**Dr. Ebel & Co.**
Ingenieurgesellschaft für Geotechnik
und Wasserwirtschaft mbH

Dr. Ebel & Co., St.-Ulrich-Straße 21, 88410 Bad Wurzach

Geotechnik Baugrunduntersuchungen Erdstatik
Gründungsberatung Hydrogeologie Steine-Erden

Telefon 07564/94897-10 Telefax 07564/94897-99
eMail info@geotechnik-ebel.de

# Geotechnisches Gutachten

## Hochwasserschutz Hüttenberg
## Sigmaringendorf

bearbeitet im Auftrag der

Gemeinde Sigmaringendorf
Hauptstraße 9
72517 Sigmaringendorf

Bad Wurzach-Arnach, den 12.02.2021

Projektnummer: 200707

Geschäftsführer:
Dipl.-Geol. Norbert Dostler
Dr.-Ing. Olaf Düser
Dipl.-Geol. Peter Lath
Dipl.-Ing. Stefan Niefer
Dr. rer. nat. Michael Strohmenger

Zweigstelle Bayern:
Leiterberg 5a
87488 Betzigau
Tel. 08304 / 9298-26
Fax. 08304 / 9298-36

Bankverbindung:
Volksbank Biberach eG
IBAN:
DE 74 63 0901 0001 4284 6007
BIC: ULM VDE 66

Sitz: Bad Wurzach – Arnach
Gerichtsstand: Leutkirch i. A.
Handelsregister: HRB 610617
Steuernummer: 91060/31136

**Inhalt**

1 Vorgang und Veranlassung

2 Geographische und geologische Situation, Schichtenfolge

3 Geotechnische Beschreibung der Schichten / Homogenbereiche

4 Erdbautechnische Klassifizierung, Bodenkennwerte

5 Grundwasserverhältnisse

6 Geotechnische Beurteilung des Vorhabens

**Anlagen**

Lagepläne

1.1 Übersichtslageplan M 1:25.000

1.2 Lageplan mit Lage der Aufschlusspunkte und Morphologie M 1:250

1.3 Lageplan mit Lage der Aufschlusspunkte und Biotopflächen M 1:250

Aufschlüsse / Profile

2.1 Geotechnischer Schnitt M 1:100

2.2.1-9 Geotechnische Schurf- und Sondierprofile M 1:50

Bodenmechanische Laborversuche

3.1 Wassergehaltsbestimmmung nach DIN 18121

3.2 Korngrößenverteilung nach DIN 18 123

3.3 Glühverlust nach DIN 18 128

Erdstatische und geohydraulische Berechnungen

4.1.1-10 Berechnungsgrundlagen nach DIN 1054

4.2 Spundwand mit Erdstützkörper, Konstruktionsvorschlag und Vordimensionierung

4.3.1-5 Dammkörper; Böschungs- und Geländebruch, Gleiten, Prinzipskizze

4.4.1-2 Ergebnisse von Grundbruch- und Setzungsberechnungen

**Beilage**

1 Auszug Geologische Karte Blatt Nr. 7921 Sigmaringen; Geologisches Landesamt Baden-Württemberg

**Unterlagen**

[U1] KOVACIC INGENIEURE GMBH, SIGMARINGEN:
1 Lageplan Variante 1, Schnitte Grundablass und Hochwasserentlastung Stand 10/2019, pdf per Email am 25.05.2020
2 Lageplan Variante 1 mit Biotopen, Stand 10/2019, pdf per Email am 01.10.2020
3 Lageplan Bestand mit Vorzugsvariante aus Vorplanung, Stand 05/2020, pdf per Email am 02.10.2020

[U2] LANDESAMT FÜR GEOLOGIE, ROHSTOFFE UND BERGBAU, FREIBURG: Aufschlussarchiv, 17 Aufschlüsse

[U3] LANDESVERMESSUNGSAMT BADEN-WÜRTTEMBERG: Topographische Karte M 1:25.000, digital

[U4] BUNDESAMT FÜR GEOWISSENSCHAFTEN UND ROHSTOFFE: Geologische Übersichtskarte M 1:200.000, Blatt Nr. C7918 Stuttgart-Süd

[U5] GEOLOGISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG: Geologische Karte M 1:25.000, Blatt Nr. 7921 Sigmaringen

[U6] ECKARD VILLINGER: Über Potentialverteilung und Strömungssysteme im Karstwasser der Schwäbischen Alb, Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung, Hannover, 1977

[U7] BUNDESANSTALT FÜR WASSERBAU, Karlsruhe:
a) Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD), 2011
b) Merkblatt Materialtransport im Boden (MMB), 2013
c) Technische Lieferbedingungen für Geotextilien (TLG 2018)

[U8] BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR, BAU UND STADTENTWICKLUNG, ABTEILUNG WASSERSTRAßEN, SCHIFFFAHRT (2015): Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen . Wasserbau (ZTV-W) für Erdarbeiten (Leistungsbereich 205), BAW-Bibliothek, Ilmenau

[U9] DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR GEOTECHNIK E.V., Berlin (2012): Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrung aus Geokunststoffen – EBGEO, 2. Aufl.

[U10] DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG, Berlin:
a) DIN 1054: Baugrund, Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau, 12/2010 mit Änderungen/Ergänzungen A1 (08.2012) und A2 (11.2015)
b) DIN 4084; Baugrund – Geländebruchberechnungen, 01/2009
c) DIN 19700-11; Stauanlagen, Teil 11: Talsperren, 07/2004
d) DIN 19712: Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern, 01/2013
e) DIN EN 1997-1; Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013, 03/2014

[U11] Busch, K.-F., Luckner, L. & Tiemer, K.: Geohydraulik, Borntraeger-Verlag, 3. Aufl., Berlin 1993

[U12] Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln (MBB), FGSV Nr. 551, Ausgabe 2004, FGSV-Verlag

[U13] Merkblatt zur Herstellung, Wirkungsweise und Anwendung von Mischbindemitteln; FGSV Nr. 564, Ausgabe 2012, FGSV-Verlag

## 1 Vorgang und Veranlassung

Für den Hochwasserschutz Hüttenberg im Gemeindebereich von Sigmaringendorf soll in einem kleinen Tal ein Hochwasserschutzdamm errichtet werden. Die Planungen zu diesem Projekt führt das Ingenieurbüro Kovacic, Sigmaringen, durch. Die Gemeinde Sigmaringendorf beauftragte die Dr. Ebel & Co. GmbH mit der Erkundung der Baugrundsituation und der geotechnischen Beratung für eine bautechnisch optimierte Gestaltung der Hochwasserschutzmaßnahme.

Zur Erkundung der Untergrundverhältnisse wurden am 16.10.2020 folgende Felduntersuchungen durchgeführt:

- Geotechnische Aufnahme und Beprobung von 6 Baggerschürfen SG,
- 7 Rammsondierungen DPH (Schwere Rammsonde nach EN ISO 22476-2),
- Temporäre Bestückung von zwei Sondierkanälen mit Grundwasserbeobachtungsröhren 1“,
- 3 Spiralbohrungen SB1-3/20.

Die Baggerschürfe und Rammsondierungen wurden an insgesamt 9 Aufschlusspunkten teils als eigenständiger Aufschluss, teils in Kombination ausgeführt (siehe Lageplan, Anlage 1.2). Die Rammsondierungen dienen zum einen der Beurteilung des Lagerungszustandes bzw. der Festigkeit der überdeckenden Lockerböden und kamen in diesem Fall zur Korrelation mit dem anstehenden Untergrund neben den Schürfgruben zur Ausführung. Zum anderen dienen sie der Erkundung der festen Felsoberfläche. Denselben Zweck haben die in der südlichen Böschung des Tälchens ausgeführten Spiralbohrungen.

Die Achse des geplanten Damms wurde im Vorfeld vom Ingenieurbüro Kovacic ausgepflockt. Die Aufschlusspunkte wurden dann nach Lage auf diese Pflöcke eingemessen (siehe Lageplan, Anlage 1.2). Die aus den Profilen und Rammdiagrammen in Anlage 2 ersichtlichen Ansatzhöhen wurden auf den ein Stück östlich gelegenen Schachtdeckel Nr. 58810 (OK = 584,57 m NN) bezogen.

## 2 Geographische und geologische Situation, Schichtenfolge

### *Geographische Situation*

Sigmaringendorf liegt am Südrand der Schwäbischen Alb, etwa 4 km südöstlich von Sigmaringen im Bereich der Einmündung des Laucherttals in das Tal der Donau. Das Projektgelände befindet sich auf einer Hochfläche nördlich des Donautals. Es handelt sich um ein wenige hundert Meter langes, West-Ost orientiertes Tälchen, das im Bereich des projektierten Dammstandorts rund 10 m tief in die Hochfläche eingeschnitten ist und ein Stück weiter östlich in das Tal der Lauchert einmündet. Im Einmündungsbereich liegt die Siedlung am Hüttenbergweg, die vor Hochwasser geschützt werden soll.

Der Tiefpunkt des Tälchens liegt an seiner Südseite, wo ein kleiner Bachgraben verläuft. Zum Zeitpunkt der Geländearbeiten war dieser am untersuchten Standort trocken, ein Stück oberhalb führte er Wasser. Demzufolge kommt es zu einer Versickerung in den Untergrund im Bereich der Bachsohle. Nach Süden begrenzt eine steile, rund 10 m hohe, mit Buschwerk bestandene Böschung das Tal. Nördlich des Bachgrabens steigt der Talboden als Grünfläche in einer Breite von etwa 25 m flach an, ehe sich das Gelände an der nördlichen Böschung wieder etwas stärker versteilt und dort mit Bäumen bestanden ist.

### *Geologische Situation*

Die seitlichen Hänge des Laucherttals und der tiefere Taluntergrund bestehen aus karbonatischen Schichten des Oberjura. Dabei handelt es sich um eine bis ca. 550 m mächtige Folge von Kalk- und Mergelsteinen, die vor etwa 130 Mio. Jahren in einem warmen Flachmeer sedimentiert wurden. Die an den Talrändern anstehenden Kalke sind dem Hangenden Bankkalk (Weißjura ζ3) zuzuordnen. Nach Hebung der Kalkformationen im Tertiär (Entstehung des Schichtstufenlands) kam es über lange Zeiten zu einer teilweise tiefgründigen Verwitterung mit Karstbildung. In den Verwitterungsformen wie Dolinen und verlehmten Schloten akkumulierten sich Bohnerze, deren Gewinnung und Verhüttung die Gründung der Eisenerzgießerei der Hüttenwerke des Laucherttals ermöglichte.

Das Laucherttal ist Teil eines Störungssystems in der Schwäbischen Alb, das aus dem herzynisch streichenden Hohenzollern-Graben und dem Lauchertgraben besteht. Am östlichen Rand der Nord-Süd orientierten Grabenrandstörungen gelegen, wurde das Laucherttal vermutlich bereits im Tertiär an dieser Schwächezone angelegt.

Während der vorletzten Vereisungsperiode – der Rißeiszeit – reichten die alpinen Gletscher weit nach Norden und stellenweise – auch im Bereich des heutigen Laucherttals - bis auf die nördlich der Donau angrenzenden Bereiche der Schwäbischen Alb. Aus dieser Zeit datiert die tiefe glaziale Ausräumung des Tals und die Sedimentation glazialer Schotter und Grundmoränenbildungen auf der Kalkoberfläche der jurassischen Schichten seitlich des Laucherttals, deren nördlichste Verbreitung bis knapp hinter Bingen reicht.

Die kleine Talklinge, in der der Hochwasserdamm errichtet werden soll, ist nach der Rißeiszeit durch den Bachlauf entstanden, der sich, bedingt durch das tief gelegene Vorflutniveau des glazial übertieften Laucherttals kräftig in die glazialen Deckschichten und den unterlagernden Weißjura-Fels eingeschnitten hat. Die glazialen Deckschichten und der im Einschnittbereich freigelegte Fels unterliegen den Einflüssen von Verwitterung, Bodenbildung, Erosion und Umlagerung. Die verwitterten Schichten werden im Zuge von Niederschlagsereignissen aus den angrenzenden Hochgebieten in das Tal eingeschwemmt und bilden dort eine zum Taltiefsten hin mächtig akkumulierte Schwemmlehmdecke.

### *Schichtenfolge*

Entsprechend der beschriebenen geologischen Situation wurde im Rahmen der Erkundung das folgende Grundsatzprofil erschlossen:

| | | |
|---|---|---|
| **- Oberboden** | Rezent | **Homogenbereich A** |
| **- Schwemmlehm** | Pleistozän - Holozän | **Homogenbereich B** |
| **- Jura-Kalkstein** | Malm, Weißjura ζ3 | **Homogenbereich C** |

Die natürliche Stärke des humosen **Oberbodens** liegt in der Größenordnung von 0,1 - 0,2 m.

Darunter wurde in allen Schürfen der **Schwemmlehm** erschlossen. Seine Basis wurde mit den Schürfen nur in SG2 in einer Tiefe von 1,1 m erreicht. Die Rammsondierungen deuten darauf hin, dass die Schwemmlehmdecke im zentralen Teil des Tälchens (DPH4-5) rund 5 m mächtig wird. In der südlichen Talflanke nimmt die Deckschichtmächtigkeit von etwa 0,5 m (DPH7) nach oben hin über 1,0 m (SB2) auf mehr als 1,2 m (SB3) zu (siehe Anl. 2.7). Ob im obersten Teil der Böschung noch rißglaziale Ablagerungen vorhanden sind, konnte nicht geklärt werden.
*Anm.: Auf ein Aufbaggern der sehr steilen Böschung wurde verzichtet, um die Durchgängigkeit des unterhalb verlaufenden Bachgrabens durch nachrutschendes Erdmaterial nicht zu gefährden. Die Zugänglichkeit von oben war aufgrund einer an der Hangkante verlaufenden Mauer nicht möglich.*

Der **Jura-Kalkstein** wurde nur im Schurf SG2 ab 1,1 m Tiefe angekratzt. Den Rammdiagrammen DPH1 und DPH9 zufolge dürfte die Felsoberfläche im nördlichen Teil des geplanten Dammstandorts rund 0,7 m unter Gelände liegen. Im Bereich DPH3 liegt sie etwa 3 m tief. Im zentralen Teil des Tälchens taucht sie auf gut 4 m (DPH6), etwa 4,8 m (DPH5) und rund 5,5 m ab. *Anm.: Eine Unterscheidung zwischen hartem und aufgelockertem, stark klüftigem Fels, in den die Sonde durchaus ein Stück eindringen kann, wie dies offensichtlich in DPH1 und DPH6 der Fall ist, ist mit dieser Untersuchungsmethode nicht möglich.*

## 3 Geotechnische Beschreibung der Schichten / Homogenbereiche

Die im Rahmen der Baugrunderkundung erschlossenen Schichten können als „geologische Homogenbereiche“ betrachtet werden. Je nach Gewerk sind diese zu unterschiedlichen „bautechnischen Homogenbereichen“ zusammenzufassen bzw. zu unterteilen.

Die erkundeten Schichten sind aus geotechnischer Sicht wie folgt zu beschreiben:

### *Oberboden (Homogenbereich A)*

Der Oberboden ist in Anlage 2 nach geotechnischen Gesichtspunkten beschrieben. Eine bodenkundliche Beurteilung ist nicht Thema dieser Begutachtung.

Oberboden fällt nicht in den Geltungsbereich der DIN 18300 - Erdarbeiten. Gemäß DIN 18320 – Landschaftsbauarbeiten stellt er jedoch einen eigenen Homogenbereich dar.

Für die bautechnische Bewertung wird der Oberboden im Folgenden nicht weiter berücksichtigt. Allerdings ist er nach § 202 BauGB in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen, so dass im Zuge der Planung ein Verwendungskonzept für den Oberboden zu erstellen ist.

*Anm.: Derzeit gehen wir davon aus, dass der Oberboden auf dem Damm und im Staubereich komplett wiederverwertet werden kann. Falls wider Erwarten Boden abgefahren werden muss, werden hierfür bodenkundliche, vegetationstechnische oder geochemische Beurteilungen und Analysen erforderlich. Für chemische Analysen stehen Proben, die mindestens drei Monate lang aufbewahrt werden, zur Verfügung.*

### *Schwemmlehm (Homogenbereich B)*

Der verwitterte Schwemmlehm ist braun bis dunkelbraun gefärbt. Nach der Kornverteilung handelt es sich um schwach tonige, sandige bis stark sandige Schluffe. Der Gehalt an Grobkomponenten bleibt gering und ist zum Teil auf vereinzelte Gerölle beschränkt, zum Teil ist das Material als schwach kiesig und mit einzelnen Steinen durchsetzt zu beschreiben. Die Grobkomponenten bestehen überwiegend aus kantigen Kalksteinbruchstücken, daneben aber auch aus glazial und postglazial umgelagerten Geröllen aus dem Alpenraum. Prinzipiell kann auch das Auftreten großer Einzelblöcke nicht ganz ausgeschlossen werden.

Die Konsistenz des Lehms wurde manuell als steif mit Übergängen zu halbfest angesprochen. Die ermittelten Wassergehalte bewegen sich zwischen etwa 9 M-% und 26 M-%. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Konsistenz vom Wassergehalt abhängig ist und oberflächennah jahreszeitlichen bzw. niederschlagsbedingten Schwankungen unterworfen ist; demzufolge sind weiche Konsistenzbereiche durchaus zu erwarten. Der Schwemmlehm ist grundsätzlich ein nässe- und frostempfindlicher Boden.

Zur Tiefe nimmt die Festigkeit des Schwemmlehms auf Grund der dort vorhandenen höheren Erdfeuchte deutlich ab, s. z.B. die Rammdiagramme DPH4 und DPH6. Der Lehm ist kompressibel und reagiert mit größeren Setzungen bei statischer Belastung.

***Jura-Kalkstein (Homogenbereich C)***

Im Schurf SG2 wurde der beigegrau gefärbte Fels oberflächig als klüftiges, kantig brechendes Gemenge der Korngrößen Kies und Steine angegraben. In ähnlicher Form steht er auch stellenweise im Bachgraben und der untersten südlichen Böschung an. In diesem Zustand ist das Gestein als Felszersatz anzusprechen. Die Klüfte und Spalten zwischen den Kluftkörpern können klaffen oder mit eingeschwemmtem bindigem Material, das untergeordnet auch Gerölle und Bohnerze enthalten kann, verfüllt sein. Prinzipiell ist die Klüftigkeit des Gesteins als relativ hoch einzuschätzen, da sich das Gebiet im Bereich einer ausgeprägten Störungszone befindet. Dennoch ist zur Tiefe prinzipiell mit einer Abnahme der Klüftigkeit und zunehmendem Felscharakter der Abfolge aus harten, gebankten Kalksteinen zu rechnen.

Der Weißjurafels bildet einen tragfähigen, praktisch setzungsfreien Baugrund. Dies gilt auch für seine „normale“ steinig geklüftete Felszersatzzone. Zu berücksichtigen ist die Möglichkeit lokal auftretender verfüllter Lehmschlote oder des Vorhandenseins von Karsthohlräumen. Der angewitterte Deckschichtbereich des Felses kann mit schwerem Gerät vermutlich noch angerammt werden. Ansonsten ist diese Baugrundschicht zur Tiefe als nicht rammbar einzustufen.

## 4 Erdbautechnische Klassifizierung, Bodenkennwerte

Die erdbautechnische Klassifizierung der erschlossenen Böden ist wie folgt zusammenzustellen:

***Tabelle 1: Erdbautechnische Klassifizierung***

| | Bodengruppe DIN 18196 06/2006 | Bodenklasse A) DIN 18300 09/2012 | Bodenklasse B) DIN 18301 09/2012 | Frostempfindlichkeit ZTVE-StB 17 |
|---|---|---|---|---|
| Schwemmlehm | TL, TM, ST* | 4 | BB2, BB3<br>BS1, BS3<br>Blöcke >0,63 m | F3 |
| Jura-Kalkstein Felszersatz | X,Y,GU*,Fels | 4,5,6 | BN2, BS2, BS4<br>Blöcke >0,6m | F3,F2 |
| Jurakalkstein | Fels | 6, 7 | FV1-6, FD2-3 | - |

A) *Anm.: Nach DIN 18300 sind seit der Ausgabe 09/2016 Homogenbereiche anzugeben, die in unserem Gutachten durch die gewählte, geologisch orientierte Schichtenfolge abgedeckt sind. Bodenklassen sind nicht mehr enthalten. Da der überwiegende Teil der am Bau Beteiligten mit den „alten“ Bezeichnungen vertraut ist und diese auch bevorzugt für die Kalkulation und Arbeitsvorbereitung benutzt, wird diese Klassifizierung informativ weiter beibehalten. Gegebenenfalls können von uns in Zusammenarbeit mit dem Ausschreibenden auch gewerkspezifische Homogenbereiche erarbeitet werden.*

B) *Anm.: Für die DIN 18301 gibt es mit der Ausgabe 09/2016 ebenso Homogenbereiche. Hier gilt das oben Genannte sinngemäß.*

Für erdstatische Berechnungen dürfen die nachfolgend aufgeführten, geschätzten Bodenkennwerte angesetzt werden.

***Tabelle 2: Bodenkennwerte (charakteristisch)***

| | Wichte (feucht/u. Auftrieb) $\gamma_k/\gamma'_k$ (kN/m$^3$) | Reibungs-winkel $\varphi'_k$ (°) | Kohäsion $c'_k$ (kN/m$^2$) | Steifemodul $E_{S,k}$ (MN/m$^2$) |
|---|---|---|---|---|
| Schwemmlehm | 19/9-20/10 | 22,5-27,5 | 1-3 | 2-5 |
| Jura-Kalkstein Felszersatz | 22/12-23/13 | 35-Fels | 0-Fels | 80-100 |
| Jurakalkstein | 24/14-25/15 | Fels (45) [1)] | Fels | 100 - 500 |

[1)] Ersatzscherfestigkeit

Das untersuchte Gebiet ist im Hinblick auf Erdbeben geotechnisch wie folgt einzustufen:

***Tabelle 3: Erdbebenklassifizierung nach DIN 4149 / DIN EN 1998-1 + NA***

| Erdbebenzone | Untergrundklasse | Baugrundklasse |
|---|---|---|
| 3 | T | A |

## 5 Grundwasserverhältnisse

In den Baggerschürfen wurde kein Grundwasserzulauf beobachtet. Auch die in die Sondierkanäle DPH5 und DPH6 eingestellten 1“-Röhren blieben trocken.

Die lokale Grundwassersituation ist wie folgt zu beschreiben:

Der Schwemmlehm ist ein gering durchlässiger, wasserhemmender Untergrund. Ein Einsickern von Niederschlagswasser ist nur in geringem Umfang in stärker sandigen Abschnitten sowie über biogene Grobporen wie Wurzelkanäle und Wurmgrabröhren möglich. In der Schwemmlehmdecke sind somit allenfalls lokale sehr geringe Sickerwasserbewegungen möglich. Mit Erreichen der geklüfteten Juragesteinsoberfläche sickert Wasser verstärkt zur Tiefe, wie das offensichtlich mit dem aus den glazialen Deckschichten zulaufenden Wasser im Bachgraben geschieht.

Der regionale Grundwasserspiegel (Karstwasserspiegel) ist [U6] zufolge auf einem Niveau von etwa 570 m NN und damit etwa 20 m unter Gelände zu erwarten. Der Karstwasserspiegel weist ein Gefälle in südliche Richtung auf und korrespondiert mit der Donau.

## 6 Geotechnische Beurteilung des Vorhabens

***Planungen und Grundlagen***

Detaillierte Planungen zu dem Dammbauprojekt liegen noch nicht vor. Bekannt sind folgende vorläufige Randbedingungen:

- Das maximale Stauziel liegt bei 596,55 m NN.
- Im Stauraum werden Erdstoffe für die Baumaßnahme gewonnen.
- Der Dammkörper wird auf dem Deckschichtbereich der Schwemmlehme abgesetzt.
- Um das Stauraumvolumen möglichst groß zu halten, ist zumindest der Flächenbedarf des wasserseitigen Dammbereichs zu minimieren. Neben einer vergleichsweise steil geböschten Dammkonstruktion kommt alternativ z.B. eine wandartige Konstruktion, die in den Baugrund einbindet, in Frage. Zur Luftseite wird hierbei ein Erddamm angebaut, der eine Stützfunktion für den Wandkörper übernimmt. Wandkörper und Stützkörper sind überströmbar auszubilden.
- Der schwer rammbare tiefere Untergrund ist bei der Systemwahl zu berücksichtigen.

Im Rahmen von Vorbetrachtungen werden nachfolgend die Ausführung eines Erddamms und weiterhin die Variante Spundwand mit einem stützenden, mit Bindemittel stabilisierten Erdkörper untersucht. Bei letzterer Variante müssen die Spundbohlen so tief in den Baugrund einbinden, dass eine Bauwerksunter- und umströmung bei Einstau sicher unterbunden wird. Der stabilisierte Erdkörper ist von der Kubatur so auszubilden, dass auch bei Volleinstau ausreichende Standsicherheit gewährleistet ist.

In dieser Situation wird nachfolgend nicht davon ausgegangen, dass eine Beeinflussung durch Erdbebenwirkung (Erdbebenzone 3!) im Einstaufall vorliegt. Dieser Lastansatz ist ggf. im Zuge der Ausführungsplanungen weiter zu untersuchen.

Es ist davon auszugehen, dass der Grundwasserspiegel deutlich unter dem Einflussbereich des Sperrenbauwerks liegt. Die Gründung des Stützkörpers erfolgt auf einem in seiner Tragfähigkeit verbesserten Untergrund. Hierzu kann der Schwemmlehm in der Dammaufstandsebene einer Bindemittelstabilisierung unterzogen werden. Die genaue Vorgehensweise ist im Zuge der weiteren Planungen zu entwickeln.

An den Talberandungen kann für die Bereiche, in denen keine Überströmung bei der Spundwandvariante stattfindet, alternativ der vor Ort im Stauraum gewonnene Schwemmlehm bei Stabilisierung mit hydraulischem Mischbindemittel verwertet werden.
Grundsätzlich kann dieses Material zur Abdichtung der Talseiten im Stauraum benachbart zum Sperrenbauwerk eingesetzt werden, somit werden seitliche Umströmungen deutlich reduziert.

Für die nachfolgenden Berechnungen wird das Baugrundmodell im Talboden des Gewässereinschnitts (Bereich SG4÷5/20 und DPH4÷5/20) in idealisierter Form zugrunde gelegt. Je nach der Fragestellung werden die Baugrundverhältnisse auf die Seite der ungünstigen Wirkungen gestellt.

Insgesamt werden die Berechnungen nach dem Teilsicherheitskonzept der DIN 1054 durchgeführt. In den Anlagen 4.1.1-10 sind die Bemessungssituationen und die erforderlichen Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1054 [U10a] sowie die Lastfallkombinationen zusammengestellt. Weiterhin werden die Angaben in [U10a÷e] berücksichtigt. Zum besseren Verständnis sind in den Anlagen auch noch die Benennungen nach dem Teilsicherheitskonzept der DIN 1054 mit Stand 2008 aufgeführt. Es werden die Bemessungswerte der Beanspruchung/Einwirkung ($E_d$) und des Widerstands ($R_d$) ermittelt.

Eine standsichere Konstruktion muss dabei folgende Ungleichung erfüllen:

$$E_d - R_d \leq 0$$

Bei den hier vorgenommenen Berechnungen wird der Ausnutzungsgrad μ betrachtet, welcher wie folgt definiert ist:

$$\mu = \frac{E_d}{R_d} \leq 1{,}0$$

Für $\mu \leq 1{,}0$ ist die Konstruktion standsicher für den jeweils betrachteten Bemessungsfall nachgewiesen; für größere μ-Werte nicht mehr, wobei Werte größer 1 nicht automatisch den Versagenszustand darstellen (*Anm.: es besteht hohe Verwechslungsgefahr mit dem globalen Sicherheitskonzept der „alten“ DIN 1054, Stand 11.1976*).

Es wird bordvoller Einstau bei der Spundwandvariante und ein Freibord von 0,75 m bei der Dammvariante angenommen. Es wird der Lastfall BS-P nach DIN 1054 betrachtet.

***Spundwand mit stützendem Erdkörper***

Anprall von Treibgut (Baumstämme, Treibeis etc.) ist durch Rückhaltemaßnahmen im Zulaufbereich auszuschließen. Zur Verhinderung von Unterströmung und zur ergänzenden Aktivierung von stützendem passivem Erddruck ist der Spundwandkörper bis in den Übergang zum Felszersatz einzubringen.

Der luftseitige Stützkörper der Spundbohlenvariante ist wasserdurchlässig zu gestalten. Der Stützkörper muss weiterhin Überströmungen der Wandkonstruktion standhalten. Z.B. kann ein mit hydraulischem Bindemittel stabilisierter Kies/Sand mit geringen schluffigen Anteilen (Bodengruppen GW÷GU nach DIN 18196) eingesetzt werden, der mit einem verklammerten Deckwerk gesichert wird. Im Zuge von erdstatischen Berechnungen wurden die Mindestanforderungen des Erdkörpers bestimmt. Durch Zugabe von hydraulisch wirksamem Bindemittel sind folgende bodenmechanische Kennwerte über Eignungsprüfungen nachzuweisen:

| | |
|---|---|
| Kohäsion: | $c'_k \geq 15 \div 20$ kN/m² |
| innerer Reibungswinkel: | $\varphi'_k \geq 27{,}5 \div 35$ ° |
| Feuchtwichte: | $\gamma \geq 22$ kN/m³ |
| Wichte unter Auftrieb: | $\gamma \geq 13$ kN/m³ |

Im Stützköper kann sich ggf. infolge Überströmung Wasser im Porenraum einlagern. Bei Frost kann es zu Bauteilschädigungen kommen. Die Frostbeständigkeitsprüfung des stabilisierten Erdkörpers ist in die Eignungsprüfung mit einzubeziehen.

Es werden Doppelbohlen vom Typ Thyssen-Krupp-Larssen 605 mit der Stahlgüte S355GP für die Berechnungen angesetzt. Die Profilstärke ist derart, dass auch unter Berücksichtigung von Abrostungsraten um 1 mm je Profilseite über die Standzeit von 100 Jahren keine kritische Materialschwächung entsteht. Die Schlösser sind mit einem dauerelastischen Dichtmittel zu versehen. Über Geländeniveau bis ca. einen Meter darunter wird empfohlen, die Schlösser wasserdicht zu verschweißen.

In Anlage 4.2 sind die Ergebnisse eines Konstruktionsvorschlags im Zuge einer Vordimensionierung zusammengestellt. Der Wandkörper bindet für den betrachteten Schnitt ca. 4,6 m in den Untergrund ein.

### *Dammkörper mit Bindemittelstabilisierung*

Die Betrachtungen wurden zunächst mit einer Kronenhöhe von 597,3 m+NN, einem Stauziel von 596,55 m+NN und einer beidseitigen Böschungsneigung von 1:2 begonnen. Für eine derartige Konstruktion war weder mit Bindemittelstabilisierung noch mit Einbau mehrerer Lagen Geogitter eine ausreichende Standsicherheit nachzuweisen. Die Berechnungsergebnisse sind in Anlage 4.3.1 dargestellt. Der Ausnutzungsgrad µ liegt deutlich über dem höchst zulässigen Wert von 1,0.

Nach und nach wurden Stauziel und Kronenhöhe bis auf ein nachweislich standsicheres Niveau mit Ausnutzungsgraden von µ ≤ 1,0 reduziert. Eine standsichere Variante mit einer Kronenhöhe von 595,5 m+NN ist in Anlage 4.3.2 dargestellt. Für diese Variante wurde die Gleitsicherheit gerade an der zulässigen Grenze mit einem Ausnutzungsgrad von µ = 1,0 nachgewiesen, s. Anlagen 4.3.3 und 4.3.4.
Die Konstruktion ist in Form einer Prinzipskizze mit weiteren Angaben in Anlage 4.3.5 zusammengestellt.

### *Untergrundverformungen*

<u>Spundwand mit stützendem Erdkörper</u>
Für das Stützbauwerk auf der Luftseite der Wand wurde die Verformung des Untergrunds infolge Erdauflast abgeschätzt. Die Bauwerksbreite wird mit 6 m berücksichtigt. Es wird eine gleichmäßig verteilte Sohlpressung um 60 kN/m² abgeschätzt. Die Berechnungsergebnisse sind in Anlage 4.4.1 zusammengestellt. Die Setzungen des Baugrunds sind in einer Größenordnung um 6 cm abzuschätzen.

<u>Dammkörper</u>
Die Bauwerksbreite wird mit 12 m und die Bauwerkshöhe im Mittel mit 5 m berücksichtigt. Bei einer Einbauwichte von 20 kN/m³ liegt die mittlere Sohlpressung um 100 kN/m². Die Berechnungsergebnisse sind in Anlage 4.4.2 zusammengestellt. Die Setzungen des Baugrunds sind in einer Größenordnung um 12 cm abzuschätzen. Hinzu kommen noch Eigensetzungen des Dammerdkörpers, die bei einer Bindemittelstabilisierung im Bereich um 0,5 % der Bauwerkshöhe abzuschätzen sind.

***Weitere Empfehlungen***

Bauwerk und Bauablauf sind im Detail zu planen, die hier getätigten Aussagen sind in diesem Zusammenhang zu verifizieren. Erst wenn die grundsätzliche Konstruktion feststeht, sind weitere geotechnische Aussagen zur Bauausführung sinnvoll anzugeben. Die Standsicherheit des Bauwerks ist detailliert nachzuweisen.

Bei der Spundwandvariante ist zu empfehlen, die Bohlen mit dem Stützkörper kraftschlüssig zu verbinden. Um die erforderliche Rammtiefe erreichen zu können, sind Vorbohrungen einzukalkulieren. Kolksicherungen am unterwasserseitigen Stützkörperfuß sind vorzusehen. Der Stützkörper muss frostsicher und erosionsstabil ausgebildet werden.

*Anm.: Es obliegt den vor Ort mit der Umsetzung der Baumaßnahme verantwortlich tätigen Fachkräften, die hier aufgeführten Angaben und Empfehlungen zu prüfen und den technischen Regeln entsprechend umzusetzen, auszuführen und gegebenenfalls durch einen geotechnischen Sachverständigen prüfen oder abnehmen zu lassen. Sofern im Zuge des Erdbaus die Baugrundverhältnisse gegenüber den Erwartungen abweichen oder sich Unklarheiten ergeben, ist in jedem Falle ein Sachverständiger für Geotechnik zu Rate zu ziehen.*

Projektbearbeiter: Dipl.-Geol. Peter Lath (Geologie)
Dr.-Ing. Olaf Düser (Geotechnik)

Von der Industrie- und Handelskammer Bodensee-Oberschwaben
Dr.-Ing. Olaf Düser
Sachverständiger für Erd- und Grundbau, Bodenmechanik, insbesondere Wasserbau
öffentlich bestellt und vereidigt

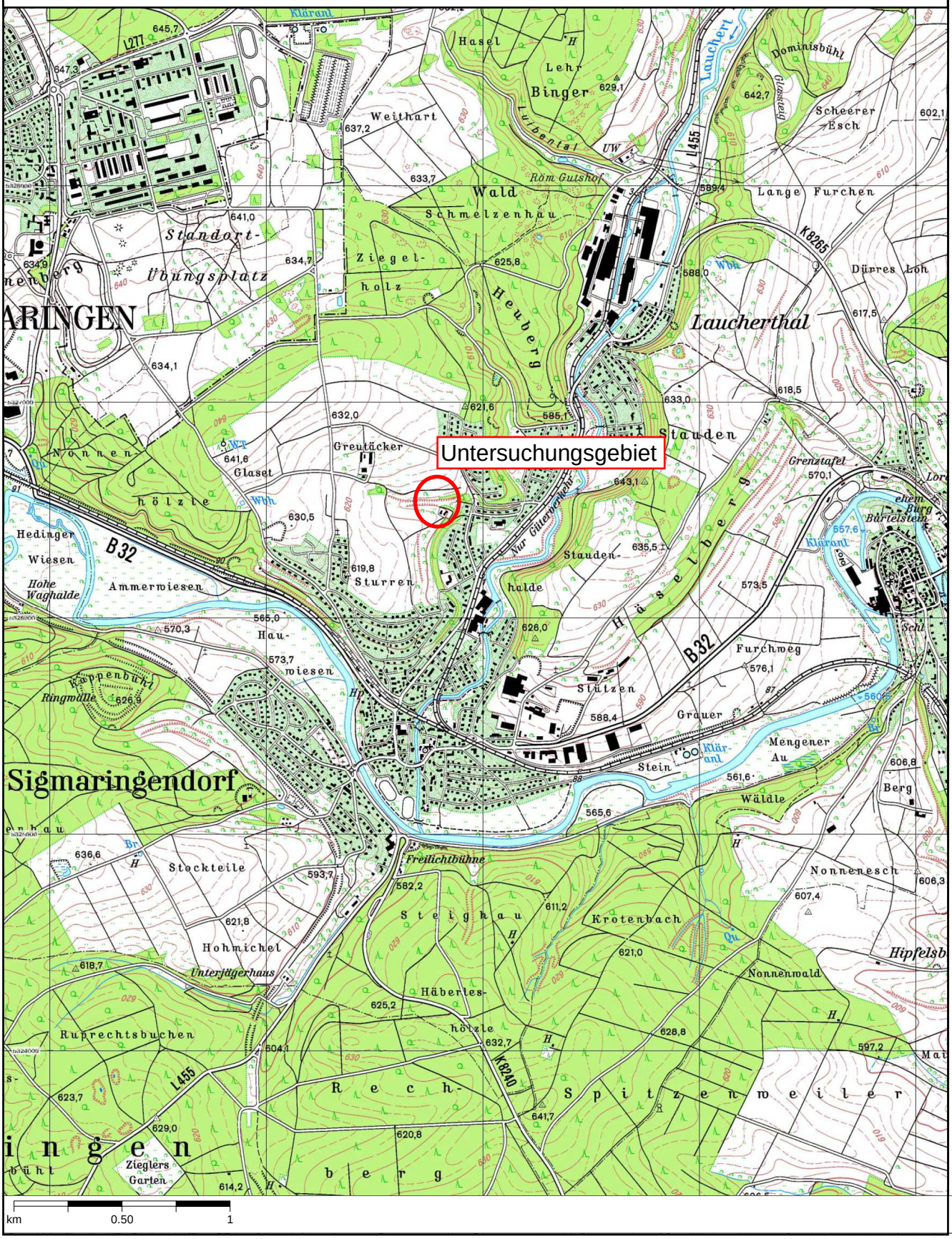
Dr. Ebel & Co. GmbH

Sigmaringendorf,
Hochwasserschutz Hüttenberg
AZ 200707

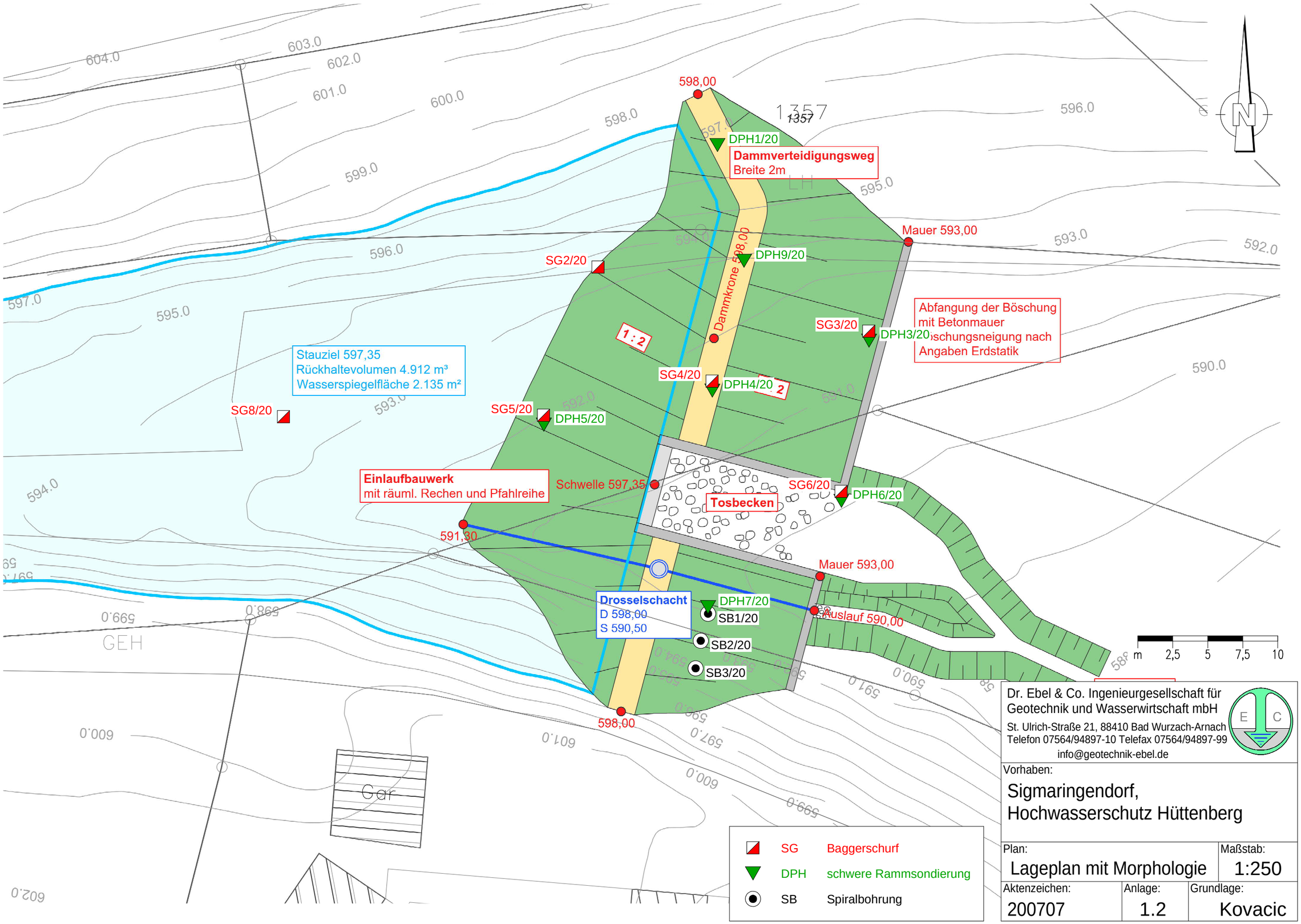
Anlage 1.1

# Übersichtslageplan

M 1:25.000




Top. Karte 1:25000 Baden-Württemberg (2012), Maßstab 1:25000
© Copyright: siehe Hinweis auf dem verwendeten Datenträger

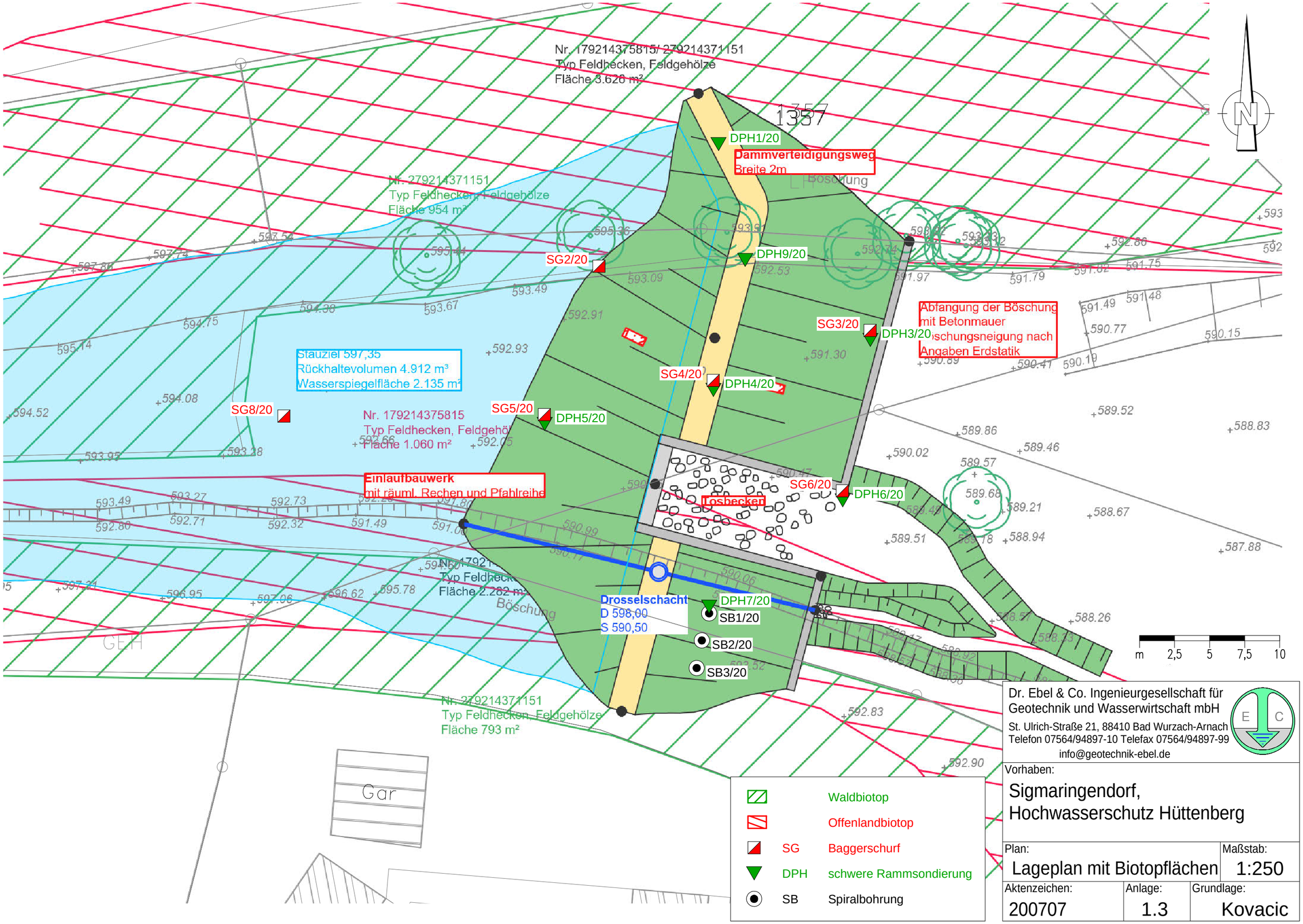



Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
St. Ulrich-Straße 21, 88410 Bad Wurzach-Arnach
Telefon 07564/94897-10 Telefax 07564/94897-99
info@geotechnik-ebel.de

Vorhaben:
Sigmaringendorf,
Hochwasserschutz Hüttenberg

| Plan: | Maßstab: |
|---|---|
| Lageplan mit Morphologie | 1:250 |

| Aktenzeichen: | Anlage: | Grundlage: |
|---|---|---|
| 200707 | 1.2 | Kovacic |

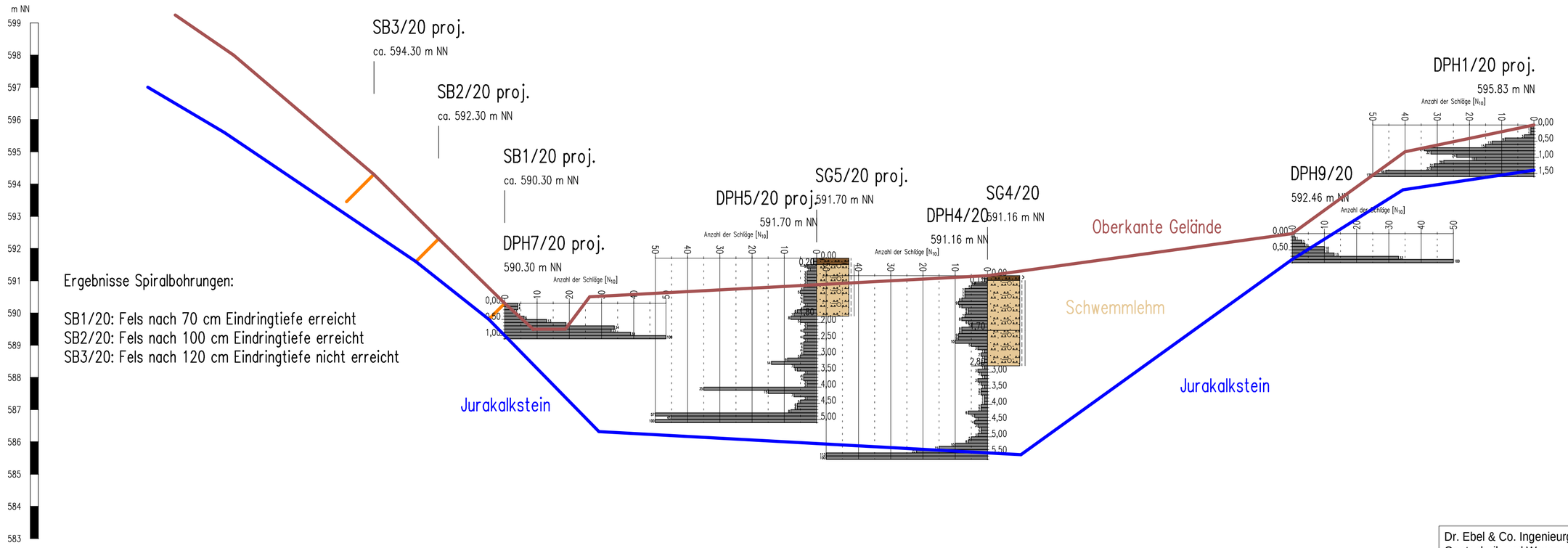



Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
St. Ulrich-Straße 21, 88410 Bad Wurzach-Arnach
Telefon 07564/94897-10 Telefax 07564/94897-99
info@geotechnik-ebel.de

Vorhaben:
Sigmaringendorf,
Hochwasserschutz Hüttenberg

| Plan: | Maßstab: |
|---|---|
| Lageplan mit Biotopflächen | 1:250 |

| Aktenzeichen: | Anlage: | Grundlage: |
|---|---|---|
| 200707 | 1.3 | Kovacic |




Ergebnisse Spiralbohrungen:

SB1/20: Fels nach 70 cm Eindringtiefe erreicht
SB2/20: Fels nach 100 cm Eindringtiefe erreicht
SB3/20: Fels nach 120 cm Eindringtiefe nicht erreicht

Die Schichtgrenzen zwischen den direkten Aufschlüssen sind vermutet

**Geologische Bezeichnung**

- Mutterboden
- Schwemmlehm

**Konsistenz/Lagerungsdichte**

- steif
- steif bis halbfest

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
St. Ulrich-Straße 21, 88410 Bad Wurzach-Arnach
Telefon 07564/94897-10 Telefax 07564/94897-99
info@geotechnik-ebel.de

Vorhaben:
Sigmaringendorf,
Hochwasserschutz Hüttenberg

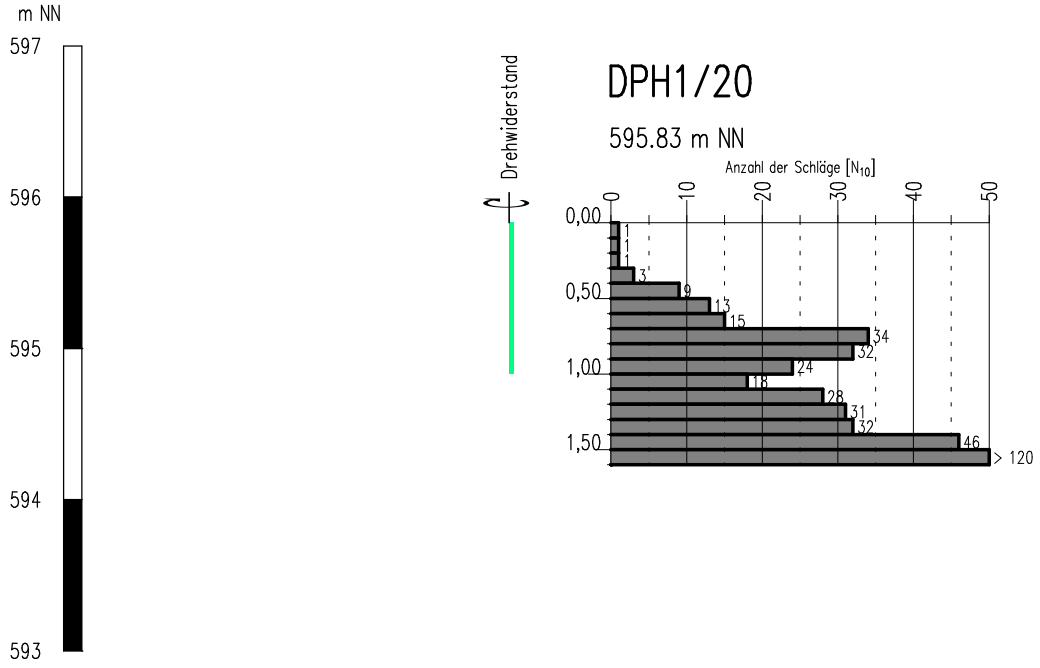
| Plan: | Maßstab: |
|---|---|
| Geotechnischer Schnitt | 1:100 |

| Aktenzeichen: | Anlage: | Grundlage: |
|---|---|---|
| 200707 | 2.1 | |

Sigmaringendorf,
Hochwasserschutz Hüttenberg
AZ 200707

Anlage 2.2.1

# Rammdiagramm
Maßstab d. H. 1:50




Drehwiderstand
- leicht (< ca. 50 Nm)
- mittel (ca. 50 – 100 Nm)
- schwer (ca. 100 – 150 Nm)
- sehr schwer (> ca. 150 Nm)

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

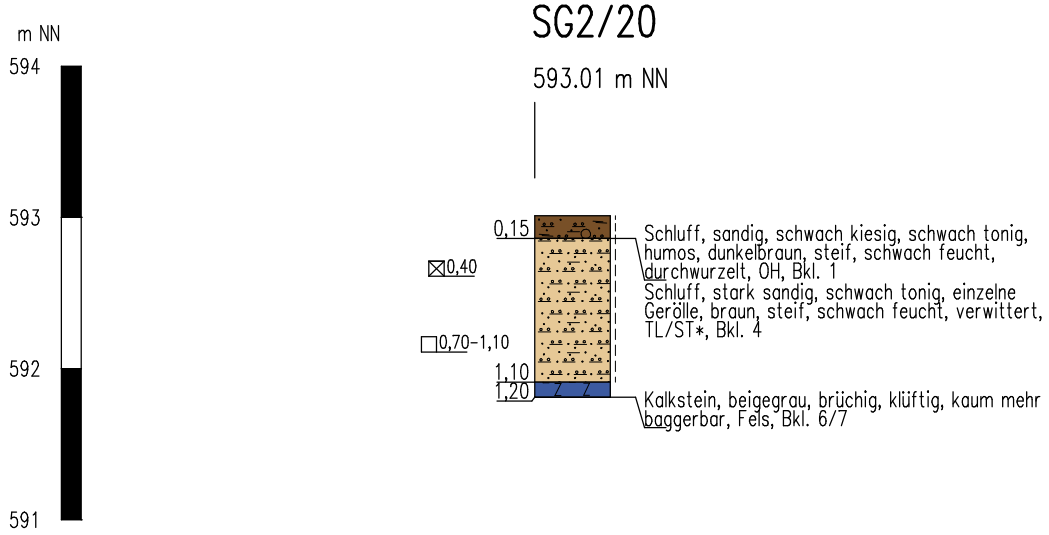
Sigmaringendorf,
Hochwasserschutz Hüttenberg
AZ 200707

Anlage 2.2.2

# Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50

## SG2/20

593.01 m NN




**Geologische Bezeichnung**

- Mutterboden
- Schwemmlehm
- Jura-Felszerstz

**Bodenklassen DIN 18 300**
1 4 6/7

**Bodengruppen DIN 18 196**
OH TL/ST* Fels

**Konsistenz/Lagerungsdichte**

- steif

**Proben**

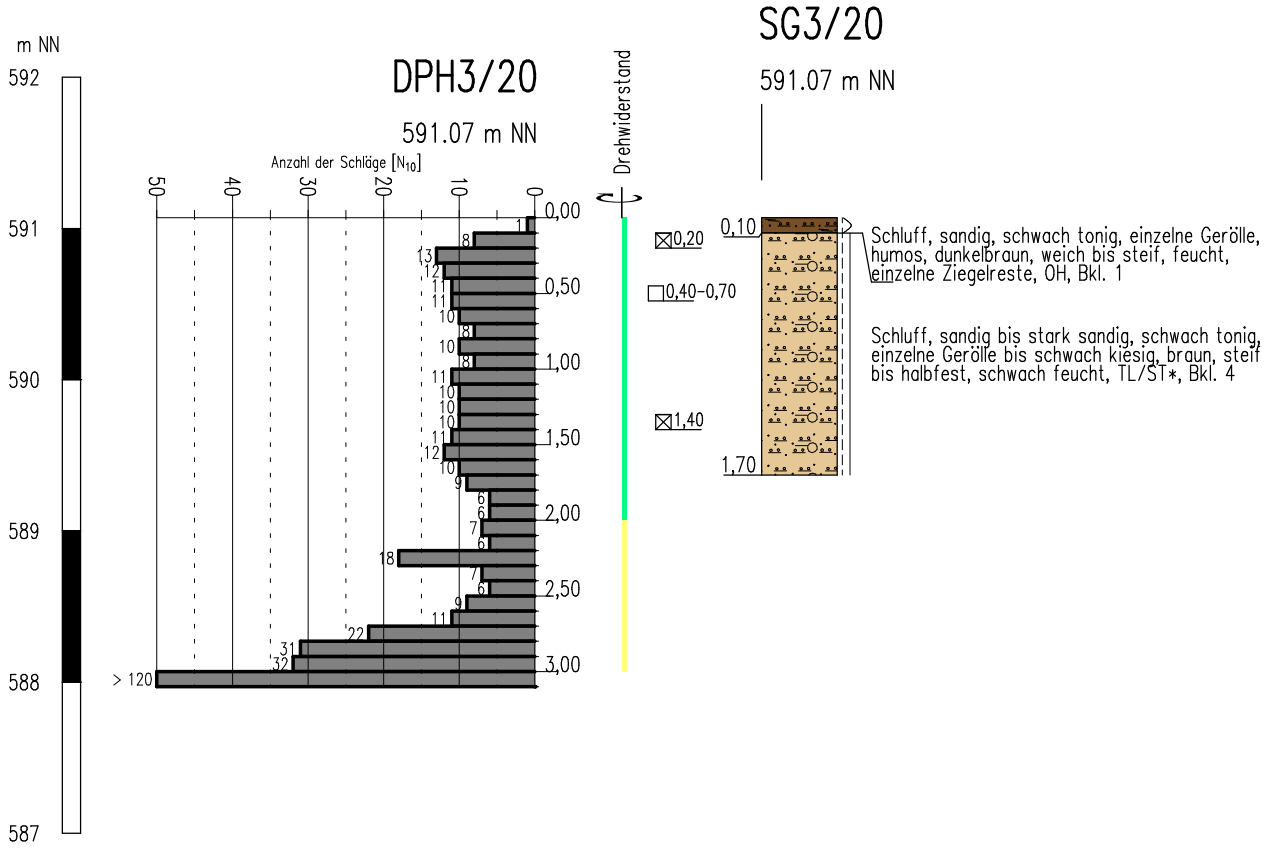
- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe
- Mu Oberbodenprobe
- AP Asphaltprobe
- MP Mischprobe

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

Sigmaringendorf,
Hochwasserschutz Hüttenberg
AZ 200707

Anlage 2.2.3

# Schichtsäule und Rammdiagramm
Maßstab d. H. 1:50




**Geologische Bezeichnung**

- Mutterboden
- Schwemmlehm

**Bodenklassen DIN 18 300**
1 4

**Bodengruppen DIN 18 196**
OH TL/ST*

**Konsistenz/Lagerungsdichte**

- weich bis steif
- steif bis halbfest

**Proben**

- Becherprobe
- 5L-Eimerprobe
- Mu Oberbodenprobe
- AP Asphaltprobe
- MP Mischprobe

Drehwiderstand

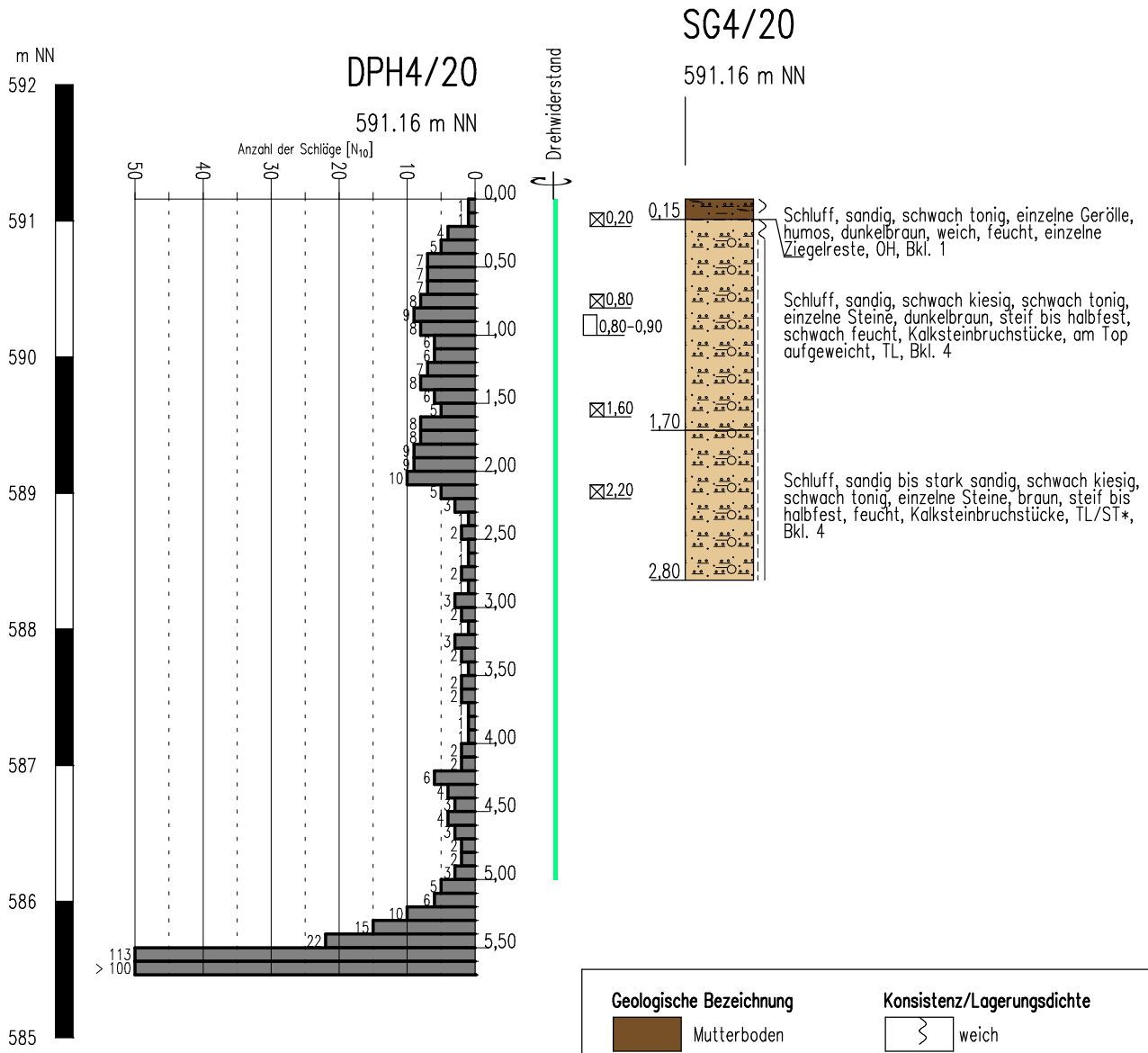
- leicht (< ca. 50 Nm)
- mittel (ca. 50 - 100 Nm)
- schwer (ca. 100 - 150 Nm)
- sehr schwer (> ca. 150 Nm)

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

Sigmaringendorf,
Hochwasserschutz Hüttenberg
AZ 200707

Anlage 2.2.4

# Schichtsäule und Rammdiagramm
Maßstab d. H. 1:50




**Geologische Bezeichnung**
- Mutterboden
- Schwemmlehm

**Bodenklassen DIN 18 300**
1 4

**Bodengruppen DIN 18 196**
OH TL TL/ST*

**Konsistenz/Lagerungsdichte**
- weich
- steif bis halbfest

**Proben**
- Becherprobe
- 10L-Eimerprobe
- Mu Oberbodenprobe
- AP Asphaltprobe
- MP Mischprobe

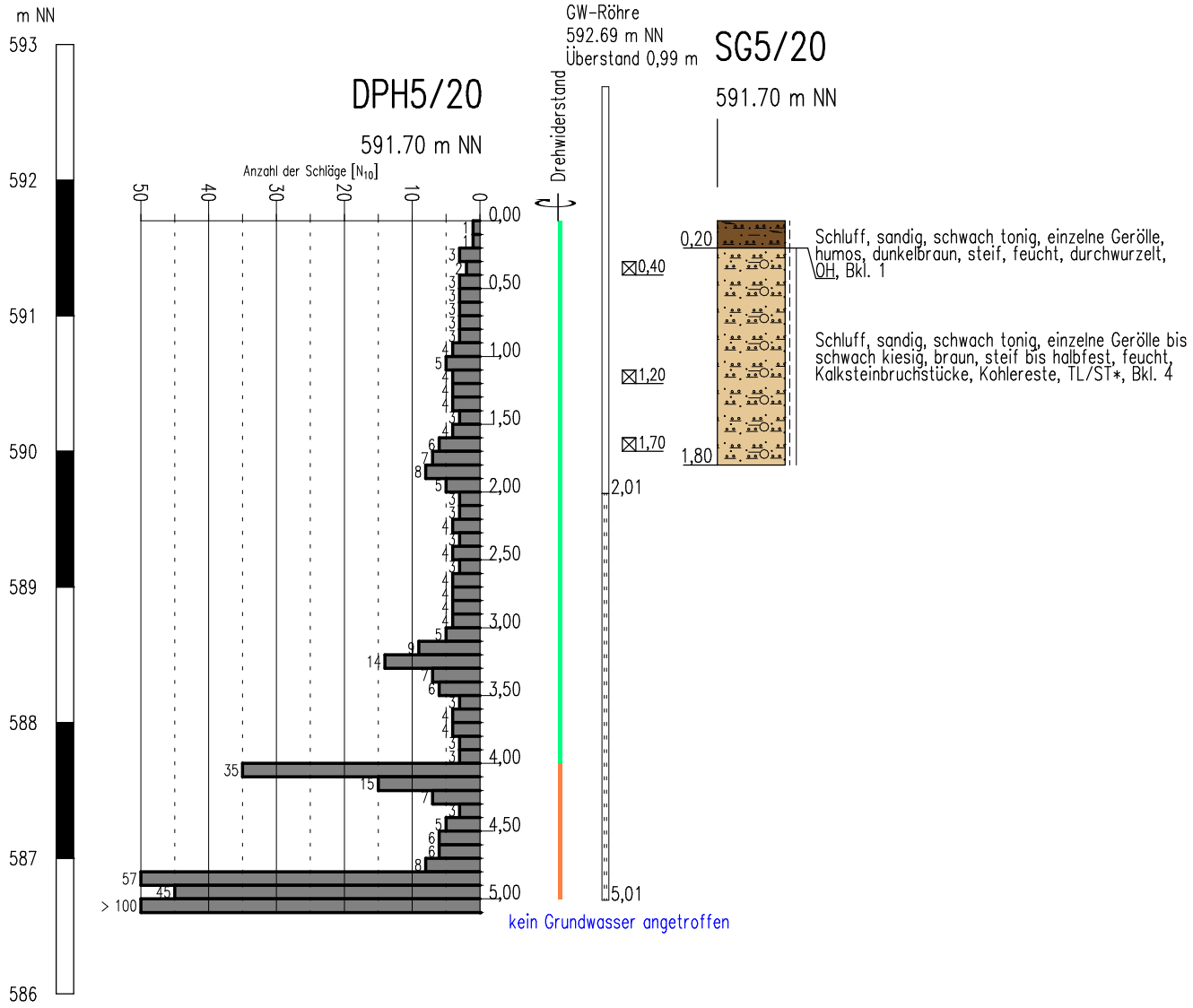
Drehwiderstand
- leicht (< ca. 50 Nm)
- mittel (ca. 50 – 100 Nm)
- schwer (ca. 100 – 150 Nm)
- sehr schwer (> ca. 150 Nm)

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

Sigmaringendorf,
Hochwasserschutz Hüttenberg
AZ 200707

Anlage 2.2.5

# Schichtsäule und Rammdiagramm
Maßstab d. H. 1:50




**Geologische Bezeichnung**
- Mutterboden
- Schwemmlehm

**Bodenklassen DIN 18 300**
1 4

**Bodengruppen DIN 18 196**
OH TL/ST*

**Konsistenz/Lagerungsdichte**
- steif
- steif bis halbfest

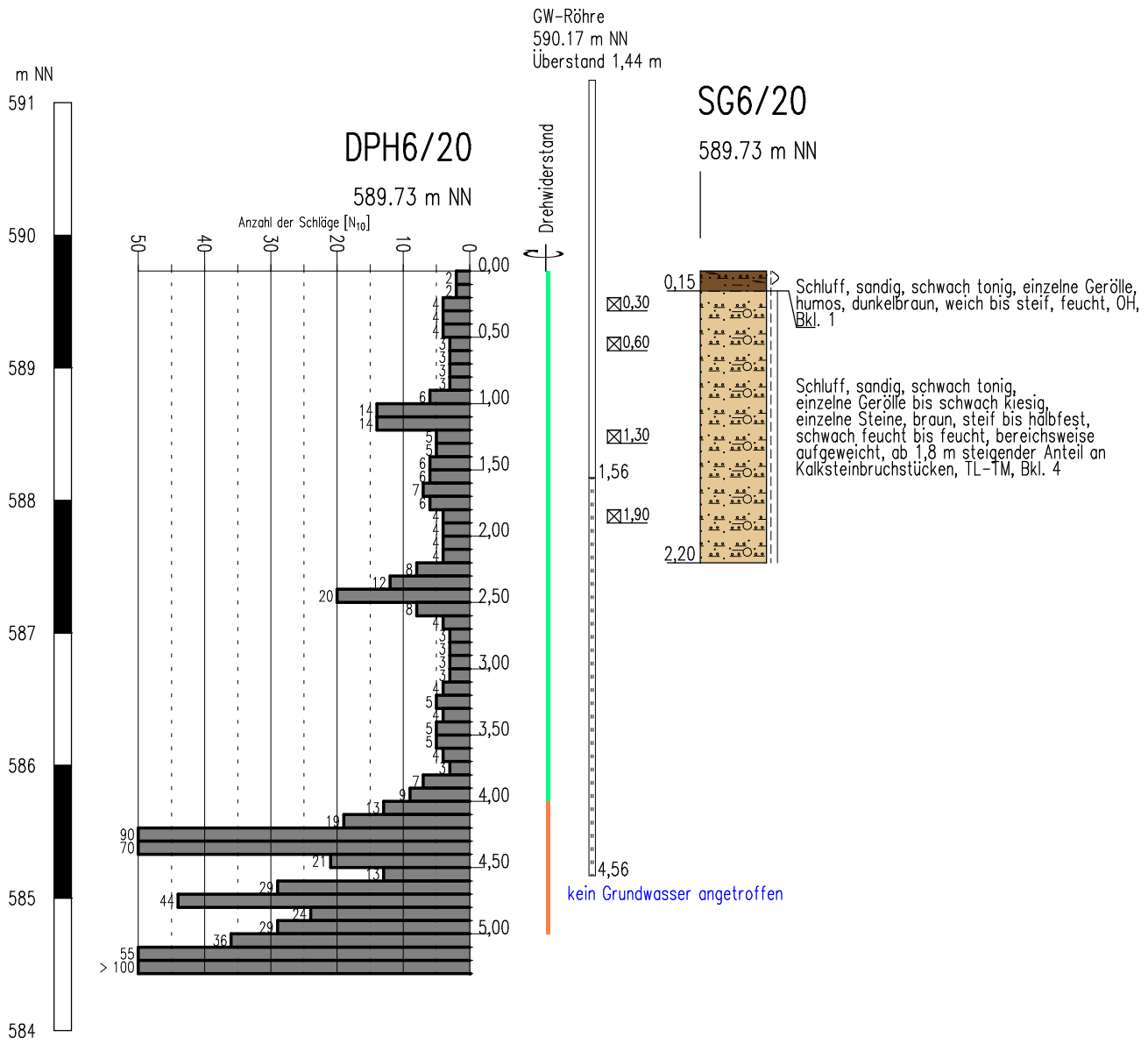
**Proben**
- ⊠ Becherprobe
- Mu Oberbodenprobe
- AP Asphaltprobe
- MP Mischprobe

Drehwiderstand
- leicht (< ca. 50 Nm)
- mittel (ca. 50 – 100 Nm)
- schwer (ca. 100 – 150 Nm)
- sehr schwer (> ca. 150 Nm)

Sigmaringendorf,
Hochwasserschutz Hüttenberg
AZ 200707

Anlage 2.2.6

# Schichtsäule und Rammdiagramm
Maßstab d. H. 1:50




**Geologische Bezeichnung**

- Mutterboden
- Schwemmlehm

**Bodenklassen DIN 18 300**
1 4

**Bodengruppen DIN 18 196**
OH TL-TM

**Konsistenz/Lagerungsdichte**

- weich bis steif
- steif bis halbfest

**Proben**

- Becherprobe
- Mu Oberbodenprobe
- AP Asphaltprobe
- MP Mischprobe

Drehwiderstand

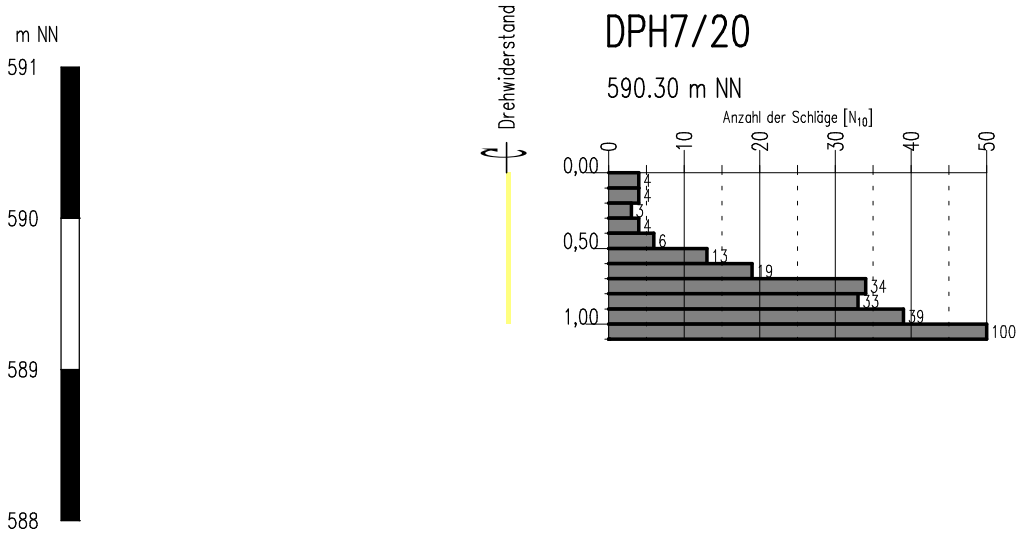
- leicht (< ca. 50 Nm)
- mittel (ca. 50 - 100 Nm)
- schwer (ca. 100 - 150 Nm)
- sehr schwer (> ca. 150 Nm)

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

Sigmaringendorf,
Hochwasserschutz Hüttenberg
AZ 200707

Anlage 2.2.7

# Rammdiagramm
Maßstab d. H. 1:50



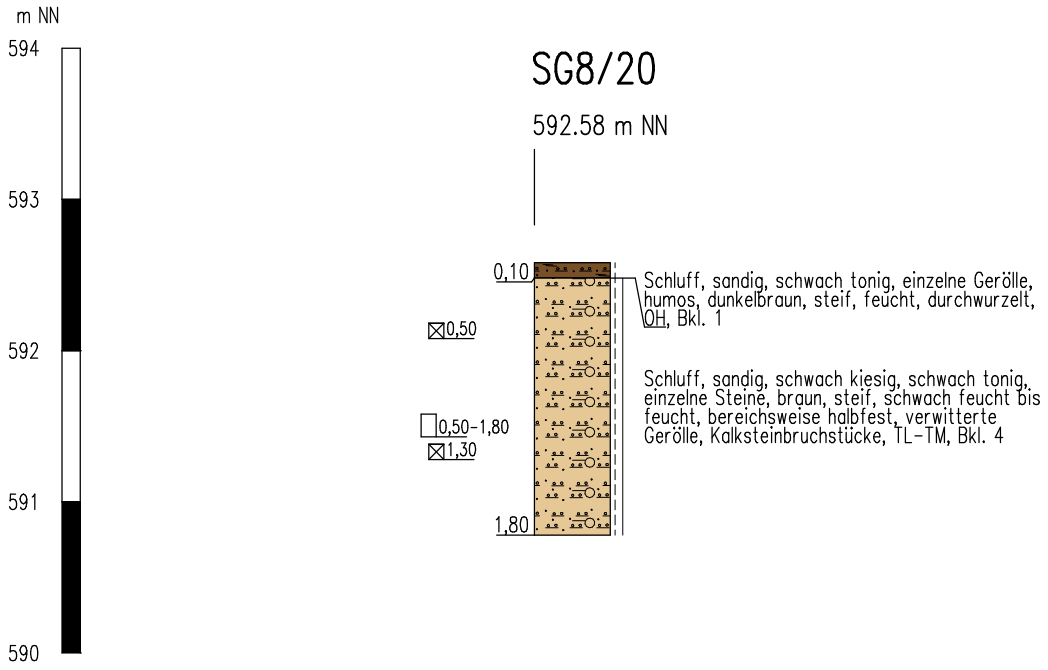

Drehwiderstand
- leicht (< ca. 50 Nm)
- mittel (ca. 50 - 100 Nm)
- schwer (ca. 100 - 150 Nm)
- sehr schwer (> ca. 150 Nm)

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

Sigmaringendorf,
Hochwasserschutz Hüttenberg
AZ 200707

Anlage 2.2.8

# Schichtsäule
Maßstab d. H. 1:50




**Geologische Bezeichnung**

Mutterboden

Schwemmlehm

**Bodenklassen DIN 18 300**

1 4

**Bodengruppen DIN 18 196**

OH TL-TM

**Konsistenz/Lagerungsdichte**

steif

**Proben**

Becherprobe

10L-Eimerprobe

Mu Oberbodenprobe

AP Asphaltprobe

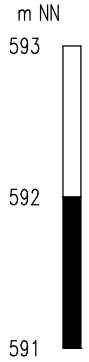
MP Mischprobe

Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

Sigmaringendorf,
Hochwasserschutz Hüttenberg
AZ 200707

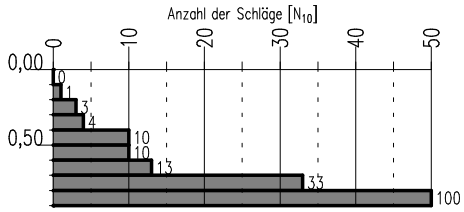
Anlage 2.2.9

# Rammdiagramm
Maßstab d. H. 1:50




## DPH9/20

592.46 m NN




Dr. Ebel & Co. Ingenieurgesellschaft mbH

## Wassergehalt nach DIN 18121 durch Ofentrocknung

| Nr. | Aufschluss | Tiefe [m u Gel] | Zusammen-setzung | Wassergehalt [Massen-%] | Benennung |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | SG2/20 | 0,7÷1,1 | Gesamt | 10,4 | Schwemmlehm |
| 2 | | | < 2 mm | 12,2 | |
| 3 | SG3/20 | 0,4÷0,7 | Gesamt | 11,0 | Schwemmlehm |
| 4 | | | < 2 mm | 12,2 | |
| 5 | SG3/20 | 1,4 | Gesamt | 9,5 | Schwemmlehm |
| 6 | | | < 2 mm | 10,8 | |
| 7 | SG4/20 | 0,8 | Gesamt | 9,2 | Schwemmlehm |
| 8 | | | <2 mm | 10,4 | |
| 9 | SG4/20 | 1,6 | Gesamt | 10,0 | Schwemmlehm |
| 10 | | | <2 mm | 10,8 | |
| 11 | SG4/20 | 2,2 | Gesamt | 14,3 | Schwemmlehm |
| 12 | | | < 2 mm | 15,2 | |
| 13 | SG5/20 | 0,4 | Gesamt | 10,1 | Schwemmlehm |
| 14 | | | < 2 mm | 12,9 | |
| 15 | SG5/20 | 1,2 | Gesamt | 11,3 | Schwemmlehm |
| 16 | | | < 2 mm | 12,3 | |
| 17 | SG5/20 | 1,7 | Gesamt | 12,7 | Schwemmlehm |
| 18 | | | < 2 mm | 13,9 | |
| 19 | SG6/20 | 0,3 | Gesamt | 14,1 | Schwemmlehm |
| 20 | SG6/20 | 0,6 | Gesamt | 15,6 | Schwemmlehm |
| 21 | SG6/20 | 1,3 | Gesamt | 21,7 | Schwemmlehm |
| 22 | SG8/20 | 0,5 | Gesamt | 11,3 | Schwemmlehm |
| 23 | | | < 2 mm | 13,4 | |
| 24 | SG8/20 | 0,5÷1,8 | Gesamt | 14,7 | Schwemmlehm |
| 25 | | | < 2 mm | 16,5 | |
| 26 | SG8/20 | 1,3 | Gesamt | 13,1 | Schwemmlehm |
| 27 | SG8/20 | 1,9 | Gesamt | 21,5 | Schwemmlehm |
| 28 | | | < 2 mm | 26,1 | |

BK: Kernbohrung
SG: Schürfgrube
RKS: Rammkernsondierung

Dr. Ebel & Co.
Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Wasserwirtschaft mbH
Bad Wurzach - Arnach

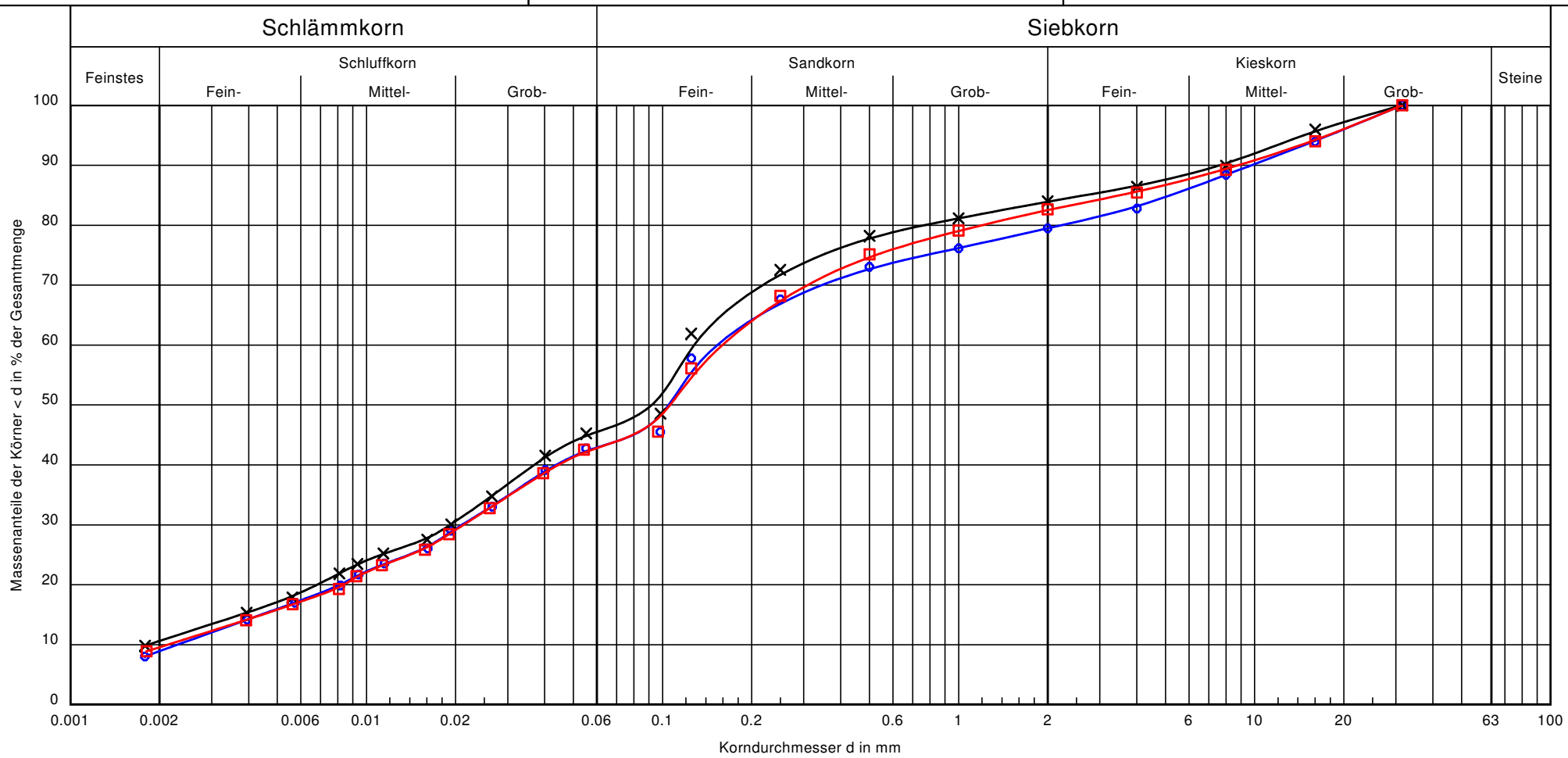
Bearbeiter: B.Fl. Datum: 18.11.20

# Körnungslinie nach DIN 18123

## Sigmaringendorf

## HWS Hüttenberg

Prüfungsnummer:
Probe entnommen am: 10.2020
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: komb. Sieb- und Schlämmanalyse




| | | | |
|---|---|---|---|
| Entnahmestelle: | SG4/20 | SG6/20 | SG8/20 |
| Bodenart: | S, $\bar{u}$, t', fg', mg' | S, $\bar{u}$, t', mg' | S, $\bar{u}$, t', fg', mg' |
| Tiefe [m]: | 0,8 | 0,3 | 0,5÷1,8 |
| k [m/s] (USBR, abgeschätzt): | $5.6 \cdot 10^{-8}$ | $3.7 \cdot 10^{-8}$ | $6.0 \cdot 10^{-8}$ |
| Bezeichnung | Schwemmlehm | Schwemmlehm | Schwemmlehm |
| U/Cc | 66.5/1.3 | 69.8/1.6 | 74.7/1.3 |
| T/U/S/G [%]: | 8.9/34.3/36.3/20.5 | 10.6/35.3/38.1/16.1 | 9.6/33.6/39.4/17.5 |
| Signatur | | | |

Bemerkungen:

Bericht: AZ 200707
Anlage: 3.2

## Glühverlust nach DIN 18128

| Nr. | Aufschluss | Tiefe [m u Gel] | Glühverlust $V_{gl}$ [Massen-%] | Benennung |
|---|---|---|---|---|
| 1 | SG5/20 | 0,4 | 3,2 | Schwemmlehm |
| 2 | SG6/20 | 0,3 | 3,7 | Schwemmlehm |
| 3 | SG8/20 | 0,5÷1,8 | 3,5 | Schwemmlehm |

Das Versuchsergebnis ist nicht ausschließlich auf die Veraschung organischer Anteile zurückzuführen sondern kann von der chemischen und mineralogischen Zusammensetzung des Erdstoffs beeinflusst sein (Kristallwasserverlust, Carbonatoxidation).

# Bemessungssituationen nach DIN 1054, aktueller Stand 12.2010

mit Änderung DIN 1054/A2 vom November 2015

## 1 Bemessungssituationen

**BS-P**: Den ständigen Situationen (Persistent situations), die den üblichen Nutzungsbedingungen des Tragwerks entsprechen, wird die Bemessungssituation BS-P zugeordnet. Hierbei werden ständige und während der Funktionszeit des Bauwerks regelmäßig auftretende veränderliche Einwirkungen berücksichtigt.

**BS-T**: Den vorübergehenden Situationen (Transient situations), die sich auf zeitlich begrenzte Zustände beziehen (Bauzustand, Reparatur, Hochwassereinwirkung etc.) wird die Bemessungssituation BS-T zugeordnet.

**BS-A**: Den außergewöhnlichen Situationen (Accidental situations), die sich auf außergewöhnliche Bedingungen des Tragwerks oder seiner Umgebung beziehen, z.B. auf Feuer oder Brand, Explosion, Anprall, extremes Hochwasser oder Ankerausfall, wird die Bemessungssituation BS-A zugeordnet. Hierbei werden in der Regel neben jeweils einer außergewöhnlichen Einwirkung ständige und regelmäßig auftretende veränderliche Einwirkungen wie bei den Bemessungssituationen BS-P und BS-T berücksichtigt. Eine außergewöhnliche Situation ist auch dann gegeben, wenn gleichzeitig mehrere voneinander unabhängige seltene Einwirkungen, z.B. ungewöhnlich große und planmäßig einmalige Einwirkungen, zu berücksichtigen sind.

**BS-E**: Der Situation infolge Erdbeben wird die Bemessungssituation BS-E zugeordnet.

### Bisherige Bezeichnungen gemäß DIN 1054 (Stand 10.2008)

**Einwirkungskombinationen**
***Regel-Kombination EK 1***
Ständige sowie während der Funktionszeit des Bauwerks regelmäßig auftretende veränderliche Einwirkungen
***Seltene Kombination EK 2***
Außer den Einwirkungen der EK 1 seltene oder einmalige planmäßige Einwirkungen
***Außergewöhnliche Kombination EK 3***
Außer den Einwirkungen der EK 1 eine gleichzeitig mögliche außergewöhnliche Einwirkung, insbesondere bei Erdbeben, Katastrophen oder Unfällen

## 2 Sicherheitsklassen bei Widerständen

***SK 1***: Auf die Funktionszeit des Bauwerkes angelegte Zustände.
***SK 2:*** Bauzustände bei der Herstellung oder Reparatur des Bauwerkes und Bauzustände durch Baumaßnahmen neben Bauwerken
***SK 3:*** Während der Funktionszeit einmalig oder voraussichtlich nie auftretende Zustände

## 3 Lastfälle

***Lastfall*** 1 (ständige Bemessungssituation):
EK 1 in Verbindung mit Zustand der SK 1
***Lastfall 2*** (vorübergehende Bemessungssituation):
EK 2 in Verbindung mit Zustand der SK 1 oder EK 1 in Verbindung mit Zustand der SK 2
***Lastfall 3*** (außergewöhnliche Bemessungssituation):
EK 3 in Verbindung mit Zustand SK 2 oder EK 2 in Verbindung mit Zustand der SK 3

# Einwirkungen und Bemessungssituationen bei Deichen gemäß DIN 19712, Stand 01.2013
## Tabelle 5

| Einwirkungen | Bemessungssituation | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | BS-P | | BS-T | BS-A | | |
| | | Hochwasserzustand | | Bau- und Revisionszustand | Besondere Belastungen und Situationen | | |
| | | P.1 | P.2 | T.1 | A.1 | A.2 | A.3 |
| Ständige | Eigenlasten und Auflasten | x | x | x | x | x | x |
| | Verkehrslasten | x | x | x | x | x | x |
| | Beanspruchungen durch BHW | x | | | | x | |
| Veränderliche | Beanspruchungen durch aus BHW fallenden Wasserspiegel | | x | | | | |
| | Beanspruchungen durch Bau HW | | | x | | | x |
| Außergewöhnliche | Beanspruchungen durch Wasserstand „bordvoll“ | | | | x | | |
| | Beanspruchungen infolge Versagen von Dichtungen bzw. Dräns | | | | | x | x |

# Lastfallkombinationen im Staudammbau gemäß DIN 19700-11, Stand 07.2004

| Einwirkungen | | Lastfälle (Einwirkungskombinationen) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | | 2 | | | | 3 | |
| | | 1.1 | 1.2[a] | 2.1 | 2.2 | 2.3 | 2.4[c] | 3.1 | 3.2 |
| Gruppe 1 | Eigenlast | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | Verkehrs- und Auflast | X | X | X | X | X | X | X | X |
| | Wasserdruck und Strömungskraft bei Volleinstau | X | | | | X | X[d] | | X[d] |
| Gruppe 2 | Wasserdruck und Strömungskraft bei Hochwasserstauziel 1 ($Z_{H1}$) | | | X | | | | | |
| | schnellstmögliche Wasserspiegelabsenkung | | | | X[b] | | | | |
| | außerplanmäßige Betriebs- und Belastungszustände | | | | | X | | | |
| | Betriebserdbeben | | | | | | X | | |
| Gruppe 3 | Wasserdruck und Strömungskraft bei Hochwasserstauziel 2 ($Z_{H2}$), sofern $Z_{H2} > Z_{H1}$ | | | | | | | X | |
| | Bemessungserdbeben | | | | | | | | X |

[a] Bau- und Konsolidierungszustände bis zum ersten Einstau sowie Zustand „leeres Becken“

[b] Beginnend vom Vollstau

[c] Lastfall nur für Gebrauchstauglichkeitsnachweis

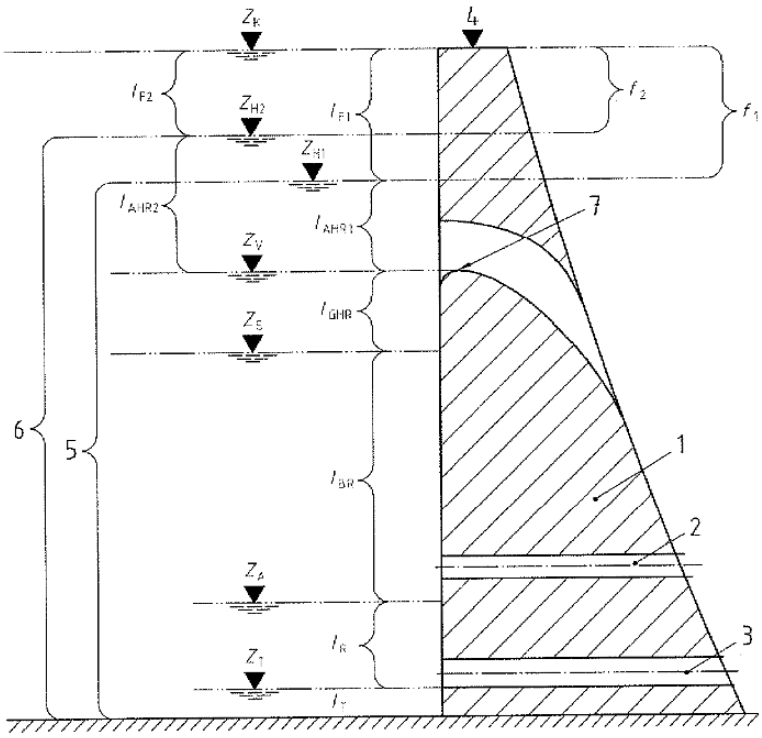
[d] Es darf der Wasserdruck und Strömungskraft bei Stauziel $Z_S$ angesetzt werden

$Z_{H1}$ Hochwasserstauziel 1 infolge BHQ1 im Hochwasserbemessungsfall 1

$Z_{H2}$ Hochwasserstauziel 2 infolge BHQ2 im Hochwasserbemessungsfall 2

$Z_S$ Stauziel (bei Hochwasserrückhaltebecken Dauerstauziel $Z_D$)

# Stauräume und Stauziele,
# Erläuterungen zu den Bezeichnungen gemäß DIN 19700-10, 07.2004




**Legende**

| | |
|---|---|
| 1 | Absperrbauwerk |
| 2 | Betriebsauslass |
| 3 | Grundablass |
| 4 | Kronenhöhe |
| 5 | Gesamtstauraum im Hochwasserbemessungsfall 1 |
| 6 | Gesamtstauraum im Hochwasserbemessungsfall 2 |
| 7 | Überfallkrone oder Oberkante Verschluss der Hochwasserentlastungsanlage |
| $f_1$ | Freibord im Hochwasserbemessungsfall 1 |
| $f_2$ | Freibord im Hochwasserbemessungsfall 2 |
| $Z_K$ | Kronenstau |
| $Z_{H2}$ | Hochwasserstauziel im Hochwasserbemessungsfall 2 |
| $Z_{H1}$ | Hochwasserstauziel im Hochwasserbemessungsfall 1 |
| $Z_V$ | Vollstau |
| $Z_S$ | Stauziel |
| $Z_A$ | Absenkziel |
| $Z_T$ | Tiefstes Absenkziel |
| $l_{F2}$ | Freiraum im Hochwasserbemessungsfall 2 |
| $l_{F1}$ | Freiraum im Hochwasserbemessungsfall 1 |
| $l_{AHR2}$ | Außergewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum im Hochwasserbemessungsfall 2 |
| $l_{AHR1}$ | Außergewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum im Hochwasserbemessungsfall 1 |
| $l_{GHR}$ | Gewöhnlicher Hochwasserrückhalteraum |
| $l_{BR}$ | Betriebsraum |
| $l_R$ | Reserveraum |
| $l_T$ | Totraum |

## Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_F$[1)] bzw. $\gamma_E$[2)] für Einwirkungen und Beanspruchungen - DIN 1054, Stand 11.2015, Tabelle A.2.1 –

| Einwirkungen bzw. Beanspruchung | Formelzeichen | Bemessungssituation | | |
|---|---|---|---|---|
| | | BS-P | BS-T | BS-A |
| **HYD und UPL:** **Grenzzustand des Versagens durch hydraulischen Grundbruch und Aufschwimmen** | | | | |
| Destabilisierende ständige Einwirkungen[a] | $\gamma_{G,dst}$ | 1,05 | 1,05 | 1,00 |
| Stabilisierende ständige Einwirkungen | $\gamma_{G,stb}$ | 0,95 | 0,95 | 0,95 |
| Destabilisierende veränderliche Einwirkungen | $\gamma_{Q,dst}$ | 1,50 | 1,30 | 1,00 |
| Stabilisierende veränderliche Einwirkungen | $\gamma_{Q,stb}$ | 0 | 0 | 0 |
| Strömungskraft bei günstigem Untergrund | $\gamma_H$ | 1,45 | 1,45 | 1,25 |
| Strömungskraft bei ungünstigem Untergrund | $\gamma_H$ | 1,90 | 1,90 | 1,45 |
| **EQU:** **Grenzzustand des Verlusts der Lagesicherheit** | | | | |
| Ungünstige ständige Einwirkungen | $\gamma_{G,dst}$ | 1,10 | 1,05 | 1,00 |
| Günstige ständige Einwirkungen | $\gamma_{G,stb}$ | 0,90 | 0,90 | 0,95 |
| Ungünstige veränderliche Einwirkungen | $\gamma_Q$ | 1,50 | 1,25 | 1,00 |
| **STR und GEO-2:** **Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund** | | | | |
| Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen allgemein[a] | $\gamma_G$ | 1,35 | 1,20 | 1,10 |
| Beanspruchungen aus günstigen ständigen Einwirkungen[b] | $\gamma_{G,inf}$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Beanspruchungen aus ständigen Einwirkungen aus Erdruhedruck | $\gamma_{G,E0}$ | 1,20 | 1,10 | 1,00 |
| Beanspruchungen aus ungünstigen veränderlichen Einwirkungen | $\gamma_Q$ | 1,50 | 1,30 | 1,10 |
| Beanspruchungen aus günstigen veränderlichen Einwirkungen | $\gamma_Q$ | 0 | 0 | 0 |
| **GEO-3:** **Grenzzustand des Versagens Verlusts der Gesamtstandsicherheit** | | | | |
| Ständige Einwirkungen[a] | $\gamma_G$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Ungünstige veränderliche Einwirkungen | $\gamma_Q$ | 1,30 | 1,20 | 1,00 |
| **SLS:** **Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit** | | | | |
| $\gamma_G$ = 1,00 für ständige Einwirkungen bzw. Beanspruchungen | | | | |
| $\gamma_Q$ = 1,00 für veränderliche Einwirkungen bzw. Beanspruchungen | | | | |
| [a] einschließlich ständigem und veränderlichem Wasserdruck<br>[b] nur in Sonderfällen nach Abschn. 7.6.3.1 (2), DIN EN 1997-1 | | | | |

1) Der Begriff $\gamma_F$ ist Oberbegriff für die jeweils auf den Einzelfall der Einwirkungen F bezogenen Teilsicherheitsbeiwerte

2) Der Beiwert $\gamma_E$ ist Oberbegriff für die jeweils auf den Einzelfall der Beanspruchungen E bezogenen Teilsicherheitsbeiwerte

$$E_d = \gamma \cdot E_K$$

Mit: $E_K$: Charakteristische Beanspruchung
$\gamma$: Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_F$ bzw. $\gamma_E$ gemäß o.a. Tabelle
$E_d$: Bemessungswert der Beanspruchung

Anmerkungen

1) Abweichend von DIN EN 1990 (Grundlagen der Tragwerksplanung) sind die Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_G$ und $\gamma_Q$ für Beanspruchungen aus ständigen und ungünstigen veränderlichen Einwirkungen füt die Bemessungssituation BS-A von $\gamma_G = \gamma_Q = 1{,}00$ auf $\gamma_G = \gamma_Q = 1{,}10$ angehoben worden, um das bisher bewährte Sicherheitsniveau beizubehalten

2) Die Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_{G,E0}$ sind gegenüber den Teilsicherheitsbeiwerten $\gamma_G$ herabgesetzt worden, weil der Erdruhedruck bereits bei geringen Entspannungsbewegungen auf einen geringen Erddruck, im Grenzfall auf den wesentlich kleineren aktiven Erddruck absinkt

3) In der Bemessungssituation BS-E werden nach DIN 1990 keine Teilsicherheitsbeiwerte angesetzt.

## Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_M$[3)] für gotechnische Kenngrößen
## - DIN 1054, Stand 11.2015, Tabelle A.2.2 -

| Bodenkenngröße | Formelzeichen | Bemessungssituation | | |
|---|---|---|---|---|
| | | BS-P | BS-T | BS-A |
| **HYD und UPL:** | | | | |
| **Grenzzustand des Versagens durch hydraulischen Grundbruch und Aufschwimmen** | | | | |
| Reibungsbeiwert tan $\varphi'$ des dränierten Bodens und Reibungsbeiwert tan $\varphi_u$ des undränierten Bodens | $\gamma_{\varphi'}$, $\gamma_{\varphi u}$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Kohäsion c´ des dränierten Bodens und Scherfestigkeit $c_u$ des undränierten Bodens | $\gamma_{c'}$, $\gamma_{cu}$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| **GEO-2:** **Grenzzustand des Versagens von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund** | | | | |
| Reibungsbeiwert tan $\varphi'$ des dränierten Bodens und Reibungsbeiwert tan $\varphi_u$ des undränierten Bodens | $\gamma_{\varphi'}$, $\gamma_{\varphi u}$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Kohäsion c´ des dränierten Bodens und Scherfestigkeit $c_u$ des undränierten Bodens | $\gamma_{c'}$, $\gamma_{cu}$ | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| **GEO-3:** **Grenzzustand des Versagens durch Verlust des Gesamtstandsicherheit** | | | | |
| Reibungsbeiwert tan $\varphi'$ des dränierten Bodens und Reibungsbeiwert tan $\varphi_u$ des undränierten Bodens | $\gamma_{\varphi'}$, $\gamma_{\varphi u}$ | 1,25 | 1,15 | 1,10 |
| Kohäsion c´ des dränierten Bodens und Scherfestigkeit $c_u$ des undränierten Bodens | $\gamma_{c'}$, $\gamma_{cu}$ | 1,25 | 1,15 | 1,10 |

Anmerkung: In der Bemessungssituation BS-E werden nach DIN 1990 (Grundlagen der Tragwerksplanung) keine Teilsicherheitsbeiwerte angesetzt

3) Der Beiwert $\gamma_M$ ist ein Oberbegriff für die jeweils auf den Einzelfall bezogenen Teilsicherheitsbeiwerte

## Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_R$ 4) für Widerstände
## - DIN 1054, Stand 11.2015, Tabelle A.2.3 -

| Widerstand | Formelzeichen | Bemessungssituation | | |
|---|---|---|---|---|
| | | BS-P | BS-T | BS-A |
| **STR und GEO-2:** | | | | |
| **Grenzzustand des Versagens von Bauwerken und Bauteilen** | | | | |
| ***Bodenwiderstände*** | | | | |
| Erdwiderstand und Grundbruchwiderstand | $\gamma_{R,e}$, $\gamma_{R,v}$ | 1,40 | 1,30 | 1,20 |
| Gleitwiderstand | $\gamma_{R,h}$ | 1,10 | 1,10 | 1,10 |
| ***Pfahlwiderstände aus statischen und dynamischen Pfahlprobebelastungen*** | | | | |
| Fußwiderstand | $\gamma_b$ | 1,10 | 1,10 | 1,10 |
| Mantelwiderstand (Druck) | $\gamma_s$ | 1,10 | 1,10 | 1,10 |
| Gesamtwiderstand (Druck) | $\gamma_t$ | 1,10 | 1,10 | 1,10 |
| Mantelwiderstand (Zug) | $\gamma_{s,t}$ | 1,15 | 1,15 | 1,15 |
| ***Pfahlwiderstände auf der Grundlage von Erfahrungswerten*** | | | | |
| Druckpfähle | $\gamma_b$, $\gamma_s$ , $\gamma_t$ | 1,40 | 1,40 | 1,40 |
| Zugpfähle (nur in Ausnahmefällen) | $\gamma_{s,t}$ | 1,50 | 1,50 | 1,50 |
| ***Herausziehwiderstände*** | | | | |
| Boden- bzw. Felsnägel | $\gamma_a$ | 1,40 | 1,30 | 1,20 |
| Verpresskörper von Verpressankern | $\gamma_a$ | 1,10 | 1,10 | 1,10 |
| Flexible Bewehrungselemente | $\gamma_a$ | 1,40 | 1,30 | 1,20 |
| **GEO-3:** | | | | |
| **Grenzzustand des Verlustes der Gesamtstandsicherheit** | | | | |
| ***Scherfestigkeit: siehe Tabelle A.2.2*** | | | | |
| ***Herausziehwiderstände Siehe STR und GEO-2*** | | | | |
| Reibungsbeiwert tan $\varphi'$ des dränierten Bodens und Reibungsbeiwert tan $\varphi_u$ des undränierten Bodens | $\gamma_\varphi$, $\gamma_{\varphi u}$ | 1,25 | 1,15 | 1,10 |
| Kohäsion $c'$ des dränierten Bodens und Scherfestigkeit $c_u$ des undränierten Bodens | $\gamma_c$, $\gamma_{cu}$ | 1,25 | 1,15 | 1,10 |
| ***Herausziehwiderstände*** | | | | |
| Boden- und Felsnägel, Ankerzugpfähle | $\gamma_N$, $\gamma_Z$ | 1,40 | 1,30 | 1,20 |
| Verpresskörper von Verpressankern | $\gamma_A$ | 1,10 | 1,10 | 1,10 |
| Flexible Bewehrungselemente | $\gamma_B$ | 1,40 | 1,30 | 1,20 |

4) Der Beiwert $\gamma_R$ ist ein Oberbegriff für die jeweils auf den Einzelfall des Widerstands bezogenen Teilsicherheitsbeiwerte

$$R_d = \frac{R_K}{\gamma_R}$$

Mit:
$R_K$: Charakteristischer Bauteilwiderstand
$\gamma_R$: Teilsicherheitsbeiwert gemäß o.a. Tabelle
$R_d$: Bemessungswert für den Widerstand

Anmerkungen:

1) Der Teilsicherheitsbeiwert für den Mantelwiderstand des Stahlzugglieds aus Spannstahl und Betonstahl ist für die Grenzzustände GEO-2 und GEO-3 in DIN EN 1992-1-1 (Eurocode 2, Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau) mit $\gamma_M$ = 1,15 angegeben
2) Der Teilsicherheitsbeiwert für den Mantelwiderstand von flexiblen Bewehrungselementen ist für die Grenzzustände GEO-2 und GEO-3 in EBGEO (Empfehlungen für den Entwurf und die Berechnung von Erdkörpern mit Bewehrung aus Geokunststoffen, 2. Aufl., Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2010) angegeben
3) In der Bemessungssituation BS-E werden nach DIN EN 1990 (Grundlagen der Tragwerksplanung) keine Teilsicherheitsbeiwerte angesetzt.

## Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_H$ zu Bestimmung der Sicherheit gegen Materialtransport - DIN 19712, Stand 01.2013, Tabelle 6 -

| Hydraulisches Kriterium | Teilsicherheitsbeiwerte | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Einwirkungen $\gamma_{H,vorh}$ | | | Widerstände $\gamma_{H,krit}$ |
| | BS-P | BS-T | BS-A | |
| Kontakterosion | 1,35 | 1,2 | 1,1 | 1,1 |
| Suffosion | 1,35 | 1,2 | 1,1 | 1,5 |
| Erosionsgrundbruch | 1,35 | 1,2 | 1,1 | 1,1 |

| Dr. Ebel & Co. GmbH<br>Bad Wurzach - Arnach<br>Betzigau b. Kempten | Sigmaringendorf<br>HWS Hüttenberg | AZ 200707<br>Anlage 4.2 |
|---|---|---|

# Vordimensionierung Spundwand

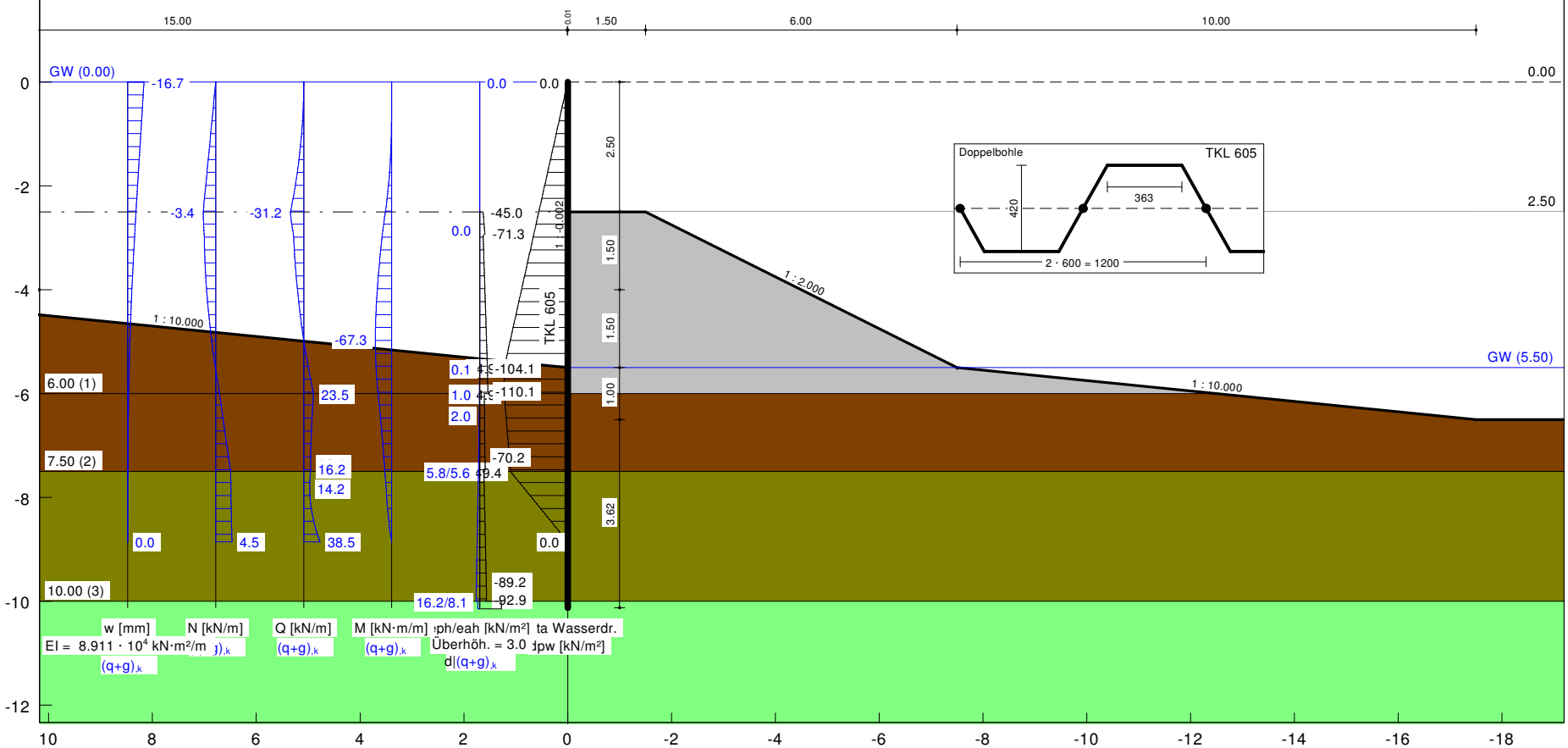
Norm: EC 7
Spundwand
TKL 605
Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
Ersatzerddruck-Beiwert mit φ = 40 °
Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2017 ger. GF
Erf. Profillänge = 10.12 m
Erf. Einbindetiefe = 7.62 m
BS: DIN EN 1997-1: BS-P

$\gamma_G$ = 1.35
$\gamma_Q$ = 1.50
$\gamma_{Ep}$ = 1.40
Wasserdruck mit Stromröhre
UK Fußumströmung auf 11.000 m
mob. Ep erfüllt / μ = 0.97
μ(Vert. Tragfähigkeit) = 0.12

## Spundwand mit stabilisiertem Erdkeil

### Teilsicherheitskonzept nach DIN 1054, BS-P

| Boden pas/akt | $\gamma_k$ [kN/m³] | $\gamma'_k$ [kN/m³] | $\varphi_k$ [°] | $c_k$ [kN/m²] | δ/φ passiv | δ/φ aktiv | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 22.0/19.0 | 13.0/9.0 | 35.0/27.5 | 15.0/1.0 | -0.075 | 0.075 | 0.00 | 500.00 | stab. Erdkeil / Verwitterungsboden |
| | 19.0/19.0 | 9.0/9.0 | 27.5/27.5 | 1.0/1.0 | -0.150 | 0.150 | 0.00 | 80.00 | Verwitterungsboden steif |
| | 19.0/19.0 | 9.0/9.0 | 22.5/22.5 | 2.0/2.0 | -0.100 | 0.100 | 0.00 | 60.00 | Verwitterungsboden weich |
| | 20.0/20.0 | 11.0/11.0 | 35.0/35.0 | 2.0/2.0 | -0.667 | 0.667 | 0.00 | 300.00 | Felszersatz |



| Dr. Ebel & Co. GmbH<br>Bad Wurzach - Arnach<br>Betzigau b. Kempten | Sigmaringendorf<br>HWS Hüttenberg | AZ 200707<br>Anlage 4.3.1 |
|---|---|---|

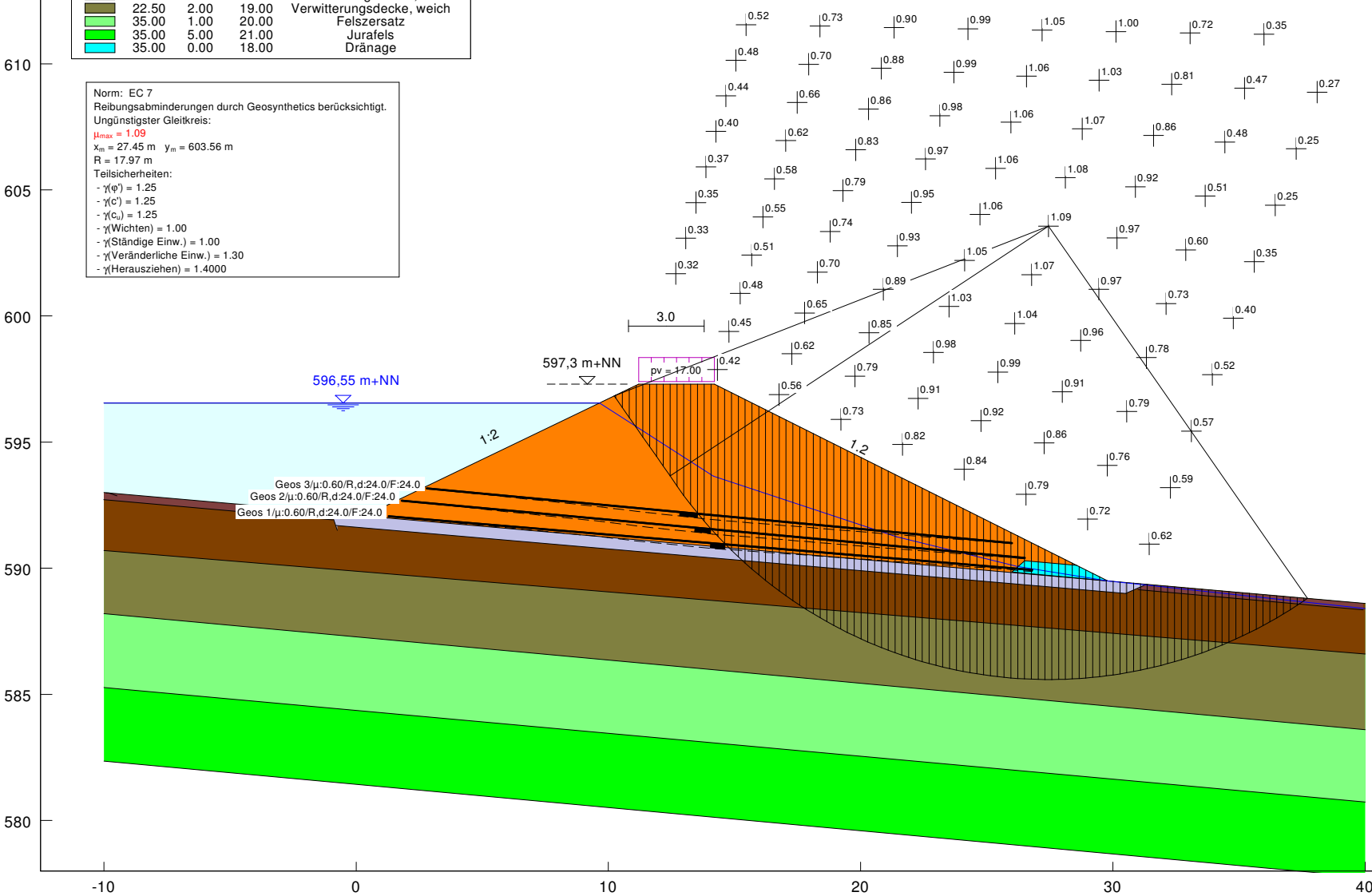
# Böschungs- und Geländebruch

## Dammbauwerk

Kronenhöhe 597,3 m+NN, Böschungsneigung 1:2
Bindemittelstabilisierung, Fußdränage, Verkehrslast
Teilsicherheitskonzept nach DIN 1054, BS-P

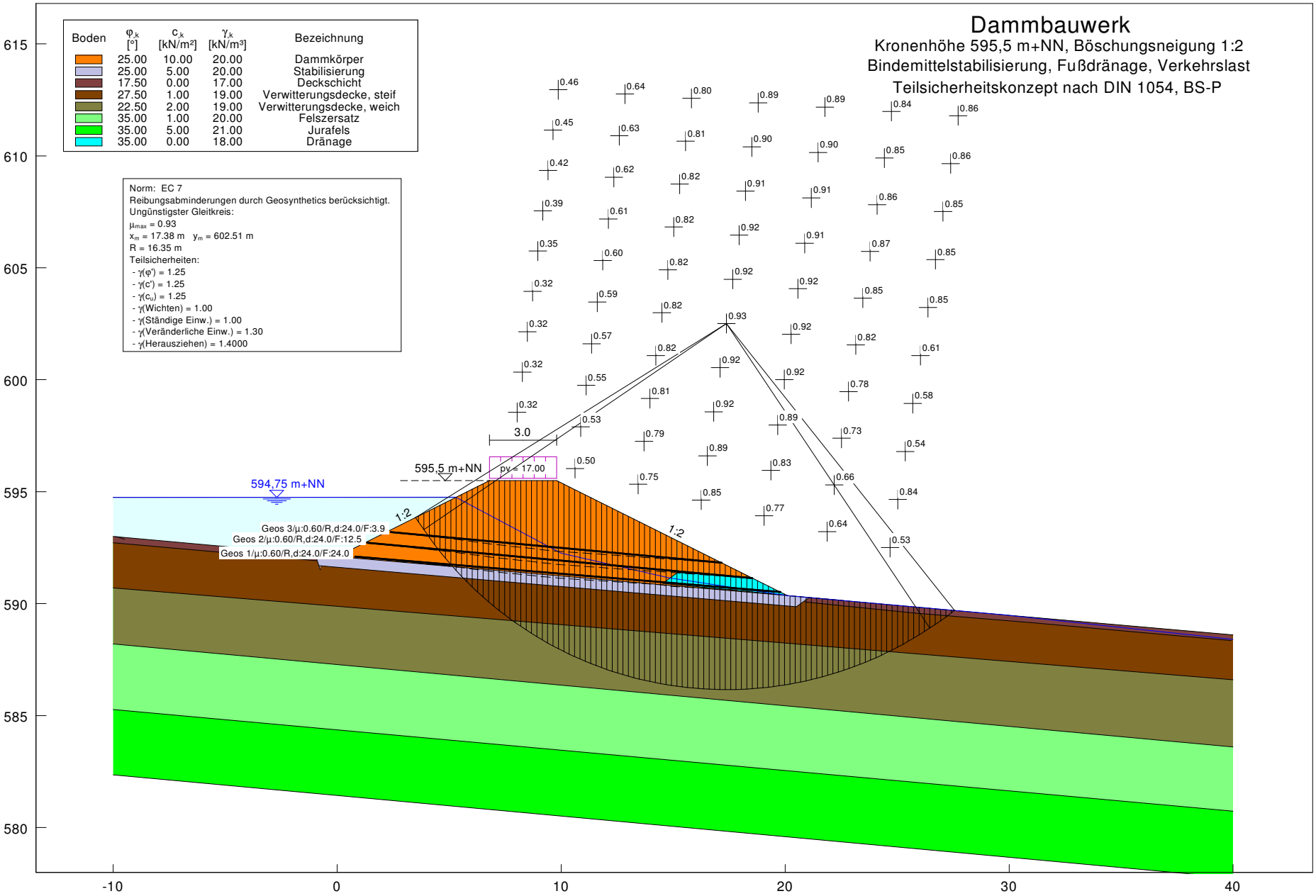
| Boden | $\varphi_{,k}$ [°] | $c_{,k}$ [kN/m²] | $\gamma_{,k}$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 10.00 | 20.00 | Dammkörper |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Stabilisierung |
| | 17.50 | 0.00 | 17.00 | Deckschicht |
| | 27.50 | 1.00 | 19.00 | Verwitterungsdecke, steif |
| | 22.50 | 2.00 | 19.00 | Verwitterungsdecke, weich |
| | 35.00 | 1.00 | 20.00 | Felszersatz |
| | 35.00 | 5.00 | 21.00 | Jurafels |
| | 35.00 | 0.00 | 18.00 | Dränage |

Norm: EC 7
Reibungsabminderungen durch Geosynthetics berücksichtigt.
Ungünstigster Gleitkreis:
$\mu_{max}$ = 1.09
$x_m$ = 27.45 m  $y_m$ = 603.56 m
R = 17.97 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
- $\gamma$(Herausziehen) = 1.4000



| Dr. Ebel & Co. GmbH<br>Bad Wurzach - Arnach<br>Betzigau b. Kempten | Sigmaringendorf<br>HWS Hüttenberg | AZ 200707<br>Anlage 4.3.2 |
|---|---|---|

# Böschungs- und Geländebruch



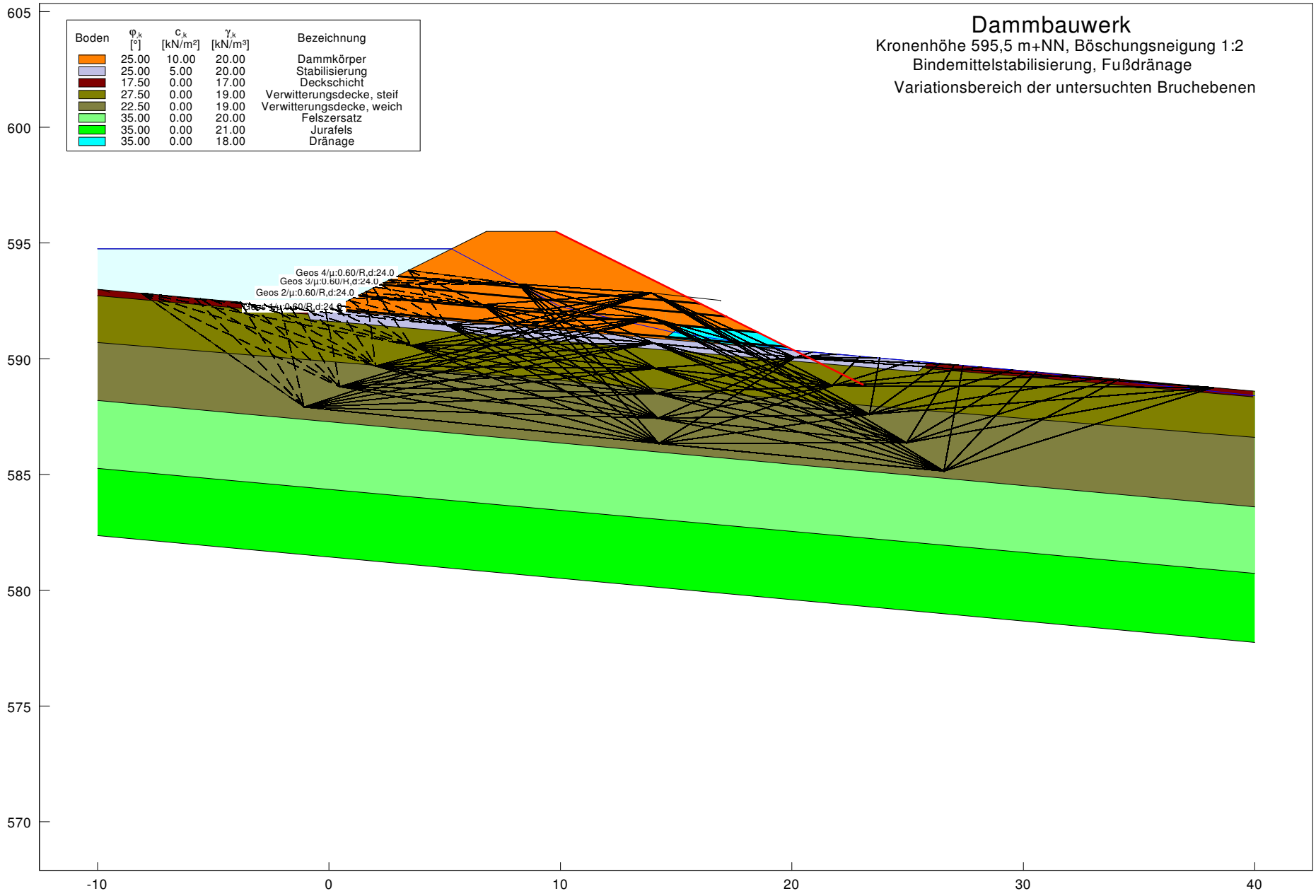
| Dr. Ebel & Co. GmbH<br>Bad Wurzach - Arnach<br>Betzigau b. Kempten | Sigmaringendorf<br>HWS Hüttenberg | AZ 200707<br>Anlage 4.3.3 |
|---|---|---|

# Gleiten

## Dammbauwerk

Kronenhöhe 595,5 m+NN, Böschungsneigung 1:2
Bindemittelstabilisierung, Fußdränage
Variationsbereich der untersuchten Bruchebenen

| Boden | $\varphi_{,k}$ [°] | $c_{,k}$ [kN/m²] | $\gamma_{,k}$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 10.00 | 20.00 | Dammkörper |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Stabilisierung |
| | 17.50 | 0.00 | 17.00 | Deckschicht |
| | 27.50 | 0.00 | 19.00 | Verwitterungsdecke, steif |
| | 22.50 | 0.00 | 19.00 | Verwitterungsdecke, weich |
| | 35.00 | 0.00 | 20.00 | Felszersatz |
| | 35.00 | 0.00 | 21.00 | Jurafels |
| | 35.00 | 0.00 | 18.00 | Dränage |



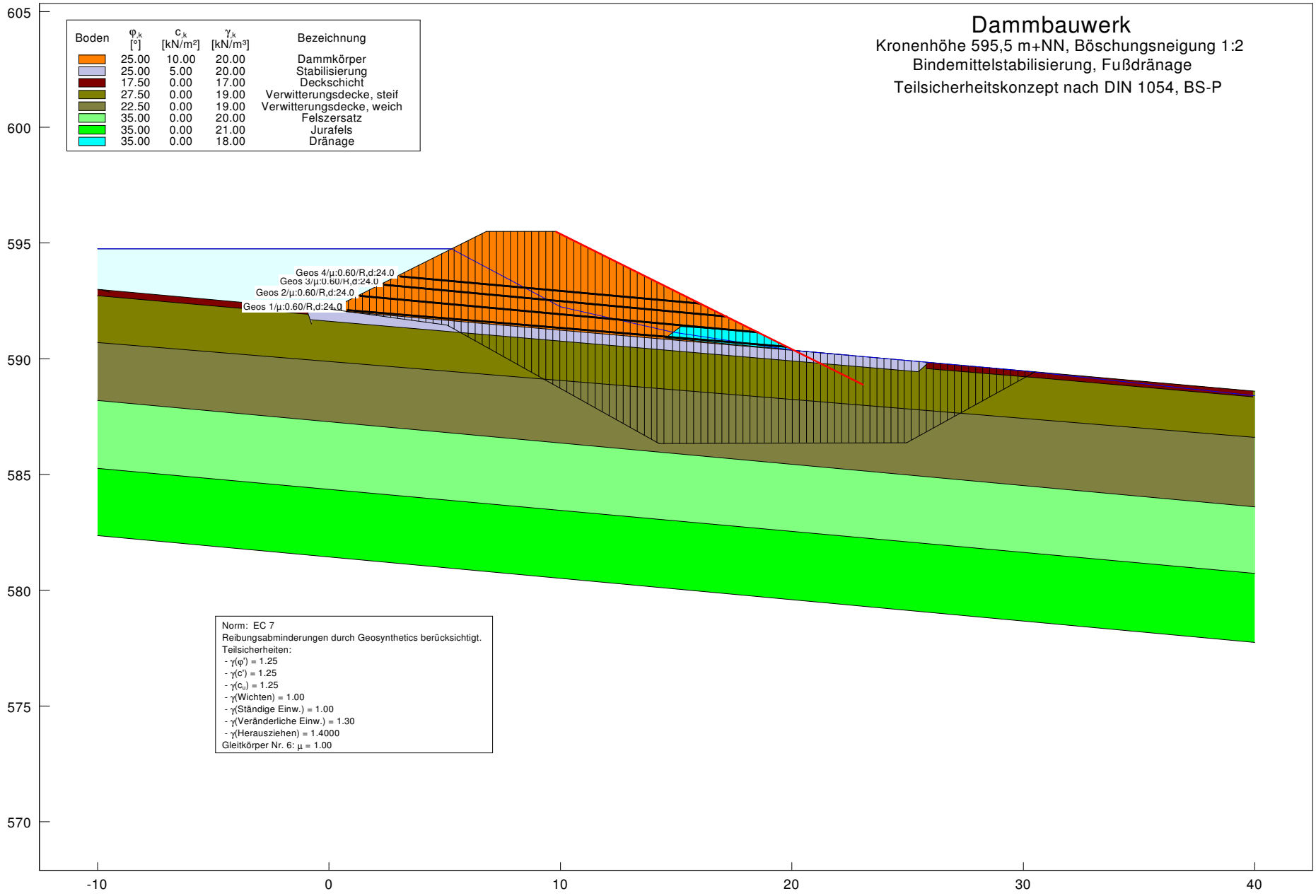
| Dr. Ebel & Co. GmbH<br>Bad Wurzach - Arnach<br>Betzigau b. Kempten | Sigmaringendorf<br>HWS Hüttenberg | AZ 200707<br>Anlage 4.3.4 |
|---|---|---|

# Gleiten

## Dammbauwerk

Kronenhöhe 595,5 m+NN, Böschungsneigung 1:2
Bindemittelstabilisierung, Fußdränage
Teilsicherheitskonzept nach DIN 1054, BS-P

| Boden | $\varphi_{,k}$ [°] | $c_{,k}$ [kN/m²] | $\gamma_{,k}$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 10.00 | 20.00 | Dammkörper |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Stabilisierung |
| | 17.50 | 0.00 | 17.00 | Deckschicht |
| | 27.50 | 0.00 | 19.00 | Verwitterungsdecke, steif |
| | 22.50 | 0.00 | 19.00 | Verwitterungsdecke, weich |
| | 35.00 | 0.00 | 20.00 | Felszersatz |
| | 35.00 | 0.00 | 21.00 | Jurafels |
| | 35.00 | 0.00 | 18.00 | Dränage |




Norm: EC 7
Reibungsabminderungen durch Geosynthetics berücksichtigt.
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
- $\gamma$(Herausziehen) = 1.4000

Gleitkörper Nr. 6: $\mu$ = 1.00

| Dr. Ebel & Co. GmbH<br>Bad Wurzach - Arnach<br>Betzigau b. Kempten | Sigmaringendorf<br>HWS Hüttenberg | AZ 200707<br>Anlage 4.3.5 |
|---|---|---|

# Prinzipskizze

## Dammbauwerk

### Stabilisierung und Geogitter

Maßstab 1:250

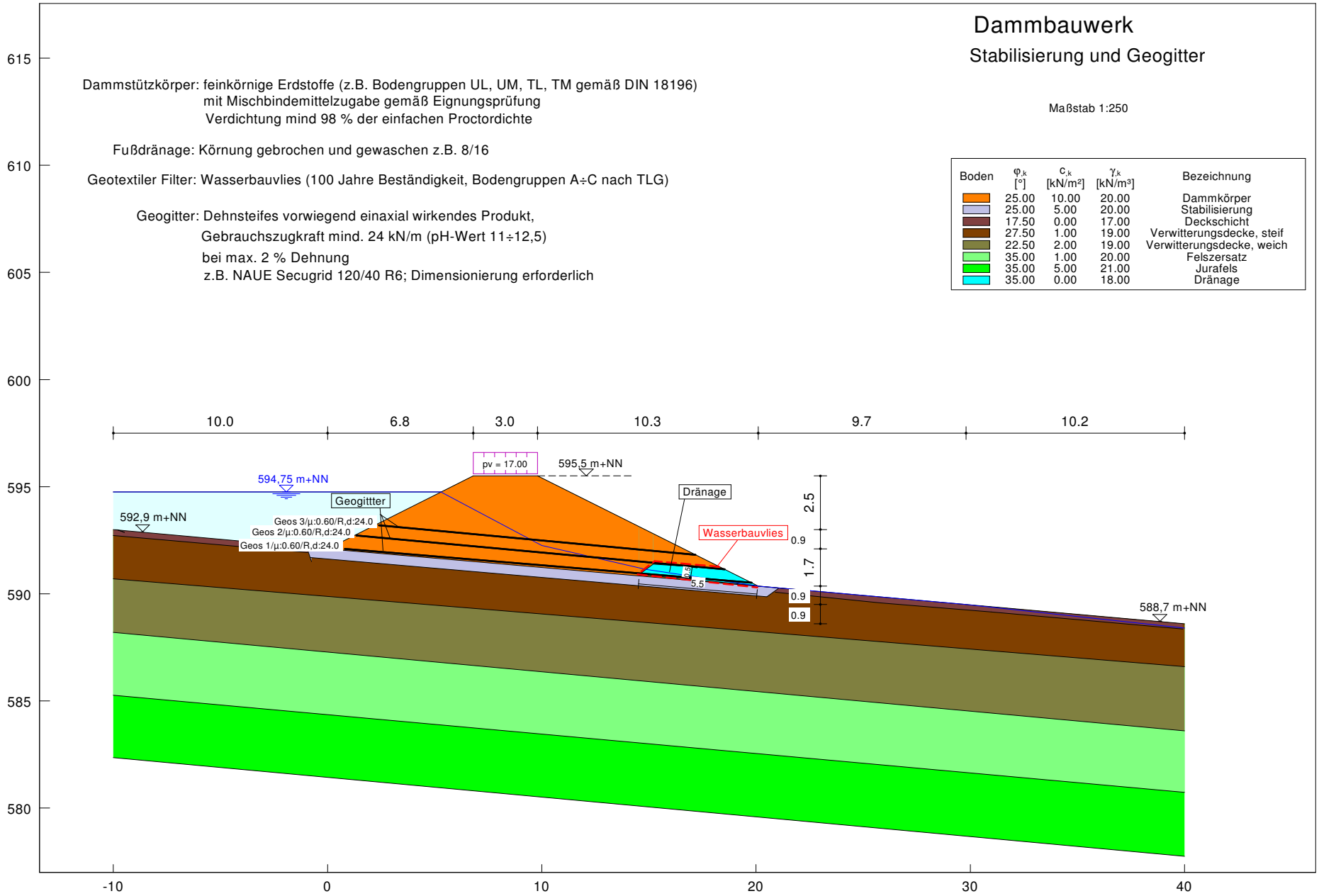
Dammstützkörper: feinkörnige Erdstoffe (z.B. Bodengruppen UL, UM, TL, TM gemäß DIN 18196)
mit Mischbindemittelzugabe gemäß Eignungsprüfung
Verdichtung mind 98 % der einfachen Proctordichte

Fußdränage: Körnung gebrochen und gewaschen z.B. 8/16

Geotextiler Filter: Wasserbauvlies (100 Jahre Beständigkeit, Bodengruppen A÷C nach TLG)

Geogitter: Dehnsteifes vorwiegend einaxial wirkendes Produkt,
Gebrauchszugkraft mind. 24 kN/m (pH-Wert 11÷12,5)
bei max. 2 % Dehnung
z.B. NAUE Secugrid 120/40 R6; Dimensionierung erforderlich

| Boden | $\varphi_{,k}$ [°] | $c_{,k}$ [kN/m²] | $\gamma_{,k}$ [kN/m³] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|
| | 25.00 | 10.00 | 20.00 | Dammkörper |
| | 25.00 | 5.00 | 20.00 | Stabilisierung |
| | 17.50 | 0.00 | 17.00 | Deckschicht |
| | 27.50 | 1.00 | 19.00 | Verwitterungsdecke, steif |
| | 22.50 | 2.00 | 19.00 | Verwitterungsdecke, weich |
| | 35.00 | 1.00 | 20.00 | Felszersatz |
| | 35.00 | 5.00 | 21.00 | Jurafels |
| | 35.00 | 0.00 | 18.00 | Dränage |



| Dr. Ebel & Co. GmbH<br>Bad Wurzach - Arnach<br>Betzigau b. Kempten | Sigmaringendorf<br>HWS Hüttenberg | AZ 200707<br>Anlage 4.4.1 |
|---|---|---|

# Grundbruch und Setzung

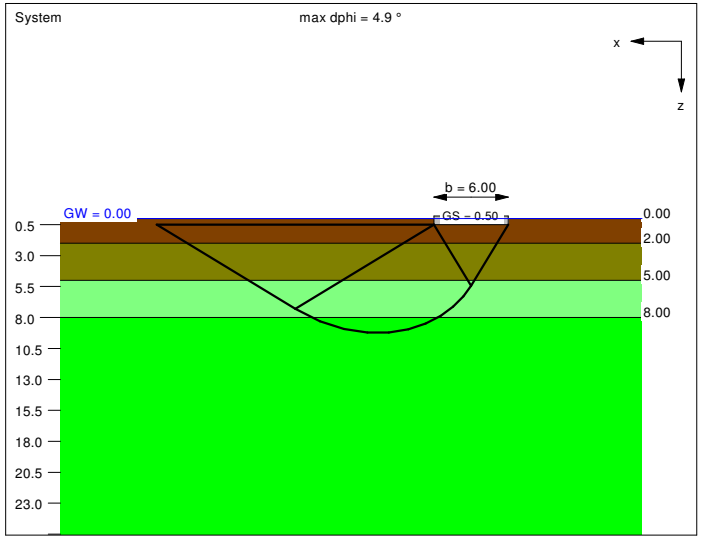
| Boden | γ [kN/m³] | γ' [kN/m³] | φ [°] | c [kN/m²] | $E_s$ [MN/m²] | ν [-] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 19.0 | 9.0 | 27.5 | 1.0 | 5.0 | 0.00 | Verwitterungsboden, steif |
| | 19.0 | 9.0 | 22.5 | 2.0 | 3.0 | 0.00 | Verwitterungsboden, weich |
| | 20.0 | 11.0 | 35.0 | 2.0 | 20.0 | 0.00 | Felszersatz |
| | 21.0 | 12.0 | 35.0 | 5.0 | 100.0 | 0.00 | Jurafels |

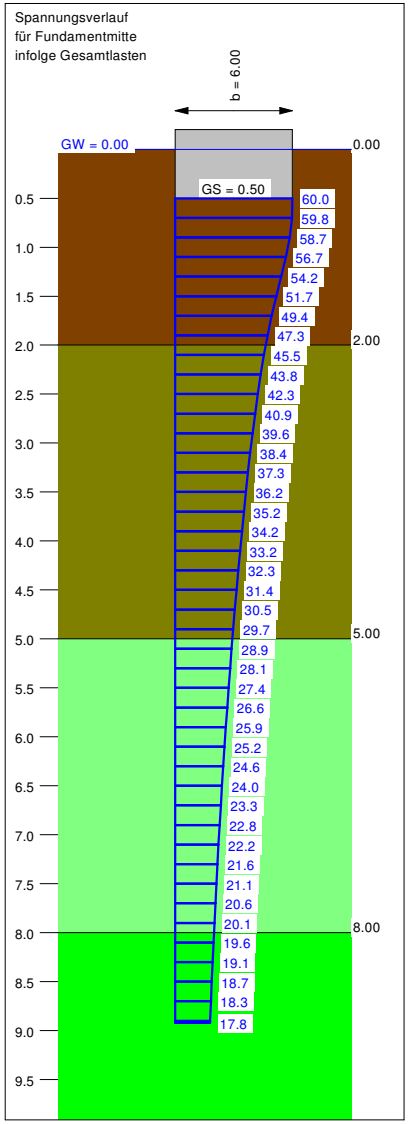
## Stützkörper bei Spundwandvariante

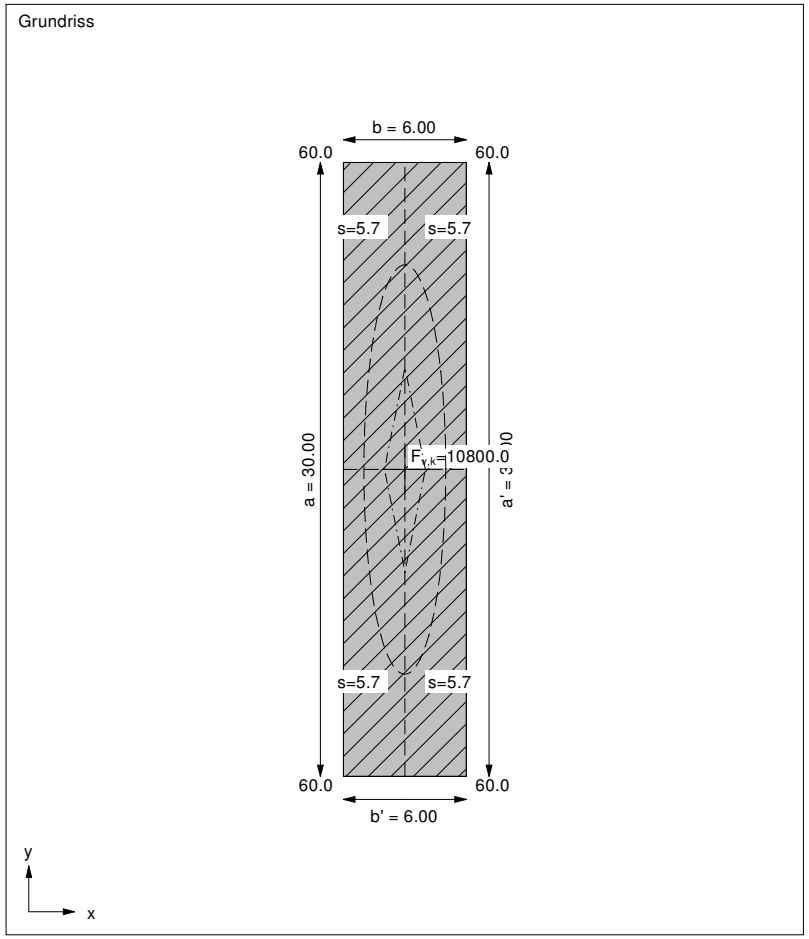
### Teilsicherheitskonzept nach DIN 1054, BS-P

Berechnungsgrundlagen:
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
$\gamma_{R,v}$ = 1.40
$\gamma_G$ = 1.35
$\gamma_Q$ = 1.50
Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst}$ = 1.10
$\gamma_{G,stb}$ = 0.90
$\gamma_{Q,dst}$ = 1.50
Gründungssohle = 0.50 m
Grundwasser = 0.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
1. Kernweite
2. Kernweite




Ergebnisse Einzelfundament:
Lasten = ständig / veränderlich
Vertikallast $F_{v,k}$ = 10800.00 / 0.00 kN
Horizontalkraft $F_{h,x,k}$ = 0.00 / 0.00 kN
Horizontalkraft $F_{h,y,k}$ = 0.00 / 0.00 kN
Moment $M_{x,k}$ = 0.00 / 0.00 kN·m
Moment $M_{y,k}$ = 0.00 / 0.00 kN·m
Länge a = 30.000 m
Breite b = 6.000 m
Unter ständigen Lasten:
Exzentrizität $e_x$ = 0.000 m
Exzentrizität $e_y$ = 0.000 m
Resultierende im 1. Kern
Länge a' = 30.000 m
Breite b' = 6.000 m
Unter Gesamtlasten:
Exzentrizität $e_x$ = 0.000 m
Exzentrizität $e_y$ = 0.000 m
Resultierende im 1. Kern
Länge a' = 30.000 m
Breite b' = 6.000 m

Grundbruch:
Durchstanzen untersucht,
aber nicht maßgebend.
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v}$ = 1.40
$\sigma_{0f,k}$ / $\sigma_{0f,d}$ = 508.6 / 363.27 kN/m²
$R_{n,k}$ = 91543.79 kN
$R_{n,d}$ = 65388.42 kN
$V_d$ = 1.35 · 10800.00 + 1.50 · 0.00 kN

$V_d$ = 14580.00 kN
μ (parallel zu x) = 0.223
cal φ = 27.4 °
φ wegen 5° Bedingung abgemindert
cal c = 2.77 kN/m²
cal $\gamma_2$ = 9.72 kN/m³
cal $\sigma_0$ = 4.50 kN/m²
UK log. Spirale = 9.21 m u. GOK
Länge log. Spirale = 34.69 m
Fläche log. Spirale = 156.75 m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
$N_{c0}$ = 24.73; $N_{d0}$ = 13.84; $N_{b0}$ = 6.66
Formbeiwerte (x):
$\nu_c$ = 1.099; $\nu_d$ = 1.092; $\nu_b$ = 0.940

Setzung infolge Gesamtlasten:
Grenztiefe $t_g$ = 8.92 m u. GOK
Setzung (Mittel aller KPs) = 5.68 cm
Setzungen der KPs:
links oben = 5.68 cm
rechts oben = 5.68 cm
links unten = 5.68 cm
rechts unten = 5.68 cm
Verdrehung(x) (KP) = 0.0
Verdrehung(y) (KP) = 0.0
Nachweis EQU:
Maßgebend: Fundamentbreite
$M_{stb}$ = 10800.0 · 6.00 · 0.5 · 0.90 = 29160.0
$M_{dst}$ = 0.0
$\mu_{EQU}$ = 0.0 / 29160.0 = 0.000

| Dr. Ebel & Co. GmbH<br>Bad Wurzach - Arnach<br>Betzigau b. Kempten | Sigmaringendorf<br>HWS Hüttenberg | AZ 200707<br>Anlage 4.4.2 |
|---|---|---|

# Grundbruch und Setzung

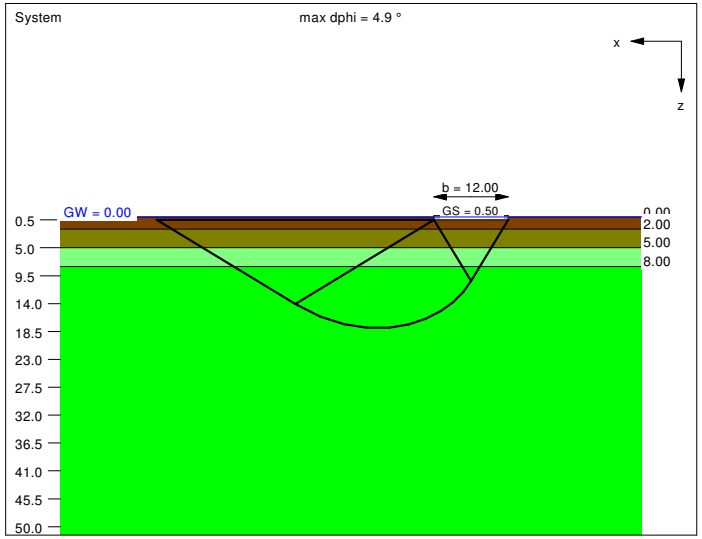
| Boden | γ [kN/m³] | γ' [kN/m³] | φ [°] | c [kN/m²] | $E_s$ [MN/m²] | ν [-] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 19.0 | 9.0 | 27.5 | 1.0 | 5.0 | 0.00 | Verwitterungsboden, steif |
| | 19.0 | 9.0 | 22.5 | 2.0 | 3.0 | 0.00 | Verwitterungsboden, weich |
| | 20.0 | 11.0 | 35.0 | 2.0 | 20.0 | 0.00 | Felszersatz |
| | 21.0 | 12.0 | 35.0 | 5.0 | 100.0 | 0.00 | Jurafels |

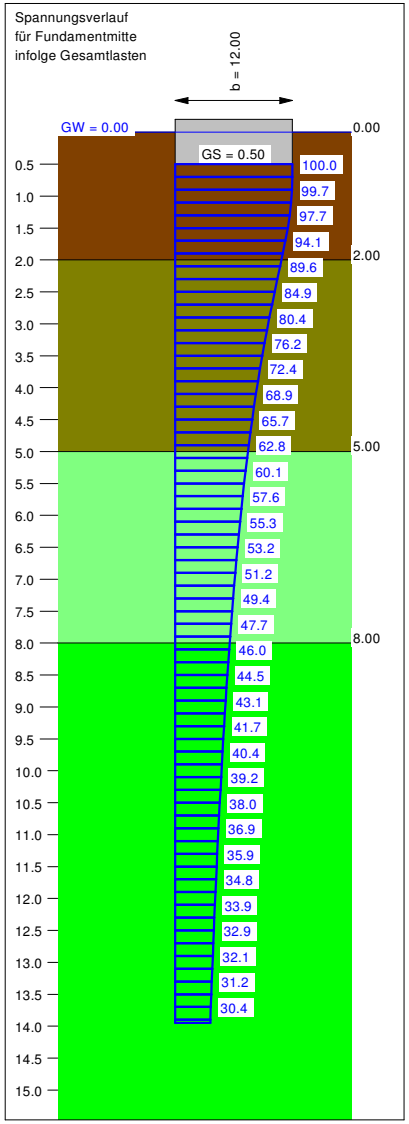
## Dammkörper

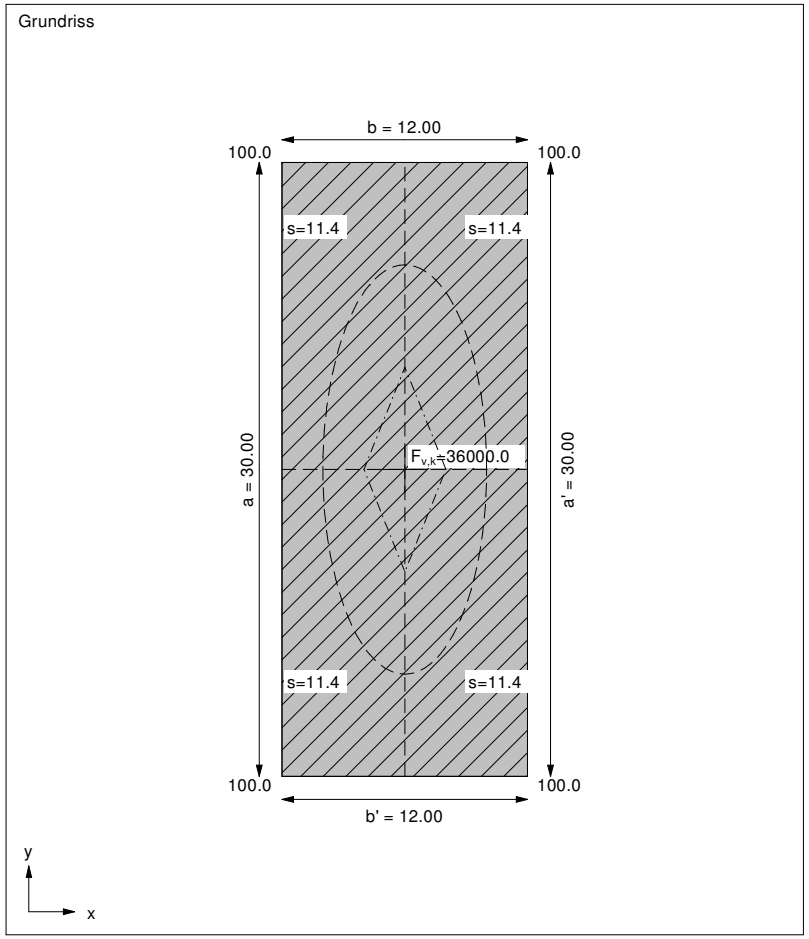
### Teilsicherheitskonzept nach DIN 1054, BS-P

Berechnungsgrundlagen:
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
$\gamma_{R,v}$ = 1.40
$\gamma_G$ = 1.35
$\gamma_Q$ = 1.50
Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst}$ = 1.10
$\gamma_{G,stb}$ = 0.90
$\gamma_{Q,dst}$ = 1.50
Gründungssohle = 0.50 m
Grundwasser = 0.00 m
Grenztiefe mit p = 20.0 %
1. Kernweite
2. Kernweite



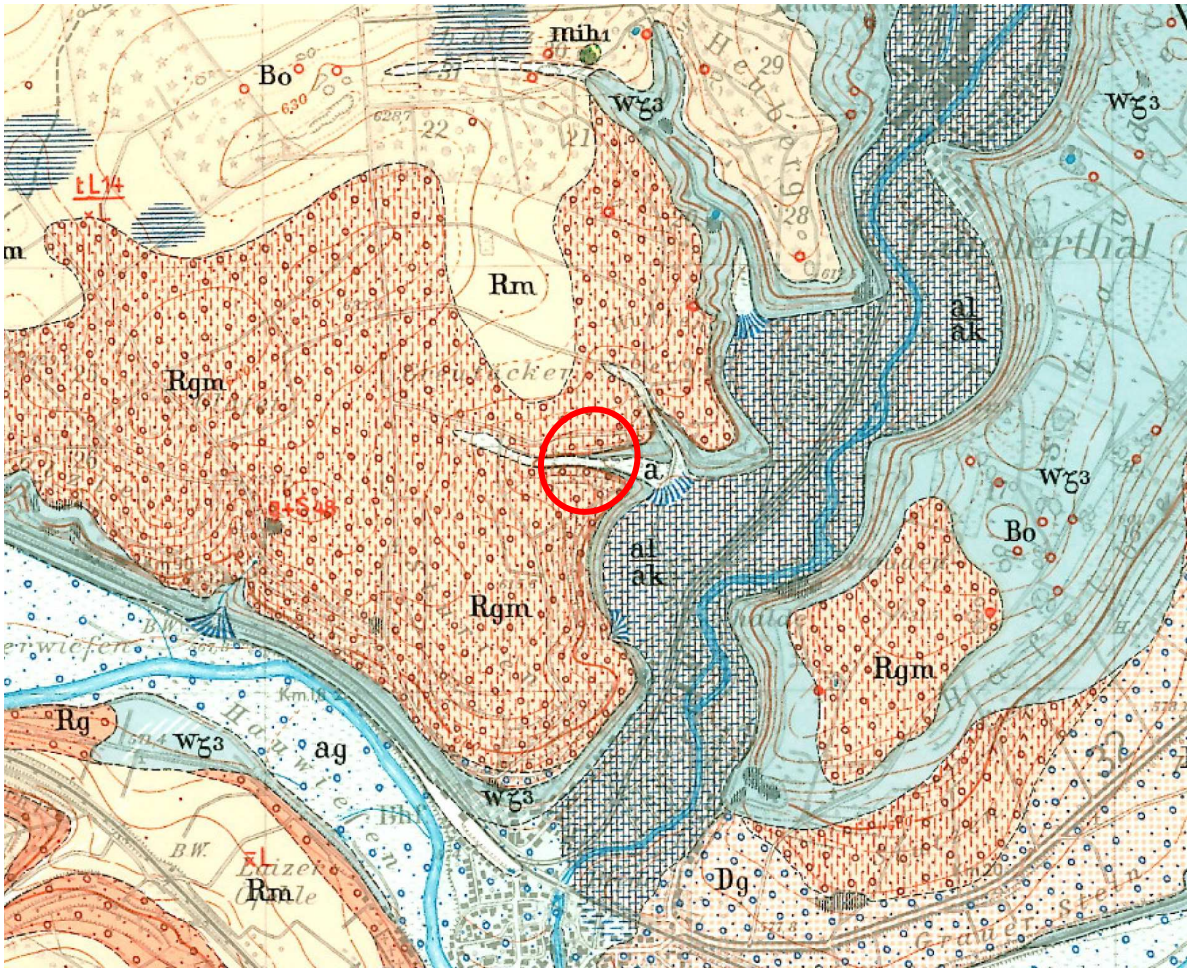

Ergebnisse Einzelfundament:
Lasten = ständig / veränderlich
Vertikallast $F_{v,k}$ = 36000.00 / 0.00 kN
Horizontalkraft $F_{h,x,k}$ = 0.00 / 0.00 kN
Horizontalkraft $F_{h,y,k}$ = 0.00 / 0.00 kN
Moment $M_{x,k}$ = 0.00 / 0.00 kN·m
Moment $M_{y,k}$ = 0.00 / 0.00 kN·m
Länge a = 30.000 m
Breite b = 12.000 m
Unter ständigen Lasten:
Exzentrizität $e_x$ = 0.000 m
Exzentrizität $e_y$ = 0.000 m
Resultierende im 1. Kern
Länge a' = 30.000 m
Breite b' = 12.000 m
Unter Gesamtlasten:
Exzentrizität $e_x$ = 0.000 m
Exzentrizität $e_y$ = 0.000 m
Resultierende im 1. Kern
Länge a' = 30.000 m
Breite b' = 12.000 m

Grundbruch:
Durchstanzen untersucht,
aber nicht maßgebend.
Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v}$ = 1.40
$\sigma_{0f,k}$ / $\sigma_{0f,d}$ = 939.8 / 671.28 kN/m²
$R_{n,k}$ = 338326.27 kN
$R_{n,d}$ = 241661.62 kN
$V_d$ = 1.35 · 36000.00 + 1.50 · 0.00 kN

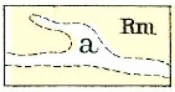
$V_d$ = 48600.00 kN
μ (parallel zu x) = 0.201
cal φ = 27.4 °
φ wegen 5° Bedingung abgemindert
cal c = 3.93 kN/m²
cal $\gamma_2$ = 10.68 kN/m³
cal $\sigma_0$ = 4.50 kN/m²
UK log. Spirale = 17.91 m u. GOK
Länge log. Spirale = 69.32 m
Fläche log. Spirale = 626.18 m²
Tragfähigkeitsbeiwerte (x):
$N_{c0}$ = 24.70; $N_{d0}$ = 13.82; $N_{b0}$ = 6.65
Formbeiwerte (x):
$\nu_c$ = 1.199; $\nu_d$ = 1.184; $\nu_b$ = 0.880

Setzung infolge Gesamtlasten:
Grenztiefe $t_g$ = 13.95 m u. GOK
Setzung (Mittel aller KPs) = 11.44 cm
Setzungen der KPs:
links oben = 11.44 cm
rechts oben = 11.44 cm
links unten = 11.44 cm
rechts unten = 11.44 cm
Verdrehung(x) (KP) = 0.0
Verdrehung(y) (KP) = 0.0
Nachweis EQU:
Maßgebend: Fundamentbreite
$M_{stb}$ = 36000.0 · 12.00 · 0.5 · 0.90 = 194400.0
$M_{dst}$ = 0.0
$\mu_{EQU}$ = 0.0 / 194400.0 = 0.000

## Auszug aus geologischer Karte 1:25.000 Nr. 7921 Sigmaringen




*Kleinere Talauen*

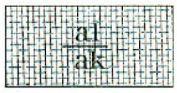



*Aufschüttungen in Talrinnen sowie flachen Mulden und Senken, meist lehmig. Nahes Grundwasser*

*Gemischte Bildungen der Rißeiszeit*

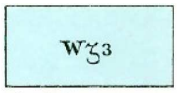
*Schotter, Sand und Grundmoräne, im Randgebiet der Vergletscherung regellos wechselnd*

*Kalktuff im Untergrunde*



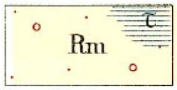

*Mächtiges Lager von meist mürbem Kalktuff unter lehmiger Decke*

*Hangende Bankkalke*




*Heller, feinkörnig-mergeliger Kalk in glatten Bänken mit dünnen Zwischenlagen von Tonmergel*

*Grundmoräne der Rißeiszeit*




*Sandiger, streckenweis tonig-feinsandiger Ton, meist über im tief verwittertem Geschiebelehm*