Institut für Hydrogeologie
und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen

Dipl.-Geol. Wolfram Hammer
Dr. Joachim Hönig
öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Erdbau,
Grundbau und Bodenmechanik
Dr. Marius Schünke
öffentlich bestellter und vereidigter
Sachverständiger für Hydrogeologie
(Boden und Grundwasserschäden)

# GEOTECHNISCHER BERICHT

## Linksseitiger Neckardamm in 73249 Wernau/N.
## Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000
## Baugrunderkundung und erdstatische Sicherheitsnachweise

**Auftraggeber :** Regierungspräsidium Stuttgart, Abteilung 5 - Umwelt
Postfach 80 07 09, 70507 Stuttgart

**Projekt-Nr. :** 2-16-045

**Gutachten-Nr. :** 2-16-045-01-ts

_. Ausfertigung

28. April 2017

Dr. Joachim Hönig
von der Industrie- und Handelskammer Stuttgart
öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Erdbau, Grundbau, Bodenmechanik

Verfasser:
Dr. Thomas Schmid
von der Industrie- und Handelskammer Stuttgart
öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger
für Gründungen, Grundwasserfragen

# INHALTSVERZEICHNIS

**1 Vorgang** . . . 4

**2 Unterlagen und Aufgabenstellung** . . . 4

**3 Untersuchungsumfang** . . . 7
**3.1 Kampfmitteluntersuchungen** . . . 7
**3.2 Feldarbeiten** . . . 8
**3.3 Bodenmechanische Laborversuche** . . . 9
**3.4 Erdstatische Berechnungen** . . . 9

**4 Untersuchungsergebnisse** . . . 10
**4.1 Lage, Morphologie und geologischer Überblick** . . . 10
**4.2 Untergrundaufbau** . . . 13
**4.3 Grundwasserverhältnisse** . . . 15
**4.4 Homogenbereiche, Boden-/Frostempfindlichkeitsklassen, Bodenkennwerte** . . . 17
**4.5 Dammgeometrie und Hochwasserspiegellagen** . . . 21

**5 Beurteilung der Standsicherheit des linksseitigen Neckardamms** . . . 23
**5.1 Erdstatische Berechnungen zur Standsicherheit** . . . 23
5.1.1 Berechnungsgrundlagen . . . 23
*5.1.1.1 Allgemeines* . . . 23
*5.1.1.2 Dammgeometrie, Schichtaufbau, Bodenkennwerte, Verkehrslasten* . . . 24
*5.1.1.3 Bemessungswasserstände, Porenwasserdrucklinien* . . . 24
*5.1.1.4 Bestehender Bewuchs* . . . 25
5.1.2 Nachweise und Sicherheiten . . . 25
*5.1.2.1 Nachweise* . . . 25
*5.1.2.2 Sicherheiten, Bemessungssituationen* . . . 27
5.1.3 Berechnungsergebnisse . . . 29
*5.1.3.1 Schnitt A-A* . . . 29
*5.1.3.2 Schnitt C-C* . . . 30
*5.1.3.3 Schnitt F-F* . . . 31
5.1.4 Bewertung der Berechnungsergebnisse . . . 32
**5.2 Einfluss des bestehenden Bewuchses (Gehölze) auf die Standsicherheit des linksseitigen Neckardamms** . . . 33
5.2.1 Normenvorgaben (Wasserbauvorschriften) zum Bewuchs von Hochwasserschutzdämmen . . . 33
5.2.2 Ist-Zustand . . . 34
5.2.3 Berücksichtigung des Bewuchses (Gehölze) in erdstatischen Berechnungen . . . 34
**5.3 Zusammenfassende Bewertung des Ist-Zustands** . . . 36

**6 Maßnahmen zur Ertüchtigung des linksseitigen Neckardamms** . . . 37
**6.1 Ertüchtigung der Dammabschnitte in Verbindung mit Bewuchs** . . . 37
6.1.1 Technische Lösungen . . . 37
*6.1.1.1 Beseitigung der bestehenden Gehölze* . . . 37
*6.1.1.2 Dammverbreiterung* . . . 39
*6.1.1.3 Spundwand* . . . 41
6.1.2 Kostenschätzung der Ertüchtigungsvarianten . . . 42
**6.2 Ertüchtigung der Uferböschung und des Hinterlandes aus erdstatischen bzw. aus hydrostatischen Gründen** . . . 44

**7 Zusammenfassung und Schlussbemerkungen** . . . 46

# VERZEICHNIS DES ANHANGS

**Anhang 1:** Richtlinien, Vertrags- und Lieferbedingungen, Arbeitsblätter, Rechtsgrundlagen, Normen und sonstige Unterlagen nach dem aktuellen Stand der Geotechnik

**Anhang 2:** Bericht zur Luftbildauswertung auf Kampfmittelbelastung

# VERZEICHNIS DER ANLAGEN

| | | |
|---|---|---|
| **Anlage 1:** | Lagepläne | M 1 : 10 000/1 500 |
| **Anlage 2:** | Geologische Schnitte | M 1 : 100 und 1 : 1000/100 |
| **Anlage 3:** | Schichtenverzeichnisse, Schichtenprofile und Rammsondierprofile | M 1 : 50 und 1 : 100 |
| **Anlage 4:** | Versuchsprotokolle bodenmechanischer Versuche | |
| **Anlage 5:** | Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08 | |
| **Anlage 6:** | Böschungsbruchberechnungen nach DIN 4084 | M 1 : 100 |
| **Anlage 7:** | Schemaskizzen technische Lösungen zur Dammertüchtigung | |

# 1 Vorgang

Im Rahmen einer im Jahr 2014 durchgeführten Unterhaltungsmaßnahme am linken Neckardamm bei Wernau/N. wurde festgestellt, dass die Standsicherheit des Neckardamms möglicherweise teilweise nicht gegeben ist. Mit Schreiben des Regierungspräsidiums Stuttgart vom 15.11.2015 wurde unser Büro daraufhin aufgefordert, ein Angebot für Standsicherheitsuntersuchungen zu unterbreiten.

Am 01.03.2016 wurde BWU mit Vertrags-Nr. „Wernau-Baugrund-BWU-1", Az 53-8960.50/HWS/Neckar beauftragt, entsprechende Untersuchungen vorzunehmen. Grundlage des Auftrags war unser Angebot Nr. B 2-15-290 vom 11.12.2015 mit dem darin enthaltenen Leistungsumfang.

# 2 Unterlagen und Aufgabenstellung

Für die Feldarbeiten und zur Erstellung des vorliegenden Geotechnischen Berichts erhielten wir vom Regierungspräsidium Stuttgart folgende Unterlagen:

Auszug aus dem Liegenschaftsbuch vom 01.03.2016 (Pläne als PDF-Dokumente):
- Flurstückskarte Flurst. 251-1, 251-2, und 251-4 Weg in Wernau GIO Neckar M 1-1500
- Flurstückskarte Flurst. 251 (Hälfte 1)
- Gemarkung Wernau Flurst. 251 (1.Hälfte Teil 2)
- Gemarkung Wernau Flurst. 251-1, 251-2 und 251-4
- Gemarkung Wernau Flurst. 251-1 und 251 (2. Hälfte)
- Orthophoto Flurst. 251 (1.Hälfte 2.Teil)
- Orthophoto Flurst. 251 (1.Hälfte)
- Orthophoto Flurst. 251-1 und 251 (2.Hälfte)
- Orthophoto Gemarkung Wernau Flurst. 251-1, 251-2 und 251-4

Auszug aus den Unterlagen der Deichpriorisierung 2011 (Pläne als PDF-Dokumente):
- Anlage_1_1 Uebersichtslageplan_Neckar_S (Karte des Bearbeitungsgebiets ohne Maßstab)
- QP Neckar_S_01 (Querprofil mit Vermessungs- und Bohrdaten sowie Ergebnissen von bodenmechanischen Laboruntersuchungen)
- QP Neckar_S_02 (Inhalt wie S 01)

Auszug aus den Unterlagen der Unterhaltungsmaßnahme 2014 (Pläne als dwg- und dxf-Dateien):
- Wernau_LP (Lageplan).
- Wernau_LS_Damm (Längsschnitt Damm Fluss-km 0 + 103 - 1 + 000)
- Wernau_QP (Querschnitte bei Fluss-km 0 + 115, 150, 180, 200, 238, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 538, 550, 600, 640.
- Erläuterungsbericht: Unterhaltungsmaßnahme linker Neckardeich Fluss-km 0+300 bis Fluss-km 1+000. IB Wald + Corbe, Hügelsheim, im August 2014. Darin enthalten:

Geotechnische Stellungnahme zur Unterhaltungsmaßnahme linker Neckardeich in Wernau, Fluss-km 0+103 bis 1+000. Ingenieurgesellschaft Kärcher mbH, Weingarten, 27.08.2014.

Vermessungsdaten von der Erstellung der Hochwassergefahrenkarte, erhoben 2005:
- GIS-Daten (shape-Dateien) und Querprofile (dxf- und pdf-Dateien) vom betroffenen Neckar-Abschnitt.

Die Stadt Wernau/N. stellte uns folgende Unterlagen von Altlastuntersuchungen zur Verfügung:
- Orientierende Erkundung der Altablagerung „Untere Neue Wiesen“, Wernau. UMT GmbH, Stuttgart, 23.12.1992
- Nähere Erkundung der Altablagerung „Untere Neue Wiesen“, Stadt Wernau. UMT GmbH, Stuttgart, 09.01.1997.
- Sanierungsuntersuchung Altablagerung „Untere Neue Wiesen“, Stadt Wernau. DEKRA Umwelt GmbH, Stuttgart, 27.03.2003.
- Altablagerung „Untere Neue Wiesen“, Stadt Wernau, Untersuchungsergebnisse, Handlungsbedarf. Aktualisierung, Stand 11/ 2010. DEKRA Industrial GmbH, Stuttgart, 10.11.2010.
- Langzeitüberwachung der Natural Attenuation Prozesse, Altablagerung „Untere Neue Wiesen“, Stadt Wernau, 3. Überwachungszyklus 2011-2012. DEKRA Industrial GmbH, Stuttgart, 02.04.2012.

Aus dem firmeneigenen Archiv wurden folgende Unterlagen mit ausgewertet:
- Beprobung einer Wallaufschüttung und von Haufwerken in den Unteren Neuen Wiesen in Wernau. BWU, Kirchheim unter Teck, Gutachten-Nr. 1-11-016-01sch vom 26.06.2011.
- Baugrundgutachten: Erschließung Baugebiet „Untere Neue Wiesen“, 73249 Wernau. BWU, Kirchheim unter Teck, Gutachten-Nr. 2-12-008-01-hö vom 08.03.2012.
- Auszug aus den Unterlagen Machbarkeitsuntersuchung zum Hochwasserschutz am Gewässer I. Ordnung im Landkreis Esslingen (Pläne als PDF-Dokumente):
  - Lageplan 041 und 051 M 1 : 5 000, IB Winkler und Partner, September 2009
  - QP Neckar_S_07 - S_18 und S_24 (Querprofile mit Vermessungs- und Bohrdaten sowie Ergebnissen von bodenmechanischen Laboruntersuchungen)

Bei den jeweiligen Versorgungsträgern wurden aktuelle Kabel- und Leitungspläne für die im Untersuchungsgebiet vorhandenen Sparten erhoben.

Weiterhin wurden die Topographische und die Geologische Karte M 1 : 25 000, Blatt 7322 Kirchheim unter Teck nebst Erläuterungen, die Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg, M 1 : 350 000 und der Online-Kartenservice der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) mit herangezogen.

Der Baugrunderkundung und Ausarbeitung des Geotechnischen Berichts liegen außerdem, soweit zutreffend, die in Anhang 1 genannten Richtlinien, Vertrags- und Lieferbedingungen, Arbeitsblätter, Rechtsgrundlagen, Normen und sonstige Unterlagen in der Geotechnik zugrunde. Im nachfolgenden Text benutzte Kürzel werden dort erläutert. Für die erdstatischen Berechnungen wurden außerdem die nachstehenden geotechnischen Merkblätter und Normen herangezogen:

- Eurocode 7 "Geotechnische Bemessung", Band 1: Allgemeine Regeln **[U1]**
- DIN 19712:2013-01 "Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern" **[U2]**
- DWA- Regelwerk, Merkblatt DWA-M 507-1 "Deiche an Fließgewässern", Ausgabe 2011 **[U3]**
- BAW Merkblatt "Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen" (MSD), Ausgabe 2011 **[U4]**
- EAU Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen" Häfen und Wasserstraßen, Ausgabe 2012 **[U5]**

In den o. g. Vorschriften wird auf weitere Teilvorschriften Bezug genommen. Sofern diese in den nachfolgenden Berechnungen relevant waren, wurden sie berücksichtigt.

Die Gewerbegebiete Neckartal I und II linksseitig des Neckars auf Gemarkung Wernau/N. werden durch einen etwa in den 1970er Jahren errichteten Damm geschützt. Da der Neckar in diesem Bereich ein Gewässer I. Ordnung ist, ist das Land Baden-Württemberg, vertreten durch das Regierungspräsidium Stuttgart, Referat 53.1, für den Hochwasserschutz und Dammunterhalt zuständig.

Ein im Zuge der Erstellung der Hochwassergefahrenkarte und der anschließenden Machbarkeitsuntersuchung zum Hochwasserschutz festgestelltes Defizit im Freibord wurde durch eine Unterhaltungsmaßnahme 2014 behoben. Im Rahmen dieser Unterhaltungsmaßnahme zeigte sich jedoch, dass etwa der Abschnitt Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 des linksseitigen Neckardamms wegen bereichsweise massivem Bewuchs mit großen und sehr großen Bäumen nicht den Anforderungen an Flussdämme entspricht und die Standsicherheit dadurch nicht gewährleistet ist (Gefahr der Breschenbildung bei Windwurf, erhöhte Wasserwegsamkeiten infolge Durchwurzelung u.a.).

Um die Beschaffenheit des Neckardamms und dessen Untergrunds sowie die Grundwasserverhältnisse festzustellen, wurde eine Baugrunderkundung durchgeführt und basierend auf deren Ergebnissen wurden die Bodenkennwerte für erdstatische Berechnungen ermittelt.

Die Maßnahme ist nach DIN 4020 in die Geotechnische Kategorie GK 2 einzustufen (Dämme $\leq$20 m Höhe in ebenem oder flach geneigtem Gelände auf tragfähigem Untergrund, ständig oder zeitweise wasserbelastet mit maßgebendem Stauwasserspiegel $\leq$4 m über luftseitigem Gelände). Aufgrund des bestehenden Gewerbegebiets ist das Schadenspotential bei einer Überflutung infolge Hochwassers als hoch (DIN 19 712 bzw. DWA M507-1 Tabelle 1) und der Damm demzufolge in die Dammklasse I einzustufen, woraus sich eine Zuordnung zur geotechnischen Kategorie GK 3 nach den Kriterien der DIN 19 712 ergibt.

Die luftseitigen Dammhöhen betragen ≤2 m, so dass nach BAW-Merkblatt "Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen" niedrige Dämme vorliegen, aus denen sich Mindestquerschnitte für die erforderliche Dammgeometrie ableiten lassen, bei denen auch ohne aufwendige erdstatische Berechnungen von ausreichenden Standsicherheitsverhältnissen ausgegangen werden kann. (vgl. Abschnitt 5.1.1.3)

Anlässlich einer Besprechung am 11.10.2016 am Regierungspräsidium Stuttgart[1] wurde inhaltlich die geotechnische Aufgabenstellung des vorliegenden Geotechnischen Berichts wie nachstehend zusammengefasst:

- Beurteilung der erdstatischen Standsicherheit der bestehenden Dammabschnitte
- Beurteilung des Einflusses des bestehenden Bewuchses auf die Standsicherheit der Dammabschnitte

sofern erforderlich:

- Vorschläge zu technischen Sicherungsmaßnahmen für die Ertüchtigung der Dammabschnitte wie z.B. Dammverbreiterung einschl. Kostenschätzung

Die Beurteilung der Dammabschnitte bezüglich der hydraulischen Verhältnisse wie Freibord und einer möglichen Überströmung der Dammkronen sind nicht Gegenstand der vorliegenden Berichterstattung.

# 3 Untersuchungsumfang

## 3.1 Kampfmitteluntersuchungen

Für das Untersuchungsgebiet wurde durch den Kampfmittelbeseitigungsdienst Baden-Württemberg bereits früher eine multitemporale Luftbildauswertung durchgeführt. Nach dem Ergebnis der Luftbildauswertung sind keine Anhaltspunkte für das Vorhandensein von Bombenblindgängern innerhalb des Untersuchungsgebietes gegeben. Die Bohrarbeiten wurden daher ohne weitere Maßnahmen freigegeben (Bericht s. Anhang 2).

[1] Teilnehmer: H. Zweig RPS, H. Greiner RPS, H. Dr. Schmid BWU, H. Sänger RSBaugrund

## 3.2 Feldarbeiten

Zur Erkundung des Untergrundaufbaus und der Grundwassersituation wurden am 20., 21. und 24.06.2016 zehn Kleinbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1 (Rammkernsonde Ø 80/60/50 mm) bis in Tiefen von 5,0 - 9,0 m u.Gel. und sechs Schwere Rammsondierungen (DPH nach DIN EN ISO 22476-2) bis in Tiefen von 6,0 - 8,9 m u.Gel. abgeteuft.

Fünf Kleinbohrungen im luftseitigen Dammvorland wurden mit Durchmesser 80 mm gebohrt und zu 1“-Kleingrundwassermessstellen überflur ausgebaut, um die Messung von Ruhegrundwasserständen zu ermöglichen. Stichtagsmessungen erfolgten am 28.06. und am 21.07.2016.

Die Rammsondierungen dienten zur Ermittlung der Lagerungsdichte bzw. Konsistenz des Bodens. Bei den ausgeführten Schweren Rammsondierungen (DPH) wird eine Sonde mit einer Querschnittsfläche von 15 cm² durch Rammen mit einem Fallgewicht von 50 kg bei gleichbleibender Fallhöhe von 0,50 m in den Untergrund eingetrieben. Die benötigte Schlagzahl $N_{10}$ für jeweils 10 cm Eindringtiefe gibt Auskunft über die Lagerungsdichte bzw. Konsistenz des Untergrunds.

Die Schichtenfolge wurde nach geologischen und bodenmechanischen Kriterien aufgenommen (Benennung und Beschreibung nach DIN EN ISO 14 688/14 689, wobei die bisher gebräuchlichen Bezeichnungen der zurückgezogenen DIN 4022 beibehalten wurden) und nach DIN 18 196 und DIN 18 300 klassifiziert. Weiterhin wurden Wasserzutritte/-anstiege dokumentiert und das Bohrgut organoleptisch auf mögliche Verunreinigungen geprüft.

Zur Unterstützung der bodenmechanischen Beurteilung im Gelände wurden aus den anstehenden Schichten gestörte Bodenproben entnommen, luftdicht konserviert und zur geotechnischen Laboruntersuchung weitergeleitet. An einigen geeigneten Kernstücken wurde bei der Probenahme die undränierte Scherfestigkeit mit dem Taschenpenetrometer bestimmt.

Die Bohrlöcher der nicht zu Grundwassermessstellen ausgebauten Kleinbohrungen und der Rammsondierungen wurden nach Bohrende mit Quellton-Pellets wasserdicht verschlossen.

Die Anordnung der Aufschlusspunkte auf dem Gelände ist im Lageplan (Anlage 1.2) dargestellt. Die Aufschlusspunkte wurden durch das Vermessungsbüro Metzger GmbH, Kirchheim unter Teck, ausgepflockt und nach Lage und Meereshöhe eingemessen.

In Anlage 2 sind die Schichtprofile der Aufschlusspunkte in sechs Querprofilen und zwei Längsschnitten als schematische geologische Schnitte dargestellt. Anlage 3 enthält die Schichtenbeschreibungen und Schichtprofile der jetzt neu hergestellten und der aus früheren Untersuchungen verwendeten Aufschlüsse sowie die Rammsondierprofile.

### 3.3 Bodenmechanische Laborversuche

Die aus den anstehenden Schichten entnommenen Proben wurden im hauseigenen bodenmechanischen Labor auf natürlichen Wassergehalt (DIN EN ISO 17 892-1), Konsistenzgrenzen (DIN 18 122) und Korngrößenverteilung untersucht. Damit war eine Einstufung nach DIN 18 196 und DIN 18 300 sowie die darauf basierende Abschätzung von Bodenkennwerten möglich. Die Versuche erfolgten an gestörten Bodenproben.

Die in den Unterlagen zur Deichpriorisierung enthaltenen Ergebnisse von bodenmechanischen Laborversuchen wurden ebenfalls ausgewertet. Die an Bodenproben aus den im Untersuchungsgebiet liegenden Bohrungen BK Neckar S_01 und BF Neckar S_01 ermittelten Kennwerte sind im vorliegenden Geotechnischen Bericht wiedergegeben. Weitere Untersuchungsergebnisse wurden ohne Wiedergabe im Einzelnen bei der Einschätzung der bodenmechanischen Kennwerte der Dammschüttung und des Untergrunds berücksichtigt.

### 3.4 Erdstatische Berechnungen

Zur Beurteilung der Standsicherheit des Neckardamms wurden erdstatische Berechnungen durchgeführt. Diese sowie die Bewertung der Berechnungsergebnisse erfolgten durch Herrn Dipl.-Ing. Ralf Sänger[2].

[2]Dipl.-Ing. Ralf Sänger , ö.b.u.v. Sachverständiger (IHK) für Erd- und Grundbau, Standsicherheit von Böschungen sowie anerkannter Sachverständiger für Erd- und Grundbau nach Bauordnungsrecht
RSBaugrund, Fichtenhain 26, 73037 Göppingen, fon: 07161-1586657, fax: 07161-986092, m: 0173/7411702, E-Mail: rsbaugrund@arcor.de

# 4 Untersuchungsergebnisse

## 4.1 Lage, Morphologie und geologischer Überblick

Der betroffene Abschnitt des linksseitigen Neckardamms liegt am Westufer des Neckars zwischen der Neckarbrücke der Kirchheimer Straße im Südwesten, den Gewerbegebieten Neckartal I und II im Westen und der Brücke der nordöstlichen Randstraße und B 10 im Nordosten (vgl. Übersichtslageplan Anlage 1.1).

Die wasserseitige Dammböschung ist praktisch auf gesamter Länge im Untersuchungsgebiet mit größeren Gehölzen bewachsen. Nur vereinzelt, vor allem nach Nordosten hin, sind Lücken im Bewuchs vorhanden. Dieser Gehölzstreifen ist unter dem Namen „Hecken am Neckar bei Wernau“ (Biotopnummer 173221165756)[3] als Biotop nach § 32 BNatSchG ausgewiesen. Auf der luftseitigen Dammböschung sind nur einzelne Gehölzgruppen vorhanden, die nicht als Biotop ausgewiesen sind.

Südlich von etwa Fluss-km 1 + 000 liegt das luftseitige Dammvorland etwa auf Höhe der Dammoberkante, eine Dammkrone ist nicht ausgebildet. Nach Norden hin fällt der luftseitige Dammfuß ab. Die größte Höhendifferenz zwischen Dammkrone und luftseitigem Dammfuß wird etwa zwischen Fluss-km 0 + 800 und 0 + 550 mit ca. 1,8 m bis 2,3 m erreicht. Weiter im Norden, ab etwa Fluss-km 0 + 400 steigt das luftseitige Dammvorland wieder bis auf Höhe der Dammkrone und teilweise auch darüber an. Die wasserseitige Böschungshöhe beträgt ca. 6,6 - 7,2 m.

Ein den zur Verfügung gestellten Unterlagen zufolge im Jahr 2009 auf 3 m Breite ausgebauter Radweg verläuft im südlichen Abschnitt bis etwa Fluss-km 0 + 850 auf der Dammkrone, die hier gegenüber dem luftseitigen Dammvorland eine maximale Höhendifferenz von ≈ 1,2 m aufweist. Die Kronenbreite beträgt etwa 4,5 m einschließlich eines ca. 1 m breiten Banketts wasserseitig und 0,5 m luftseitig.

Etwa bei Fluss-km 0 + 905 befindet sich ein Schachtbauwerk der Wasserversorgung am luftseitigen Kronenrand, von dem aus drei Wasserleitung den Neckar in einem Düker queren.

[3] Quelle: Daten– und Kartendienst der LUBW, http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/Public/pages/home/welcome.xhtml
Themenbaum: Natur und Landschaft\Biotope nach NatSchG und LWaldG

Auf dem Gelände des Pumpwerks ca. bei Fluss-km 0 + 870 wird anfallendes Oberflächenwasser in einer Zisterne gesammelt, deren Überlauf durch eine den Radweg kreuzende Leitung in den Neckar eingeleitet wird. Der Überlauf der Zisterne in den Neckar wurde mit einem Dübelschieber versehen, der im Hochwasserfall manuell geschlossen werden muss, um eine Umläufigkeit des Damms zu verhindern.

Im Rahmen einer Unterhaltungsmaßnahme im Jahr 2014 zum Ausgleich von Fehlhöhen im Freibord wurde der vorhandene Radweg rückgebaut und der Damm mit lagenweise verdichtet eingebautem, bindigem Bodenmaterial der Bodengruppe TM nach DIN 18 196 erhöht. Anschließend wurde der Radweg wieder auf 3,0 m Breite mit einer 20 cm starken Schottertragschicht (STS FSS 0/56) befestigt und darauf eine 5 cm starke Abdeckschicht KG 0/16 und eine 2 cm starke Brechsand-Splitt-Auflage KG 0/2 eingebaut. Die Wegoberfläche wurde als Dachprofil mit 6% Quergefälle angelegt. Die Oberkante der Schottertragschicht liegt auf Höhe des Ausbauziels ($HQ_{100}$ + Freibord), die Abdeckschicht und Brechsand-Splitt-Auflage reichen zum Ausgleich von Bau-Ungenauigkeiten darüber hinaus.

Auf Höhe von Fluss-km 0 + 850 bis 0 + 540 verschwenkt der Radweg von der Dammkrone weg in die Talaue. Der Kronenweg wurde im Rahmen der Unterhaltungsmaßnahme 2014 nach der Dammerhöhung als Schotterrasenweg (20 cm Schotter 0/56 + 10 cm Vegetationsschicht Schotter/ Oberboden) mit 2,5 m Breite und ebenfalls Dachprofil mit 6% Quergefälle angelegt. Die Oberkante der Schottertragschicht liegt hier 5 cm unter dem Ausbauziel und die Vegetationsschicht reicht 5 cm darüber hinaus. In diesem Bereich mussten auch einige Baumstümpfe an der wasserseitigen Böschungsschulter entfernt werden, deren Wurzellöcher mit bindigem Boden verfüllt wurden. Ab Fluss-km 0 + 540 verläuft der Radweg wieder auf der Dammkrone und wurde 2014 bis zum damaligen Bauende bei Fluss-km 0 + 440 mit einer Breite von 2,8 m wie im ersten Abschnitt ausgebaut.

Im nördlichen Teil des Untersuchungsgebiets sind weitere den Neckardamm querende Bauwerke in Form eines Kanal-Notüberlaufs in den Neckar etwa bei Fluss-km 0 + 250 und eines auch den Neckar unterquerenden Abwasserkanal-Dükers mit Schachtbauwerk etwa bei Fluss-km 0 + 210 vorhanden.

Entlang des gesamten Dammabschnitts verläuft ein Kupfer-Steuerkabel der Wasser- und Schiffahrtsverwaltung entlang der wasserseitigen Dammschulter und im Bereich Fluss-km 0 + 500 bis 0 + 210 ein Abwasserkanal nahe des luftseitigen Dammfußes.

Im Bericht der UMT Messtechnik GmbH vom 09.01.1997 ist von einer bei der Begradigung des Neckars nördlich der Wernauer Neckarbrücke im Jahr 1965 eingebrachten Dichtwand zum Schutz der Trinkwasserfassung vor Verunreinigungen durch Neckarwasser im Bereich von der Neckarbrücke bis zum Pumpwerk IV die Rede (Auskunft des damaligen Bauleiters sowie der Stadt Wernau). Schon 1997 waren den damals verfügbaren Unterlagen sowie weiteren Recherchen jedoch keine näheren Angaben zu dieser Dichtwand zu entnehmen. Nach Mitteilung des Regierungspräsidiums Stuttgart, H. Greiner (Email vom 26.07.2016) sei nach Rückfrage bei der Stadt Wernau (H. Hack) und am Landratsamt (H. Dr. Fischer) nichts über eine eventuelle Dichtwand bekannt und auch beim Regierungspräsidium lägen hierzu keine Unterlagen vor.

Gemäß der geologischen Karte von Baden-Württemberg, M 1 : 25 000, Blatt 7322 Kirchheim unter Teck, stehen im tieferen Untergrund Schichten des oberen Mittelkeupers an (Knollenmergel, km5, und Stubensandsteinschichten, km4), die jedoch von mehrere Meter mächtigen quartären Talablagerungen (Auelehm und Kies) überdeckt sind. Etwa auf Höhe Fluss-km 0 + 450 m gehen die im südlichen Teil anstehenden Stubensandsteinschichten in Knollenmergel über. In den Altlastgutachten wird eine tektonische Ursache (Staffelbrüche, Abschiebungen) als Ursache hierfür vermutet, da dieser Übergang nicht den zu erwartenden regionalen geologischen Verhältnissen entspricht.

Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung sowie der Auswertung vorhandener Unterlagen ist die Geländeoberkante im luftseitigen Dammvorland in weiten Teilen durch künstliche Auffüllungen verändert. Hierzu zählt auch eine Altablagerung „Untere Neue Wiesen“ nördlich von Fluss-km 0 + 730 westlich des Neckarufers, die im Rahmen der eingangs genannten Altlastgutachten intensiv untersucht wurde. Hierbei handelt es sich um den Baggersee einer aufgelassenen Kiesgrube, die etwa im Zeitraum 1944 bis 1971 aufgefüllt wurde.

Der Neckarkies bildet einen ergiebigen Porengrundwasserleiter, der auch aktuell noch genutzt wird (Wasserfassung „Pumpwerk IV“ der Stadt Wernau/N.) und nach unten von den als Grundwasserstauer wirkenden Schichten des Knollenmergels begrenzt wird.

Nach der Karte der Erdbebenzonen befindet sich das Baugrundstück in der Erdbebenzone 0 und dem Online-Kartenservice der LUBW zufolge außerhalb von rechtskräftig ausgewiesenen Wasserschutzgebieten, jedoch teilweise im Einzugsgebiet und unmittelbaren Zustrombereich der Wasserfassung „Pumpwerk IV“ der Stadt Wernau.

## 4.2 Untergrundaufbau

Der Kronenbereich des Neckardamms besteht aus einer etwa 20 - 30 cm, bei BS 5/K 0,60 m mächtigen Schottertragschicht der Bodengruppe GW nach DIN 18 196 aus gebrochenem Sand- und Kieskorn, wie das nach den oben beschriebenen Unterhaltungsmaßnahmen zu erwarten war.

Darunter folgt die bis in 1,4 - 3,7 m Tiefe reichende Dammschüttung aus vorwiegend bindigen Böden im Übergangsbereich der Bodengruppen UL-TL und TM (Schluff, feinsandig, ±tonig, ±kiesig), die in meist halbfester Konsistenz vorliegen und oft fest verbacken sind. Vereinzelt sind auch geringmächtige grobkörnige Lagen (z.B. Ziegel, Bauschutt, Kies) der Bodengruppen GE, GW und GU eingeschaltet. Diese scheinen nur kleinräumig vorzukommen und sind im Längsschnitt nicht als durchgehende Schichten erkennbar. Ob eventuell im Querschnitt durchgehende grobkörnige Lagen vorhanden sind, kann nicht beurteilt werden, da auftragsgemäß jeweils nur eine Bohrung in der Dammschüttung hergestellt wurde (zweite Bohrung im luftseitigen Dammvorland).

Im luftseitigen Dammvorland ist eine 0,1 - 0,2 m mächtige, teilweise nachträgliche aufgebrachte und damit als Auffüllung zu kennzeichnende Oberbodendecke vorhanden. Oberboden ist der Bodengruppe OU nach DIN 18 196 zuzuordnen.

Auch im Dammvorland sind teilweise Auffüllungen vorhanden, die jedoch meist nur geringmächtig sind (UK ca. 0,5 - 0,85 m) und aus bindigen Böden der Bodengruppen TL-TM in halbfester Konsistenz sowie untergeordnet aus gemischt- und grobkörnigen Böden (Bodengruppen GU* und GE) bestehen.

Bei BS 1 (Geologischer Schnitt A-A/Fluss-km 0 + 935) ist die Auffüllmächtigkeit mit 3,2 m deutlich größer. Hier liegt auch die größte Mächtigkeit der Dammschüttung vor. Dies gibt Grund zu der Annahme, dass in diesem Bereich das Ursprungsgelände großflächig aufgefüllt wurde, worauf auch die generelle Topographie in diesem Bereich hindeutet.

Der natürlich anstehende Untergrund besteht zuoberst aus Auelehm in Form von feinsandigem, z.T. tonigem Schluff in meist halbfester, örtlich und abschnittsweise aber auch steifer oder weicher Konsistenz. Je nach relativem Anteil der einzelnen Komponenten liegen die Bodengruppen TL-TM (vorwiegend) und UL-UM sowie SU* nach DIN 18 196 vor. Die Auelehm-Mächtigkeit ist mit ca. 0,5 - 1 m meist gering und erreicht nur an wenigen Stellen annähernd 2 m. Im Bereich der Damm-

krone verläuft die Auelehm-Basis relativ gleichmäßig etwa im Niveau 250,5 - 251 mNN wogegen sie im luftseitigen Dammvorland ein deutlich stärkeres Relief zwischen etwa 249,5 und 251,5 mNN aufweist.

Zur Tiefe hin folgt gut gerundeter, sandiger und meist schwach schluffiger Kies, der bodenmechanisch in den Übergangsbereich der Bodengruppen GU und GW nach DIN 18 196 zu stellen ist. Oberflächlich liegen teilweise auch stärker verlehmte Abschnitte der Bodengruppe GU* vor und im Grundwasserbereich sind die Feinteile oft ausgeschwemmt (Bodengruppe GW).

Im Kies sind lokal geringmächtige Schlufflagen und/oder -linsen eingeschaltet (BS 1/F, BS 2/F, Abschnitt mit stark zurückgehenden Schlagzahlen bei SRS 2/K, SRS 5/K, SRS 6/K).

Erfahrungsgemäß kommen im Neckartal nahe der Kiesbasis oft auch Gerölle (Steine >63 mm oder Blöcke >200 mm) vor. Derartige Komponenten wurden in den Kleinbohrungen nicht angetroffen, könnten jedoch eventuell bei den Schweren Rammsondierungen SRS 3/K und SRS 6/K im Bereich der Endtiefen mit hohen Schlagzahlen $N_{10}$ vorliegen.

Das tiefste erbohrte Schichtglied ist halbfester, schluffiger Ton der Bodengruppe TM nach DIN 18 196. Anhand petrographischer Merkmale kann eine stratigraphische Zuordnung nicht erfolgen. Hierzu wären tiefere Aufschlüsse erforderlich gewesen, was nicht beauftragt und für die vorliegenden Fragestellungen auch nicht erforderlich war. Nach den Ergebnissen der Altlastuntersuchungen dürfte der Übergang Stubensandstein zu Knollenmergel etwa bei Fluss-km 0 + 500 bis 0 + 400 erfolgen.

Die im Einzelnen an den Aufschlusspunkten angetroffenen Bodenschichten sind als Schichtenbeschreibungen und Schichtprofile zusammen mit den Rammsondierprofilen in Anlage 3 dargestellt.

Aus den zwangsläufig punktuellen Aufschlüssen wurden durch Interpolation unter Berücksichtigung der geologischen Zusammenhänge fünf schematische geologische Querschnitte und zwei Längsschnitte gefertigt, die das beschriebene Baugrundmodell darstellen (Anlage 2). Zwischen den Aufschlusspunkten wurde hierbei linear interpoliert. Es kann daher sein, dass der tatsächliche Schichtenverlauf in der Schnittebene von der schematischen Darstellung abweicht.

## 4.3 Grundwasserverhältnisse

In allen Geländeaufschlüssen waren Grundwasserzutritte festzustellen. Der Grundwasserstand stieg nach Bohrende nicht nennenswert gegenüber den Grundwasserzutritten an, so dass freie Grundwasserverhältnissen vorliegen. Grundwasserleiter ist der Neckarkies, der einen gut wasserdurchlässigen und ergiebigen Porengrundwasserleiter bildet. Die Aquiferbasis fällt von etwa 246,5 mNN im Süden des Untersuchungsgebiets auf etwa 245,5 mNN im Norden ab und wird von tonigen Schichten des Knollenmergels und Stubensandsteins gebildet. Während der Knollenmergel ein Grundwasser-Geringleiter ist, kann im Stubensandstein ein weiteres Grundwasserstockwerk als Kluftgrundwasserleiter ausgebildet sein.

Folgende Grundwasserstände wurden in den offenen Bohrlöchern und Grundwassermessstellen gemessen:

| Messstelle Datum | Geländehöhe [mNN] | Wasserstand [m u.Gel.] | POK [mNN] | Wasserstand [m u.POK] | Wasserstand [mNN] | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| BS 1/K 20.06.16 | 254,48 | 5,10<br>5,13<br>5,10 | | | 249,38<br>249,35<br>249,38 | GW angebohrt<br>GW nach Bohrende<br>GW nach 6 h |
| SRS 1/K 24.06.16 | 254,48 | 5,20 | | | 249,28 | GW nach Bohrende |
| BS 1/F 21.06.16<br><br>28.06.16<br>21.07.16 | 253,21 | 3,80<br>3,85<br>3,91<br>3,80 | 253,99 | <br><br>4,69<br>4,58 | 249,41<br>249,36<br>249,30<br>249,41 | GW angebohrt<br>GW nach Bohrende<br>GW Ruhe<br>GW Ruhe |
| BS 2/K 20.06.16 | 251,04 | 5,10<br>5,08<br>5,09 | | | 248,91<br>248,93<br>248,92 | GW angebohrt<br>GW nach Bohrende<br>GW nach 4,5 h |
| SRS 2/K 24.06.16 | 253,99 | 5,10 | | | 248,89 | GW nach Bohrende |
| BS 2/F 21.06.16<br><br>28.06.16<br>21.07.16 | 251,84 | 2,50<br>2,80<br>2,81<br>2,75 | 252,58 | <br><br>3,55<br>3,49 | 249,34<br>249,04<br>249,03<br>249,09 | GW angebohrt<br>GW nach Bohrende<br>GW Ruhe<br>GW Ruhe |
| BS 3/K 20.06.16 | 253,96 | 5,10<br>5,13<br>5,12 | | | 248,86<br>248,83<br>248,84 | GW angebohrt<br>GW nach Bohrende<br>GW nach 3 h |
| SRS 3/K 21.06.16 | 253,86 | 5,10 | | | 248,76 | GW nach Bohrende |

| Messstelle | Datum | Gelände-höhe [mNN] | Wasser-stand [m u.Gel.] | POK [mNN] | Wasser-stand [m u.POK] | Wasser-stand [mNN] | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| BS 3/F | 21.06.16 | 252,00 | 3,20 | 252,80 | | 248,80 | GW angebohrt |
| | | | 3,13 | | | 248,87 | GW nach Bohrende |
| | 28.06.16 | | 3,19 | | 3,99 | 248,81 | GW Ruhe |
| | 21.07.16 | | 2,99 | | 3,79 | 249,01 | GW Ruhe |
| BK S_01 | 08.03.11 | 253,76 | >5 | | | <248,76 | kein GW |
| SRS 6/K | 21.06.16 | 253,84 | 5,06 | | | 248,78 | GW nach Bohrende |
| BF S_01 | 09.03.11 | 251,90 | >3 | | | <248,90 | kein GW |
| BS 4/K | 20.06.16 | 253,91 | 5,20 | | | 248,71 | GW angebohrt |
| | | | 5,20 | | | 248,71 | GW nach Bohrende |
| | 21.06.16 | | 5,25 | | | 248,66 | GW Ruhe |
| SRS 4/K | 21.06.16 | 253,81 | 5,15 | | | 248,66 | GW nach Bohrende |
| BS 4/F | 21.06.16 | 252,34 | 3,60 | 253,27 | | 248,74 | GW angebohrt |
| | | | 3,67 | | | 248,67 | GW nach Bohrende |
| | 28.06.16 | | >4,07 | | >5,00 | <247,27 | kein GW |
| | 21.07.16 | | >4,07 | | >5,00 | <247,27 | kein GW |
| BS 5/K | 21.06.16 | 253,89 | 5,30 | | | 248,59 | GW angebohrt |
| | | | 5,34 | | | 248,55 | GW nach Bohrende |
| SRS 5/K | 21.06.16 | 253,81 | 5,10 | | | 248,71 | GW nach Bohrende |
| BS 5/F | 21.06.16 | 252,05 | 3,40 | 253,24 | | 248,65 | GW angebohrt |
| | | | 3,44 | | | 248,61 | GW nach Bohrende |
| | 28.06.16 | | 3,51 | | 4,70 | 248,54 | GW Ruhe |
| | 21.07.16 | | >3,81 | | >5,00 | <248,24 | kein GW |

Der Neckar-Wasserspiegel wurde im Rahmen der jetzigen Untersuchungen nicht gemessen. So wie in den zur Verfügung gestellten Schnitten eingetragen, liegt er jedoch etwas tiefer als der Grundwasserspiegel im Aquifer, so dass bei Niedrig- und Normalwasser im Neckar effluente Grundwasserverhältnisse vorliegen dürften und der Neckar die lokale Grundwasservorflut bildet.

Dies entspricht auch den Ergebnissen der Altlastuntersuchungen (Grundwassergleichenpläne auf Grundlage von Stichtagsmessungen) für den südlichen Teil des Untersuchungsgebiets. Nach Norden hin im Bereich der Altablagerung „Untere Neue Wiesen“ kehrt sich dies jedoch um und Wasser vom Neckar fließt in den Grundwasserleiter („influente Grundwasserverhältnisse”).

Bei hohem Neckarwasserspiegel ist davon auszugehen, dass sich auch im jetzigen Untersuchungsbereich die Grundwasserverhältnisse umkehren und Neckarwasser in den Grundwasserleiter eindringt, was relativ kurzfristig einen starken Grundwasseranstieg in der Neckartalaue bewirken kann.

Den Untersuchungsergebnissen im Rahmen der Altlasterkundung[4] zufolge korreliert der Grundwasserstand in der Neckartalaue mit nur geringer zeitlicher Verzögerung mit dem Neckarwasserspiegel. In der zitierten Untersuchung wird explizit darauf hingewiesen: *„Der Grundwasserspiegel zeichnet die Wasserspiegelschwankungen des Neckars zeitlich etwas verzögert in nahezu gleichem Maße nach“*.

Eine eigene Auswertung der den eingangs genannten Berichten enthaltenen Wasserstandsmessungen bei sehr niedrigem Neckar-Wasserspiegel (Stichtagsmessung vom 14.02.1992) und sehr hohem Neckar-Wasserspiegel (Stichtagsmessung vom 10.07.1996) zeigt bei einer Erhöhung des Neckar-Wasserspiegels um 0,35 - 1,17 m auf Höhe des Untersuchungsgebiets Grundwasserstandsschwankungen von 0,34 - 1,57 m. Hierbei ist anzumerken, dass die Stichtagsmessung „sehr hoher Neckar-Wasserspiegel“ bei einer Wasserspiegellage erfolgte, die im langjährigen Mittel 10x pro Jahr überschritten wird und damit weit unter einem 100jährigen Hochwasserereignis liegt.

Der bei einem 100jährigen Hochwasserereignis tatsächlich zu erwartende maximale Grundwasserstand in der Neckar-Talaue ist nach gegenwärtigem Kenntnisstand nicht näher prognostizierbar, wird nach den Ergebnissen der o.g. Untersuchungen jedoch möglicherweise annähernd die $HQ_{100}$-Wasserspiegellage im Neckar erreichen.

## 4.4 Homogenbereiche, Boden-/Frostempfindlichkeitsklassen, Bodenkennwerte

### Homogenbereiche nach DIN 18 300 Ausgabe 2015 und Bodenklassen nach DIN 18 300 Ausgabe 2012

Die DIN 18 300 Ausgabe 2012 fasste Boden- und Felsarten nach dem Schwierigkeitsgrad beim Bearbeiten (Lösen, Laden, Fördern, Einbauen und Verdichten) in sieben Klassen zusammen.

[4] Nähere Erkundung der Altablagerung „Untere Neue Wiesen", Stadt Wernau. UMT GmbH, Stuttgart, 09.01.1997.

Im August 2015 wurde eine Neufassung der DIN 18 300 veröffentlicht und mit Aktualisierung der VOB im September 2015 als ATV eingeführt, nach der Boden- und Felsarten in Homogenbereiche einzuteilen sind und die bisherigen Bodenklassen entfallen.

Ein Homogenbereich umfasst einen begrenzten Bereich mit einer oder mehreren Boden- und/oder Felsarten, die entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweisen. Umweltrelevante Inhaltsstoffe sind bei der Einteilung in Homogenbereiche ggf. zu berücksichtigen.

Die aktuelle DIN 18 300 fordert die Angabe bestimmter Eigenschaften und Kennwerte sowie deren ermittelte Bandbreite. Um diese Anforderungen zu erfüllen, ist die Durchführung eines umfangreicheren bodenmechanischen Versuchsprogramms nötig, als dies nach der alten Norm erforderlich, von uns angeboten und beauftragt war. Das tatsächlich durchgeführte Untersuchungsprogramm genügt nicht in allen Punkten den aktuellen normativen Anforderungen.

In Anlage 5 werden die Eigenschaften und die geschätzte Bandbreite der geotechnischen Kennwerte der Homogenbereiche tabellarisch angegeben, soweit dies auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen möglich ist. Die bisherigen Bodenklassen sind zum Vergleich zusätzlich angegeben. Eine Überprüfung der Eigenschaften und Kennwerte durch bodenmechanische Laborversuche konnte nicht erfolgen. Falls dies gewünscht wird, sind weitere Erkundungsmaßnahmen durchzuführen.

Die angegebenen Kennwerte sind nur für den Baubetrieb bzw. zur Beurteilung der erforderlichen Erdbauleistung maßgeblich und dürfen nicht für geotechnische/erdstatische Berechnungen herangezogen werden. Es handelt sich um geschätzte obere und untere Grenzwerte und nicht um charakteristische Werte im Sinne der DIN EN 1997 (EC 7) bzw. DIN 4020.

**Bodenkennwerte**

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche können Anlage 4 entnommen werden. In der nachfolgenden Tabelle sind die Ergebnisse der bei der Probenahme vorgenommenen Bestimmungen der undränierten Scherfestigkeit aufgelistet:

| Probe | Bodenart | Bodengruppe (DIN 18 196) | Konsistenz | undr. Scherfestigkeit cu [ kN/m² ] |
|---|---|---|---|---|
| BS 2/K: 1,4-3,2 m | U, fs*, t', g' | TL | steif-halbfest | 200-250 |
| BS 2/K: 3,2-3,3 m | U, fs*, t', g' | TL | steif-weich | 50-100 |
| BS 2/K: 8,1-8,5 m | T, fs | TL | halbfest | 200-300 |
| BS 3/K: 0,2-1,6 m | U, fs*, t', fn-mg | UL-SU* | verbacken | 200-300 |
| BS 3/K: 2,1-2,9 m | U, fs*, t' | TM-UM | halbfest | 350-500 |
| BS 3/F: 0,15-0,65 m | U, fs, t' | UM-TM | halbfest | ≈125 |
| BS 4/K: 1,5-2,4 m | U, fs*, g', t' | TL-UL | halbfest | 150-200 |
| BS 4/K: 2,4-3,2 m | U, fs* | UL-SU* | weich | ≈75 |
| BS 4/F: 0,5-0,7 m | U, fs, t' | TL-TM | halbfest | 100-125 |
| BS 4F/0,7-1,35 | U, fs | TL | halbfest | 50-75 |

Neben eigenen Untersuchungen wurden auch die im Rahmen der Deichpriorisierung ermittelten Bodenkennwerte an Proben aus der Bohrung BK Neckar S01 (im Untersuchungsgebiet) sowie weiterer Bohrungen (außerhalb des Untersuchungsgebiets, jedoch mit gleichartiger Dammschüttung) zur Beurteilung mit herangezogen. Die Ergebnisse der Klassifizierungsversuche von BK Neckar S_01 sind in Anlage 4 ebenfalls wiedergegeben. An einigen Proben wurden bei der Deichpriorisierung außerdem direkte Rahmenscherversuche durchgeführt, deren Ergebnisse nachfolgend genannt werden:

### *Effektive Scherparameter*

| Probe | Bodenart | Bodengruppe (DIN 18 196) | Konsistenz | Scherparameter (Bruch) | | Dichte [g/cm³] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Reibungswinkel φ [°] | Kohäsion c [kN/m²] | |
| BK Neckar S_01: 1,00-1,25 m | U, s*, g, t' | TL-UL | halbfest | 33,4 | 2,1 | 2,11 |
| BK Neckar S_07: 0,80-1,00 m | U, s, g, t' | TM-UM | halbfest | 28,9 | 0,2 | |
| BK Neckar S_08: 1,00-1,25 m | U, s*, t, fn-mg' | TL-UL | halbfest | 26,3 | 6,3 | 2,05 |
| BK Neckar S_09: 1,00-1,25 m | T, u, s' ,fn-mg' | TA | halbfest | 21,8 | 3,6 | 2,02 |
| BK Neckar S_10: 1,00-1,25 m | U, s*, g, t' | TL-TM | halbfest | 31,7 | 1,0 | 2,29 |
| BK Neckar S_11: 0,80-1,00 m | U, s, t', fn-mg' | TM | halbfest | 29,5 | 0 | |
| BK Neckar S_12: 1,15-1,25 m | T, u, g, s | TM | steif-halbfest | 27,3 | 1,7 | |

| Probe | Bodenart | Bodengruppe (DIN 18 196) | Konsistenz | Scherparameter (Bruch) | | Dichte [g/cm³] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Reibungswinkel φ [°] | Kohäsion c [kN/m²] | |
| BK Neckar S_13: 1,00-1,25 m | T, u, org' | TA | halbfest | 22,2 | 2,6 | 2,06 |
| BK Neckar S_14: 1,00-1,25 m | T, u, g, s' | TM-UM | halbfest | 26,0 | 1,0 | 2,02 |
| BK Neckar S_15: 1,00-1,25 m | T, u, g, s'' | TM | halbfest | 28,2 | 1,3 | 2,12 |
| BK Neckar S_16: 1,00-1,25 m | T, g*, u, s' | TM | steif-halbfest | 25,4 | 4,3 | 2,14 |
| BK Neckar S_17: 0,90-1,00 m | T, u, s', fg'', x'' | TM | steif-halbfest | 26,7 | 0 | |
| BK Neckar S_18: 0,80-1,00 m | T, u, fs', fg' | TM-TA | halbfest | 26,2 | 0 | |
| BK Neckar S_24: 1,00-1,25 m | U, s, g, t', org'' | TM-TA | steif | 30,9 | 0 | 2,00 |
| Minimum | | | | 21,8 | 0 | 2,02 |
| Maximum | | | | 33,4 | 6,3 | 2,29 |
| Mittelwert | | | | 27,5 | 1,7 | 2,09 |

Die im Folgenden für die an den Untersuchungspunkten aufgeschlossenen Bodenschichten angegebenen charakteristischen Boden- bzw. Berechnungskennwerte wurden nicht direkt durch bodenmechanische Laborversuche bestimmt. Sie wurden unter Berücksichtigung der Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche und dem Geländebefund in Anlehnung an DIN 1055, Laborversuchsergebnissen vergleichbarer Böden, dem Grundbautaschenbuch Teil 1 und weiteren Literaturangaben eingeschätzt. In Klammern ist die geschätzte Schwankungsbreite angegeben, die bei Grenzwertbetrachtungen ggf. anzusetzen ist.

| Bodenschicht | Bodengruppe nach DIN 18 196 | Wichte über Wasser | Wichte unter Auftrieb | Reibungs-winkel | Kohä-sion | Steife-ziffer | Wasserdurch-lässigkeits-beiwert |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\gamma_k$ [kN/m³] | $\gamma_k'$ [kN/m³] | $\varphi_k$ [°] | $c_k$ [kN/m²] | $E_{s,k}$ [MN/m²] | $k_{f,k}$ [m/s] |
| Dammschüttung, vorwie-gend bindig | TL/UL-TM/UM | 20,5 (20-22) | 10,5 (10-12) | 25 (22,5-30) | 1,5 (0-10) | 5 (4-20) | $10^{-6}$ ($10^{-4}$-$10^{-8}$) |
| Auelehm, steif | TL/UL-TM/UM | 20 (19,5-20,5) | 10 (9,5-10,5) | 25 (22,5-30) | 5 (2-10) | 4 (4-10) | $10^{-7}$ ($10^{-6}$-$10^{-8}$) |
| Auelehm, halbfest | TL/UL-TM/UM | 21 (20,5-21,5) | 11 (10,5-11,5) | 25 (22,5-30) | 10 (5-20) | 10 (6-15) | $10^{-7}$ ($10^{-6}$-$10^{-8}$) |
| Kies, mitteldicht-dicht | GU-GW | 20,5 (20-21) | 11,5 (11-12) | 35 (35-37,5) | 0 (0) | 50 (40-80) | $10^{-3}$ ($10^{-2}$-$10^{-4}$) |
| Ton, halbfest (Keuper) | TM | 21 (20,5-21,5) | 11 (10,5-11,5) | 22,5 (20-27,5) | 15 (10-25) | 15 (10-25) | $<10^{-8}$ ($10^{-8}$-$10^{-9}$) |

## 4.5 Dammgeometrie und Hochwasserspiegellagen

Hinsichtlich der Dammgeometrie liegen keine genauen Angaben vor. Die zur Verfügung gestellten Vermessungsdaten (Längs- und Querprofile) geben die Dammgeometrie in den untersuchten Querschnitten nur grob wieder, da die Abstände zwischen den einzelnen Messpunkten der Dammquerschnitte groß sind. Teilweise liegt an den in den geologischen Schnitten dargestellten Querprofilen keine oder mehr als eine vermessungstechnische Aufnahme vor (Aufnahme im Zuge der Erstellung der Hochwassergefahrenkarte am 13.06.2005, im Rahmen der Deichpriorisierung vom 21.06.2011 und im Rahmen der Unterhaltungsmaßnahme im Juni 2014).

Die Querprofile sind teilweise auch unvollständig (z.T. nur luftseitige Dammschulter und Dammkrone aufgenommen) und meist von der Flusskilometrierung her nicht identisch mit der Lage der Aufschlusspunkte und geologischen Schnitte. Es wurden daher die den Aufschlusspunkten bzw. geologischen Schnitten am nahe liegendsten Querprofile graphisch überlagert und der nach Augenschein plausibelste Verlauf der Geländeoberfläche geschätzt (teilweise Übernahme der Originaldaten eines Querprofils, teilweise Interpolation zwischen den Messpunkten von ±lagegleichen Querprofilen, teilweise Interpolation zwischen zwei Querprofilen flussaufwärts und flussabwärts der geologischen Schnitte). Die Höhe der Dammkrone entspricht jeweils der Höhe der Bohransatzpunkte der Baugrunderkundung.

Eine vermessungstechnische Aufnahme der tatsächlichen und aktuellen Geländesituation an den untersuchten geologischen Schnitten/Querprofilen war seitens des Regierungspräsidiums nicht gewünscht und beauftragt.

Die Wasserspiegellage des Neckars wurde jeweils auf Grundlage der Angaben in den Vermessungsdaten für die Erstellung der Hochwassergefahrenkarte angesetzt. Ob es sich hierbei um Mittel-, Hoch- oder Niedrigwasser handelt ist nicht bekannt. Die $HQ_{100}$-Wasserspiegellage konnte den Unterlagen zur Unterhaltungsmaßnahme von 2014 entnommen werden (Zeile „HQ100 Bestand“ im Längsschnitt).

In der Besprechung am Regierungspräsidium Stuttgart vom 11.10.2016 wurde darum gebeten, zu untersuchen, welchem maximalen Hochwasserstand der Neckardamm bislang standgehalten hat. Als höchstes bekanntes Hochwasser wurde hier das Ereignis von 1978 genannt.

Wasserstandsdaten für das 1978er-Hochwasser im Untersuchungsgebiet konnten allerdings nicht beschafft werden. Weder bei der Stadt Wernau, noch am Landratsamt Esslingen, dem Regierungspräsidium Stuttgart und bei der Schifffahrtsverwaltung liegen entsprechende Angabe für das Untersuchungsgebiet vor. Auch eine Anfrage beim Büro Winkler + Partner, das die Berechnungen für die Hochwassergefahrenkarte durchführte, brachte kein Ergebnis.

Die einzigen Daten, die für das Hochwasser von 1978 erhalten werden konnten, geben Auskunft über die Verhältnisse am Pegel Plochingen. Hierfür liegen folgende Eckdaten vor:

| | $HQ_{10}$ | $HQ_{50}$ | $HW_{1978}$ | $HQ_{100}$ | $HQ_{Extrem}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **Pegel Plochingen** | 250,65 | 251,55 | 251,67 | 251,90 | 253,03 |

Bei der Besprechung am 11.10.2016 wurde das 1978er-Hochwasser als etwa 80jähriges Ereignis bezeichnet, was aber keine Zuordnung hinsichtlich der Wasserspiegellage erlaubt. Die Wasserspiegellage von 1978 am Pegel Plochingen liegt zwischen dem 50jährigen und 100jährigen Hochwasser in einem Niveau von 34,3% der Höhendifferenz der beiden Wasserspiegellagen.

Die entsprechenden Angaben ($HQ_{10}$, $HQ_{50}$, $HQ_{100}$, $HQ_{Extrem}$) konnten dem Daten- und Kartendienst der LUBW[5] auch für den Neckar jeweils auf Höhe der geologischen Schnitte entnommen werden, allerdings nur in Dezimetergenauigkeit (außer $HQ_{100}$ aus den o.g. Unterlagen). Die Hochwasserspiegellage von 1978 auf Höhe der jeweiligen Geologischen Schnitte bzw. rechnerisch untersuchten Querschnitte wird hilfsweise ebenfalls mit 34,3% der Höhendifferenz zwischen $HQ_{50}$ und $HQ_{100}$ abgeschätzt:

| | $HQ_{10}$ | $HQ_{50}$ | $HW_{1978}$ | $HQ_{100}$ | $HQ_{Extrem}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| **Schnitt A-A** | 252,5 | 253,5 | ***253,63*** | 253,87 | 255,2 |
| **Schnitt B-B** | 252,3 | 253,4 | ***253,53*** | 253,77 | 255,1 |
| **Schnitt C-C** | 252,2 | 253,3 | ***253,42*** | 253,66 | 255,0 |
| **Schnitt D-D** | 252,1 | 253,1 | ***253,24*** | 253,51 | 254,8 |
| **Schnitt E-E** | 252,0 | 253,1 | ***253,22*** | 253,44 | 254,8 |
| **Schnitt F-F** | 252,0 | 253,0 | ***253,13*** | 253,37 | 254,7 |

[5] http://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/Public/pages/home/welcome.xhtml
Themenbaum: Wasser\Hochwasserrisikomanagement\Hochwassergefahrenkarten\Überflutungstiefen

# 5 Beurteilung der Standsicherheit des linksseitigen Neckardamms

*Bearbeitung: Dipl.-Ing. Ralf Sänger, ö.b.u.v. Sachverständiger (IHK) für Erd- und Grundbau, Standsicherheit von Böschungen sowie anerkannter Sachverständiger für Erd- und Grundbau nach Bauordnungsrecht*

## 5.1 Erdstatische Berechnungen zur Standsicherheit

### 5.1.1 Berechnungsgrundlagen

#### *5.1.1.1 Allgemeines*

Die vorliegenden Standsicherheitsberechnungen wurden auf Grundlage des Teilsicherheitskonzeptes nach DIN EN 1997-1:2014-03 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik -Teil 1: allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013 einschl. DIN EN 1997-1/NA 2010-12 Nationaler Anhang sowie DIN 1054:2010-12 Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regeln zu DIN EN 1997-1 durchgeführt. Die bodenmechanischen Modelle für Standsicherheitsberechnungen von Erddämmen sind in der DIN 4084:2009-01 "Geländebruch- und Böschungsbruchberechnungen" enthalten. Ergänzend wurde das ATV-DVWK Merkblatt M-502 berücksichtigt. Weitere Berechnungsgrundlagen sind die eingangs aufgeführten Normen und Merkblätter.

Die Standsicherheitsberechnungen erfolgten mit Hilfe des EDV-Programms „STABILITY“ der Fa. GGU, Braunschweig. Hiermit können Gelände- und Böschungsbruchberechnungen nach DIN 4084 und EC 7 mit Kreisgleitflächen (Bishop) und polygonalen Gleitflächen (Janbu, Starrkörperbruchmechanismen und Blockgleitmethode) vorgenommen werden, wobei die in DIN 4084 und EC 7 angegebenen Formeln und Beziehungen verwendet werden. Im vorliegenden Fall erfolgte die Untersuchung mit dem vom bodenmechanischen Versagenszustand her zutreffenden Lamellenverfahren nach DIN 4084 mit Kreisgleitflächen nach Bishop. Die auf den Computerausdrucken dargestellten Gleitkörper (Gleitkreise) sind das Ergebnis von mehrenden hundert bis tausend berechneten Gleitkörpern und stellen die kinematisch möglichen Gleitkörper mit dem höchsten (ungünstigsten) Ausnutzungsgrad (μ) dar.

Zur Beurteilung der Stabilitätsfälle „Auftrieb“ und „hydraulischer Grundbruch“ wurde das Programm „UPLIFT“ ebenfalls der Fa. GGU eingesetzt.

### *5.1.1.2 Dammgeometrie, Schichtaufbau, Bodenkennwerte, Verkehrslasten*

Das den Standsicherheitsberechnungen zugrunde liegende Baugrundmodell wurde nach den niedergebrachten Aufschlüssen konstruiert und die in Abschnitt 4.4 genannten Bodenkennwerte angesetzt. Im Sinne des Teilsicherheitskonzeptes sind die dort genannten Bodenkennwerte charakteristische Werte. Die schichtbezogenen Bodenkennwerte sind auf den Computerausdrucken der Anlage 6 im Legendeneintrag "Boden" dargestellt.

Für die Standsicherheitsuntersuchungen wurden die in den Geologischen Schemaschnitten A-A (Anlage 2.1), C-C (Anlage 2.3) und F-F (Anlage 2.6) dargestellten Untergrundverhältnisse zugrunde gelegt. Das Dammprofil A-A spiegelt die Verhältnisse für den südlichen, C-C für den mittleren und F-F für den nördlichen Dammabschnitt wieder.

Die Dammgeometrie mit den hier erschlossenen Schichtverhältnissen wurde in den computergestützten erdstatischen Berechnungen maßstäblich übernommen.

Die Dammkrone dient in erster Linie als öffentlicher Geh- und Radweg. Im Rahmen des Dammunterhalts und im Katastrophenfall zur Dammverteidigung muss auch von einer Befahrung des Kronenwegs mit LKW-Verkehr ausgegangen werden. In den erdstatischen Berechnungen wurde deshalb in Anlehnung an die EAU **[U5]** auf der Dammkrone eine Ersatzflächenlast (veränderliche Verkehrflächenlast) von 10 kN/m² berücksichtigt.

### *5.1.1.3 Bemessungswasserstände, Porenwasserdrucklinien*

Als Bemessungshochwasserstand (BHW) für die wasserseitige Dammböschung wurden je Querprofil die Hochwasserstände des Neckars $HQ_{100}$ (Hochwasserereignis mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von 1x pro 100 Jahren) zugrunde gelegt. Die Höhenkoten für das $HQ_{100}$ sind auf den Computerausdrucken ausgewiesen (vgl. Anlage 6).

Die normalen (mittleren) Grundwasserverhältnisse im Hinterland und unterhalb der Dammabschnitte wurden in den erdstatischen Berechnungen über sog. "Porenwasserdrucklinien" definiert.

Für den Stabilitätsfall „Durchströmung des Damms“ im Bemessungsfall BHW wurde vereinfachend, wie nach BAW Merkblatt (vgl. **[U4]**) für niedrige Dämme zulässig, eine diagonale Durchströmung (Porenwasserdrucklinie) von Höhe BHW Wasserseite bis zum luftseitigen Dammfuß angenommen.

Für den Stabilitätsfall „schnelle Wasserspiegelabsenkung“ auf der Uferböschung im Zuge des Rückganges des BHW wurde die Porenwasserdrucklinie etwa parallel zur Uferböschung angenommen.

Beide beschriebenen Berechnungsannahmen zum Verlauf der Porenwasserdrucklinien stellen eher konservative Berechnungsansätze dar und liefern i. d. R. Rechenergebnisse auf der sicheren Seite liegend.

#### *5.1.1.4 Bestehender Bewuchs*

Der auf der Uferseite und luftseitigen Dammböschung bestehende Bewuchs mit Gehölzen blieb in den vorliegenden erdstatischen Berechnungen unberücksichtigt. Es wird in diesem Zusammenhang auf die Ausführungen in Abschnitt 5.2 verwiesen.

### 5.1.2 Nachweise und Sicherheiten

#### *5.1.2.1 Nachweise*

Bei den erdstatischen Berechnungen zur Dammstandsicherheit war zu berücksichtigen, dass der Damm schon seit ca. 5 Jahrzehnten besteht und es sich hier nicht um einen Neubau handelt. In diesem Zusammenhang grenzt sich der Umfang für die erdstatisch erforderlichen Nachweise ein. Folgende Standsicherheitsnachweise zum Verlust der Gesamtstandsicherheit (GEO-3) wurden durchgeführt:

- Standsicherheit der Uferböschung bei "normalem" (mittlerem) Wasserstand des Neckars im Vorliegenden sog. "Normalfall".
- Standsicherheit der Uferböschung bei "schneller Wasserspiegelabsenkung" nach dem BHW

- Standsicherheit der luftseitige Dammböschung bei einer "Durchströmung" im Hochwasserfall $HQ_{100}$
- Standsicherheit der luftseitigen Dammböschung bei einer "Unterströmung mit Arteserdruck" im Hochwasserfall $HQ_{100}$

Die Untergrunduntersuchungen haben gezeigt, dass bei niedrigem bis mittlerem Neckarwasserspiegel der Grundwasserstand im gut wasserdurchlässigen Neckarkies liegt und der Neckar als natürliche Vorflut für das Grundwasser aus der Talaue dient. Aus hydraulischer Sicht muss davon ausgegangen werden, dass bei einer Hochwasserführung des Neckars Flusswasser in den Kiesaquifer infiltriert und der Grundwasserstand im Neckarkies im Dammbereich und im Dammhinterland ansteigt (vgl. Ausführungen in Abschnitt 4.3). Der oberflächennah anstehende, bindige Auelehm und die bindigen Böden der Dammschüttung sind gering wasserdurchlässig. Bei Hochwasser im Neckar kann sich daher an UK Auelehm bzw. an der Basis der bindigen Dammschüttung ein hydrostatischer Druck aufbauen.

Mit dem o.g. globalen Standsicherheitsnachweis "Unterströmung mit Arteser" wird der Einfluss von drückendem Grundwasser auf die luftseitige Dammböschung untersucht. Diese Nachweisführung beinhaltet jedoch nicht den lokalen hydraulischen Versagenszustand, bei dem es im Hinterland der luftseitigen Dammböschung durch die oben beschriebene Druckwasserausbildung unterhalb der Auelehmböden bzw. der bindigen Auffüllböden zu Auftriebs- bzw. hydraulischen Grundbrucherscheinungen kommen kann.

Aus diesem Grund wurden ergänzend zu den oben beschriebenen globalen Standsicherheitsnachweisen auch Berechnungen zur Sicherheit gegenüber einem Aufschwimmen (UPL) bzw. gegenüber einem hydraulischen Grundbruch (HYD) der Böden im Hinterland der Dammabschnitte durchgeführt.

Nachweise gegenüber Materialtransport (Suffosion und Kontakterosion) wurden nicht ausgeführt, da die hierfür erforderlichen bodenmechanischen Grundlagen spezielle bodenmechanische Untersuchungen erforderlich machen, die im angebotenen und beauftragten Erkundungsumfang nicht enthalten waren.

Ebenso wurden auch keine speziellen Untersuchungen zur uferseitigen Oberflächenerosion geführt, da eine intakte Vegetationsdecke (Grasnarbe) auf der Uferböschung und luftseitigen Dammböschung vorhanden ist, die dies entbehrlich macht.

### *5.1.2.2 Sicherheiten, Bemessungssituationen*

Nach dem Teilsicherheitskonzept des Eurocode 7 **[U1]** werden in den erdstatischen Nachweisen die Bemessungswerte der Einwirkungen den Bemessungswerten der Widerstände gegenüber gestellt. Aus dem Verhältniswert zwischen den beiden Bemessungswerten wird hierbei der Ausnutzungsgrad μ ermittelt. Eine ausreichende Sicherheit liegt dann vor, wenn der rechnerisch ermittelte Ausnutzungsgrad $\mu \leq 1{,}0$ (= 100 %) beträgt.

Bei der Ermittlung der Bemessungswerte für die Einwirkung und den Widerstand werden in Abhängigkeit von der Bemessungssituation (BS) und dem Grenzzustand des Versagens (Stabilitätsfall) den charakteristischen Werten für Einwirkung und Widerstand unterschiedliche Teilsicherheitsbeiwerte zugeordnet.

In der nachstehenden Tabelle sind in Abhängigkeit von den in Abschnitt 5.1.2.1 genannten erdstatischen Nachweisen die zugrunde gelegten Bemessungssituationen zusammengestellt.

| **Einwirkungen / Widerstände** | **Bemessungssituation** | |
|---|---|---|
| | **BS-P** | **BS-T** |
| | ständig | vorübergehend |
| **Standsicherheitsnachweise zum Verlust der Gesamtstandsicherheit (GEO-3)** | | |
| Standsicherheit Uferböschung bei "normalen" (mittleren) Wasserständen | X | |
| Standsicherheit Uferböschung bei "schneller Wasserspiegelabsenkung des BHW" | X | X |
| Standsicherheit luftseitige Dammböschung bei einer "Durchströmung" | | X |
| Standsicherheit luftseitige Dammböschung bei einer "Unterströmung mit Arteser" | | X |
| **Standsicherheitsnachweise zum Versagen durch Aufschwimmen (UPL) und hydraulischen Grundbruch (HYD)** | | |
| Aufschwimmen (UPL) | | X |
| hydraulischer Grundbruch (HYD) | | X |

Für die Bemessungssituation zum Stabilitätsfall „Standsicherheit Uferböschung bei schneller Wasserspiegelabsenkung“ gelten nachstehende Ausführungen:

- Im Eurocode 7 **[U1]** als übergeordnete geotechnische Normenregelung wird unter der Bemessungssituation BS-P (Persistent situations) i. A. die *ständige Situation während der Standzeit des Bauwerkes mit regelmäßig auftretenden veränderlichen Einwirkungen* ver-

standen. Unter der Bemessungssituation BS-T (Transient situations) wird i. A. eine *vorübergehende Situation mit zeitlich begrenzten Zuständen wie Bauzustand oder Zuständen mit einer planmäßig einmaligen Einwirkung oder Gegebenheit* verstanden.

- In den untergeordneten Fachnormen (DIN 19712 **[U2]**, DWA-M 507-1 **[U3]**, MSD **[U4]**) erfolgt nach Einschätzung der Verfasser des Geotechnischen Berichts bei der Bewertung der Einwirkung durch das Bemessungshochwasser (BHW) keine eindeutig nachvollziehbare Zuordnung in die Bemessungssituationen. So wird nach der DIN 19712 **[U2]** für den speziellen Stabilitätsfall „Standsicherheit Uferböschung bei schneller Wasserspiegelabsenkung des BHW“ die Bemessungssituation BS-P angegeben. Bei der Definition des BHW wird in der genannten Norm ein großer Interpretationsspielraum in Abhängigkeit vom Schadenspotenzial und der Häufigkeit der Hochwasserereignisse zugelassen. In dem Merkblatt MSD **[U4]** werden als BHW Hochwasserstände zwischen $HQ_{100}$ bis $HQ_{50}$ vorgeschlagen.

- Nach den vorliegenden Daten zu den Hochwasserständen des Neckars beträgt der Höhenunterschied zwischen $HQ_{100}$ und $HQ_{50}$ nur ca. 30 - 40 cm. Das 1978 aufgetretene Neckarhochwasser lag zwischen den Wasserständen $HQ_{100}$ und $HQ_{50}$ (vgl. Ausführungen in Abschnitt 4.5). In erdstatischer Hinsicht haben diese Höhendifferenzen auf die Berechnungsergebnisse nur marginalen Einfluss. Es stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, inwiefern die Einstufung des Stabilitätsfalles „Standsicherheit Uferböschung bei schneller Wasserspiegelabsenkung des BHW“ in die Bemessungssituation BS-P gemäß DIN 19712 im vorliegenden Fall zutreffend ist. Die Hochwasserereignisse $HQ_{100}$ und $HQ_{50}$ stellen sicherlich gemäß der Definition des Bemessungszustandes BS-P nach dem Eurocode 7 (vgl. obige Ausführungen) auch in Hinblick auf die vorangegangene und zukünftige Standdauer der Dammabschnitte keine regelmäßig auftretenden veränderliche Einwirkungen dar. Von den Verfassern des Geotechnischen Berichts wurde deshalb der Stabilitätsfall „Standsicherheit Uferböschung bei schneller Wasserspiegelabsenkung des BHW“ auch nach der Bemessungssituation BS-T mit dem hier geforderten niedrigeren Sicherheitsniveau (Teilsicherheitsbeiwerte) durchgerechnet. Es wird angeregt, dass mit dem Auftraggeber abgeklärt wird, welche Bemessungssituation (BS-P oder BS-T) im vorliegenden Fall als maßgebend angesehen wird. Dies gilt sinngemäß auch für die Stabilitätsfälle „Standsicherheit luftseitige Dammböschung bei einer Durchströmung“ und „Standsicherheit luftseitige Dammböschung bei einer Unterströmung mit Arteser“ in denen als BHW auch das $HQ_{100}$ angesetzt wurde.

Die für die jeweiligen Bemessungssituationen maßgebenden Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkung und Widerstand sind im Eurocode 7 **[U1]** festgelegt und auf den Computerausdrucken der Standsicherheitsberechnungen in Anlage 6 im Einzelnen ausgewiesen.

## 5.1.3 Berechnungsergebnisse

### *5.1.3.1 Schnitt A-A*

Die Berechnungsergebnisse im Einzelnen sind auf den Computerausdrucken der Anlagen 6.1 dargestellt. In der nachstehenden Tabelle sind die Berechnungsergebnisse zusammengefasst:

| Sicherheitsnachweise | Ausnutzungs-grad μ | Anlage mit Berech-nungsergebnissen |
|---|---|---|
| **Standsicherheitsnachweise zum Verlust der Gesamt-standsicherheit (GEO-3)** | | |
| Standsicherheit Uferböschung bei "normalen" (mittleren) Wasserständen | 0,94 | 6.1.1 |
| Standsicherheit Uferböschung bei "schneller Wasserspie-gelabsenkung des BHW" | 1,43 (BS-P) | 6.1.2a |
| | 1,31 (BS-T) | 6.1.2b |
| Standsicherheit luftseitige Dammböschung bei einer "Durch-strömung" | 0,73 | 6.1.3 |
| Standsicherheit luftseitige Dammböschung bei einer "Unter-strömung mit Arteser" | 0,65 | 6.1.4 |
| **Standsicherheitsnachweise zum Versagen durch Auf-schwimmen (UPL) und hydraulischen Grundbruch (HYD)** | | |
| Aufschwimmen (UPL) | 0,64 | 6.1.5 |
| hydraulischer Grundbruch (HYD) | 0,27 | 6.1.5 |

Die rechnerische Standsicherheit der Uferböschung bei „normalen" Verhältnissen sowie der luftseitigen Dammböschung bei Durchströmung und Unterströmung im Hochwasserfall ist bei Ausnutzungsgraden von $\mu < 1{,}0$ gegeben.

Für die Standsicherheit der Uferböschung bei "schneller Wasserspiegelabsenkung des BHW" lassen sich rechnerisch weder für die Bemessungssituation BS-P noch BS-T ausreichende Sicherheiten nachweisen, da der Ausnutzungsgrad $\mu > 1{,}0$ beträgt.

Für die Stabilitätsfälle Aufschwimmen und hydraulischer Grundbruch liegt ebenfalls ein ausreichendes Standsicherheitsniveau vor ($\mu < 1{,}0$).

### *5.1.3.2 Schnitt C-C*

Die Berechnungsergebnisse im Einzelnen sind auf den Computerausdrucken der Anlagen 6.2 dargestellt. In der nachstehenden Tabelle sind die Berechnungsergebnisse zusammengefasst:

| Sicherheitsnachweise | Ausnutzungs-grad μ | Anlage mit Berech-nungsergebnissen |
|---|---|---|
| **Standsicherheitsnachweise zum Verlust der Gesamt-standsicherheit (GEO-3)** | | |
| Standsicherheit Uferböschung bei "normalen" (mittleren) Wasserständen | 0,79 | 6.2.1 |
| Standsicherheit Uferböschung bei "schneller Wasserspie-gelabsenkung des BHW" | 1,10 (BS-P) | 6.2.2a |
| | 1,01 (BS-T) | 6.2.2b |
| Standsicherheit luftseitige Dammböschung bei einer "Durch-strömung" | 0,65 | 6.2.3 |
| Standsicherheit luftseitige Dammböschung bei einer "Unter-strömung mit Arteser" | 0,93 | 6.2.4 |
| **Standsicherheitsnachweise zum Versagen durch Auf-schwimmen (UPL) und hydraulischen Grundbruch (HYD)** | | |
| Aufschwimmen (UPL) | 1,92 | 6.2.5 |
| hydraulischer Grundbruch (HYD) | 3,71 | 6.2.5 |

Die rechnerische Standsicherheit der Uferböschung bei „normalen" Verhältnissen sowie der luftseitigen Dammböschung bei Durchströmung und Unterströmung im Hochwasserfall ist bei Ausnutzungsgraden von μ < 1,0 gegeben.

Für die Standsicherheit der Uferböschung bei "schneller Wasserspiegelabsenkung des BHW" lässt sich weder für die Bemessungssituation BS-P noch BS-T eine ausreichende Sicherheit rechnerisch nachweisen.

Aufgrund der geringen Überdeckungshöhen der bindigen Auelehmböden im Hinterland des Dammabschnittes sind jedoch keine ausreichenden Sicherheiten gegenüber Sohlaufbrüchen (Aufschwimmen) und hydraulischem Grundbruch nachweisbar (vgl. Abschnitt 5.1.4).

### *5.1.3.3 Schnitt F-F*

Die Berechnungsergebnisse im Einzelnen sind auf den Computerausdrucken der Anlagen 6.3 dargestellt. In der nachstehenden Tabelle sind die Berechnungsergebnisse zusammengefasst:

| Sicherheitsnachweise | Ausnutzungs-grad μ | Anlage mit Berech-nungsergebnissen |
|---|---|---|
| **Standsicherheitsnachweise zum Verlust der Gesamt-standsicherheit (GEO-3)** | | |
| Standsicherheit Uferböschung bei "normalen" (mittleren) Wasserständen | 0,75 | 6.3.1 |
| Standsicherheit Uferböschung bei "schneller Wasserspie-gelabsenkung des BHW" | 1,14 (BS-P) | 6.3.2a |
| | 1,05 (BS-T) | 6.3.2b |
| Standsicherheit luftseitige Dammböschung bei einer "Durch-strömung" | 0,60 | 6.3.3 |
| Standsicherheit luftseitige Dammböschung bei einer "Unter-strömung mit Arteser" | 0,90 | 6.3.4 |
| **Standsicherheitsnachweise zum Versagen durch Auf-schwimmen (UPL) und hydraulischen Grundbruch (HYD)** | | |
| Aufschwimmen (UPL) | 1,25 | 6.3.5 |
| hydraulischer Grundbruch (HYD) | 1,92 | 6.3.5 |

Die rechnerische Standsicherheit der Uferböschung bei „normalen" Verhältnissen sowie der luftseitigen Dammböschung bei Durchströmung und Unterströmung im Hochwasserfall ist bei Ausnutzungsgraden von $\mu < 1{,}0$ gegeben.

Für die Standsicherheit der Uferböschung bei "schneller Wasserspiegelabsenkung des BHW" lassen sich rechnerisch bei der Bemessungssituation BS-P und BS-T keine ausreichenden Sicherheiten nachweisen ($\mu > 1{,}0$)

Aufgrund der geringen Überdeckungshöhen der bindigen Auelehmböden im Hinterland des Dammabschnittes sind keine ausreichenden Sicherheiten gegenüber Sohlaufbrüchen (Auf-schwimmen) und hydraulischen Grundbruch nachweisbar (vgl. Abschnitt 5.1.4).

### 5.1.4 Bewertung der Berechnungsergebnisse

Nach den erdstatischen Berechnungen konnten in den untersuchten Dammprofilen A-A und F-F mit den ermittelten Ausnutzungsgraden $\mu > 1{,}0$ für den Stabilitätsfall „Standsicherheit der Uferböschung bei schneller Wasserspiegelabsenkung des BHW“ keine ausreichenden Sicherheiten nachgewiesen werden (vgl. Abschnitt 5.1.3). Interne Vergleichsrechnungen nach dem ehemaligen, nicht mehr gültigen globalen Sicherheitskonzept ergaben, dass die für die Dammprofile A-A und F-F ermittelten Ausnutzungsgrade Sicherheitsbeiwerten von $\eta \leq 1{,}0$ entsprechen. Ein Sicherheitsbeiwert vom $\eta = 1{,}0$ entspricht nach der alten Normvorgabe dem Grenzzustand zwischen Versagen und Nichtversagen der Uferböschung.

Die Berechnungsgrundlage für die schnelle Wasserspiegelabsenkung bildete das $HQ_{100}$ des Neckars als BHW (Bemessungshochwasser, vgl. Abschnitt 4.5). Das 1978 stattgefundene Neckarhochwasser lag nach den Recherchen der Unterzeichner nur ca. 20 cm unter dem $HQ_{100}$. In diesem Zusammenhang stellt sich zwangsläufig die Frage, warum nicht schon beim Hochwasserereignis 1978 die Uferböschung abgerutscht ist, wie dies nach den Berechnungsergebnissen vor allem nach dem alten Globalsicherheitskonzept zu erwarten wäre.

Hierfür ergibt sich aus geotechnischer Sicht nachstehende Erklärung:

- Eine Grenzwertermittlung an einer Bestandsböschung mit der Zielstellung genau das Gleichgewicht aus Widerstand und Einwirkung (Sicherheitsbeiwert $\eta = 1{,}0$) zu berechnen, ist bei den zahlreichen in den Berechnungen zu treffenden Annahmen und Vereinfachungen hinsichtlich der Bodenkennwerte, Lasteinwirkungen und bodenmechanischen Bruchmechanismen nicht möglich. Es ergibt sich somit nicht zwangsläufig ein Widerspruch, wenn in den Berechnungen Sicherheiten nahe des Grenzzustandes ermittelt werden, im konkreten Belastungsfall jedoch nicht der Versagensfall eintritt.

- Die Zielstellung der erdstatischen Berechnungen besteht vielmehr darin, das Standsicherheitsniveau der Böschungen gegenüber den einzelnen Belastungseinwirkungen zu ermitteln und zu überprüfen, ob die Sicherheitsreserven die Normvorgaben erfüllen. Im konkreten Fall ist nach den Berechnungsergebnissen die Feststellung zu treffen, dass die Uferböschungen im Belastungsfall einer schnellen Wasserspiegelabsenkung keine ausreichenden Sicherheiten aufweisen.

Den Unterzeichnern ist nicht bekannt, ob es bei dem Hochwasserereignis 1978 im Hinterland der Dammabschnitte zu quellartigen Wasseraustritten gekommen ist, die als Erkennungsmerkmal für ein lokales Aufschwimmen bzw. einen hydraulischen Grundbruch zu werten sind. Die Berechnungsergebnisse zu den Dammprofilen C-C und F-F zeigen jedoch, dass hier lokal keine ausreichenden Sicherheiten für diese Zustände vorliegen. Eine genaue Abgrenzung des hiervon ggf.

betroffenen Bereichs ist auf Grundlage der vorgenommenen Untersuchungen nicht möglich, da nur die o.g. Querschnitte betrachtet wurden. Anhand der topographischen Situation lässt sich jedoch abschätzen dass dies etwa im Bereich Fluss-km 0 +400 bis 0 +800 der Fall ist. Im übrigen Untersuchungsgebiet liegt die Geländeoberfläche so hoch, dass diese Problematik nicht auftreten kann.

Nach den erdstatischen Berechnungsergebnissen für eine Dammdurchströmung im Hochwasserfall ergeben sich ausreichende Sicherheiten. Diese Berechnungsergebnisse basieren jedoch auf der Annahme, dass die Durchlässigkeit des Dammmaterials homogen ist und nicht durch Wurzelgänge oder Grabgänge von Wühltieren gestört ist (vgl. Abschnitt 5.3).

## 5.2 Einfluss des bestehenden Bewuchses (Gehölze) auf die Standsicherheit des linksseitigen Neckardamms

### 5.2.1 Normenvorgaben (Wasserbauvorschriften) zum Bewuchs von Hochwasserschutzdämmen

In den geltenden Wasserbauvorschriften wie Merkblatt DWA-M 507-1 " **[U3]** und BAW Merkblatt MSD **[U4]** werden umfassend die möglichen schädlichen Einflussnahmen eines Bewuchses von Dämmen mit Gehölzen (Bäume und Sträucher) beschrieben. Es geht hierbei vor allem um die negative Einflussnahme der Pflanzenwurzeln auf die Dichtigkeit der Dämme und um die Wurzelkraterbildung auf der Dammoberfläche durch Windwurf oder infolge Strömungsdruck umstürzender Gehölze.

In den genannten Wasserbauvorschriften werden 5 Zonen (Zonen 1-5) für einen nicht zulässigen und zulässigen Bewuchses mittels Gehölzen definiert.

Für den zulässigen Bewuchs werden je nach Zonenlage spezielle Randbedingungen für die Dammkronenbreite und Dammkronenüberhöhen und die Pflanzenart definiert. Es wird in diesem Zusammenhang auf die einzelnen Ausführungen in den o. g. Wasserbauvorschriften verwiesen.

### 5.2.2 Ist-Zustand

Vom Büro WALD + CORBE wurde mit Gutachtererstellung von August 2014 aus wasserbautechnischer Sicht eine Bestandsaufnahme des linkseitigen Neckardammbereiches durchgeführt. Im Rahmen dieser Gutachterstellung wurde vom Büro IGK Kärcher mit Datum vom 27.08.2014 eine geotechnische Stellungnahme angefertigt, die sich auch auf den Bewuchs der Dammabschnitte bezieht.

In der genannten Geotechnischen Stellungnahme vom Büro IGK wird auf den bereichsweise massiven Bewuchs mit größeren und älteren Bäumen und Sträuchern beidseitig der Dammkrone hingewiesen. Es wird hierbei eine Gefährdung der Dammstandsicherheit durch den bestehenden Bewuchs angezeigt.

Eine Einzelaufnahme des Bewuchses im Sinne eines Pflanzengutachtens erfolgte in der Geotechnischen Stellungnahme des IGK nicht.

Die Verfasser des vorliegenden Geotechnischen Berichts führten im Frühjahr 2016 eine Dammbegehung durch und können die Bewuchssituation nach der Geotechnischen Stellungnahme von IGK bestätigen. Nach ihrer Einschätzung entspricht der bestehende Bewuchs nicht den wasserbautechnischen Vorschriften mit der Zoneneinteilung 1 - 5 nach Merkblatt DWA-M 507-1 **[U3]** und BAW Merkblatt MSD **[U4]** (vgl. Abschnitt 5.2.1).

Von beiden Verfassern des vorliegenden Geotechnischen Berichts wird wie in der Geotechnischen Stellungnahme des Büros IGK eine Gefährdung der Standsicherheit der Dammabschnitte durch den bestehenden Bewuchs vor allem im Hochwasserfall gesehen (vgl. Abschnitt 5.3).

### 5.2.3 Berücksichtigung des Bewuchses (Gehölze) in erdstatischen Berechnungen

In den geotechnischen Normvorgaben (vgl. Abschnitt 2) gibt es keine verbindlichen Berechnungsansätze zur Berücksichtigung des Stabilitätseinflusses von Gehölzen.

In der Fachliteratur finden sich zwar Berechnungsansätze zur Baumstatik mit potenziellen Wurzelkraterausbildungen. Diese Berechnungsansätze lassen sich jedoch nicht ohne weiteres in den klassischen Standsicherheitsnachweisen implementieren. Die genannten Berechnungs-

ansätze beziehen auch nur auf die Einzelbaumstatik mit speziellen Randbedingungen nach Baumart und Baumalter, den Untergrund-, Wind- und Strömungsverhältnissen. Bei Baumgruppen, wie vorliegend auch vorhanden, sind die Einflüsse mit den o. g. Berechnungsansätzen aus der Fachliteratur noch unbestimmter zu berücksichtigen.

Bei einer Wurzelkraterbildung auf der uferseitigen Dammböschung muss im Hochwasserfall mit hydrodynamischen Prozessen wie strömungsbedingten Auskolkungsvorgängen gerechnet werden. Die Berechnungen hierzu fallen in das Fachgebiet eines Wasserbauers. Erfahrungsgemäß sind diese Berechnungen aufgrund der zahlreichen Einflussfaktoren sehr komplex und mit Unsicherheiten verbunden.

Verrottende Baumwurzeln oder Grabgänge durch Wühltiere können beim Einstau der uferseitigen Dammböschung Schwachstellen für die Durchströmung darstellen. Um diesen Einfluss rechentechnisch zu erfassen, ist eine umfassende botanische und hydrodynamische Begutachtung der Dammabschnitte erforderlich. Das Ergebnis einer solchen Untersuchung müssen Strömungsmodelle sein, die sich in den erdstatischen Berechnungen implementieren lassen. Die Erstellung solcher Strömungsmodelle funktioniert nur für eingegrenzte lokale Bereiche und nicht für einen mehrere hundert langen Dammabschnitt.

Nach Einschätzung der Verfasser des Geotechnischen Berichts ist im vorliegenden Fall der Versuch, den Bewuchs in den Standsicherheitsberechnungen einschließlich der Folgewirkungen (Auskolkung und Wurzel- bzw. Grabgänge) rechentechnisch zu berücksichtigen, nicht zuverlässig und auch nicht zielführend.

Die Einflussnahme des bestehenden Bewuchses auf die Dammstandsicherheit mit dem sich hieraus ergebenden Schadenspotenzial lässt sich nach Einschätzung der Verfasser des Geotechnischen Berichts nur über eine zusammenfassende Wertung der vorliegenden erdstatischen Standsicherheitsnachweise (vgl. Abschnitt 5.1) in Verbindung mit der vorhandenen Dammverhältnissen beurteilen (vgl. Abschnitt 5.3).

## 5.3 Zusammenfassende Bewertung des Ist-Zustands

Nach den Ergebnissen der Standsicherheitsberechnungen in Verbindung mit den vorliegenden Dammverhältnissen und dem bestehenden Bewuchs an Gehölzen lassen die Standsicherheitsverhältnisse wie nachstehend beschrieben zusammenfassen:

- Nach den erdstatischen Berechnungen liegen im Hochwasserfall auf der wasserseitigen Uferböschungseite keine ausreichenden Standsicherheiten vor (vgl. Abschnitt 5.1.4). Sofern es in diesem Zusammenhang auf der Uferböschung zu lokalen Wurzelkraterbildungen infolge umstürzender Bäume oder Ausbrüchen bei schneller Wasserspiegelabsenkung kommt, bilden diese Schwachzonen gegenüber den statischen und dynamischen Wasserdruckangriffen bei Hochwasser mit der Gefahr von fortschreitender Auskolkung/Erosion und im ungünstigsten Fall eines Dammdurchbruches (Breschenbildung). Eine verlässliche Prognoseberechnung für diese Prozesse ist nicht möglich (vgl. Abschnitt 5.2.3).

- Nach den erdstatischen Berechnungsergebnissen für eine Dammdurchströmung im Hochwasserfall ergeben sich ausreichende Sicherheiten (vgl. Abschnitt 5.1.4). Diese Berechnungsergebnisse basieren jedoch auf der Annahme, dass die Durchlässigkeit des Dammmaterials homogen ist und nicht durch Wurzelgänge oder Grabgänge von Wühltieren gestört ist. Von diesen Verhältnissen kann bei dem vorliegenden Bewuchs an Gehölzen jedoch nicht ausgegangen werden (vgl. Abschnitt 5.2.2).

- Die Berechnungsergebnisse zum Aufschwimmen bzw. zum hydraulischen Grundbruch für das Hinterland in den Dammprofilen C-C und F-F zeigen, dass aufgrund der geringen Überdeckungshöhen durch bindige Böden lokal (etwa Fluss-km 0 +400 bis 0 +800) keine ausreichenden Sicherheiten vorliegen.

- Die vorhandenen Dammkronenbreiten liegen bei ca. 3,1 bis 3,8 m. Im Falle von luftseitigen oder uferseitigen Rutschungen bis an bzw. sogar in den Dammkronenbereich ist eine Dammverteidigung auf den vorhandenen Dammkronen bei den vorliegenden schmalen Dammkronenbreiten mit schweren Geräten wie Baggern und LKW fraglich bzw. nicht mehr möglich. Die vorhandenen Dammkronenbreiten entsprechen auch nicht den Anforderungen für Mindestquerschnitte nach den Merkblättern DWA-M 507-1 **[U3]** und BAW Merkblatt MSD **[U4]** (Dammkronenbreite $\geq$ 5 m).

Nach Auswertung aller Untersuchungsergebnisse kommen die Verfasser des vorliegenden Geotechnischen Berichts zu der Feststellung, dass Ertüchtigungsmaßnahmen zum Hochwasserschutz des linksseitigen Neckardammes dringend zu empfehlen sind (vgl. Abschnitt 6).

# 6 Maßnahmen zur Ertüchtigung des linksseitigen Neckardamms

*Bearbeitung: Dipl.-Ing. Ralf Sänger, ö.b.u.v. Sachverständiger (IHK) für Erd- und Grundbau, Standsicherheit von Böschungen sowie anerkannter Sachverständiger für Erd- und Grundbau nach Bauordnungsrecht*

## 6.1 Ertüchtigung der Dammabschnitte in Verbindung mit Bewuchs

### 6.1.1 Technische Lösungen

#### *6.1.1.1 Beseitigung der bestehenden Gehölze*

Aufgrund der potenziellen schädlichen Einflussnahme der bestehenden Gehölze auf die Standsicherheit der Dammabschnitte (vgl. Ausführungen Abschnitte 5.2, 5.3) besteht nach den Normenvorgaben und Wasserbauvorschriften (z. B. BAW Merkblatt MSD **[4]**) grundsätzlich die Forderung, die bestehenden Gehölze auf der Uferseite und der Luftseite bis Zone 4 zu entfernen.

Im vorliegenden Fall würde dies bedeuten, dass alle auf der Uferseite sowie auf der Luftseite des Dammes bestehenden Bäume und größeren Sträucher gefällt und deren Wurzelstöcke (einschließlich "Wurzelbrut") ausgeräumt werden müssen.

Das Prinzip derartiger Maßnahmen ist im Schemaschnitt der Anlage 7.1 dargestellt

Hierzu gelten noch folgende Anmerkungen:

- Beim Ausräumen (Roden) der Wurzelstöcke sind die großen Hauptwurzeln zu entfernen, wobei der Aufgrabungsradius mindestens 1 m um die Hauptwurzeln erfolgen soll. Dadurch ergeben sich Ausgrabungslöcher (sog. Wurzelkrater) die nach erdbautechnischen Gesichtspunkten mit verdichtungsfähigem, wenig durchlässigem Bodenmaterial lagenweise verdichtet verfüllt werden müssen (vgl. Ausführungen zur Dammverbreiterung in Abschnitt 6.1.1.2).

- In den Bereichen der Rodungsarbeiten wird unweigerlich die auf der Dammoberfläche befindliche Grasnarbe zerstört. Diese Bereiche sind durch temporäre Erosionsschutzmaßnahmen wie bepflanzbare Geotextilien zu sichern.

- Bei den Fäll-, Rodungs- und Verfüllarbeiten handelt es sich um lokale Maßnahmen. Die preisbildenden Kosten ergeben sich hier weniger nach den Baustoffen und Materialien, sondern nach dem maschinellen und manuellen Zeitaufwand (vgl. Abschnitt 6.1.2 Kostenschätzung)

Der bestehende Bewuchs auf dem untersuchten linkseitigen Neckardammabschnitt prägt das derzeitige Landschaftsbild und ist nach § 32 NatSchG als Biotop geschützt. Bei einer Entfernung aller Gehölze im Dammbereich würde dieses Biotop auf absehbare Zeit zerstört. In diesem Zusammenhang ergibt sich eine Konfliktsituation mit dem Naturschutz und es ist die Erfordernis von Ausgleichsmaßnahmen für das entfallende Biotop absehbar.

Die erdstatischen Berechnungen zur Standsicherheit der Dammabschnitte ohne Berücksichtigung des bestehenden Bewuchses haben gezeigt, dass die Uferböschung in der Bemessungssituation schnelle Wasserspiegelabsenkung bei fallendem Hochwasserspiegel nach den Normvorgaben keine ausreichenden Standsicherheiten aufweisen (vgl. Ausführungen in Abschnitt 5.1.3). Im Versagensfall sind die vorhandenen Dammkronenbreiten für eine Dammverteidigung nicht ausreichend (vgl. Ausführungen in Abschnitt 5.3). Neben der Rodung der bestehenden Gehölze ist daher eine Abflachung der wasserseitigen Uferböschung erforderlich, um ein ausreichendes Standsicherheitsniveau für alle Bemessungsfälle sicher zu stellen. Dies bringt auch die Erfordernis mit sich, den bestehenden Damm wasserseitig mindestens teilweise abzutragen und ins luftseitige Hinterland zu verlegen.

Im Hinterland der Dammabschnitte stellt sich unabhängig vom bestehenden Bewuchs die erdstatische Problematik bezüglich "Aufschwimmen bzw. hydraulischer Grundbruch" dar (vgl. Abschnitt 5.1.3). Zur Erlangung der Sicherheit gegen Auftrieb und hydraulischen Grundbruch im luftseitigen Hinterland sind örtlich im Bereich zu geringer Deckschichtenmächtigkeit weitere Maßnahmen erforderlich (s. Abschnitt 6.2).

Fazit:

Mit dem Fällen und Roden der bestehenden Gehölze wird zwar die Standsicherheit des bestehenden Damms verbessert, aus erdstatischer Sicht sind nach den Rodungsmaßnahmen aber noch keine ausreichenden Standsicherheitsreserven der Uferböschung nach den geltenden Normvorgaben gewährleistet (vgl. Abschnitt 6.2). Um diese zu erreichen wären zusätzlich weitere Ertüchtigungsmaßnahmen (Abflachung, teilweise oder vollständige Dammverlegung) erforderlich.

Bei einer vollständigen Rodung der bestehenden Gehölze muss mit massiven Widerständen durch die Naturschutzbehörde gerechnet werden. Sollte eine Rodung erfolgen, so werden voraussichtlich auch Ausgleichsmaßnahmen für das entfallende Biotop erforderlich.

### *6.1.1.2 Dammverbreiterung*

Das Prinzip der Dammverbreiterung ist in dem Schemaschnitt der Anlage 7.2 dargestellt.

Hierzu gelten noch folgende Anmerkungen:

- Es wird eine Dammkronenverbreiterung von ≥ 3,5 m mit einer luftseitigen Dammböschungsneigung von ≤ 1 : 3,5 (≈16 °) empfohlen.

- Die Dammkronenverbreiterung von ≥ 3,5 m orientiert sich hierbei nicht an den Vorgaben des BAW Merkblatts MSD **[4]** für "überbreite und überhohe Dämme bei Bewuchs", sondern nach erdstatischen Gesichtspunkten sowie nach technischen Kriterien im Falle einer erforderlichen Dammverteidigung. Bei der vorhandenen Dammkronenbreite von im Mittel 3,5 m lässt sich für die Bemessungssituation Durchsickerung eine ausreichende Standsicherheit nachweisen (vgl. Abschnitt 5.1.4). Es kann davon ausgegangen werden, dass der verbreiterte Dammbereich dies auch gewährleistet. Im Katastrophenfall bei Rutschungen in der wasserseitigen Böschung gewährleistet die zusätzliche Dammkronenverbreiterung von 3,5 m ausreichende Platzverhältnisse, um von hieraus eine effektive Dammverteidigung mit Baumaschinen durchführen zu können (vgl. Abschnitt 6.2). Hierzu muss an der luftseitigen Dammkrone ein ausreichend befestigter Kronenweg hergestellt werden.

- Die vorgeschlagene luftseitige Dammneigung von ≤ 1 : 3,5 orientiert sich an der wasserbautechnischen Bemessungsgrundlage (für niedrige Dämme gemäß BAW MSD **[U4]**), nach der bei einer Durchströmung unterhalb der Sickerlinie die Böschungsneigung tan β ≤ 0,5·tan φ betragen soll. Im vorliegenden Fall wird φ als sog. Ersatzreibungswinkel verstanden.

- Vor Erdbaumaßnahmen zur Dammverbreiterung muss luftseitig auf der Böschung und auf der Dammfußverbreiterung der Oberboden abgetragen, zwischengelagert und später auf der neuen Dammoberfläche wieder aufgetragen werden. In diesem Zusammenhang müssen alle im Bereich der Dammfußverbreiterung bestehende Gehölze gefällt die Wurzen gerodet und die ausgehobenen Wurzelkrater wieder verfüllt werden (vgl. Abschnitt 6.1.1.1)

- Zur Verzahnung der bestehenden mit der neuen Dammschüttung sind in der bestehenden luftseitigen Dammböschung stufenartige Abtreppungen (sog. Erdhaken) zu profilieren.

- An die Erbaustoffe und deren Einbau für die Dammverbreiterung sind in erdbautechnischer Hinsicht besondere Ansprüche zu stellen (s. hierzu DIN 19 712, Abschnitt 12 und ZTV-W LB 205 sowie ZTV E-StB sinngemäß bzw. soweit anwendbar). Eine ausführliche fachtechnische Beurteilung hierzu ist nicht Beauftragungsgegenstand und bedarf ggf. einer gesonderten gutachterlichen Beratung. Bei der derzeitigen Bausituation in Baden-Württemberg dürfte es jedoch keine größere Probleme bereiten, kostengünstig geeignete Erdbaustoffe für eine Dammverbreiterung zu erhalten.

- An der Unterkante der Dammverbreiterung wird der Einbau einer mindestens 40 cm mächtigen körnigen Filterschicht mit darunter eingebautem Geotextil empfohlen. Die körnige Filter schicht dient als hydraulische Entspannungsschicht bei drückendem Grundwasser im Hochwasserfall und verhindert hydraulische Aufbrüche am luftseitigen Dammfußbereich.

- Zur Erlangung der Sicherheit gegen Auftrieb und hydraulischen Grundbruch im luftseitigen Hinterland sind örtlich im Bereich zu geringer Deckschichtenmächtigkeit weitere Maßnahmen erforderlich (s. Abschnitt 6.2)

- Bei der luftseitigen Dammverbreiterung können auf der Uferseite durch den bestehenden Bewuchs verursachte Instabilitäten (Windwurf mit Rutschungs- bzw. Auskolkungserscheinungen etc.) nicht ausgeschlossen werden. In diesem Zusammenhang empfiehlt es sich, altersschwache oder kranke Gehölze wie in Abschnitt 6.1.1.1 beschrieben zu entfernen, um dadurch das Schadensrisiko zu verringern.

Fazit:

Die Ertüchtigungsmaßnahme Dammverbreitung beinhaltet die Zielstellung, den auf der Uferseite bestehenden Bewuchs weitgehend zu erhalten und gleichzeitig auf der Luftseite einen Sicherheitspuffer zu schaffen, der bei schädlicher Einflussnahme durch den uferseitigen Bewuchs oder bei Ausbrüchen infolge schneller Wasserspiegelabsenkung noch standsicher ist.

Sollte es bei Hochwasser an der Uferböschung zu lokalen Ausbrüchen kommen, so werden diese die globale Dammstandsicherheit zunächst nicht beeinträchtigen. Allerdings ist mit einer Auskolkung infolge Erosion zu rechnen, die fortschreitet. Insofern müssen im Rahmen der Deichverteidigung bei Hochwasser eventuell auftretende Ausbrüche unverzüglich behoben werden. Die Dammverbreiterung mit entsprechend befestigtem Kronenweg bietet die Möglichkeit einer effektive Dammverteidigung im Katastrophenfall.

Eine Verbesserung der Standsicherheit der vorhandenen Uferböschung wie bei einer großflächigen Rodung des Bewuchses (vgl. Abschnitt 6.1.1.1) erfolgt bei dieser Ertüchtigungsmaßnahme nicht.

Sollte es im Hinterlands zu Grundwasseraufbrüchen kommen, so kann dies nach Mitteilung von H. Zweig anlässlich einer Ergebnisbesprechung beim Regierungspräsidium am 11.04.2017 in Kauf genommen werden, so lange es sich um Auewiesen handelt und keine bauliche Nutzung geplant ist. Eine Beeinträchtigung der globalen Standsicherheit des Neckardamms ist hierbei nicht zu erwarten.

Die Variante Dammverbreiterung setzt voraus, dass auf der Luftseite ausreichende Platzverhältnisse für eine Verbreiterung wie im Schemaschnitt 7.2 dargestellt vorliegen.

### *6.1.1.3 Spundwand*

Das Prinzip der Spundwandvariante ist in der Schemaskizze der Anlage 7.3 dargestellt.

Es gelten hierzu folgende Anmerkungen:

- Die Spundwand hat nicht die Aufgabe einer Dichtungswand (Sperrwand), sondern soll in erdstatischer Hinsicht als Verbauwand zu dienen, um im Katastrophenfall bei uferseitigen Rutschungen bzw. Auskolkungserscheinungen eine Flutung des Hinterlandes zu vermeiden.

- Die in der Schemaskizze 7.3 dargestellte Spundwandtiefe bezieht sich auf Erfahrungswerte und muss erdstatisch ggf. noch nachgewiesen werden.

- Aus hydrologischer Sicht darf die Spundwand nicht als Sperrwand für das in den Neckar abfließende Grundwasser wirken, da sich hieraus vor allem auch beim Neckarhochwasser ungewollte Rückstaueffekte im Hinterland ergeben können. In diesem Zusammenhang sind Durchflussöffnungen in der Spundwand vorzusehen.

- Die Spundwand sollte aus erdbau- und wasserbautechnischen Gesichtpunkten möglichst nahe der Uferböschung ausgeführt werden. Hierbei sind jedoch eventuell hier befindliche unterirdische Leitungen zu beachten.

- Zum Einbringen der Spundwandprofile muss schweres Baugerät eingesetzt werden. Hierfür kann es erforderlich sein, dass die bestehende Dammkrone lokal verbreitert und der Kronenweg als Arbeitsebene für schweres Baugerät ertüchtigt werden muss.

- Zur Erlangung der Sicherheit gegen Auftrieb und hydraulischen Grundbruch im luftseitigen Hinterland sind örtlich im Bereich zu geringer Deckschichtenmächtigkeit weitere Maßnahmen erforderlich (s. Abschnitt 6.2)

<u>Fazit:</u>

Bei der Spundwandvariante kann der uferseitige Bewuchs bestehen bleiben. Die Spundwand verhindert in erdstatischer Hinsicht im Katastrophenfall eine Flutung des Hinterlandes. Sie schließt jedoch nicht aus, dass auf der Uferseite durch den Bewuchs Instabilitäten (Rutschungen bzw. Auskolkungen) auftreten können (vgl. Abschnitt 6.2).

Der technische und kostenmäßige Aufwand ist bei dieser Variante gegenüber den Anderen am Größten (vgl. Abschnitt 6.1.2).

### 6.1.2 Kostenschätzung der Ertüchtigungsvarianten

Zu den in Abschnitt 6.1 ausgeführten Varianten für eine Dammertüchtigung wurden Kostenschätzungen durchgeführt. Die Kostenschätzungen beruhen auf Erfahrungswerten bzw. unverbindlichen Preisabfragen bei regionalen Baufirmen auf Grundlage einer groben Massenermittlung. Sie stellen daher nur grobe Anhaltswerte dar und müssen im Planungsfall anhand einer detaillierten Massenermittlung und Kostenabfrage noch überprüft werden. In der nachfolgenden Tabellen sind die ungefähren Kosten der in Abschnitt 6.1 beschriebenen Ertüchtigungsmaßnahmen zusammenstellt:

| Variante Sanierung / Ertüchtigung | Pos | Leistungsinhalt | Menge | geschätzter EP [€] | geschätzter GP [€] |
|---|---|---|---|---|---|
| Variante 1: Entfernung der bestehenden Gehölze | 1 | Baustelleneinrichtung mit allen erforderlichen Geräten und Baumaschinen | psch. | | ≈5 000 |
| | 2 | Fällen der Gehölze, Roden der Wurzelstöcke auf Wasser- und Luftseite, Verfüllen und Verdichten der Wurzelkrater mit bindigem Boden (Stückanzahl geschätzt) | ≈50 Stck. | ≈1 800 | ≈90 000 |
| | 3 | Nebenkosten + Besondere Leistungen (ca. 10 % aus Pos. 2) | psch. | | ≈9 000 |
| | 4 | Abflachung der Uferböschung, zusätzliche Erdarbeiten für Dammverlegung, Ausgleichsmaßnahmen für entfallenes Biotop | | | nicht enthalten |
| | | **Summe der Leistungen** | | | **≈104 000** |
| Variante 2: Dammverbreiterung | 1 | Baustelleneinrichtung mit allen erforderlichen Geräten und Baumaschinen | psch. | | ≈10 000 |
| | 2 | Abtrag bestehender Oberboden, Zwischenlagerung auf Miete | ≈2 000 m³ | ≈8,0 | ≈16 000 |
| | 3 | Fällen der Gehölze, Roden der Wurzelstöcke auf Luftseite (Anzahl geschätzt) | ≈12 Stck. | ≈500 | ≈6 000 |
| | 4 | Liefern und Einbau bindiger Böden für die Dammverbreiterung + Profilierung Erdhaken in der Dammböschung | ≈6 000 m³ | ≈11,0 | ≈66 000 |
| | 5 | Einbau Geotextil auf der Basis der Sohlfilterschicht | ≈3 600 m² | ≈2,5 | ≈9 000 |
| | 6 | Liefern und Einbau Sohlfilterschicht unterhalb Dammverbreiterung, angenommene Mächtigkeit 40 cm) | ≈1 500 m³ | ≈35 | ≈52 500 |
| | 7 | Oberbodenauftrag auf der luftseitigen Dammböschung | ≈900 m³ | ≈5,0 | ≈4 500 |
| | 8 | Befestigung der verbreiterten Dammkrone mit mineralischer Tragschicht, angenommene Mächtigkeit ca. 40 cm | ≈1 000 m³ | ≈35 | ≈35 000 |
| | 9 | Nebenkosten + Besondere Leistungen (ca. 10 % aus Pos. 2-8) | psch. | | ≈19 000 |
| | | **Summe der Leistungen** | | | **≈218 000** |

| Variante Sanierung / Ertüchtigung | Pos | Leistungsinhalt | Menge | geschätzter EP [€] | geschätzter GP [€] |
|---|---|---|---|---|---|
| Variante 3: Sicherung mit Spundwand | 1 | Baustelleneinrichtung mit allen erforderlichen Geräten und Baumaschinen | psch. | | ≈12 000 |
| | 3 | Liefern und Einbau von Stahlspundwänden nach erdstatischem Erfordernis (geschätzte Spundwandtiefe 9 m, Abwicklungslänge 600 m= 5.400 m²)) | ≈5 400 m² | ≈180 | ≈972 000 |
| | 4 | Nebenkosten + Besondere Leistungen (ca. 3 % aus Pos. 2) | psch. | | ≈30 000 |
| | | **Summe der Leistungen** | | | **≈1 014 000** |

sämtliche Preisangaben zuzüglich ges. MwSt.

Hiernach sind die reinen Rodungskosten für den bestehenden Bewuchs (vgl. Abschnitt 6.1.1.1) mit ca. 104 000 € netto am kostengünstigsten. In erdstatischer Hinsicht und bezüglich des Naturschutzes stellen sich bei dieser Variante jedoch Probleme dar. Wenn die Standsicherheit des Damms für alle Bemessungsfälle so hergestellt werden soll, entstehen zusätzliche Kosten für die Abflachung der Uferböschung sowie weitere Erdarbeiten (teilweise oder vollständiger Abtrag des vorhandenen Damms und Verlegung ins luftseitige Hinterland) sowie für Ausgleichsmaßnahmen wegen des entfallenden Biotops. Die Kosten für eine Böschungsabflachung und die damit zusammenhängenden weiteren Erdarbeiten können nach aktuellem Kenntnisstand nicht geschätzt werden. Hierfür wären weitere erdstatische Berechnungen erforderlich um zu klären, auf welchen Neigung die Böschung abzuflachen ist, was nicht Gegenstand der aktuellen Beauftragung war. Ausgleichsmaßnahmen fallen nicht in den Fachbereich der Unterzeichner und sind daher im Bedarfsfall von anderer Seite aus kostenmäßig einzuschätzen.

Die Kosten für eine Dammverbreiterung mit den in Abschnitt 6.1.1.2 definierten Abmessungen belaufen sich auf ca. 218 000 € netto. Bei dieser Variante kann der uferseitige Bewuchs weitgehend bestehen bleiben. Allerdings müssen hier auf der Luftseite ausreichende Platzverhältnisse für eine Dammverbreiterung vorliegen.

Die Kosten für eine uferseitige Sicherung mittels Spundwänden (vgl. Abschnitt 6.1.1.3) mit ca. 1 014 000 € netto sind am Höchsten. Der technische Vorteil dieser Variante besteht darin, dass auf der Luftseite kein zusätzliches Gelände in Anspruch genommen werden muss.

## 6.2 Ertüchtigung der Uferböschung und des Hinterlandes aus erdstatischen bzw. aus hydrostatischen Gründen

Die erdstatischen Berechnungen zur Bemessungssituation schnelle Wassersiegelabsenkung haben gezeigt, dass an der Uferböschung unabhängig vom Bewuchs keine ausreichenden Sicherheiten vorliegen. Die Uferböschung hat zwar das 1978 stattgefundene Hochwasser, dessen Wasserspiegel etwa zwischen $HQ_{100}$ und $HQ_{50}$ lag, anscheinend schadlos überstanden (vgl. Abschnitt 5.1.4). Nach den erdstatischen Berechnungsergebnissen lagen in dieser Situation jedoch keine ausreichenden Sicherheitsreserven vor, wie nach Normenvorgaben gefordert.

Um hier rechnerisch nachweisbare Sicherheiten zu erhalten, müsste die Uferböschung abgeflacht werden. Der Aufwand hierfür ist beträchtlich, auch müsste der Damm ins Hinterland verlegt werden. Der bestehende Bewuchs auf der Uferböschung würde in diesem Zusammenhang ebenfalls wegfallen.

Werden an der Uferböschung keine wasserbautechnischen Maßnahmen zur Ertüchtigung deren Standsicherheit durchgeführt, können hier für die Zukunft auch in Verbindung mit dem bestehenden Bewuchs uferseitige Rutschungen nicht ausgeschlossen werden. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach dem Schadenspotenzial für das Hinterland bei Rutschungen auf der Uferseite. Im Zusammenhang mit den Abschnitt 6.1 vorgeschlagenen Ertüchtigungsmaßnahmen am Damm ist das Schadenspotenzial für eine Überflutung des Hinterlandes wie folgt zu bewerten:

- Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei Rutschungen im tieferen Teil der Uferböschung auch höhere Bereiche der uferseitigen Böschung sowie der eigentliche Damm davon betroffen sind. Für den Fall, dass nur der bestehende Bewuchs entfernt wird (vgl. Ertüchtigungsmaßnahmen Abschnitt 6.1.1.1) bieten die vorhandenen Dammabmessungen mit Kronenbreiten von 3,2 bis 3,8 m keine ausreichende Sicherheit gegenüber Dammdurchbrüchen und einer Flutung des Hinterlandes im Katastrophenfall. Die vorhandenen Dammkronenbreiten sind für eine effektive Dammverteidigung zu gering.

- Mit der in Abschnitt 6.1.1.2 beschriebenen Dammverbreiterung wird das Risiko von Dammdurchbrüchen und einer Flutung des Hinterlandes wesentlich verringert und es ergeben sich wesentlich bessere Verhältnisse für eine effektive Dammverteidigung im Katastrophenfall gegenüber den bestehenden Dammabmessungen. Lokale Ausbrüche, die jedoch die globale Dammstandsicherheit zunächst nicht beeinträchtigen, können daher in Kauf genommen werden. Allerdings ist bei Hochwasser mit einer fortschreitenden Auskolkung infolge Erosion zu rechnen. Im Rahmen der Deichverteidigung bei Hochwasser müssen daher eventuell auftretende Ausbrüche unverzüglich behoben werden.

- Die in Abschnitt 6.1.1.3 dargestellte Spundwandlösung als erdstatische Verbauwand hat die Aufgabe, im Katastrophenfall bei uferseitigen Rutschungen bis in den Dammbereich eine

Flutung des Hinterlandes zu verhindern. Wasserbautechnisch stellt diese Variante die sicherste aber auch teuerste Lösung dar (vgl. Abschnitt 6.1.2).

Die hydraulischen Berechnungen zur Bemessungssituation "Aufschwimmen bzw. hydraulischer Grundbruch" der Böden im Hinterland der einzelnen Dammabschnitte ergeben je nach Mächtigkeit der oberhalb der Neckkiese befindlichen bindigen Deckschichten (bindige Auffüllböden bzw. bindige Auelehmböden) in der Bemessungssituation Neckarhochwasser (BHW = $HQ_{100}$) etwa im Bereich Fluss-km 0 +400 bis 0 +800 keine ausreichenden Sicherheiten (vgl. Ausführungen in Abschnitt 5.1.3).

Nach Mitteilung von H. Zweig anlässlich einer Besprechung beim Regierungspräsidium am 11.04.2017 können eventuelle hochwasserbedingte Grundwasseraustritte in den Auewiesen in Kauf genommen werden, so lange keine bauliche Nutzung geplant ist. Eine Beeinträchtigung der globalen Standsicherheit des Neckardamms ist bei derartigen Verhältnissen nicht zu erwarten.

Sollte künftig eine Bebauung ins Auge gefasst werden, so sind in den Bebauungsplan ggf. Auflagen mit aufzunehmen, die die Auftriebs- und hydraulische Grundbruchsicherheit sicher stellen. Die technisch und wirtschaftlich einfachste Lösung bestünde darin, das Hinterland mit gering wasserdurchlässigem, bindigem Boden bis auf ein auftriebssicheres Niveau aufzufüllen.

Aus hydraulischer Sicht bestünde auch die Möglichkeit, im Hinterland Entspannungsbrunnen bzw. -gräben einzubauen, die einen kritischen Druckwasserspiegelaufbau bei Hochwasserständen des Neckars verhindern. Für die Wirksamkeit der Entspannungsbrunnen bzw. -gräben muss das darin anfallende Wasser über eine Hebeanlage abgeleitet werden. Eine derartige Anlage bedeutet einen erheblichen technischen und kostenmäßigen Aufwand im Hinblick auf deren Bau, Betrieb und Unterhalt. Wenn eventuelle zeitweilige Wasserzutritte infolge von Grundwasseraufbrüchen in den Auewiesen im Bereich tiefliegender Geländeoberfläche etwa im Bereich Fluss-km 0 +400 bis 0 +800 ein Kauf genommen werden kann und keine Bebauung dieser Bereiche erfolgt, erscheint eine derartige Anlage nicht erforderlich.

# 7 Zusammenfassung und Schlussbemerkungen

In Wernau/N. bestanden Zweifel an der Standsicherheit des linksseitigen Neckardamms im Bereich zwischen Wernauer Neckarbrücke und B10-Brücke. Um Aussagen über die Beschaffenheit des Baugrundes und die Grundwasserverhältnisse zu erhalten, wurde unser Haus mit der Baugrunderkundung und Standsicherheitsberechnungen sowie der Erstellung eines Geotechnischen Berichts beauftragt. Die Aufgabenstellung ist der geotechnischen Kategorie GK 3 zuzuordnen.

Zur Baugrunderkundung wurden 10 Kleinbohrungen und 6 Schwere Rammsondierungen abgeteuft, bodenmechanische Laboruntersuchungen durchgeführt sowie die eingangs genannten Unterlagen ausgewertet.

Das Untersuchungsgebiet liegt in der Erdbebenzone 0 und außerhalb von rechtskräftig festgesetzten Wasserschutzgebieten, jedoch teilweise im Einzugsgebiet und Zustrom der Wasserfassung „Pumpwerk IV“ der Stadt Wernau.

Der Neckardamm ist auf der wasserseitigen Böschung praktisch vollständig mit größeren Gehölzen bestanden. Luftseitig befinden sich nur Gehölzgruppen mit größeren Lücken. Im Rahmen einer Unterhaltungsmaßnahme im Jahr 2014 wurde die Dammkrone zum Ausgleich von Fehlhöhen im Freibord partiell erhöht. Sie liegt im südlichen Teil etwa auf Höhe des luftseitigen Vorlands und nach Norden hin bis zu 1,8 - 2,3 m über dem luftseitigen Böschungsfuß. Wasserseitig beträgt die Böschungshöhe ca. 6,5 - 7,5 m.

Die Dammschüttung ist ca. 1,4 - 3,7 m mächtig und besteht vorwiegend aus bindigen, leichtplastischen und untergeordnet mittelplastischen Böden der Bodengruppen UL-TL und TM nach DIN 18 196. Grobkörnige Lagen sind nur in geringem Umfang und mindestens längs des Damms nicht durchgehend vorhanden. Ob quer zum Damm durchgehende grobkörnige Lagen vorhanden sind, kann mit dem beauftragten Untersuchungsumfang nicht beurteilt werden.

Im luftseitigen Dammvorland liegen oberflächennah teilweise ebenfalls künstliche Auffüllungen aus bindigen Böden vor, die jedoch meist gering mächtig sind (<1 m). Nur im südlichen Teil erreicht die Auffüllmächtigkeit auch im Vorland über 3 m, was mutmaßlich auf eine großflächige Geländeauffüllung zurückzuführen ist.

Der natürlich anstehende Untergrund besteht aus einer meist geringmächtigen (≈0,5 - 1 m) Auelehmschicht und Kies bis in rund 6 - 8 m Tiefe. Darunter folgen Schichten des Mittelkeupers (Knollenmergel und Stubensandstein), von denen jedoch nur der oberste, stark verwitterte und entfestigte Teil im Rahmen der jetzigen Erkundung aufgeschlossen wurde. Aus früheren Untersuchungen ist bekannt, dass die Schichtenfolge zur Tiefe hin mit abnehmendem Verwitterungsgrad zunehmend fester wird und im Untersuchungsgebiet vermutlich eine tektonische Störung vorliegt.

Grundwasser wurde in rund 3 - 5 m Tiefe unter Gelände im Kies angetroffen, der einen gut wasserdurchlässigen Porengrundwasserleiter mit freier Grundwasseroberfläche bildet. Bei Witterungs- und Grundwasserverhältnissen wie zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung exfiltriert der Grundwasserleiter in den Neckar, der die lokale Grundwasservorflut bildet. Dies kehrt sich bei hohem Wasserstand des Neckars um (Infiltration von Neckarwasser in den Grundwasserleiter), wodurch der Grundwasserstand rasch und stark ansteigen kann.

Das geotechnische Baugrundmodell wird in Schichtenbeschreibungen, Schichtenprofilen und in schematischen geologischen Schnitten dargestellt.

Die genaue Dammgeometrie in den untersuchten Querschnitten ist nicht bekannt, da auf Vermessungsdaten früherer Untersuchungen zurückgegriffen werden musste, die teilweise nicht genau für die Untersuchungsschnitte vorlagen und Interpolationen sowie Abschätzungen erforderlich machten.

Zu den Wasserspiegellagen des Neckars, insbesondere zum höchsten bisher bekannten Hochwasser von 1978 liegen teilweise ebenfalls nur ungefähre Angaben vor.

Unter Berücksichtigung der einschlägigen Normen und Richtlinien wurden erdstatische Berechnungen zur Standsicherheit der Uferböschung und des Neckardamms durchgeführt. Diese ergaben eine ausreichende rechnerische Standsicherheit der Uferböschung bei „normalen" Verhältnissen sowie der luftseitigen Dammböschung bei Durchströmung und Unterströmung im Hochwasserfall. Ein ausreichendes Standsicherheitsniveau der wasserseitigen Damm- und Uferböschung bei "schneller Wasserspiegelabsenkung des BHW" lässt sich jedoch nicht rechnerisch nachweisen.

Aufgrund der geringen Überdeckungshöhen der bindigen Auelehmböden im luftseitigen Hinterland sind in zwei von drei untersuchten Querschnitten auch keine ausreichenden Sicherheiten gegenüber Sohlaufbrüchen (Aufschwimmen) und hydraulischem Grundbruch nachweisbar.

Dies steht auf den ersten Blick im Widerspruch dazu, dass der Neckardeich und das Hinterland dem Hochwasser von 1978, das zwischen dem $HQ_{50}$ und dem $HQ_{100}$ lag, augenscheinlich standgehalten haben. Tatsächlich sind bei den Berechnungen jedoch einige Vereinfachungen und Annahmen zu treffen, die auf der sicheren Seite liegen müssen. Die rechnerischen Standsicherheitsnachweise beinhalten außerdem immer auch Sicherheitsreserven in Form von Sicherheitsbeiwerten. Diese können bei einem Hochwasserereignis aufgebraucht sein, was jedoch nicht zwangsläufig zu einem Versagen führt, wenn der tatsächliche Grenzzustand des Versagens noch nicht erreicht ist. Den einschlägigen Normen und Richtlinien genügende Sicherheitsreserven liegen aber in einem derartigen Fall nicht vor.

Der Einfluss der auf dem Damm und den Böschungen vorhandenen Gehölze konnte nicht rechnerisch berücksichtigt werden, da keine eindeutigen normativen Vorgaben für die Behandlung derartiger Fälle vorliegen. Vielmehr weisen alle einschlägigen Normen und Richtlinien darauf hin, dass ein Bewuchs mit Gehölzen auf Hochwasserschutzeinrichtungen aus Sicherheitsgründen nicht tolerabel ist.

Eine eventuelle Entfernung der vorhandenen Gehölze zur Ertüchtigung des Damms kollidiert jedoch mit dem Naturschutz, da diese als Biotop nach § 32 NatSchG ausgewiesen sind. Als weitere Ertüchtigungsvarianten kommen eine luftseitige Dammverbreitung sowie das Einbringen einer Spundwand in Frage.

Auf Grundlage einer Kostenschätzung stellen sich die Rodungskosten für die Gehölze als günstigste und eine Spundwand als teuerste Ertüchtigungsvariante dar.

Eine Rodung der Gehölze alleine gewährleistet jedoch noch keine ausreichende Standsicherheit in allen Bemessungsfällen, so dass zusätzliche Maßnahmen (Abflachung der wasserseitigen Uferböschung, teilweise oder vollständige Verlegung des vorhandenen Damms ins Hinterland) sowie Ausgleichsmaßnahmen für das entfallende Biotop erforderlich werden. Die Kosten hierfür sind in der Kostenschätzung nicht enthalten.

Mit einer Dammverbreiterung können ausreichende Sicherheitsreserven geschaffen werden, so dass die Gehölze auf der wasserseitigen Böschung erhalten und eventuelle Ausbrüche bei Hochwasser in Kauf genommen werden können, da sie die globale Standsicherheit des Damms zunächst nicht beeinträchtigen. Dies erfordert allerdings eine effektive Dammverteidigung im Hochwasserfall, im Rahmen derer lokale Ausbrüche unverzüglich behoben werden müssen. Hierfür bietet die luftseitige Dammverbreiterung in Verbindung mit einem entsprechend befestigten Kronenweg die Möglichkeit.

Allerdings können alle drei vorgeschlagenen Ertüchtigungsvarianten der Auftriebs- und hydraulischen Grundbruchproblematik im luftseitigen Hinterland nicht abhelfen. Dies ist aber unerheblich, wenn, wie bei einer Besprechung am Regierungspräsidium mitgeteilt, eventuelle zeitweilige Grundwasseraufbrüche in den tiefliegenden Auewiesen in Kauf genommen werden können. Die globale Dammstandsicherheit wird hierdurch nicht beeinträchtigt.

Die Ergebnisse der Feld- und Laboruntersuchungen sowie die daraus resultierenden Angaben und Berechnungsergebnisse im Geotechnischen Bericht gelten nur für die Untersuchungsstellen und den Zeitpunkt der Untersuchungen. Abweichungen hiervon können nicht ausgeschlossen werden.

Der Geotechnische Bericht beschreibt die aus der Baugrunderkundung und den erdstatischen Berechnungen resultierenden baulich notwendigen Maßnahmen, wie sie aus unserem derzeitigen Kenntnisstand absehbar sind. Sollten Unklarheiten hinsichtlich der Angaben im Geotechnischen Bericht auftreten, so stehen wir für weitere Auskünfte gerne zur Verfügung.

Die geologischen Ergebnisse der Baugrunderkundung (Lageplan und Bohrprofile/Schichtenbeschreibungen) wurden mit Fertigstellung des Geotechnischen Berichts gemäß Verordnung des Innenministeriums über die Überwachung von Erdaufschlüssen i. V. mit §43 Wassergesetz entsprechend den Auflagen des wasserrechtlichen Bescheids vom 20.05.2016 dem Landratsamt Esslingen, Amt für Wasserwirtschaft und Bodenschutz, und gemäß §3 Lagerstättengesetz dem Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg übersandt.

# ANHANG 1

## Richtlinien, Vertrags- und Lieferbedingungen, Arbeitsblätter, Rechtsgrundlagen, Normen und sonstige Unterlagen nach dem aktuellen Stand der Geotechnik

Straßenbau:

ZTV E-StB 09: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau. Ausgabe 2009. Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGVS), Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau. Köln.

Floss Kommentar ZTV E-StB: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau, ZTV E-StB 09, Kommentar und Leitlinien mit Kompendium Erd- und Felsbau. 4. Auflage, 723 S.; Bonn (Kirschbaum).

ZTV A-StB 12: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen. Ausgabe 2012. FGSV, Kommission kommunale Straßen, Köln.

ZTV SoB-StB 04: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau. Ausgabe 2004/Fassung 2007. FGSV, Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau, Köln.

ZTV T-StB 95: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Tragschichten im Straßenbau. Ausgabe 1995/Fassung 2002. FGSV, Arbeitsgruppe Sonderaufgaben, Köln.
Teilweise ersetzt durch ZTV SoB-StB 04, TL SoB-StB 04 und ZTV Beton-StB 07!

ZTV Beton-StB 07: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton. Ausgabe 2007. FGSV, Arbeitsgruppe Betonbauweisen, Köln.

ZTV Lsw 06: Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen. Ausgabe 2006. FGSV, Arbeitsgruppe Straßenentwurf, Köln.

ZTV Lsw 88: Ergänzungen: Entwurfs- und Berechnungsgrundlagen für Bohrpfahlgründungen und Stahlpfosten von Lärmschutzwänden an Straßen. Ausgabe 1997. FGSV, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Köln.

ETV-StB-BW: Ergänzungen zu den Technischen Vertragsbedingungen im Straßenbau - Baden-Württemberg, Teil 1, Ausgabe 2010. Innenministerium Baden-Württemberg.

TL Gestein-StB 04: Technische Lieferbedingungen für Gesteinskörnungen im Straßenbau. Ausgabe 2004. FGSV, Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau, Köln.

TL SoB-StB 04: Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau. Ausgabe 2004/Fassung 2007. FGSV, Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau, Köln.

TL G SoB-StB 04: Technische Lieferbedingungen für Baustoffgemische und Böden zur Herstellung von Schichten ohne Bindemittel im Straßenbau. Teil: Güteüberwachung. Ausgabe 2004/Fassung 2007. FGSV, Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau, Köln.

TL Geok E-StB 05: Technische Lieferbedingungen für Geokunststoffe im Erdbau des Straßenbaus. Ausgabe 2005. FGSV, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau. Köln.

RStO 12: Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen. Ausgabe 2012. FGSV, Arbeitsgruppe Fahrzeug und Fahrbahn, Köln.

RiStWag: Richtlinien für bautechnische Maßnahmen an Straßen in Wasserschutzgebieten. Ausgabe 2002. FGSV, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau, Köln.

RuA-StB 01: Richtlinien für die umweltverträgliche Anwendung von industriellen Nebenprodukten und Recycling-Baustoffen im Straßenbau. Ausgabe 2001. FGSV, Arbeitsgruppe Mineralstoffe im Straßenbau, Köln.

RuVA-StB 01: Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung von Ausbaustoffen mit teer-/pechtypischen Bestandteilen sowie für die Verwertung von Ausbauasphalt im Straßenbau mit den Erläuterungen zu den Richtlinien für die umweltverträgliche Verwertung. Ausgabe 2001/Fassung 2005. FGSV, Arbeitsgruppe Asphaltstraßen, Köln.

RAS-Ew: Richtlinien für die Anlage von Straßen - Teil: Entwässerung. Ausgabe 2005. FGSV, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau. Köln.

RAS-Q: Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Querschnitte (RAS-Q). Ausgabe 1996, FGSV, Arbeitsgruppe Verkehrsplanung, Köln.

RAS-LG3: Richtlinien für die Anlage von Straßen, Abschnitt 3:- Landschaftsgestaltung, Lebendverbau. Ausgabe 1983, FGSV, Arbeitsgruppe Straßenentwurf, Köln.

M GUB: Merkblatt über geotechnische Untersuchungen und Berechnungen im Straßenbau. Ausgabe 2004. Und M GUB UA: Ergänzungen für den Um- und Ausbau von Straßen. Ausgabe 2013. FGSV, Arbeitsgruppe Erd- und Grundbau. Köln.

MVV: Merkblatt für versickerungsfähige Verkehrsflächen. Ausgabe 2013. FGSV, Kommission kommunale Straßen. Köln.

Versickerung:

DWA-Arbeitsblatt A 138: Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser (April 2005). DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V., Hennef.

Abfallrecht:

VwV: Verwaltungsvorschrift des Umweltministerium Baden-Württemberg für die Verwertung von als Abfall eingestuftem Bodenmaterial vom 14.03.2007.

DepV: Deponieverordnung vom 27. April 2009 (BGBl. I S. 900), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 28 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212).

UVM-Erlass: Vorläufige Hinweise zum Einsatz von Recyclingmaterial. Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, 13.04.2004 und ergänzender Erlass vom 10.08.2004 sowie Verlängerungserlass zuletzt vom 10.12.2013.

| | |
|---|---|
| KrWG: | Gesetz zur Förderung der Kreislaufwirtschaft und Sicherung der umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen (Kreislaufwirtschaftsgesetz - KrWG) vom 24.02.2012, zuletzt geändert am 22.05.2013 und berichtigt am 07.10.2013. |
| Handlungshilfe: | Handlungshilfe für Entscheidungen über die Ablagerbarkeit von Abfällen mit organischen Schadstoffen, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stand Mai 2012 (Handlungshilfe organische Schadstoffe auf Deponien). |
| BBodSchV: | BBodSchV: Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung vom 12. Juli 1999 (BGBl. I S. 1554), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 31 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I S. 212). |
| Spiegeleinträge: | Zuordnung von Abfällen zu Abfallarten aus Spiegeleinträgen. Vorläufige Vollzugshinweise des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg auf der Grundlage des Entwurfs einer Handlungshilfe des Abfalltechnikausschusses der LAGA. Reihe Abfall, Heft 69, 28.10.2002, aktualisiert Februar 2006. |

Normen (jeweils gültig in der aktuellsten Fassung):

| | |
|---|---|
| DIN 1054: | Baugrund - Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1. |
| DIN 1055-2: | Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 2: Bodenkenngrößen. |
| DIN 4019: | Baugrund - Setzungsberechnungen. |
| DIN 4020: | Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke - Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2. |
| DIN 4095: | Baugrund; Dränung zum Schutz baulicher Anlagen; Planung, Bemessung und Ausführung. |
| DIN 4123: | Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen im Bereich bestehender Gebäude. |
| DIN 4124: | Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten. |
| DIN 4149: | zurückgezogen. Dokument wurde ersetzt durch: DIN EN 1998-1:2010-12 DIN EN 1998-1/NA:2010-08 DIN EN 1998-1/NA:2011-01 DIN EN 1998-5:2010-12 DIN EN 1998-5/NA:2011-07. |
| DIN 4030: | Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase - Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte. |
| DIN 4084: | Baugrund - Geländebruchberechnungen |
| DIN 14 199: | Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau - Mikropfähle; Deutsche Fassung EN 14199:2015. |
| DIN 18 122: | Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) - Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze. - Teil 2: Bestimmung der Schrumpfgrenze. |
| DIN 18 123: | Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Korngrößenverteilung. |
| DIN 18 125-2: | Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Dichte des Bodens - Teil 2: Feldversuche. |
| DIN 18 127: | Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Proctorversuch. |
| DIN 18 128: | Baugrund - Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung des Glühverlustes |
| DIN 18 130: | Baugrund - Untersuchung von Bodenproben; Bestimmung des Wasserdurchlässigkeitsbeiwerts - Teil 1: Laborversuche. - Teil 2: Feldversuche. |
| DIN 18 134: | Baugrund - Versuche und Versuchsgeräte - Plattendruckversuch. |
| DIN 18 136: | Baugrund - Untersuchung von Bodenproben - Einaxialer Druckversuch |
| DIN 18 195-1: | Bauwerksabdichtungen - Teil 1: Grundsätze, Definitionen, Zuordnung der Abdichtungsarten. |
| DIN 18 196: | Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke. |
| DIN 18 300: | VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Erdarbeiten. |
| DIN 18 301: | VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Bohrarbeiten. |
| DIN 18 319: | VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen - Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) - Rohrvortriebsarbeiten. |
| DIN 18 915: | Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Bodenarbeiten. |
| DIN 18 916: | Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Pflanzen und Pflanzarbeiten. |
| DIN 18 917: | Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Rasen und Saatarbeiten |
| DIN 18 918: | Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Ingenieurbiologische Sicherungsbauweisen - Sicherungen durch Ansaaten, Bepflanzungen, Bauweisen mit lebenden und nicht lebenden Stoffen und Bauteilen, kombinierte Bauweisen. |
| DIN 18 919: | Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Entwicklungs- und Unterhaltungspflege von Grünflächen |
| DIN EN 805: | Wasserversorgung, Anforderungen an Wasserversorgungssysteme und deren Bauteile außerhalb von Gebäuden |
| DIN EN 1536: | Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau - Bohrpfähle; Deutsche Fassung EN 1536:2010+A1:2015 |
| DIN EN 1537: | Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau - Verpressanker; Deutsche Fassung EN 1537:2013 |
| DIN EN 1610: | Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen; Deutsche Fassung EN 1610:2015 |
| DIN EN 1997: | Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik<br>- Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013 + NA:2010.<br>- Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds; Dt. Fassung EN 1997-2:2007+ AC:201 0 + NA:2010. |
| DIN EN 1998: | Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben<br>- Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten; Deutsche Fassung EN 1998-1:2004 + AC:2009 + A1:2013.<br>- Teil 2: Brücken; Deutsche Fassung EN 1998-2:2005 + A1:2009 + A2:2011 + AC:2010. + NA:2011.<br>- Teil 3: Beurteilung und Ertüchtigung von Gebäuden; Deutsche Fassung EN 1998-3:2005+AC:2010+Ber1:2013.<br>- Teil 4: Silos, Tankbauwerke und Rohrleitungen; Deutsche Fassung EN 1998-4:2006. |

- Teil 5: Gründungen, Stützbauwerke und geotechnische Aspekte; Deutsche Fassung EN 1998-5:2004+NA:2011.
- Teil 6: Türme, Maste und Schornsteine; Deutsche Fassung EN 1998-6:2005.

DIN EN ISO 14 688: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden
- Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2002 + Amd 1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 14688-1:2002 + A1:2013.
- Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen (ISO 14688-2:2004 + Amd 1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 14688-2:2004 + A1:2013.

DIN EN ISO 14 689: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels - Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14689-1:2003); Deutsche Fassung EN ISO 14689-1:2003.

DIN EN ISO 17 892: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben
- Teil 1: Bestimmung des Wassergehalts (ISO 17892-1:2014); Deutsche Fassung EN ISO 17892-1:2014.
- Teil 2: Bestimmung der Dichte des Bodens (ISO 17892-2:2014); Deutsche Fassung EN ISO 17892-2:2014.
- Teil 3 (Normentwurf): Bestimmung der Korndichte (ISO/DIS 17892-3:2014); Deutsche Fassung prEN ISO 17892-3:2014.
- Teil 4 (Normentwurf): Bestimmung der Korngrößenverteilung (ISO/DIS 17892-4:2014); Deutsche Fassung prEN ISO 17892-4:2014.
- Teil 5 (Normentwurf): Oedometerversuch mit stufenweiser Belastung (ISO/DIS 17892-5:2014); Deutsche Fassung prEN ISO 17892-5:2014.
- Teil 6 (Normentwurf): Fallkegelversuch (ISO/DIS 17892-6:2014); Deutsche Fassung prEN ISO 17892-6:2014.

DIN ISO/TS 17 892: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Laborversuche an Bodenproben
- Teil 7 (Vornorm): Einaxialer Druckversuch an feinkörnigen Böden (ISO/TS 17892-7:2004); Deutsche Fassung CEN ISO/TS 17892-7:2004.
- Teil 8 (Vornorm): Unkonsolidierter undränierter Triaxialversuch (ISO/TS 17892-8:2004); Deutsche Fassung CEN ISO/TS 17892-8:2004.
- Teil 9 (Vornorm): Konsolidierte triaxiale Kompressionsversuche an wassergesättigten Böden (ISO/TS 17892-9:2004); Deutsche Fassung CEN ISO/TS 17892-9:2004.
- Teil 10 (Vornorm): Direkte Scherversuche (ISO/TS 17892-10:2004); Deutsche Fassung CEN ISO/TS 17892-10:2004.
- Teil 11 (Vornorm): Bestimmung der Durchlässigkeit mit konstanter und fallender Druckhöhe (ISO/TS 17892-11:2004); Deutsche Fassung CEN ISO/TS 17892-11:2004.
- Teil 12 (Vornorm): Bestimmung der Zustandsgrenzen (ISO/TS 17892-12:2004); Deutsche Fassung CEN ISO/TS 17892-12:2004.

DIN EN ISO 22 475: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung (ISO 22475-1:2006); Deutsche Fassung EN ISO 22475-1:2006.

DIN EN ISO 22 476: Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen
- Teil 1: Drucksondierungen mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck (ISO 22476-1:2012 + Cor. 1:2013); Deutsche Fassung EN ISO 22476-1:2012 + AC:2013.
- Teil 2: Rammsondierungen (ISO 22476-2:2005 + Amd 1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 22476-2:2005 + A1:2011.
- Teil 3: Standard Penetration Test (ISO 22476-3:2005 + Amd 1:2011); Deutsche Fassung EN ISO 22476-3:2005 + A1:2011.
- Teil 9: Flügelscherversuch (ISO/DIS 22476-9:2014); Deutsche Fassung prEN ISO 22476-9:2014

Weitere Unterlagen:

EA-Pfähle: Empfehlungen des Arbeitskreises "Pfähle" : EA-Pfähle / hrsg. von der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik e.V., 2., erg. und erw. Auflage. Berlin : Ernst & Sohn, 2012.

Lohmeyer, G., Ebeling, K. (2008): Betonböden für Produktions- und Lagerhallen. Planung, Bemessung, Ausführung. 2. überarb. Aufl., Düsseldorf: Verlag Bau+Technik GmbH, 2008.

Schwarz, J./Grünthal, G. (2005): Bauten in deutschen Erdbebengebieten - zur Einführung der DIN 4149:2005 in Bautechnik 82 (2005), Heft 8, S. 486-499, Verlag Ernst & Sohn, Berlin

Ostermayer, H (2009).: Verpressanker. In: Witt, K. J. (Hrsg): Grundbau-Taschenbuch, Teil 2 - Geotechnische Verfahren. 7., überarbeitete und aktualisierte Auflage 2009, Ernst und Sohn, Berlin.

WU-Richtlinie: DafStB-Richtlinie „Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie)" (2003-11) und Berichtigung zur WU-Richtlinie (2006-03). Deutscher Ausschuss für Stahlbeton im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

DVGW-Arbeitsblatt GW 9: Beurteilung von Böden hinsichtlich ihres Korrosionsverhaltens auf erdverlegte Rohrleitungen und Behälter aus unlegierten oder niedriglegierten Eisenwerkstoffen. - Technische Regel Arbeitsblatt GW 9. Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V., Eschborn, März 1986.

DGEG: Empfehlungen für den Bau und die Sicherung von Böschungen. Empfehlungen der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau. Die Bautechnik 39 (12): 404, 1962

# ANHANG 2

## Ergebnisse der Untersuchungen auf Kampfmittelbelastung

Baden-Württemberg
REGIERUNGSPRÄSIDIUM STUTTGART
KAMPFMITTELBESEITIGUNGSDIENST

Kampfmittelbeseitigungsdienst · Pfaffenwaldring 1 · 70569 Stuttgart

Regierungspräsidium Stuttgart
Ref. 53.1
Ruppmannstr. 21

70565 Stuttgart

Datum 14.06.2016
Name Thomas Mertens
Durchwahl 0711 904-40022
Aktenzeichen 16-1115.8/ ES-3258
(Bitte bei Antwort angeben)
Karte NO 1824

z. Hd. Herrn Zweig

## Kampfmittelüberprüfung / Luftbildauswertung
**Wernau, Neckardeich, Hochwasserschutz**

Ihr Schreiben vom (Eingangsdatum: 06.05.2016) Ihr Zeichen

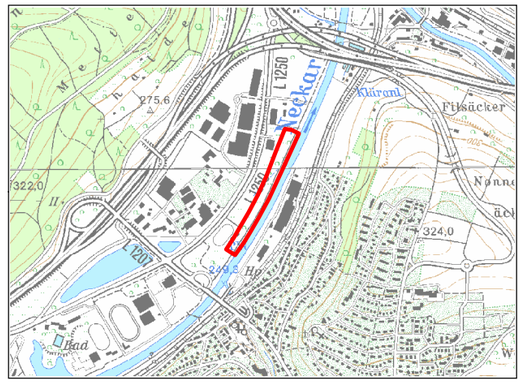
Sehr geehrter Herr Zweig,

für das o.g. Objekt wurde bereits unter Az. ES-2729 eine multitemporale Luftbildauswertung durchgeführt.
Diese Luftbildauswertung hat keine Anhaltspunkte für das Vorhandensein von Bombenblindgängern innerhalb des Untersuchungsgebietes ergeben. Nach unserem Kenntnisstand sind insoweit **keine weiteren Maßnahmen erforderlich**.
Die Aussagen beziehen sich nur auf die Befliegungsdaten der hierbei verwendeten Luftbilder und können nicht darüber hinausgehen! Diese Mitteilung kann **nicht als Garantie der Kampfmittelfreiheit** gewertet werden.

Sollten Ihnen Hinweise auf vorhandene Kampfmittel bekannt sein, bitten wir Sie diese uns unverzüglich mitzuteilen.

Mit freundlichen Grüßen

REGIERUNGSPRÄSIDIUM STUTTGART
KAMPFMITTELBESEITIGUNGSDIENST BADEN-WÜRTTEMBERG




Ausschnitt TK 25 1 : 25'000

N
W E
S

## Legende

**Einzelfunde**

**KENNUNG_KEY**

- Blindgänger
- Brandbomben
- Sonstige Munition
- mohl_blindgänger
- mohl_brand
- mohl_mun_sonst
- Ungefähr

**Blindgaengerverdacht**

- <all other values>

**STATUS_KEY**

- nicht überprüft
- überprüft

**Luftbild Punktobjekte**

**KENNUNG_KEY**

- Bombentrichter
- Flak
- Stellungen
- Sonstige

- Grabensysteme
- Beantragt_ES-3258
- Freigabe_ES-3258
- Zerstoerte Gebaeude
- Bombardierter Bereich
- Kampfmittelverdachtsflaechen

**Kriegsanlagen**

**KENNUNG**

- Grabensysteme
- Bunker
- Flak
- Stellungen
- Sonstige
- Militärische Nutzung
- Abgesuchte Flaeche
- Räum- und Sprengstellen

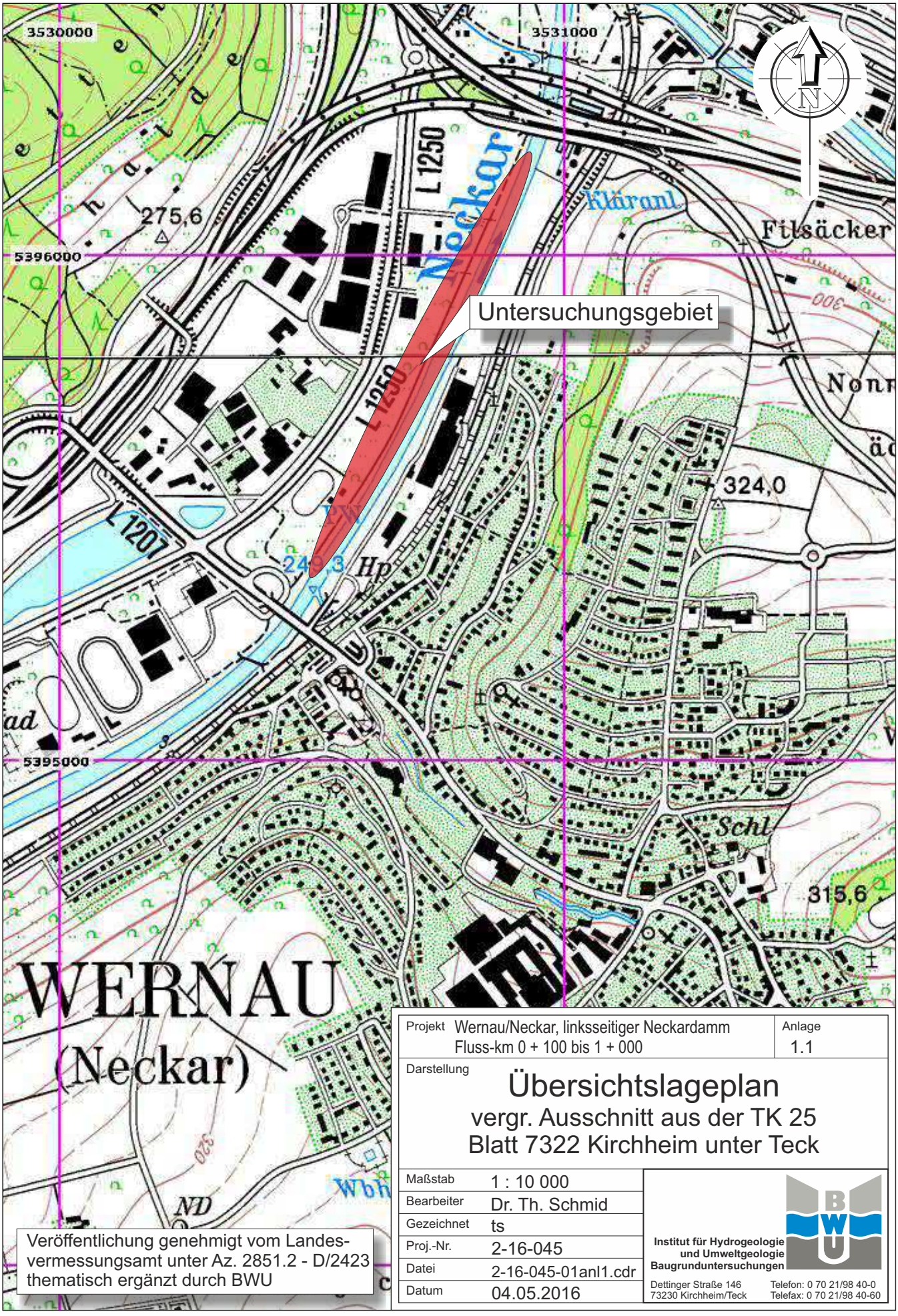
0 12,5 25 50 75 100 125 Meter

**Anlage zu ES-3258**

Wernau, Neckardeich

| | |
|---|---|
| Maßstab 1 : 2500 | Karte: NO 1824 |
| Stand: 14.06.2016 | Bearbeiter: Th. Mertens |

*Die Aussagen beziehen sich nur auf das Untersuchungsgebiet (Beantragt) sowie die verwendeten Luftbilder und können nicht darüber hinausgehen!*
*Diese Mitteilung kann nicht als Garantie der Kampfmittelfreiheit gewertet werden.*




| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 1.1 |


Darstellung

# Übersichtslageplan

## vergr. Ausschnitt aus der TK 25
## Blatt 7322 Kirchheim unter Teck

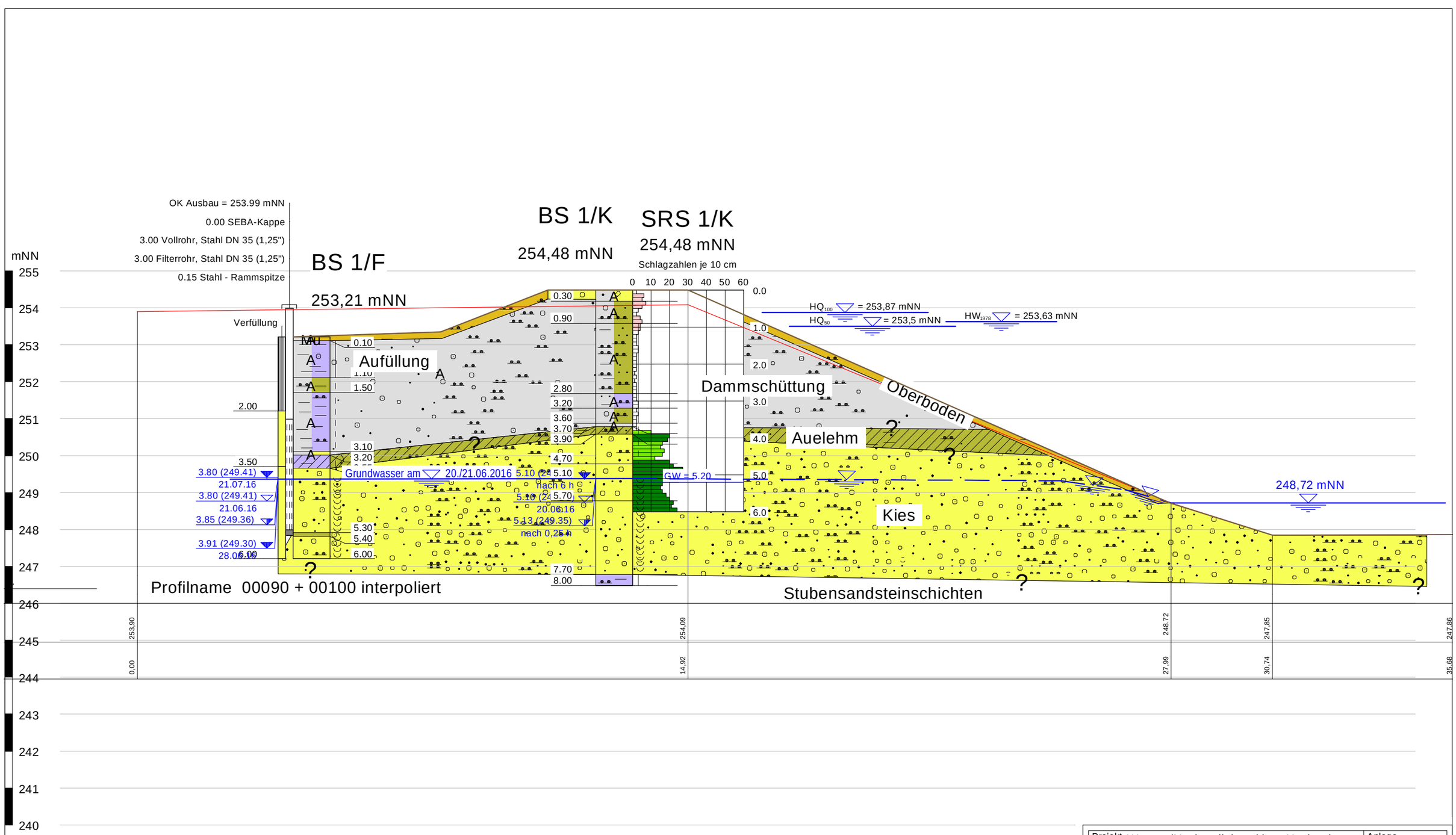
| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 10 000 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl1.cdr |
| Datum | 04.05.2016 |

**Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen**
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60




| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage<br>1.2 |
|---|---|---|
| Darstellung | **Lageplan**<br>**mit Aufschlusspunkten**<br>**und Lage der Geologischen Schnitte** | |
| Maßstab | 1 : 1 500 | |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid | |
| Gezeichnet | ts | |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 | |
| Datei | 2-16-045-01anl1.cdr | |
| Datum | 22.07.2016 | |

BWU
Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60




?: Schichtgrenzenverlauf nicht bekannt, Darstellung schematisch

| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 2.1 |

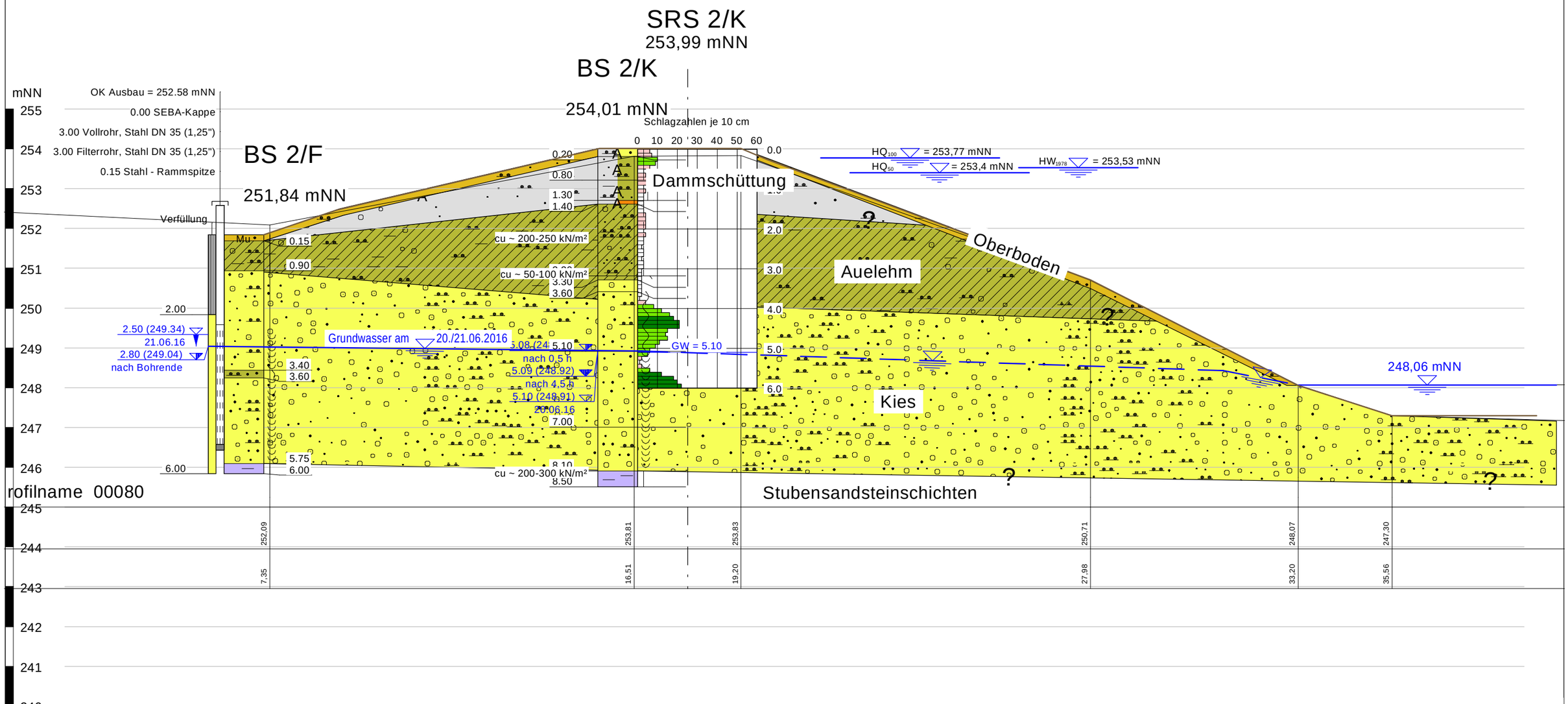
Darstellung

# Geologischer Schnitt A-A

Station 0 + 935

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl2.1.bop |
| Datum | 27.12.2016 |


Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60




?: Schichtgrenzenverlauf nicht bekannt, Darstellung schematisch

| | | | |
|---|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage | 2.2 |

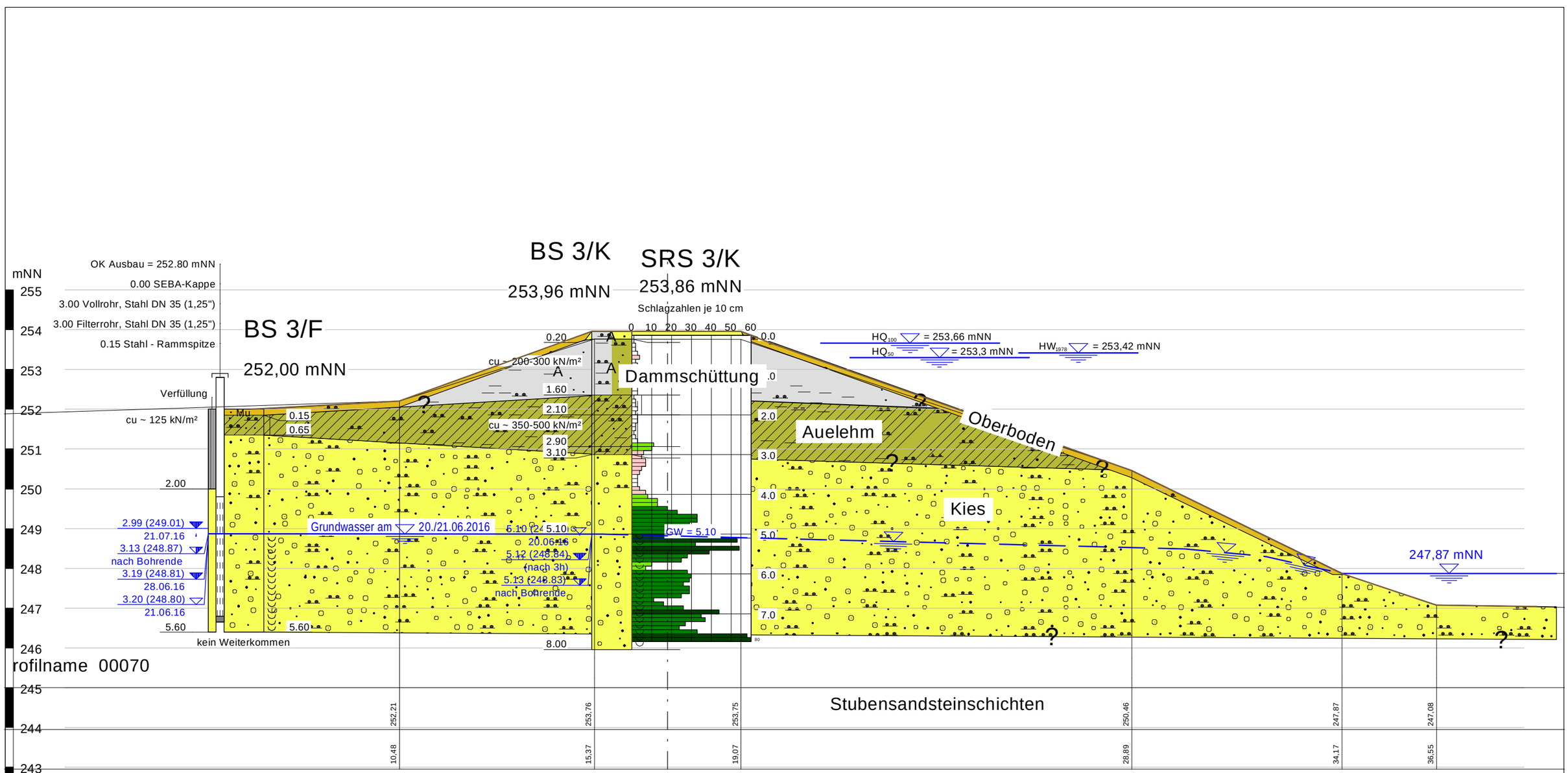
Darstellung

# Geologischer Schnitt B-B

## Station 0 + 780

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl2.2.bop |
| Datum | 27.12.2016 |


Institut für Hydrogeologie
und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60




?: Schichtgrenzenverlauf nicht bekannt, Darstellung schematisch

| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 2.3 |

Darstellung

# Geologischer Schnitt C-C
## Station 0 + 710

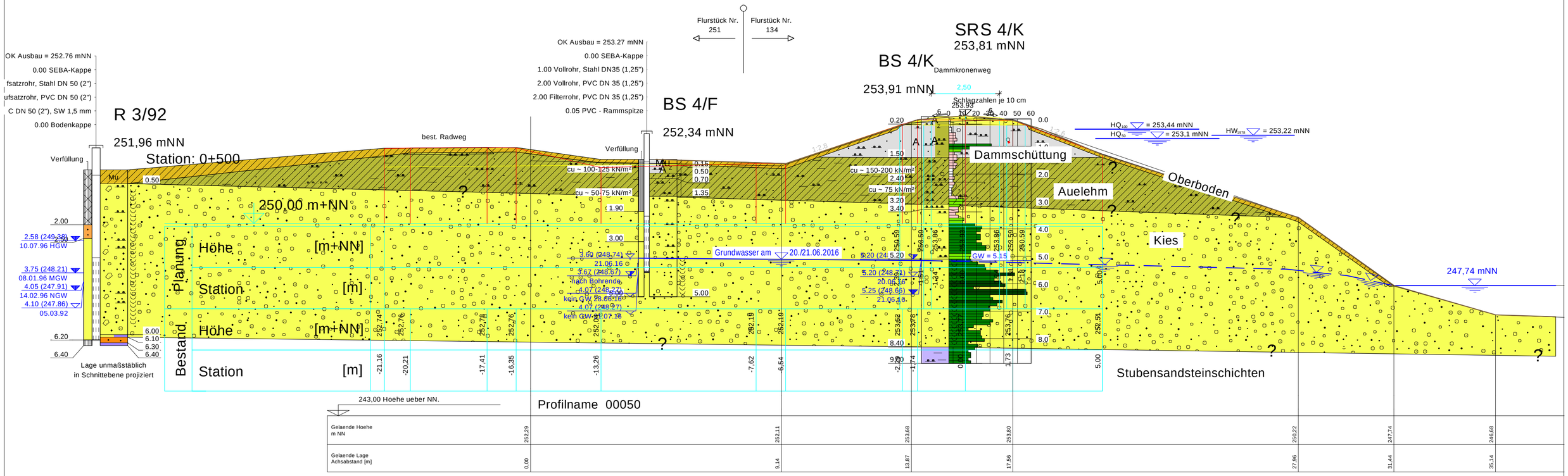
| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl2.3.bop |
| Datum | 27.12.2016 |


Institut für Hydrogeologie
und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 2.4 |
| Darstellung | Geologischer Schnitt D-D<br>Station 0 + 615 |
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl2.4.bop |
| Datum | 27.12.2016 |

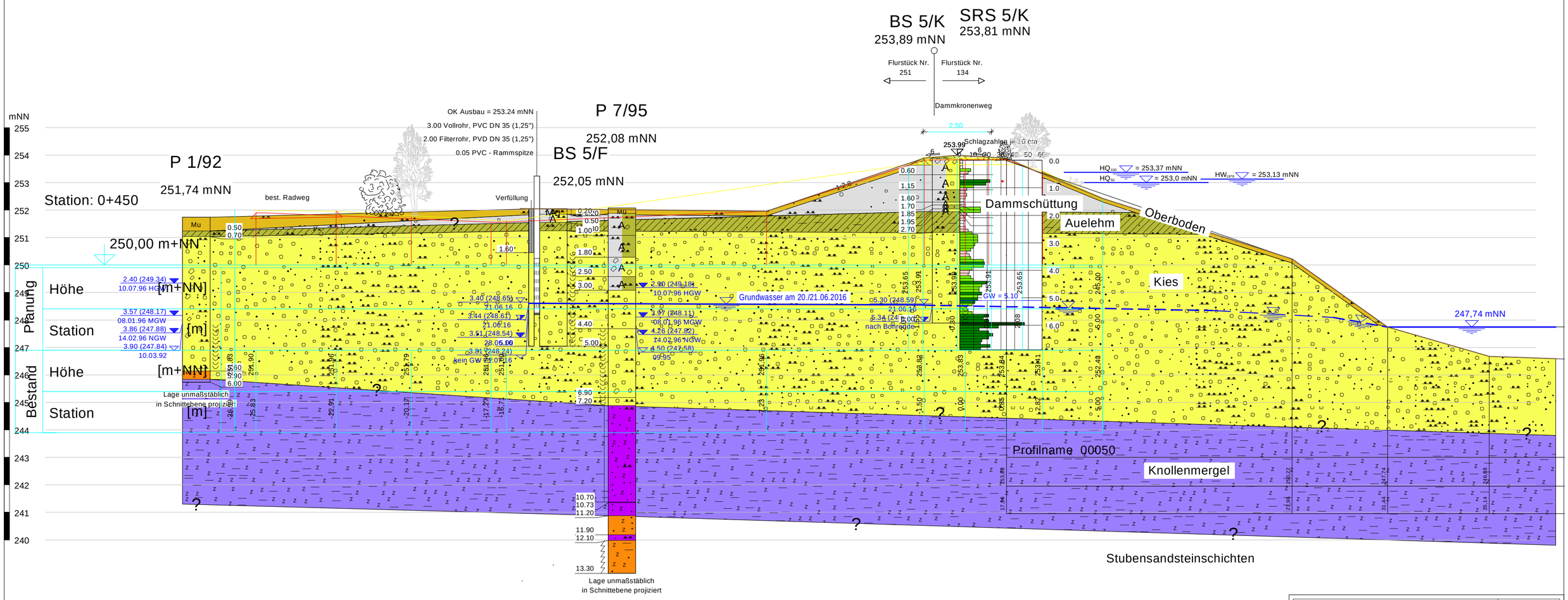
Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60




?: Schichtgrenzenverlauf nicht bekannt, Darstellung schematisch

| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 2.5 |
| Darstellung | **Geologischer Schnitt E-E**<br>Station 0 + 510 | |
| Maßstab | 1 : 100 | |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid | |
| Gezeichnet | ts | |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 | |
| Datei | 2-16-045-01anl2.5.bop | |
| Datum | 27.12.2016 | |


Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60




?: Schichtgrenzenverlauf nicht bekannt, Darstellung schematisch

| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 2.6 |

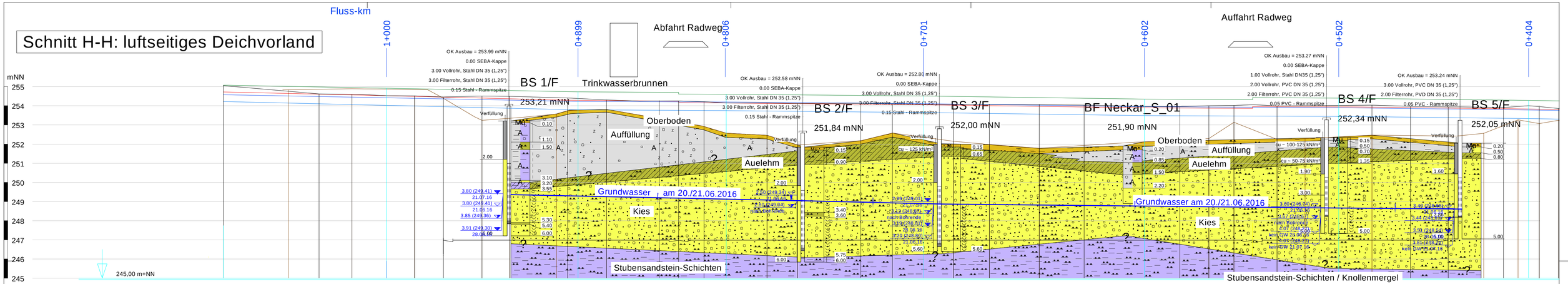
Darstellung

# Geologischer Schnitt F-F
## Station 0 + 440

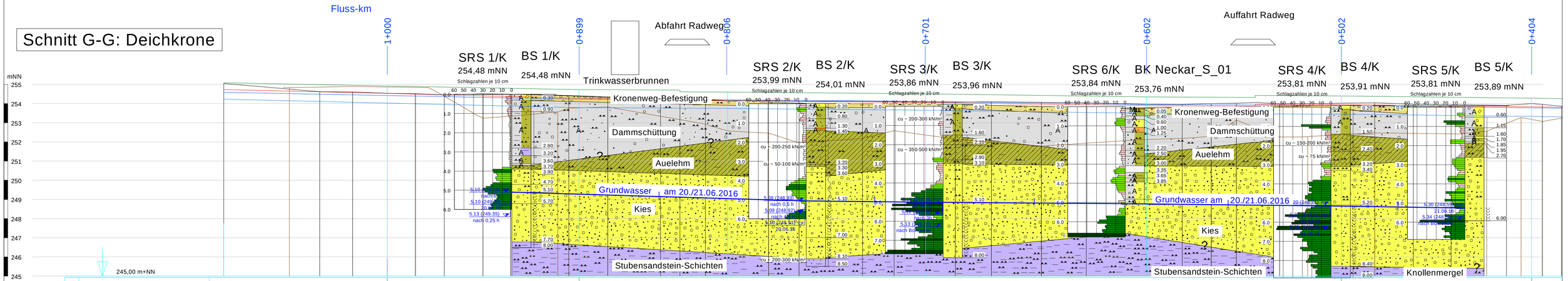
| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl2.6.bop |
| Datum | 27.12.2016 |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

# Schnitt H-H: luftseitiges Deichvorland




# Schnitt G-G: Deichkrone




| Bestand | 1+000 | 0+899 | 0+806 | 0+701 | 0+602 | 0+502 | 0+404 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| HQ100, k + 0,5 m Freibord | 254.92 | 254.73 | 254.60 | 254.51 | 254.35 | 254.40 | 254.28 |
| HQ100, k + 0,4 m Freibord | | | | | | | |
| HQ100, k | 254.42 | 254.23 | 254.20 | 254.11 | 253.95 | 253.90 | 253.78 |
| HQ100 Bestand + 0,5 m Freibord | 254.53 254.49 254.46 254.41 254.37 | 254.29 254.28 254.27 | 254.16 254.15 254.15 254.13 254.11 | 254.08 254.07 254.05 254.03 254.00 | 253.97 253.93 253.89 253.88 253.87 | 253.96 253.94 253.92 253.90 253.88 | 253.84 253.83 253.82 253.80 |
| HQ100 Bestand + 0,4 m Freibord | | | | | | | |
| HQ100 Bestand | 254.03 253.99 253.96 253.91 253.87 | 253.79 253.78 253.77 | 253.76 253.75 253.75 253.73 253.71 | 253.68 253.67 253.65 253.63 253.60 | 253.57 253.53 253.49 253.48 253.47 | 253.47 253.46 253.44 253.42 | 253.40 253.38 253.34 253.33 253.32 253.30 |
| OK Deichkrone | 255.05 254.62 254.60 254.53 254.52 254.46 254.51 254.49 | 254.41 254.38 254.31 | 254.25 254.21 254.15 254.15 254.12 | 254.13 254.10 254.08 254.07 254.09 | 254.04 253.97 253.96 254.00 254.02 | 253.99 254.02 | |
| Luftseitige Geländehöhe | 254.83 254.89 254.87 254.84 254.83 253.24 253.35 | 253.76 253.82 | 252.94 252.47 252.47 251.95 | 252.18 252.58 252.34 252.13 251.96 | 251.76 252.12 252.20 252.29 253.14 | 252.26 252.28 252.38 | |
| Station Fluß-km (gemäß der Machbarkeitsstudie) | 1+000 | 0+899 | 0+806 | 0+701 | 0+602 | 0+502 | |
| Station Bauachse Neckardeich | 0+000 0+007.5 0+031 0+050 0+067.2 0+088.3 | 0+100 0+115 0+135.2 0+150 0+180 0+185.4 | 0+200 0+238 0+250 0+262.4 0+284 0+300 | 0+332.7 0+350 0+367.1 0+382.3 0+400 | 0+450 0+461.5 0+500 0+516.2 0+528.3 | 0+550 0+561.4 0+583.1 | |

?: Schichtgrenzenverlauf nicht bekannt, Darstellung schematisch

| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 2.7 |
| Darstellung | Geologische Schnitte G-G + H-H<br>10fach überhöht |
| Maßstab | 1 : 1 000/100 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl2.7.bop |
| Datum | 25.07.2016 |


Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

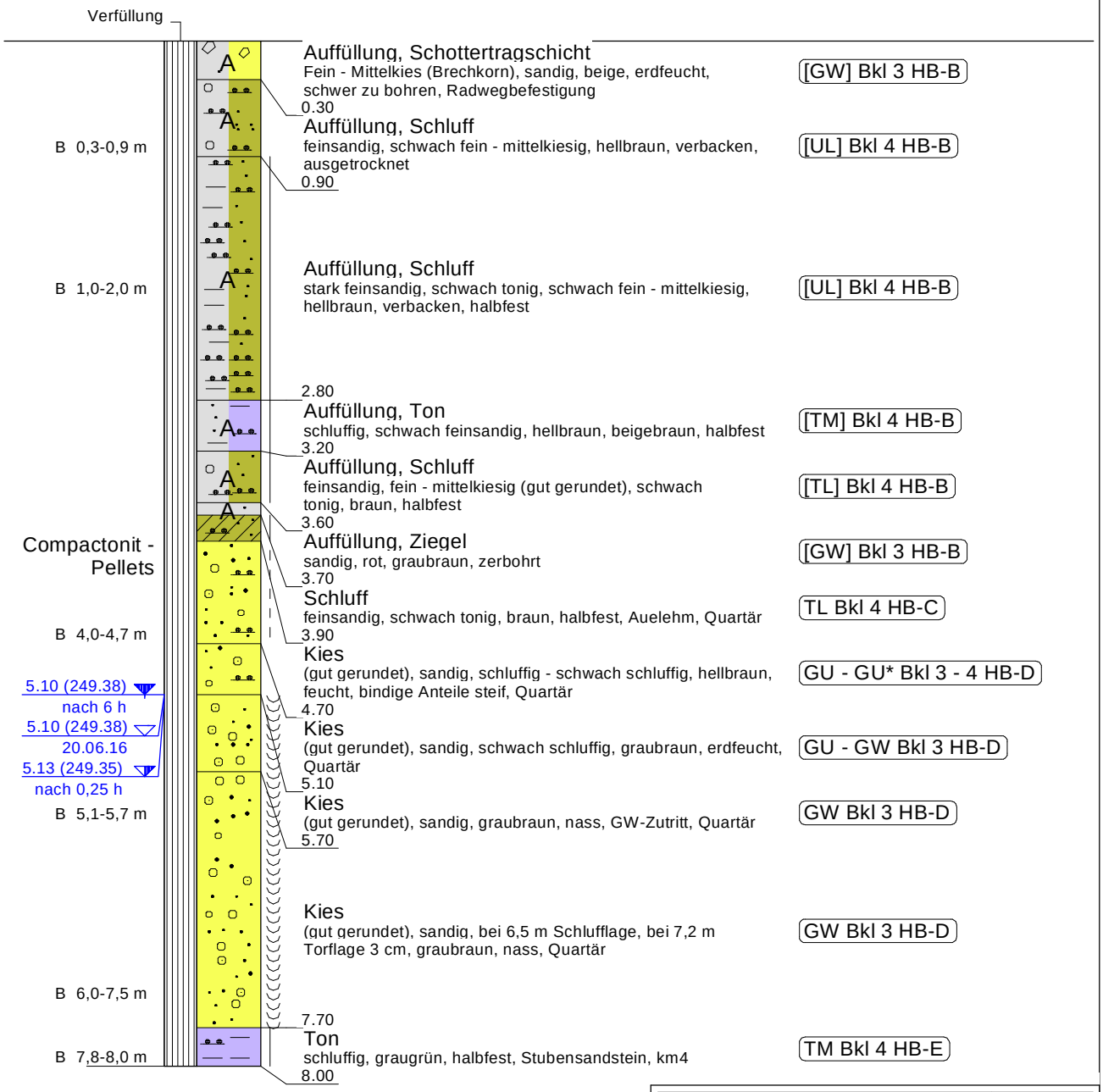
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Kleinbohrung (DIN EN ISO 22475-1) | Nutzung | Radweg | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 60/50 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530549,816 |
| Methode | Rammkernsonde/MRZB Sondierbohrgerät | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395478,029 |
| Zeitraum | 20.06.2016 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | Dr. Th. Schmid | | | | |

Probenart:
B = Boden
Bl = Bodenluft
W = Wasser

# BS 1/K

254,48 mNN

Bodengruppen nach DIN 18 196
Bodenklassen nach DIN 18 300:2012-09
Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08




| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 3.1a |

Darstellung

## Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 1/K

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.1a.bop |
| Datum | 30.06.2016 |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Rammsondierung | Nutzung | Radweg | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 43,7 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530548,119 |
| Methode | DPH nach DIN EN ISO 22476-2 | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395475,403 |
| Zeitraum | 24.06.2016 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | Dr. Th. Schmid | | | | |

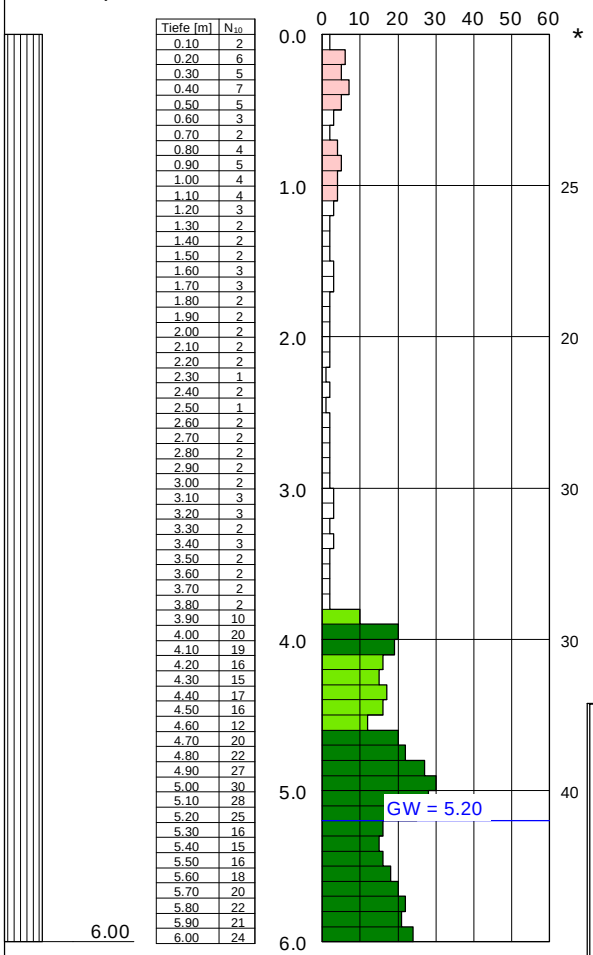
Verfüllung

(Compactonit-Pellets)

# SRS 1/K

254,48 mNN

Schlagzahlen je 10 cm




| Tiefe [m] | $N_{10}$ |
|---|---|
| 0.10 | 2 |
| 0.20 | 6 |
| 0.30 | 5 |
| 0.40 | 7 |
| 0.50 | 5 |
| 0.60 | 3 |
| 0.70 | 2 |
| 0.80 | 4 |
| 0.90 | 5 |
| 1.00 | 4 |
| 1.10 | 4 |
| 1.20 | 3 |
| 1.30 | 2 |
| 1.40 | 2 |
| 1.50 | 2 |
| 1.60 | 3 |
| 1.70 | 3 |
| 1.80 | 2 |
| 1.90 | 2 |
| 2.00 | 2 |
| 2.10 | 2 |
| 2.20 | 2 |
| 2.30 | 1 |
| 2.40 | 2 |
| 2.50 | 1 |
| 2.60 | 2 |
| 2.70 | 2 |
| 2.80 | 2 |
| 2.90 | 2 |
| 3.00 | 2 |
| 3.10 | 3 |
| 3.20 | 3 |
| 3.30 | 2 |
| 3.40 | 3 |
| 3.50 | 2 |
| 3.60 | 2 |
| 3.70 | 2 |
| 3.80 | 2 |
| 3.90 | 10 |
| 4.00 | 20 |
| 4.10 | 19 |
| 4.20 | 16 |
| 4.30 | 15 |
| 4.40 | 17 |
| 4.50 | 16 |
| 4.60 | 12 |
| 4.70 | 20 |
| 4.80 | 22 |
| 4.90 | 27 |
| 5.00 | 30 |
| 5.10 | 28 |
| 5.20 | 25 |
| 5.30 | 16 |
| 5.40 | 15 |
| 5.50 | 16 |
| 5.60 | 18 |
| 5.70 | 20 |
| 5.80 | 22 |
| 5.90 | 21 |
| 6.00 | 24 |

* Drehbarkeit des Gestänges:
L = leicht
M = mittel
S = schwer
SS = sehr schwer
ND = nicht drehbar
oder
Drehmoment [Nm]

Lagerungsdichte über/unter GW

| | |
|---|---|
| sehr locker: | 0-3/0-1 |
| locker: | 4-7/1-2 |
| mitteldicht: | 8-17/3-10 |
| dicht: | 18-49/11-37 |
| sehr dicht: | >49/>37 |

nichtbindige Böden

Konsistenz

| | |
|---|---|
| breiig: | 0-1 |
| weich: | 1-2 |
| steif: | 3-5 |
| halbfest: | 6-17 |
| fest: | >17 |

bindige Böden

| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 3.1b |

Darstellung

## Schwere Rammsondierung SRS 1/K

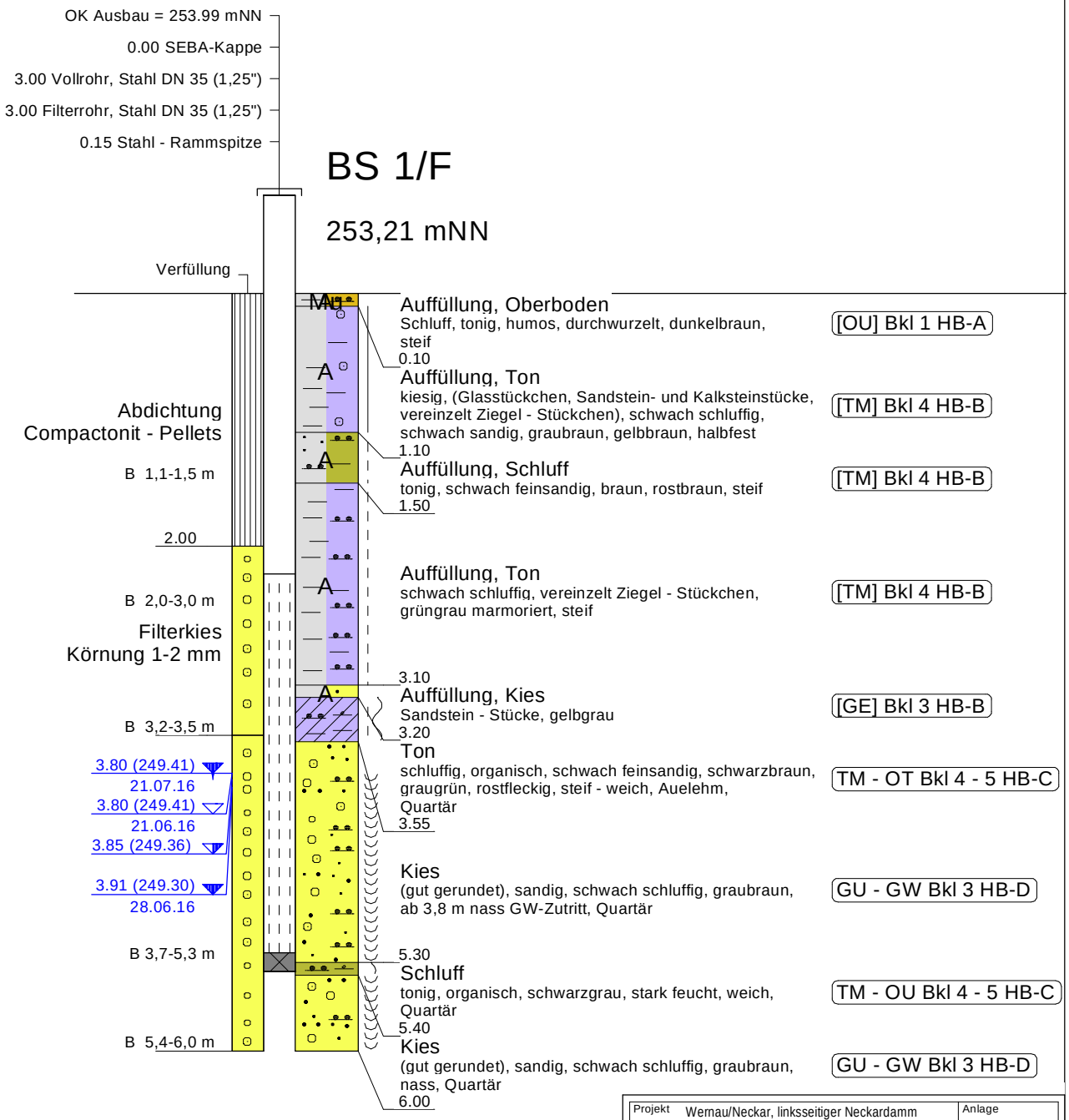
| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.1b.bop |
| Datum | 01.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie
und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Kleinbohrung (DIN EN ISO 22475-1) | Nutzung | Wiese | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 60/50 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530541,638 |
| Methode | Rammkernsonde/MRZB Sondierbohrgerät | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395482,367 |
| Zeitraum | 21.06.2016 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | Dr. Th. Schmid | | | | |

Probenart:
B = Boden
Bl = Bodenluft
W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
Bodenklassen nach DIN 18 300:2012-09
Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08




| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 3.1c |

Darstellung

## Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 1/F

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.1c.bop |
| Datum | 30.06.2016 |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

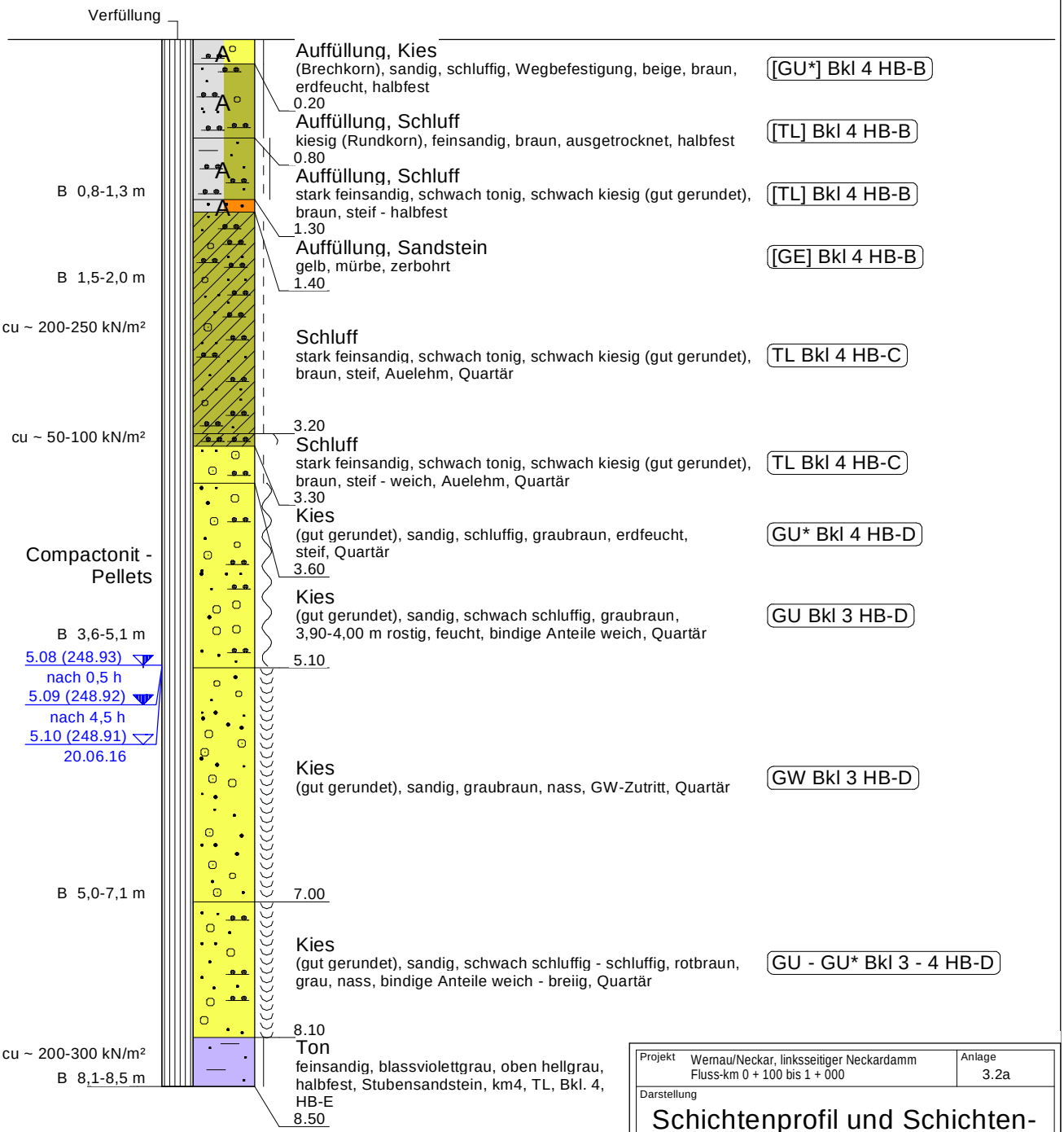
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Kleinbohrung (DIN EN ISO 22475-1) | Nutzung | Kronenweg | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 60/50 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530628,400 |
| Methode | Rammkernsonde/MRZB Sondierbohrgerät | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395608,182 |
| Zeitraum | 20.06.2016 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | Dr. Th. Schmid | | | | |

Probenart:
B = Boden
Bl = Bodenluft
W = Wasser

# BS 2/K

254,01 mNN

Bodengruppen nach DIN 18 196
Bodenklassen nach DIN 18 300:2012-09
Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08




| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 3.2a |

Darstellung

## Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 2/K

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.2a.bop |
| Datum | 30.06.2016 |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Rammsondierung | Nutzung | Kronenweg | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 43,7 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530626,982 |
| Methode | DPH nach DIN EN ISO 22476-2 | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395605,475 |
| Zeitraum | 24.06.2016 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | Dr. Th. Schmid | | | | |

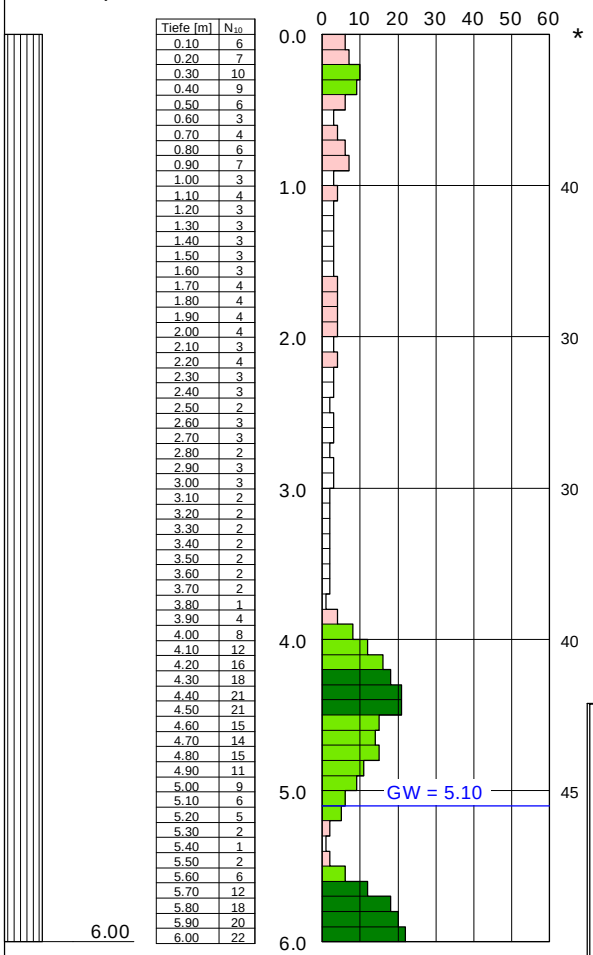
Verfüllung

(Compactonit-Pellets)

# SRS 2/K

253,99 mNN

Schlagzahlen je 10 cm




| Tiefe [m] | $N_{10}$ |
|---|---|
| 0.10 | 6 |
| 0.20 | 7 |
| 0.30 | 10 |
| 0.40 | 9 |
| 0.50 | 6 |
| 0.60 | 3 |
| 0.70 | 4 |
| 0.80 | 6 |
| 0.90 | 7 |
| 1.00 | 3 |
| 1.10 | 4 |
| 1.20 | 3 |
| 1.30 | 3 |
| 1.40 | 3 |
| 1.50 | 3 |
| 1.60 | 3 |
| 1.70 | 4 |
| 1.80 | 4 |
| 1.90 | 4 |
| 2.00 | 4 |
| 2.10 | 3 |
| 2.20 | 4 |
| 2.30 | 3 |
| 2.40 | 3 |
| 2.50 | 2 |
| 2.60 | 3 |
| 2.70 | 3 |
| 2.80 | 2 |
| 2.90 | 3 |
| 3.00 | 3 |
| 3.10 | 2 |
| 3.20 | 2 |
| 3.30 | 2 |
| 3.40 | 2 |
| 3.50 | 2 |
| 3.60 | 2 |
| 3.70 | 2 |
| 3.80 | 1 |
| 3.90 | 4 |
| 4.00 | 8 |
| 4.10 | 12 |
| 4.20 | 16 |
| 4.30 | 18 |
| 4.40 | 21 |
| 4.50 | 21 |
| 4.60 | 15 |
| 4.70 | 14 |
| 4.80 | 15 |
| 4.90 | 11 |
| 5.00 | 9 |
| 5.10 | 6 |
| 5.20 | 5 |
| 5.30 | 2 |
| 5.40 | 1 |
| 5.50 | 2 |
| 5.60 | 6 |
| 5.70 | 12 |
| 5.80 | 18 |
| 5.90 | 20 |
| 6.00 | 22 |

* Drehbarkeit des Gestänges:
L = leicht
M = mittel
S = schwer
SS = sehr schwer
ND = nicht drehbar
oder
Drehmoment [Nm]

Lagerungsdichte über/unter GW

| | |
|---|---|
| sehr locker: | 0-3/0-1 |
| locker: | 4-7/1-2 |
| mitteldicht: | 8-17/3-10 |
| dicht: | 18-49/11-37 |
| sehr dicht: | >49/>37 |

nichtbindige Böden

Konsistenz

| | |
|---|---|
| breiig: | 0-1 |
| weich: | 1-2 |
| steif: | 3-5 |
| halbfest: | 6-17 |
| fest: | >17 |

bindige Böden

| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 3.2b |

Darstellung

## Schwere Rammsondierung SRS 2/K

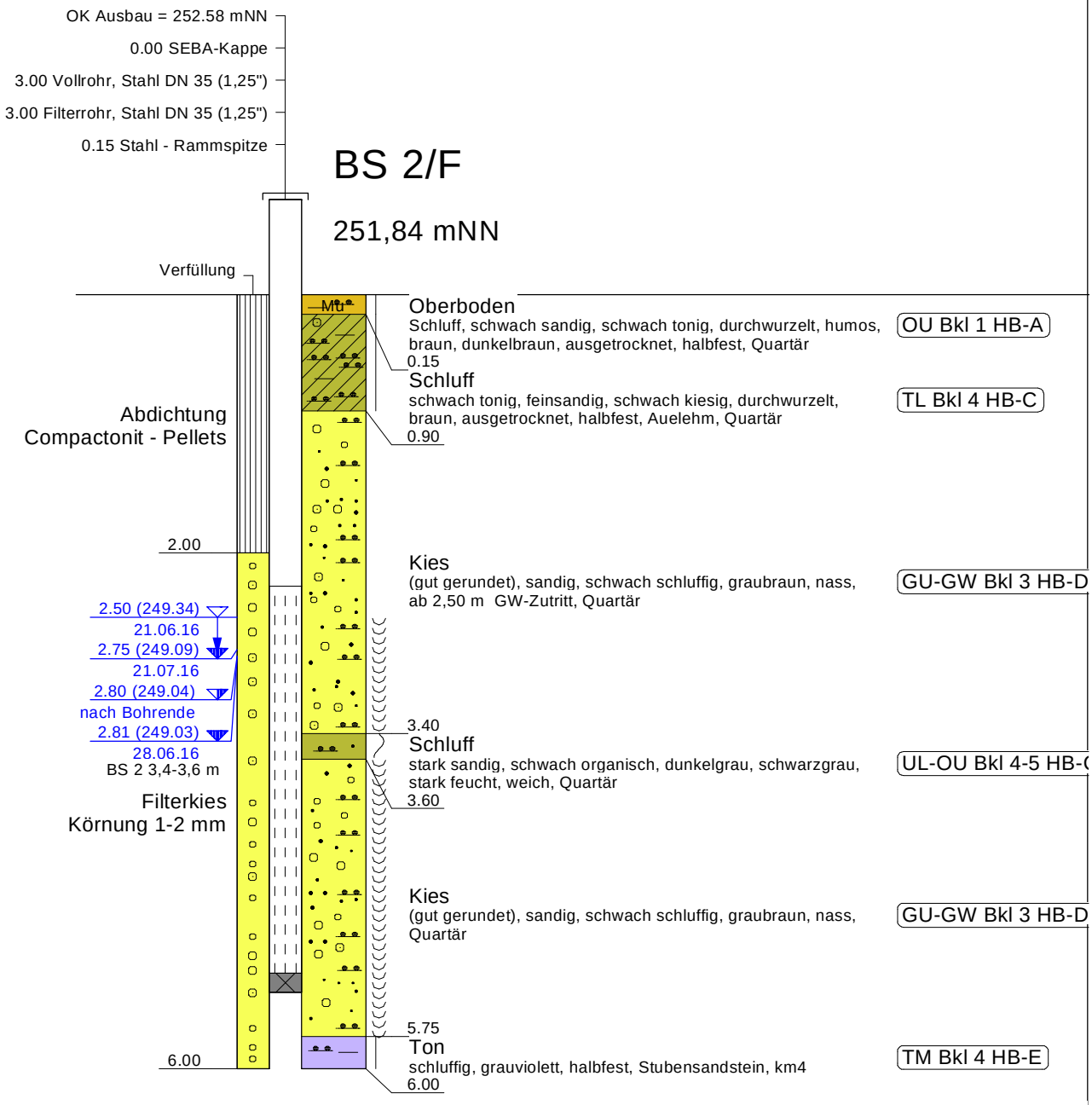
| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.2b.bop |
| Datum | 01.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie
und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Kleinbohrung (DIN EN ISO 22475-1) | Nutzung | Wiese | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 60/50 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530620,645 |
| Methode | Rammkernsonde/MRZB Sondierbohrgerät | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395612,054 |
| Zeitraum | 21.06.2016 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | M. Marx | | | | |

Probenart:
B = Boden
Bl = Bodenluft
W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
Bodenklassen nach DIN 18 300:2012-09
Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08




| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 3.2c |

Darstellung

## Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 2/F

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.2c.bop |
| Datum | 01.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

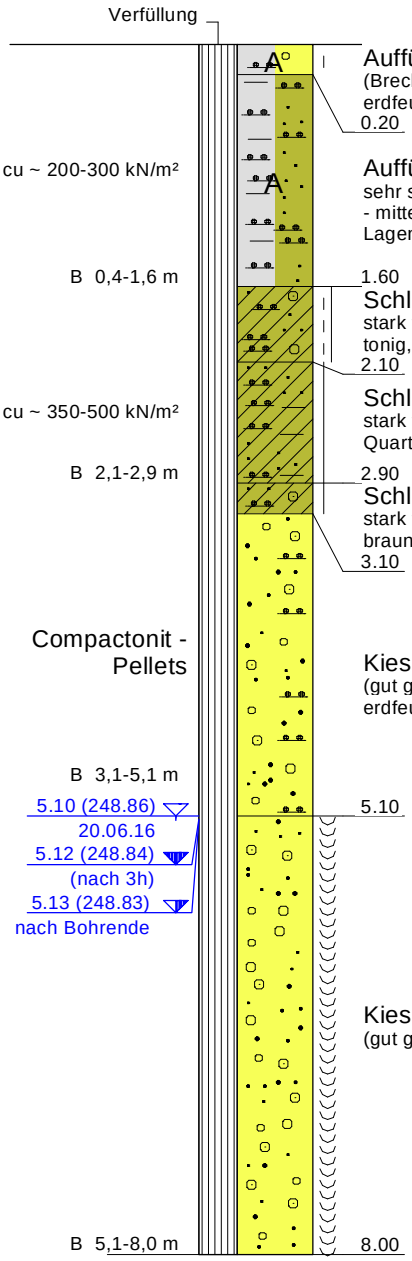
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Kleinbohrung (DIN EN ISO 22475-1) | Nutzung | Kronenweg | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 60/50 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530660,380 |
| Methode | Rammkernsonde/MRZB Sondierbohrgerät | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395670,375 |
| Zeitraum | 20.06.2016 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | Dr. Th. Schmid | | | | |

Probenart:
B = Boden
Bl = Bodenluft
W = Wasser

# BS 3/K

253,96 mNN

Bodengruppen nach DIN 18 196
Bodenklassen nach DIN 18 300:2012-09
Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08




**Auffüllung, Kies**
(Brechkorn), sandig, schluffig, Wegbefestigung, beige, braun, erdfeucht, steif
0.20
[GU*] Bkl 4 HB-B

**Auffüllung, Schluff**
sehr stark feinsandig, schwach tonig, sehr schwach fein - mittelkiesig, bei 0,6 m,1,2 m, 1,6 m hellere, tonigere Lagen, braun, verbacken, ausgetrocknet
[TL] - [UL] Bkl 4 HB-B

1.60

**Schluff**
stark feinsandig, stark kiesig, (gut gerundet), schwach tonig, braun, steif - halbfest, Auelehm, Quartär
UL - GU* Bkl 4 HB-C
2.10

**Schluff**
stark feinsandig, sehr schwach tonig, braun, halbfest, Auelehm, Quartär
TM - UM Bkl 4 HB-C
2.90

**Schluff**
stark feinsandig, stark kiesig, (gut gerundet)schwach tonig, braun, halbfest, Auelehm, Quartär
UL - GU* Bkl 4 HB-C
3.10

**Kies**
(gut gerundet), sandig, sehr schwach schluffig, graubraun, erdfeucht, Quartär
GW - GU Bkl 3 HB-D
5.10

**Kies**
(gut gerundet), sandig, graubraun, nass, GW-Zutritt, Quartär
GW Bkl 3 HB-D
8.00

| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 3.3a |
| Darstellung | Schichtenprofil und Schichten-beschreibung BS 3/K |
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.3a.bop |
| Datum | 01.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Rammsondierung | Nutzung | Kronenweg | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 43,7 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530658,722 |
| Methode | DPH nach DIN EN ISO 22476-2 | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395667,854 |
| Zeitraum | 21.06.2016 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | M. Marx | | | | |

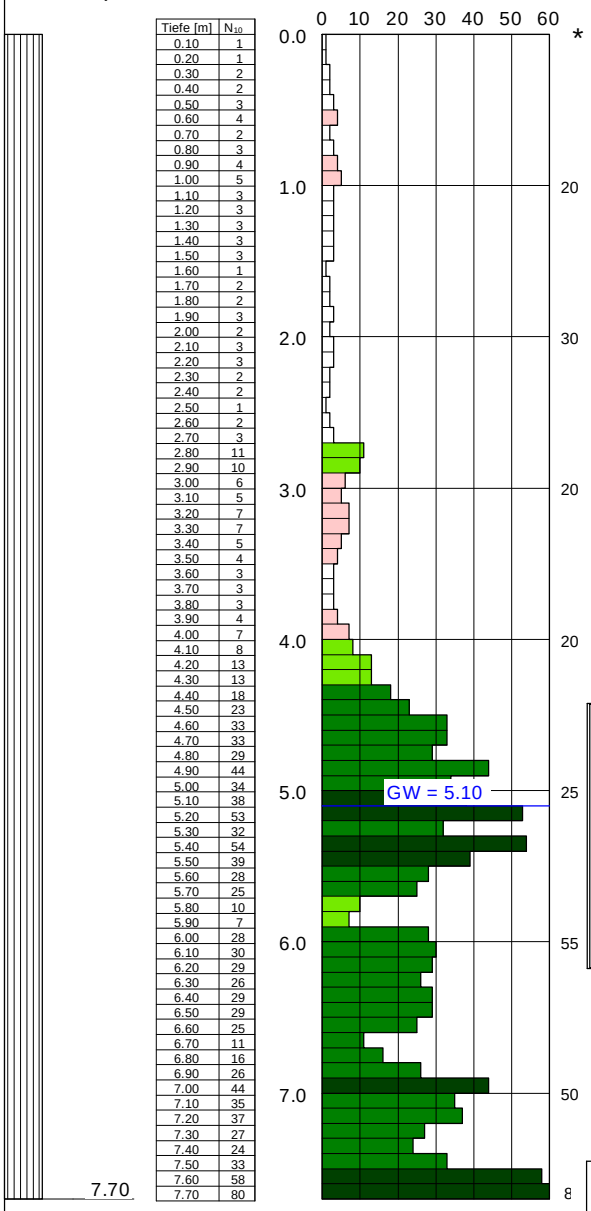
Verfüllung

(Compactonit-Pellets)

# SRS 3/K

253,86 mNN

Schlagzahlen je 10 cm




| Tiefe [m] | $N_{10}$ |
|---|---|
| 0.10 | 1 |
| 0.20 | 1 |
| 0.30 | 2 |
| 0.40 | 2 |
| 0.50 | 3 |
| 0.60 | 4 |
| 0.70 | 2 |
| 0.80 | 3 |
| 0.90 | 4 |
| 1.00 | 5 |
| 1.10 | 3 |
| 1.20 | 3 |
| 1.30 | 3 |
| 1.40 | 3 |
| 1.50 | 3 |
| 1.60 | 1 |
| 1.70 | 2 |
| 1.80 | 2 |
| 1.90 | 3 |
| 2.00 | 2 |
| 2.10 | 3 |
| 2.20 | 3 |
| 2.30 | 2 |
| 2.40 | 2 |
| 2.50 | 1 |
| 2.60 | 2 |
| 2.70 | 3 |
| 2.80 | 11 |
| 2.90 | 10 |
| 3.00 | 6 |
| 3.10 | 5 |
| 3.20 | 7 |
| 3.30 | 7 |
| 3.40 | 5 |
| 3.50 | 4 |
| 3.60 | 3 |
| 3.70 | 3 |
| 3.80 | 3 |
| 3.90 | 4 |
| 4.00 | 7 |
| 4.10 | 8 |
| 4.20 | 13 |
| 4.30 | 13 |
| 4.40 | 18 |
| 4.50 | 23 |
| 4.60 | 33 |
| 4.70 | 33 |
| 4.80 | 29 |
| 4.90 | 44 |
| 5.00 | 34 |
| 5.10 | 38 |
| 5.20 | 53 |
| 5.30 | 32 |
| 5.40 | 54 |
| 5.50 | 39 |
| 5.60 | 28 |
| 5.70 | 25 |
| 5.80 | 10 |
| 5.90 | 7 |
| 6.00 | 28 |
| 6.10 | 30 |
| 6.20 | 29 |
| 6.30 | 26 |
| 6.40 | 29 |
| 6.50 | 29 |
| 6.60 | 25 |
| 6.70 | 11 |
| 6.80 | 16 |
| 6.90 | 26 |
| 7.00 | 44 |
| 7.10 | 35 |
| 7.20 | 37 |
| 7.30 | 27 |
| 7.40 | 24 |
| 7.50 | 33 |
| 7.60 | 58 |
| 7.70 | 80 |

* Drehbarkeit des Gestänges:
L = leicht
M = mittel
S = schwer
SS = sehr schwer
ND = nicht drehbar
oder
Drehmoment [Nm]

Lagerungsdichte über/unter GW

| | |
|---|---|
| sehr locker: | 0-3/0-1 |
| locker: | 4-7/1-2 |
| mitteldicht: | 8-17/3-10 |
| dicht: | 18-49/11-37 |
| sehr dicht: | >49/>37 |

nichtbindige Böden

Konsistenz

| | |
|---|---|
| breiig: | 0-1 |
| weich: | 1-2 |
| steif: | 3-5 |
| halbfest: | 6-17 |
| fest: | >17 |

bindige Böden

| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 3.3b |

Darstellung

## Schwere Rammsondierung SRS 3/K

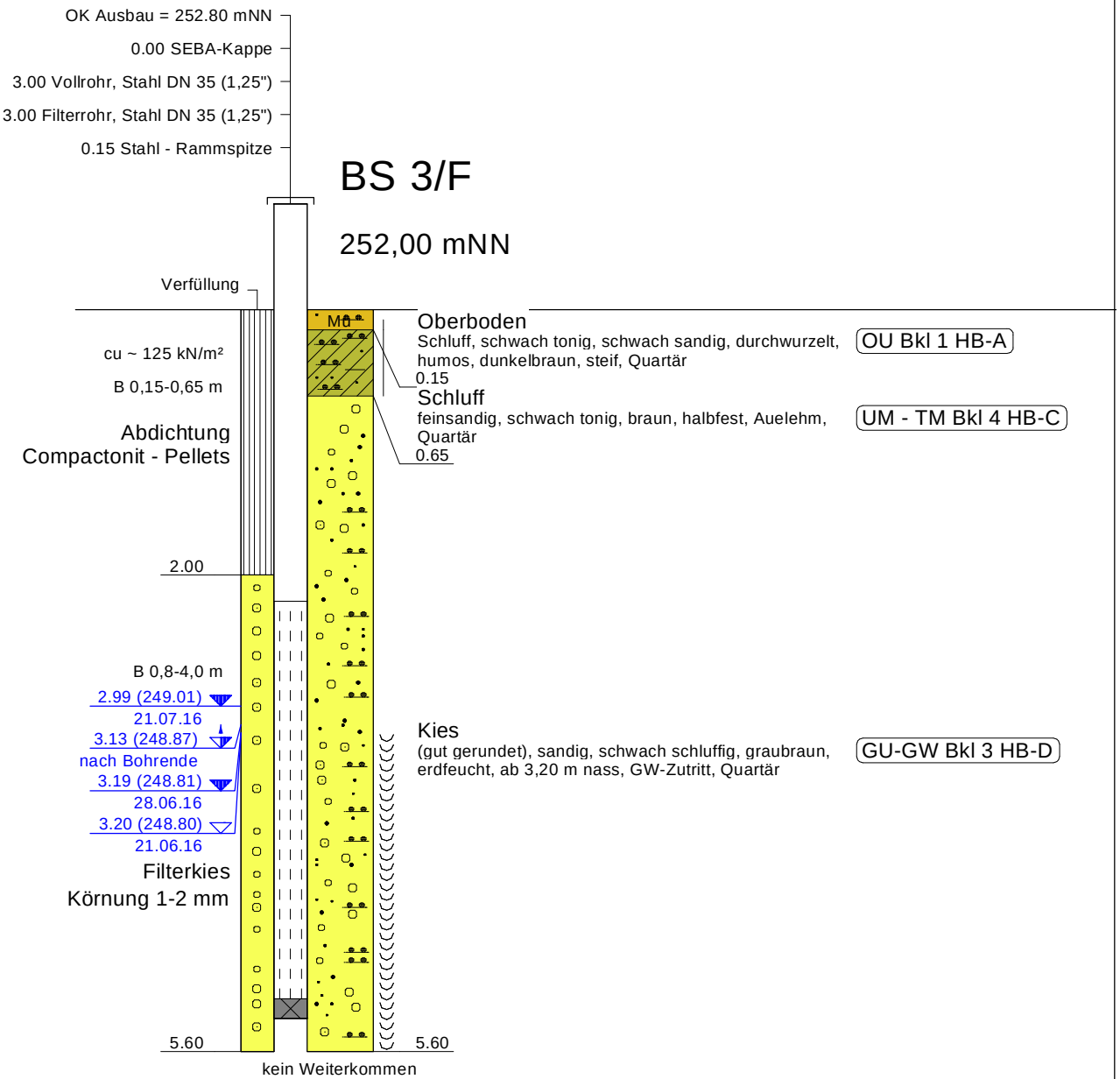
| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.3b.bop |
| Datum | 01.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie
und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Kleinbohrung (DIN EN ISO 22475-1) | Nutzung | Wiese | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 60/50 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530652,444 |
| Methode | Rammkernsonde/MRZB Sondierbohrgerät | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395674,498 |
| Zeitraum | 21.06.2016 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | M. Marx | | | | |

Probenart:
B = Boden
Bl = Bodenluft
W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
Bodenklassen nach DIN 18 300:2012-09
Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08




| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 3.3c |

Darstellung

## Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 3/F

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.3c.bop |
| Datum | 05.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

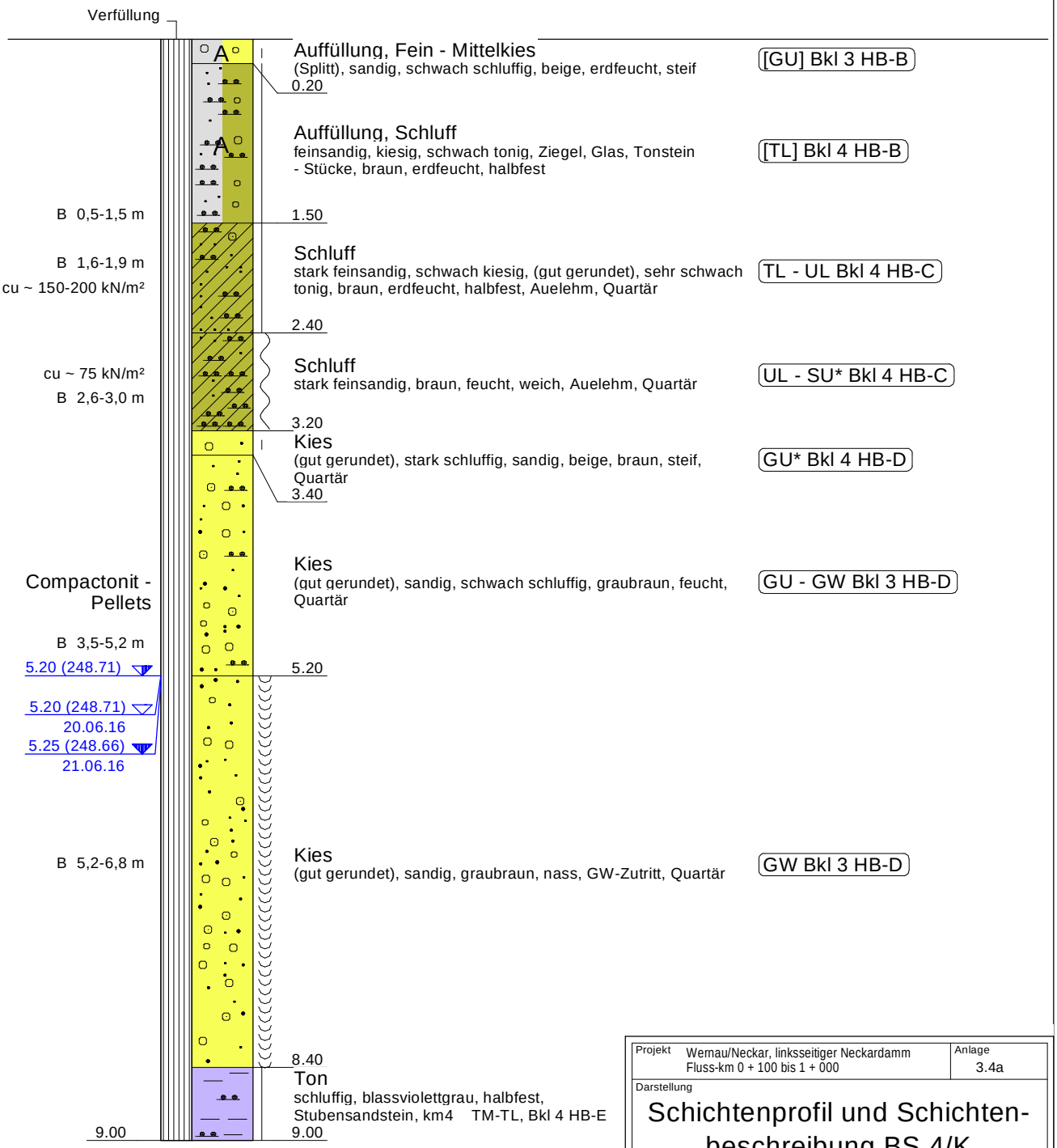
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Kleinbohrung (DIN EN ISO 22475-1) | Nutzung | Radweg | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 60/50 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530746,876 |
| Methode | Rammkernsonde/MRZB Sondierbohrgerät | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395854,596 |
| Zeitraum | 20.06.2016 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | Dr. Th. Schmid | | | | |

Probenart:
B = Boden
Bl = Bodenluft
W = Wasser

# BS 4/K

253,91 mNN

Bodengruppen nach DIN 18 196
Bodenklassen nach DIN 18 300:2012-09
Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08




| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 3.4a |

Darstellung

## Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 4/K

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.4a.bop |
| Datum | 05.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

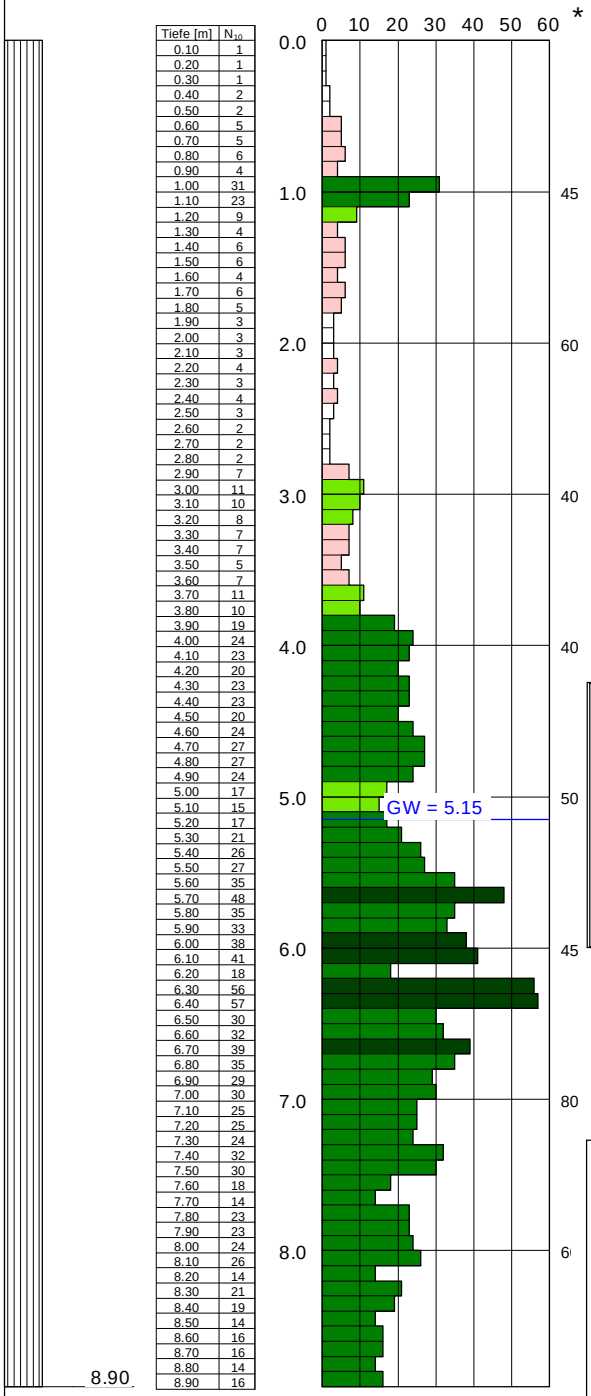
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Rammsondierung | Nutzung | Radweg | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 43,7 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530745,125 |
| Methode | DPH nach DIN EN ISO 22476-2 | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395851,898 |
| Zeitraum | 21.06.2016 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | M. Marx | | | | |

Verfüllung
(Compactonit-
Pellets)

# SRS 4/K

253,81 mNN

Schlagzahlen je 10 cm




| Tiefe [m] | $N_{10}$ |
|---|---|
| 0.10 | 1 |
| 0.20 | 1 |
| 0.30 | 1 |
| 0.40 | 2 |
| 0.50 | 2 |
| 0.60 | 5 |
| 0.70 | 5 |
| 0.80 | 6 |
| 0.90 | 4 |
| 1.00 | 31 |
| 1.10 | 23 |
| 1.20 | 9 |
| 1.30 | 4 |
| 1.40 | 6 |
| 1.50 | 6 |
| 1.60 | 4 |
| 1.70 | 6 |
| 1.80 | 5 |
| 1.90 | 3 |
| 2.00 | 3 |
| 2.10 | 3 |
| 2.20 | 4 |
| 2.30 | 3 |
| 2.40 | 4 |
| 2.50 | 3 |
| 2.60 | 2 |
| 2.70 | 2 |
| 2.80 | 2 |
| 2.90 | 7 |
| 3.00 | 11 |
| 3.10 | 10 |
| 3.20 | 8 |
| 3.30 | 7 |
| 3.40 | 7 |
| 3.50 | 5 |
| 3.60 | 7 |
| 3.70 | 11 |
| 3.80 | 10 |
| 3.90 | 19 |
| 4.00 | 24 |
| 4.10 | 23 |
| 4.20 | 20 |
| 4.30 | 23 |
| 4.40 | 23 |
| 4.50 | 20 |
| 4.60 | 24 |
| 4.70 | 27 |
| 4.80 | 27 |
| 4.90 | 24 |
| 5.00 | 17 |
| 5.10 | 15 |
| 5.20 | 17 |
| 5.30 | 21 |
| 5.40 | 26 |
| 5.50 | 27 |
| 5.60 | 35 |
| 5.70 | 48 |
| 5.80 | 35 |
| 5.90 | 33 |
| 6.00 | 38 |
| 6.10 | 41 |
| 6.20 | 18 |
| 6.30 | 56 |
| 6.40 | 57 |
| 6.50 | 30 |
| 6.60 | 32 |
| 6.70 | 39 |
| 6.80 | 35 |
| 6.90 | 29 |
| 7.00 | 30 |
| 7.10 | 25 |
| 7.20 | 25 |
| 7.30 | 24 |
| 7.40 | 32 |
| 7.50 | 30 |
| 7.60 | 18 |
| 7.70 | 14 |
| 7.80 | 23 |
| 7.90 | 23 |
| 8.00 | 24 |
| 8.10 | 26 |
| 8.20 | 14 |
| 8.30 | 21 |
| 8.40 | 19 |
| 8.50 | 14 |
| 8.60 | 16 |
| 8.70 | 16 |
| 8.80 | 14 |
| 8.90 | 16 |

* Drehbarkeit des Gestänges:
L = leicht
M = mittel
S = schwer
SS = sehr schwer
ND = nicht drehbar
oder
Drehmoment [Nm]

Lagerungsdichte über/unter GW

| | |
|---|---|
| sehr locker: | 0-3/0-1 |
| locker: | 4-7/1-2 |
| mitteldicht: | 8-17/3-10 |
| dicht: | 18-49/11-37 |
| sehr dicht: | >49/>37 |

nichtbindige Böden

Konsistenz

| | |
|---|---|
| breiig: | 0-1 |
| weich: | 1-2 |
| steif: | 3-5 |
| halbfest: | 6-17 |
| fest: | >17 |

bindige Böden

| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 3.4b |

Darstellung

## Schwere Rammsondierung SRS 4/K

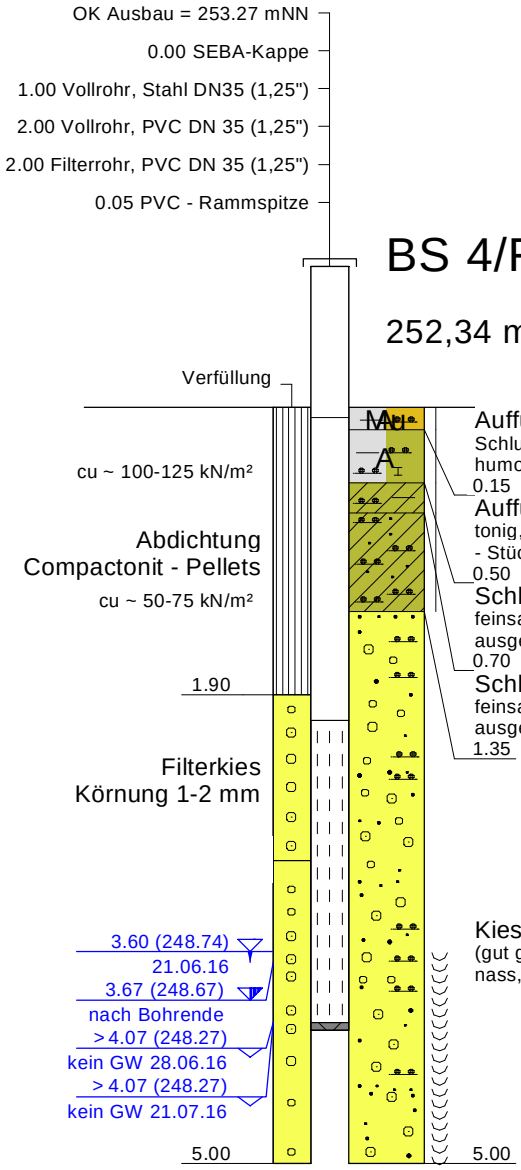
| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.4b.bop |
| Datum | 01.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie
und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Kleinbohrung (DIN EN ISO 22475-1) | Nutzung | Wiese | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 60/50 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530736,733 |
| Methode | Rammkernsonde/MRZB Sondierbohrgerät | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395855,328 |
| Zeitraum | 21.06.2016 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | M. Marx | | | | |

Probenart:
B = Boden
Bl = Bodenluft
W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
Bodenklassen nach DIN 18 300:2012-09
Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08




**Auffüllung, Oberboden**
Schluff, schwach tonig, schwach sandig, durchwurzelt, humos, braun, dunkelbraun, ausgetrocknet, halbfest
0.15
[OU] Bkl 1 HB-A

**Auffüllung, Schluff**
tonig, mittelkiesig, schwach grobkiesig, (Kalkstein - Stücke), braun, ausgetrocknet, halbfest
0.50
[TL] - [TM] Bkl 4 HB-B

**Schluff**
feinsandig, schwach tonig, Schalenreste, braun, ausgetrocknet, halbfest, Auelehm, Quartär
0.70
TL - TM Bkl 4 HB-C

**Schluff**
feinsandig - stark feinsandig, Schalenreste, braun, ausgetrocknet, halbfest, Auelehm, Quartär
1.35
TL Bkl 4 HB-C

**Kies**
(gut gerundet), sandig, schwach schluffig, graubraun, nass, ab 3,60 m GW-Zutritt, Quartär
GU - GW Bkl 3 HB-D

| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 3.4c |

Darstellung

## Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 4/F

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.4c.bop |
| Datum | 06.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

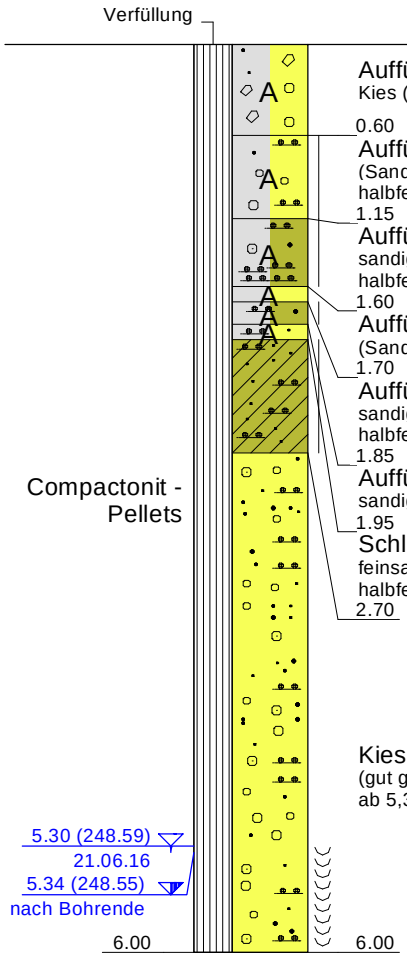
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Kleinbohrung (DIN EN ISO 22475-1) | Nutzung | Radweg | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 60/50 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530775,193 |
| Methode | Rammkernsonde/MRZB Sondierbohrgerät | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395917,068 |
| Zeitraum | 21.06.2016 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | M. Marx | | | | |

Probenart:
B = Boden
Bl = Bodenluft
W = Wasser

# BS 5/K

253,89 mNN

Bodengruppen nach DIN 18 196
Bodenklassen nach DIN 18 300:2012-09
Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08




**Auffüllung, Schottertragschicht**
Kies (Brechkorn), sandig, hellgrau, Radwegbefestigung
0.60
[GW] Bkl 3 HB-B

**Auffüllung, Kies**
(Sandstein - Stücke), sandig, schluffig, rotbraun, ausgetrocknet, halbfest
1.15
[GU*] Bkl 4 HB-B

**Auffüllung, Schluff**
sandig, schwach kiesig - kiesig, braun, graubraun, ausgetrocknet, halbfest
1.60
[TL] Bkl 4 HB-B

**Auffüllung, Kies**
(Sandstein - Stücke), gelbbraun, ausgetrocknet
1.70
[GE] Bkl 3 HB-B

**Auffüllung, Schluff**
sandig, schwach kiesig - kiesig, braun, graubraun, ausgetrocknet, halbfest
1.85
[TL] Bkl 4 HB-B

**Auffüllung, Kies**
sandig, schwach schluffig, gelbgrau, ausgetrocknet
1.95
[GW] - [GU] Bkl 3 HB-B

**Schluff**
feinsandig, schwach tonig, braun, graubraun, ausgetrocknet, halbfest, Auelehm, Quartär
2.70
TL - TM Bkl 4 HB-C

**Kies**
(gut gerundet), sandig, sehr schwach schluffig, graubraun, ab 5,30 m nass, GW-Zutritt, Quartär
GW - GU Bkl 3 HB-D

| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 3.5a |

Darstellung

## Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 5/K

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.5a.bop |
| Datum | 06.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Rammsondierung | Nutzung | Radweg | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 43,7 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530773,670 |
| Methode | DPH nach DIN EN ISO 22476-2 | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395914,377 |
| Zeitraum | 21.06.2016 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | M. Marx | | | | |

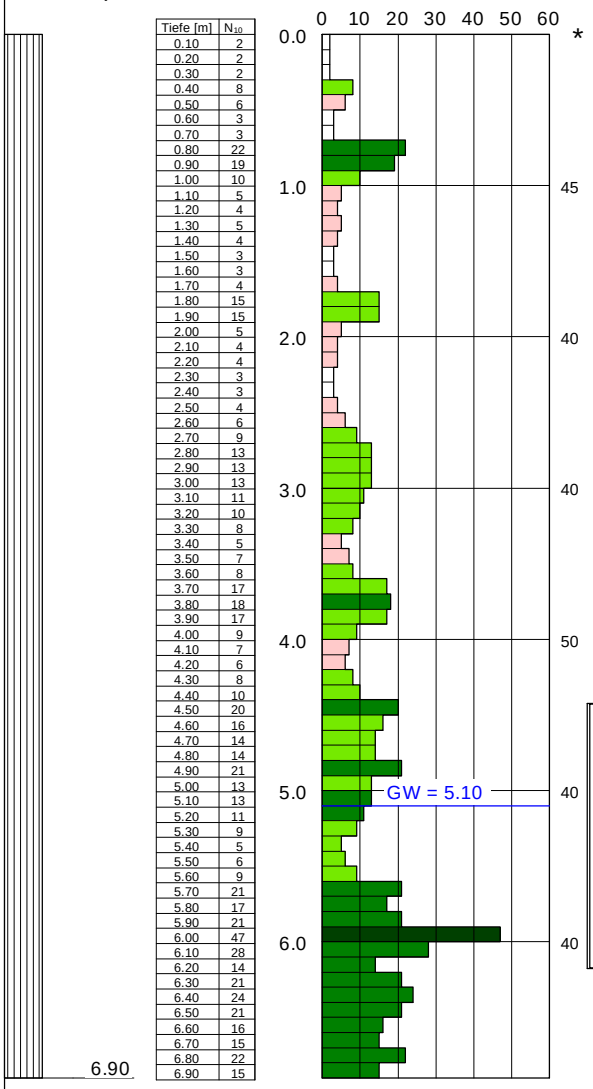
Verfüllung

(Compactonit-Pellets)

# SRS 5/K

253,81 mNN

Schlagzahlen je 10 cm




| Tiefe [m] | $N_{10}$ |
|---|---|
| 0.10 | 2 |
| 0.20 | 2 |
| 0.30 | 2 |
| 0.40 | 8 |
| 0.50 | 6 |
| 0.60 | 3 |
| 0.70 | 3 |
| 0.80 | 22 |
| 0.90 | 19 |
| 1.00 | 10 |
| 1.10 | 5 |
| 1.20 | 4 |
| 1.30 | 5 |
| 1.40 | 4 |
| 1.50 | 3 |
| 1.60 | 3 |
| 1.70 | 4 |
| 1.80 | 15 |
| 1.90 | 15 |
| 2.00 | 5 |
| 2.10 | 4 |
| 2.20 | 4 |
| 2.30 | 3 |
| 2.40 | 3 |
| 2.50 | 4 |
| 2.60 | 6 |
| 2.70 | 9 |
| 2.80 | 13 |
| 2.90 | 13 |
| 3.00 | 13 |
| 3.10 | 11 |
| 3.20 | 10 |
| 3.30 | 8 |
| 3.40 | 5 |
| 3.50 | 7 |
| 3.60 | 8 |
| 3.70 | 17 |
| 3.80 | 18 |
| 3.90 | 17 |
| 4.00 | 9 |
| 4.10 | 7 |
| 4.20 | 6 |
| 4.30 | 8 |
| 4.40 | 10 |
| 4.50 | 20 |
| 4.60 | 16 |
| 4.70 | 14 |
| 4.80 | 14 |
| 4.90 | 21 |
| 5.00 | 13 |
| 5.10 | 13 |
| 5.20 | 11 |
| 5.30 | 9 |
| 5.40 | 5 |
| 5.50 | 6 |
| 5.60 | 9 |
| 5.70 | 21 |
| 5.80 | 17 |
| 5.90 | 21 |
| 6.00 | 47 |
| 6.10 | 28 |
| 6.20 | 14 |
| 6.30 | 21 |
| 6.40 | 24 |
| 6.50 | 21 |
| 6.60 | 16 |
| 6.70 | 15 |
| 6.80 | 22 |
| 6.90 | 15 |

* Drehbarkeit des Gestänges:
L = leicht
M = mittel
S = schwer
SS = sehr schwer
ND = nicht drehbar
oder
Drehmoment [Nm]

Lagerungsdichte über/unter GW

| | |
|---|---|
| sehr locker: | 0-3/0-1 |
| locker: | 4-7/1-2 |
| mitteldicht: | 8-17/3-10 |
| dicht: | 18-49/11-37 |
| sehr dicht: | >49/>37 |

nichtbindige Böden

Konsistenz

| | |
|---|---|
| breiig: | 0-1 |
| weich: | 1-2 |
| steif: | 3-5 |
| halbfest: | 6-17 |
| fest: | >17 |

bindige Böden

| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 3.5b |

Darstellung

## Schwere Rammsondierung SRS 5/K

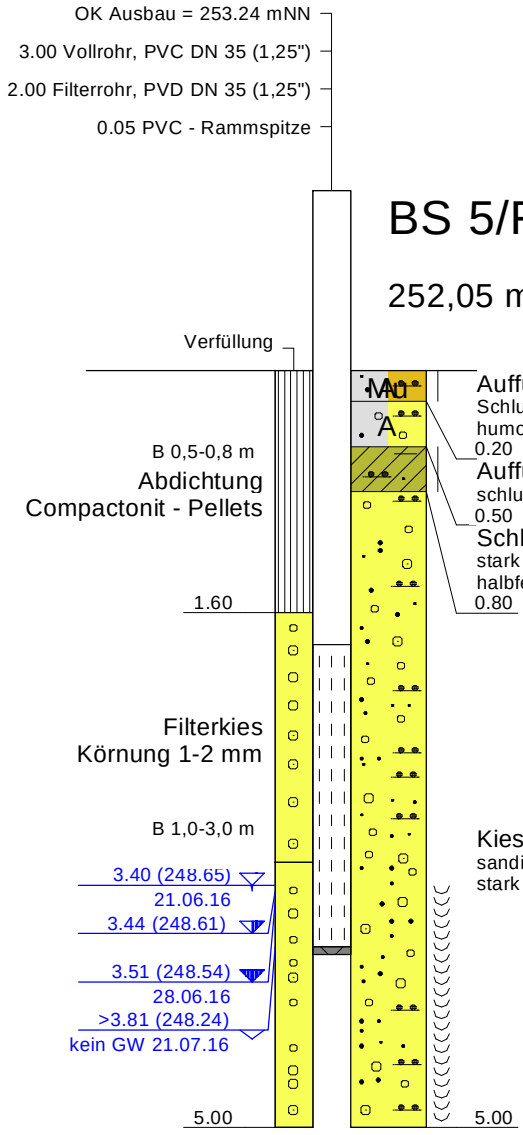
| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.5b.bop |
| Datum | 01.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie
und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Kleinbohrung (DIN EN ISO 22475-1) | Nutzung | Wiese | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 80/60 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530762,581 |
| Methode | Rammkernsonde/MRZB Sondierbohrgerät | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395923,160 |
| Zeitraum | 21.06.2016 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | M. Marx | | | | |

Probenart:
B = Boden
Bl = Bodenluft
W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
Bodenklassen nach DIN 18 300:2012-09
Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08




| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 3.5c |

Darstellung

## Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung BS 5/F

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.5c.bop |
| Datum | 06.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

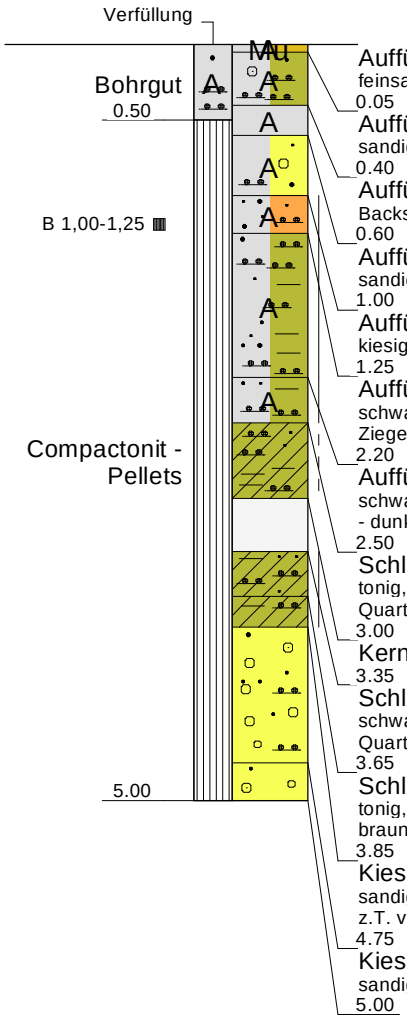
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Aufschlussbohrung (BK) | Nutzung | Kronenweg | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 178 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530703,060 |
| Methode | ram (Schappe) | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395754,937 |
| Zeitraum | 08.03.2011 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | GHJ Karlsruhe | | | | |

Probenart:
B = Boden
Bl = Bodenluft
W = Wasser

# BK Neckar_S_01

253,76 mNN

Bodengruppen nach DIN 18 196
Bodenklassen nach DIN 18 300:2012-09
Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08




| | | |
|---|---|---|
| Auffüllung, Mutterboden<br>feinsandig, schluffig, durchwurzelt, dunkelbraun<br>0.05 | [OU] Bkl 1 HB-A |
| Auffüllung, Schluff<br>sandig, kiesig, schwach durchwurzelt, dunkelbraun - braun<br>0.40 | [TL] Bkl 4 HB-B |
| Auffüllung, Bauschutt<br>Backsteinreste, rot<br>0.60 | [GE] Bkl 3 HB-B |
| Auffüllung, Kies<br>sandig, schwach schluffig, Ziegelreste,Beton, Mörtel, graubraun<br>1.00 | [GW] - [GU] Bkl 3 |
| Auffüllung, Sand, Schluff<br>kiesig, schwach tonig, Ziegel, Plastikreste, braun, halbfest<br>1.25 | [SU*] - [UL] Bkl 4 HB-B |
| Auffüllung, Schluff<br>schwach tonig, sandig, stark kiesig, sehr schwach steinig, Ziegel, braun, halbfest<br>2.20 | [TL] Bkl 4 HB-B |
| Auffüllung, Schluff<br>schwach tonig, sandig, kiesig, Ziegel, Glas,Blech, braun - dunkelbraun, halbfest<br>2.50 | [TL] Bkl 4 HB-B |
| Schluff<br>tonig, schwach feinsandig, braun, steif, bröselig, Auelehm, Quartär<br>3.00 | TM Bkl 4 HB-B |
| Kernverlust<br>3.35 | |
| Schluff<br>schwach tonig, schwach feinsandig, braun, halbfest, Auelehm, Quartär<br>3.65 | TM - TL Bkl 4 HB-B |
| Schluff<br>tonig, schwach feinsandig, sehr schwach fein - mittelkiesig, braun, halbfest, Auelehm, Quartär<br>3.85 | TM - TL Bkl 4 HB-B |
| Kies<br>sandig, schwach schluffig, Ziegelspuren, grau - graubraun, z.T. verbacken bei 3,85-4,10 m, Quartär<br>4.75 | GU Bkl 3 HB-B |
| Kies<br>sandig, sehr schwach schluffig, hellgrau, Quartär<br>5.00 | GU - GW Bkl 3 HB-B |

Im Originalprofil alle Schichten bis Endtiefe als Auffüllung beschrieben.
Schichten ab 2,50 m Tiefe jedoch mutmaßlich natürlich anstehend.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage | 3.6a |

Darstellung

**Schichtenprofil und Schichten-beschreibung BK Neckar_S_01**

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.6a.bop |
| Datum | 06.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Rammsondierung | Nutzung | Kronenweg | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 43,7 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530702,915 |
| Methode | DPH nach DIN EN ISO 22476-2 | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395760,305 |
| Zeitraum | 21.06.2016 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | M. Marx | | | | |

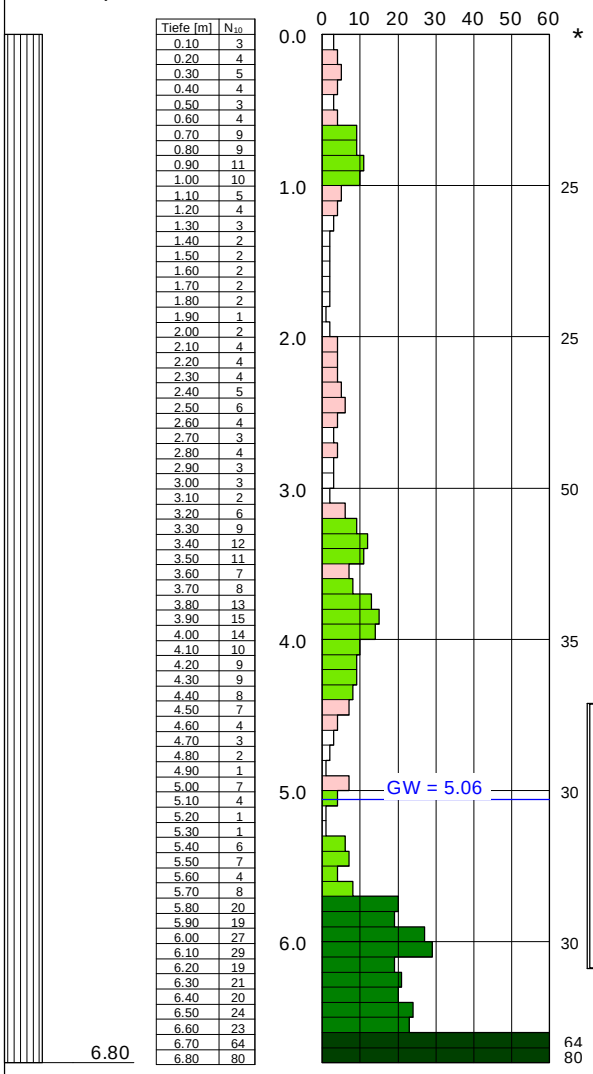
Verfüllung

(Compactonit-Pellets)

# SRS 6/K

253,84 mNN

Schlagzahlen je 10 cm




| Tiefe [m] | $N_{10}$ |
|---|---|
| 0.10 | 3 |
| 0.20 | 4 |
| 0.30 | 5 |
| 0.40 | 4 |
| 0.50 | 3 |
| 0.60 | 4 |
| 0.70 | 9 |
| 0.80 | 9 |
| 0.90 | 11 |
| 1.00 | 10 |
| 1.10 | 5 |
| 1.20 | 4 |
| 1.30 | 3 |
| 1.40 | 2 |
| 1.50 | 2 |
| 1.60 | 2 |
| 1.70 | 2 |
| 1.80 | 2 |
| 1.90 | 1 |
| 2.00 | 2 |
| 2.10 | 4 |
| 2.20 | 4 |
| 2.30 | 4 |
| 2.40 | 5 |
| 2.50 | 6 |
| 2.60 | 4 |
| 2.70 | 3 |
| 2.80 | 4 |
| 2.90 | 3 |
| 3.00 | 3 |
| 3.10 | 2 |
| 3.20 | 6 |
| 3.30 | 9 |
| 3.40 | 12 |
| 3.50 | 11 |
| 3.60 | 7 |
| 3.70 | 8 |
| 3.80 | 13 |
| 3.90 | 15 |
| 4.00 | 14 |
| 4.10 | 10 |
| 4.20 | 9 |
| 4.30 | 9 |
| 4.40 | 8 |
| 4.50 | 7 |
| 4.60 | 4 |
| 4.70 | 3 |
| 4.80 | 2 |
| 4.90 | 1 |
| 5.00 | 7 |
| 5.10 | 4 |
| 5.20 | 1 |
| 5.30 | 1 |
| 5.40 | 6 |
| 5.50 | 7 |
| 5.60 | 4 |
| 5.70 | 8 |
| 5.80 | 20 |
| 5.90 | 19 |
| 6.00 | 27 |
| 6.10 | 29 |
| 6.20 | 19 |
| 6.30 | 21 |
| 6.40 | 20 |
| 6.50 | 24 |
| 6.60 | 23 |
| 6.70 | 64 |
| 6.80 | 80 |

* Drehbarkeit des Gestänges:
L = leicht
M = mittel
S = schwer
SS = sehr schwer
ND = nicht drehbar
oder
Drehmoment [Nm]

Lagerungsdichte über/unter GW

| | |
|---|---|
| sehr locker: | 0-3/0-1 |
| locker: | 4-7/1-2 |
| mitteldicht: | 8-17/3-10 |
| dicht: | 18-49/11-37 |
| sehr dicht: | >49/>37 |

nichtbindige Böden

Konsistenz

| | |
|---|---|
| breiig: | 0-1 |
| weich: | 1-2 |
| steif: | 3-5 |
| halbfest: | 6-17 |
| fest: | >17 |

bindige Böden

| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 3.6b |

Darstellung

## Schwere Rammsondierung SRS 6/K

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | C. Feicke |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.6b.bop |
| Datum | 01.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie
und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

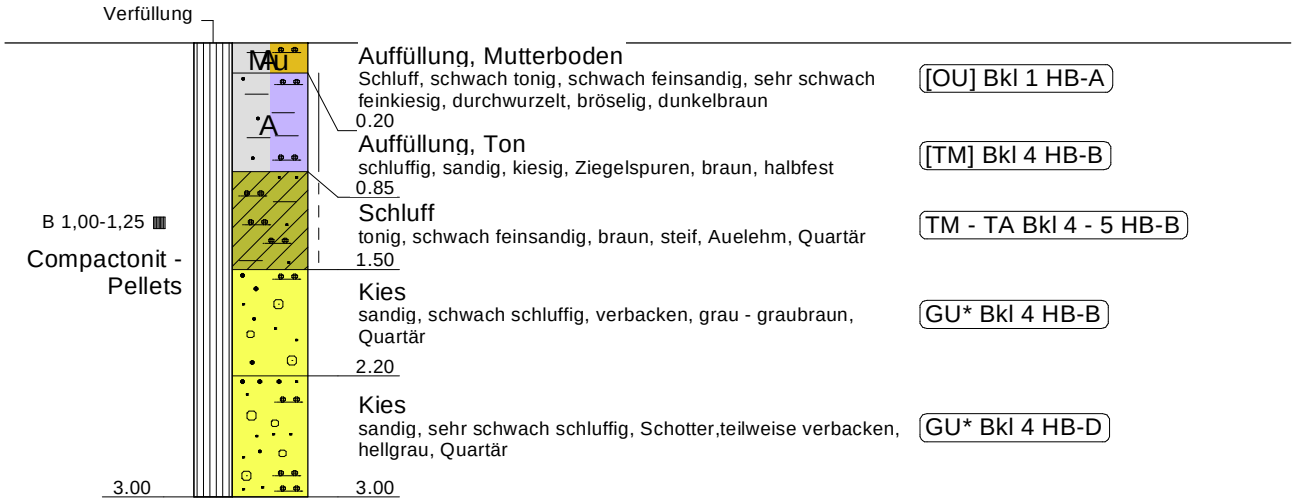
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Aufschlussbohrung (BK) | Nutzung | Wiese | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 178 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530694,988 |
| Methode | ram (Schappe) | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395759,531 |
| Zeitraum | 09.03.2011 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | GHJ Karlsruhe | | | | |

Probenart:
B = Boden
Bl = Bodenluft
W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
Bodenklassen nach DIN 18 300:2012-09
Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08

# BF Neckar_S_01

251,90 mNN




Im Originalprofil alle Schichten bis 2,20 m Tiefe als Auffüllung beschrieben. Schichten ab 0,85 m Tiefe jedoch mutmaßlich natürlich anstehend.

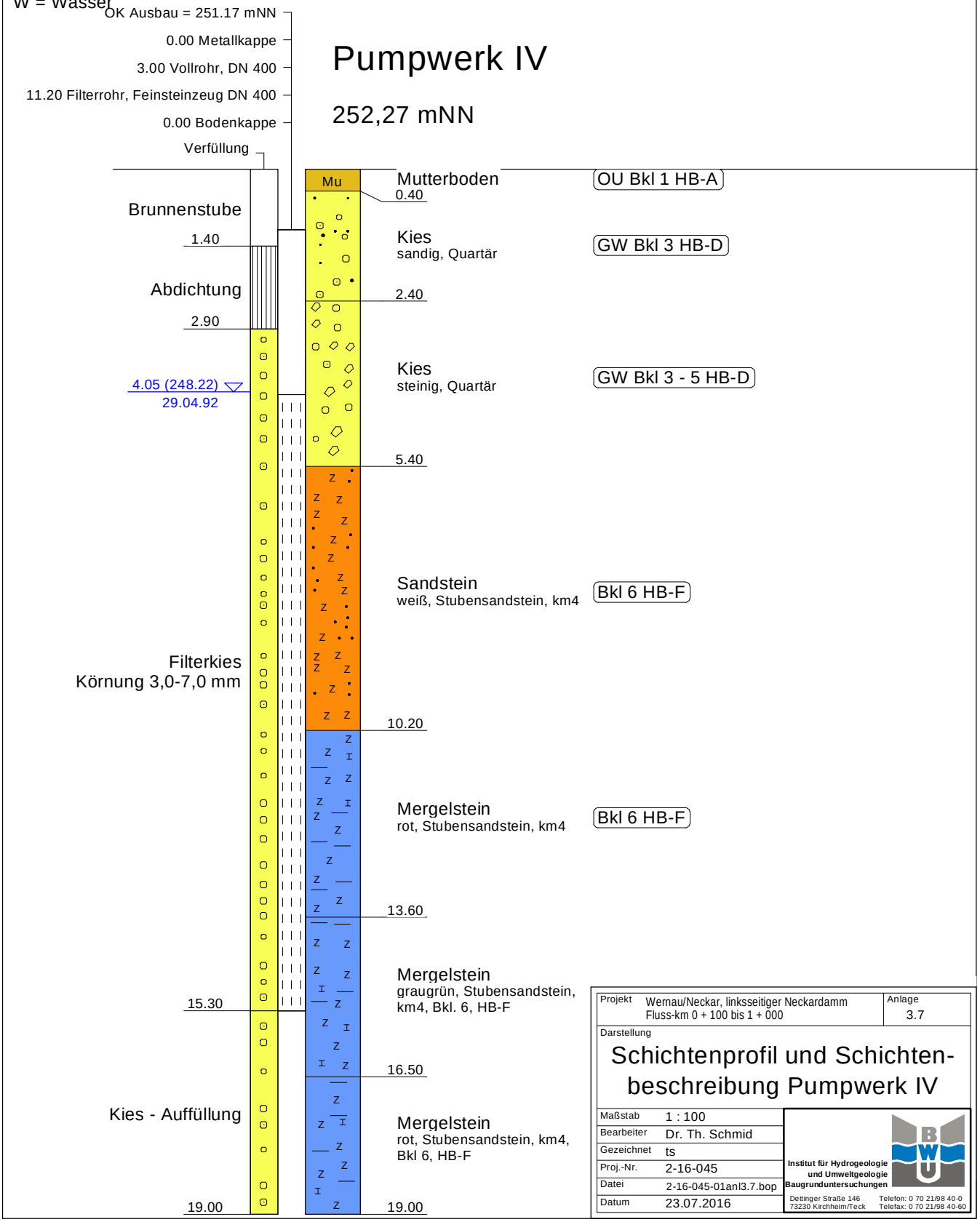
| | | | |
|---|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage | 3.6c |
| Darstellung | Schichtenprofil und Schichten-beschreibung BF Neckar_S_01 | | |
| Maßstab | 1 : 50 | | |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid | | |
| Gezeichnet | C. Feicke | | |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 | | |
| Datei | 2-16-045-01anl3.6c.bop | | |
| Datum | 06.07.2016 | | |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146 73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Brunnen | Nutzung | Wiese | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 750 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530648,726 |
| Methode | k.A. | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395793,325 |
| Zeitraum | 1992 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | k.A. | | | | |

Probenart:
B = Boden
Bl = Bodenluft
W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
Bodenklassen nach DIN 18 300:2012-09
Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08




| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 3.7 |

Darstellung

## Schichtenprofil und Schichten-beschreibung Pumpwerk IV

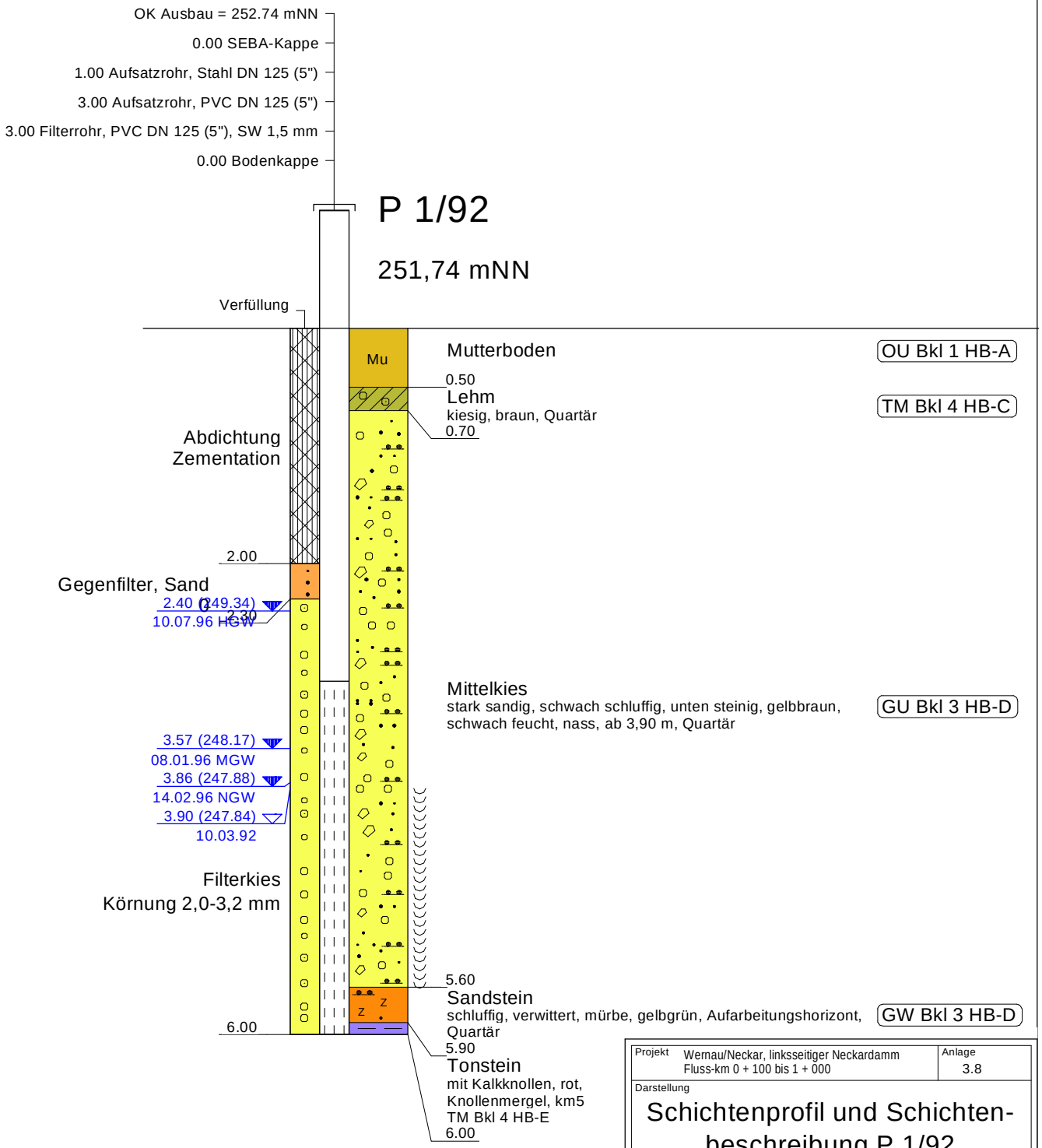
| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.7.bop |
| Datum | 23.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Bohrung (BK) | Nutzung | Wiese | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 270 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530711,087 |
| Methode | ram | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395935,400 |
| Zeitraum | 1992 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | k.A. | | | | |

Probenart:
B = Boden
Bl = Bodenluft
W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
Bodenklassen nach DIN 18 300:2012-09
Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 3.8 |

Darstellung

## Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung P 1/92

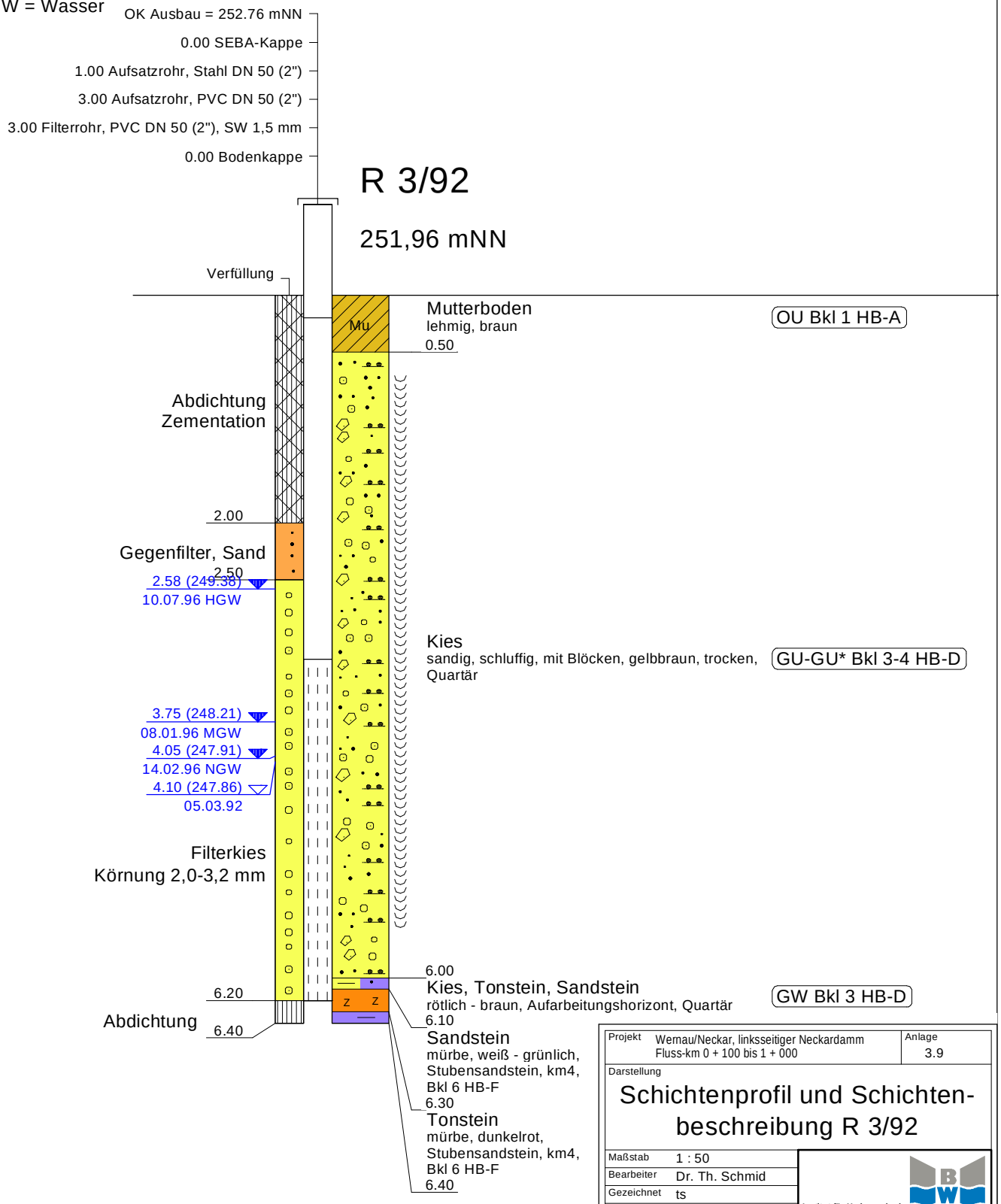
| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.8.bop |
| Datum | 23.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Bohrung (BK) | Nutzung | Wiese | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | 178 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530692,535 |
| Methode | ram | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395891,380 |
| Zeitraum | 1992 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | k.A. | | | | |

Probenart:
B = Boden
Bl = Bodenluft
W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
Bodenklassen nach DIN 18 300:2012-09
Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08




| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 3.9 |

Darstellung

## Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung R 3/92

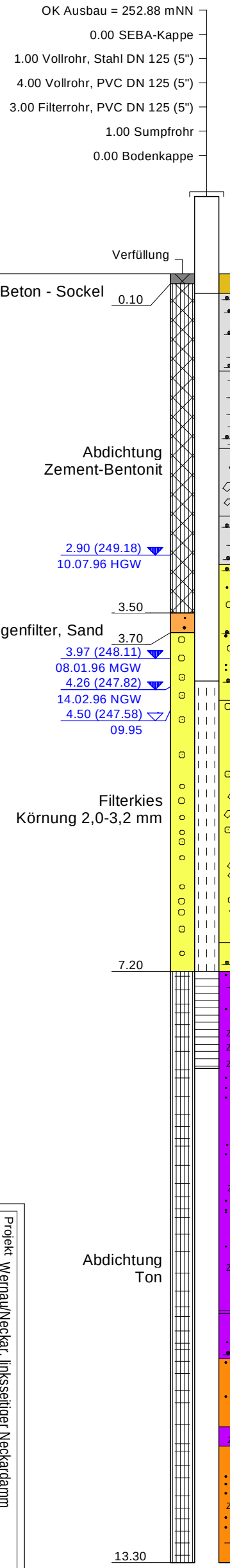
| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.9.bop |
| Datum | 23.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Aufschlussart | Bohrung (BK) | Nutzung | Wiese | Lage | s. Lageplan |
| Bohrdurchmesser | -8,20 m: 270 mm / -13,30 m: 131 mm | Versiegelung | nein | rechts | 3530771,11 |
| Methode | -8,20 m: ram / -13,30 m: rot | Reliefformtyp | Tal | hoch | 5395937,79 |
| Zeitraum | 09.1995 | Neigung | N 0 | Bem.: | |
| Bohrkernaufnahme | k.A. | | | | |

Probenart:
B = Boden
Bl = Bodenluft
W = Wasser

Bodengruppen nach DIN 18 196
Bodenklassen nach DIN 18 300:2012-09
Homogenbereiche nach DIN 18 300:2015-08




OU Bkl 1 HB-A
[TM] Bkl 4 HB-B
[TM] Bkl 4 HB-B
[GU*] Bkl 4 HB-B
[TM] Bkl 4 HB-B
GU* Bkl 4 HB-D
GU Bkl 3 HB-D
GU Bkl 4 HB-D
TM - TL Bkl 4 HB-E
Bkl 6 HB-F
Bkl 6 HB-F
Bkl 6 HB-F
Bkl 6 HB-F

Projekt Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm
Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000

Anlage 3.10

Darstellung

# Schichtenprofil und Schichtenbeschreibung P 7/95

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 50 |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl3.10.bop |
| Datum | 23.07.2016 |


Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| Entnahmestelle: | BS1/K | BS2/K | BS3/K | BS3/K | BS4/K | BS4/K | BS4/K |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tiefe [m]: | 1,00-2,00 | 1,50-2,00 | 0,40-1,60 | 2,10-2,90 | 0,50-1,50 | 1.60-1,90 | 2,60-3,00 |
| Bodenart: | U (A) | U (Lf) | U (A) | U (Lf) | U (A) | U (Lf) | U (Lf) |
| Entnahme am: | 20.06.16 | 20.06.16 | 20.06.16 | 20.06.16 | 20.06.16 | 20.06.16 | 20.06.16 |
| durch: | ts | ts | ts | ts | ts | ts | ts |
| Ausgeführt am: | 22.06.16 | 22.06.16 | 22.06.16 | 22.06.16 | 22.06.16 | 22.06.16 | 22.06.16 |
| durch: | gh | gh | gh | gh | gh | gh | gh |
| Behälter-Nr.: | 203 | 204 | 205 | 209 | 210 | 208 | 211 |
| Feuchte Probe+Behälter mF+mB [g]: | 434,98 | 430,06 | 453,12 | 665,22 | 666,22 | 659,06 | 628,12 |
| Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]: | 425,92 | 418,96 | 440,62 | 651,22 | 648,98 | 645,62 | 616,62 |
| Behälter mB [g]: | 358,37 | 361,84 | 360,25 | 568,90 | 551,12 | 574,78 | 558,46 |
| Wasser mW=mF-mD [g]: | 9,06 | 11,10 | 12,50 | 14,00 | 17,24 | 13,44 | 11,50 |
| Trockene Probe mD [g]: | 67,55 | 57,12 | 80,37 | 82,32 | 97,86 | 70,84 | 58,16 |
| Wassergehalt w=mW/mD [%]: | **13,41%** | **19,43%** | **15,55%** | **17,01%** | **17,62%** | **18,97%** | **19,77%** |

| Entnahmestelle: | BS3/F | BS5/F | BK Neckar_S_01 | BF Neckar_S_01 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tiefe [m]: | 0,15-0,65 | 0,50-0,80 | 1,00-1,25 | 1,00-1,25 | | | |
| Bodenart: | U (Lf) | U (Lf) | S,u* (A) | U (A) | | | |
| Entnahme am: | 21.06.16 | 21.06.16 | 08.03.11 | 09.03.11 | | | |
| durch: | ts | ts | Terrasond | Terrasond | | | |
| Ausgeführt am: | 28.06.16 | 28.06.16 | k.A. | k.A. | | | |
| durch: | gh | gh | GHJ KA | GHJ KA | | | |
| Behälter-Nr.: | 9 | 11 | | | | | |
| Feuchte Probe+Behälter mF+mB [g]: | 82,47 | 104,68 | | | | | |
| Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]: | 74,47 | 95,37 | | | | | |
| Behälter mB [g]: | 43,05 | 44,05 | | | | | |
| Wasser mW=mF-mD [g]: | 8 | 9,31 | | | | | |
| Trockene Probe mD [g]: | 31,42 | 51,32 | | | | | |
| Wassergehalt w=mW/mD [%]: | **25,46%** | **18,14%** | **18,56%** | **26,31%** | | | |

| Entnahmestelle: | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tiefe [m]: | | | | | | | |
| Bodenart: | | | | | | | |
| Entnahme am: | | | | | | | |
| durch: | | | | | | | |
| Ausgeführt am: | | | | | | | |
| durch: | | | | | | | |
| Behälter-Nr.: | | | | | | | |
| Feuchte Probe+Behälter mF+mB [g]: | | | | | | | |
| Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]: | | | | | | | |
| Behälter mB [g]: | | | | | | | |
| Wasser mW=mF-mD [g]: | | | | | | | |
| Trockene Probe mD [g]: | | | | | | | |
| Wassergehalt w=mW/mD [%]: | | | | | | | |

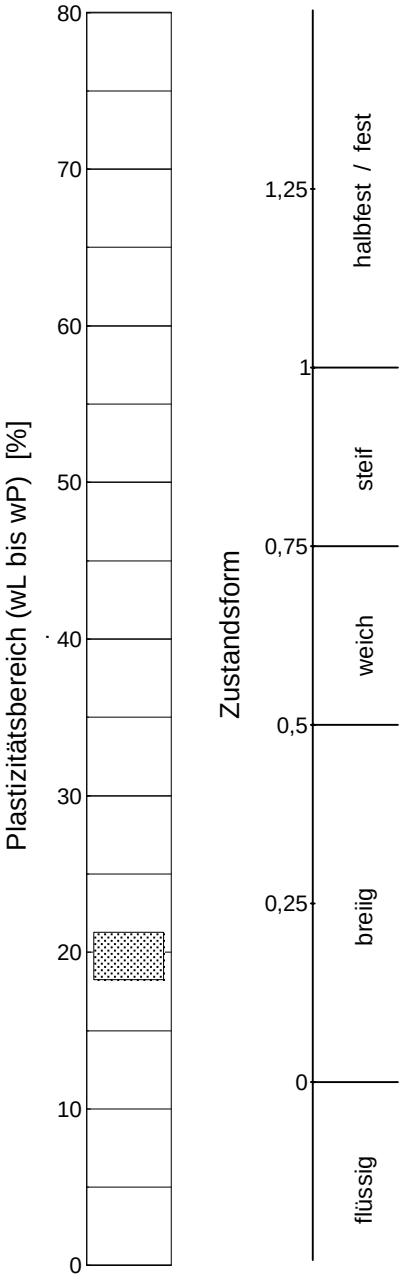
| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/N., linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 4.1 |
| Darstellung | **Bestimmung des natürlichen Wassergehalts (DIN 18 121, T1)** |
| Maßstab | |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | gh |
| Proj.-Nr. | 2-16-045-01 |
| Datei | 2-16-045-01_WG1.123 |
| Datum | 28.06.2016 |

**Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen**
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Entnahmestelle: | BS1/K | | | |
| Tiefe [m]: | 1,00-2,00 | Entnommen am: | 20.06.16 | durch: ts |
| Bodenart: | U (A) | Ausgeführt am: | 22.06.16 | durch: gh |

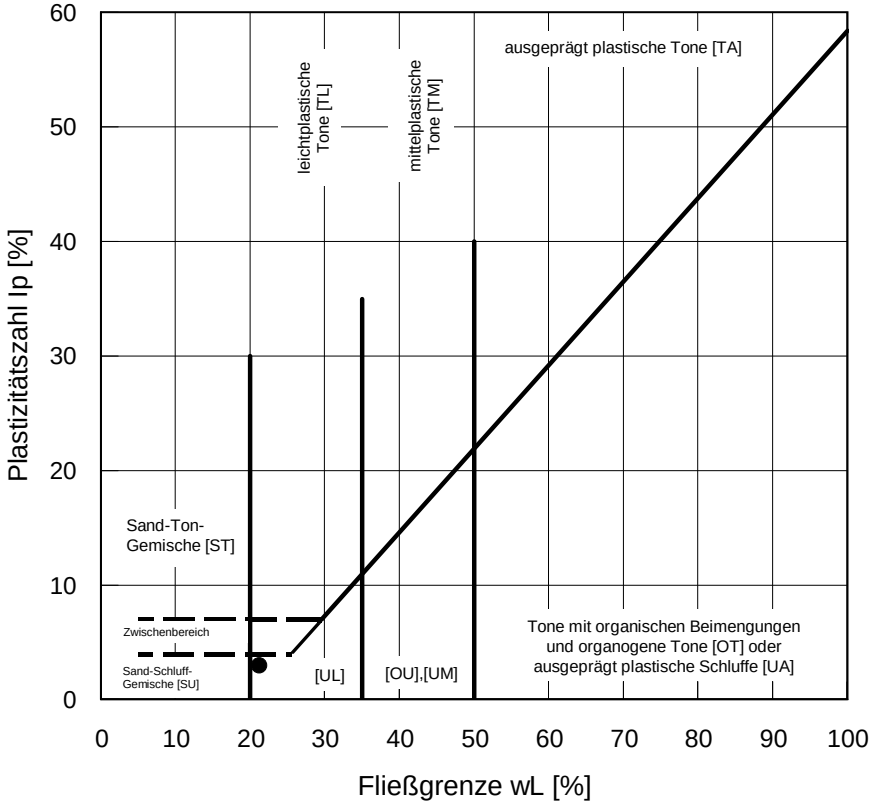
| | Fließgrenze | | | | Ausrollgrenze | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Behälter-Nr.: | 303 | | | | 108 | 113 | 119 |
| Schlagzahl: | 30 | | | | | | |
| Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]: | 28,08 | | | | 19,46 | 18,90 | 20,15 |
| Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]: | 25,67 | | | | 18,63 | 18,10 | 19,34 |
| Behälter mB [g]: | 14,04 | | | | 14,06 | 13,75 | 14,90 |
| Wasser mW=mF-mD [g]: | 2,41 | | | | 0,83 | 0,80 | 0,81 |
| Trockene Probe mD [g]: | 11,63 | | | | 4,57 | 4,35 | 4,44 |
| Wassergehalt w=mW/mD [%]: | 20,72% | | | | 18,16% | 18,39% | 18,24% |

| | |
|---|---|
| Nat. Wassergehalt wN [%]: | **13,41%** |
| Fließgrenze wL [%]: | **21,26%** |
| Ausrollgrenze wP [%]: | **18,27%** |
| Plastizitätszahl Ip = wL-wP [%]: | **2,99%** |
| Konsistenzzahl Ic = (wL-wN)/Ip: | **2,62** |










| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/N., linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 4.2 |

Darstellung

# Bestimmung der Zustands-grenzen (DIN 18 121, T2)

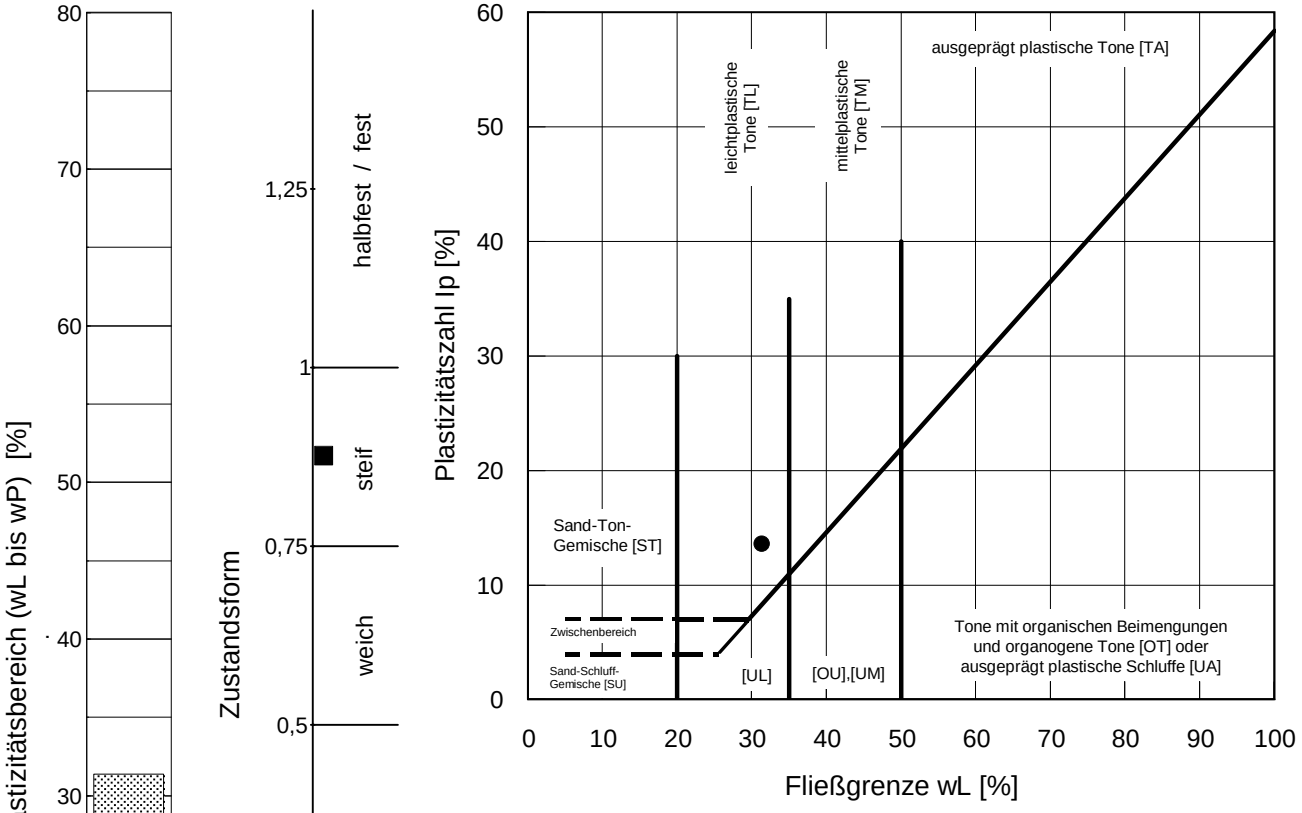
| | |
|---|---|
| Maßstab | |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | gh |
| Proj.-Nr. | 2-16-045-01 |
| Datei | 2-16-045-01_ZG1.123 |
| Datum | 27.06.2016 |

**Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen**
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | |
|---|---|---|---|
| Entnahmestelle: | BS2/K | | |
| Tiefe [m]: | 1,50-2,00 | Entnommen am: 20.06.16 | durch: ts |
| Bodenart: | U (Lf) | Ausgeführt am: 22.06.16 | durch: gh |

| | Fließgrenze | | | | Ausrollgrenze | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Behälter-Nr.: | 122 | | | | 103 | 110 | 115 |
| Schlagzahl: | 22 | | | | | | |
| Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]: | 23,16 | | | | 20,33 | 19,26 | 19,45 |
| Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]: | 21,05 | | | | 19,46 | 18,44 | 18,63 |
| Behälter mB [g]: | 14,44 | | | | 14,81 | 13,77 | 13,81 |
| Wasser mW=mF-mD [g]: | 2,11 | | | | 0,87 | 0,82 | 0,82 |
| Trockene Probe mD [g]: | 6,61 | | | | 4,65 | 4,67 | 4,82 |
| Wassergehalt w=mW/mD [%]: | 31,92% | | | | 18,71% | 17,56% | 17,01% |

| | |
|---|---|
| Nat. Wassergehalt wN [%]: | **19,43%** |
| Fließgrenze wL [%]: | **31,36%** |
| Ausrollgrenze wP [%]: | **17,76%** |
| Plastizitätszahl Ip = wL-wP [%]: | **13,59%** |
| Konsistenzzahl Ic = (wL-wN)/Ip: | **0,88** |



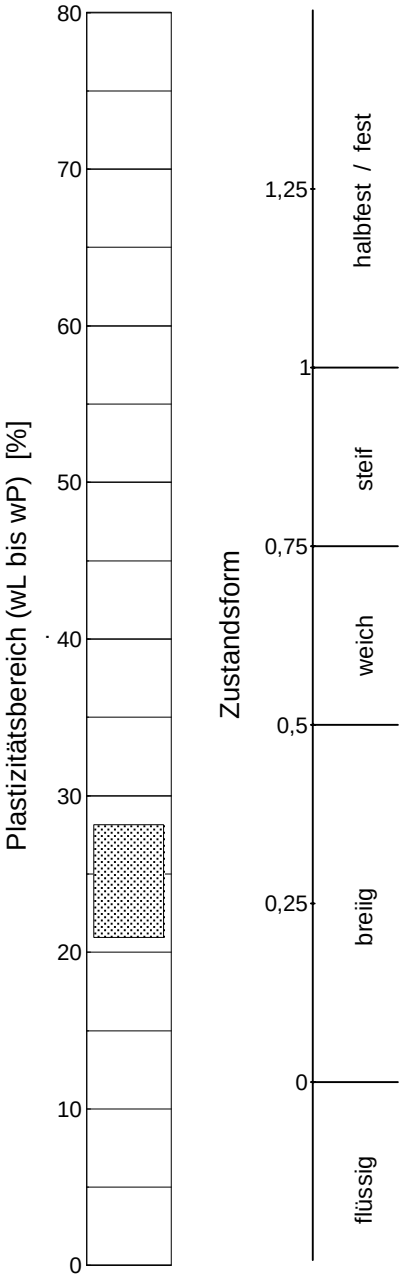

| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/N., linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 4.3 |
| Darstellung | **Bestimmung der Zustands-grenzen (DIN 18 121, T2)** | |
| Maßstab | | |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid | |
| Gezeichnet | gh | |
| Proj.-Nr. | 2-16-045-01 | |
| Datei | 2-16-045-01_ZG2.123 | |
| Datum | 27.06.2016 | |

**Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen**
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Entnahmestelle: | BS3/K | | | |
| Tiefe [m]: | 0,40-1,60 | Entnommen am: | 20.06.16 | durch: ts |
| Bodenart: | U (A) | Ausgeführt am: | 22.06.16 | durch: gh |

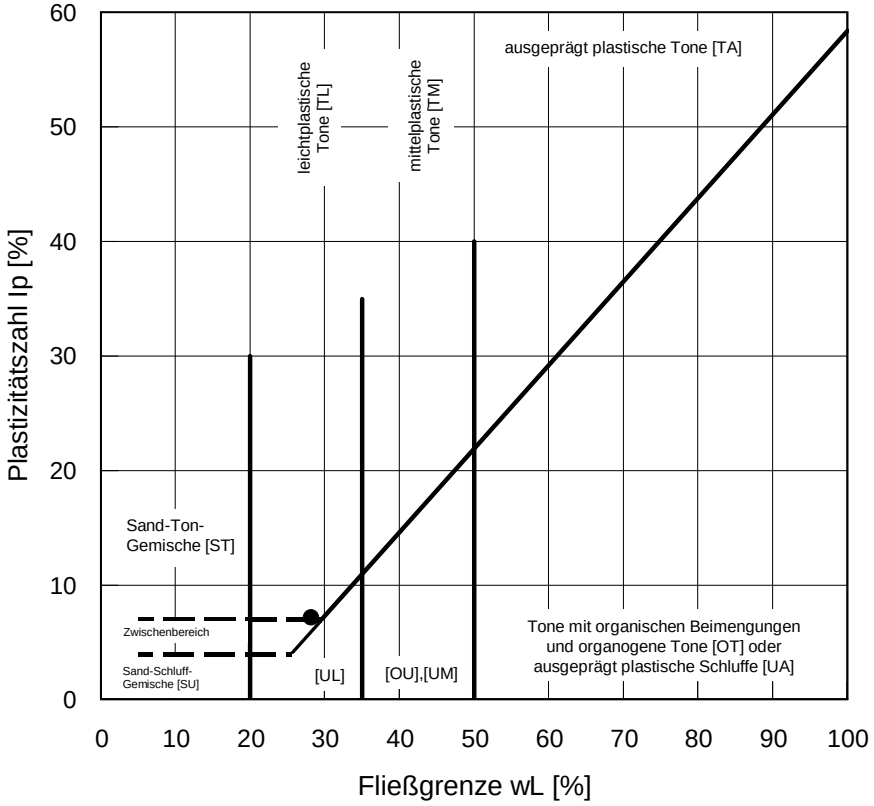
| | Fließgrenze | | | | Ausrollgrenze | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Behälter-Nr.: | 116 | | | | 104 | 105 | 304 |
| Schlagzahl: | 20 | | | | | | |
| Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]: | 23,13 | | | | 20,67 | 19,40 | 18,79 |
| Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]: | 21,04 | | | | 19,63 | 18,46 | 17,94 |
| Behälter mB [g]: | 13,84 | | | | 14,82 | 14,00 | 13,73 |
| Wasser mW=mF-mD [g]: | 2,09 | | | | 1,04 | 0,94 | 0,85 |
| Trockene Probe mD [g]: | 7,20 | | | | 4,81 | 4,46 | 4,21 |
| Wassergehalt w=mW/mD [%]: | 29,03% | | | | 21,62% | 21,08% | 20,19% |

| | |
|---|---|
| Nat. Wassergehalt wN [%]: | **15,55%** |
| Fließgrenze wL [%]: | **28,13%** |
| Ausrollgrenze wP [%]: | **20,96%** |
| Plastizitätszahl Ip = wL-wP [%]: | **7,17%** |
| Konsistenzzahl Ic = (wL-wN)/Ip: | **1,75** |










| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/N., linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 4.4 |

Darstellung

# Bestimmung der Zustands-grenzen (DIN 18 121, T2)

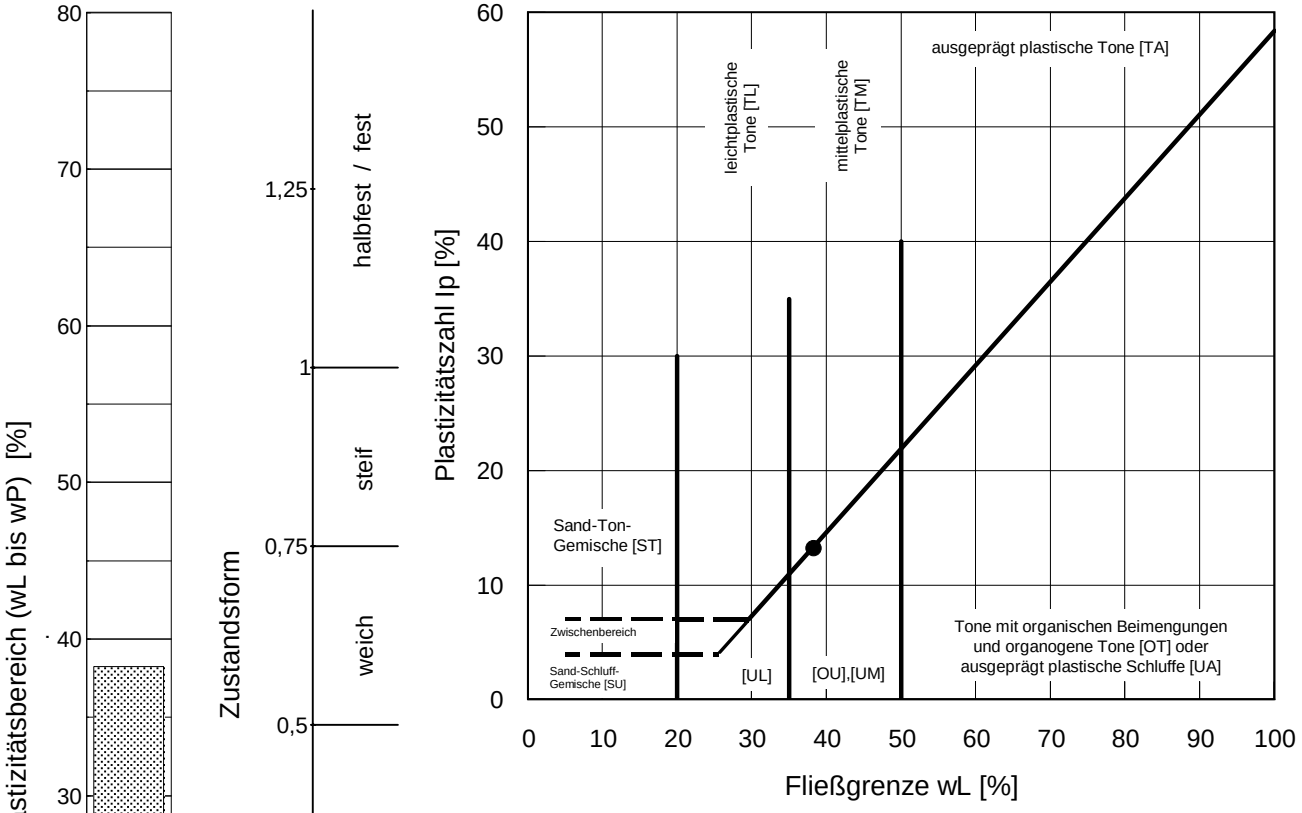
| | |
|---|---|
| Maßstab | |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | gh |
| Proj.-Nr. | 2-16-045-01 |
| Datei | 2-16-045-01_ZG3.123 |
| Datum | 27.06.2016 |

**Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen**
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Entnahmestelle: | BS3/K | | | |
| Tiefe [m]: | 2,10-2,90 | Entnommen am: | 20.06.16 | durch: ts |
| Bodenart: | U (Lf) | Ausgeführt am: | 22.06.16 | durch: gh |

| | Fließgrenze | | | | Ausrollgrenze | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Behälter-Nr.: | 306 | | | | 302 | 307 | 308 |
| Schlagzahl: | 30 | | | | | | |
| Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]: | 26,62 | | | | 19,11 | 19,05 | 19,85 |
| Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]: | 23,42 | | | | 18,01 | 18,00 | 18,85 |
| Behälter mB [g]: | 14,84 | | | | 13,74 | 13,77 | 14,78 |
| Wasser mW=mF-mD [g]: | 3,20 | | | | 1,10 | 1,05 | 1,00 |
| Trockene Probe mD [g]: | 8,58 | | | | 4,27 | 4,23 | 4,07 |
| Wassergehalt w=mW/mD [%]: | 37,30% | | | | 25,76% | 24,82% | 24,57% |

| | |
|---|---|
| Nat. Wassergehalt wN [%]: | **17,01%** |
| Fließgrenze wL [%]: | **38,26%** |
| Ausrollgrenze wP [%]: | **25,05%** |
| Plastizitätszahl Ip = wL-wP [%]: | **13,21%** |
| Konsistenzzahl Ic = (wL-wN)/Ip: | **1,61** |




| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/N., linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 4.5 |

Darstellung

# Bestimmung der Zustands-grenzen (DIN 18 121, T2)

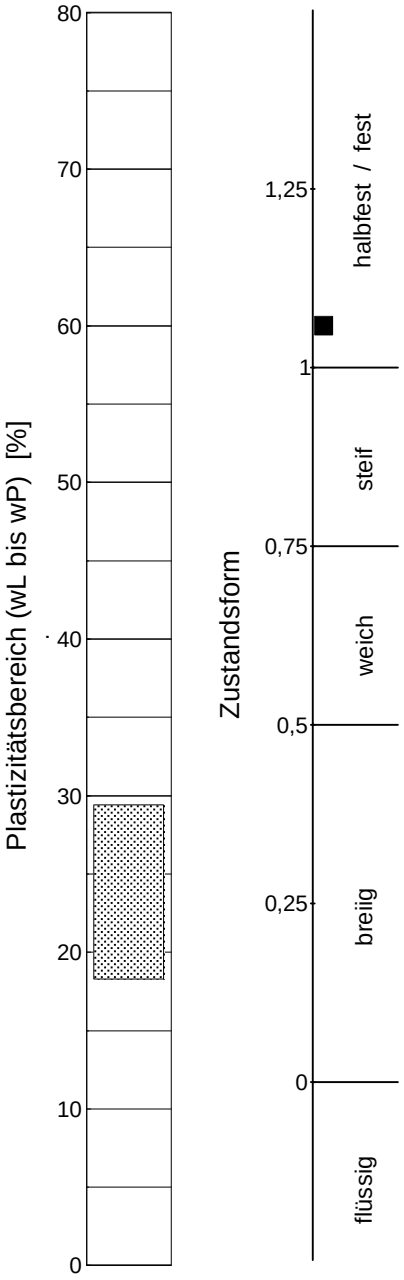
| | |
|---|---|
| Maßstab | |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | gh |
| Proj.-Nr. | 2-16-045-01 |
| Datei | 2-16-045-01_ZG4.123 |
| Datum | 27.06.2016 |

Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Entnahmestelle: | BS4/K | | | |
| Tiefe [m]: | 0,50-1,50 | Entnommen am: | 20.06.16 | durch: ts |
| Bodenart: | U (A) | Ausgeführt am: | 22.06.16 | durch: gh |

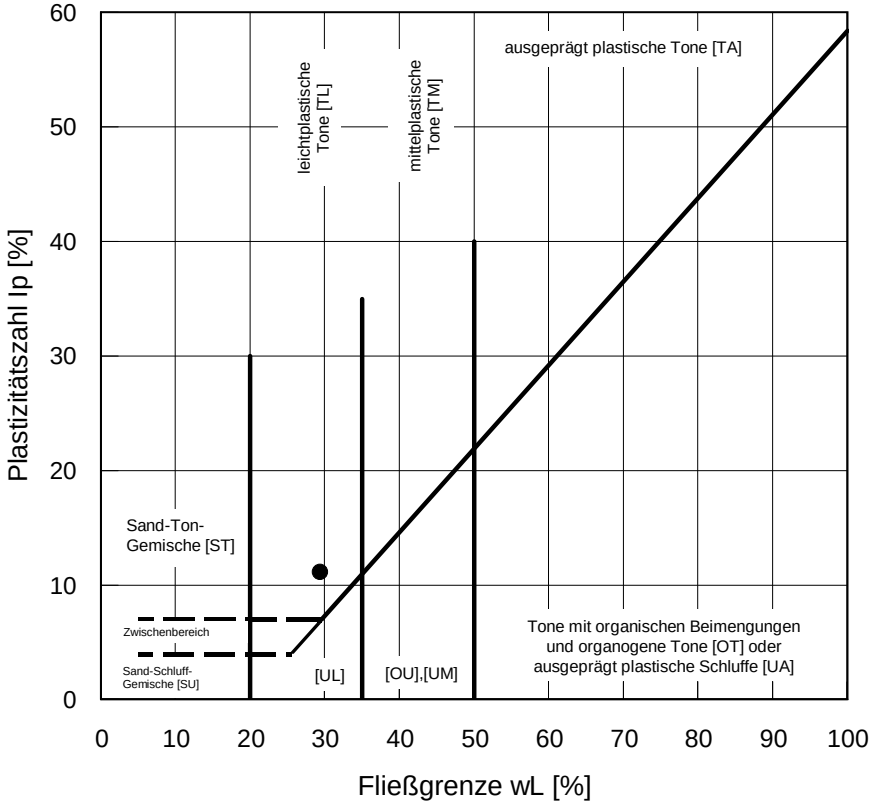
| | Fließgrenze | | | | Ausrollgrenze | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Behälter-Nr.: | 121 | | | | 106 | 109 | 305 |
| Schlagzahl: | 22 | | | | | | |
| Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]: | 24,84 | | | | 19,62 | 17,89 | 18,73 |
| Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]: | 22,28 | | | | 18,82 | 17,05 | 17,94 |
| Behälter mB [g]: | 13,73 | | | | 14,28 | 12,52 | 13,71 |
| Wasser mW=mF-mD [g]: | 2,56 | | | | 0,80 | 0,84 | 0,79 |
| Trockene Probe mD [g]: | 8,55 | | | | 4,54 | 4,53 | 4,23 |
| Wassergehalt w=mW/mD [%]: | 29,94% | | | | 17,62% | 18,54% | 18,68% |

| | |
|---|---|
| Nat. Wassergehalt wN [%]: | **17,62%** |
| Fließgrenze wL [%]: | **29,41%** |
| Ausrollgrenze wP [%]: | **18,28%** |
| Plastizitätszahl Ip = wL-wP [%]: | **11,13%** |
| Konsistenzzahl Ic = (wL-wN)/Ip: | **1,06** |









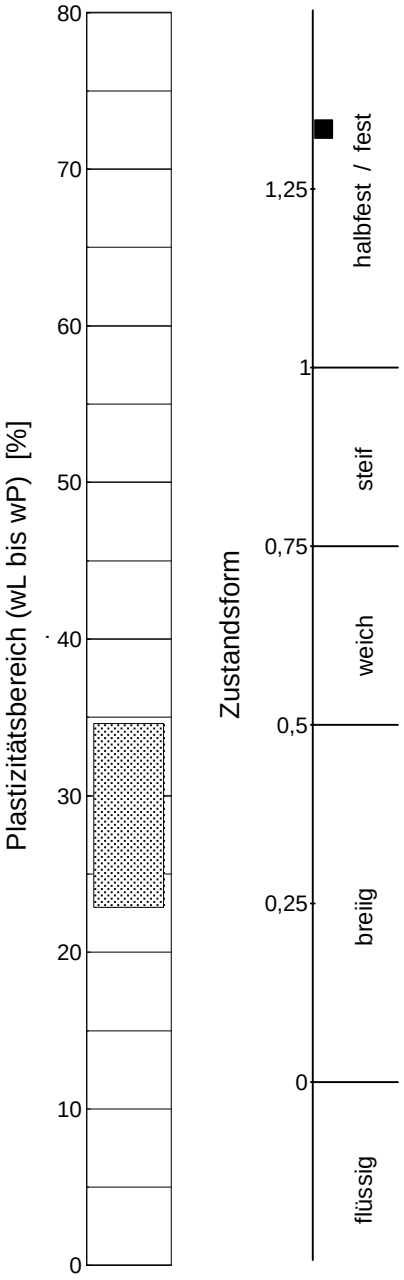

| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/N., linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage<br>4.6 |
| Darstellung | **Bestimmung der Zustands-grenzen (DIN 18 121, T2)** | |
| Maßstab | | |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid | |
| Gezeichnet | gh | |
| Proj.-Nr. | 2-16-045-01 | |
| Datei | 2-16-045-01_ZG5.123 | |
| Datum | 27.06.2016 | |

**Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen**
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Entnahmestelle: | BS4/K | | | | | | |
| Tiefe [m]: | 1,60-1,90 | | | Entnommen am: | 20.06.16 | durch: | ts |
| Bodenart: | U (Lf) | | | Ausgeführt am: | 22.06.16 | durch: | gh |

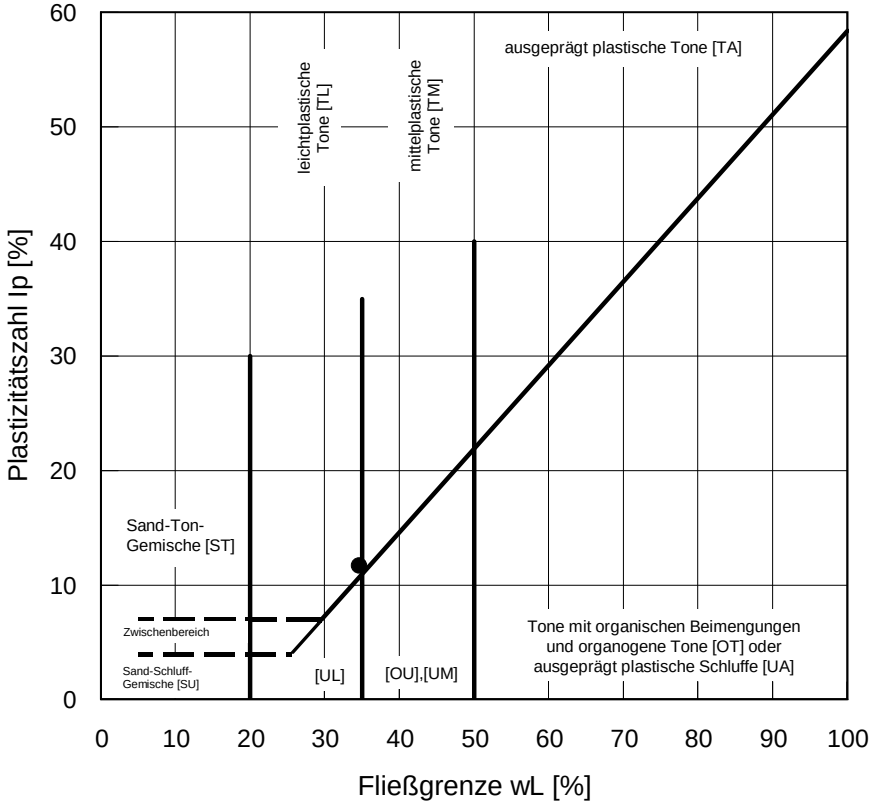
| | Fließgrenze | | | | Ausrollgrenze | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Behälter-Nr.: | 114 | | | | 118 | 123 | 124 |
| Schlagzahl: | 30 | | | | | | |
| Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]: | 22,83 | | | | 20,46 | 19,21 | 17,74 |
| Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]: | 20,54 | | | | 19,42 | 18,21 | 16,83 |
| Behälter mB [g]: | 13,75 | | | | 14,82 | 13,84 | 12,90 |
| Wasser mW=mF-mD [g]: | 2,29 | | | | 1,04 | 1,00 | 0,91 |
| Trockene Probe mD [g]: | 6,79 | | | | 4,60 | 4,37 | 3,93 |
| Wassergehalt w=mW/mD [%]: | 33,73% | | | | 22,61% | 22,88% | 23,16% |

| | |
|---|---|
| Nat. Wassergehalt wN [%]: | **18,97%** |
| Fließgrenze wL [%]: | **34,60%** |
| Ausrollgrenze wP [%]: | **22,88%** |
| Plastizitätszahl Ip = wL-wP [%]: | **11,72%** |
| Konsistenzzahl Ic = (wL-wN)/Ip: | **1,33** |









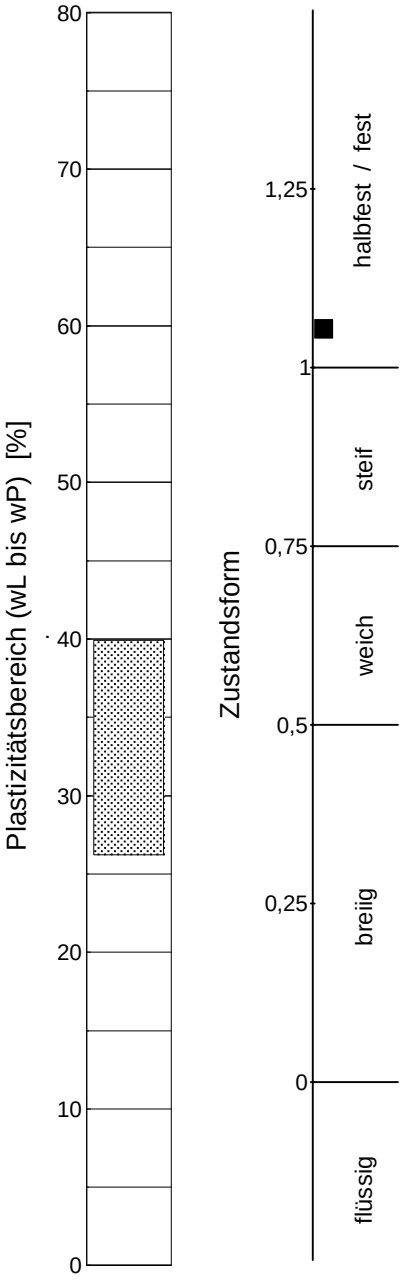

| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/N., linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage<br>4.7 |
| Darstellung | **Bestimmung der Zustands-grenzen (DIN 18 121, T2)** | |
| Maßstab | | |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid | |
| Gezeichnet | gh | |
| Proj.-Nr. | 2-16-045-01 | |
| Datei | 2-16-045-01_ZG6.123 | |
| Datum | 27.06.2016 | |

**Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen**
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Entnahmestelle: | BS3/F | | | | | | |
| Tiefe [m]: | 0,15-0,65 | | | Entnommen am: | 21.06.16 | durch: | ts |
| Bodenart: | U (Lf) | | | Ausgeführt am: | 28.06.16 | durch: | gh |

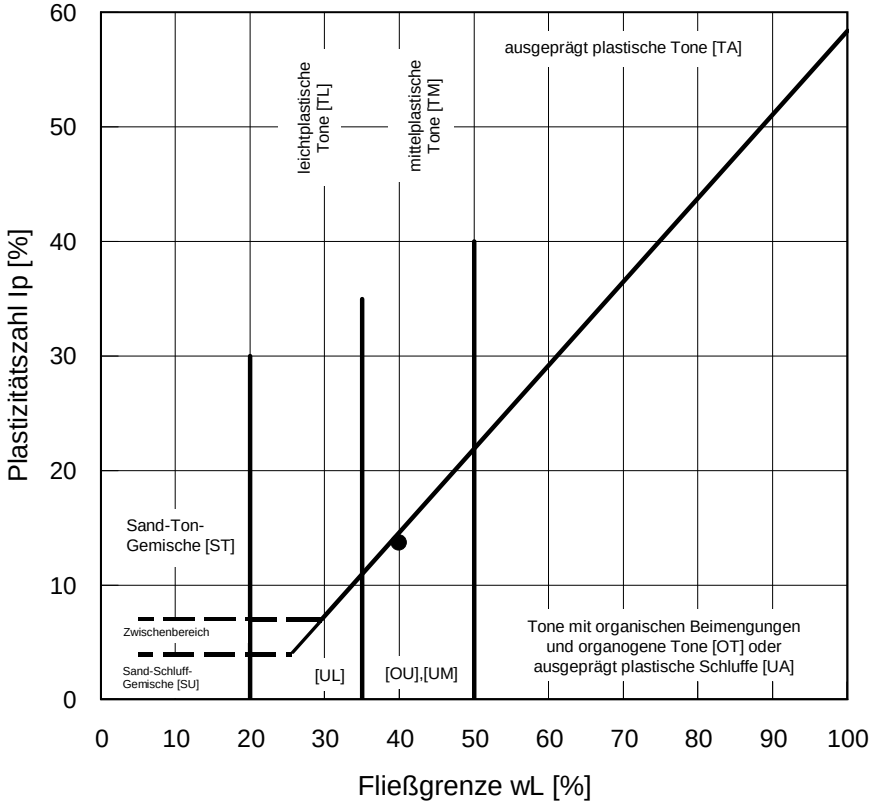
| | Fließgrenze | | | | Ausrollgrenze | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Behälter-Nr.: | 307 | | | | 108 | 112 | 125 |
| Schlagzahl: | 28 | | | | | | |
| Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]: | 25,29 | | | | 19,57 | 19,90 | 19,44 |
| Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]: | 22,04 | | | | 18,45 | 18,78 | 18,37 |
| Behälter mB [g]: | 13,77 | | | | 14,06 | 14,54 | 14,36 |
| Wasser mW=mF-mD [g]: | 3,25 | | | | 1,12 | 1,12 | 1,07 |
| Trockene Probe mD [g]: | 8,27 | | | | 4,39 | 4,24 | 4,01 |
| Wassergehalt w=mW/mD [%]: | 39,30% | | | | 25,51% | 26,42% | 26,68% |

| | |
|---|---|
| Nat. Wassergehalt wN [%]: | **25,46%** |
| Fließgrenze wL [%]: | **39,93%** |
| Ausrollgrenze wP [%]: | **26,20%** |
| Plastizitätszahl Ip = wL-wP [%]: | **13,72%** |
| Konsistenzzahl Ic = (wL-wN)/Ip: | **1,05** |







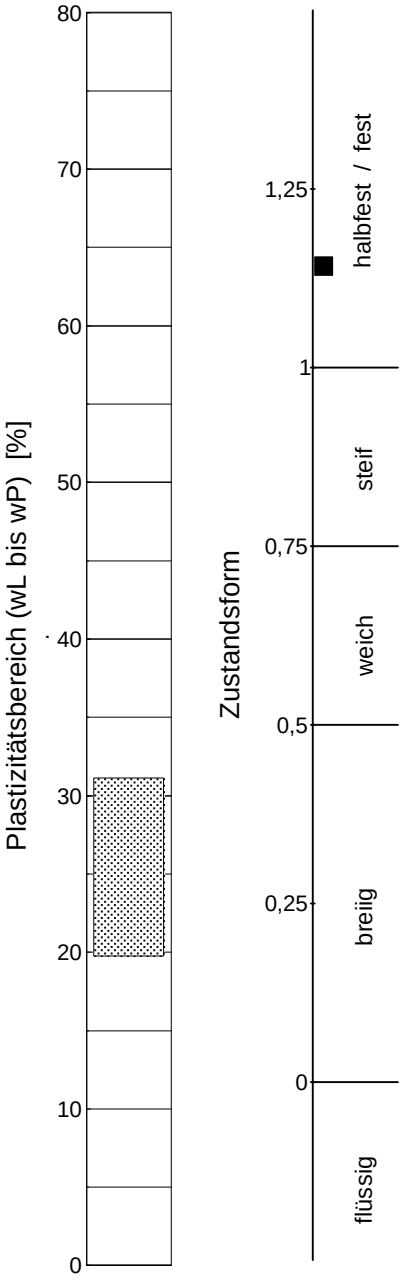



| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/N., linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage<br>4.8 |
| Darstellung | **Bestimmung der Zustands-grenzen (DIN 18 121, T2)** | |
| Maßstab | | |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid | |
| Gezeichnet | gh | |
| Proj.-Nr. | 2-16-045-01 | |
| Datei | 2-16-045-01_ZG7.123 | |
| Datum | 28.06.2016 | |

**Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen**
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

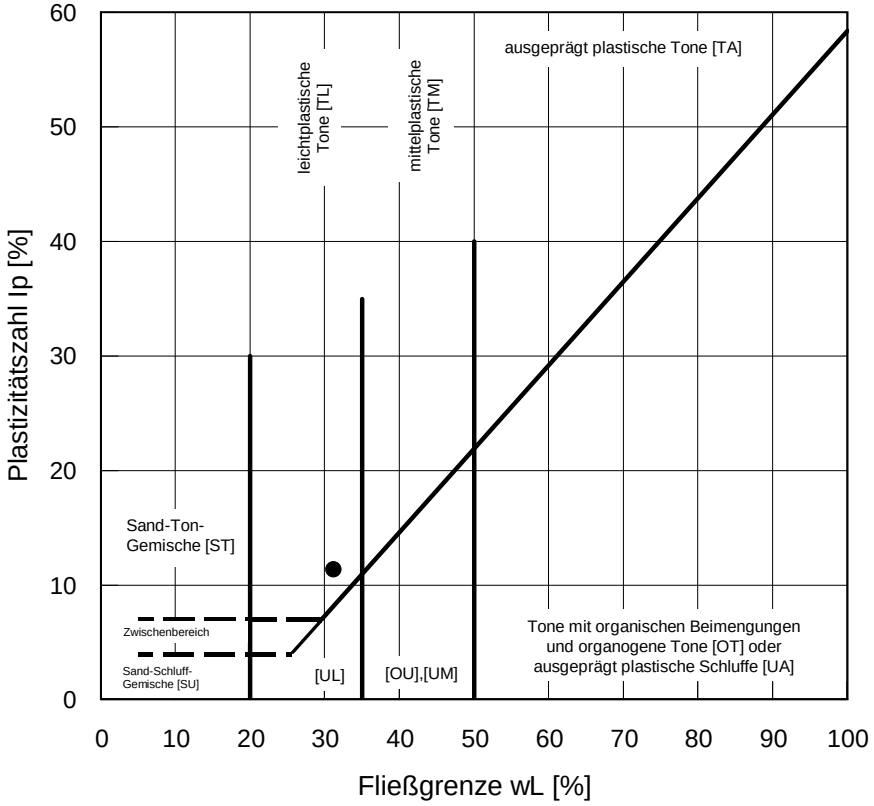
| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Entnahmestelle: | BS5/F | | | |
| Tiefe [m]: | 0,50-0,80 | Entnommen am: | 21.06.16 | durch: ts |
| Bodenart: | U (Lf) | Ausgeführt am: | 28.06.16 | durch: gh |

| | Fließgrenze | | | | Ausrollgrenze | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Behälter-Nr.: | 109 | | | | 103 | 113 | 123 |
| Schlagzahl: | 22 | | | | | | |
| Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]: | 20,08 | | | | 20,11 | 18,87 | 19,18 |
| Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]: | 18,26 | | | | 19,23 | 18,03 | 18,30 |
| Behälter mB [g]: | 12,52 | | | | 14,81 | 13,75 | 13,84 |
| Wasser mW=mF-mD [g]: | 1,82 | | | | 0,88 | 0,84 | 0,88 |
| Trockene Probe mD [g]: | 5,74 | | | | 4,42 | 4,28 | 4,46 |
| Wassergehalt w=mW/mD [%]: | 31,71% | | | | 19,91% | 19,63% | 19,73% |
| Nat. Wassergehalt wN [%]: | **18,14%** | | | | | | |
| Fließgrenze wL [%]: | **31,14%** | | | | | | |
| Ausrollgrenze wP [%]: | **19,76%** | | | | | | |
| Plastizitätszahl Ip = wL-wP [%]: | **11,39%** | | | | | | |
| Konsistenzzahl Ic = (wL-wN)/Ip: | **1,14** | | | | | | |









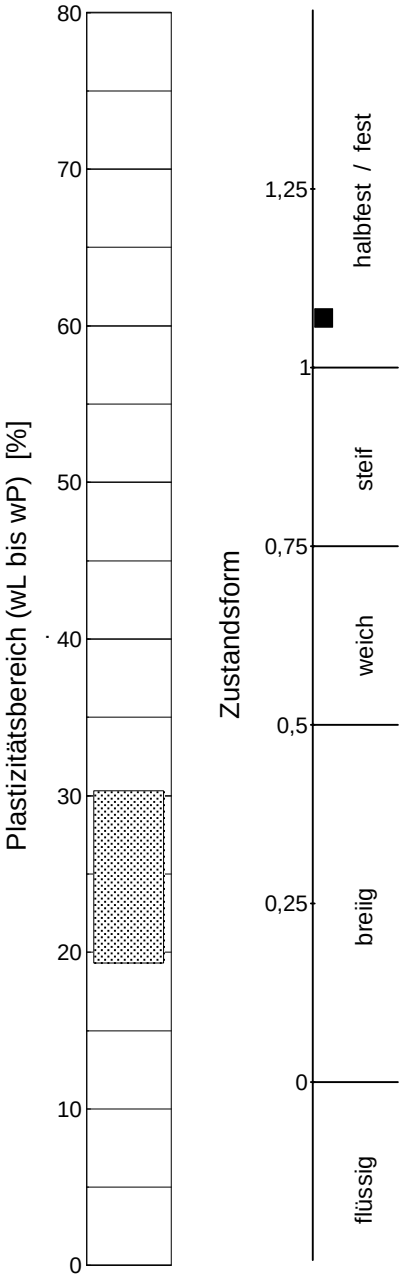

| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/N., linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage 4.9 |
| Darstellung | **Bestimmung der Zustands-grenzen (DIN 18 121, T2)** | |
| Maßstab | | |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid | |
| Gezeichnet | gh | |
| Proj.-Nr. | 2-16-045-01 | |
| Datei | 2-16-045-01_ZG8.123 | |
| Datum | 28.06.2016 | |

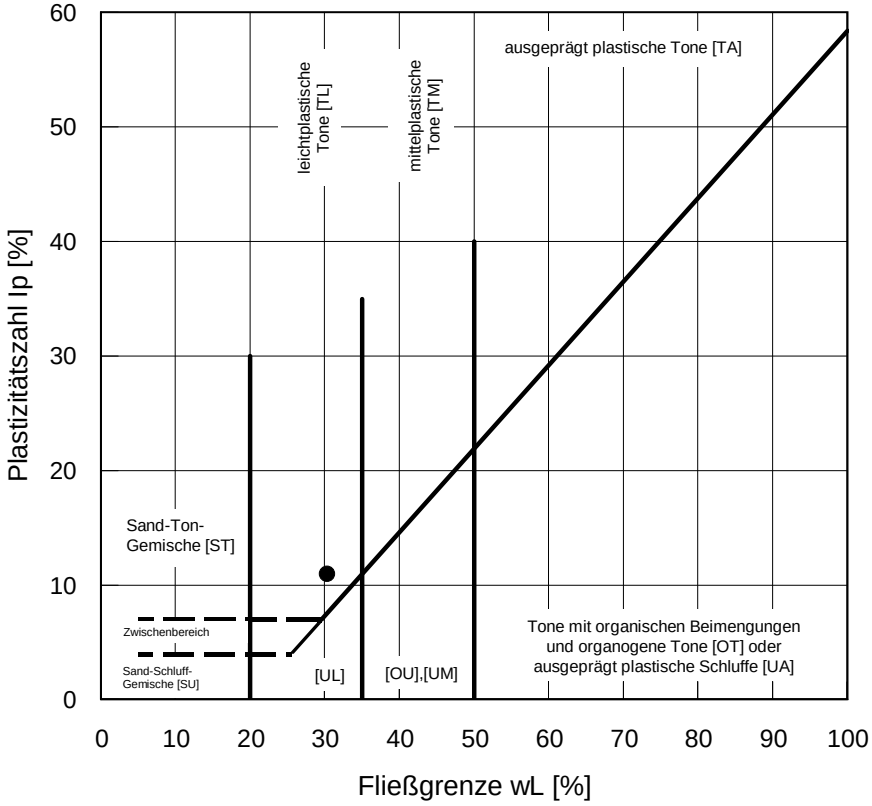
**Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen**
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Entnahmestelle: | BK Neckar_S_01 | | | | | | |
| Tiefe [m]: | 1,00-1,25 m | | Entnommen am: | 08.03.11 | durch: | Terrasond | |
| Bodenart: | S, u* (A) | | Ausgeführt am: | 14.06.11 | durch: | GHJ KA | |

| | Fließgrenze | | | | Ausrollgrenze | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Behälter-Nr.: | | | | | | | |
| Schlagzahl: | | | | | | | |
| Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]: | | | | | | | |
| Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]: | | | | | | | |
| Behälter mB [g]: | | | | | | | |
| Wasser mW=mF-mD [g]: | | | | | | | |
| Trockene Probe mD [g]: | | | | | | | |
| Wassergehalt w=mW/mD [%]: | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Nat. Wassergehalt wN [%]: | **18,56%** |
| Fließgrenze wL [%]: | **30,33%** |
| Ausrollgrenze wP [%]: | **19,33%** |
| Plastizitätszahl Ip = wL-wP [%]: | **11,00%** |
| Konsistenzzahl Ic = (wL-wN)/Ip: | **1,07** |



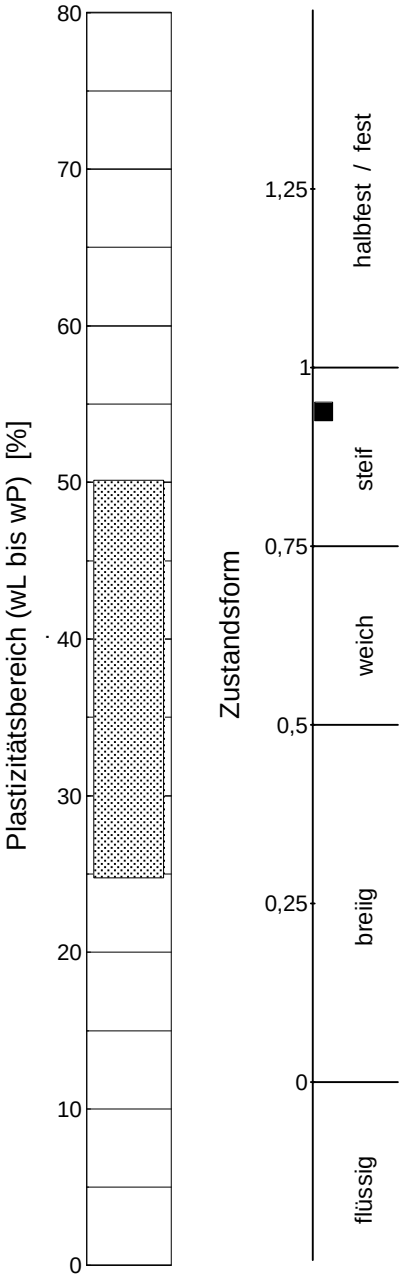

| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/N., linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage<br>4.10 |
| Darstellung | **Bestimmung der Zustands-grenzen (DIN 18 121, T2)** | |
| Maßstab | | |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid | |
| Gezeichnet | gh | |
| Proj.-Nr. | 2-16-045-01 | |
| Datei | 2-16-045-01_ZG9.123 | |
| Datum | 22.07.16 | |

**Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen**
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Entnahmestelle: | BF Neckar_S_01 | | | | | | |
| Tiefe [m]: | 1,00-1,25 m | | Entnommen am: | 09.03.11 | durch: | Terrasond | |
| Bodenart: | U (A) | | Ausgeführt am: | 12.07.11 | durch: | GHJ KA | |

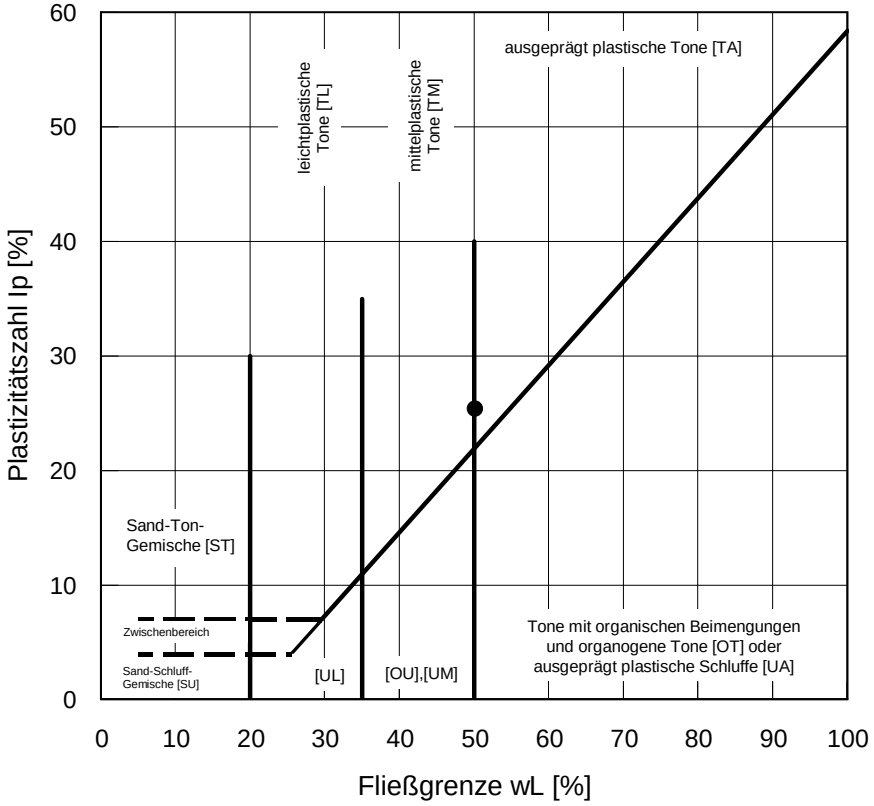
| | Fließgrenze | | | | Ausrollgrenze | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Behälter-Nr.: | | | | | | | |
| Schlagzahl: | | | | | | | |
| Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]: | | | | | | | |
| Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]: | | | | | | | |
| Behälter mB [g]: | | | | | | | |
| Wasser mW=mF-mD [g]: | | | | | | | |
| Trockene Probe mD [g]: | | | | | | | |
| Wassergehalt w=mW/mD [%]: | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Nat. Wassergehalt wN [%]: | **26,31%** |
| Fließgrenze wL [%]: | **50,14%** |
| Ausrollgrenze wP [%]: | **24,75%** |
| Plastizitätszahl Ip = wL-wP [%]: | **25,39%** |
| Konsistenzzahl Ic = (wL-wN)/Ip: | **0,94** |










| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/N., linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage<br>4.11 |
| Darstellung | **Bestimmung der Zustands-grenzen (DIN 18 121, T2)** | |
| Maßstab | | |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid | |
| Gezeichnet | gh | |
| Proj.-Nr. | 2-16-045-01 | |
| Datei | -16-045-01_ZG10.123 | |
| Datum | 22.07.16 | |

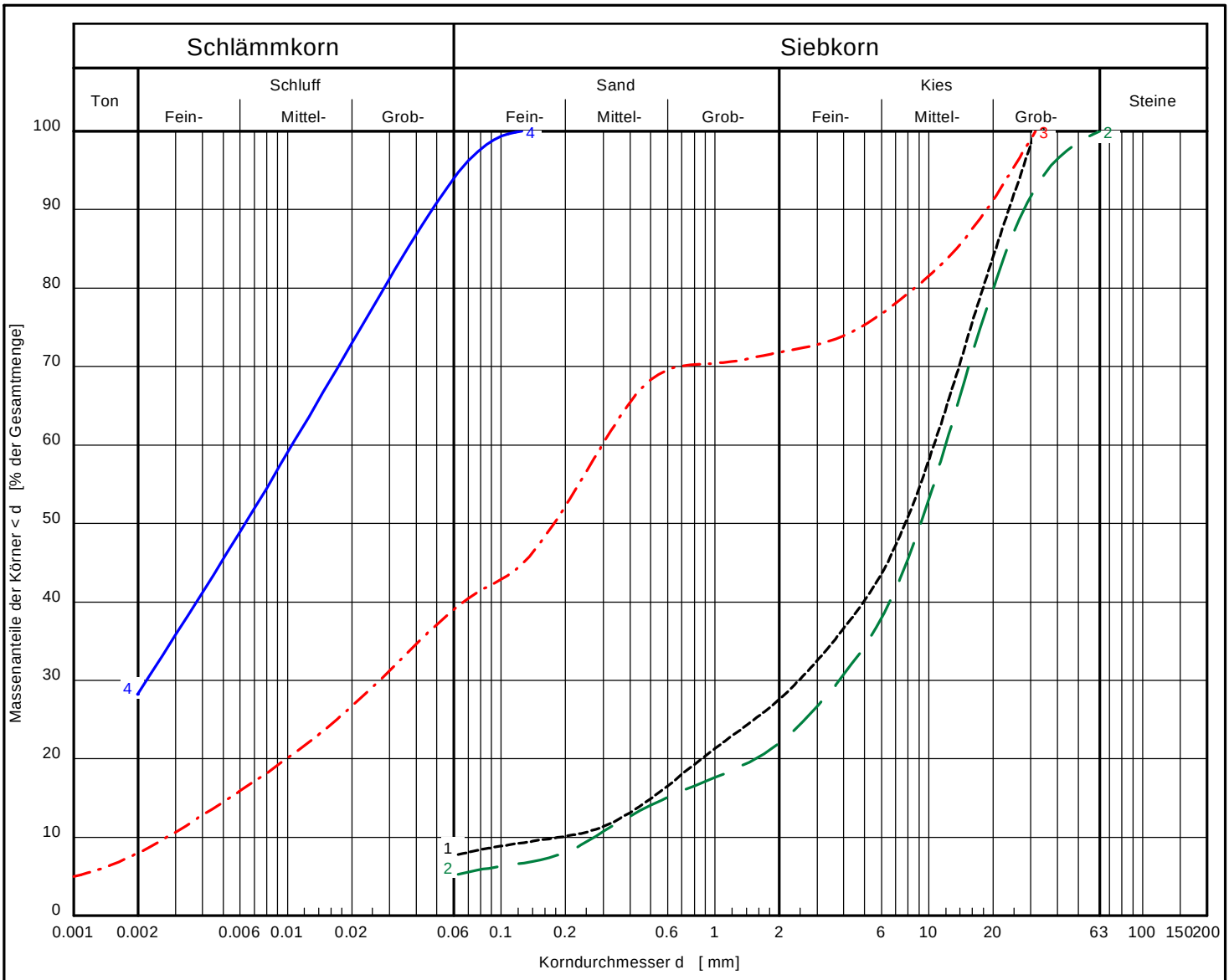
**Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen**
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| **Versuch Nr.** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Entnahmestelle: | BK Neckar_S_01 | | BF Neckar_S_01 | | | | |
| Tiefe [m]: | 1,00-1,25 | | 1,00-1,25 | | | | |
| Bodenart: | S, u* (A) | | U (A) | | | | |
| Bindemittel: | | | | | | | |
| Hergestellt am: | | | | | | | |
| Bemerkungen: | | | | | | | |
| Entnahmedatum: | 08.03.11 | | 09.03.11 | | | | |
| Entnahme durch: | Terrasond | | Terrasond | | | | |
| Prüfdatum: | k.A. | | k.A. | | | | |
| Ausgeführt durch: | GHJ KA | | GHJ KA | | | | |
| **Feuchtdichte rho** | | | | | | | |
| Zylinder-Nr.: | | | | | | | |
| Feuchte Probe + Zylinder mF+mZ [g]: | | | | | | | |
| Behälter mZ [g]: | | | | | | | |
| Feuchte Probe mF [g]: | | | | | | | |
| Volumen Zylinder V [cm³]: | | | | | | | |
| **rho=mF/V [g/cm³]:** | **2,11** | | **1,82** | | | | |
| **Wassergehalt w** | | | | | | | |
| Behälter-Nr.: | | | | | | | |
| Feuchte Probe + Behälter mF+mB [g]: | | | | | | | |
| Trock. Probe + Behälter mD+mB [g]: | | | | | | | |
| Behälter mB [g]: | | | | | | | |
| Wasser mW=mF-mD [g]: | | | | | | | |
| Trockene Probe mD [g]: | | | | | | | |
| **w=mW/mD [%]:** | **14,06%** | | **25,68%** | | | | |
| **Trockendichte rho d** | | | | | | | |
| **rho d=rho/(1+w) [g/cm³]:** | **1,850** | | **1,448** | | | | |
| **Verdichtungsgrad** | | | | | | | |
| zugehöriger Proctorversuch: | | | | | | | |
| ausgeführt am: | | | | | | | |
| 100% Proctordichte rho Pr [g/cm³]: | | | | | | | |
| opt. Wassergehalt w opt [%] | | | | | | | |
| geforderter Verdichtungsgrad DPr [%]: | | | | | | | |
| min. Wassergehalt w min [%]: | | | | | | | |
| max. Wassergehalt w max [%]: | | | | | | | |
| **erreichter Verdichtungsgrad [%]** | | | | | | | |
| **Anforderung erfüllt:** | | | | | | | |
| **Luftporengehalt na** | | | | Korndichte rho_s: | | **2,700** | g/cm³ |
| geforderter Luftporengehalt na [%] | | | | | | | |
| **na=1-(w*rho d)-(rho d/rho s) [%]** | | | | | | | |
| **Anforderung erfüllt:** | | | | | | | |

| | | |
|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage<br>4.12 |
| Darstellung | **Dichtebestimmung**<br>**DIN 18 125 (Ausstechzylinder)** | |

| | |
|---|---|
| Maßstab | -.- |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01_D01.123 |
| Datum | 22.07.2016 |

**Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen**
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60




| Signatur: | ---------- | — — | -·-·-·- | ——— |
|---|---|---|---|---|
| Entnahmestelle: | BS 1/F | BS 3/F | BK Neckar_S_01 | BF Neckar_S_01 |
| Tiefe: | 3,7-5,3 m + 5,4-6,0 m | 0,8-4,0 m | 1,00-1,25 m | 1,00-1,25 m |
| Bodenart: | G, s, u' | G, s, u' | S, $\bar{u}$, g, t' | U, t, s' |
| Cu/Cc: | 56.7/3.1 | 43.9/4.5 | 109.1/0.9 | -/- |
| k [m/s]: | $2.1 \cdot 10^{-4}$ | $4.4 \cdot 10^{-4}$ | $4.4 \cdot 10^{-8}$ | - |
| | k nach Beyer | k nach Beyer | k nach Beyer | k nach Beyer |
| T/U/S/G [%]: | - /7.8/19.8/72.4 | - /5.3/16.7/78.0 | 8.0/31.5/32.3/28.2 | 28.3/66.4/5.3/ - |
| Bodengruppe (DIN 18 196): | GU | GU | SU* | TA |
| Frostempfindlichkeit (ZTVE-StB 09): | F2 | F2 | F3 | F2 |
| Reibungswinkel: | 34.3 | 34.5 | 28.4 | 18.9 |

Probe entnommen am: 21.06.2016/08.03.2011
durch: Marx/GHJ Karlsruhe
Art der Entnahme: gestört/ungestört
Arbeitsweise: Nasssiebung/Sedimentation

Zu- und Abschläge Reibungswinkel:
Korrektur für Abstufung: mittel (+-0°)
Korrektur für Lagerung: mittel (+-0°)
Korrektur für Kornform: sehr rund (-5°)

Bemerkungen:

Projekt: Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm
Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000

Anlage: 4.13

Darstellung

# Bestimmung der Korngrößen-verteilung (DIN 18 123)

| | |
|---|---|
| Maßstab | |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01_sieb.kvs |
| Datum | 22.07.2016 |

Institut für Hydrogeologie
und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

| **Homogenbereich nach DIN 18 300:2015-08** | | | | | **A** | **B** | **C** | **D** | **E** | **F** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Kurzzeichen | Einheit | Bestimmungsmethode | | | | | | | |
| **Angaben für Geotechnische Kategorie GK 1** | | | | | | | | | | |
| Obere Schichtgrenze | | [m u. GOK] | | | 0 | 0-0,20 | 0,15-3,70 | 0,65-3,90 | 5,40-8,40 | 5,40-11,20 |
| Untere Schichtgrenze | | [m u. GOK] | | | 0,0,5-0,20 | 0-3,70 | 0,65-3,90 | 5,60-8,40 | unbekannt | >19 |
| Ortsübliche Bezeichnung | | | | | **Oberboden** | **Auffüllung** | **Auelehm** | **Kies** | **Ton** | **Tonstein, Sandstein** |
| Umweltrelevante Einstufung | | | | | **organoleptisch unauffällig** | **organoleptisch unauffällig** | **organoleptisch unauffällig** | **organoleptisch unauffällig** | **organoleptisch unauffällig** | **organoleptisch unauffällig** |
| Bodengruppe(n) | | | DIN 18 196 | | OU | TL/TM/UL/UM/ GU*/GU/GW/GE | TL/TM/UL/UM | GU-GW (GU*) | TM | - |
| Bodenklasse(n) | | | DIN 18 1300:2012-09 (zurückgezogen) | | 1 | 4, 3 | 4 | 2 (4) | 4 | 6 |
| Frostempfindlichkeitsklasse(n) | | | ZTV E-StB 09 | | F 2 | F 3 | F 3 | F 2-1 (F 3) | F 3 | F 3, F 1 |
| **Boden** | | | **Benennung und Beschreibung nach DIN EN ISO 14 688-1** | | | | | | | |
| Massenanteil Steine, Blöcke und große Blöcke | | [M-%] | Aussortieren, Vermessen bzw. Sieben, Wiegen, auf Aushubmasse bezogen | Steine (Co) | | | | | | |
| | | | | Blöcke (Bo) | | | | | | |
| | | | | gr. Blöcke (LBo) | | | | | | |
| | | | Schätzung nach Feldansprache | Steine (Co) | 0 | 0-15 | 0 | 0-15 | 0 | |
| | | | | Blöcke (Bo) | 0 | 0 | 0 | 0-15 | 0 | |
| | | | | gr. Blöcke (LBo) | 0 | 0 | 0 | 0-15 | 0 | |
| Plastizität | | | Nach Feldansprache | | mittel | mittel, leicht | mittel, leicht | nicht zutreffend | mittel | |
| Konsistenz | | | Nach Feldansprache | | steif, halbfest | halbfest, steif | halbfest, steif, weich | nicht zutreffend | halbfest | |
| Lagerungsdichte | ID | [-] | Lockerste und dichteste Lagerung nach DIN 18126 | | | | | | | |
| | | | Sondierungen nach DIN EN ISO 22476 | | | | | mitteldicht-dicht, lagenweise locker | | |
| | | | Schätzung nach Feldansprache | | nicht zutreffend | nicht zutreffend | nicht zutreffend | | nicht zutreffend | |
| Korngrößenverteilung | | [mm] | Korngrößenanalyse nach DIN 18 123 | | | | | | | |
| | | | Schätzung nach Feldansprache | | 0-20 | 0-200 | 0-63 | 0-200 (630) | <=0,2 | |
| Dichte | rho | [g/cm³] | Dichtebestimmung nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2 | | | | | | | |
| | | | Schätzung nach Feldansprache | | 1,6-1,8 | 1,6-2,2 | 1,9-2,2 | 1,8-2,2 | 2,1-2,2 | |
| Undränierte Scherfestigkeit | cu | [kN/m²] | Flügelscherversuch nach DIN 4094-4 | | | | | | | |
| | | | Einaxialer Druckversuch nach DIN 18136 | | | | | | | |
| | | | Triaxialversuch nach DIN 18 137-2 | | | | | | | |
| | | | Taschenpenetrometer | | | 200-300 | 50-500 | | 200-300 | |
| | | | Schätzung nach Feldansprache | | <=50 | | | nicht zutreffend | | |
| Wassergehalt | wn | [M-%] | Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1 | | | 13-26 | 17-26 | | | |
| | | | Schätzung nach Feldansprache | | 10-30 | 5-35 | 10-35 | 5-20 | 15-20 | |
| Plastizitätszahl | Ip | [%] | Konsistenzgrenzen nach DIN 18 122-1 | | | 3-25 | 11-14 | | | |
| | | | Schätzung nach Feldansprache | | 5-20 | 3-30 | 10-25 | nicht zutreffend | 15-25 | |
| Konsistenzzahl | Ic | [-] | Konsistenzgrenzen nach DIN 18 122-1 | | | 1,1-2,6 | 0,9-1,6 | | | |
| | | | Schätzung nach Feldansprache | | 0,75-1,5 | 0,75-2,6 | 0,75-1,6 | nicht zutreffend | 1,0-1,5 | |
| Organischer Anteil | Vgl | [M-%] | Glühverlust nach DIN 18 128 | | | | | | | |
| | | | Schätzung nach Feldansprache | | 5-10 | 0-10 | 0-5 | 0-5 | 0 | |
| **Fels** | | | **Benennung und Beschreibung nach DIN EN ISO 14 689-1** | | | | | | | |
| Genetische Einheit | | | Abschnitt 4.1(a) | | | | | | | sedimentär |
| Geologische Struktur | | | Abschnitt 4.1(b) / 4.3.2 Tabelle 6 | | | | | | | geschichtet |
| Korngröße | | | Abschnitt 4.1(c) / 4.2.2 Tabelle A.1 | | | | | | | sehr feinkörnig-feinkörnig |
| Mineralogische Zusammensetzung | | | Abschnitt 4.1(d) | | | | | | | Tonminerale, Karbonate, Quarz |
| Poren- und Hohlraumanteil | | | Abschnitt 4.1(e) primäre Poren | | | | | | | keine |
| | | | sekundäre Poren oder Hohlräume | | | | | | | keine-wenig |
| Farbe | | | Abschnitt 4.2.1 Tabelle 1 | | | | | | | rotviolett, grüngrau, dunkelrot, rötlichbraun, weiß-grünlich, gelbgrün |
| Matrix | | | Abschnitt 4.2.3 Tabelle A.1 | | | | | | | tonig, quarzitisch |
| Verwitterungszustand | | | Abschnitt 4.2.4 Tabelle 2 | | | | | | | angewittert |
| Veränderlichkeit | | | Abschnitt 4.2.6 Tabelle 4 | | | | | | | veränderlich (Tonstein), nicht veränderlich (Sandstein) |
| Felsart | | | Abschnitt 4.3.1 | | | | | | | Tosnstein, Sandstein |
| Trennflächen | | [°] | Abschnitt 4.3.3.2 Fallrichtung/Fallwinkel | | | | | | | nicht erkennbar |
| Schichtmächtigkeit | | [mm] | Abschnitt 4.3.3.3 Tabelle 7 | | | | | | | nicht erkennbar |
| Klüftung/Kluftabstand | | [mm] | Abschnitt 4.3.3.3 Tabelle 8 | | | | | | | nicht erkennbar |
| Gesteinskörpergröße | | [mm] | Abschnitt 4.3.3.3 Tabelle 9 | | | | | | | nicht erkennbar |
| Gesteinskörperform | | | Abschnitt 4.3.3.3 Tabelle 10 | | | | | | | nicht erkennbar |
| Verwitterungsstufe | | | Abschnitt 4.3.4 Tabelle 13 | | | | | | | V 1-V 2 |
| Dichte | rho | [g/cm³] | Dichtebestimmung nach DIN EN ISO 17892-2 oder DIN 18125-2 | | | | | | | |
| | | | Schätzung nach Feldansprache | | | | | | | 2,3-2,6 |
| Einaxiale Druckfestigkeit | qu | [MPa] | Abschnitt 4.2.7: Einaxialer Druckversuch nach DGGT-Empfehlung Nr. 1 | | | | | | | |
| | | | Punktlastversuch nach DGGT-Empfehlung Nr. 5 | | | | | | | |
| | | | Taschenpenetrometer | | | | | | | |
| | | | Schätzung nach Feldansprache (Tabelle 5) | | | | | | | 1-5 (Tonstein), 5-50 (Sandstein) |

# Neckardamm Wernau
# Geologischer Schnitt A-A
## Station 0 + 935

| Boden | $\varphi_k$ [°] | $c_k$ [kN/m²] | $\gamma_k$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 1.50 | 20.50 | Dammschüttung |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Auelehm |
| | 35.00 | 0.00 | 20.50 | Neckarkies |

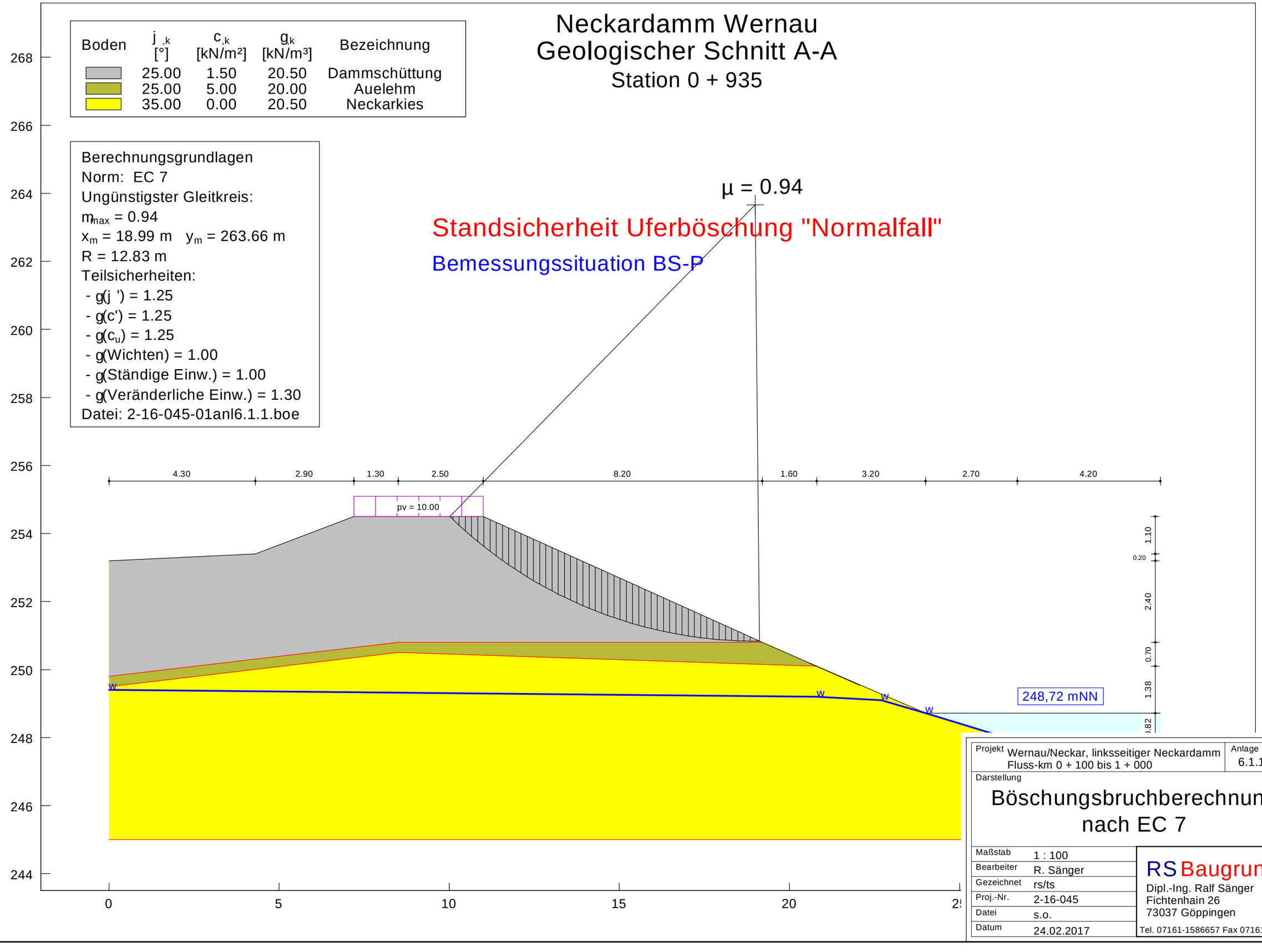
Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
$\mu_{max}$ = 0.94
$x_m$ = 18.99 m $y_m$ = 263.66 m
R = 12.83 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.25
- $\gamma(c')$ = 1.25
- $\gamma(c_u)$ = 1.25
- $\gamma$(Wichten) = 1.00
- $\gamma$(Ständige Einw.) = 1.00
- $\gamma$(Veränderliche Einw.) = 1.30

Datei: 2-16-045-01anl6.1.1.boe

μ = 0.94

Standsicherheit Uferböschung "Normalfall"

Bemessungssituation BS-P




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 6.1.1 |
| Darstellung | Böschungsbruchberechnung nach EC 7 |
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | R. Sänger |
| Gezeichnet | rs/ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 24.02.2017 |


RS Baugrund
Dipl.-Ing. Ralf Sänger
Fichtenhain 26
73037 Göppingen
Tel. 07161-1586657 Fax 07161-986092

# Neckardamm Wernau
# Geologischer Schnitt A-A
## Station 0 + 935

| Boden | $j_{,k}$ [°] | $c_{,k}$ [kN/m²] | $g_k$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 1.50 | 20.50 | Dammschüttung |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Auelehm |
| | 35.00 | 0.00 | 20.50 | Neckarkies |

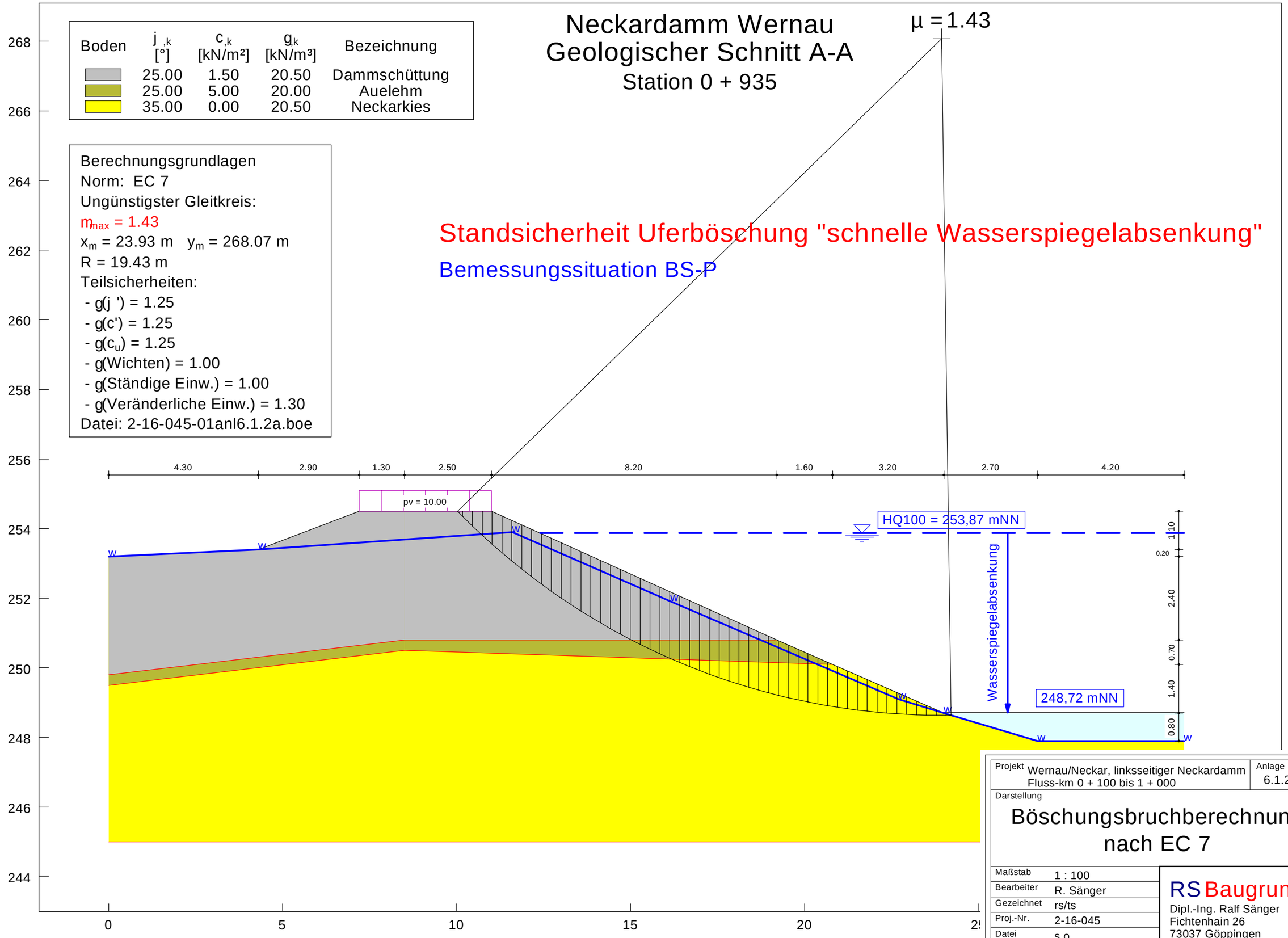
Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
$m_{max}$ = 1.43
$x_m$ = 23.93 m $y_m$ = 268.07 m
R = 19.43 m
Teilsicherheiten:
- g(j ') = 1.25
- g(c') = 1.25
- g($c_u$) = 1.25
- g(Wichten) = 1.00
- g(Ständige Einw.) = 1.00
- g(Veränderliche Einw.) = 1.30

Datei: 2-16-045-01anl6.1.2a.boe

μ = 1.43

Standsicherheit Uferböschung "schnelle Wasserspiegelabsenkung"

Bemessungssituation BS-P




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 6.1.2a |
| Darstellung | Böschungsbruchberechnung nach EC 7 |
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | R. Sänger |
| Gezeichnet | rs/ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 24.02.2017 |


RS Baugrund
Dipl.-Ing. Ralf Sänger
Fichtenhain 26
73037 Göppingen
Tel. 07161-1586657 Fax 07161-986092

# Neckardamm Wernau
# Geologischer Schnitt A-A
## Station 0 + 935

μ = 1.31

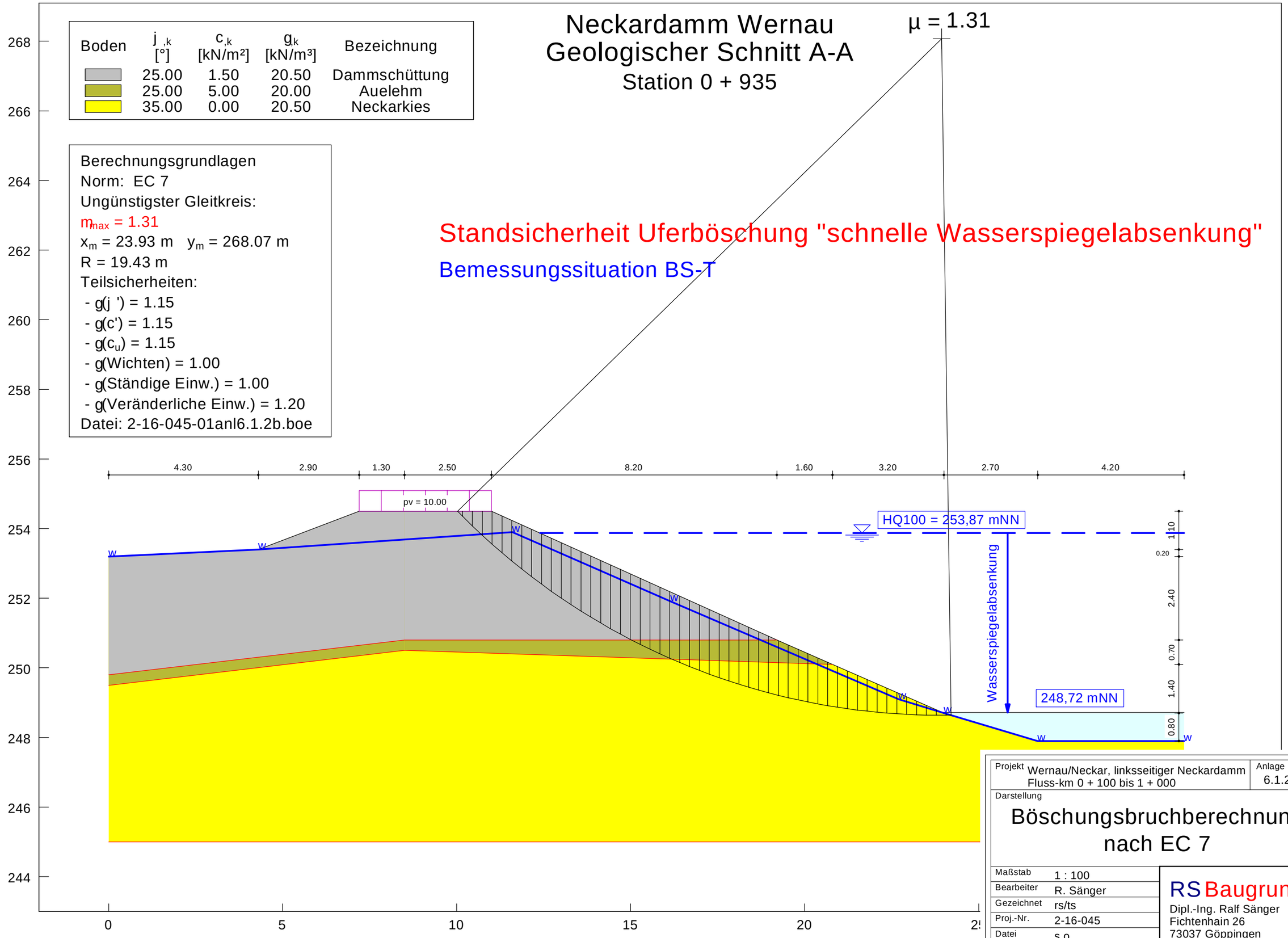
| Boden | $j_{,k}$ [°] | $c_{,k}$ [kN/m²] | $g_k$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 1.50 | 20.50 | Dammschüttung |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Auelehm |
| | 35.00 | 0.00 | 20.50 | Neckarkies |

Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
$m_{max}$ = 1.31
$x_m$ = 23.93 m $y_m$ = 268.07 m
R = 19.43 m
Teilsicherheiten:
- g(j ') = 1.15
- g(c') = 1.15
- g($c_u$) = 1.15
- g(Wichten) = 1.00
- g(Ständige Einw.) = 1.00
- g(Veränderliche Einw.) = 1.20

Datei: 2-16-045-01anl6.1.2b.boe

Standsicherheit Uferböschung "schnelle Wasserspiegelabsenkung"

Bemessungssituation BS-T




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 6.1.2b |

Darstellung

# Böschungsbruchberechnung nach EC 7

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | R. Sänger |
| Gezeichnet | rs/ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 24.02.2017 |


RS Baugrund
Dipl.-Ing. Ralf Sänger
Fichtenhain 26
73037 Göppingen
Tel. 07161-1586657 Fax 07161-986092

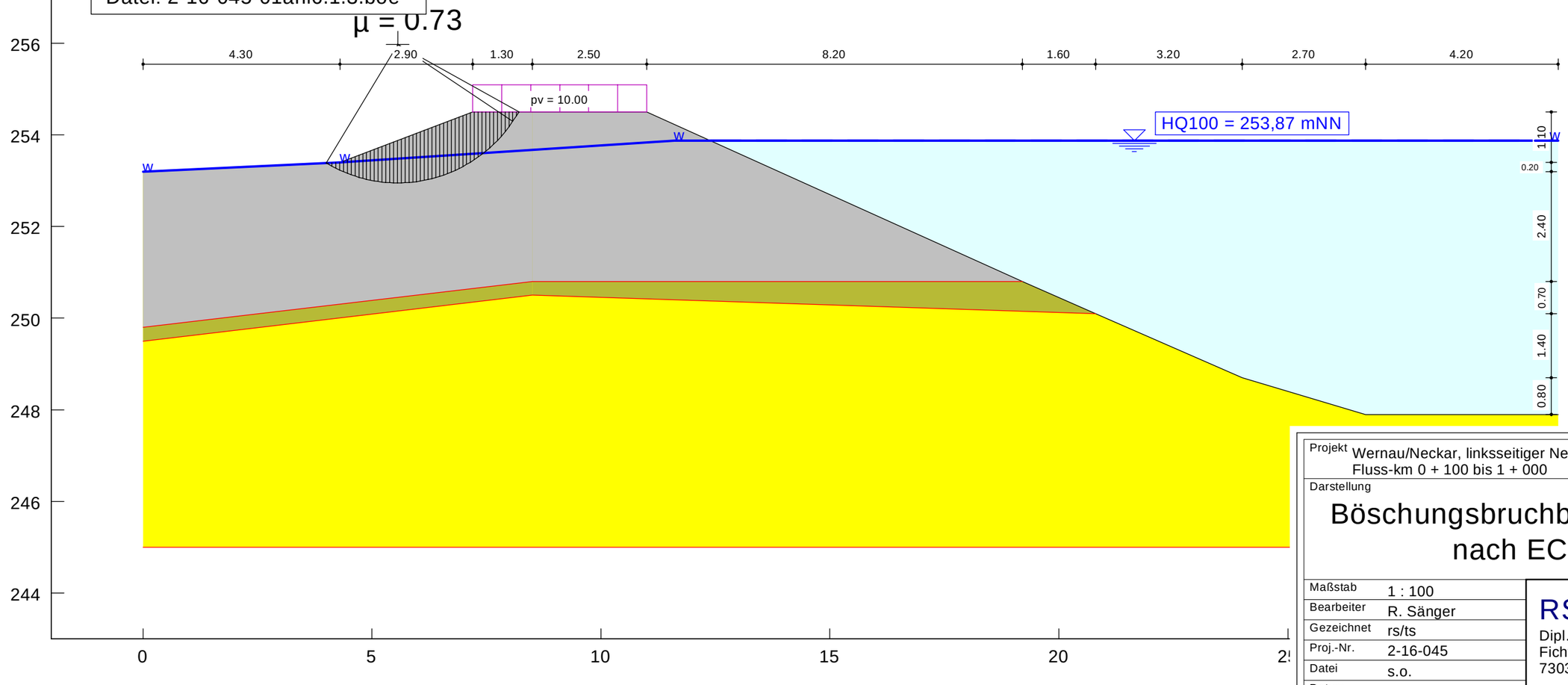
# Neckardamm Wernau
# Geologischer Schnitt A-A
## Station 0 + 935

| Boden | $\varphi_k$ [°] | $c_k$ [kN/m²] | $\gamma_k$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 1.50 | 20.50 | Dammschüttung |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Auelehm |
| | 35.00 | 0.00 | 20.50 | Neckarkies |

Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
$m_{max}$ = 0.73
$x_m$ = 5.56 m $y_m$ = 255.97 m
R = 3.02 m
Teilsicherheiten:
- γ(φ') = 1.15
- γ(c') = 1.15
- γ($c_u$) = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20

Datei: 2-16-045-01anl6.1.3.boe

## Standsicherheit Dammböschung "Durchströmung"
### Bemessungssituation BS-T




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 6.1.3 |
| Darstellung | Böschungsbruchberechnung nach EC 7 |
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | R. Sänger |
| Gezeichnet | rs/ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 24.02.2017 |


RS Baugrund
Dipl.-Ing. Ralf Sänger
Fichtenhain 26
73037 Göppingen
Tel. 07161-1586657 Fax 07161-986092

# Neckardamm Wernau
# Geologischer Schnitt A-A
## Station 0 + 935

| Boden | $\varphi_k$ [°] | $c_k$ [kN/m²] | $\gamma_k$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 1.50 | 20.50 | Dammschüttung |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Auelehm |
| | 35.00 | 0.00 | 20.50 | Neckarkies |

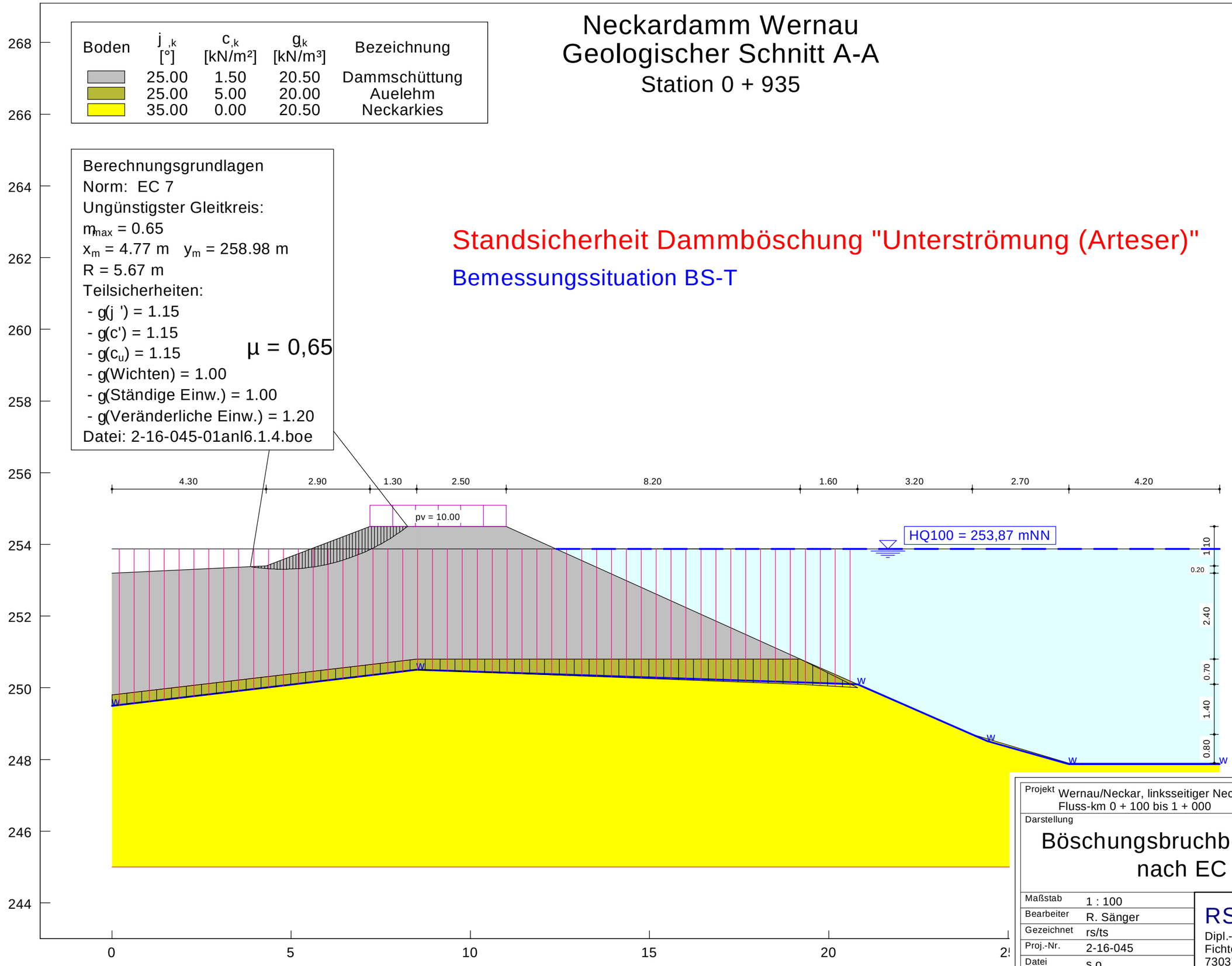
Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
$m_{max}$ = 0.65
$x_m$ = 4.77 m $y_m$ = 258.98 m
R = 5.67 m
Teilsicherheiten:
- γ(φ') = 1.15
- γ(c') = 1.15
- γ($c_u$) = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20

Datei: 2-16-045-01anl6.1.4.boe

μ = 0,65

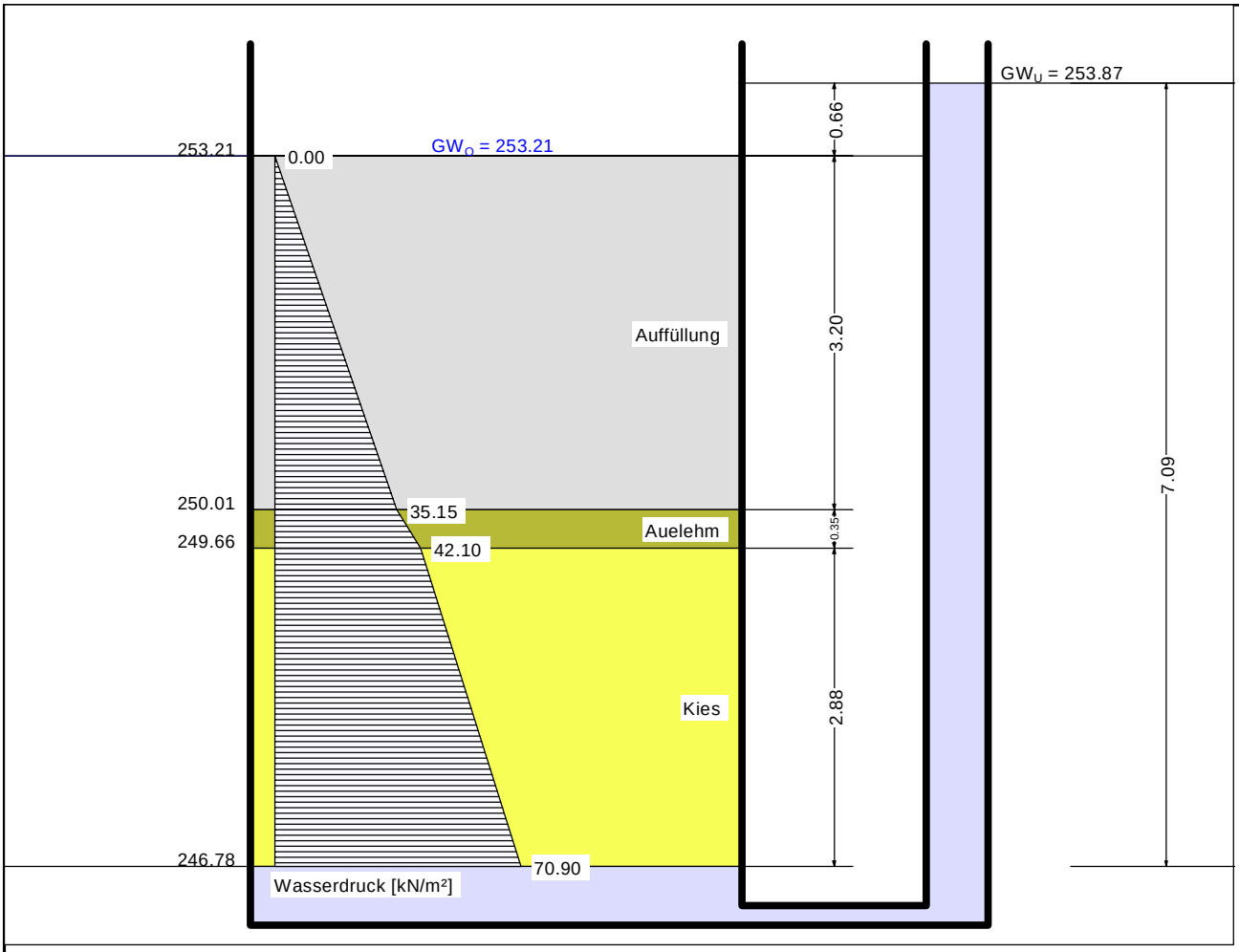
## Standsicherheit Dammböschung "Unterströmung (Arteser)"

### Bemessungssituation BS-T




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 6.1.4 |
| Darstellung | Böschungsbruchberechnung nach EC 7 |
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | R. Sänger |
| Gezeichnet | rs/ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 24.02.2017 |


RS Baugrund
Dipl.-Ing. Ralf Sänger
Fichtenhain 26
73037 Göppingen
Tel. 07161-1586657 Fax 07161-986092




| Boden | g [kN/m³] | g' [kN/m³] | k [m/s] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 20.50 | 10.50 | $1.0 \cdot 10^{-6}$ | Auffüllung |
| | 20.50 | 10.50 | $1.0 \cdot 10^{-7}$ | Auelehm |
| | 20.50 | 11.50 | $1.0 \cdot 10^{-3}$ | Kies |

Schnitt A, Station 0 + 935 m
Teilsicherheiten:
$\gamma_{G,dst}$ = 1.050
$\gamma_{G,stb}$ = 0.950
$\gamma_H$ = 1.450
Datei: 2-16-045-01anl6.1.5.aft

Auftriebssicherheit
Ausnutzungsgrad μ = 0.639
bei = 249.660 m
Gewicht = 72.775 kN/m²
$\gamma_{G,stb}$ = g (Gewicht) = 0.950
PW-Druck = 42.097 kN/m²
$\gamma_{G,dst}$ = g (PW-Druck) = 1.050
μ = 1.050 · 42.097 / (0.950 · 72.775)

Hydraulische Grundbruchsicherheit
Ausnutzungsgrad μ = 0.270
bei = 249.660 m
Gewicht = 37.275 kN/m²
$\gamma_{G,stb}$ = g (Gewicht) = 0.950
Strömungskraft = 6.597 kN/m²
$\gamma_H$ = g (Strömungskraft) = 1.450
μ = 1.450 · 6.597 / (0.950 · 37.275)

| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage |
|---|---|---|
| | | 6.1.5 |

Darstellung

# Sicherheit gegen Auftrieb und hydraulischen Grundbruch

| | |
|---|---|
| Maßstab | o.M. |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 23.02.2017 |

Institut für Hydrogeologie
und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

# Neckardamm Wernau
# Geologischer Schnitt C-C
## Station 0 + 710

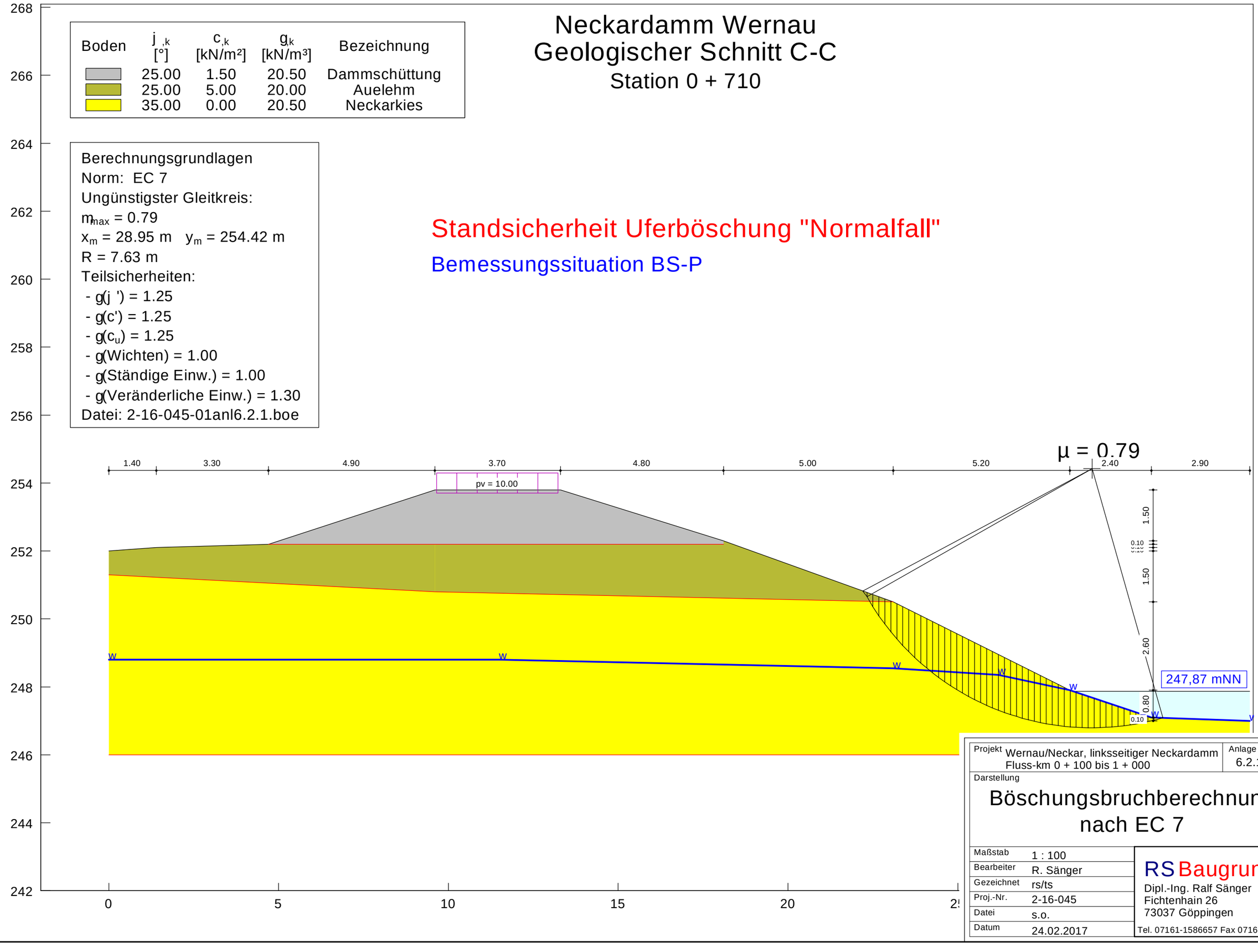
| Boden | $\varphi_k$ [°] | $c_k$ [kN/m²] | $\gamma_k$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 1.50 | 20.50 | Dammschüttung |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Auelehm |
| | 35.00 | 0.00 | 20.50 | Neckarkies |

Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
$m_{max}$ = 0.79
$x_m$ = 28.95 m $y_m$ = 254.42 m
R = 7.63 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.25
- $\gamma(c')$ = 1.25
- $\gamma(c_u)$ = 1.25
- $\gamma$(Wichten) = 1.00
- $\gamma$(Ständige Einw.) = 1.00
- $\gamma$(Veränderliche Einw.) = 1.30

Datei: 2-16-045-01anl6.2.1.boe

## Standsicherheit Uferböschung "Normalfall"

Bemessungssituation BS-P




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 6.2.1 |
| Darstellung | Böschungsbruchberechnung nach EC 7 |
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | R. Sänger |
| Gezeichnet | rs/ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 24.02.2017 |


RS Baugrund
Dipl.-Ing. Ralf Sänger
Fichtenhain 26
73037 Göppingen
Tel. 07161-1586657 Fax 07161-986092

# Neckardamm Wernau
# Geologischer Schnitt C-C
## Station 0 + 710

| Boden | $\varphi_k$ [°] | $c_k$ [kN/m²] | $\gamma_k$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 1.50 | 20.50 | Dammschüttung |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Auelehm |
| | 35.00 | 0.00 | 20.50 | Neckarkies |

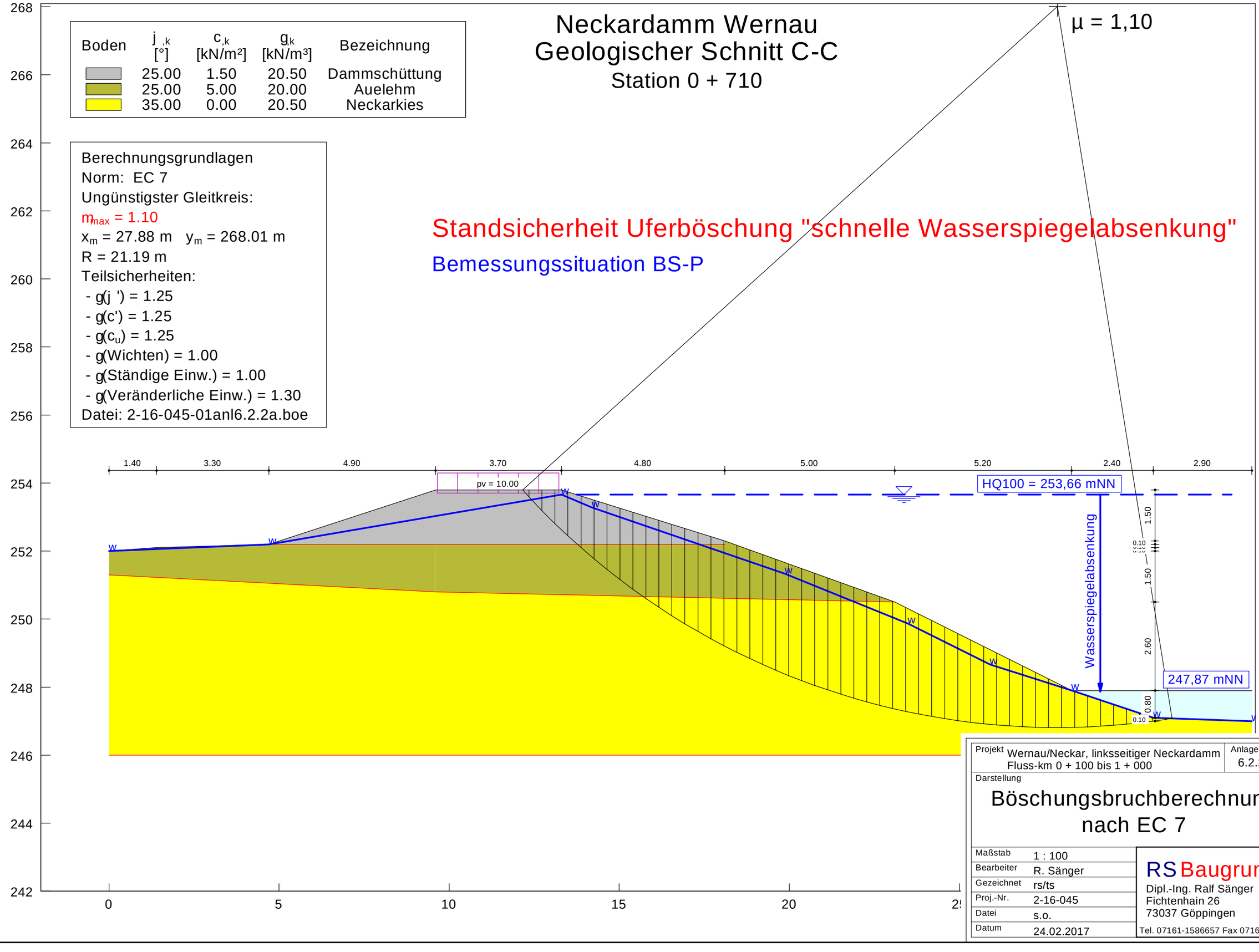
Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
$\mu_{max}$ = 1.10
$x_m$ = 27.88 m $y_m$ = 268.01 m
R = 21.19 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.25
- $\gamma(c')$ = 1.25
- $\gamma(c_u)$ = 1.25
- $\gamma$(Wichten) = 1.00
- $\gamma$(Ständige Einw.) = 1.00
- $\gamma$(Veränderliche Einw.) = 1.30

Datei: 2-16-045-01anl6.2.2a.boe

μ = 1,10

Standsicherheit Uferböschung "schnelle Wasserspiegelabsenkung"

Bemessungssituation BS-P




| | | | |
|---|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage | 6.2.2a |

Darstellung

# Böschungsbruchberechnung nach EC 7

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | R. Sänger |
| Gezeichnet | rs/ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 24.02.2017 |


RS Baugrund
Dipl.-Ing. Ralf Sänger
Fichtenhain 26
73037 Göppingen
Tel. 07161-1586657 Fax 07161-986092

# Neckardamm Wernau
# Geologischer Schnitt C-C
## Station 0 + 710

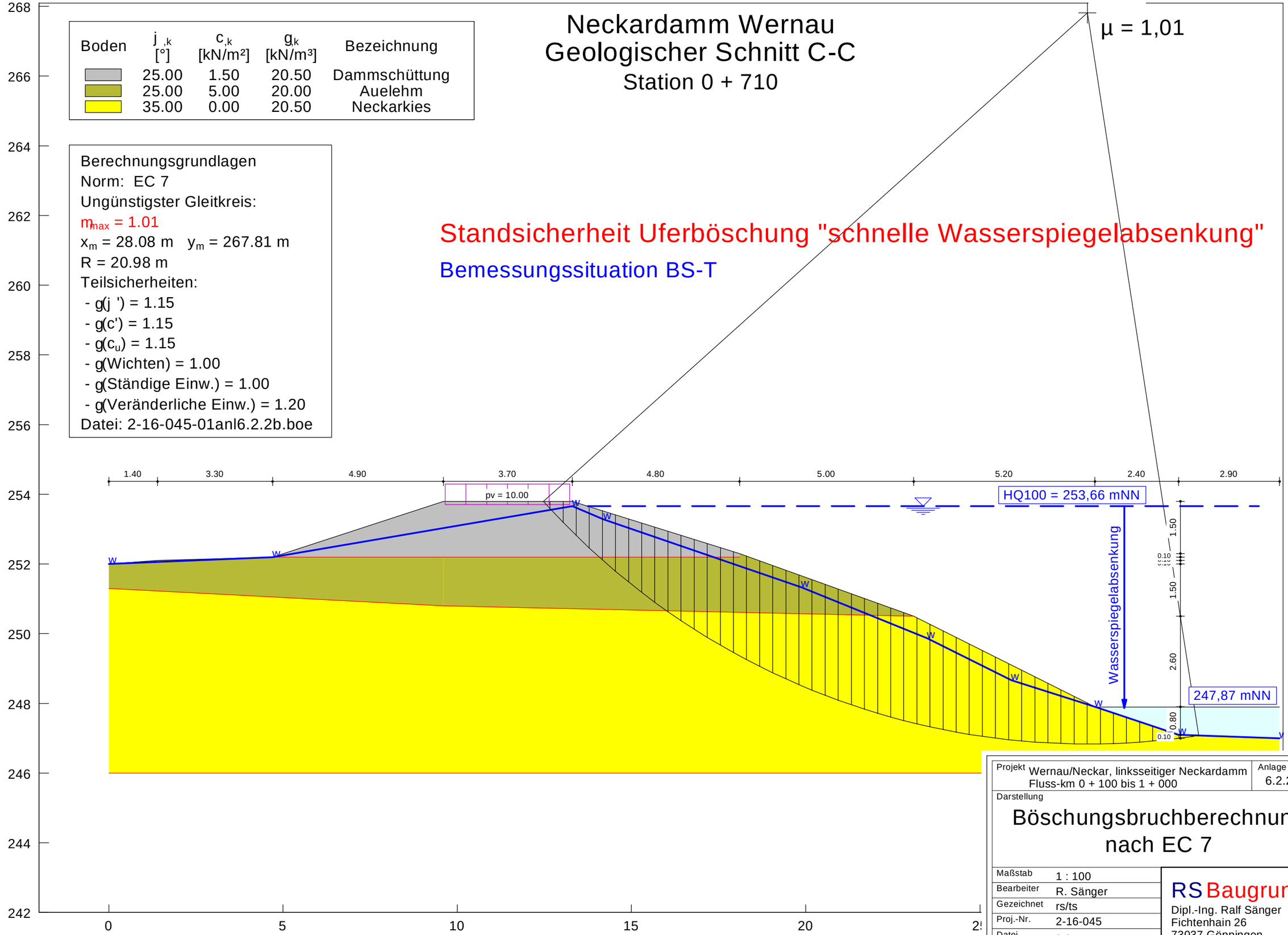
| Boden | $\varphi_k$ [°] | $c_k$ [kN/m²] | $\gamma_k$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 1.50 | 20.50 | Dammschüttung |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Auelehm |
| | 35.00 | 0.00 | 20.50 | Neckarkies |

Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
$\mu_{max}$ = 1.01
$x_m$ = 28.08 m $y_m$ = 267.81 m
R = 20.98 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- $\gamma$(Wichten) = 1.00
- $\gamma$(Ständige Einw.) = 1.00
- $\gamma$(Veränderliche Einw.) = 1.20

Datei: 2-16-045-01anl6.2.2b.boe

Standsicherheit Uferböschung "schnelle Wasserspiegelabsenkung"

Bemessungssituation BS-T




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 6.2.2b |
| Darstellung | Böschungsbruchberechnung nach EC 7 |
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | R. Sänger |
| Gezeichnet | rs/ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 24.02.2017 |


RS Baugrund
Dipl.-Ing. Ralf Sänger
Fichtenhain 26
73037 Göppingen
Tel. 07161-1586657 Fax 07161-986092

# Neckardamm Wernau
# Geologischer Schnitt C-C
## Station 0 + 710

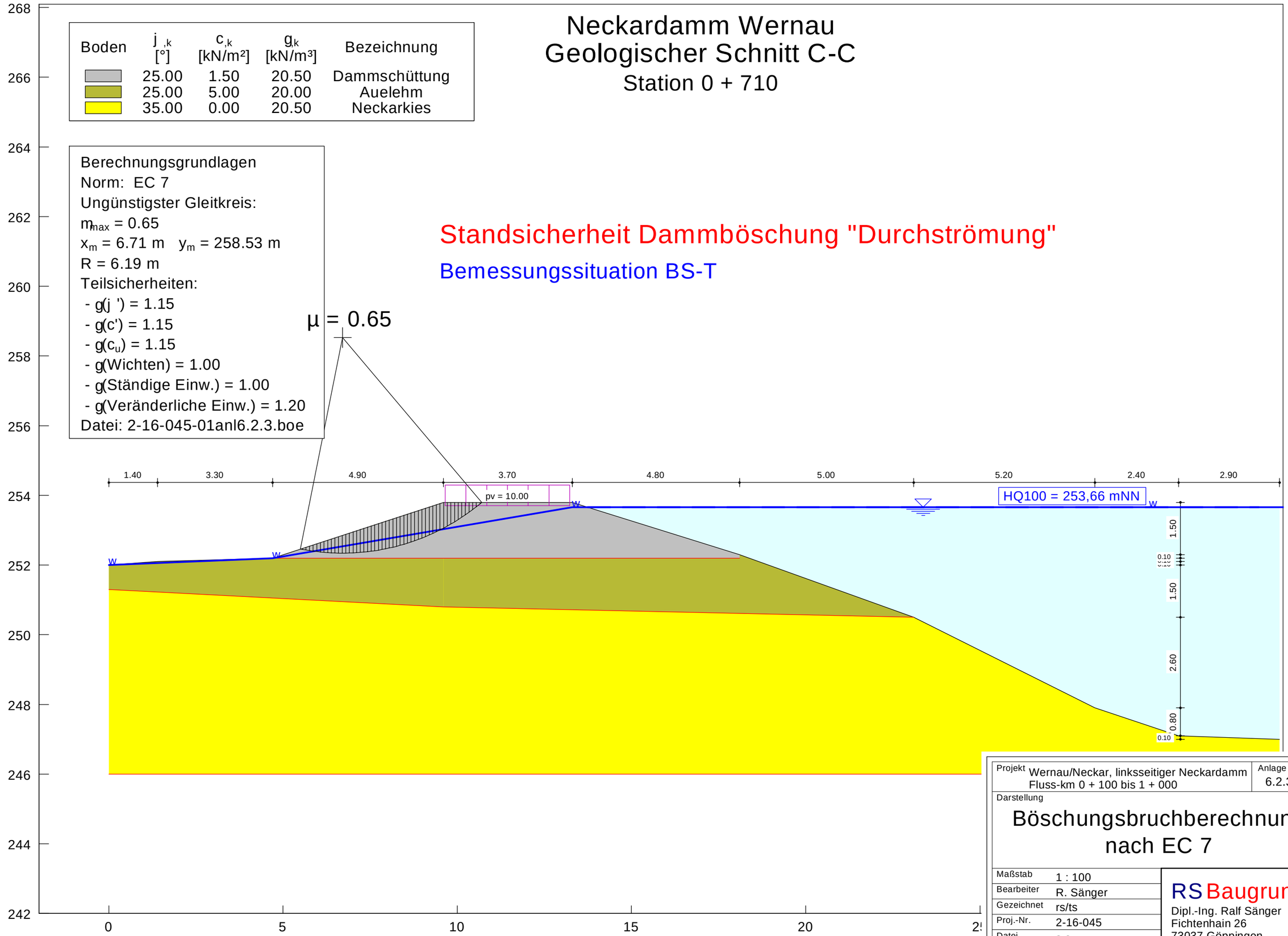
| Boden | $\varphi_k$ [°] | $c_k$ [kN/m²] | $\gamma_k$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 1.50 | 20.50 | Dammschüttung |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Auelehm |
| | 35.00 | 0.00 | 20.50 | Neckarkies |

Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
$\mu_{max}$ = 0.65
$x_m$ = 6.71 m $y_m$ = 258.53 m
R = 6.19 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- $\gamma$(Wichten) = 1.00
- $\gamma$(Ständige Einw.) = 1.00
- $\gamma$(Veränderliche Einw.) = 1.20

Datei: 2-16-045-01anl6.2.3.boe

## Standsicherheit Dammböschung "Durchströmung"

Bemessungssituation BS-T




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 6.2.3 |
| Darstellung | Böschungsbruchberechnung nach EC 7 |
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | R. Sänger |
| Gezeichnet | rs/ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 24.02.2017 |


RS Baugrund
Dipl.-Ing. Ralf Sänger
Fichtenhain 26
73037 Göppingen
Tel. 07161-1586657 Fax 07161-986092

# Neckardamm Wernau
# Geologischer Schnitt C-C
## Station 0 + 710

| Boden | $\varphi_k$ [°] | $c_k$ [kN/m²] | $\gamma_k$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 1.50 | 20.50 | Dammschüttung |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Auelehm |
| | 35.00 | 0.00 | 20.50 | Neckarkies |

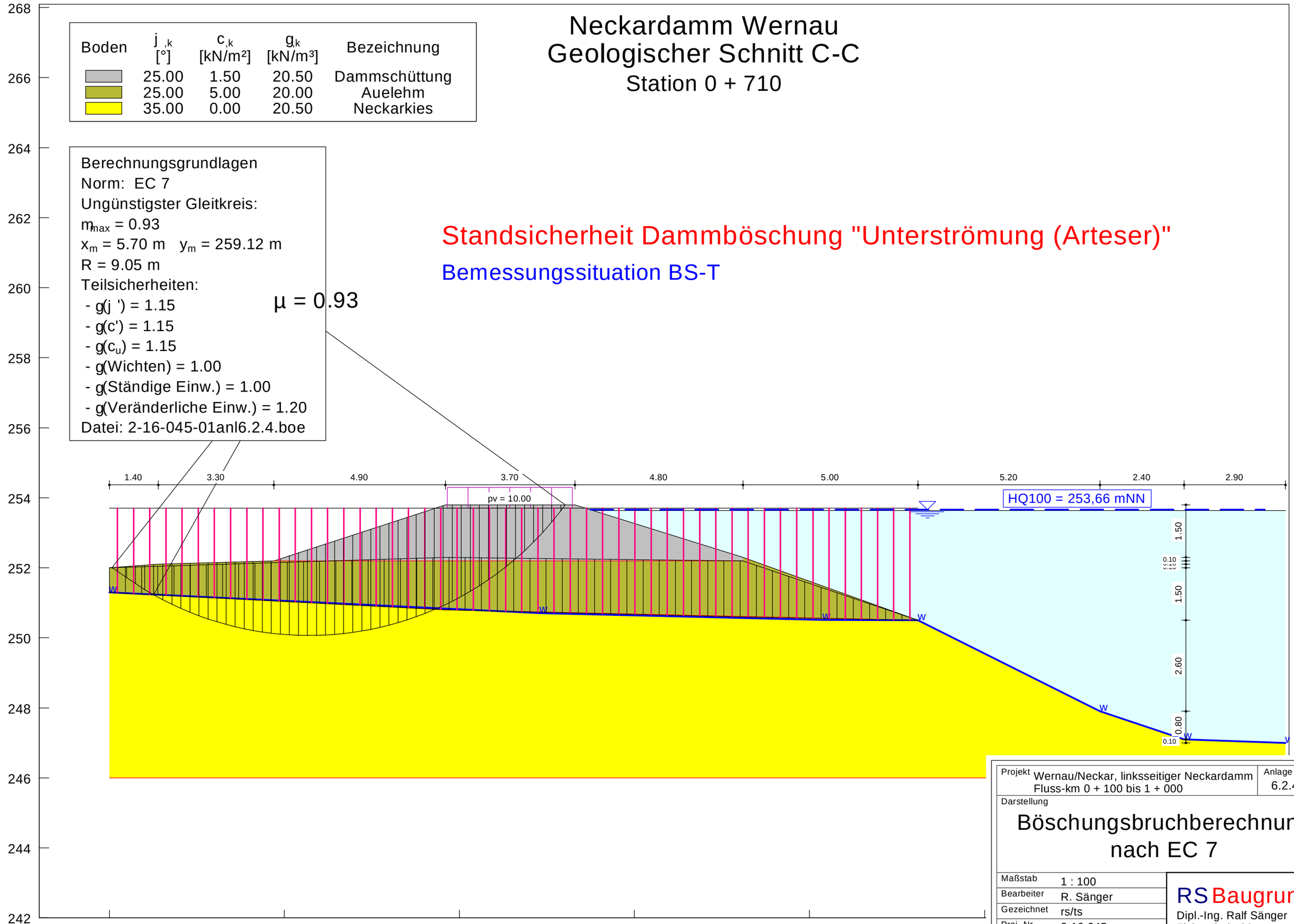
Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
$m_{max}$ = 0.93
$x_m$ = 5.70 m $y_m$ = 259.12 m
R = 9.05 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- $\gamma$(Wichten) = 1.00
- $\gamma$(Ständige Einw.) = 1.00
- $\gamma$(Veränderliche Einw.) = 1.20

Datei: 2-16-045-01anl6.2.4.boe

μ = 0.93

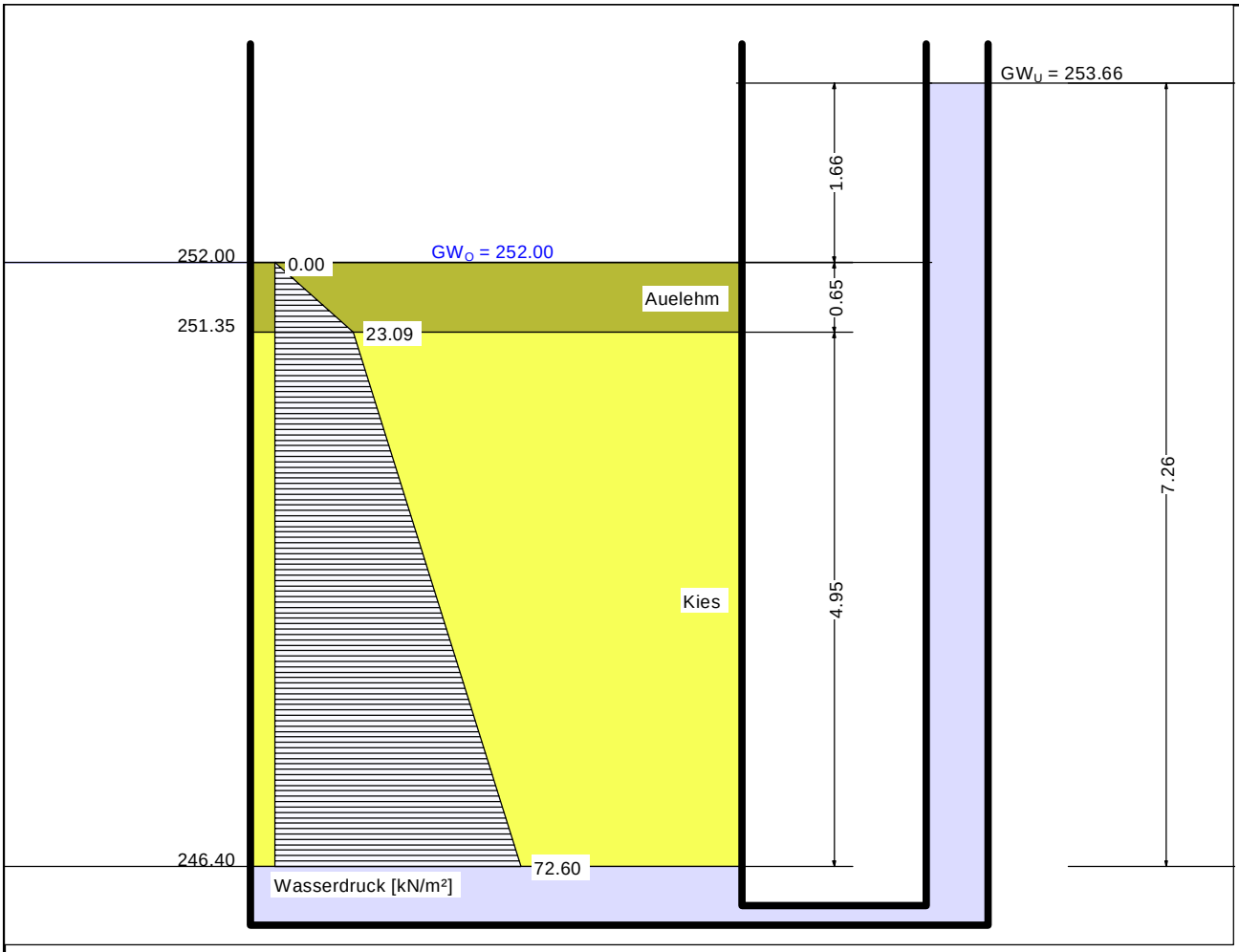
## Standsicherheit Dammböschung "Unterströmung (Arteser)"

### Bemessungssituation BS-T




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 6.2.4 |
| Darstellung | Böschungsbruchberechnung nach EC 7 |
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | R. Sänger |
| Gezeichnet | rs/ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 24.02.2017 |


RS Baugrund
Dipl.-Ing. Ralf Sänger
Fichtenhain 26
73037 Göppingen
Tel. 07161-1586657 Fax 07161-986092




| Boden | g [kN/m³] | g' [kN/m³] | k [m/s] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 20.50 | 10.50 | $1.0 \cdot 10^{-7}$ | Auelehm |
| | 20.50 | 11.50 | $1.0 \cdot 10^{-3}$ | Kies |

Schnitt C, Station 0 + 710 m
Teilsicherheiten:
$\gamma_{G,dst}$ = 1.050
$\gamma_{G,stb}$ = 0.950
$\gamma_H$ = 1.450
Datei: 2-16-045-01anl6.2.5.aft

Auftriebssicherheit
Ausnutzungsgrad μ = 1.915
bei = 251.350 m
Gewicht = 13.325 kN/m²
$\gamma_{G,stb}$ = g (Gewicht) = 0.950
PW-Druck = 23.087 kN/m²
$\gamma_{G,dst}$ = g (PW-Druck) = 1.050
μ = 1.050 · 23.087 / (0.950 · 13.325)

Hydraulische Grundbruchsicherheit
Ausnutzungsgrad μ = 3.710
bei = 251.350 m
Gewicht = 6.825 kN/m²
$\gamma_{G,stb}$ = g (Gewicht) = 0.950
Strömungskraft = 16.587 kN/m²
$\gamma_H$ = g (Strömungskraft) = 1.450
μ = 1.450 · 16.587 / (0.950 · 6.825)

| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage |
|---|---|---|
| | | 6.2.5 |

Darstellung

# Sicherheit gegen Auftrieb und hydraulischen Grundbruch

| | |
|---|---|
| Maßstab | o.M. |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 23.02.2017 |

Institut für Hydrogeologie
und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

# Neckardamm Wernau
# Geologischer Schnitt F-F
## Station 0 + 440

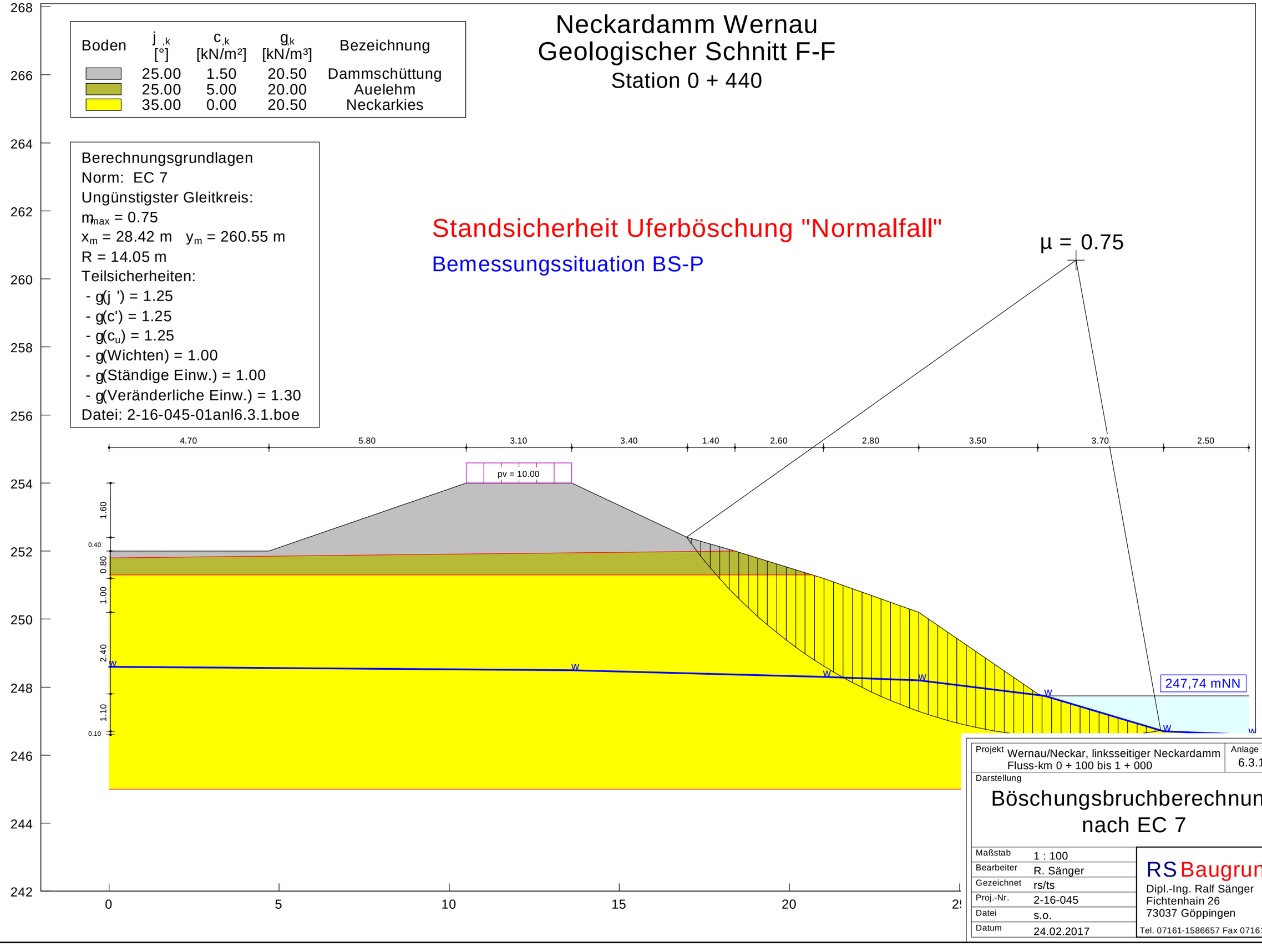
| Boden | j ,k [°] | c,k [kN/m²] | g,k [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 1.50 | 20.50 | Dammschüttung |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Auelehm |
| | 35.00 | 0.00 | 20.50 | Neckarkies |

Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
$m_{max}$ = 0.75
$x_m$ = 28.42 m $y_m$ = 260.55 m
R = 14.05 m
Teilsicherheiten:
- g(j ') = 1.25
- g(c') = 1.25
- g($c_u$) = 1.25
- g(Wichten) = 1.00
- g(Ständige Einw.) = 1.00
- g(Veränderliche Einw.) = 1.30

Datei: 2-16-045-01anl6.3.1.boe

## Standsicherheit Uferböschung "Normalfall"

Bemessungssituation BS-P




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 6.3.1 |
| Darstellung | Böschungsbruchberechnung nach EC 7 |
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | R. Sänger |
| Gezeichnet | rs/ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 24.02.2017 |


RS Baugrund
Dipl.-Ing. Ralf Sänger
Fichtenhain 26
73037 Göppingen
Tel. 07161-1586657 Fax 07161-986092

# Neckardamm Wernau
# Geologischer Schnitt F-F
## Station 0 + 440

| Boden | $\varphi_k$ [°] | $c_k$ [kN/m²] | $\gamma_k$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 1.50 | 20.50 | Dammschüttung |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Auelehm |
| | 35.00 | 0.00 | 20.50 | Neckarkies |

Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
$\mu_{max}$ = 1.15
$x_m$ = 28.10 m $y_m$ = 267.04 m
R = 20.54 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.25
- $\gamma(c')$ = 1.25
- $\gamma(c_u)$ = 1.25
- $\gamma$(Wichten) = 1.00
- $\gamma$(Ständige Einw.) = 1.00
- $\gamma$(Veränderliche Einw.) = 1.30

Datei: 2-16-045-01anl6.3.2a.boe

μ = 1.15

Standsicherheit Uferböschung "Schnelle Wasserspiegelabsenkung"

Bemessungssituation BS-P

4.70 5.80 3.10 3.40 1.40 2.60 2.80 3.50 3.70 2.50

pv = 10.00

HQ100 = 253,37 mNN

Wasserspiegelabsenkung

247,74 mNN

1.60 0.40 0.80 1.00 2.40 1.10 0.10

268 266 264 262 260 258 256 254 252 250 248 246 244 242

0 5 10 15 20 25

| | | | |
|---|---|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage | 6.3.2a |

Darstellung

# Böschungsbruchberechnung nach EC 7

| | |
|---|---|
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | R. Sänger |
| Gezeichnet | rs/ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 24.02.2017 |

RS Baugrund
Dipl.-Ing. Ralf Sänger
Fichtenhain 26
73037 Göppingen
Tel. 07161-1586657 Fax 07161-986092

# Neckardamm Wernau
# Geologischer Schnitt F-F
## Station 0 + 440

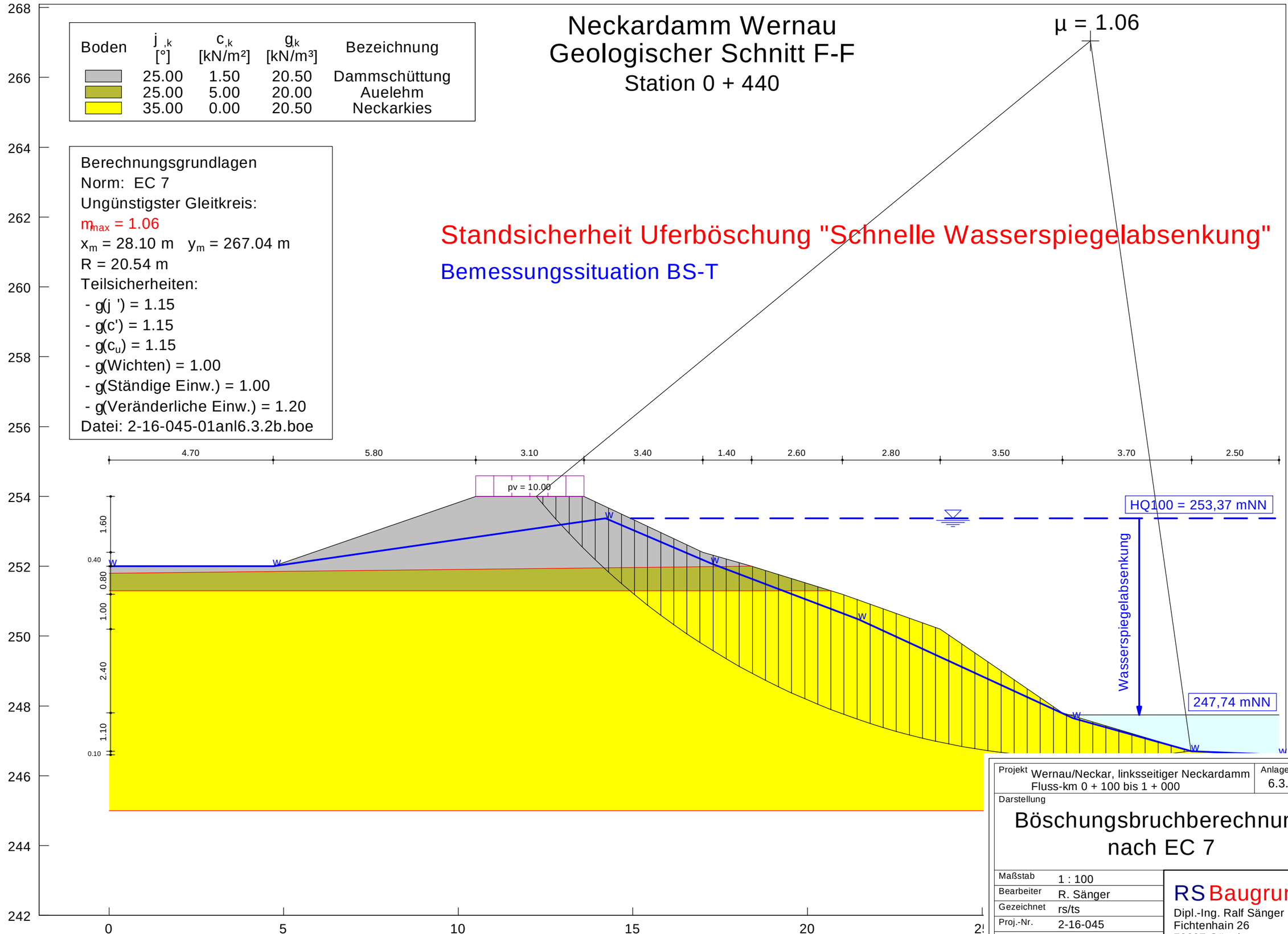
| Boden | $\varphi_k$ [°] | $c_k$ [kN/m²] | $\gamma_k$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 1.50 | 20.50 | Dammschüttung |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Auelehm |
| | 35.00 | 0.00 | 20.50 | Neckarkies |

Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
$\mu_{max}$ = 1.06
$x_m$ = 28.10 m $y_m$ = 267.04 m
R = 20.54 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- $\gamma$(Wichten) = 1.00
- $\gamma$(Ständige Einw.) = 1.00
- $\gamma$(Veränderliche Einw.) = 1.20

Datei: 2-16-045-01anl6.3.2b.boe

Standsicherheit Uferböschung "Schnelle Wasserspiegelabsenkung"

Bemessungssituation BS-T




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 6.3.2b |
| Darstellung | Böschungsbruchberechnung nach EC 7 |
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | R. Sänger |
| Gezeichnet | rs/ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 24.02.2017 |


RS Baugrund
Dipl.-Ing. Ralf Sänger
Fichtenhain 26
73037 Göppingen
Tel. 07161-1586657 Fax 07161-986092

# Neckardamm Wernau
# Geologischer Schnitt F-F
## Station 0 + 440

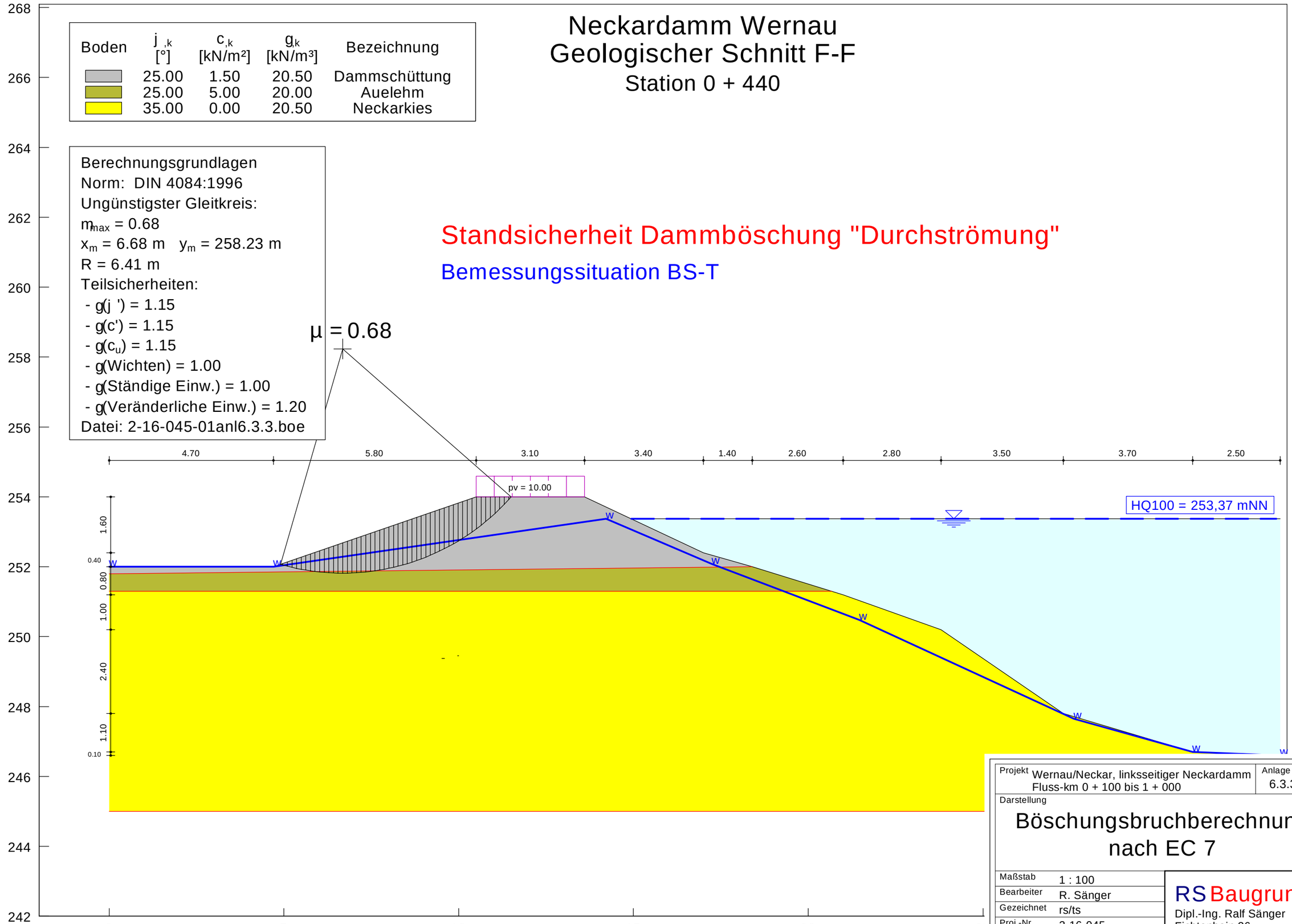
| Boden | $\varphi_k$ [°] | $c_k$ [kN/m²] | $\gamma_k$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 1.50 | 20.50 | Dammschüttung |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Auelehm |
| | 35.00 | 0.00 | 20.50 | Neckarkies |

Berechnungsgrundlagen
Norm: DIN 4084:1996
Ungünstigster Gleitkreis:
$m_{max}$ = 0.68
$x_m$ = 6.68 m $y_m$ = 258.23 m
R = 6.41 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- $\gamma$(Wichten) = 1.00
- $\gamma$(Ständige Einw.) = 1.00
- $\gamma$(Veränderliche Einw.) = 1.20

Datei: 2-16-045-01anl6.3.3.boe

## Standsicherheit Dammböschung "Durchströmung"

Bemessungssituation BS-T




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 6.3.3 |
| Darstellung | Böschungsbruchberechnung nach EC 7 |
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | R. Sänger |
| Gezeichnet | rs/ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 24.02.2017 |


RS Baugrund
Dipl.-Ing. Ralf Sänger
Fichtenhain 26
73037 Göppingen
Tel. 07161-1586657 Fax 07161-986092

# Neckardamm Wernau
# Geologischer Schnitt F-F
## Station 0 + 440

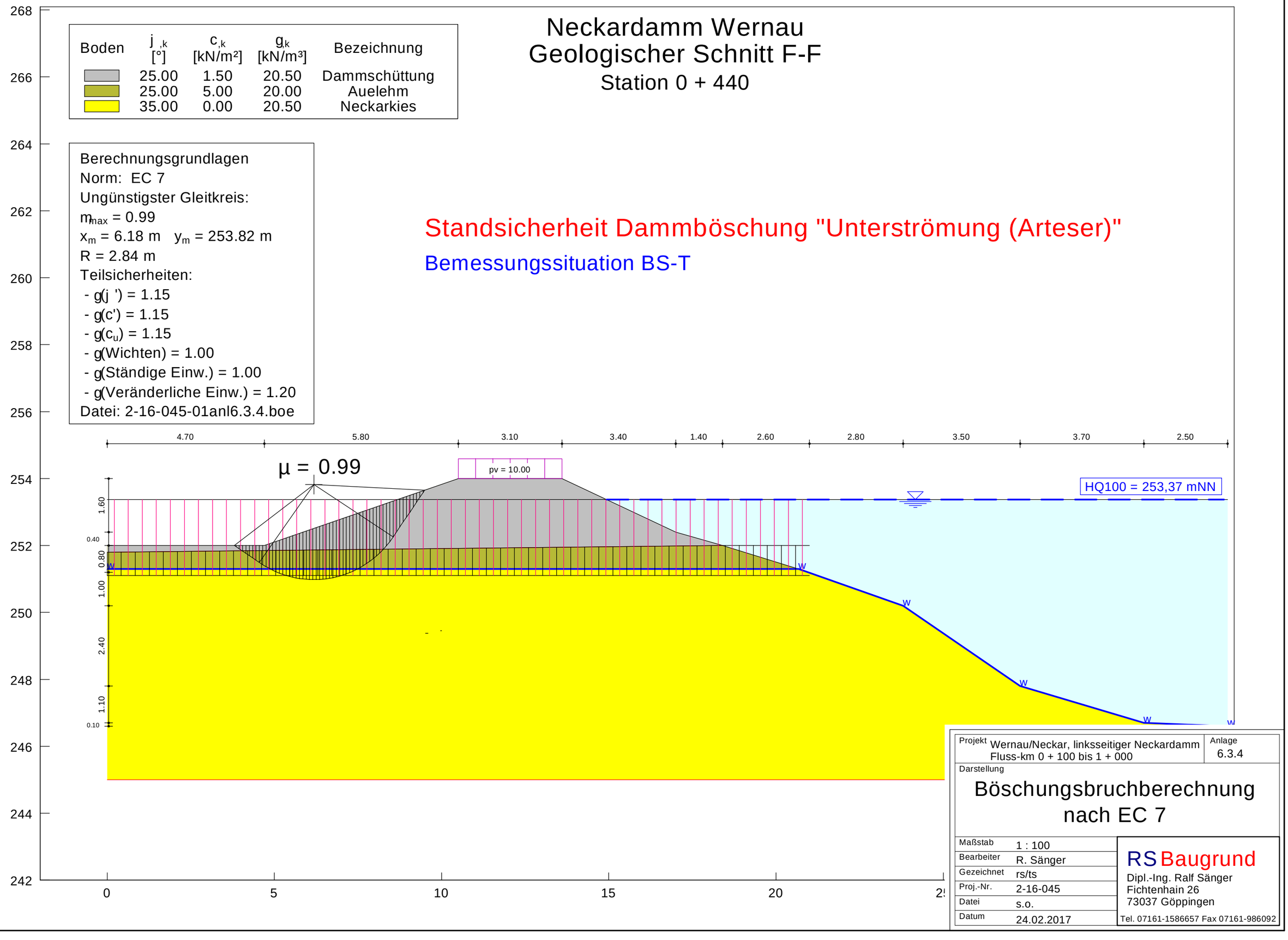
| Boden | $\varphi_k$ [°] | $c_k$ [kN/m²] | $\gamma_k$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 1.50 | 20.50 | Dammschüttung |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Auelehm |
| | 35.00 | 0.00 | 20.50 | Neckarkies |

Berechnungsgrundlagen
Norm: EC 7
Ungünstigster Gleitkreis:
$m_{max}$ = 0.99
$x_m$ = 6.18 m $y_m$ = 253.82 m
R = 2.84 m
Teilsicherheiten:
- γ(φ') = 1.15
- γ(c') = 1.15
- γ($c_u$) = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20

Datei: 2-16-045-01anl6.3.4.boe

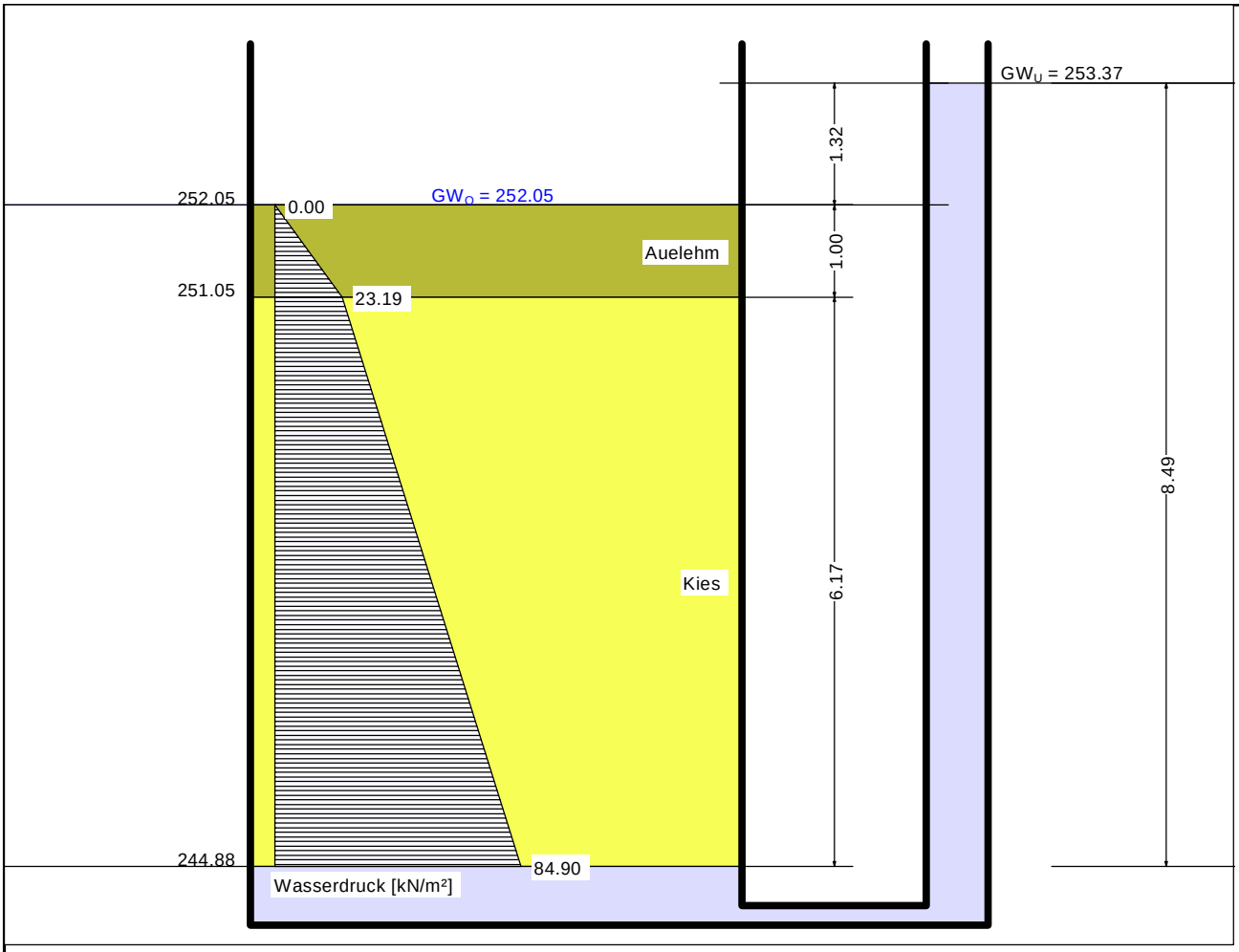
## Standsicherheit Dammböschung "Unterströmung (Arteser)"

Bemessungssituation BS-T




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 6.3.4 |
| Darstellung | Böschungsbruchberechnung nach EC 7 |
| Maßstab | 1 : 100 |
| Bearbeiter | R. Sänger |
| Gezeichnet | rs/ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 24.02.2017 |


RS Baugrund
Dipl.-Ing. Ralf Sänger
Fichtenhain 26
73037 Göppingen
Tel. 07161-1586657 Fax 07161-986092




| Boden | g [kN/m³] | g' [kN/m³] | k [m/s] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 20.50 | 10.50 | $1.0 \cdot 10^{-7}$ | Auelehm |
| | 20.50 | 11.50 | $1.0 \cdot 10^{-3}$ | Kies |

Schnitt F, Station 0 + 440 m
Teilsicherheiten:
$\gamma_{G,dst}$ = 1.050
$\gamma_{G,stb}$ = 0.950
$\gamma_H$ = 1.450
Datei: 2-16-045-01anl6.3.5.aft

Auftriebssicherheit
Ausnutzungsgrad μ = 1.250
bei = 251.050 m
Gewicht = 20.500 kN/m²
$\gamma_{G,stb}$ = g (Gewicht) = 0.950
PW-Druck = 23.192 kN/m²
$\gamma_{G,dst}$ = g (PW-Druck) = 1.050
μ = 1.050 · 23.192 / (0.950 · 20.500)

Hydraulische Grundbruchsicherheit
Ausnutzungsgrad μ = 1.918
bei = 251.050 m
Gewicht = 10.500 kN/m²
$\gamma_{G,stb}$ = g (Gewicht) = 0.950
Strömungskraft = 13.192 kN/m²
$\gamma_H$ = g (Strömungskraft) = 1.450
μ = 1.450 · 13.192 / (0.950 · 10.500)

| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 | Anlage |
|---|---|---|
| | | 6.3.5 |

Darstellung

# Sicherheit gegen Auftrieb und hydraulischen Grundbruch

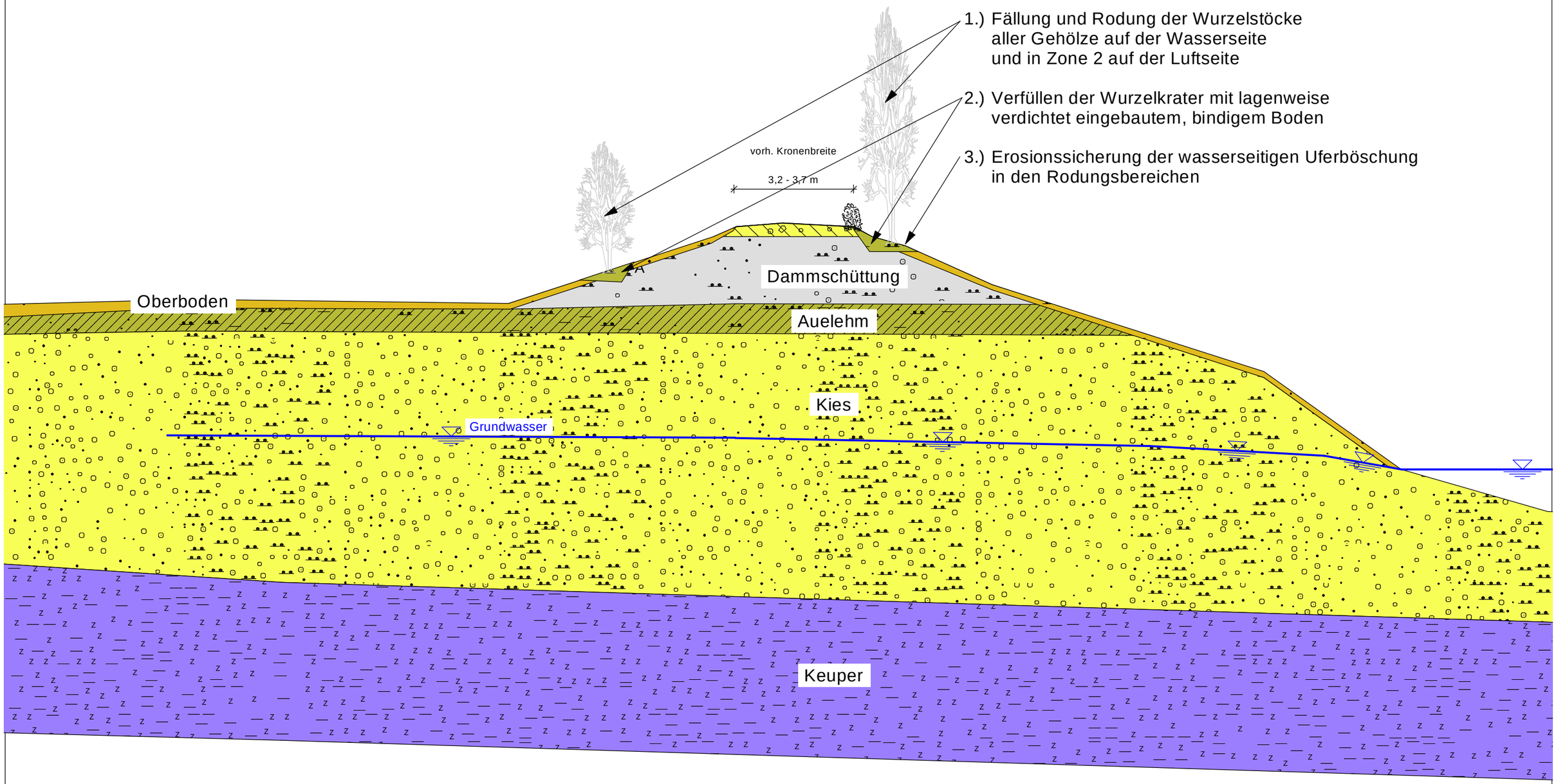
| | |
|---|---|
| Maßstab | o.M. |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | s.o. |
| Datum | 23.02.2017 |

Institut für Hydrogeologie
und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen
Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

1.) Fällung und Rodung der Wurzelstöcke
aller Gehölze auf der Wasserseite
und in Zone 2 auf der Luftseite

2.) Verfüllen der Wurzelkrater mit lagenweise
verdichtet eingebautem, bindigem Boden

3.) Erosionssicherung der wasserseitigen Uferböschung
in den Rodungsbereichen




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 7.1 |

Darstellung

# Schemaskizze Sanierung/Ertüchtigung

## Variante 1: Entfernung bestehende Gehölze

| | |
|---|---|
| Maßstab | o.M. |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl7.1.bop |
| Datum | 01.03.2017 |


**Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen**

Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck

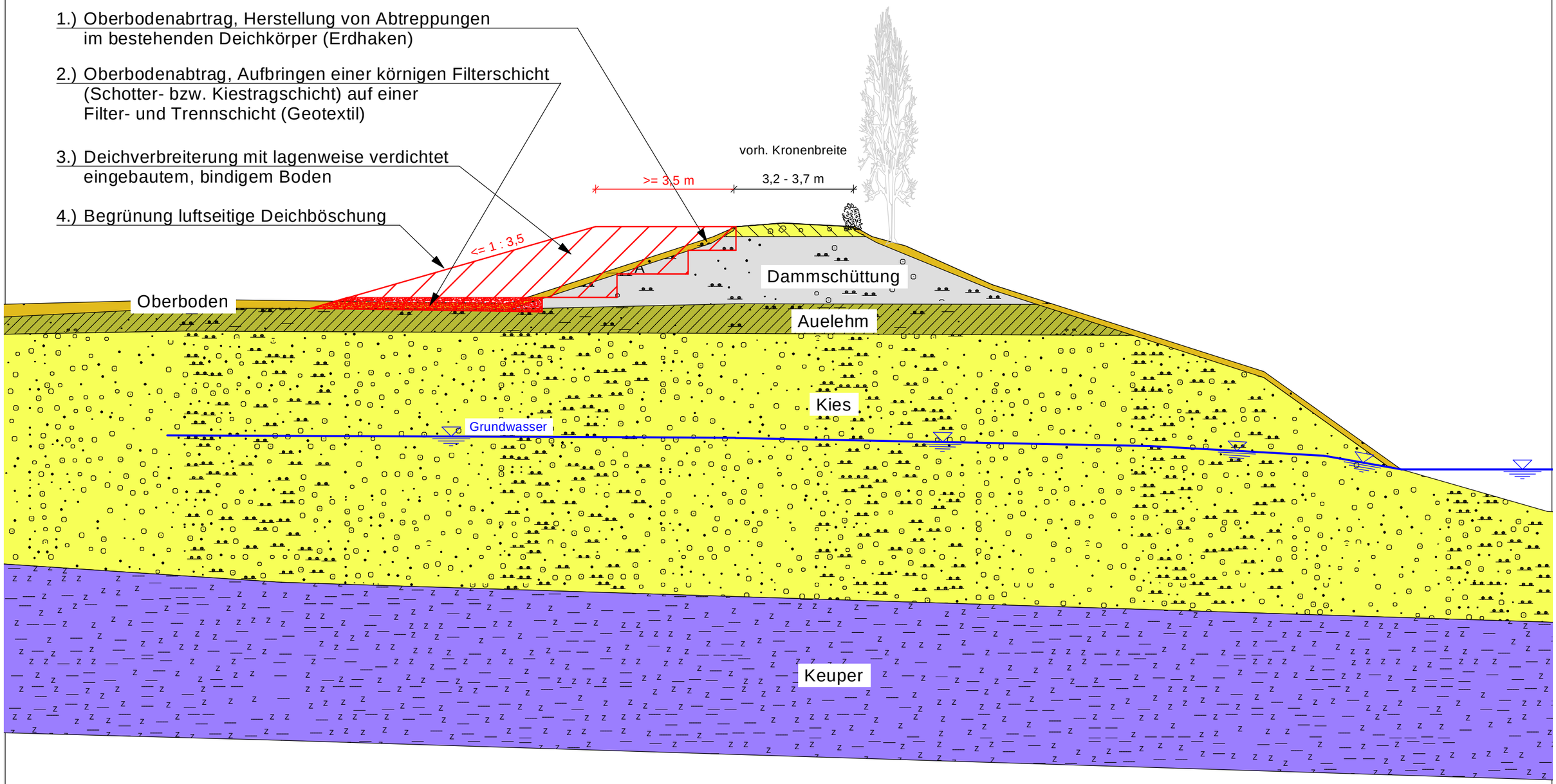
Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

1.) Oberbodenabrtrag, Herstellung von Abtreppungen
im bestehenden Deichkörper (Erdhaken)

2.) Oberbodenabtrag, Aufbringen einer körnigen Filterschicht
(Schotter- bzw. Kiestragschicht) auf einer
Filter- und Trennschicht (Geotextil)

3.) Deichverbreiterung mit lagenweise verdichtet
eingebautem, bindigem Boden

4.) Begrünung luftseitige Deichböschung




| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 7.2 |

Darstellung

# Schemaskizze Sanierung/Ertüchtigung

## Variante 2: Deichverbreiterung

| | |
|---|---|
| Maßstab | o.M. |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl7.2.bop |
| Datum | 01.03.2017 |


Institut für Hydrogeologie
und Umweltgeologie
Baugrunduntersuchungen

Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck

Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60

vorh. Kronenbreite

3,2 - 3,7 m

1.) Spundwand zur erdstatischen Sicherung der Uferböschung
Länge geschätzt ca. 8 - 10 m

Dammschüttung

Oberboden

Auelehm

Kies

Grundwasser

Keuper

| | |
|---|---|
| Projekt | Wernau/Neckar, linksseitiger Neckardamm<br>Fluss-km 0 + 100 bis 1 + 000 |
| Anlage | 7.3 |

Darstellung

# Schemaskizze Sanierung/Ertüchtigung

## Variante 3: Sicherung mit Spundwand

| | |
|---|---|
| Maßstab | o.M. |
| Bearbeiter | Dr. Th. Schmid |
| Gezeichnet | ts |
| Proj.-Nr. | 2-16-045 |
| Datei | 2-16-045-01anl7.3.bop |
| Datum | 01.03.2017 |

**Institut für Hydrogeologie und Umweltgeologie Baugrunduntersuchungen**

Dettinger Straße 146
73230 Kirchheim/Teck

Telefon: 0 70 21/98 40-0
Telefax: 0 70 21/98 40-60