsgrenze
1	Eine Überschreitung dieser Parameter allein ist kein Ausschlusskriterium
2	Auf die Öffnungsklausel in Nr. 6.3 wird besonders hingewiesen. Bei großflächigen Verwertungen von Bodenmaterialien mit mehr als 20 mg/l Sulfat im Eluat sind in Gebieten ohne geogen erhöhte Sulfatgehalte im Grundwasser grundwassereinzugsbezogene Frachtbetrachtungen anzustellen
3	Der Wert 15 mg/kg gilt für Bodenmaterial der Bodenarten Sand und Lehm/Schluff. Für Bodenmaterial der Bodenart Ton gilt 20 mg/kg
4	Schätzwert
n.b.	Nicht berechenbar, da alle Werte < Bestimmungsgrenze

**Tabelle 5:** Vorsorge- und Prüfwerte (WP Boden- Mensch) nach BBodSchV im Feststoff [mg/kg] Teil 1

Probe	Bodenart <sup>9</sup>	pH <sup>3</sup>	As	Pb	Cd	Cr ges.	Cu	Ni	Zn	Hg	Cyanid (ges)
MP1	U	5,7	11,0	34	0,2	43	31	28	86	< 0,07	-
P5	Ton, torfig	4,5	9,1	23	0,2	28	13	20	58	<0,07	-
<b>BBodSchV(1999)</b>											
Vorsorgewerte <sup>1</sup> Sand (S) <sup>2</sup>			-	40	0,4	30	20	15	60	0,1	-
Vorsorgewerte <sup>1</sup> Schluff/Lehm (U/L)			-	70	1	60	40	50	150	0,5	-
Vorsorgewerte <sup>1</sup> Ton (T)			-	100	1,5	100	60	70	200	1	-
Böden mit naturbedingt und großflächig siedlungsbedingt erhöhten Hintergrundgehalten			Unbedenklich, soweit eine Freisetzung der Schadstoffe oder zusätzliche Einträge nach §9 Abs. 2 und 3 der BBodSchV Boden keine nachteiligen Auswirkungen auf die Bodenfunktionen erwarten lassen								
Prüfwert Kinderspielfläche			25	200	10 <sup>5</sup>	200	-	70	-	10	50
Prüfwert Wohngebiet			50	400	20 <sup>5</sup>	400	-	140	-	20	50
Prüfwert Park- und Freizeitfläche			125	1000	50	1000	-	350	-	50	50
Prüfwert Gewerbefläche			140	2000	60	1000	-	900	-	80	100

**Tabelle 6:** Vorsorge- und Prüfwerte (WP Boden- Mensch) nach BBodSchV im Feststoff [mg/kg] Teil 2

Probe	Humusgehalt [%]	PAK <sub>16</sub>	Benzo(a)pyren	PCB <sub>6</sub> <sup>5</sup>	Aldrin	DDT	Hexachlorbenzol
MP1	<8% <sup>4,8</sup>	n.b.	<0,05	-	-	-	-
P5	5,7% <sup>4</sup> (TOC: 3,3%)	n.b.	<0,05	n.b.	-	-	-
<b>BBodSchV(1999)</b>							
Vorsorgewerte <sup>1</sup> Humusgehalt < 8% / >8%		3 / 10	0,3 / 1	0,05 / 0,1	-	-	-
Prüfwert Kinderspielfläche		-	2	0,4	2	40	4
Prüfwert Wohngebiet		-	4	0,8	4	80	8
Prüfwert Park- und Freizeitfläche		-	10	2	10	200	20
Prüfwert Gewerbefläche		-	12	40	-	-	200

**Tabelle 7:** Erläuterungen zu den Tabellen „Vorsorge-, Prüf- und Maßnahmenwerte“ nach ) nach BBodSchV

Abkürzung/Hochzahl	Erläuterung
P/ MP/ PP	Einzelprobe/ Mischprobe/ Prüfprobe
-	Es wird kein Vorsorge-, Prüf- oder Maßnahmenwert angegeben /Analyse nicht ausgeführt
<BG	Wert liegt unter der Bestimmungsgrenze
<sup>1</sup>	Die Vorsorgewerte werden nach den Hauptbodenarten gemäß Bodenkundlicher Kartieranleitung, 4. Auflage, berichtigter Nachdruck 1996, unterschieden; sie berücksichtigen den vorsorgenden Schutz der Bodenfunktionen bei empfindlichen Nutzungen. Für die landwirtschaftliche Bodennutzung gilt § 17 Abs. 1 des Bundes-Bodenschutzgesetzes
<sup>2</sup>	Stark schluffige Sande sind entsprechend der Bodenart Lehm/ Schluff zu bewerten
<sup>3</sup>	Bei den Vorsorgewerten für Metalle ist der Säuregrad der Böden wie folgt zu berücksichtigen: - Bei Böden der Bodenart Ton mit einem pH-Wert von < 6 gelten für Cadmium, Nickel und Zink die Vorsorgewerte der Bodenart Lehm/Schluff - Bei Böden der Bodenart Lehm/Schluff mit einem pH-Wert von < 6 gelten für Cadmium, Nickel und Zink die Vorsorgewerte der Bodenart Sand. §4 Abs.8 Satz 2 der Klärschlammverordnung vom 15. April 1992 (BGBl. IS.912), zuletzt geändert durch die Verordnung vom 6. März 1997 (BGBl. IS.446) bleibt unberührt. - Bei Böden mit einem pH-Wert von < 5 sind die Vorsorgewerte für Blei entsprechend der ersten beiden Anstrichen herabzusetzen
<sup>4</sup>	Die Vorsorgewerte für Metalle finden für Böden und Bodenhorizonte mit einem Humusgehalt von mehr als 8 Prozent keine Anwendung. Für diese Böden können die zuständigen Behörden ggf. gebietsbezogene Festsetzungen treffen.
<sup>5</sup>	In Haus- und Kleingärten, die sowohl als Aufenthaltsbereiche für Kinder als auch für den Anbau genutzt werden, ist für Cadmium der Wert von 2 mg/kg TM als Prüfwert anzuwenden
<sup>6</sup>	Maßnahmenwerte: Summe der 2,3,7,8 – TCDD-Toxizitätsäquivalente (nach NATO/CCMS)
<sup>7</sup>	Soweit PCB- Gesamtgehalte bestimmt werden, sind die ermittelten Messwerte durch den Faktor 5 zu dividieren
<sup>8</sup>	Schätzwert
<sup>9</sup>	Bei Grünlandnutzung durch Schafe gilt als Maßnahmenwert 200mg/kg Trockenmasse.
n.b.	Nicht berechenbar, da alle Werte < Bestimmungsgrenze

## Anlage A3: Abfallrechtliche Bewertung der Analyseproben

**Tabelle 8:** Abfallrechtliche Bewertung nach Zuordnungswerten

Homogenbereich	Material	Probe	relevante(r) Schadstoff(e)	Einstufung n. VwV Boden	Einstufung n. RC- Erlaß	VwK <sup>1</sup>	gefährlicher Abfall
Auffüllung	Schluff, sandig	MP2	-	Z0	-	-	Nein
Decklage	Schluff, sandig	MP3	-	Z0	-	-	Nein
Verwitterungszone	Kies, sandig	MP4	As	<sup>2</sup> Z0*	-	-	Nein
Ton und Torf	Ton, torfig	P5	-	Z0	-	-	Nein

<sup>1</sup>Verwertungsklasse für Straßenbaustoffe nach RuVaStB 01

<sup>2</sup> Mit einer ergänzenden Eluatanalyse ist ggf. eine bessere Einstufung möglich. Das Ergebnis wird nachgereicht.

## Anlage A4: Umweltrechtliche Bewertung der Analyseproben

**Tabelle 9:** Umweltrechtliche Bewertung nach Vorsorge- Prüf- und Maßnahmenwerten

Homogenbereich	Material	Probe	relevante(r) Schadstoff(e)	BBodSchV Vorsogewert Überschritten*	BBodSchV Prüfwert* überschritten	BBodSchV Maßnahmewert überschritten
Oberboden	Schluff, sandig	MP1	-	Nein	Nein	Nicht untersucht
<b>Hilfsweise Einstufung nach VwV Boden</b>						
Homogenbereich	Material	Probe	relevante(r) Schadstoff(e)	Einstufung nach VwV Boden	Abfall besonders überwachungsbedürftig	
Oberboden	Schluff, sandig	MP1	-	Z0	Nein	

\*Wirkungspfad Boden-Mensch

*Kursiv*

*Oberboden: Für Oberboden sieht die VwV Boden keine Verwertungsmöglichkeit vor. In der Entsorgungspraxis wird jedoch häufig eine abfallrechtliche Einstufung nach VwV Boden benötigt. Daher erfolgt für den Oberboden eine hilfsweise Einstufung nach VwV Boden.*



Eurofins Umwelt Südwest GmbH - Karlsruher Straße 22 - 76437 Rastatt

**solum, büro für boden + geologie**  
**Basler Str. 19**  
**79100 Freiburg im Breisgau**

**Titel: Prüfbericht zu Auftrag 02239606**  
**EOL Auftragsnummer: 006-10544-22665**  
**Prüfberichtsnummer: AR-22-NO-008270-01**

**Auftragsbezeichnung: 2022\_121\_HWR\_Heimbach\_Au**

**Anzahl Proben: 5**  
**Probenart: Boden**  
**Probenahmedatum: 15.11.2022**  
**Probenehmer: keine Angabe, Probe(n) wurde(n) an das Labor ausgehändigt**

**Probeneingangsdatum: 16.11.2022**  
**Prüfzeitraum: 16.11.2022 - 23.11.2022**

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchten Prüfgegenstände. Sofern die Probenahme nicht durch unser Labor oder in unserem Auftrag erfolgte, wird hierfür keine Gewähr übernommen. Die Ergebnisse beziehen sich in diesem Fall auf die Proben im Anlieferungszustand. Dieser Prüfbericht enthält eine qualifizierte elektronische Signatur und darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der EUROFINS UMWELT.

Es gelten die Allgemeinen Verkaufsbedingungen (AVB), sofern nicht andere Regelungen vereinbart sind. Die aktuellen AVB können Sie unter <http://www.eurofins.de/umwelt/avb.aspx> einsehen.

**Anhänge:**

*XML\_Export\_AR-22-NO-008270-01.xml*

Dr. David Hausmann  
Abteilungsleitung Prüfleitung  
Tel. +49 7222 93344 26

Digital signiert, 23.11.2022  
Dr. Claas Wessel  
Geschäftsleitung

Probenbezeichnung	MP1	MP2	MP3
Probenahmedatum/ -zeit	15.11.2022	15.11.2022	15.11.2022
EOL Probennummer	005-10544-98562	005-10544-98563	005-10544-98564
Probennummer	022166718	022166719	022166720

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit			
-----------	------	------	---------	----	---------	--	--	--

**Probenvorbereitung Feststoffe**

Fraktion < 2 mm	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07	0,1	%	52,7	57,7	54,8
Fraktion > 2 mm	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07	0,1	%	47,3	42,3	45,2

**Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz**

Trockenmasse	AN	L8	DIN EN 14346: 2007-03	0,1	Ma.-%	83,5	86,9	87,2
pH in CaCl <sub>2</sub>	AN/f	L8	DIN ISO 10390: 2005-12			5,7	-	-

**Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)**

pH in CaCl <sub>2</sub>	AN/f	L8	DIN ISO 10390: 2005-12			-	-	-
-------------------------	------	----	------------------------	--	--	---	---	---

**Elemente aus Königswasseraufschluss nach DIN ISO 11466: 1997-06 (Fraktion <2mm)<sup>#</sup>**

Arsen (As)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2:(AN,L8:2005-02; FR,F5:2017-01)	0,8	mg/kg TS	11,0	10,3	11,7
Blei (Pb)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2:(AN,L8:2005-02; FR,F5:2017-01)	2	mg/kg TS	34	19	17
Cadmium (Cd)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2:(AN,L8:2005-02; FR,F5:2017-01)	0,2	mg/kg TS	0,2	< 0,2	< 0,2
Chrom (Cr)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2:(AN,L8:2005-02; FR,F5:2017-01)	1	mg/kg TS	43	45	41
Kupfer (Cu)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2:(AN,L8:2005-02; FR,F5:2017-01)	1	mg/kg TS	31	31	20
Nickel (Ni)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2:(AN,L8:2005-02; FR,F5:2017-01)	1	mg/kg TS	28	30	28
Quecksilber (Hg)	AN/f	L8	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,07	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07	< 0,07
Zink (Zn)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2:(AN,L8:2005-02; FR,F5:2017-01)	1	mg/kg TS	86	88	68

**Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz**

TOC	AN/f	L8	DIN EN 15936: 2012-11 (AN,L8: Ver.A; FG,F5: Ver.B)	0,1	Ma.-% TS	-	-	-
-----	------	----	----------------------------------------------------	-----	----------	---	---	---

**Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)**

TOC	AN/f	L8	DIN ISO 10694: 1996-08	0,1	Ma.-% TS	-	-	-
Humus	AN/f	L8	berechnet/DIN ISO 10694: 1996-08	0,2	Ma.-% TS	-	-	-

Probenbezeichnung	MP1	MP2	MP3
Probenahmedatum/ -zeit	15.11.2022	15.11.2022	15.11.2022
EOL Probennummer	005-10544-98562	005-10544-98563	005-10544-98564
Probennummer	022166718	022166719	022166720

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit			
-----------	------	------	---------	----	---------	--	--	--

**PAK aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)**

Naphthalin	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	-
Acenaphthylen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	-
Acenaphthen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	-
Fluoren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	-
Phenanthren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,06	-
Anthracen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	-
Fluoranthen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,18	-
Pyren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,14	-
Benzo[a]anthracen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,12	-
Chrysen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,08	-
Benzo[b]fluoranthen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,12	-
Benzo[k]fluoranthen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,06	-
Benzo[a]pyren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,11	-
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,08	-
Dibenzo[a,h]anthracen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	< 0,05	-
Benzo[ghi]perylen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	< 0,05	0,07	-
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05		mg/kg TS	(n. b.) <sup>1)</sup>	1,02	-
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05		mg/kg TS	(n. b.) <sup>1)</sup>	1,02	-

**PCB aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)**

PCB 28	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	-	-	-
PCB 52	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	-	-	-
PCB 101	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	-	-	-
PCB 153	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	-	-	-
PCB 138	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	-	-	-
PCB 180	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	-	-	-
Summe 6 DIN-PCB exkl. BG	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05		mg/kg TS	-	-	-
PCB 118	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	-	-	-
Summe PCB (7)	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05		mg/kg TS	-	-	-

<b>Probenbezeichnung</b>	<b>MP4</b>	<b>P5</b>
<b>Probenahmedatum/ -zeit</b>	<b>15.11.2022</b>	<b>15.11.2022</b>
<b>EOL Probennummer</b>	<b>005-10544-98565</b>	<b>005-10544-98566</b>
<b>Probennummer</b>	<b>022166721</b>	<b>022166722</b>

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit		
-----------	------	------	---------	----	---------	--	--

**Probenvorbereitung Feststoffe**

Fraktion < 2 mm	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07	0,1	%	50,1	49,6
Fraktion > 2 mm	AN/f	L8	DIN 19747: 2009-07	0,1	%	49,9	50,4

**Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz**

Trockenmasse	AN	L8	DIN EN 14346: 2007-03	0,1	Ma.-%	88,9	70,1
pH in CaCl <sub>2</sub>	AN/f	L8	DIN ISO 10390: 2005-12			-	-

**Physikalisch-chemische Kenngrößen aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)**

pH in CaCl <sub>2</sub>	AN/f	L8	DIN ISO 10390: 2005-12			-	4,5
-------------------------	------	----	------------------------	--	--	---	-----

**Elemente aus Königswasseraufschluss nach DIN ISO 11466: 1997-06 (Fraktion <2mm)<sup>#</sup>**

Arsen (As)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2:(AN,L8:2005-02; FR,F5:2017-01)	0,8	mg/kg TS	12,5	9,1
Blei (Pb)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2:(AN,L8:2005-02; FR,F5:2017-01)	2	mg/kg TS	31	23
Cadmium (Cd)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2:(AN,L8:2005-02; FR,F5:2017-01)	0,2	mg/kg TS	0,2	0,2
Chrom (Cr)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2:(AN,L8:2005-02; FR,F5:2017-01)	1	mg/kg TS	59	28
Kupfer (Cu)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2:(AN,L8:2005-02; FR,F5:2017-01)	1	mg/kg TS	32	13
Nickel (Ni)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2:(AN,L8:2005-02; FR,F5:2017-01)	1	mg/kg TS	41	20
Quecksilber (Hg)	AN/f	L8	DIN EN ISO 12846 (E12): 2012-08	0,07	mg/kg TS	< 0,07	< 0,07
Zink (Zn)	AN/f	L8	DIN EN ISO 17294-2:(AN,L8:2005-02; FR,F5:2017-01)	1	mg/kg TS	87	58

**Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz**

TOC	AN/f	L8	DIN EN 15936: 2012-11 (AN,L8: Ver.A; FG,F5: Ver.B)	0,1	Ma.-% TS	-	3,6
-----	------	----	----------------------------------------------------	-----	----------	---	-----

**Organische Summenparameter aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)**

TOC	AN/f	L8	DIN ISO 10694: 1996-08	0,1	Ma.-% TS	-	3,3
Humus	AN/f	L8	berechnet/DIN ISO 10694: 1996-08	0,2	Ma.-% TS	-	5,7

Probenbezeichnung	MP4	P5
Probenahmedatum/ -zeit	15.11.2022	15.11.2022
EOL Probennummer	005-10544-98565	005-10544-98566
Probennummer	022166721	022166722

Parameter	Lab.	Akk.	Methode	BG	Einheit		
<b>PAK aus der Originalsubstanz (Fraktion &lt; 2 mm)</b>							
Naphthalin	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	-	< 0,05
Acenaphthylen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	-	< 0,05
Acenaphthen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	-	< 0,05
Fluoren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	-	< 0,05
Phenanthren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	-	< 0,05
Anthracen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	-	< 0,05
Fluoranthen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	-	< 0,05
Pyren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	-	< 0,05
Benzo[a]anthracen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	-	< 0,05
Chrysen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	-	< 0,05
Benzo[b]fluoranthren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	-	< 0,05
Benzo[k]fluoranthren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	-	< 0,05
Benzo[a]pyren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	-	< 0,05
Indeno[1,2,3-cd]pyren	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	-	< 0,05
Dibenzo[a,h]anthracen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	-	< 0,05
Benzo[ghi]perylen	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05	0,05	mg/kg TS	-	< 0,05
Summe 16 EPA-PAK exkl. BG	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05		mg/kg TS	-	(n. b.) <sup>1)</sup>
Summe 15 PAK ohne Naphthalin exkl. BG	AN/f	L8	DIN ISO 18287: 2006-05		mg/kg TS	-	(n. b.) <sup>1)</sup>

**PCB aus der Originalsubstanz (Fraktion < 2 mm)**

PCB 28	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	-	< 0,01
PCB 52	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	-	< 0,01
PCB 101	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	-	< 0,01
PCB 153	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	-	< 0,01
PCB 138	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	-	< 0,01
PCB 180	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	-	< 0,01
Summe 6 DIN-PCB exkl. BG	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05		mg/kg TS	-	(n. b.) <sup>1)</sup>
PCB 118	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05	0,01	mg/kg TS	-	< 0,01
Summe PCB (7)	AN/f	L8	DIN ISO 10382: 2003-05		mg/kg TS	-	(n. b.) <sup>1)</sup>

## Erläuterungen

BG - Bestimmungsgrenze

Lab. - Kürzel des durchführenden Labors

Akk. - Akkreditierungskürzel des Prüflabors

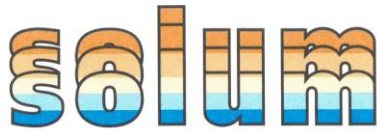
# Heizblock-Aufschluss außer bei Untersuchungen im gesetzlich geregelten Bereich.

Kommentare zu Ergebnissen

<sup>1)</sup> nicht berechenbar

Die mit AN gekennzeichneten Parameter wurden von der Eurofins Umwelt West GmbH (Vorgebirgsstrasse 20, Wesseling) analysiert. Die Bestimmung der mit L8 gekennzeichneten Parameter ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 DAkkS D-PL-14078-01-00 akkreditiert.

/f - Die Analyse des Parameters erfolgte in Fremdvergabe.



## Anhang B

### Allgemeine Hinweise für den Umgang mit Erdaushub

#### Verwertung

- Für die Bau- und Erdstoffe, sofern sie nicht auf dem Grundstück verbleiben können, ist je nach Zuordnungswerten eine geeignete Verwertungsmöglichkeit auszuwählen. Es sollte vor Auftragsvergabe geklärt werden, wer den Entsorgungsweg bestimmt (AG oder AN). Die abfalltechnischen Randbedingungen sind dann mit dem ausgewählten Entsorgungsunternehmen abzuklären. Einzelheiten sollten im Vorfeld der Auftragsvergabe im Rahmen eines Bietergespräches abgestimmt werden.
- In der Regel werden für die Entsorgung der Aushubmaterialien von Seiten des Entsorgungsunternehmers weitere Beprobungen (bspw. Haufwerksbeprobung) und Laboranalysen (bspw. nach Deponieverordnung) gefordert. Eine Abweichung von der bisherigen Einstufung kann daher nicht ausgeschlossen werden.
- Ggf. kann die Zwischenlagerung des Materials zu Deklarationszwecken erforderlich werden (Haufwerksbeprobung). Wir weisen ausdrücklich darauf hin, dass die Zwischenlagerung auf dem Baugrundstück zu Behinderungen im Bauablauf führen kann. Aus diesem Grund wird empfohlen, die Entsorgung des Aushubs zeitlich und räumlich von den Rohbauarbeiten zu trennen.
- Im Fall einer Zwischenlagerung bis zur vorgesehenen Verwertung, sollten die Materialien gegen Witterungseinflüsse geschützt werden (bspw. abplanen). Bei der Lagerung ist darauf zu achten, dass Beeinträchtigungen durch Sicker-, Stau- und Grundwasser vermieden werden.
- Bei einer Verwertung von Aushubmaterialien außerhalb des Plangebietes sind am Aufbringungsort die Einbaukriterien nach RC-Erlass/ VwV Boden zu beachten (bspw. beim Einbau in ein technisches Bauwerk). Insbesondere sind die hydrogeologischen Randbedingungen am Aufbringungsort zu prüfen. Die Wasserschutzgebietsverordnungen sind zu berücksichtigen. Die bautechnische Eignung des Bodenmaterials sollte im Vorfeld geprüft werden.
- Bei einer Verwendung innerhalb des Plangebietes sollte geprüft werden, ob aus umweltrechtlicher Sicht Beeinträchtigungen vorliegen können.

#### Baubetrieb

- Bei Auftreten von auffälligem Bodenmaterial während der Baumaßnahme (bspw. bisher nicht erkannte Belastungen, oder bodenfremden Beimengungen) ist der Gutachter hinzuzuziehen. Auffälliges Bodenmaterial muss auf jeden Fall separiert werden. Die ausgebauten Materialien dürfen nicht vermischt werden, da sonst eine Verschlechterung eintreten kann (Verschlechterungsverbot), die in der Regel mit Mehrkosten verbunden ist. Daher wird empfohlen, sowohl Aushub- wie Ladearbeiten gutachterlich betreuen zu lassen.
- Der Aushub sollte frei von Störstoffen sein. Ggf. vorhandene Störstoffe (bspw. Folie, Kunststoffe) und Wurzelreste sind im Fall der Entsorgung zu entfernen. Bei Störstoffgehalten können deutlich erhöhte Entsorgungskosten anfallen.