



**Gesellschaft für Grundbau
und Umweltechnik mbH**

GGU mbH • Am Hafen 22 • 38112 Braunschweig

Ausbauverband Nette
Buchholzmarkt 1

31167 Bockenem

Braunschweig
Telefon +49 (0)531/312895
Telefax +49 (0)531/313074
www.ggu.de
post-bs@ggu.de

Baugrund
Grundwasser
Umweltechnik / Altlasten
Damm- und Deichbau
Straßen- und Erdbau
Spezialtiefbau
Deponiebau
Kunststofftechnik
Software-Entwicklung

Talsperre Bornhausen Geotechnischen Untersuchungen

18.02.2020

Baugrunderkundung
Feldmesstechnik
Prüflabore für Boden
Prüflabor für Kunststoff
Inspektionsstelle

Bericht: 6274.9/2020

Braunschweig
Magdeburg
Öhringen
Schwerin

Verteiler: Ingenieurbüro Metzling
Wilhelmshöher Straße 33, 38723 Seesen
u.metzing@ingenieurbuero-metzing.de

4-fach

pdf

Bearbeiter: Dr.-Ing. C. Stoewahse

Beratende Ingenieure VBI,
BDB, DWA, DGGT, ITVA, BWK
Sachverständige für
Erd- und Grundbau
Vereidigte Sachverständige
Amtsgericht Braunschweig
HRB 9354
Geschäftsführer:
Prof. Dr.-Ing. Johann Buß,
Dr.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing.
Peter Grubert, M.Sc.,
Dr.-Ing. Carl Stoewahse
Dipl.-Ing. Birk Kröber
Dipl.-Ing. Axel Seilkopf

Inhalt

1	Einleitung	8
2	Unterlagen	8
3	Baumaßnahme.....	10
4	Untersuchungen.....	11
5	Baugrund	12
5.1	Geologische Übersicht	12
5.2	Aufbau	13
5.3	Grundwasser.....	13
5.4	Bodenmechanische Laboruntersuchungen	14
5.5	Bodenklassen	17
5.6	Chemische Analysen.....	18
6	Bodenkenngößen.....	19
7	Auslaufbauwerk.....	21
7.1	Allgemeines	21
7.2	Baugrube	21
7.3	Gründung.....	22
7.4	Untergrundhydraulik am Bauwerk	23
7.5	Materialtransport	23
7.6	Lagesicherheit.....	25
7.7	Setzungen.....	25
7.8	Grundbautechnische Maßnahmen	25
8	Damm	26
8.1	Allgemeines	26
8.2	Untergrundhydraulik.....	30
8.3	Gesamtstandsicherheit.....	31
8.4	Lokale Standsicherheit.....	31
8.5	Aufschwimmen und hydraulischer Grundbruch	32
8.6	Setzungen.....	32
8.7	Materialtransport	32
8.8	Grundbautechnische Maßnahmen	33

9	Steilböschung am Südhang.....	34
10	Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse	35
10.1	Allgemeines	35
10.2	Modellerstellung	35
10.2.1	Untersuchungsgebiet	35
10.2.2	Geländemodell	36
10.2.3	Untergrundmodell.....	36
10.3	Endzustand mit Damm	37
10.4	Randbedingungen.....	38
10.5	Modellkalibrierung	40
10.6	Endzustand mit Damm	42
10.6.1	Grundwasserstände	42
10.6.2	Wassermengen.....	44
10.6.3	Wassermengen in der Dränage.....	45
10.6.4	Sensitivitätsanalyse Fehlstelle im Auelehm in der Beckenfläche	45
10.6.5	Qualmwasser	46
11	Zusammenfassung.....	46

Abbildungen

Abbildung 1:	Ausschnitt aus der geologischen Karte [15]	12
Abbildung 2:	Körnungsband Auelehm (Bohrkampagne 2010).....	15
Abbildung 3:	Körnungsband Auelehm Einstaubereich (Bohrkampagne 2018)	15
Abbildung 4:	Körnungsband Kies aus Kleinrammbohrungen	16
Abbildung 5:	Geometrie Dammfußdrän.....	30
Abbildung 6:	Ausschnitt Bohrdaten des LBEG [15]	36
Abbildung 7:	Querschnitt Damm im 3D-Modell	38
Abbildung 8:	Staukurve für instationäre Berechnung (nach [20])	40
Abbildung 9:	Staukurve und Veränderung der Wassermengen an den Randbedingungen.....	45

Tabellen

Tabelle 1:	Bodenklassifikation	17
Tabelle 2:	Vorsorgewerte (VW) und Prüfwerte (PW) für Kinderspielflächen nach Anhang 2, BBodSchV	19
Tabelle 3:	Zulässiges Kontrollgefälle nach CHUGAEV	24
Tabelle 4:	Bemessungssituationen für Staudämme im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) aus DWA-M 542	28
Tabelle 5:	Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) aus DWA-M 542	29
Tabelle 6:	Teilsicherheitsbeiwerte für geotechnische Kenngrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) aus DWA-M 542	29
Tabelle 7:	Lastfälle und Sicherheiten nach EC 7	31
Tabelle 8:	Wasserdurchlässigkeiten	37
Tabelle 9:	Berechnungsergebnisse Ist-Zustand.....	42

Anlagen

Anlage 1

- Anlage 1.1 Übersichtslageplan 1 : 25.000
- Anlage 1.2 Lageplan Bohrprofile
- Anlage 1.3 Detailplan Auslaufbauwerk
- Anlage 1.4 Schnitt Damm

Anlage 2 **Bodenprofile**

- Anlage 2.1 Bodenprofil I
- Anlage 2.2 Bodenprofil II
- Anlage 2.3 Bodenprofil III
- Anlage 2.4 Bodenprofil IV
- Anlage 2.5 Bodenprofil V
- Anlage 2.6 Bodenprofil VI
- Anlage 2.7 Bodenprofil VII
- Anlage 2.8 Bodenprofil VIII
- Anlage 2.9 Bodenprofil IX
- Anlage 2.10 Bodenprofil X
- Anlage 2.11 GWM 1
- Anlage 2.12 GWM 2
- Anlage 2.13 GWM 3
- Anlage 2.14 GWM 4
- Anlage 2.15 GWM 5
- Anlage 2.16 GWM 6
- Anlage 2.17 Mächtigkeit der Deckschicht

Anlage 3 **Ganglinien der Grundwassermessstellen**

Anlage 4 **Bodenmechanische Laborversuche**

- Anlage 4.1 Zusammenstellung der bodenmechanischen Kenngrößen
- Anlage 4.2 Körnungslinien
- Anlage 4.3 Zustandsgrenzen
- Anlage 4.4 Scherversuche
- Anlage 4.5 Wasserdurchlässigkeit

Anlage 5	Chemische Analysen
Anlage 5.1	Protokoll Bodenprobennahme
Anlage 5.2	Zusammenstellung der chemischen Analysen
Anlage 5.3	Prüfbericht
Anlage 6	Auslaufbauwerk
Anlage 6.1	Linien gleicher Wasserstände – BS-P Endzustand maximaler Einstau
Anlage 6.2	Lagesicherheit – BS-P Endzustand maximaler Einstau
Anlage 6.3	Lagesicherheit – Wasserdruck unter dem Bauwerk – BS-P Endzustand maximaler Einstau
Anlage 7	Damm
Anlage 7.1	Untergrundhydraulik
Anlage 7.1.1	System und Randbedingungen
Anlage 7.1.2	Linien gleicher Wasserstände – BS-P „maximaler Einstau“
Anlage 7.1.3	BS-T.2 „Kronenstau“
Anlage 7.1.4	BS-A.1 „Dichtung defekt“
Anlage 7.1.5	BS-A.2 „Ausfall Dränage“
Anlage 7.2	Globale Standsicherheit
Anlage 7.2.1	BS-P „maximaler Einstau“
Anlage 7.2.2	BS-T.1 „Schnelle Wasserspiegelabsenkung“
Anlage 7.2.3	BS-T.2 „Kronenstau“
Anlage 7.2.4	BS-A.1 „Dichtung defekt“
Anlage 7.2.5	BS-A.2 „Ausfall Dränage“
Anlage 7.3	Setzungen
Anlage 7.3.1	Linien gleicher Setzungen
Anlage 7.3.2	Setzungen im Schnitt
Anlage 8	Steilböschung – Standsicherheit
	LF „Schnelle Wasserspiegelabsenkung“

Anlage 9	Untergrundhydraulik
Anlage 9.1	System und Randbedingungen
Anlage 9.1.1	Draufsicht
Anlage 9.1.2	Ansicht von Westen
Anlage 9.1.3	Ansicht von Osten
Anlage 9.1.4	Ausbreitung und Höhe der Basis des Grundwasserleiters
Anlage 9.2	Modellkalibrierung – Ist-Zustand
Anlage 9.2.1	Normaler Abfluss Linien gleicher Grundwasserstände
Anlage 9.2.2	Schildau bordvoll Linien gleicher Grundwasserstände
Anlage 9.3	Endzustand mit Damm, Einstau mit Staukurve
Anlage 9.3.1	Zeitpunkt $t = 38$ h: Vollstau erreicht Linien gleicher Grundwasserstände
Anlage 9.3.2	Zeitpunkt $t = 109$ h: Ende Vollstau Linien gleicher Grundwasserstände
Anlage 9.3.3	Zeitpunkt $t = 144$ h: Becken entleert Linien gleicher Grundwasserstände
Anlage 9.3.4	Zeitpunkt $t = 216$ h: Becken entleert + 3 Tage Linien gleicher Grundwasserstände
Anlage 9.3.5	Zeitpunkt $t = 109$ h: Ende Vollstau Linien gleicher Wasserstände - Schnittführung vor dem Damm
Anlage 9.3.6	Ganglinien, Talsperre und Grundwassermessstellen
Anlage 9.4	Endzustand mit Fehlstelle in der Beckenfläche
Anlage 9.4.1	Zeitpunkt $t = 38$ h: Vollstau erreicht Linien gleicher Grundwasserstände
Anlage 9.4.2	Zeitpunkt $t = 109$ h: Ende Vollstau Linien gleicher Grundwasserstände
Anlage 9.4.3	Zeitpunkt $t = 144$ h: Becken entleert Linien gleicher Grundwasserstände
Anlage 9.4.4	Zeitpunkt $t = 216$ h: Becken entleert + 3 Tage Linien gleicher Grundwasserstände
Anlage 9.4.5	Ganglinien, Talsperre und Grundwassermessstellen

1 Einleitung

Östlich von Bornhausen soll im Flusslauf der Schildau eine Talsperre gebaut werden. Die GGU wurde mit der Erkundung des Baugrunds und den geotechnischen Nachweisen beauftragt.

Mit den Berichten 6274/2010 vom 23.11.2010 und 6274.2/2013 vom 15.02.2013 wurden die Ergebnisse der geotechnischen Untersuchungen und der chemischen Analysen von Bodenmaterial vorgelegt [2], [3].

Im Rahmen des Planfeststellungsverfahrens wurden im Jahr 2014 Einwände erhoben, die in den Unterlagen [4] bis [8] vorliegen. Zu den Schriftsätzen wurde in den GGU-Berichten 6274.3/2014 bis 6274.7/2014 aus 2014 Stellung genommen (Unterlagen [9] bis [13]).

Am 27.06.2018 fand in Seesen ein Erörterungstermin im Planfeststellungsverfahren statt. Die Niederschrift liegt in Unterlage [14] vor. Mit der Besprechung vom 12.11.2018 wurden ergänzende geotechnische Untersuchungen festgelegt.

In diesem Bericht werden die geotechnischen Untersuchungen aus dem Jahre 2010 sowie die Ergebnisse der ergänzenden Baugrunderkundungen aus dem Jahre 2018 zusammengefasst und die erdstatischen Nachweise nach der aktuellen Normung geführt.

Die Auswirkungen der Anlage auf die Grundwasserstände werden in einem erweiterten untergrundhydraulischen Modell berechnet.

2 Unterlagen

Für die Bearbeitung wurden folgende Unterlagen hinzugezogen:

- [1] Lageplan
- [2] Hochwasserrückhaltebecken Bornhausen - Geotechnische Untersuchungen, GGU-Bericht 6274/2010, Braunschweig, 23.11.2010
- [3] HRB Bornhausen, Ergänzende chemische Analysen, GGU-Bericht 6274.2/2013, Braunschweig, 15.02.2013
- [4] BV „Talsperre Bornhausen“, Stellungnahme zu den Unterlagen zum Planfeststellungsverfahren, Fugro Consult GmbH, Burgwedel, 24.01.2014
- [5] Planfeststellungsverfahren für den Neubau des Hochwasserrückhaltebeckens östlich von Bornhausen im Landkreis Goslar, Einwendungen, Dr. Frank Niederstadt, Hannover, 25.02.2014

- [6] Planfeststellungsverfahren für den Neubau eines Hochwasserrückhaltebeckens östlich von Bornhausen im Landkreis Goslar, RAs Dehne, Ringe, Grages, Bolte, Hildesheim, 12.02.2014
- [7] Planfeststellungsverfahren für den Neubau eines Hochwasserrückhaltebeckens östlich von Bornhausen im Landkreis Goslar, Henning Sengespeick, Seesen, Februar 2014
- [8] Planfeststellungsverfahren für den Neubau des Hochwasserrückhaltebeckens östlich von Bornhausen im Landkreis Goslar, Naturfreunde Niedersachsen e.V., Goslar, 15.02.2014
- [9] HRB Bornhausen, Planfeststellungsverfahren, Stellungnahme zum Schriftsatz der Fugro Consult GmbH vom 24.01.2014, GGU-Bericht 6274.3/2014, Braunschweig, 24.07.2014
- [10] HRB Bornhausen, Planfeststellungsverfahren, Stellungnahme zum Schriftsatz RA Dr. Niederstedt vom 25.02.2014, GGU-Bericht 6274.4/2014, Braunschweig, 30.10.2014
- [11] HRB Bornhausen, Planfeststellungsverfahren, Stellungnahme zum Schriftsatz RAe Dehne, Ringe, Grages, Bolte vom 12.02.2014, GGU-Bericht 6274.5/2014, Braunschweig, 30.10.2014
- [12] HRB Bornhausen, Planfeststellungsverfahren, Stellungnahme zum Schriftsatz von Henning Sengespeick vom 24.02.2014, GGU-Bericht 6274.6/2014, Braunschweig, 30.10.2014
- [13] HRB Bornhausen, Planfeststellungsverfahren, Stellungnahme zu den Einwendungen des Naturschutzbeauftragten des Landkreises Goslar vom 15.02.2014, GGU-Bericht 6274.7/2014, Braunschweig, 13.11.2014
- [14] Niederschrift über den Erörterungstermin im Planfeststellungsverfahren für den Neubau eines Hochwasserrückhaltebeckens (HRB) östlich von Bornhausen am 27.06.2018, NLWKN - Direktion, GB VI, Braunschweig, 21.08.2018
- [15] NIBIS-Kartenserver beim LBEG
- [16] Überwachung der Grundwassermessstellen im Zuge des Neubaus eines Hochwasserrückhaltebeckens östlich von Bornhausen, Ingenieurbüro Metzing, Seesen
- [17] Climate Data Center des Deutschen Wetterdienstes
- [18] Neubau eines Hochwasserrückhaltebeckens östlich von Bornhausen im Einzugsgebiet der Schildau – Erläuterungen und Berechnungen, Ingenieurbüro Metzing, Seesen, 05.11.2013
- [19] Digitales Geländemodell, DGM25-Daten, Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen (LGLN), Regionaldirektion Northeim, E-Mails, 26.04.2019 und 13.08.2019
- [20] Beckenfüll- und Entleerungszeiten, Ingenieurbüro Metzing, Seesen, E-Mail, 29.04.2019

3 Baumaßnahme

Die geplante Talsperre liegt östlich von Bornhausen im Flusslauf der Schildau (s. Anlage 1.1). Die Schildau verläuft am Fuß eines Hanges, der das Tal im Süden abschließt. Nach Norden hin wird das Tal durch einen Hang nördlich der Neustädter Straße begrenzt.

Bei einem Stauvolumen von rd. 810.000 m³ liegt das Stauziel des Beckens auf 170,3 m NN. Die Höhe der Dammkrone wird mit 171,60 m NN angegeben. Damit ergeben sich Dammhöhen von bis zu 8 m. Der Damm soll nach dem derzeitigen Planungsstand Böschungsneigungen von 1 : 5 aufweisen. Er wird als 3-Zonen-Damm mit einer bindigen Außendichtung und einem Dammfußdrän aufgebaut.

Die Lage des Dammes ist in Anlage 1.2 dargestellt. Das Auslaufbauwerk ist im derzeitigen Verlauf der Schildau geplant. Einen Detailplan enthält Anlage 1.3. Anlage 1.4 enthält einen Schnitt durch den Damm.

Folgende Höhen und Abmessungen werden maßgebend:

Auslaufbauwerk

Stauziel:	170,30 m NN
Max. Einstau:	170,80 m NN
OK Dammkrone:	171,60 m NN
GOK:	162,6 m NN
Gewässerbett Schildau OW:	160,8 m NN
Gewässerbett Schildau UW:	160,55 m NN
Gründungssohle:	159,0 m NN

Damm

Stauziel:	170,30 m NN
Max. Einstau:	170,80 m NN
OK Dammkrone:	171,60 m NN
GOK Wasserseite:	rd. 163,15 m NN
GOK Luftseite:	rd. 162,35 m NN
Kronenbreite:	6,0 m
Böschungsneigung Wasserseite:	1 : 5
Böschungsneigung Luftseite:	1 : 5

4 Untersuchungen

Die Untergrundverhältnisse im Bereich des Dammes und des Einstaubereiches wurden in den Jahren 2010, 2013 und 2018 durch

- 37 Kleinrammbohrungen (KRB 36/60 nach DIN EN ISO 22475-1) von bis zu 7,9 m Tiefe und
- 8 Handschürfe zur Entnahme von ungestörten Bodenproben

erkundet. Die Bohrungen und die Schürfe wurden von der GGU ausgeführt. Die Schürfe wurden neben den Bohrungen KRB 10, KRB 14, KRB 15 und KRB 33 bis KRB 37 niedergebracht. Die Lage der Ansatzpunkte ist in dem Lageplan (s. Anlage 1.2) dargestellt. Im Schurf in der südlichen Steilböschung konnten keine ungestörten Bodenproben entnommen werden. Hier standen Steine im Verbund mit Schluff aus dem Verwitterungshorizont des Buntsandsteins an. Die Bodenansprache erfolgte vor Ort durch Fingerprobe und durch ergänzende Untersuchungen im bodenmechanischen Labor der GGU.

Am östlichen Ortsrand von Bornhausen wurden

- 6 Trockenbohrungen (\varnothing 324 mm) zu Grundwassermessstellen ausgebaut.

Wegen der im Grundwasserleiter enthaltenen Steine und Blöcke wurde das Bohrverfahren von einem Bohrdurchmesser von 219 mm auf 324 mm umgestellt. Aus den Bohrungen wurden gestörte Proben entnommen. Die Bohrungen für die Grundwassermessstellen wurden bis in den Verwitterungshorizont des Grundgebirges geführt und im Grundwasserleiter verfiltriert. Die Lage der Grundwassermessstellen ist in Anlage 1.2 aufgetragen. Die Bohrungen und Grundwassermessstellen wurden von der Fa. Kressebuch, Braunschweig, hergestellt.

Nach Abschluss der Bohrarbeiten wurden die Grundwasserstände mit dem Lichtlot gemessen. Die Bohransatzpunkte wurden höhenmäßig eingemessen.

Weiter wurden die in der Bohrdatenbank des LBEG hinterlegten Bohrungen in der näheren Umgebung der Baumaßnahme ausgewertet. Diese liegen vor allem im nördlich des Beckens aufgehenden Hang (s. Anlage 1.2).

5 Baugrund

5.1 Geologische Übersicht

Abbildung 1 zeigt einen Ausschnitt aus der geologischen Übersichtskarte von Niedersachsen. Der Standort des Dammes ist durch eine rote Ellipse gekennzeichnet.

Im tieferen Untergrund stehen schwach verfaltete und von Störungen durchzogene Ablagerungen des Mesozoikums an. Diese werden oberflächlich durch junge quartäre Lockergesteinsbildungen überlagert.

In der Flussaue steht Auelehm an. Der Nordhang des Tals wird demnach aus Schmelzwassersanden gebildet. In der geologischen Karte Blatt Lamspringe (Aufnahme von 1908) sind diese als Geschiebelehm ausgezeichnet. Am Südhang sind Folgen des Unteren Buntsandsteins ausgewiesen, die auch zur Tiefe als Grundgebirge zu vermuten sind.

Eine Erdfallgefährdung durch Subrosion wird nicht maßgebend. Infolge der geplanten Tal-sperre kommt es lediglich zu Einstauereignissen kurzer Dauer, die für eine mögliche Subrosion unbedeutend sind.

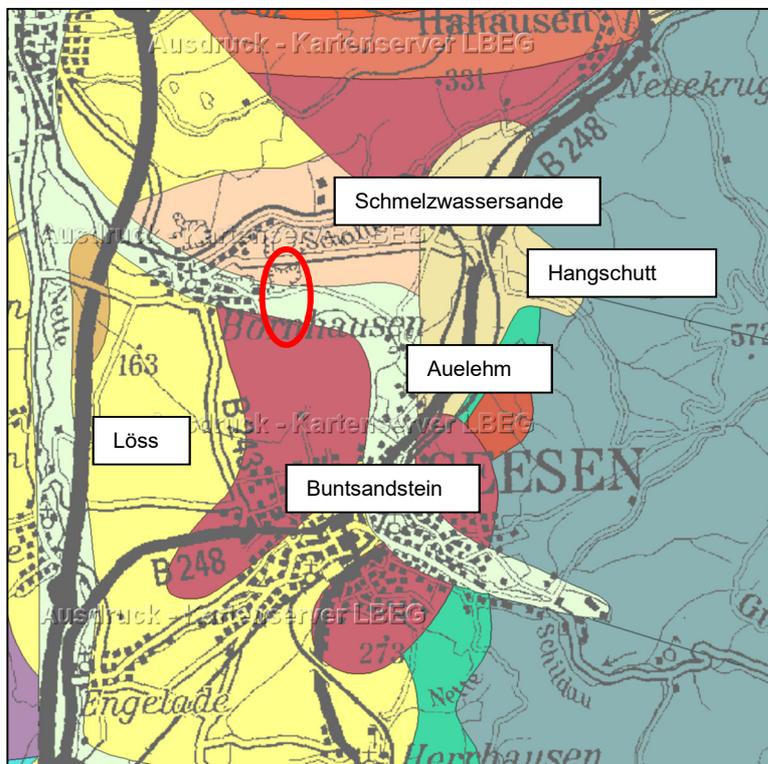


Abbildung 1: Ausschnitt aus der geologischen Karte [15]

5.2 Aufbau

Die Bodenprofile der Kleinrammbohrungen sind in der Anlage 2.1 bis Anlage 2.10 zusammengestellt. Die Bodenprofile und Ausbaupläne der Grundwassermessstellen enthalten die Anlage 2.11 bis Anlage 2.16.

Der Baugrundaufbau ist verhältnismäßig einheitlich. Unter

Mutterboden

folgt

schluffiger Feinsand und sandiger Schluff (Auelehm).

In Anlage 2.17 ist die Mächtigkeit der Deckschicht dargestellt. Örtlich sind Fehlstellen in dieser bindigen Deckschicht möglich. So wurde zwischen dem geplanten Damm und der Ortslage Bornhausen nördlich des Feldwegs in den Bohrungen KRB 8 und KRB 9 kein Auelehm angetroffen. In der Beckenfläche ist eine durchgehende Deckschicht in einer Schichtdicke von mindestens 1 m vorhanden.

Darunter wurde

Kies

angetroffen. Diese Schicht wurde wegen der begrenzten Erkundungstiefe nicht an allen Stellen durchörtert. Unter dem Kies folgt der

Ton oder Schluff aus dem Verwitterungshorizont des Buntsandsteins

Zum Hangenden ist dieses Gestein entfestigt und darunter als Ton und Schluff, mit allen Übergängen vom Fest- zum Lockergestein, ausgebildet.

5.3 Grundwasser

Nach Beendigung der Bohrarbeiten wurden die Grundwasserstände in den Bohrlöchern gemessen. Die Grundwasserstände sind in der Anlage 2.1 bis Anlage 2.10 an die Bohrprofile angetragen.

Der Grundwasserspiegel liegt in den Talflanken etwas höher und fällt in Richtung Flusslauf der Schildau ab. Im November 2010 lag der Wasserstand der Schildau in Höhe des Auslaufbauwerks nach ergiebigen Regenfällen in der Region bei 161,66 m NN.

In den sechs Grundwassermessstellen (GWM) am östlichen Ortsrand von Bornhausen wurden die Grundwasserstände überwacht. Es liegen die Ergebnisse der Messungen zwischen April 2011 und Juni 2016 sowie zwischen Juli 2018 und April 2019 vor [16]. Die Grundwasserganglinien sind in der Anlage 3 beigefügt.

Der Grundwasserspiegel fällt in südwestlicher Richtung ab. Die höchsten Grundwasserstände wurden in der GWM 1 bei im Mittel 160,56 mNHN gemessen. In der GWMA 4 liegen die mittleren Grundwasserstände mit 157,72 mNHN am niedrigsten.

Die Spitzen in den Messwerten u. a. Ende Mai 2013 sind durch ergiebige Regenereignisse zu erklären. In der Anlage 3 sind die Monatssummen der Niederschlagsmengen für die Messstation Seesen des Deutschen Wetterdienstes unter den Grundwasserganglinien aufgetragen [17]. Es sind Zusammenhänge zwischen den Schwankungen der Grundwasserstände und den Niederschlagsmengen zu erkennen.

Die Schwankungsbreite in den Grundwasserständen ist bei GWM 1 am höchsten und nimmt nach Westen hin ab. Bei GWM 6 wurden die geringsten Schwankungen gemessen und die Grundwasserstände sind hier annähernd konstant.

Die Grundwasserstände sind auch vom Wasserstand der Schildau beeinflusst.

5.4 Bodenmechanische Laboruntersuchungen

An ausgewählten Bodenproben wurden Laborversuche zur bodenmechanischen Klassifikation, zur Scherfestigkeit und zur Wasserdurchlässigkeit durchgeführt. Eine tabellarische Übersicht über die Versuchsergebnisse enthält Anlage 4.1.

Die Kornverteilungen sind in der Anlage 4.2 dargestellt. Die Auelehme liegen in einem für diese Böden relativ engen Körnungsband (Abbildung 2 und Abbildung 3). Hierbei wurde für den Einstaubereich (KRB 34 bis KRB 37) das Körnungsband separat ausgewertet.

Der mittels Kleinrammbohrungen erbohrte Kies weist ebenfalls sehr gleichmäßige Körnungslinien auf (Abbildung 4). Verfahrensbedingt können keine größeren Steine erkundet werden.

An einer Probe aus der Bohrung GWM 3 wurde eine weitere Körnungslinie am Kies ermittelt (s. Anlage 4.2). Das Größtkorn hatte einen Korndurchmesser von rd. 150 mm. Größere Körner konnten bei dem gewählten Bohrdurchmesser nicht mehr geborgen werden. Es ist

jedoch davon auszugehen, dass in dem Grundwasserleiter größere Steine und Blöcke vorkommen.

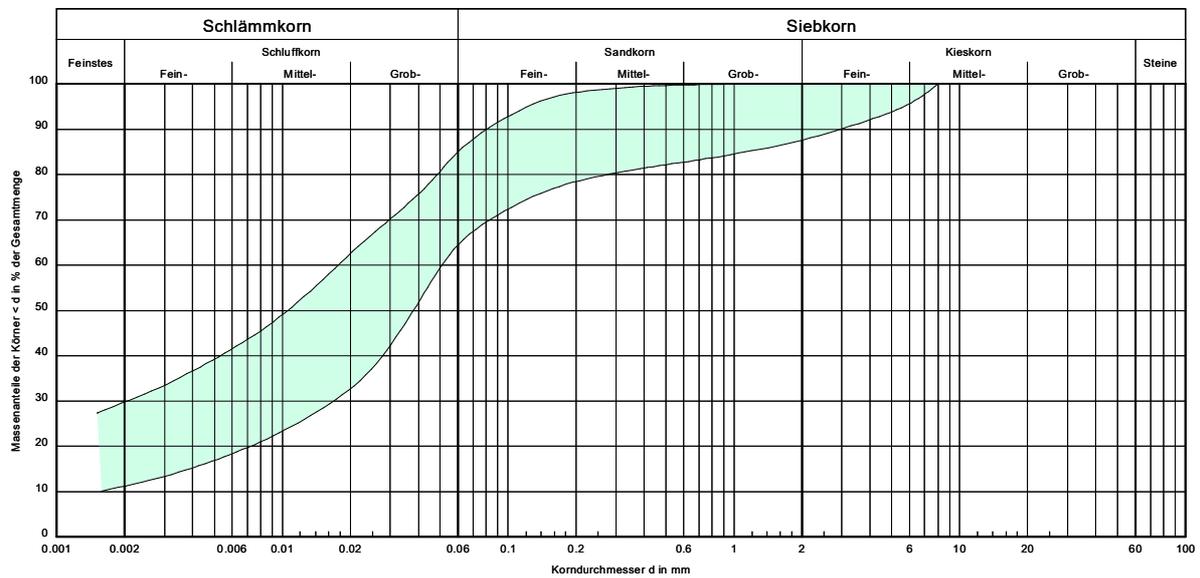


Abbildung 2: Körnungsband Auelehm (Bohrkampagne 2010)

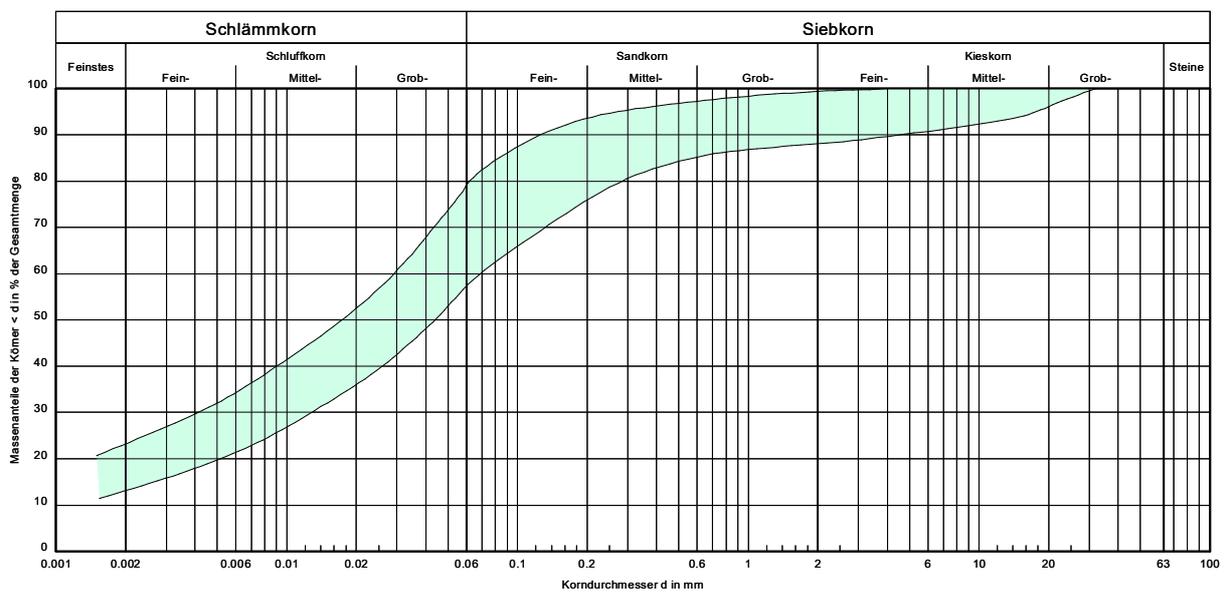


Abbildung 3: Körnungsband Auelehm Einstaubereich (Bohrkampagne 2018)

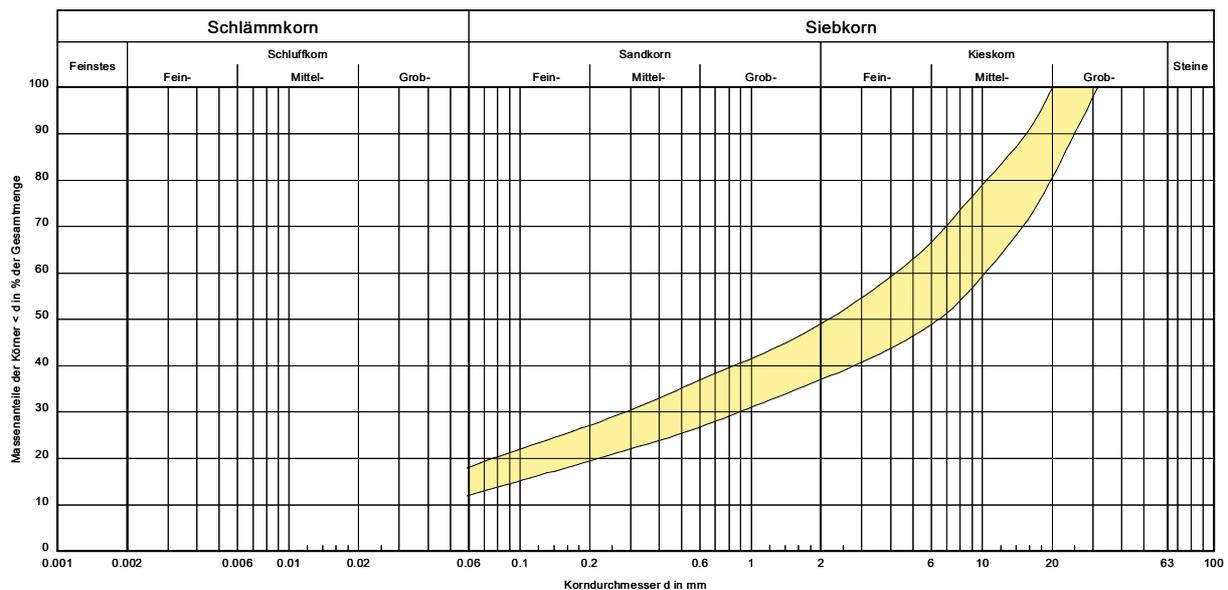


Abbildung 4: Körnungsband Kies aus Kleinrammbohrungen

An den Sonderproben der bindigen Deckschicht aus den Schürfen wurden weitergehende Untersuchungen zur bodenmechanischen Klassifikation, Wasserdurchlässigkeit und Scherfestigkeit durchgeführt.

An vier Proben wurden die Zustandsgrenzen ermittelt. Nach den Plastizitätsdiagrammen in der Anlage 4.3 handelt es sich um leicht plastische Tone von steifer bis halbfester Konsistenz.

Der Boden zeigt im Rahmenscherversuch das Verhalten eines erstbelasteten Bodens (Anlage 4.4). Eine gemeinsame Auswertung aller Versuche bei einem Scherweg von 10 mm ergibt die in Abschnitt 6 angegebenen charakteristischen Scherparameter. Diese sind auch für den Auelehm anzusetzen, der als Dichtungsmaterial eingebaut wird.

Der Wasserdurchlässigkeitsversuch im Triaxialgerät wurde an fünf Proben ermittelt (Anlage 4.5). An zwei Proben, die durch Wurzelgänge gestört waren, ergaben sich Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von $k = 1,2 \cdot 10^{-7}$ m/s. Für verdichtet eingebautes Material gelten geringere Wasserdurchlässigkeiten. In vergleichsweise ungestörten Proben wurden Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte von $k = 3,2 \cdot 10^{-8}$ m/s bis $3,4 \cdot 10^{-9}$ m/s bestimmt.

Nach unseren Erfahrungen mit gleichartigen Böden ist der anstehende Auelehm als Dichtungsmaterial geeignet. Zu beachten ist die Wasserempfindlichkeit des Bodens.

5.5 Bodenklassen

Die im Untersuchungsgebiet angetroffenen Böden werden nach

- DIN 18196 Erdbau, Bodenklassifizierung für bautechnische Zwecke,
- DIN 18300 Erdarbeiten, Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (VOB 2012, Teil C) und
- ZTVE-StB 17 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau (Abschnitt 2)

klassifiziert. Die Bodenklassen sind in Tabelle 1 zusammenfassend aufgeführt.

Tabelle 1: Bodenklassifikation

Bodenart	Bodengruppe nach DIN 18 196	Bodenklasse nach DIN 18 300	Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB 09
Mutterboden	OH	1	—
Auelehm	TL	4 (2)	F 3
Kies	GU, GW	3 – 4	F 1 – F 2
Ton (Buntsandstein)	TM	4,5 (6 – 7)	F 3

Der Auelehm ist wasser- und strukturempfindlich. Er neigt bei dynamischer Beanspruchung und Wasserzutritt zum Fließen und ist dann der Bodenklasse 2 zuzuordnen. Der Verwitterungshorizont des Buntsandsteins geht zur Tiefe in Fels der Bodenklassen 6 und 7 über.

Erläuterung der Bodengruppen nach DIN 18 196:

[]	Auffüllungen aus natürlichen Böden
OH	grob- bis gemischtkörnige Böden mit organischen Beimengungen
GU	Kies-Schluff-Gemische mit $5 - 15 \% \leq 0,06 \text{ mm}$
GW	weit gestufte Kies-Sand-Gemische
TL	leicht plastische Tone
TM	mittelplastische Tone

Erläuterungen zu den Bodenklassen nach DIN 18 300:

1	Oberboden
2	fließende Bodenarten
3	leicht lösbare Bodenarten

- 4 mittelschwer lösbar Bodenarten
- 5 schwer lösbar Bodenarten
- 6 leicht lösbarer Fels und vergleichbare Bodenarten
- 7 schwer lösbarer Fels

Erläuterungen zur Frostempfindlichkeit des Bodens nach ZTVE-StB-17:

- F 1 nicht frostempfindlich
- F 2 gering bis mittel frostempfindlich
- F 3 sehr frostempfindlich

5.6 Chemische Analysen

Zur Bewertung der Belastung des anstehenden bindigen Bodens wurde dieser nach der LAGA TR Boden 2004 (Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Abfällen, Bodenmaterial) untersucht. Die Analysen wurden von der UCL Umwelt Control Labor GmbH, Niederlassung Edemissen, durchgeführt.

Das Protokoll der Bodenprobennahme ist als Anlage 5.1 beigelegt. In Anlage 5.2 sind die Analysenergebnisse den Richtwerten der LAGA TR Boden (2004) gegenübergestellt. Die vollständigen Analysenergebnisse enthält Anlage 5.3.

In Tabelle 2 sind die Analysendaten den Vorsorgewerten und den Prüfwerten für Kinderspielflächen nach der Bundes-Bodenschutzverordnung (BBodSchV) gegenübergestellt. In einer Probe wurden regionaltypisch erhöhte Gehalte an Blei, Kupfer und Zink festgestellt. Der Standort der Talsperre liegt innerhalb des Bodenplanungsgebiets Harz. Er ist jedoch keinem Teilgebiet zugeordnet.

Tabelle 2: Vorsorgewerte (VW) und Prüfwerte (PW) für Kinderspielflächen nach Anhang 2, BBodSchV

[mg/kg]	KRB 30	KRB 31	KRB 32	VW	PW
Arsen	5,9	8,1	10,3	k.A.	25
Blei	82,6	20,7	253,0	70	200
Cadmium	0,21	0,12	0,27	1	10
Chrom	27,7	29,6	30,5	60	200
Kupfer	32,7	15,5	129,0	40	k. A.
Nickel	20,9	27,9	26,2	50	70
Quecksilber	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,5	10
Zink	197	71,1	432	150	150
PAK ₁₆	0	0	0	10	k. A.
B(a)P	0	0	0	1,0	2,0
PCB ₆	0	0	0	0,1	0,4

Bei einer abfalltechnischen Bewertung ist der Boden in die Zuordnungsklasse Z 2 einzustufen.

6 Bodenkenngrößen

Für das Untersuchungsgebiet werden folgende charakteristischen Bodenkenngrößen festgelegt.

Dichtung

Reibungswinkel	φ' = 28,5°
Kohäsion	c' = 5 kN/m ²
Wichten	γ/γ' = 18/8 kN/m ³
Steifemodul	E_s = 8 MN/m ²
Wasserdurchlässigkeit	k = 1·10 ⁻⁸ m/s

Stützkörper

Reibungswinkel	φ' = 32,5°
Kohäsion	c' = 0 kN/m ²
Wichten	γ/γ' = 19/11 kN/m ³
Steifemodul	E_s = 40 MN/m ²
Wasserdurchlässigkeit	k = 1·10 ⁻⁶ m/s

Drän

Reibungswinkel	φ' = 32,5°
Kohäsion	c' = 0 kN/m ²
Wichten	γ/γ' = 18/10 kN/m ³
Steifemodul	E_s = 40 MN/m ²
Wasserdurchlässigkeit	k = 1·10 ⁻³ m/s

Auelehm

Reibungswinkel	φ_s' = 28,5°
Kohäsion	c' = 5 kN/m ²
Wichten	γ/γ' = 18/8 kN/m ³
Steifemodul	E_s = 8 MN/m ²
Wasserdurchlässigkeit	k = 1·10 ⁻⁷ m/s

Kies

Reibungswinkel	φ' = 35°
Kohäsion	c' = 0 kN/m ²
Wichten	γ/γ' = 19/11 kN/m ³
Steifemodul	E_s = 80 MN/m ²
Wasserdurchlässigkeit	k = 1·10 ⁻³ m/s

Ton (Verwitterungshorizont)

Reibungswinkel	φ' = 27,5°
Kohäsion	c' = 10 kN/m ²
Wichten	γ/γ' = 20/10 kN/m ³
Steifemodul	E_s = 20 MN/m ²
Wasserdurchlässigkeit	k = 1·10 ⁻⁸ m/s

Für die Schichten des Buntsandsteines können auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen keine Bodenkennwerte angegeben werden. Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass diese Abfolgen über eine sehr hohe Standfestigkeit verfügen.

7 Auslaufbauwerk

7.1 Allgemeines

Folgende Höhen und Abmessungen werden maßgebend:

Auslaufbauwerk

Stauziel:	170,30 m NN
Max. Einstau:	170,80 m NN
OK Dammkrone:	171,60 m NN
GOK:	162,60 m NN
Gewässerbett Schildau OW:	160,80 m NN
Gewässerbett Schildau UW:	160,55 m NN
Gründungssohle:	159,00 m NN

7.2 Baugrube

Die Baugrubensohle liegt im Verwitterungshorizont des Buntsandsteins bei rd. 159,0 m NN. Das Gewässerbett liegt bei rd. 160,5 m NN in dem sandig-kiesigen Grundwasserleiter. Die Oberkante der geplanten Baugrubenumschließung liegt in Höhe OK Sohlplatte bei 160,5 m NN. Darüber kann die Baugrube bei Wasserfreiheit geböscht werden.

Am Spundwandkopf ist eine 2 m breite Berme vorzusehen, so dass die Spundwand nicht mehr voll durch die aufgehende Böschung belastet wird und sich somit die Rammtiefe minimieren lässt. Eine Vorbemessung ergab eine Wandlänge von rd. 4 m. Statisch ausreichend ist ein verhältnismäßig kleines Profil. Die Spundwände binden in den Verwitterungshorizont des Festgesteins ein. Sie können noch durch Vibration eingebracht werden, wobei in dem Kies mit Steinen und Blöcken zu rechnen ist. Aus einbringtechnischen Gründen ist ein deutlich stärkeres Profil als das statisch erforderliche zu wählen. Die endgültigen Spundwandlängen und –profile sind in der Ausführungsstatik festzulegen. Ein Vorbohren kann erforderlich sein, sollte jedoch vermieden werden, da hierdurch Umläufigkeiten an der Spundwand entstehen.

Für die Querspundwand (Umläufigkeitssperre) ist eine Einbindung von etwa 2 m in den Verwitterungshorizont des Festgesteins ausreichend.

Bauzeitlich wird die Schildau mit einem Umflutgerinne nördlich der Baugrube umgeleitet. Mit diesem Umlaufgerinne wird auch zugleich der Grundwasserzustrom von Norden in Richtung Schildau abgefangen. Damit muss in der Baufläche der Wasserstand außerhalb der

Baugrube „nur“ auf OK Spundwand einschließlich Freibord begrenzt werden. Es wird von einem maximalen Außenwasserstand von 160,0 m NN ausgegangen.

Das dann noch erforderliche, geringe Absenkmaß kann durch eine Spülfilteranlage erreicht werden. Bei Hochwasser in der Schildau ist eine Wasserhaltung nicht mehr möglich. In diesem Fall ist die Baugrube zu fluten.

Im Inneren der Baugrube ist eine offene Wasserhaltung ausreichend, da die Spundwände in den bindigen Verwitterungshorizont einbinden und nur noch geringe Wassermengen zufließen.

Die in der Gründungssohle anstehenden Böden des Verwitterungshorizonts sind strukturrempfindlich und neigen bei Wasserzutritt und dynamischer Belastung zum Aufweichen. Ein Befahren mit Reifenfahrzeugen muss daher unbedingt vermieden werden.

Die Aushubsohle ist nach dem Freilegen unverzüglich durch Magerbeton zu versiegeln. Nichtbindige Böden, Mineralgemisch oder Recyclingmaterial dürfen hier nicht verwendet werden, da sie durchlässiger als die anstehenden Böden sind.

Aufgeweichte Bereiche sind auszukoffern und durch Magerbeton zu ersetzen. Der Umfang möglicher Bodenaustauschmaßnahmen ist durch Sohlabnahmen festzulegen.

Die beim Aushub anfallenden Sande und Kiese sind zum Wiedereinbau geeignet.

7.3 Gründung

Das Gewässerbett der Schildau bleibt auf gleicher Höhe erhalten. Die Gründungssohle des Auslaufbauwerks liegt bei etwa 159,0 m NN im Verwitterungshorizont des Buntsandsteins. Dieser Boden ist zur Aufnahme der Bauwerkslasten gut tragfähig, so dass das Auslaufbauwerk unter Beachtung der in Abschnitt 7.8 genannten Maßnahmen flach über die Bodenplatte gegründet werden kann.

Die für diesen Boden zulässigen Spannungen werden bei einer Gründung über eine Bodenplatte nicht überschritten. Für den Fall, dass die Fundamentplatte des Bauwerks nach dem Bettungsmodulverfahren berechnet wird, kann mit ausreichender Genauigkeit mit einem mittleren Bettungsmodul k_s von

$$k_s = 15 \text{ MN/m}^3$$

gerechnet werden. Der Bettungsmodul ist keine Bodenkonstante, sondern unter anderem auch von Laststellungen und Lastgrößen abhängig. Die absolute Größe des Bettungsmoduls übt jedoch auf die Größe der Momente in der Platte nur einen kleinen Einfluss aus, so dass ein iteratives Anpassen des Bettungsmoduls und der Schnittgrößen im Bauteil nicht unbedingt erforderlich ist.

7.4 Untergrundhydraulik am Bauwerk

Das untergrundhydraulische System am Auslaufbauwerk wird bestimmt durch den stark durchlässigen Kies über dem Verwitterungshorizont des Buntsandsteins.

In Anlage 6.1 sind die Linien gleicher Wasserstände für den Endzustand mit Bauwerk für den maximalen Einstau dargestellt.

Die maßgebenden Wasserdruckbelastungen auf die Gründungssohle zum Nachweis der Laugesicherheit enthält Abschnitt 7.6.

7.5 Materialtransport

Die anstehenden Böden sind bei den gegebenen untergrundhydraulischen Randbedingungen sicher gegen Suffosion und Erosion.

Entlang der Bauwerksgrenzen kann es zu einer konzentrierten Durchströmung kommen. Als maßgebliche Größe zur Abschätzung der Gefahr einer konzentrierten Durchströmung bzw. Fugenerosion wird von CHUGAEV¹ das mittlere Gefälle der Sickerströmung entlang der Bauwerksgrenze genannt, das sogenannte Kontrollgefälle.

¹ Davidenkoff, R. (1970) „Unterläufigkeit von Stauwerken“, Werner Verlag, Düsseldorf

Tabelle 3: Zulässiges Kontrollgefälle nach CHUGAEV

Bodenart	$(i_k)_{zul}$
Dichter Ton	0,40 – 0,52
Grobsand, Kies	0,25 – 0,33
Schluffiger Ton	0,20 – 0,26
Mittelsand	0,15 – 0,20
Feinsand	0,12 – 0,16

Die **erste Stromlinie** verläuft unter dem Bauwerk. Das Tosbecken ist nach den vorliegenden Plänen rd. 15 m lang. An der Ober- und Unterwasserseite binden die Spundwände bis rd. 3 m unter Gewässersohle und rd. 1,5 m unter Gründungsebene in den Verwitterungshorizont ein. Damit ergibt sich eine abgewinkelte Länge von 24 m. Mit der Potentialdifferenz zwischen Ober- und Unterwasser (angenommen bordvoller Abfluss rd. 162,0 m NN) von $\Delta h = 170,8 - 162,0 = 8,8$ m folgt ein hydraulisches Gefälle von $i = 8,8/24 = 0,37$. Die Fuge liegt im Verwitterungshorizont, für den ein Kontrollgefälle von $(i_k)_{zul} = 0,40$ zugelassen werden kann.

Diese Bauwerksfuge ist sicher gegen Fugenerosion.

Die **zweite Stromlinie** verläuft entlang der aufgehenden Bauwerkswände im Damm. Die kürzeste durchströmte Länge ergibt sich aus der Abwicklung am Bauwerk zwischen Wasserstand und der Querwand am Unterwasser zu etwa $L = 35$ m. Die Potentialdifferenz am Bauwerk ergibt sich bei maximalem Einstau und bordvollem Abfluss im Unterwasser zu $\Delta h = 170,8 - 162,0 = 8,8$ m. Der hydraulische Gradient beträgt dann $i = 8,8/35 = 0,25$. Damit wäre ein Aufbau des Stützkörpers aus Sand nicht mehr möglich. Kritisch wird dieser Gradient auch dadurch, dass die Fuge weitgehend horizontal entlang einer aufgehenden Wand verläuft.

Als Sickerwegsverlängerung ist daher eine Querspundwand in Achse der Dammkrone einzubauen. Diese Spundwand muss mindestens 6 Doppelbohlen in den Damm einbinden und an die Spundwand an der Oberwasserseite des Tosbeckens angeschlossen sein. Unter dem Bauwerk darf keine Lücke in der Querspundwand vorhanden sein. Die Spundwand muss daher auch unter dem Bauwerk verlaufen.

7.6 Lagesicherheit

Anlage 6.2 enthält die Nachweise gegen Auftrieb und hydraulischen Grundbruch der Gewässersohle im Unterwasser. Am Fuß der Unterwasserspundwand wirkt ein Potential von 162,0 m NN. Mit den Teilsicherheitsbeiwerten für den Lastfall LF 1 ergeben sich ausreichende Sicherheiten.

Im Endzustand ergibt sich bei maximalem Einstau die in Anlage 6.3 dargestellte Wasserdruckverteilung unter dem Bauwerk. Dargestellt sind die Druckhöhen in mWS. Die Wasserdruckbelastung ergibt sich durch Multiplikation mit der Wichte des Wassers $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$.

Im Bauzustand baut sich nach dem Abschalten der Wasserhaltung unter der undurchlässigen Sohle ein auftreibender Wasserdruck mit einem Potential entsprechend dem Außenwasserstand auf. Die Wasserhaltung darf erst dann abgeschaltet werden, wenn die Lagesicherheit der Sohlplatte für diesen Wasserdruck nachgewiesen werden kann.

7.7 Setzungen

Die Lasten aus dem Bauwerk sind gering. Es werden nur kleine Setzungen von weniger als 1 cm eintreten. Die Setzungen treten zeitverzögert ein. Innerhalb der Bauphase wird der Endsetzungsbetrag zu 80 % erreicht sein. Das verbleibende Setzungsmaß ist vernachlässigbar.

Aus der Schüttung des anschließenden rd. 8 m hohen Dammes ergeben sich Mitnahmesetzungen, die in der Bauwerkslängsachse geringer ausfallen als unter den aufgehenden Wänden. Bei der geplanten Dicke und Steifigkeit der Bodenplatte sind die Setzungsdifferenzen allerdings gering und betragen nur wenige Millimeter. Dennoch werden Zugkräfte in die Seitenwände verbindende Bauteile eingeleitet, die zu kleineren Rissen führen können.

7.8 Grundbautechnische Maßnahmen

Die Aushubsohle ist nach dem Freilegen unverzüglich durch Magerbeton zu versiegeln. Nichtbindige Böden, Mineralgemisch oder Recyclingmaterial dürfen hier nicht verwendet werden, da sie durchlässiger als die anstehenden Böden sind.

Beim Aushub der Baugrube in Höhe der Gründungssohle ggf. freigelegte, weiche bindige Böden sind durch Magerbeton auszutauschen. Der Auehm neigt bei Wasserzutritt und dynamischer Belastung zum Strukturverlust und Aufweichen. Ein Befahren der Aushubsohle

mit Reifenfahrzeugen ist daher unbedingt zu vermeiden. Aufgeweichte Bereiche sind aufzukoffern und durch Magerbeton zu ersetzen. Der Umfang möglicher Bodenaustauschmaßnahmen ist durch Sohlabnahmen festzulegen.

Die bindigen Aushubböden sind bei entsprechenden Wassergehalten als Dichtungsmaterial geeignet. Über die Eignung ist bei Aushub durch eine Eignungsprüfung zu entscheiden.

8 Damm

8.1 Allgemeines

In dem Auelehm sind Felddrängen verlegt. Die Sammler verlaufen von Ost nach West. Die Saugleitungen sind in Winkeln von etwa 45° an die Sammler angeschlossen mit der Fließrichtung nach Westen. Alle Felddrängen müssen vor dem Aufbau des Dammes ausgebaut werden, um unkontrollierte Unterströmungen des Dammes zu vermeiden. Durch den Ausbau der Felddrängen wird die Auelehmschicht bereits sehr stark gestört, so dass nicht mehr von einem durchgehend intakten Dammlager ausgegangen werden kann.

Aus diesem Grunde wird empfohlen, die Auelehmschicht mitsamt den Felddrängen vollständig auszuräumen. Der Auelehm kann als Dichtungsmaterial verwendet werden. Der Stützkörper des Dammes wird dann direkt auf dem Kies aufgebaut. Die Dichtung an der Wasserseite ist mit bindigem Boden (ausgebauter Auelehm) an den gewachsenen Auelehm anzuschließen. Durch die fehlende gering durchlässige Schicht im Dammlager kommt es zu einer planmäßigen Unterströmung des Dammes und einem erhöhten Sickerwasserandrang im Dammfußdrän.

Folgende Höhen und Abmessungen werden maßgebend:

Damm

Stauziel:	170,30 m NN
Max. Einstau:	170,80 m NN
OK Dammkrone:	171,60 m NN
GOK Wasserseite:	rd. 163,15 m NN
GOK Luftseite:	rd. 162,35 m NN
Kronenbreite:	6,0 m
Böschungsneigung Wasserseite:	1 : 5
Böschungsneigung Luftseite:	1 : 5

Der Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit erfolgte bisher nach DIN 19700-11 „Talsperren“ vom Juli 2004 mit den bei Staudämmen nachzuweisenden Lastfällen. Es war nachzuweisen, dass das globale Sicherheitskonzept mit $\eta < 1,0$ eingehalten war. Mit dem DWA-Regelwerk, Merkblatt DWA-M 542 vom Juli 2017, Nachweiskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten für Staudämme und Staumauern, wurde ein Regelwerk erstellt, um auch für Talsperren dem Konzept mit Teilsicherheitsbeiwerten gerecht zu werden. Tabelle 4 enthält die Lastfälle bei Staudämmen.

Das untergrundhydraulische System ist geprägt durch einen 3-zonalen Dammaufbau auf einem geschichteten, unterschiedlich wasserdurchlässigen Untergrund.

Auf der sicheren Seite liegend wird der maximale Einstau auf 170,80 m NN angesetzt, da dieser nur geringfügig höher ist als das Stauziel von 170,30 m NN.

Der Damm verfügt mit der Dichtung und dem Dammfußdrän über zwei Sicherungselemente. Der Ausfall der Sicherungselemente ist nach Tabelle 4 der BS-A und der Lastfall Kronenstau der BS-T zuzuordnen

Auf der Wasserseite ist der Lastfall der „Schnellen Wasserspiegelabsenkung“ mit den Teilsicherheitsbeiwerten für die BS-T zu untersuchen. Hier wird in Anlehnung an DIN 19 712 „Flussdeiche“ von einem Absinken des Wasserstands im Becken vom maximalen Einstau auf 1/3 der Stauhöhe über dem wasserseitigen Dammfuß ausgegangen.

Die Nachweise erfolgen nach dem EC 7 mit den in Tabelle 5 und Tabelle 6 aufgeführten Teilsicherheitsbeiwerten

Tabelle 4: Bemessungssituationen für Staudämme im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) aus DWA-M 542

Einwirkungen	Bemessungssituationen im GZT										
	BS-P				BS-T			BS-A			BS-E
	P.1	P.2	P.3	P.4	T.1	T.2	T.3	A.1	A.2	A.3	E.1
Ständige Einwirkungen											
Eigengewicht, Erddruck, Überschüttung	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Veränderliche Einwirkungen											
Verkehrslasten	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Wasserdruck und Strömungskraft bei Z_s											x
Wasserdruck und Strömungskraft bei Z_v	x						x		x	x	
Wasserdruck und Strömungskraft bei Teilstau		x									
Wasserdruck und Strömungskraft bei Z_{H1}					x						
Wasserdruck und Strömungskraft bei Z_{H2}								x			
Wasserdruck und Strömungskraft infolge betriebsbedingter Stauspiegelabsenkung aus Z_s				x							
Wasserdruck und Strömungskraft infolge schnellstmöglicher Stauspiegelabsenkung aus Z_v						x					
Außerplanmäßige Betriebs- und Belastungszustände, Bauzustände							x				
Außergewöhnliche Einwirkungen/Zustände											
Einwirkungen infolge Ausfall oder eingeschränkter Wirkung von Sicherungselementen (Dichtung/Dränage etc.)									x		
Berücksichtigung ungünstiger Materialkennwerte										x	
Einwirkungen infolge von Erdbeben											
Bemessungserdbeben											x

Tabelle 5: Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) aus DWA-M 542

Einwirkungen	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	γ_H	1,35	1,30	1,20
Strömungskraft bei ungünstigem Untergrund	γ_H	1,80	1,60	1,35
GEO-3: Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit				
Ständige Einwirkungen ^{a)}	γ_G	1,00	1,00	1,00
Ungünstige veränderliche Einwirkungen	γ_Q	1,30	1,20	1,00
ANMERKUNG				
a) Einschließlich ständigem und veränderlichem Wasserdruck.				

Tabelle 6: Teilsicherheitsbeiwerte für geotechnische Kenngrößen im Grenzzustand der Tragfähigkeit (GZT) aus DWA-M 542

Bodenkenngröße	Formelzeichen	Bemessungssituation		
		BS-P	BS-T	BS-A
HYD und UPL: Grenzzustand des Versagens durch hydraulischen Grundbruch und Aufschwimmen				
Reibungsbeiwert $\tan \varphi'$ bzw. $\tan \varphi_u$ des dränier- ten bzw. des undränierten Bodens	$\gamma_{\varphi}, \gamma_{\varphi_u}$	1,00	1,00	1,00
Kohäsion c' bzw. c_u des dränier- ten bzw. des undränierten Bodens	γ_c, γ_{c_u}	1,00	1,00	1,00
GEO-3: Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit				
Reibungsbeiwert $\tan \varphi'$ bzw. $\tan \varphi_u$ des dränier- ten bzw. des undränierten Bodens	$\gamma_{\varphi}, \gamma_{\varphi_u}$	1,30	1,20	1,10
Kohäsion c' bzw. c_u des dränier- ten bzw. des undränierten Bodens	γ_c, γ_{c_u}	1,30	1,20	1,10

8.2 Untergrundhydraulik

Für das Dammprofil sind in der Anlage 7.1.1 bis Anlage 7.1.3 das Berechnungssystem, die Sickerlinien und die Linien gleicher Wasserstände für die Lastfälle

BS-P:	Maximaler Einstau
BS-T.2:	Kronenstau
BS-A.1:	Dichtung defekt
BS-A.2:	Ausfall Dränage

dargestellt.

Der Wasserstand an der Luftseite wurde bei 162,0 m NN in Höhe GOK angesetzt. Die größte Wassermenge fällt in der Dränage im Lastfall LF 2a bei maximalem Einstau und defekter Dichtung an. Sie beträgt 1 m³/d/lfd. m.

Der Dammfußdrän muss bis 2 m über dem Ursprungsgelände aufgebaut werden. Die Geometrie des Dammfußdräns ist in Abbildung 5 dargestellt. Kleinere Abmessungen sind nicht möglich, da die Sickerlinie sonst aus der Böschung austritt.

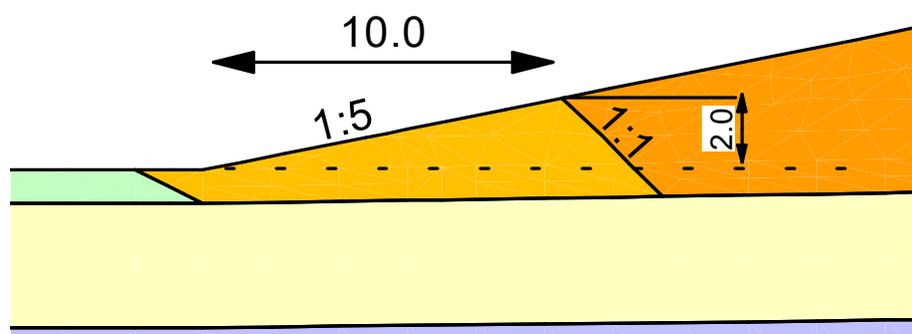


Abbildung 5: Geometrie Dammfußdrän

Bei Ausfall des Dammfußdrän tritt die Sickerlinie etwa 2 m über dem Dammfuß aus der Böschung aus. Die lokale Standsicherheit in diesem Böschungsteil wird in Abschnitt 8.4 nachgewiesen.

8.3 Gesamtstandsicherheit

Die Standsicherheit der luftseitigen Böschung wird unter Ansatz der in der Anlage 7.1.1 bis Anlage 7.1.3 ermittelten Porenwasserdruckverteilungen mit kreisförmigen Gleitflächen berechnet. Auf der Dammkrone wirkt eine Verkehrslast von 10 kN/m².

Die Berechnungsergebnisse sind in Anlage 7.2.1 bis Anlage 7.2.5 dargestellt. Tabelle 7 enthält eine Zusammenstellung der Ergebnisse. Bei einem Ausnutzungsgrad $\mu \leq 1,0$ ist die Böschung standsicher. Der größte Ausnutzungsgrad wurde für die Bemessungssituation BS-A.2 „Maximaler Einstau + Ausfall Dränage“ mit $\mu = 0,52$ ermittelt. Sämtliche Nachweise wurden erbracht.

Tabelle 7: Lastfälle und Sicherheiten nach EC 7

Lastfall		Ausnutzungsgrad μ	
		Wasserseite	Luftseite
BS-P	Maximale Einstau	–	0,49
BS-T.1	Schnelle Wasserspiegelabsenkung	0,51	–
BA-T.2	Kronenstau	–	0,46
BS-A.1	Maximaler Einstau + Dichtung defekt	–	0,42
BS-A.2	Maximaler Einstau + Ausfall Dränage	–	0,52

8.4 Lokale Standsicherheit

Die Böschung ist 1 : 5,0 geneigt. Sie ist nur im Lastfall „Ausfall Dränage“ im unteren Teil durchströmt.

Der Nachweis der lokalen Standsicherheit, der nicht durchströmten Böschung, wird vereinfacht für eine böschungsparelle Gleitfläche geführt. Die Kohäsion wird dabei auf der sicheren Seite liegend nicht berücksichtigt.

Böschungsneigung 1 : 5,0 ($\tan \beta = 0,20$)

charakteristischer Reibungswinkel $\varphi'_k = 32,5^\circ$

Teilsicherheitsbeiwert BS-P $\gamma_\varphi = 1,30$

$$\tan \beta = 0,20 \leq \tan \varphi'_d = \frac{\tan \varphi'_k}{1,30} = \frac{\tan 32,5}{1,30} = 0,49 \leq 1,0 \Rightarrow \text{Nachweis erbracht.}$$

Im Lastfall „Ausfall Dränage“ können die Teilsicherheitsbeiwerte für die BS-A mit

Teilsicherheitsbeiwert BS-A $\gamma_\varphi = 1,10$

angesetzt werden. Die lokale Standsicherheit in böschungsp parallelen Gleitflächen ergibt sich dann vereinfacht zu:

$$\tan \beta = 0,20 \leq \tan \varphi'_a = \frac{\tan \varphi'_k}{1,10} = \frac{\tan 32,5}{1,10} = 0,58 \leq 1,0 \Rightarrow \text{Nachweis erbracht.}$$

Damit ist die lokale Standsicherheit in allen Fällen ausreichend nachgewiesen.

8.5 Aufschwimmen und hydraulischer Grundbruch

Wegen der fehlenden bindigen Schicht im Dammlager ergeben sich am Dammfuß keine auf-treibenden Wasserdrücke. Die Nachweise gegen Aufschwimmen und hydraulischen Grund-bruch können entfallen.

8.6 Setzungen

Da die setzungsempfindlichere Auelehmschicht im Dammlager ausgeräumt wird und der Damm unmittelbar auf dem anstehenden Kies und Sand aufgebaut wird, sind die Setzungen im Untergrund unter dem Damm vernachlässigbar gering.

In Anlage 7.3.1 und Anlage 7.3.2 sind die Berechnungsergebnisse als Linien gleicher Set-zungen und im Schnitt aufgeführt. Die Setzungen betragen maximal rd. 2 cm unter der Dammkrone. Zu den Dammfüßen hin läuft die Setzungsmulde auf Null aus. Die Setzungen treten unmittelbar mit der Herstellung des Dammes ein.

Die Eigensetzungen des Dammes betragen bis zu 5 cm im Bereich der Dammkrone. Sie werden mit dem weiteren Dammaufbau ausgeglichen.

8.7 Materialtransport

Die Körnungslinien des Auelehms und des im Beckenbereich anstehenden Kieses sind in der Anlage 4.2 dargestellt. Der Auelehm kann als bindiger Boden als suffosions sicher be-trachtet werden.

Die Körnungslinie des Kieses entspricht etwa einer Fuller-Kurve. Der Boden ist eben-falls suffosions sicher.

Für die Dammbaustoffe sind mit der Eignungsprüfung die Nachweise zur inneren Suffosions-sicherheit und zur Sicherheit gegen Kontaktsuffosion vorzulegen.

Der Nachweis gegen rückschreitende Erosion kann entfallen, da es wegen der fehlenden bindigen Schicht im Dammlager zu keiner konzentrierten Durchströmung kommen kann.

8.8 Grundbautechnische Maßnahmen

Die Erdbaustoffe für den Damm sind noch nicht bekannt. Eine Bodenentnahme in der Beckenfläche ist nicht ergiebig genug. Für die Erdbaustoffe sind Eignungsprüfungen vorzulegen. Der Umfang der Eignungsprüfungen ist in einem Qualitätssicherungsplan festzulegen. Unabhängig davon sind die nachfolgenden Scherfestigkeiten und Wasserdurchlässigkeiten nachzuweisen.

Dichtung

Reibungswinkel	φ' = 28,5°
Kohäsion	c' = 5 kN/m ²
Wasserdurchlässigkeit	k = 1·10 ⁻⁸ m/s

Stützkörper

Reibungswinkel	φ' = 32,5°
Kohäsion	c' = 0 kN/m ²
Wasserdurchlässigkeit	k = 1·10 ⁻⁶ m/s

Drän

Reibungswinkel	φ' = 32,5°
Kohäsion	c' = 0 kN/m ²
Wasserdurchlässigkeit	k = 1·10 ⁻³ m/s

Die Dichtung muss mit einem Verdichtungsgrad von mindestens 97 % der einfachen Proctordichte eingebaut werden. Zu feuchter Boden darf nicht in den Dammkörper eingebaut werden. Die Einhaltung der Einbaukriterien ist durch eine Eigen- und Fremdüberwachung zu kontrollieren. Der Umfang der Überwachungsprüfungen ist in einem Qualitätssicherungsplan festzulegen.

Das Material des Dammfußdräns ist filterstabil gegen den Boden des Dammkörpers und den Kies im Untergrund aufzubauen. Die Böden des Dammkörpers und des anstehenden Kiesel weisen unterschiedliche Kornverteilungen auf. Ein einheitlicher Kornfilter ist nicht möglich. Zur Sicherstellung der Filterstabilität ist ein Geotextil einzubauen. Die wirksame Öffnungsweite des geotextilen Filters ist nach dem Merkblatt DWA-M 511 zu bemessen.

Die Dichtung bindet in einem Herdgraben in den Untergrund ein. Die Herdgrabentrasse am wasserseitigen Dammfuß ist durch einen Sachverständigen für Geotechnik abzunehmen.

9 Steilböschung am Südhang

Für die Steilböschung an der südlichen Talflanke ist die Standsicherheit nachzuweisen. An der Böschungskrone und in der Böschung wurden drei Kleinrammbohrungen abgeteuft. Die Bodenprofile sind in Anlage 2.7 dargestellt. An dem Bewuchs der Böschung sind zum Zeitpunkt der Baugrunderkundungen keine Hinweise auf Kriechvorgänge (Sichelwuchs) zu erkennen gewesen.

In der Böschung steht auf etwa den oberen drei Metern Schluff in mindestens steifer Konsistenz an. Zur Tiefe folgt Buntsandstein, der im Hangenden verwittert ist und zur Tiefe in Festgestein übergeht. Am Böschungsfuß steht wie im übrigen Tal Auelehme über Kies und Festgestein an.

Als maßgebender Schnitt wird das Profil bei Stat. 5+050 festgelegt, da hier die Böschung mit rd. 35,5° am steilsten ist. Dieses Profil liegt direkt oberhalb des Auslaufbauwerks. Ein Versagen der Böschung wird hier unmittelbar den Abfluss der Schildau durch das Bauwerk behindern. Weiter stromauf nehmen die Böschungsneigungen ab.

Anlage 8 enthält die Ergebnisse der Böschungsbruchberechnung für den Lastfall „Schnelle Wasserspiegelabsenkung“. In Anlehnung an die DIN 19 712 „Flussdeiche“ wurde davon ausgegangen, dass der Wasserstand vom höchsten Stauziel auf 1/3 der Höhe über dem Vorland abfällt.

Der Ausnutzungsgrad für die Gesamtstandsicherheit liegt bei $\mu = 0,97$. Die Böschung ist standsicher. Die günstig wirkende Durchwurzelungskohäsion aus dem Bewuchs wurde auf der sicheren Seite vernachlässigt.

10 Auswirkungen auf die Grundwasserverhältnisse

10.1 Allgemeines

Zur Analyse der Auswirkungen des Einstaus im Becken auf die Grundwasserverhältnisse stromab – insbesondere am Ostrand von Bornhausen – wurde ein dreidimensionales untergrundhydraulisches Modell erstellt. Gemäß dem Abstimmungsgespräch mit dem NLWKN und dem LBEG am 09.04.2019 wurden die Berechnungen mit instationären Randbedingungen, also einer auf- und ablaufenden Hochwasserwelle im Becken durchgeführt.

Untersucht wurden die untergrundhydraulischen Lastfälle:

1. Ist-Zustand, normaler Abfluss in der Schildau
2. Ist-Zustand, Schildau bordvoll
3. Endzustand mit Damm, Einstau im Becken (instationär, 3 Tage Vollstau auf 170,3 mNHN)

Die beiden ersten Berechnungen dienten der Kalibrierung des Modells. Diese erfolgte anhand der in Anlage 3 dargestellten Grundwasserstandsmessungen.

Für die Berechnungen des Endzustands wurde der Damm in das Modell integriert. Ausgehend vom Zustand mit bordvollem Abfluss wurde der temporäre Einstau im Becken mit der Staukurve und einem dreitägigen Vollstau berechnet.

10.2 Modellerstellung

10.2.1 Untersuchungsgebiet

In Anlage 9.1.1 ist das Berechnungssystem im Grundriss dargestellt. Der westliche Modellrand liegt im Zentrum von Bornhausen an der Fußgängerbrücke der Straße „Im Holland“. Das Modell erstreckt sich nach Osten und nach Süden bis in Höhe der Winkelmühle. Die dortigen Teiche liegen in der südöstlichen Modellecke. Den nördlichen Modellrand bildet etwa die Kreisstraße K 53, wobei die Südböschung der ehemaligen Braunkohlegrube noch am Modellrand liegt. Die nordwestliche Modellecke tangiert die Langeberger Straße (K 54) und die parallel dazu verlaufende Schaller.

Mit der Wahl der Modellränder sind die beiden das Schildautal begrenzenden Hänge im Modell erfasst.

10.2.2 Geländemodell

Die Topografie wurde aus einem digitalen Geländemodell [19] auf die oberste Modellebene übertragen. In Anlage 9.1.2 und Anlage 9.1.3 sind Ansichten des Modells und der Topografie dargestellt. In diese Darstellungen wurde bereits der geplante Damm eingearbeitet. Der Verlauf der Schildau ist magenta gezeichnet.

10.2.3 Untergrundmodell

Das untergrundhydraulische System ist bestimmt durch oberflächennahe, gering durchlässige Deckschichten über einem Grundwasserleiter aus Kies. Zur Tiefe folgt das Festgestein, dessen Verwitterungszone verlehmt ist, so dass es als Grundwasserstauer betrachtet werden kann. Zu den Talflanken hin läuft der kiesige Grundwasserleiter aus. Hier wird der Grundwasserstrom zum Teil durch das Festgestein, aber auch durch bindige Geschiebeablagerungen begrenzt.

Der Baugrundaufbau wurde anhand der in diesem Bericht dokumentierten Bohrungen sowie anhand von Archivbohrungen des Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) modelliert [15]. Die Bohrdatenbank des LBEG lieferte auch weitere Daten zu den Grundwasserständen im nördlich aufgehenden Hang. Abbildung 6 zeigt eine Übersicht über diese Bohrungen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein Großteil der Bohrdaten nicht öffentlich verfügbar oder für diese Zwecke unzureichend dokumentiert ist.

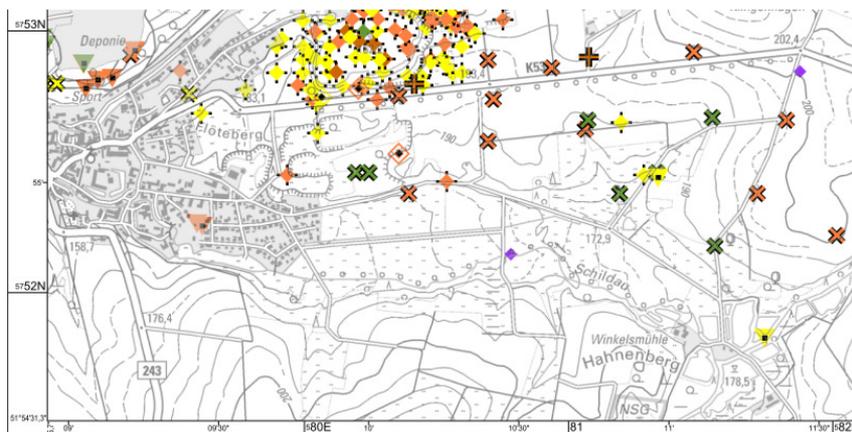


Abbildung 6: Ausschnitt Bohrdaten des LBEG [15]

Insgesamt wurden 47 Bohrungen zur Modellierung des Untergrunds herangezogen. Fehlende Bohraufschlüsse, z. B. in den Hangbereichen im Süden, wurden durch die in der geologischen Karte ausgewiesenen Gesteine ergänzt.

Die Schichtgrenze zwischen der Auelehmüberdeckung und dem Grundwasserleiter sowie die Basis des Grundwasserleiters wurden anhand dieser Bohrungen und entsprechend Anlage 2.17 festgelegt und dazwischen interpoliert.

Anlage 9.1.4 zeigt die Ausbreitung des Grundwasserleiters (gelb-orange dargestellt). In den Lageplan sind die Höhenlinien der Basis des Grundwasserleiters eingetragen. An den Höhenlinien ist zu erkennen, dass am Nordhang des Tals die Basis des Grundwasserleiters oberhalb des Stauziels liegt und hier kein hydraulischer Kontakt zu dem Oberflächengewässer in der ehemaligen Braunkohlegrube besteht.

Der Flusslauf der Schildau wurde als eigene Bodenart mit einer Wasserdurchlässigkeit von 1 m/s und einem Porenanteil von 99 % modelliert. Damit kann sich das Wasser im Flusslauf frei zwischen den Randbedingungen an den Modellrändern ausbreiten. Der Flusslauf hat einen direkten hydraulischen Kontakt zum Grundwasserleiter. Die Gewässersohle wurde somit als nicht kolmatiert angenommen.

Die Wasserdurchlässigkeiten wurden entsprechend Abschnitt 6 wie folgt angesetzt:

Tabelle 8: Wasserdurchlässigkeiten

	Wasserdurchlässigkeit [m/s]
Auelehm	$1 \cdot 10^{-7}$
Kies	$1 \cdot 10^{-3}$
Verwitterungshorizont	$1 \cdot 10^{-8}$
Dichtung	$1 \cdot 10^{-8}$
Stützkörper	$1 \cdot 10^{-6}$
Drän	$1 \cdot 10^{-3}$
Auslaufbauwerk	$1 \cdot 10^{-12}$

10.3 Endzustand mit Damm

Für die Berechnung des Endzustands mit dem Damm wurde die Geländetopografie im Dammbereich entsprechend angepasst und der Damm mit seinen Bauelementen Dichtung, Stützkörper und Dränage modelliert (s. Anlage 9.1.2 und Abbildung 7).

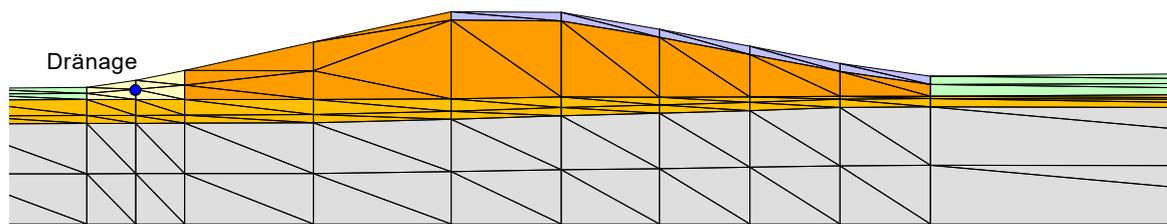


Abbildung 7: Querschnitt Damms im 3D-Modell

Im Rahmen dieses Grundwassermodells ist die Diskretisierung des Damms ausreichend genau. Für die untergrundhydraulischen und erdstatischen Nachweise des Damms wurde in Abschnitt 8 ein genaueres zweidimensionales Modell erstellt.

Das Auslaufbauwerk wurde als eigenes Material mit einer sehr geringen Wasserdurchlässigkeit modelliert. In den Dammkörper eingreifende Flügelwände wurden nicht berücksichtigt. Damit ergeben sich in der Dränage unmittelbar neben dem Bauwerk leicht erhöhte Wassermengen. Der Ansatz liegt somit auf der sicheren Seite.

10.4 Randbedingungen

Die Randbedingungen für den Ist-Zustand bei normalem Abfluss in der Schildau sind in Anlage 9.1.1 dargestellt.

An der Winkelsmühle wurde in der Schildau und im Bereich der Teiche ein Wasserstand von 176,0 mNHN angesetzt.

In der Ortslage Bornhausen am westlichen Modellrand wurde für den normalen Abfluss der Schildau ein Wasserstand von etwa 0,5 m ausgegangen und nach der in [18] angegebenen Sohlhöhe an der Fußgängerbrücke „Am Holland“ ein Wasserspiegel von 152,6 mNHN angesetzt.

Für den Lastfall „bordvoller Abfluss“ wurde an der Winkelsmühle ein Grundwasserstand in Höhe der dortigen Geländehöhe von 177,2 mNHN angesetzt und in der Ortslage an der Fußgängerbrücke gemäß [18] ein Wasserstand von 153,6 mNHN.

Die nordwestliche Modellecke liegt im Nebental der Schaller. Hier wurde der Wasserstand der Schaller in Geländehöhe (157,3 mNHN) angesetzt. Nach den Angaben in der Kartengrundlage des NIBIS-Kartenserver beim LBEG [15] und nach dem digitalen Geländemodell

[19] wurde der Wasserstand in der ehemaligen Braunkohlegrube mit 162,2 mNHN übernommen. Diese beiden Wasserstände wurden in allen Berechnungen konstant gehalten.

Nach Nordosten steigt das Gelände an und liegt weit oberhalb des Stauziels. Hier sind in zwei Archivbohrungen aus [15] Grundwasserstände in Höhe von rd. 188 bis 189 mNHN angegeben. Da hier jedoch kein durchgängiger Porengrundwasserleiter vorhanden ist, wirken sich diese Wasserstände nicht signifikant auf die Berechnungsergebnisse aus. Nach einer hier nicht dokumentierten Vergleichsrechnung wurde auf den Ansatz dieser Randbedingung verzichtet, da sie keinen signifikanten Einfluss auf die Potentiale am östlichen Ortsrand von Bornhausen hat.

Der Einstau im Becken wurde mit instationären Randbedingungen, also einer auf- und ablaufenden Hochwasserwelle im Becken berechnet. Die Füll- und Entleerungszeiten liegen mit Unterlage [20] vor. Danach steigt der Wasserspiegel im Becken innerhalb von rd. 13 Stunden auf den Vollstau an. Die Entleerung des Beckens dauert rd. 37 Stunden. Die für die Berechnungen angesetzte Staukurve ist in Abbildung 8 dargestellt.

In der Berechnung des stationären Ausgangszustands mit bordvollem Abfluss wurde am Drempeel des Auslaufbauwerks ein Wasserstand in der Schildau von 161,5 mNHN berechnet. Ausgehend von diesem Wasserstand wird eine Verschlusszeit von 18 Stunden mit Anstieg des Wassers auf die Geländehöhe am Einlauf (162,4 mNHN nach [19]) angesetzt. Danach beginnt der Einstau im Becken entsprechend der Staukurve aus [20]. Für den Vollstau wurde ein 3-tägiger Beharrungszustand festgelegt. Anschließend wird das Becken wieder entleert. Danach verbleibt das Wasser wieder auf 162,4 mNHN.

Die Potentiale wurden auf der Geländeoberfläche (oberste Systemebene) im Staubereich angesetzt. Diese Randbedingung im Becken wird durch einen programminternen Schalter nur aktiviert, wenn das Potential der Staukurve über dem jeweiligen Geländepunkt liegt.

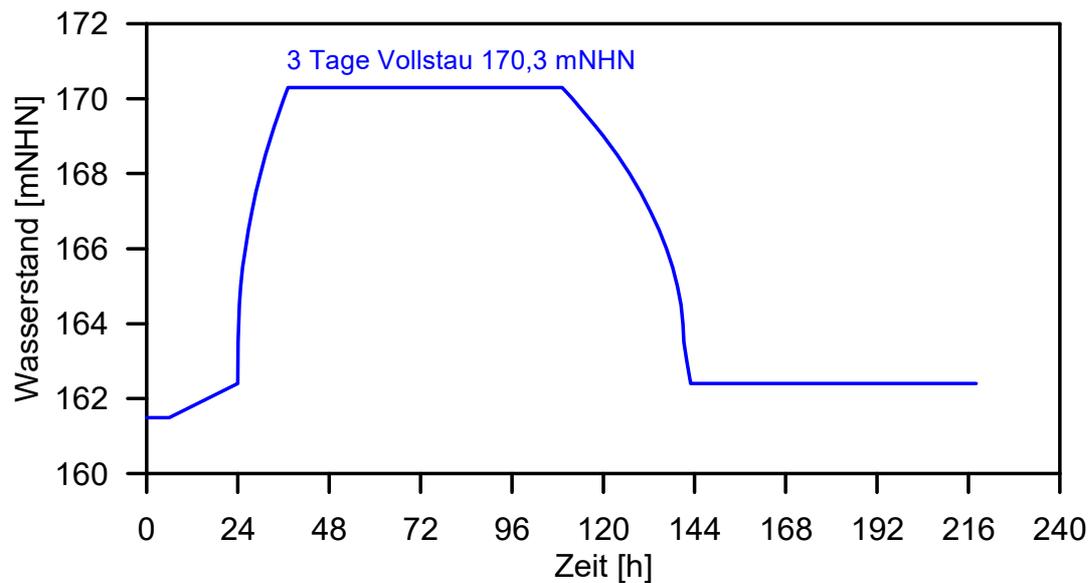


Abbildung 8: Staukurve für instationäre Berechnung (nach [20])

In der Dammfußdränage wurden die Potentiale entsprechend den Geländehöhen von 162,75 mNHN am nördlichen Damme abfallend auf 160,75 mNHN am Auslaufbauwerk angesetzt (s. auch Abbildung 7). Diese Randbedingung wird programmintern nur dann aktiviert, wenn das berechnete Potential über dem der Randbedingung liegt und sich somit eine positive Wassermenge, also eine Dränschüttung ergibt.

Da das Auslaufbauwerk quasi wasserundurchlässig modelliert und somit der Durchfluss durch die Schildau unterbunden wurde, muss die durch das Bauwerk fließende Regelabgabe durch eine Randbedingung simuliert werden. Nach der Wasserspiegellagenberechnung in [18] liegt der Wasserstand unterhalb des Auslaufbauwerks bei 161,40 mNHN. Dieser Wasserstand, der sich auch für den Ist-Zustand ergab, wird als Potential an der Luftseite des Auslaufbauwerks in der Schildau angesetzt.

10.5 Modellkalibrierung

Das Modell wird für den Ist-Zustand ohne Damm für zwei Abflussszenarien kalibriert:

1. Ist-Zustand, normaler Abfluss in der Schildau
2. Ist-Zustand, Schildau bordvoll

Die Ergebnisse der beiden Berechnungen sind in Anlage 9.2.1 und Anlage 9.2.2 als Linien gleicher Grundwasserstände (Äquipotentiallinien) dargestellt.

In beiden Berechnungen zeigt sich zwischen der 170 m und der 164 m-Grundwassergleiche ein relativ großes Grundwassergefälle im Bereich des von Norden nach Süden verlaufenden Weges im Osten der Beckenfläche. Hier sind auch in der Basis des Grundwasserleiters (Anlage 9.1.4) und an der Geländeoberfläche größere Gefälle zu verzeichnen.

In der Beckenfläche bis etwa zur Brücke „Flachsrotten“ ergibt sich ebenfalls entsprechend der Morphologie ein geringeres Grundwassergefälle. Erst in der Ortslage ist wieder ein größeres Gefälle zu erkennen.

Die Grundwasserströmung wird im Westen leicht von dem von Norden her zufließenden Grundwasser beeinflusst. Wie bei den Grundwasserstandmessungen nach Anlage 3 ergibt sich eine im Allgemeinen talabwärts gerichtete Grundwasserströmung mit einer leichten Tendenz zur Schildau hin.

Die Messdaten der sechs Grundwassermessstellen (GWM) am östlichen Ortsrand von Bornhausen in die Anlagen eingetragen. Für den normalen Abfluss in der Schildau (Anlage 9.2.1) werden die Mittelwerte der Grundwasserganglinien (Anlage 3) als Vergleichswerte herangezogen und für den bordvollen Abfluss (Anlage 9.2.2) die maximalen Grundwasserstände. Für den Lastfall „bordvoller Abfluss“ liegen aus [18] auch die Wasserspiegellagen am Standort des Auslaufbauwerks im Damm und an der Brücke „Flachsrotten“ vor. Insgesamt fügen sich die Messdaten gut in die berechneten Grundwassergleichenpläne ein.

In Tabelle 9 sind die berechneten Werte den Mittelwerten und Maxima der Messwerte gegenübergestellt. Bei den Maximalwerten ist zu beachten, dass die maximalen Grundwasserstände während des Starkregenereignisses im Mai 2013 gemessen wurden. Nach den Ganglinien in Anlage 3 sind hier besonders die höher gelegenen Messstellen deutlich von diesem Ereignis beeinflusst. Die schildaunahen Messstellen zeigen deutlich geringere Einflüsse. Dieses weist bei den Messdaten auf einen oberflächennahen, niederschlagsabhängigen Schichtenwasserzufluss hin, der in der Modellberechnung nicht erfasst wird.

Tabelle 9: Berechnungsergebnisse Ist-Zustand

Messpunkt	Normaler Abfluss		Bordvoller Abfluss	
	Mittelwert gemessen	berechnet nach Anlage 9.2.1	Maximum gemessen	berechnet nach Anlage 9.2.2
GWM 1	160,56	159,23	161,71	159,70
GWM 2	159,99	159,31	160,61	159,77
GWM 3	159,81	159,02	160,20	159,42
GWM 4	157,72	157,86	158,09	158,09
GWM 5	159,42	158,74	159,78	159,15
GWM 6	158,41	157,86	158,56	158,27
Wasserspiegel Schildau			aus [18]	berechnet nach Anlage 9.2.2
Damm	—	—	161,40	161,36
Flachsrotten	—	—	159,77	160,48

10.6 Endzustand mit Damm

10.6.1 Grundwasserstände

Als Ausgangszustand für die instationäre Berechnung wird der Lastfall „Schildau bordvoll“ entsprechend Anlage 9.2.2 gewählt. Die Berechnung dieses Ausgangszustands erfolgte am System mit Damm und Auslaufbauwerk unter Ansatz der gleichen Randbedingungen wie für den Ist-Zustand in Anlage 9.2.2. Lediglich am „undurchlässigen“ Auslaufbauwerk wurden die im Ist-Zustand freien Wasserstände in der Schildau durch Potentialrandbedingungen substituiert; oberhalb des Bauwerks 161,5 mNHN und unterhalb 161,4 mNHN (s. auch Abschnitt 10.4). Die Berechnung dieses stationären Ausgangszustands ergab die gleiche Potentialverteilung wie in Anlage 9.2.2, so dass eine erneute Darstellung der Grundwassergleichen entfällt.

Im Becken wurde die Staukurve nach Abbildung 8 angesetzt. Die Auswertung erfolgt in Anlage 9.3.1 bis Anlage 9.4.4 für vier Zeitpunkte:

- t = 38 h: Vollstau erreicht
- t = 109 h: Ende Vollstau
- t = 144 h: Becken entleert
- t = 216 h: Becken entleert + 3 Tage

Anlage 9.3.1 bis Anlage 9.3.4 zeigen die Linien gleicher Grundwasserstände analog zu den Darstellungen für den Ist-Zustand. Dargestellt sind die Potentiale im Grundwasserleiter.

In der Beckenfläche steigen die Potentiale im Grundwasser langsam an. Unter dem Damm ist dagegen nur eine geringe Veränderung der Potentiale zu beobachten. Die 162 m-Grundwassergleiche verschiebt sich im Laufe der Berechnungen vom wasserseitigen Dammfuß bei t = 38 h (Anlage 9.3.1) nur bis zum luftseitigen Dammfuß zum Ende des Vollstau bei t = 19 h (Anlage 9.3.2).

Der Zufluss zum Grundwasserleiter erfolgt primär über die Gewässersohle. Der Einstau auf dem geringer durchlässigen Auelehm erzeugt nicht sofort ein entsprechendes Potential im darunter liegenden Grundwasserleiter. Damit sind die Potentiale im Grundwasserleiter nicht identisch mit dem Stauziel im Becken (170,3 mNHN).

In Anlage 9.3.5 ist die Potentialverteilung in der 3D-Ansicht in einem Schnitt entlang des wasserseitigen Dammfußes dargestellt. Auf der linken Seite ist der Zustrom durch das Gewässerbett der Schildau zu erkennen. Auf der rechten Seite sind im Grundwasserleiter noch weitgehend die Potentiale des Anfangszustands vorhanden. Hier kommt es zu einer senkrechten Durchströmung des Auelehms, in dem die Potentialdifferenz vom Becken zum Grundwasserleiter abgebaut wird.

In größerer Entfernung zum Damm wirkt sich der Einstau in der Talsperre nicht mehr oder nur noch vernachlässigbar auf die Grundwasserstände aus. In Anlage 9.3.6 sind die Ganglinien des Wasserstands in der Talsperre und der Grundwasserstände in den Grundwassermeßstellen GWM 1 bis 3 am Ostrand von Bornhausen aufgetragen. Die Grundwasserstände an diesen Positionen verändern sich während des Einstaus nur im Millimeterbereich. Diese Veränderungen sind gegenüber den natürlichen Grundwasserstandsschwankungen (s. Anlage 3) vernachlässigbar klein.

10.6.2 Wassermengen

Wie oben beschrieben, wurden in der Schildau an der Winkelmühle und am westlichen Modellrand von Bornhausen sowie in der nordwestlichen Modellecke im Nebental der Schaller in der ehemaligen Braunkohlegrube feste Wasserstände als Randbedingungen angesetzt. Mit dem Einstau in der Talsperre wird Wasser in das System eingespeist und die Gesamtwassermenge verändert sich. Um die Kontinuitätsbedingung einzuhalten, müssen sich somit die Wassermengen an den Knoten mit den Randbedingungen verändern.

Eine Auswertung der Wassermengen in der Schaller und in der Braunkohlengrube zeigt, dass an diesen Punkten geringe Wassermengen dem Berechnungssystem zufließen. Das entspricht der Beobachtung der Grundwasserstandsmessungen (s. Abschnitt 5.3), wonach Grundwasser von Norden in Richtung Schildau fließt. Die Wassermengen in beiden Randbedingungen sind über den gesamten Rechenlauf konstant. Das heißt, dass diese Punkte im Modell (und in der Natur) unbeeinflusst vom Wasserstand in der Talsperre sind.

An der Winkelmühle fließt Wasser über die Schildau zu. In der Ortslage Bornhausen fließt Wasser ab. In Abbildung 9 sind die prozentualen Veränderungen der Wassermengen im Zulauf (Winkelmühle) und im Ablauf (Bornhausen, Im Holland) dargestellt. Im oberen Teil des Diagramms ist die Staukurve aufgetragen.

Im Zulauf an der Winkelmühle ergeben sich mit Beginn des Einstaus im Becken geringfügig niedrigere Zuflüsse. Die Abweichung ist kleiner als 1 %.

Im Ablauf der Schildau ergeben sich mit dem Einstau im Becken zwangsläufig größere Wassermengen. Der Abfluss folgt der Staukurve nur zeitverzögert. Das ist plausibel, da die im Becken zufließende Wassermenge erst den Grundwasserleiter passieren muss, um dann über die Schildau abzufließen.

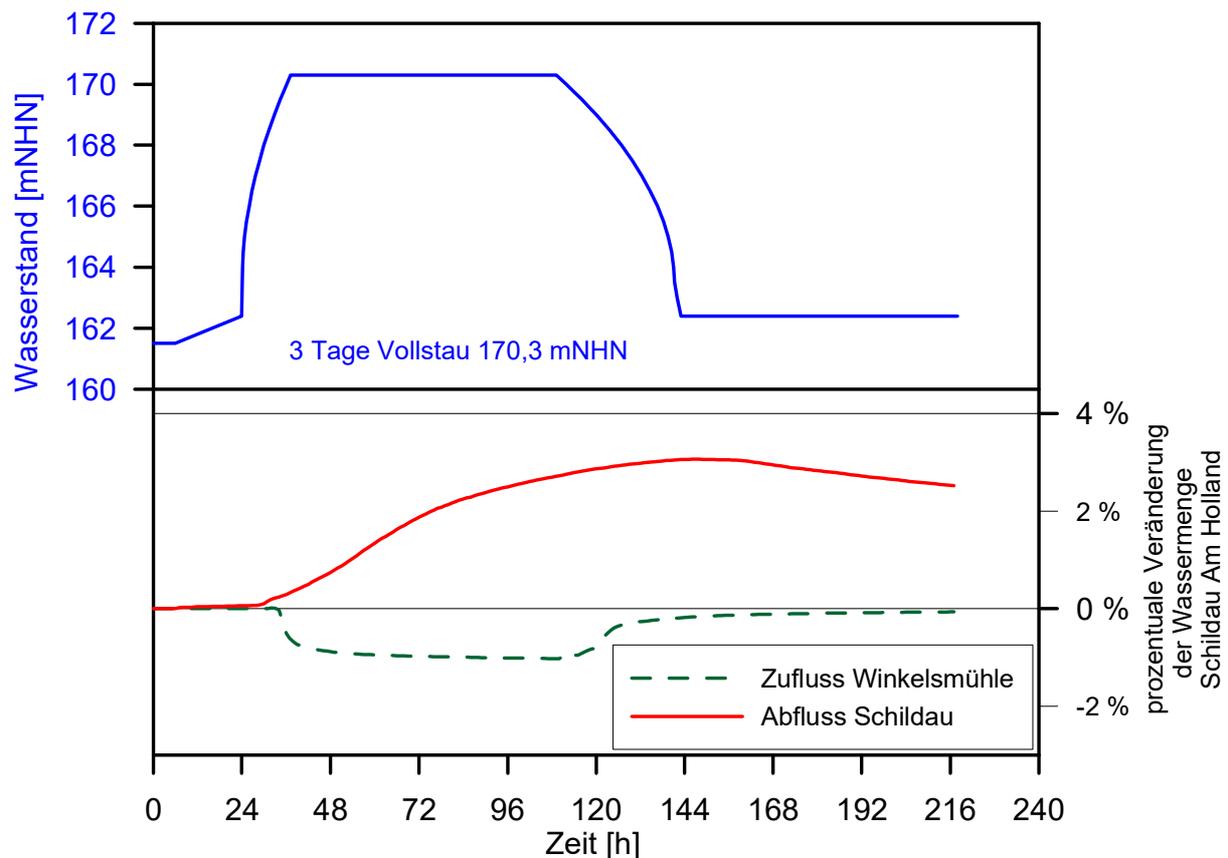


Abbildung 9: Staukurve und Veränderung der Wassermengen an den Randbedingungen

10.6.3 Wassermengen in der Dränage

In der Dammfußdränage fallen zeitabhängig unterschiedliche Wassermengen an. Die maximalen Wassermengen ergeben sich zum Ende des Vollstaus. Die Gesamtwassermenge in der Dränage beträgt zu diesem Zeitpunkt $95 \text{ m}^3/\text{h}$ auf einer Länge von 300 m. Die lokal größten Wassermengen ergeben sich neben dem Auslaufbauwerk mit rd. $1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{Lfd. m}$ auf 50 m Länge.

10.6.4 Sensitivitätsanalyse Fehlstelle im Auelehm in der Beckenfläche

Anlage 2.17 zeigt die Mächtigkeit der Auelehmdeckschicht im Untersuchungsgebiet. In der Beckenfläche wurden Schichtdicken des Auelehms von mindestens 1 m festgestellt.

Um den Einfluss möglicherweise dennoch vorhandener Fehlstellen in der Deckschicht zu untersuchen wurde in Abstimmung mit dem Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG) eine $50 \text{ m} \times 300 \text{ m}$ große Fehlstelle modelliert, die 50 m vom Dammfuß entfernt liegt. Dabei handelt es sich um eine worst-case-Betrachtung.

Die Berechnung wurde wiederum mit der Staukurve nach Abbildung 8 durchgeführt. Die Auswertung erfolgt in Anlage 9.4.1 bis Anlage 9.4.4 für vier Zeitpunkte:

- $t = 38$ h: Vollstau erreicht
- $t = 109$ h: Ende Vollstau
- $t = 144$ h: Becken entleert
- $t = 216$ h: Becken entleert + 3 Tage

Unterhalb der Fehlstelle ist mit dem Einstau im Becken infolge der Infiltration ein deutlicher Anstieg der Potentiale im Grundwasserleiter zu erkennen. Luftseitig des Damms verändern sich die Potentiale jedoch kaum. Die 160 m-Grundwassergleiche am östlichen Ortsrand von Bornhausen verändert ihre Position kaum. Im Bereich der Bebauung ist nur ein geringfügiger Anstieg der Grundwasserstände um wenige Zentimeter zu erwarten, wie anhand der Ganglinien in Anlage 9.4.5 zu erkennen ist. Dieser Anstieg liegt innerhalb der natürlichen Grundwasserstandsschwankungen (vgl. Anlage 3) und ist vernachlässigbar.

10.6.5 Qualmwasser

Die Qualmwassermengen im Gelände am luftseitigen Dammfuß wurden am vertikal ebenen System in Anlage 7.1 für den stationären Fall, also einem unendlich langen Einstau im Becken, ermittelt. Danach treten auf einem 25 m breiten Streifen am Dammfuß pro Tag weniger als $0,5 \text{ m}^3/\text{d}/\text{lf}d.$ m Wasser aus. Mit Qualmwasseraustritten ist nur in den tiefer liegenden Flächen nahe der Schildau zu rechnen. In den höher liegenden Flächen tritt kein Qualmwasser aus.

Aus der instationären Berechnung am dreidimensionalen Modell ergeben sich auch am Ende des Einstaus noch keine Qualmwasseraustritte am Dammfuß.

11 Zusammenfassung

Für die geplante Talsperre östlich von Bornhausen wurden grundbautechnische Untersuchungen durchgeführt.

Die Untersuchungen ergaben, dass im Bereich des geplanten Beckens junge Lockergesteine (Schluffe) über einem Grundwasserleiter aus Kies und dem tonig ausgebildeten Verwitterungshorizont des Buntsandsteins auftreten. Zur Tiefe hin ist Sandstein und Tonstein zu

erwarten. Grundwasser steht geländenah abhängig von den Wasserständen in der Schildau an.

Die anstehenden Böden sind ausreichend tragfähig. Das Auslaufbauwerk kann flach gegründet werden. Zur Trockenhaltung der Baugrube wird eine Dichtungsspundwand empfohlen, die in den verlehnten Verwitterungshorizont des Festgesteins einbindet. Zur Begrenzung der Rammtiefe sollte die Dichtungsspundwand in die Baugrubenböschung eingebunden werden. Nicht durchströmte Baugrubenböschungen können mit Neigungen von 1 : 1,5 ausgebildet werden.

Nachweise zum Materialtransport und zur konzentrierten Durchströmung entlang der Bauwerksgrenzen ergaben ohne weitere Maßnahmen keine ausreichenden Sicherheiten. In den Damm müssen Querspundwände als Umläufigkeitssperre einbinden.

Der Damm wird als 3-Zonen-Damm hergestellt. Für alle maßgebenden Lastfälle wurden die Potentialverteilungen im Damm und im Untergrund ermittelt. Die erdstatischen Nachweise für den Damm werden geführt. Der Damm ist standsicher. Nachweise zum Materialtransport und zur Lagesicherheit des Bodens am Dammfuß werden erbracht. Hinweise zu weiteren grundbautechnischen Maßnahmen werden gegeben.

Für die Steilböschung südlich der Schildau kann im kritischen Lastfall der schnellstmöglichen Wasserspiegelabsenkung eine ausreichende Sicherheit nachgewiesen werden.

Die Auswirkungen des Beckenbetriebs auf die Grundwasserstände in der Umgebung wurden durch eine dreidimensionale Modellrechnung untersucht. Danach bleiben die Grundwasserstände im Bereich der Bebauung am östlichen Ortsrand von Bornhausen auch bei Einstau im Becken weitgehend unverändert. Die einstaubedingten Grundwasserstandsschwankungen betragen nur wenige Zentimeter und liegen innerhalb der natürlichen

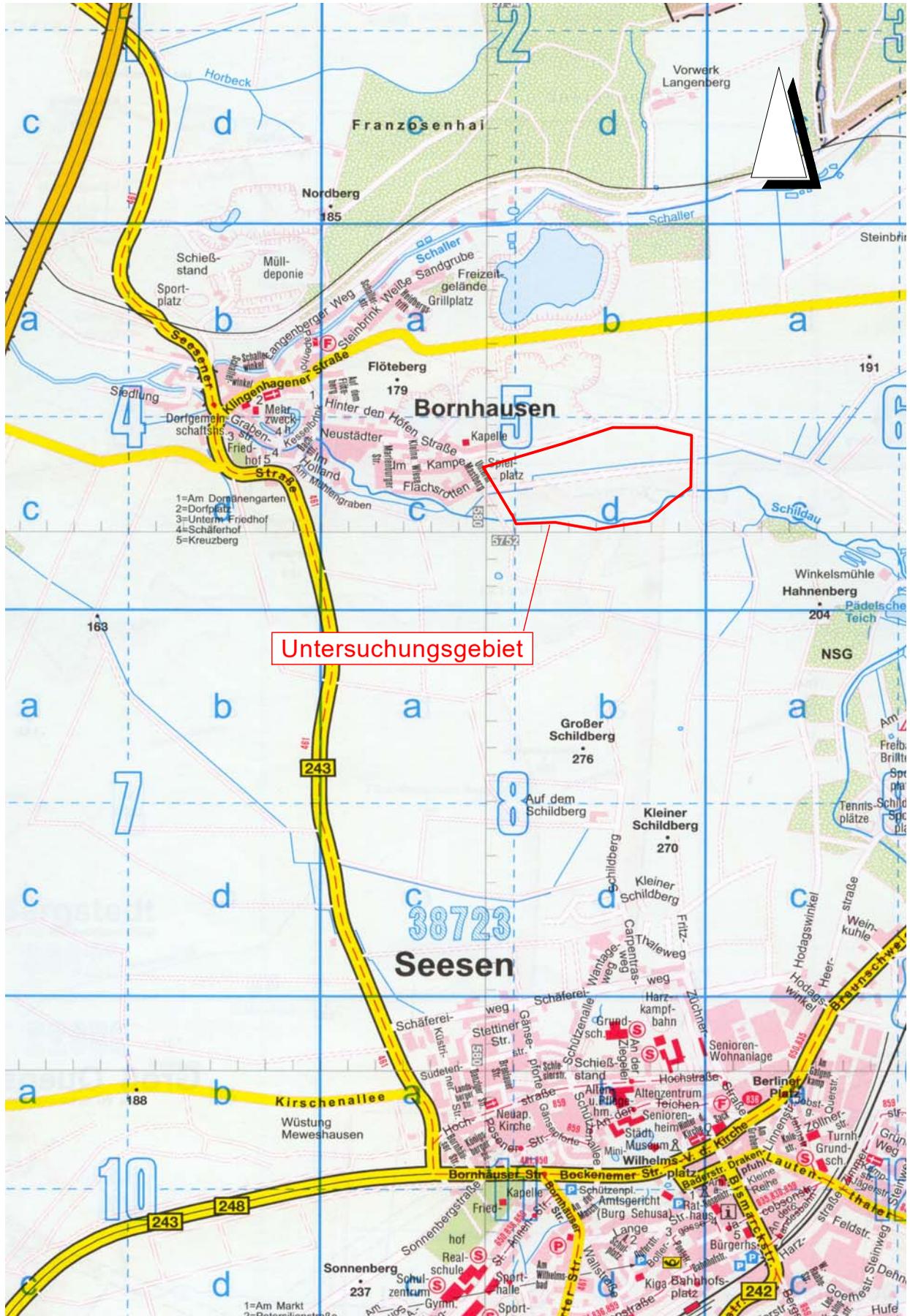
Zur Beweissicherung wurden am östlichen Ortsrand von Bornhausen Grundwassermessstellen eingerichtet. Die Grundwasserstände sind monatlich zu messen. Im Hochwasserfall ist das Messintervall auf tägliche Messungen zu verdichten. Dieses muss bis zwei Wochen nach Ablauf der Hochwasserwelle bzw. Ende des Einstaus im Becken beibehalten werden.

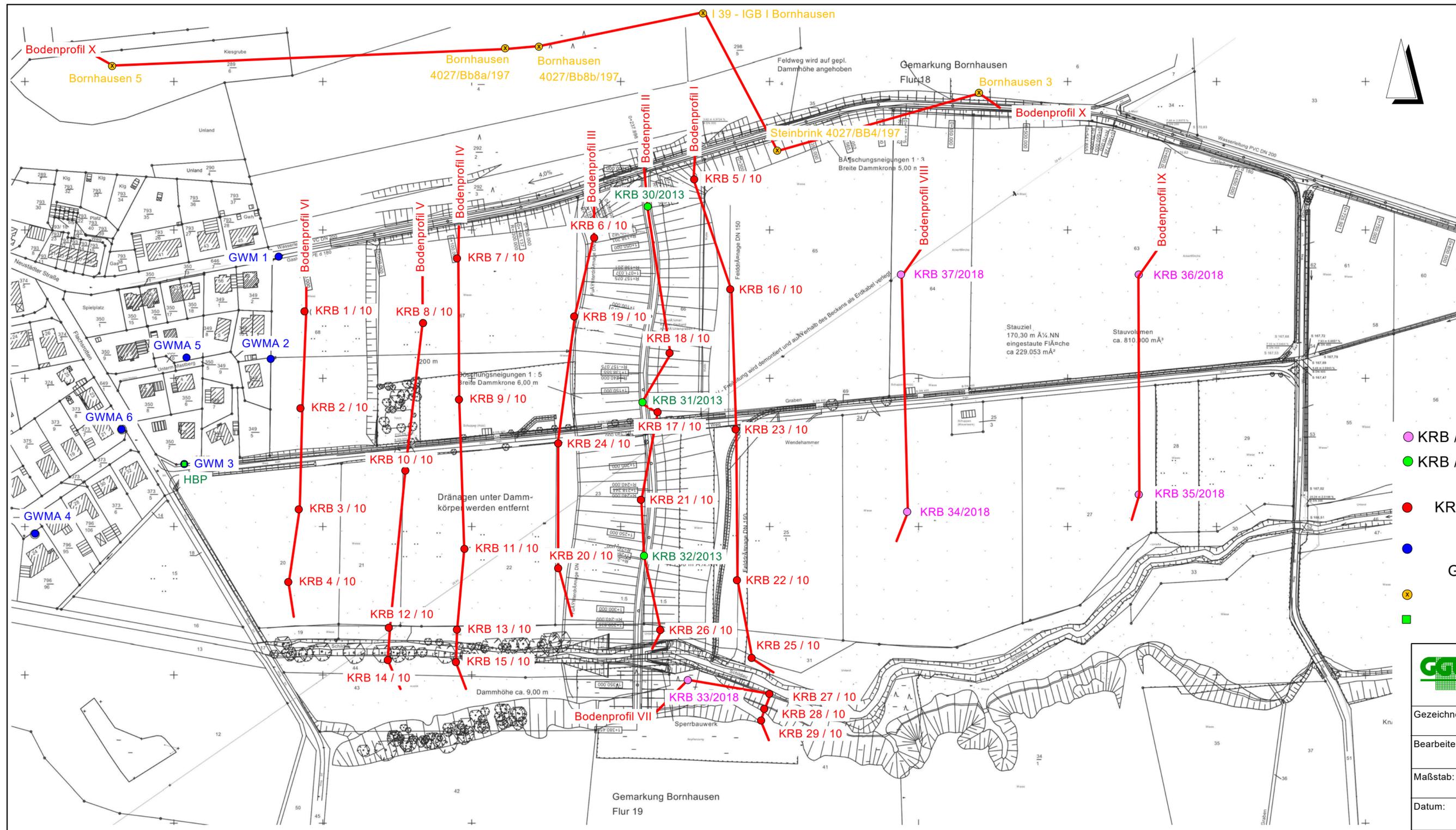

Dr.-Ing. C. Stoewahse




Übersichtslageplan

Maßstab 1 : 20000





- KRB / 2018 = Kleinrammbohrung (KRB 80 nach DIN EN ISO 22475-1)
- KRB / 2013 = Kleinrammbohrung (KRB 36/60 nach DIN EN ISO 22475-1) (übernommen aus GGU-Bericht 6274.2 / 2013)
- KRB / 10 = Kleinrammbohrung (KRB 36/60 nach DIN EN ISO 22475-1) (übernommen aus GGU-Bericht 6274 / 2010)
- GWM = Grundwassermessstelle
- GWMA = Grundwassermessstelle Anlieger
- x = Bohrung aus LBEG
- HBP = Höhenbezugspunkt ROK GWM 3 (160,52 mNN)

 Gesellschaft für Grundbau und Umwelttechnik mbH Am Hafen 22 38112 Braunschweig Tel.: 0531 / 312895		Bornhausen Hochwasserrückhaltebecken	
Gezeichnet:	Mü	Lageplan	
Bearbeiter:	NR		
Maßstab:	1 : 2000		
Datum:	18.01.2019	Bericht Nr.:	6274.9/2020
		Anlage Nr.:	1.2

Bornhausen Hochwasserrückhaltebecken

Bericht: 6274.9/2020

Anlagen 1.3

Detailplan Auslaufbauwerk

Bornhausen Hochwasserrückhaltebecken

Bericht: 6274.9/2020

Anlagen 1.4

Schnitt Damm

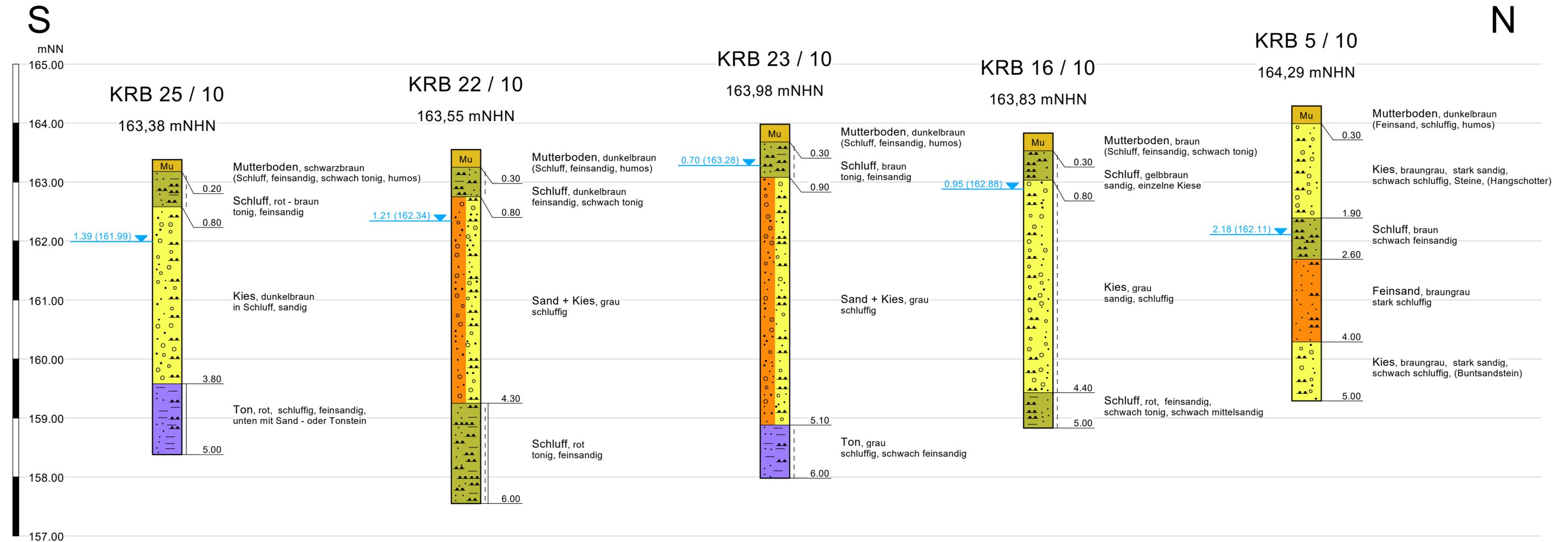
Konsistenzen:

- ▬ halbfest
- ▬ steif - halbfest
- ▬ steif

Bodenprofil I

Maßstab d. H. 1 : 50

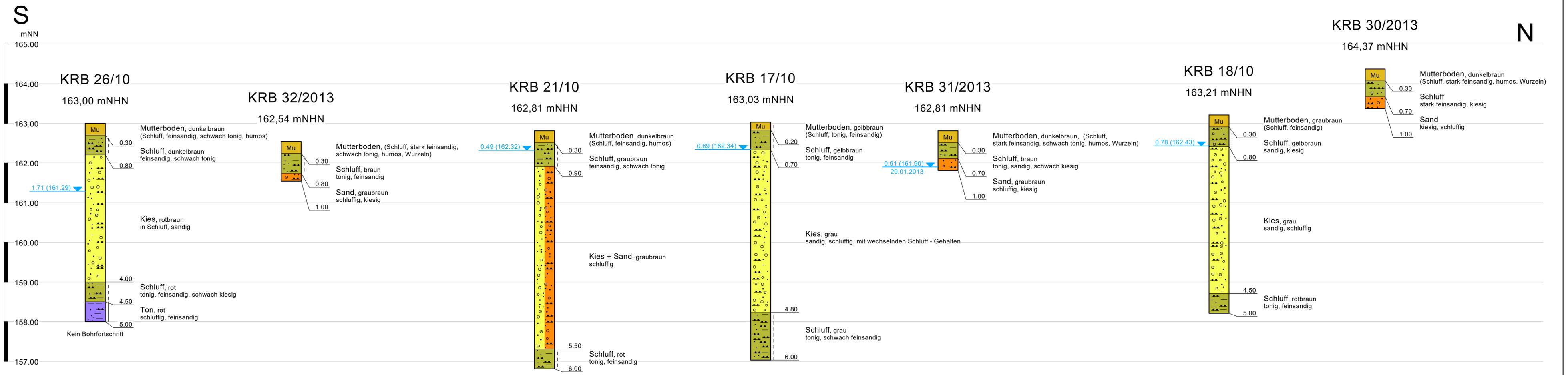
KRB / 10 = Kleinrammbohrung (KRB 36/60 nach DIN EN ISO 22475-1)
(übernommen aus GGU - Bericht 6274 / 10)



Konsistenzen:
 | halbfest
 | steif

Bodenprofil II
 Maßstab d. H. 1 : 50

KRB/2013 = Kleinrammbohrung (KRB 80 nach DIN EN ISO 22475-1)
 (übernommen aus GGU - Bericht 6274.2/2013)
 KRB / 10 = Kleinrammbohrung (KRB 36/60 nach DIN EN ISO 22475-1)
 (übernommen aus GGU - Bericht 6274 / 10)



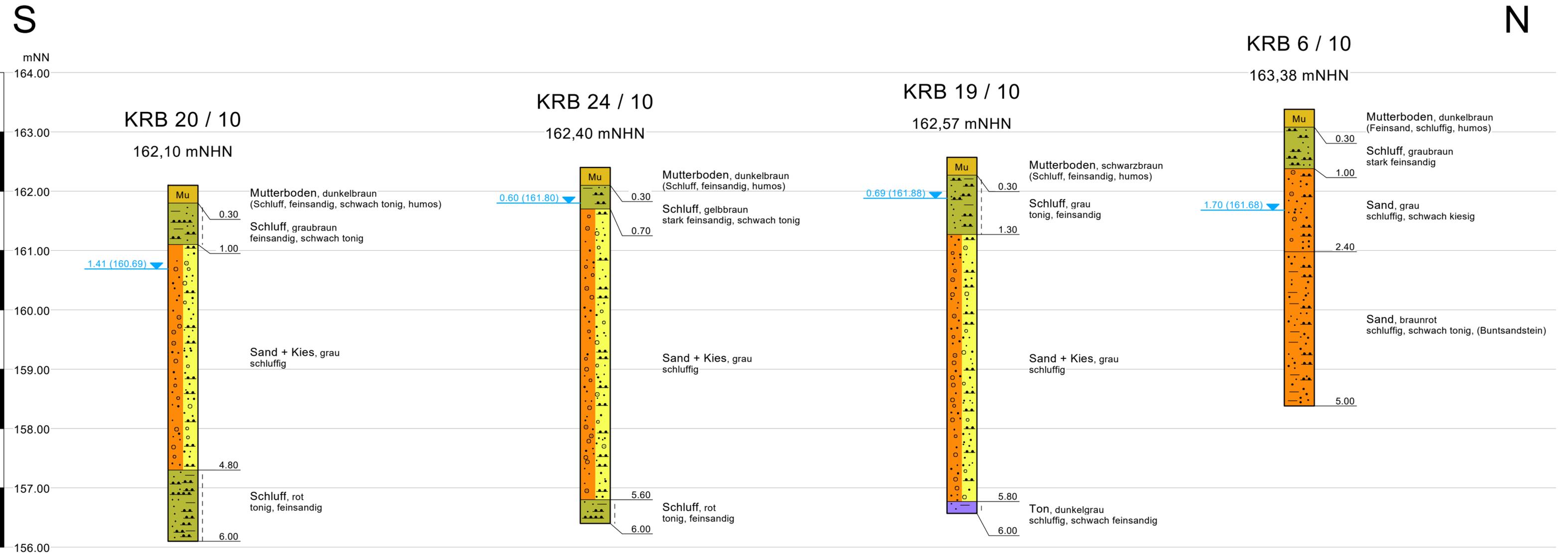
Konsistenzen:

steif

Bodenprofil III

Maßstab d. H. 1 : 50

KRB / 10 = Kleinrammbohrung (KRB 36/60 nach DIN EN ISO 22475-1)
(übernommen aus GGU - Bericht 6274 / 10)



Konsistenzen:

steif



Bornhausen
Hochwasserrückhaltebecken

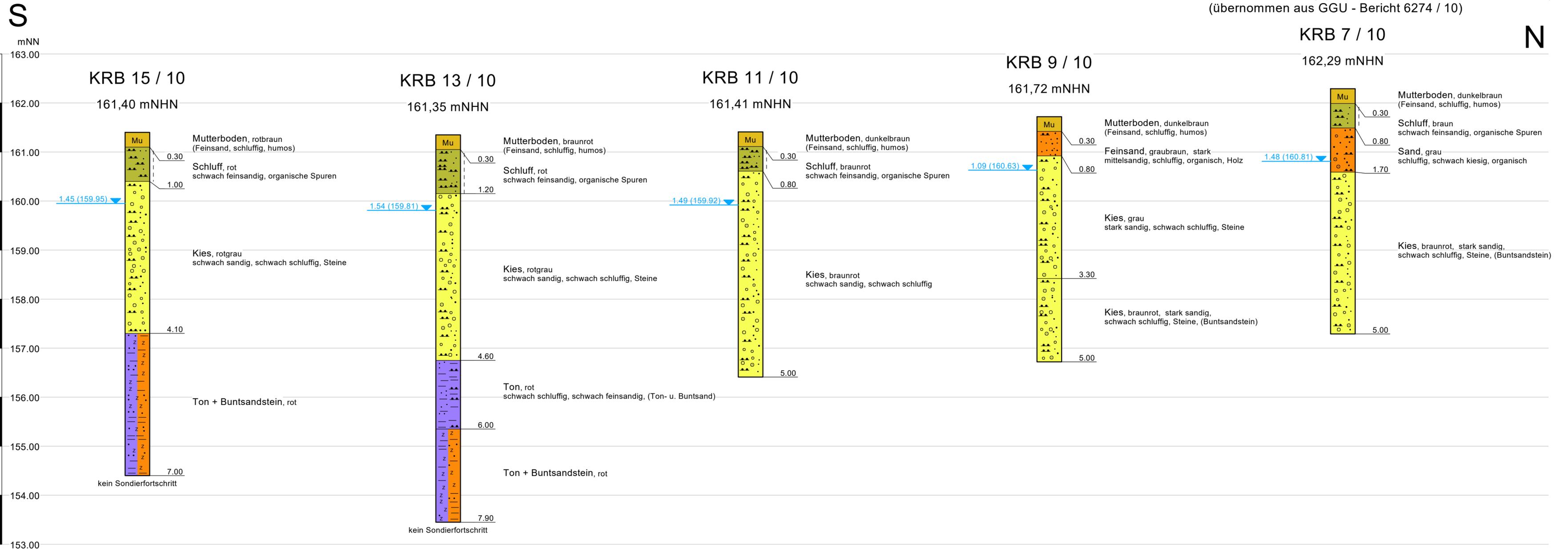
Bericht Nr. 6274.9/2020

Anlage Nr. 2.4

Bodenprofil IV

Maßstab d. H. 1 : 50

KRB / 10 = Kleinrammbohrung (KRB 36/60 nach DIN EN ISO 22475-1)
(übernommen aus GGU - Bericht 6274 / 10)



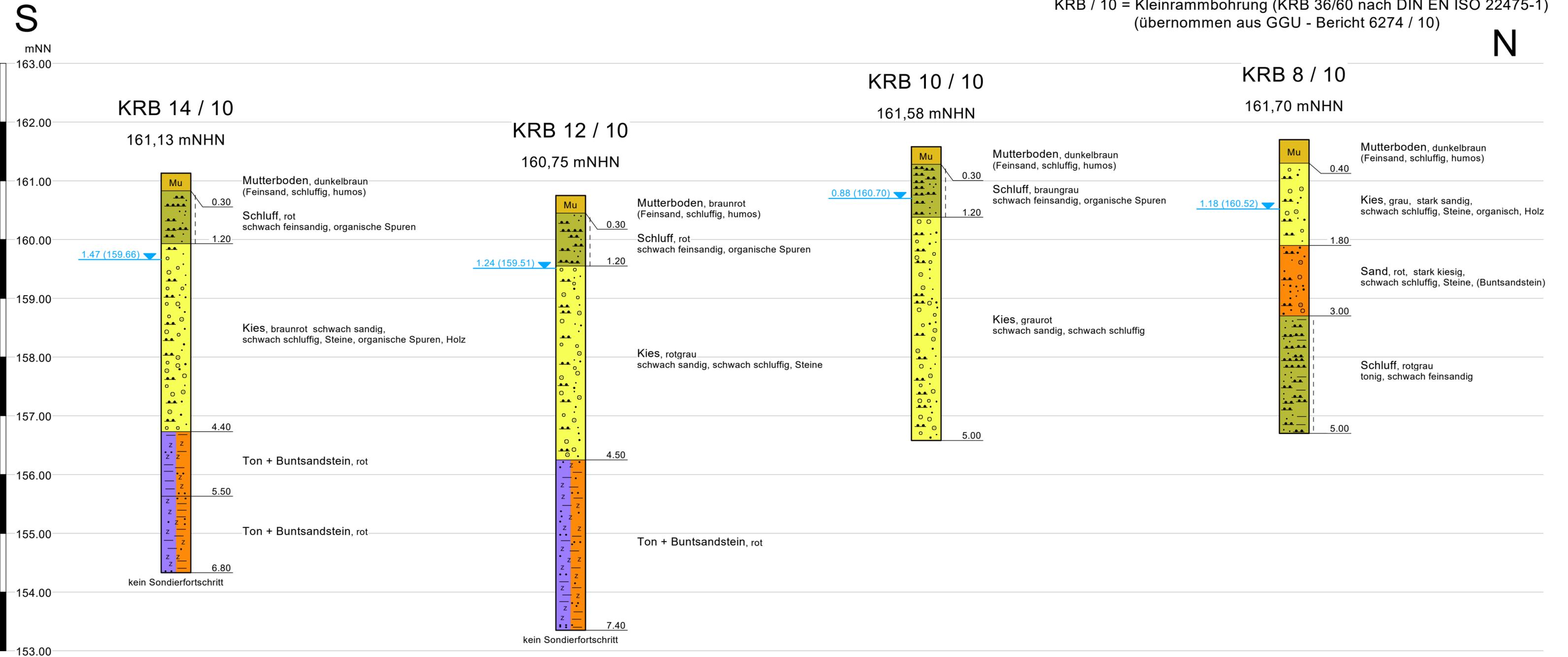
Konsistenzen:

steif

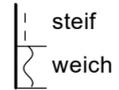
Bodenprofil V

Maßstab d. H. 1 : 50

KRB / 10 = Kleinrammbohrung (KRB 36/60 nach DIN EN ISO 22475-1)
(übernommen aus GGU - Bericht 6274 / 10)



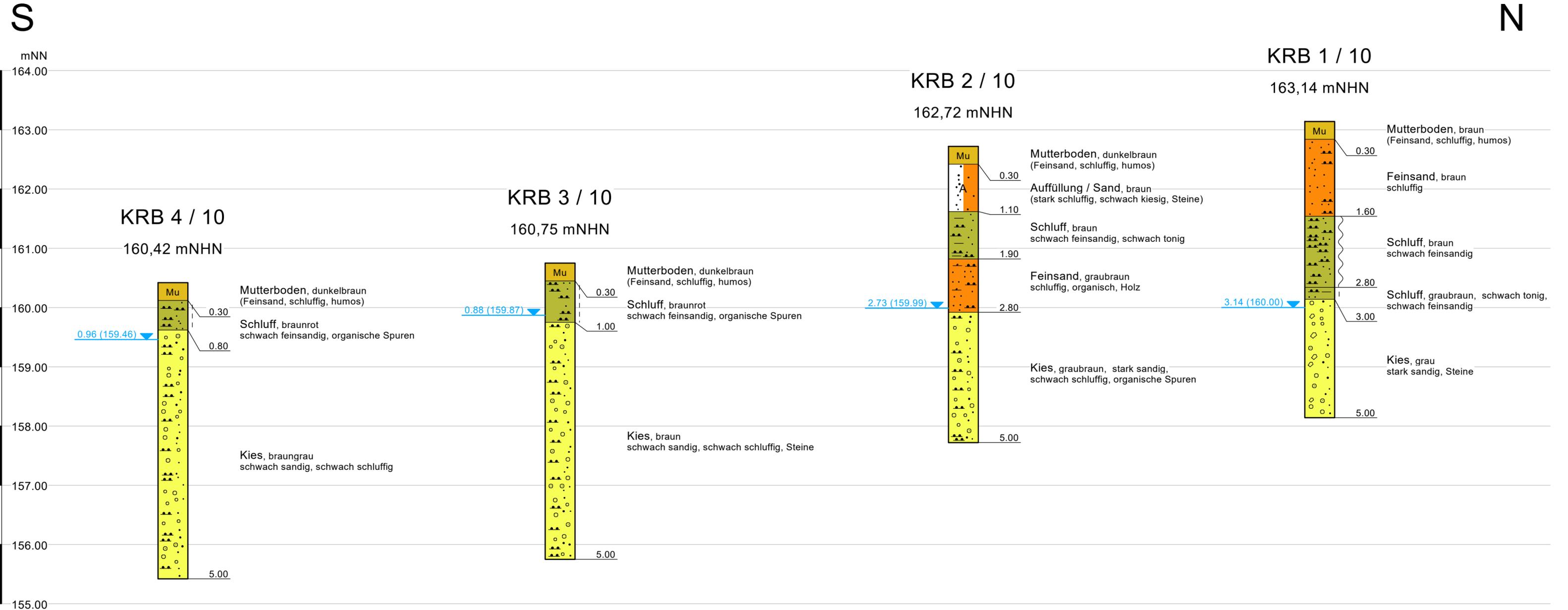
Konsistenzen:



Bodenprofil VI

Maßstab d. H. 1 : 50

KRB / 10 = Kleinrammbohrung (KRB 36/60 nach DIN EN ISO 22475-1)
(übernommen aus GGU - Bericht 6274 / 10)



Konsistenzen:

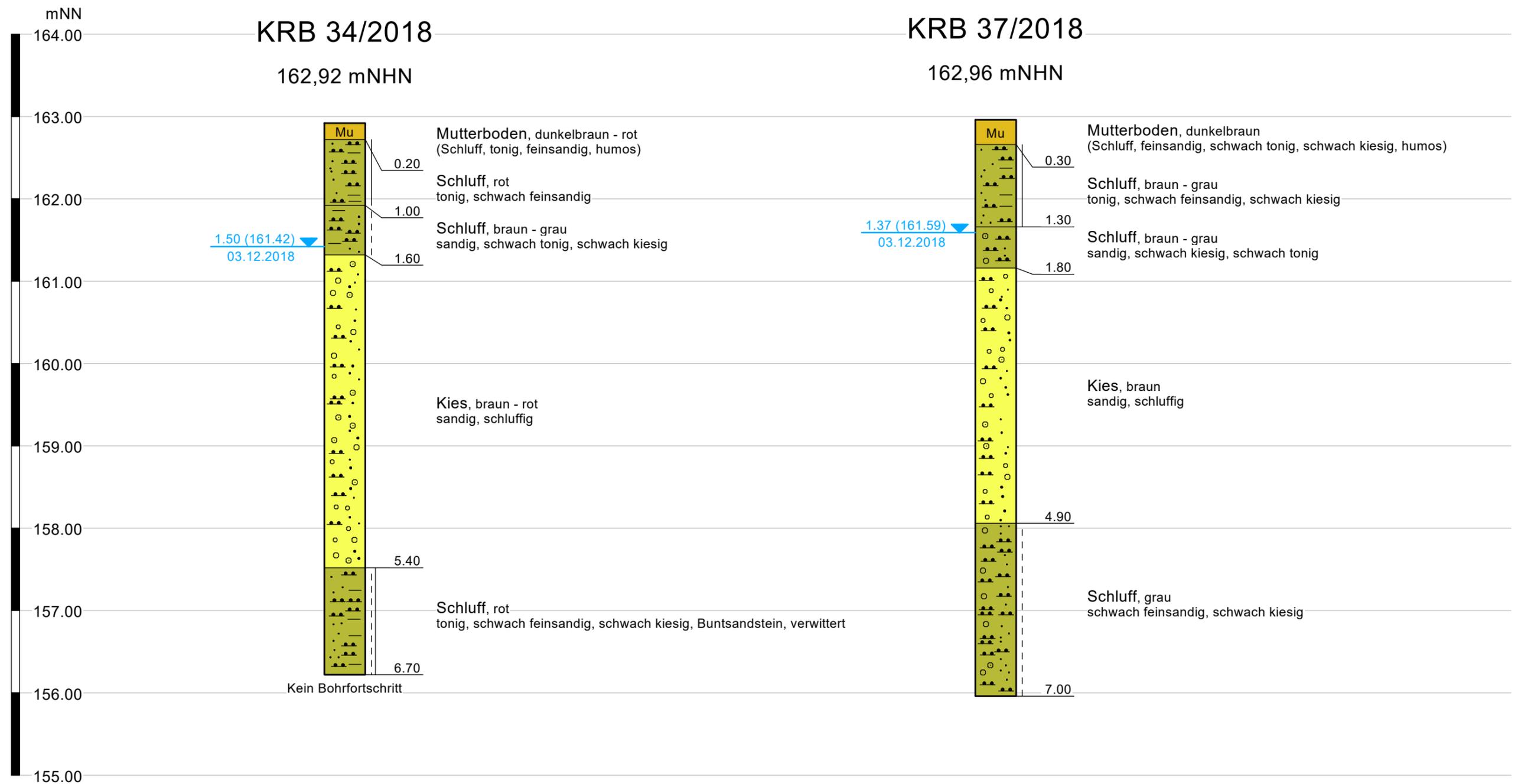
- ▬ halbfest
- ▬ steif - halbfest
- ▬ steif

Bodenprofil VIII
Maßstab d. H. 1 : 50

KRB = Kleinrammbohrung (KRB 36/60 nach DIN EN ISO 22475-1)

S

N



Konsistenzen:

- ▬ halbfest
- ▬ steif - halbfest
- ▬ steif

Bodenprofil IX

Maßstab d. H. 1 : 50

KRB = Kleinrammbohrung (KRB 36/60 nach DIN EN ISO 22475-1)

KRB 36/2018

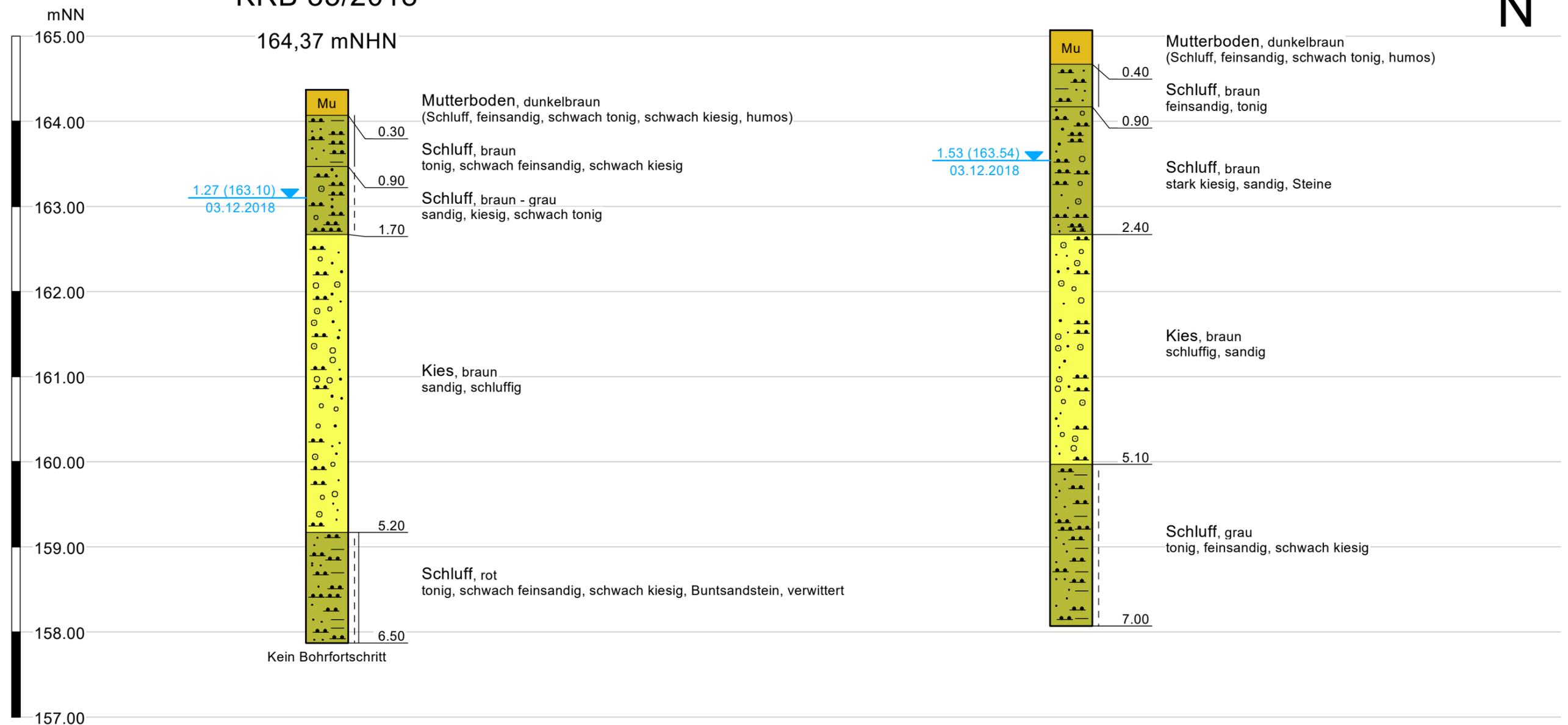
165,07 mNHN

S

KRB 35/2018

164,37 mNHN

N



Konsistenzen:

||| halbfest

GGU Gesellschaft für Grundbau
und Umwelttechnik mbH
Am Hafen 22
38112 Braunschweig
Tel.: 0531 / 312895

Bornhausen
Hochwasserrückhaltebecken

Bericht Nr. 6274.9/2020

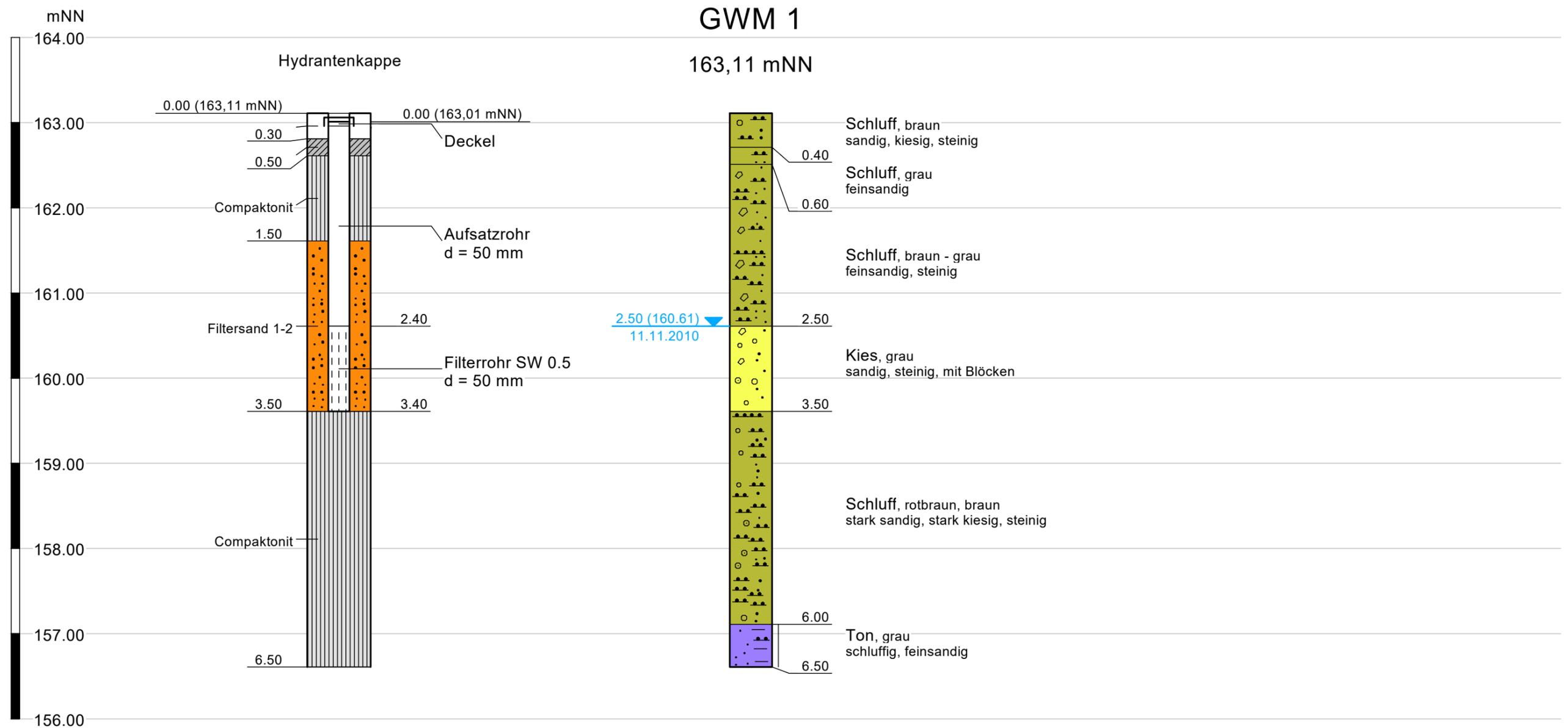
Anlage Nr. 2.11

Bodenprofil (GWM 1)

Maßstab d. H. 1 : 50

GWM = Grundwassermessstelle (Fa. Kressebuch GmbH)

Übernommen aus GGU - Bericht 6274 / 10



Konsistenzen:

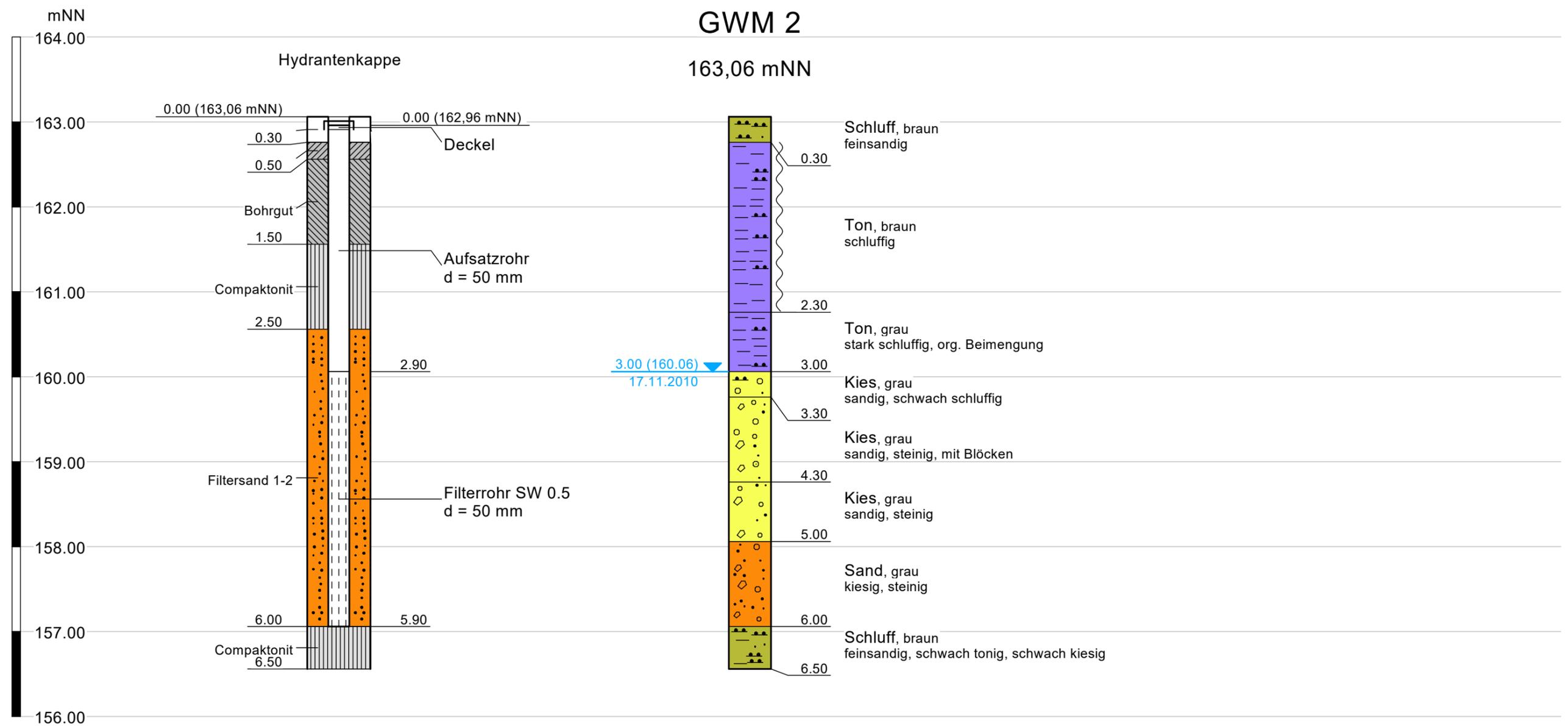
weich

Bodenprofil (GWM 2)

Maßstab d. H. 1 : 50

GWM = Grundwassermessstelle (Fa. Kressebuch GmbH)

Übernommen aus GGU - Bericht 6274 / 10

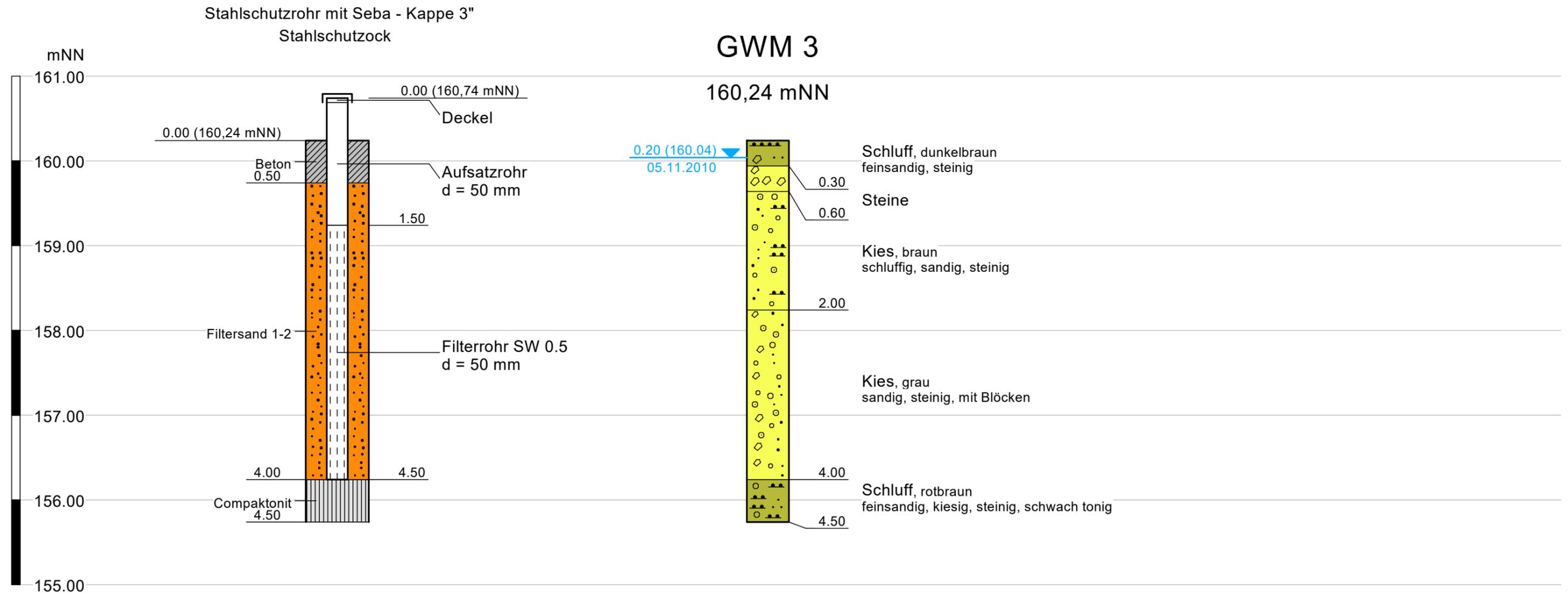


Bodenprofil (GWM 3)

Maßstab d. H. 1 : 50

GWM = Grundwassermessstelle (Fa. Kressebuch GmbH)

Übernommen aus GGU - Bericht 6274 / 10



Bodenprofil (GWM 4)

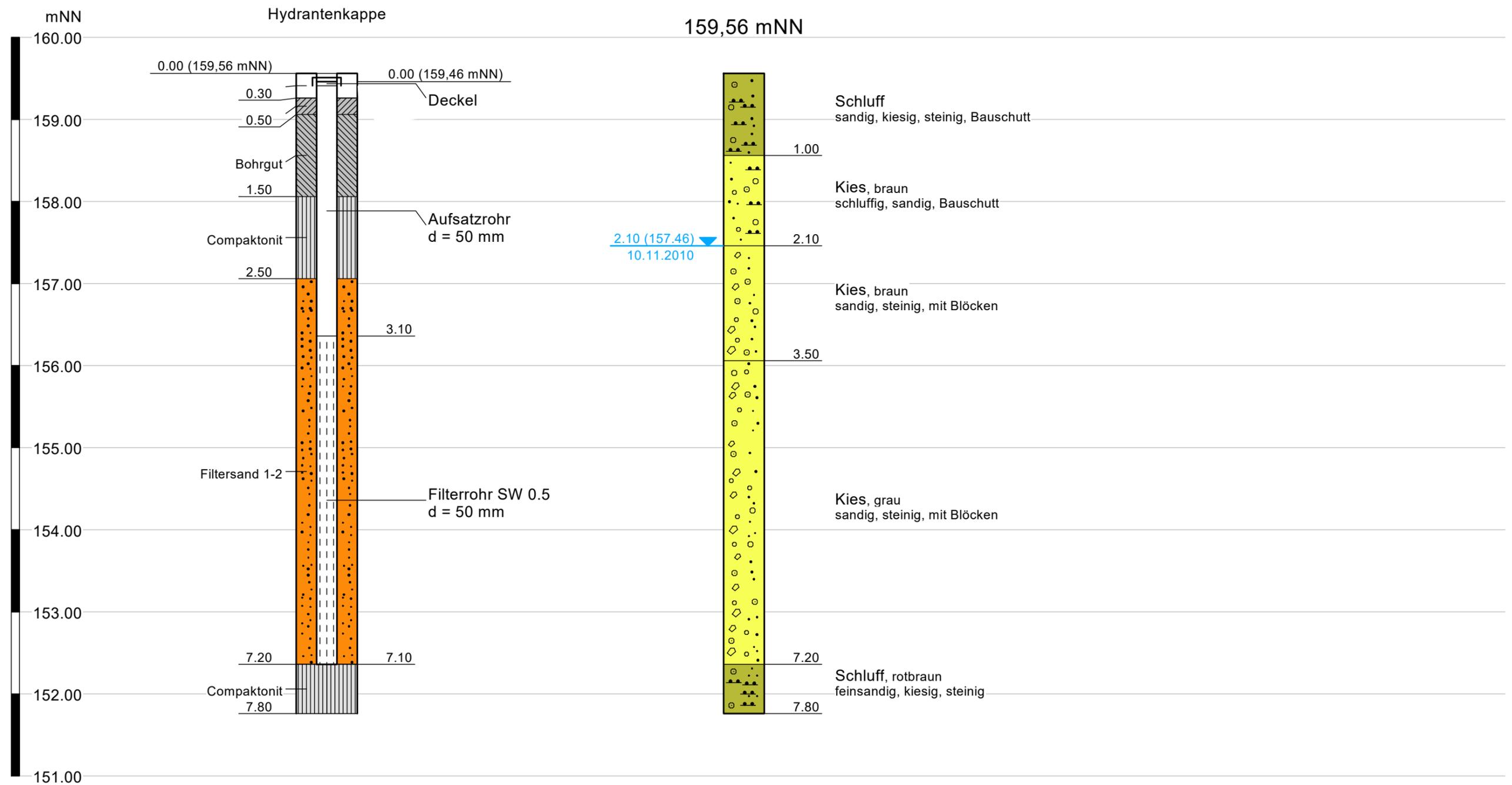
Maßstab d. H. 1 : 50

GWM = Grundwassermessstelle (Fa. Kressebuch GmbH)

Übernommen aus GGU - Bericht 6274 / 10

GWM 4

159,56 mNN



Konsistenzen:

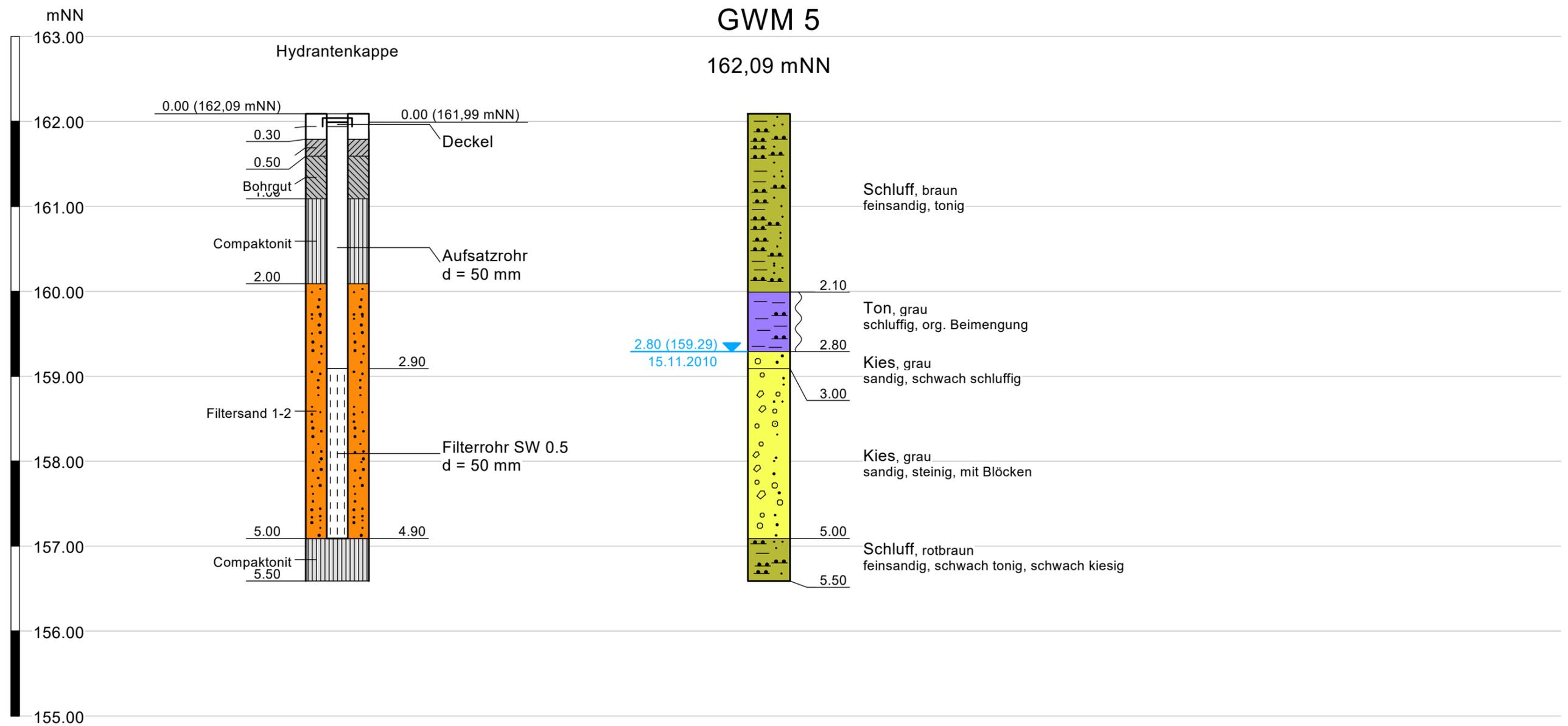
weich

Bodenprofil (GWM 5)

Maßstab d. H. 1 : 50

GWM = Grundwassermessstelle (Fa. Kressebuch GmbH)

Übernommen aus GGU - Bericht 6274 / 10

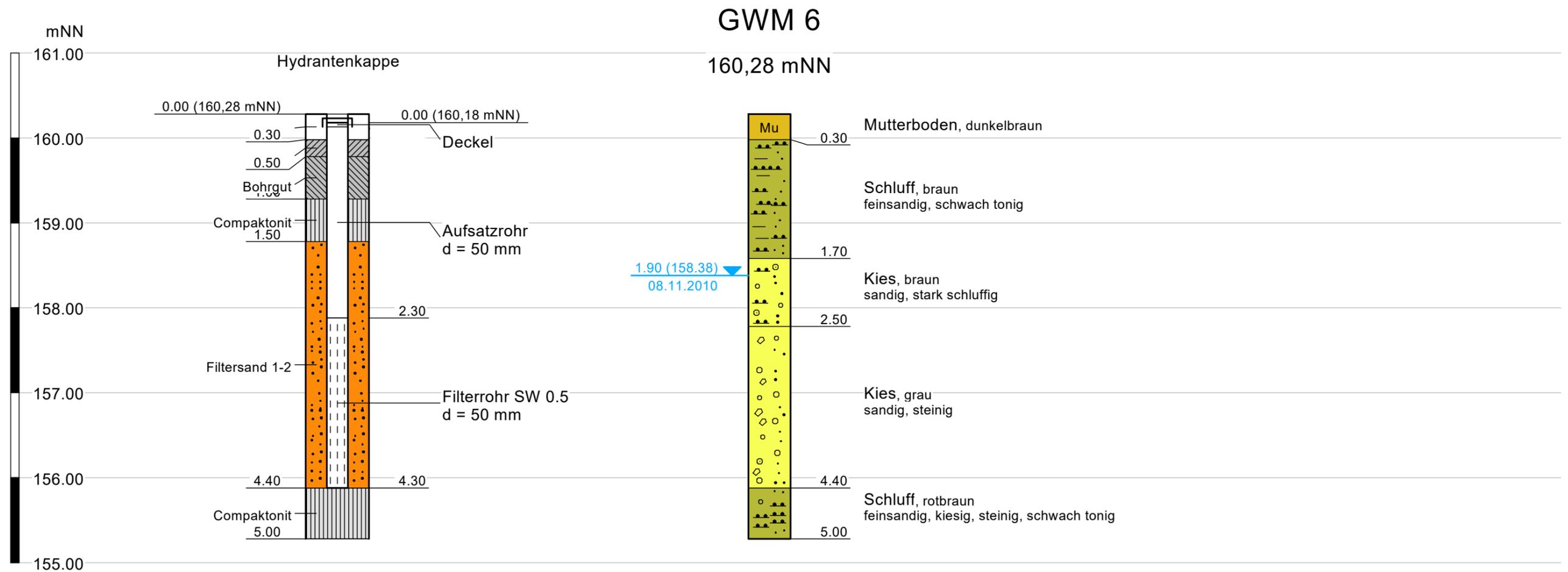


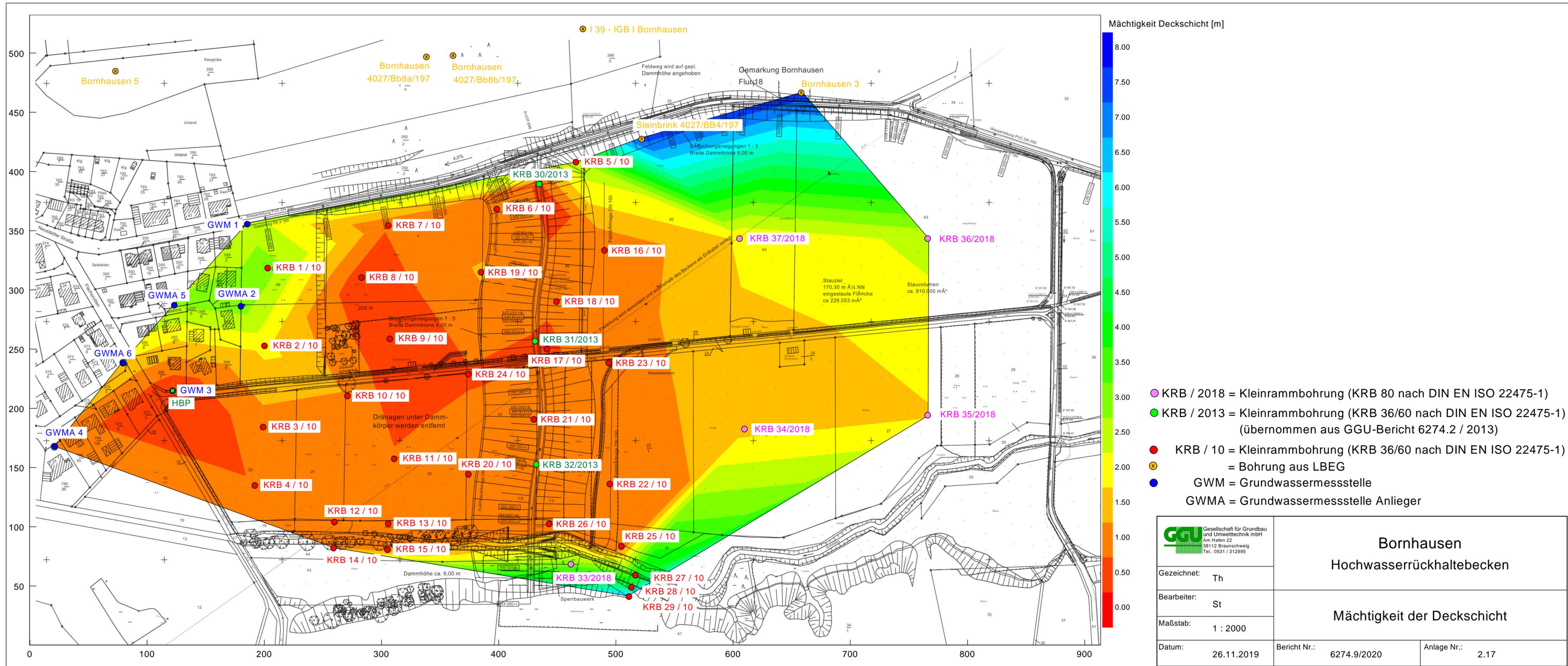
Bodenprofil (GWM 6)

Maßstab d. H. 1 : 50

GWM = Grundwassermessstelle (Fa. Kressebuch GmbH)

Übernommen aus GGU - Bericht 6274 / 10



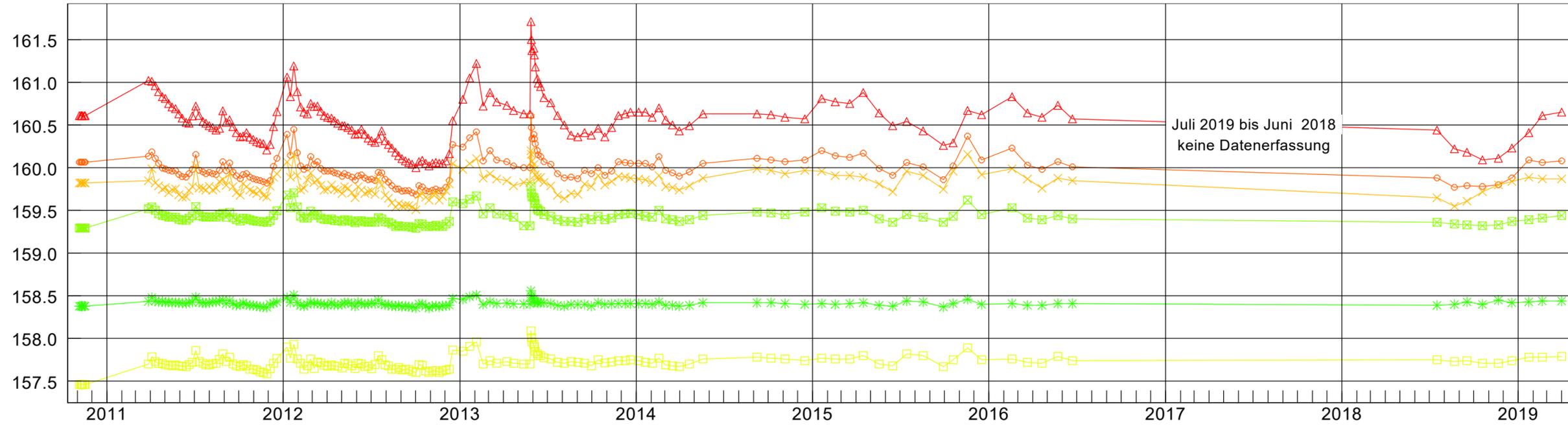


Legende

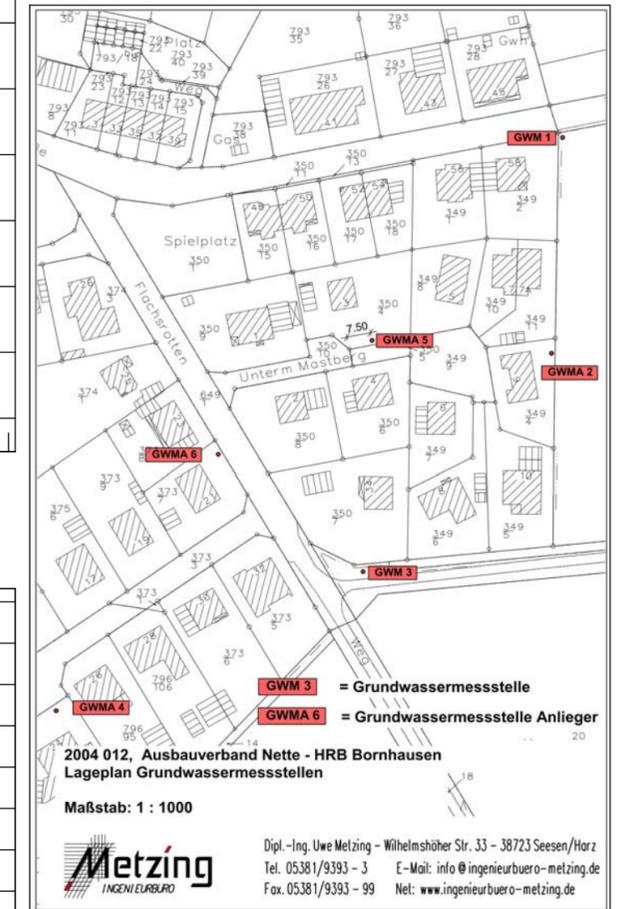
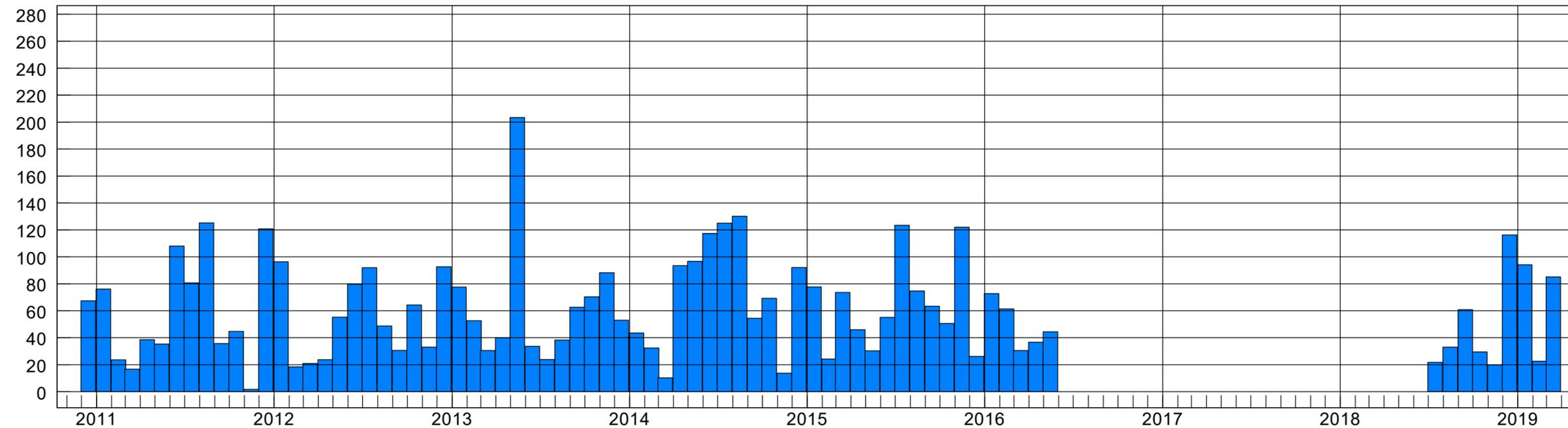
- △ GWM 1
- GWM 2
- × GWM 3
- GWM 4
- ⊠ GWM 5
- * GWM 6
- Niederschlag
(Messstat. Seesen
des DWD)

Grundwasserstände und Niederschläge

Wasserstand [mNHN]



Niederschlag Monatssumme [mm]



Bornhausen

Hochwasserrückhaltebecken

Bericht:
6274.9/2020

Anlage Nr.:
4.1 – Seite 2

Zusammenstellung der bodenmechanischen Kenngrößen

Bohrung	Tiefe [m]	Bodenart	w [%]	wL [%]	wP [%]	ρ_f [g/cm ³]	Vgl [%]	k10 [m/s]	φ' [°]	c' [kN/m ²]
Schurf KRB 10	0,3 – 0,42	U, t, s	30,6			1,75	6,6	$1,2 \cdot 10^{-7}$	33,5	5,6
Mischprobe			27,0	41,3	19,3				27,9	10,7
Schurf KRB 13	0,3 – 0,42	U, t, s	24,7	35,0	22,3	1,83	4,0	—	—	—
Schurf KRB 14	0,3 – 0,42	U, t, s	21,2	31,9	20,9	1,88	3,4	—	—	—
Schurf KRB 34	0,3 – 0,4	U, t, fs'	16,0	35,6	18,7	1,93		$1,2 \cdot 10^{-7}$		
Schurf KRB 35	0,4 – 0,5	U, s, t', mg'	17,8			1,73		$3,4 \cdot 10^{-9}$		
Schurf KRB 36	– 0,5	U, s, t'	10,1	27,8	18,5	1,86		$4,0 \cdot 10^{-8}$		
Schurf KRB 37	– 0,5	U, t, s	18,2			1,98		$3,2 \cdot 10^{-8}$		



Gesellschaft für Grundbau
und Umwelttechnik mbH
Am Hafen 22
38112 Braunschweig
Tel.: 0531 / 312895

Körnungslinie

Bornhausen

Hochwasserrückhaltebecken

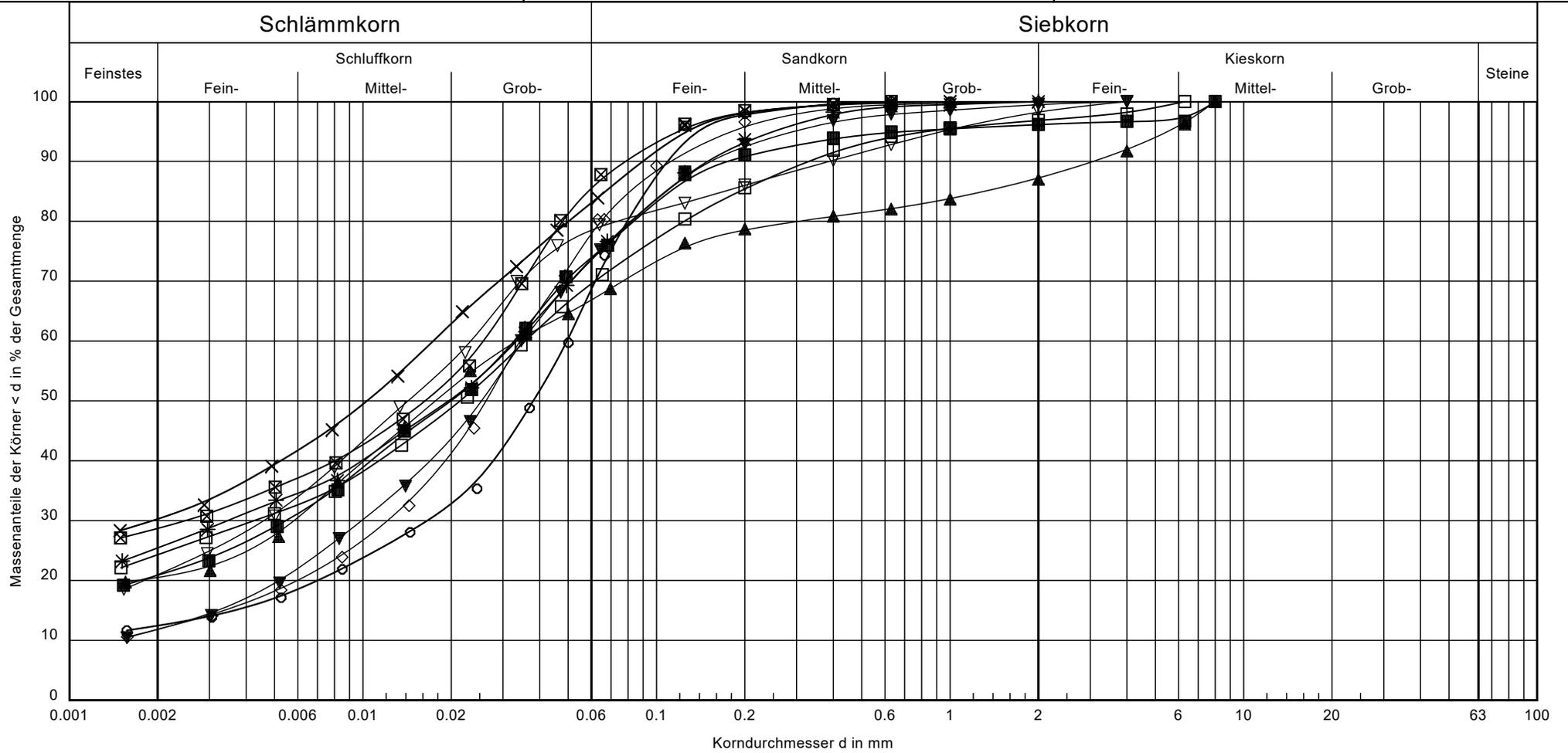
Probe entnommen am: 03.12.2018

Art der Entnahme: ungestört

Arbeitsweise: Sieb- und Schlämmanalyse. Nasssiebung

Bearbeiter: PP

Datum: 09.01.2019



Kurve:	○—○	×—×	□—□	⊠—⊠	*—*	■—■	▲—▲	▽—▽	▼—▼	◇—◇
Entnahmestelle:	KRB 1	KRB 3	KRB 16	KRB 17	KRB 21	KRB 22	KRB 26	Schurf bei KRB 10	Schurf bei KRB 13	Schurf bei KRB 14
Tiefe:	1,6 - 2,8 m	0,3 - 1,0 m	0,3 - 0,8 m	0,2 - 0,7 m	0,3 - 0,9 m	0,3 - 0,8 m	4,0 - 4,5 m	0,3 - 0,42 m	0,3 - 0,42 m	0,3 - 0,42 m
Bodenart:	U, fs, t'	U, t, fs	U, t, s	U, t, fs'	U, t, s	U, t, fs	U, t, s, fg'	U, t, s	U, t, s	U, t, s
Cu/Cc:	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
T/U/S/G [%]:	12,5/58,3/29,2/-	30,3/53,6/16,1/-	24,3/46,0/26,5/3,2	28,7/57,7/13,6/-	25,4/49,3/25,3/-	20,9/54,0/21,3/3,9	20,5/47,0/19,8/12,8	21,0/57,9/19,3/1,8	11,8/62,7/24,9/0,5	11,8/67,4/20,7/-

Bemerkungen:

Bericht:
6274.9/2020
Anlage:
4.2.1



Gesellschaft für Grundbau
und Umwelttechnik mbH
Am Hafen 22
38112 Braunschweig
Tel.: 0531 / 312895

Körnungslinie

Bornhausen

Hochwasserrückhaltebecken

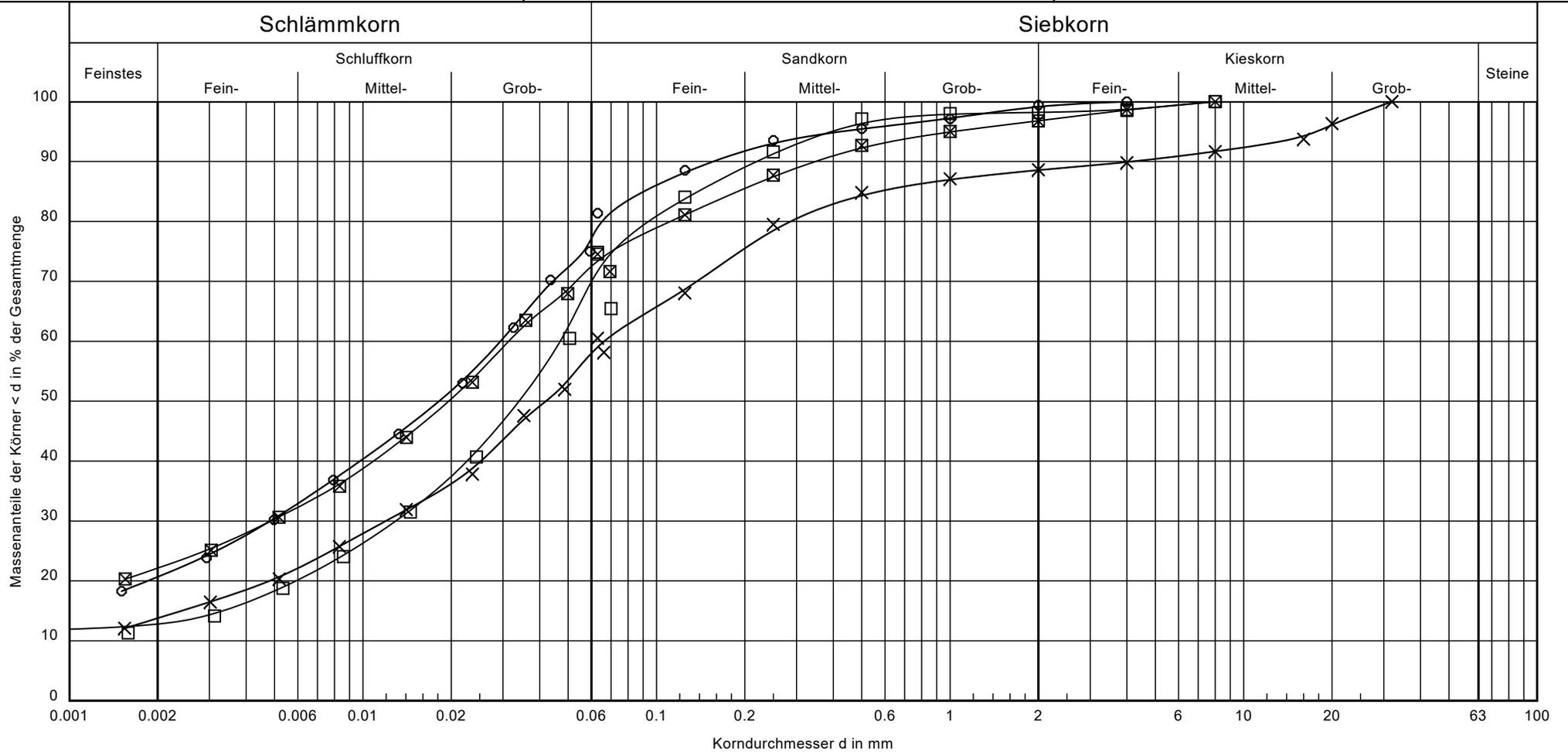
Probe entnommen am: 03.12.2018

Art der Entnahme: ungestört

Arbeitsweise: Sieb- und Schlämmanalyse. Nasssiebung

Bearbeiter: PP

Datum: 09.01.2019



Kurve:	○—○	×—×	□—□	⊠—⊠
Entnahmestelle:	Schurf bei KRB 34	Schurf bei KRB 35	Schurf bei KRB 36	Schurf bei KRB 37
Tiefe:	0,3 - 0,4 m	0,4 - 0,5 m	-0,5 m	-0,5 m
Bodenart:	U, t, fs'	U, s, t', mg'	U, s, t'	U, t, s
Cu/Cc:	-/-	-/-	-/-	-/-
T/U/S/G [%]:	20.7/58.3/20.1/0.9	13.8/45.2/29.6/11.4	12.8/58.9/26.5/1.8	22.1/51.2/23.4/3.2

Bemerkungen:

Bericht:
6274.9/2020
Anlage:
4.2.2



Gesellschaft für Grundbau
und Umwelttechnik mbH
Am Hafen 22
38112 Braunschweig
Tel.: 0531 / 312895

Körnungslinie

Bornhausen

Hochwasserrückhaltebecken

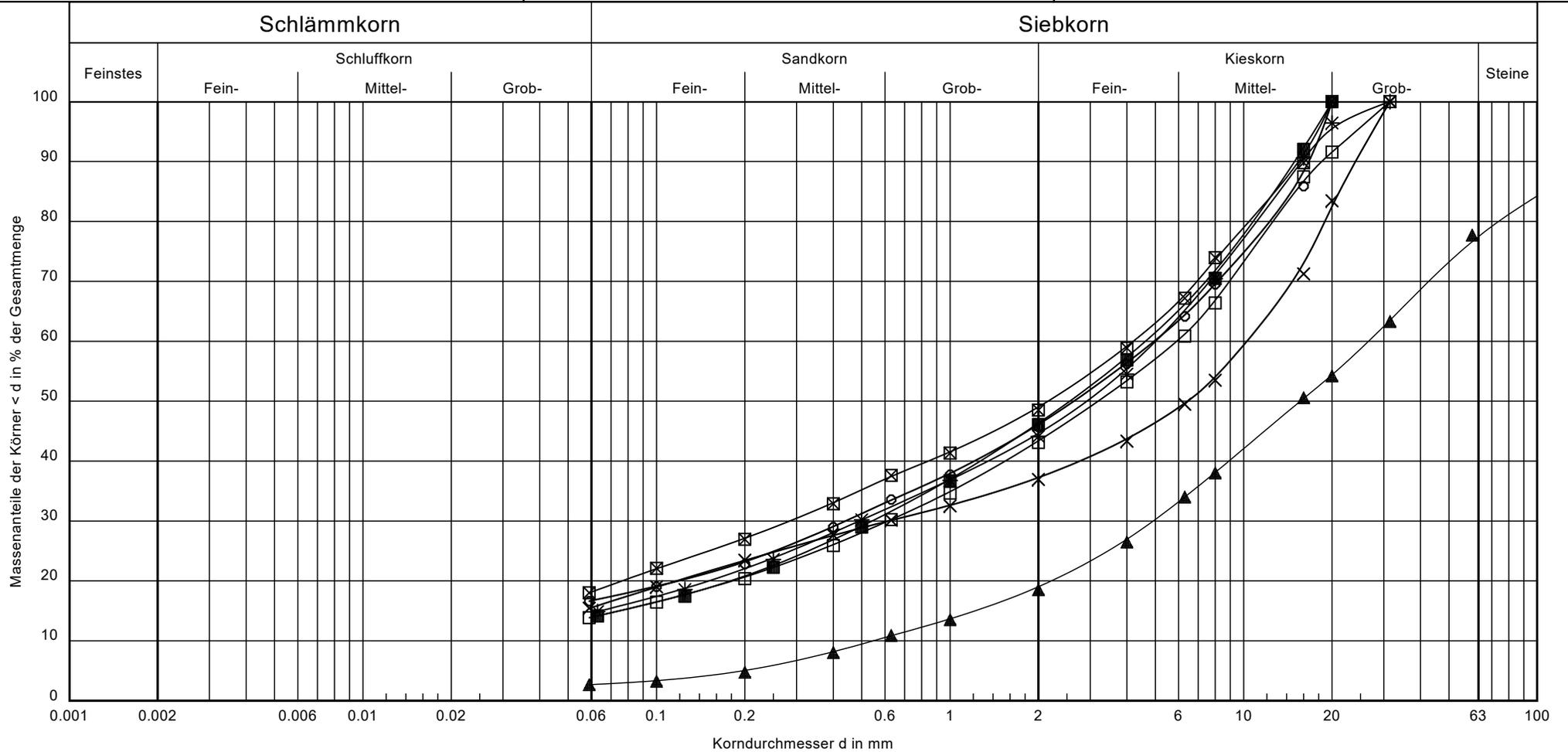
Probe entnommen am: 03.12.2018

Art der Entnahme: ungestört

Arbeitsweise: Sieb- und Schlämmanalyse. Nasssiebung

Bearbeiter: PP

Datum: 09.01.2019



Kurve:	○—○	×—×	□—□	⊠—⊠	*—*	■—■	▲—▲
Entnahmestelle:	KRB 1	KRB 3	KRB 10	KRB 13	KRB 35	KRB 37	GWM 3
Tiefe:	3,0 - 5,0 m	1,0 - 5,0 m	1,2 - 5,0 m	1,2 - 4,6 m	1,7 - 5,2 m	1,8 - 4,9 m	2,0 - 3,0 m
Bodenart:	G, s, u	G, s, u	G, s, u	G, s, u	G, s, u'	G, s̄, u'	G, x, s
Cu/Cc:	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	48.7/1.7
T/U/S/G [%]:	- /16.9/29.2/53.9	- /15.9/21.4/62.7	- /14.2/29.2/56.6	- /18.5/30.5/51.0	- /14.9/29.7/55.4	- /14.2/32.2/53.7	- /2.7/16.3/58.4

Bemerkungen:

6274.9/2020
Anlage:
4.2.3
Bericht:



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Bornhausen

Hochwasserrückhaltebecken

Bearbeiter: NW/Kö

Datum: 01./11.01.07

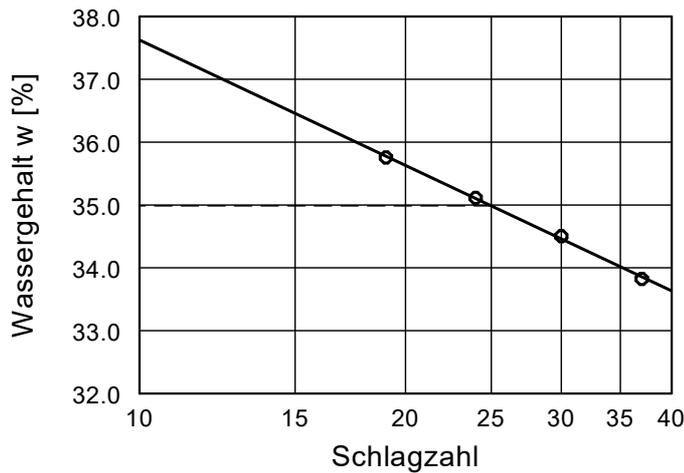
Entnahmestelle: Schurf bei KRB 13

Tiefe: 0,3 - 0,42 m

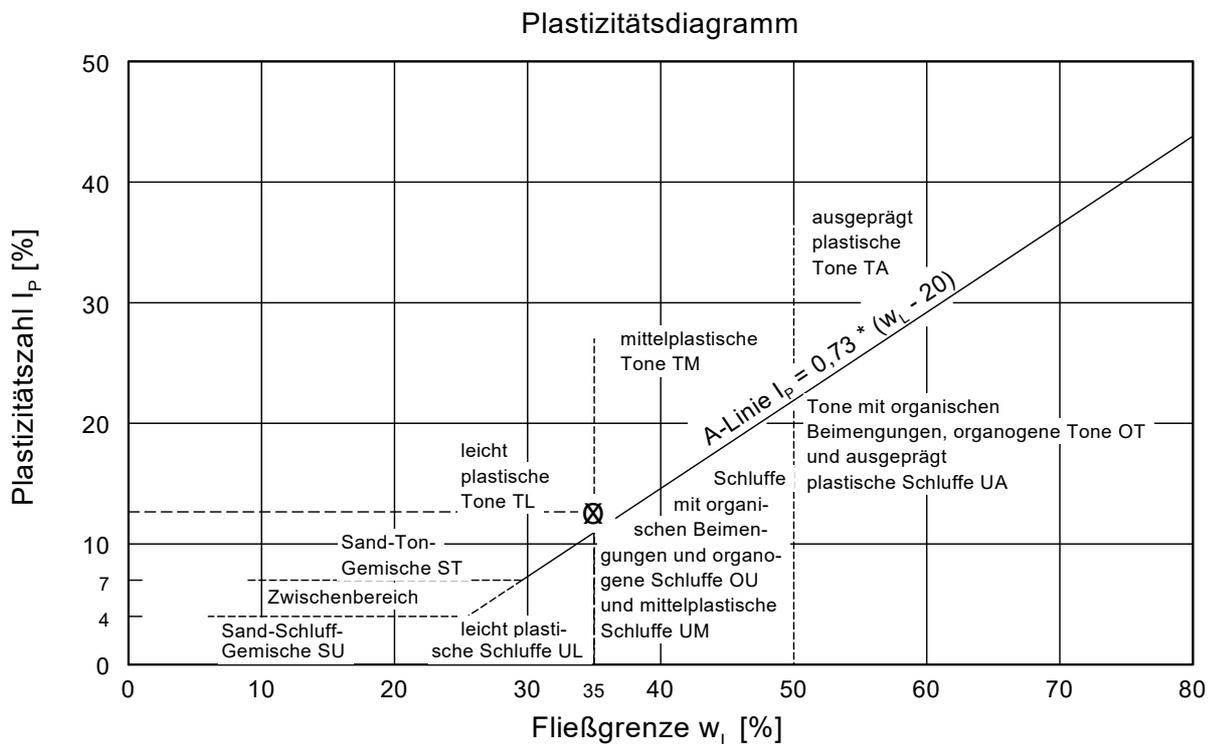
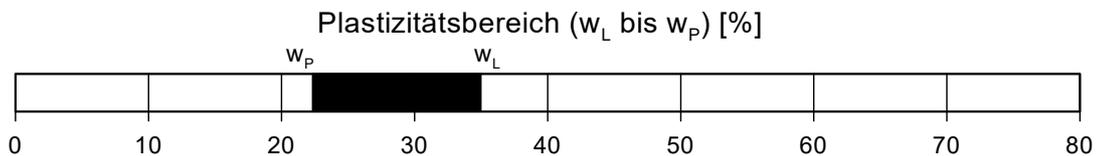
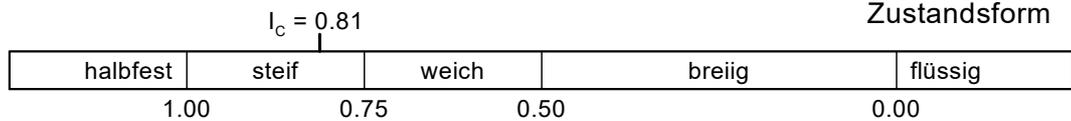
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: U, t, s

Probe entnommen am: 12.12.06



Wassergehalt $w = 24.7 \%$
Fließgrenze $w_L = 35.0 \%$
Ausrollgrenze $w_p = 22.3 \%$
Plastizitätszahl $I_p = 12.7 \%$
Konsistenzzahl $I_c = 0.81$





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Bornhausen

Hochwasserrückhaltebecken

Bearbeiter: NW/Kö

Datum: 01./11.01.07

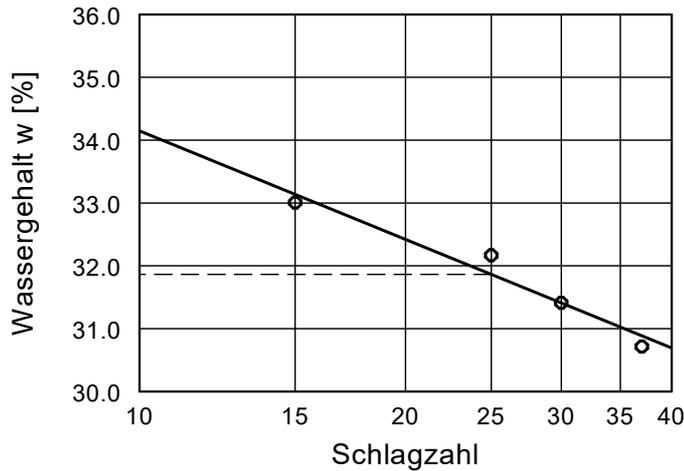
Entnahmestelle: Schurf bei KRB 14

Tiefe: 0,3 - 0,42 m

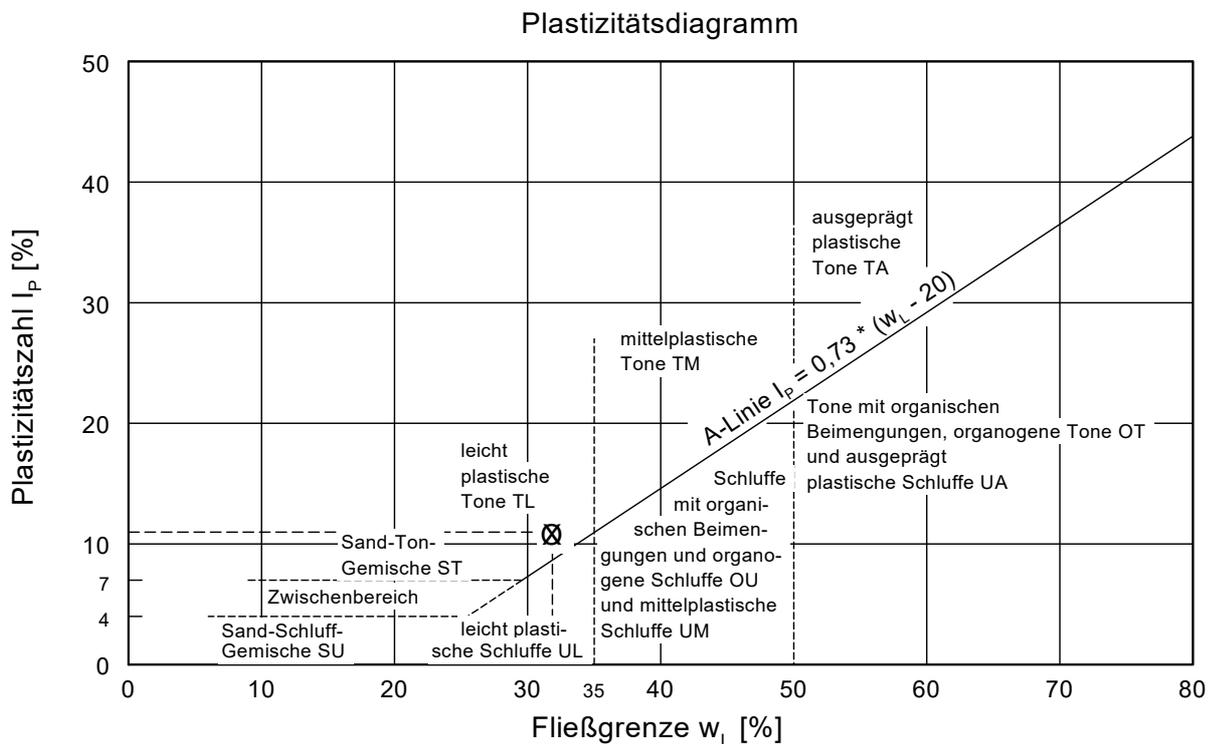
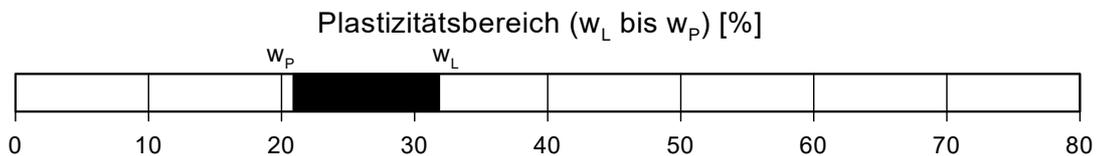
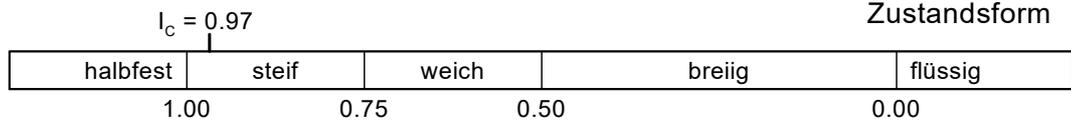
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: U, t, s

Probe entnommen am: 12.12.06



Wassergehalt $w = 21.2 \%$
Fließgrenze $w_L = 31.9 \%$
Ausrollgrenze $w_p = 20.9 \%$
Plastizitätszahl $I_p = 11.0 \%$
Konsistenzzahl $I_c = 0.97$





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Bornhausen

Hochwasserrückhaltebecken

Bearbeiter: OI

Datum: 18.01.2019

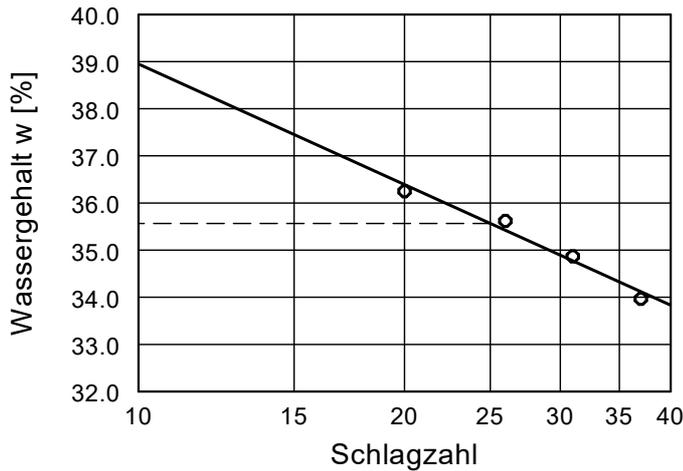
Entnahmestelle: Schurf bei KRB 34

Tiefe: 0,3 - 0,4 m

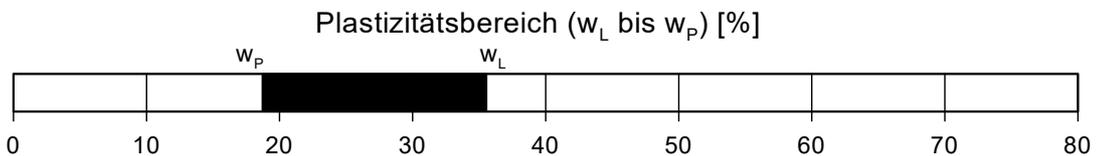
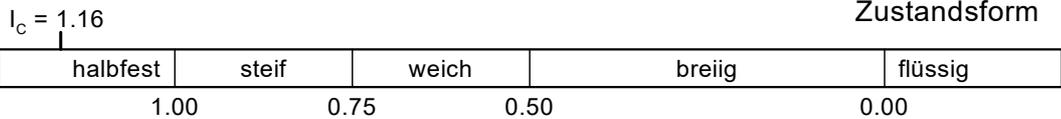
Art der Entnahme: ungestört

Bodenart: U, t, fs'

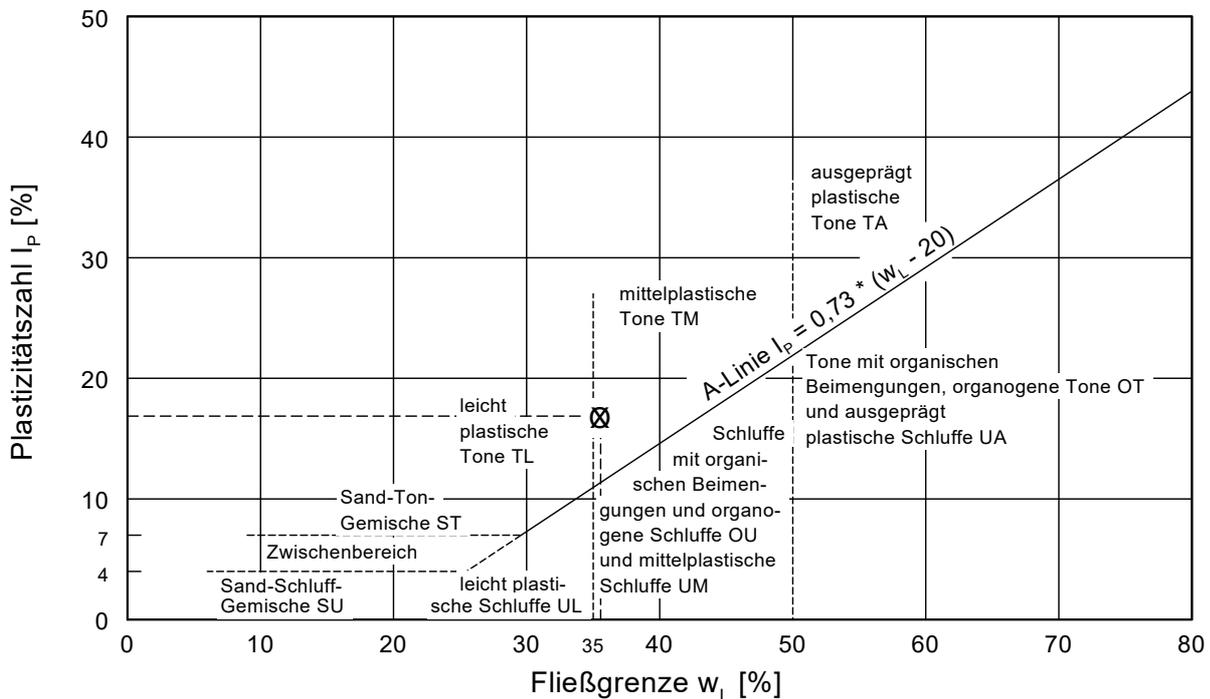
Probe entnommen am: 03.12.2018



Wassergehalt $w = 16.0 \%$
Fließgrenze $w_L = 35.6 \%$
Ausrollgrenze $w_P = 18.7 \%$
Plastizitätszahl $I_P = 16.9 \%$
Konsistenzzahl $I_C = 1.16$



Plastizitätsdiagramm





Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Bornhausen

Hochwasserrückhaltebecken

Bearbeiter: PP

Datum: 15.01.2019

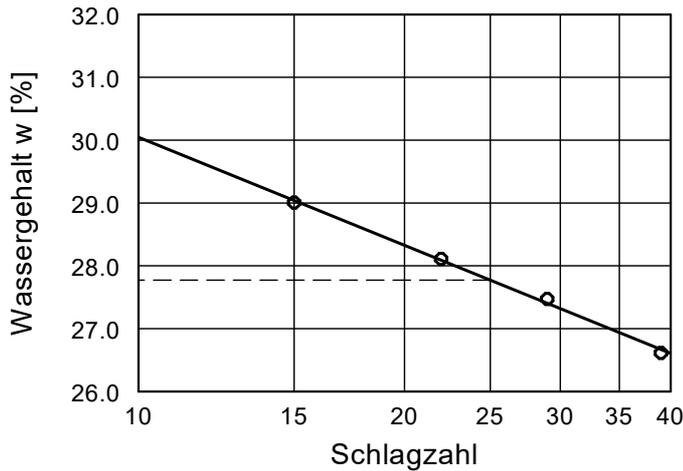
Entnahmestelle: Schurf bei KRB 36

Tiefe: -0,5 m

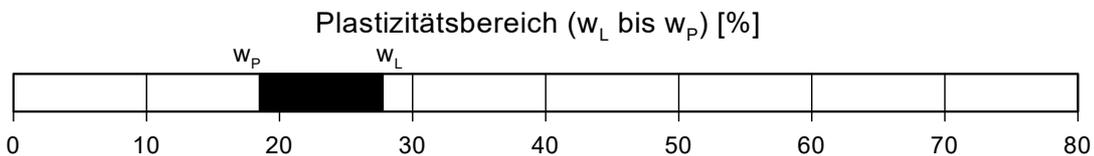
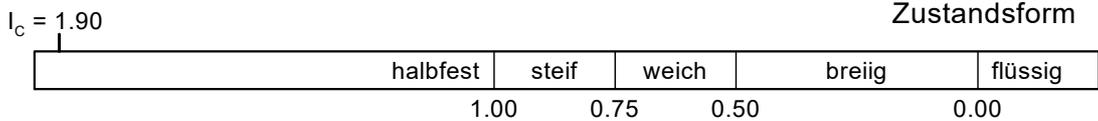
Art der Entnahme: ungestört

Bodenart: U, s, t'

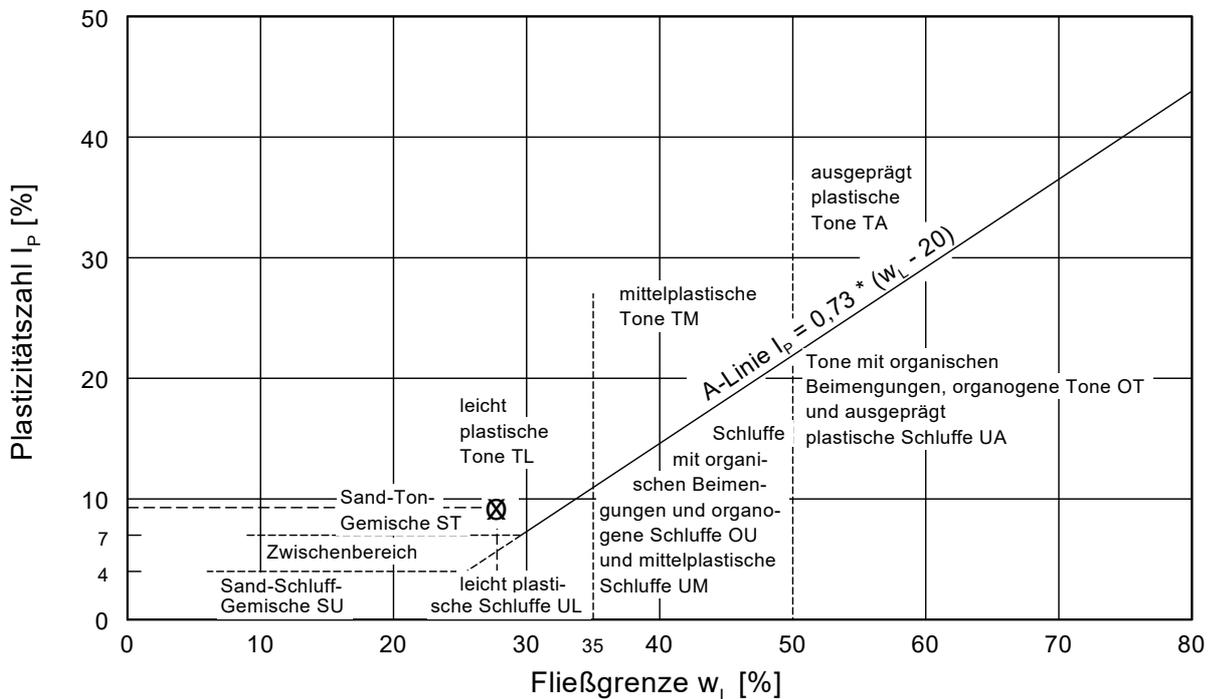
Probe entnommen am: 03.12.2018



Wassergehalt $w = 10.1 \%$
 Fließgrenze $w_L = 27.8 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 18.5 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 9.3 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 1.90$



Plastizitätsdiagramm



Rahmenscherversuch nach DIN 18 137-3

Bornhausen
Hochwasserrückhaltebecken

Bearbeiter: NW/Kö

Datum: 13.01.2007

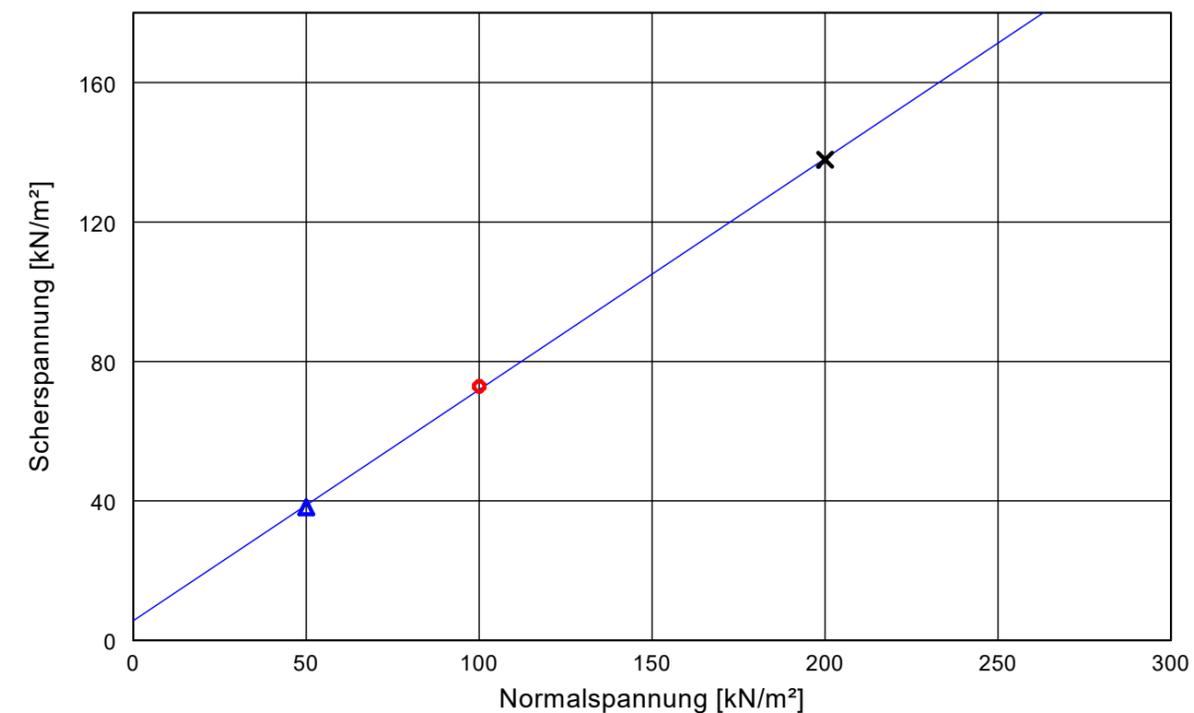
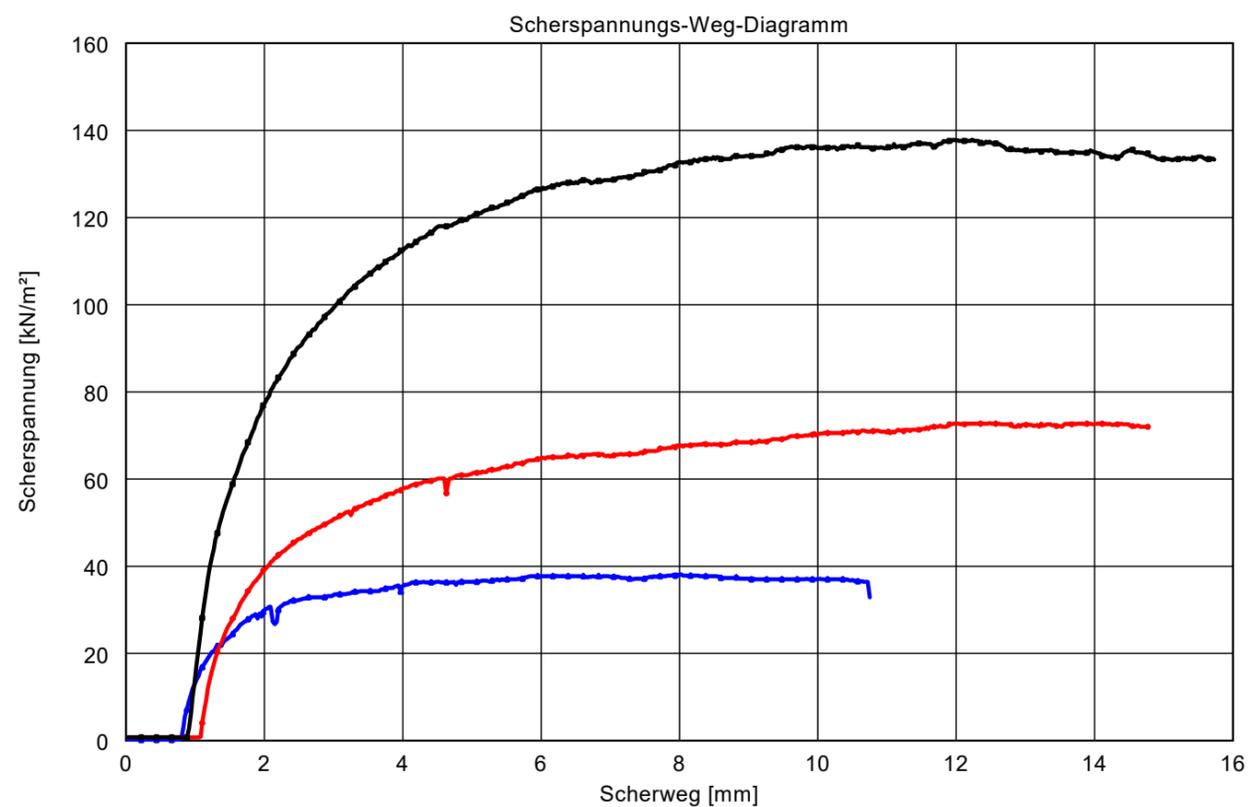
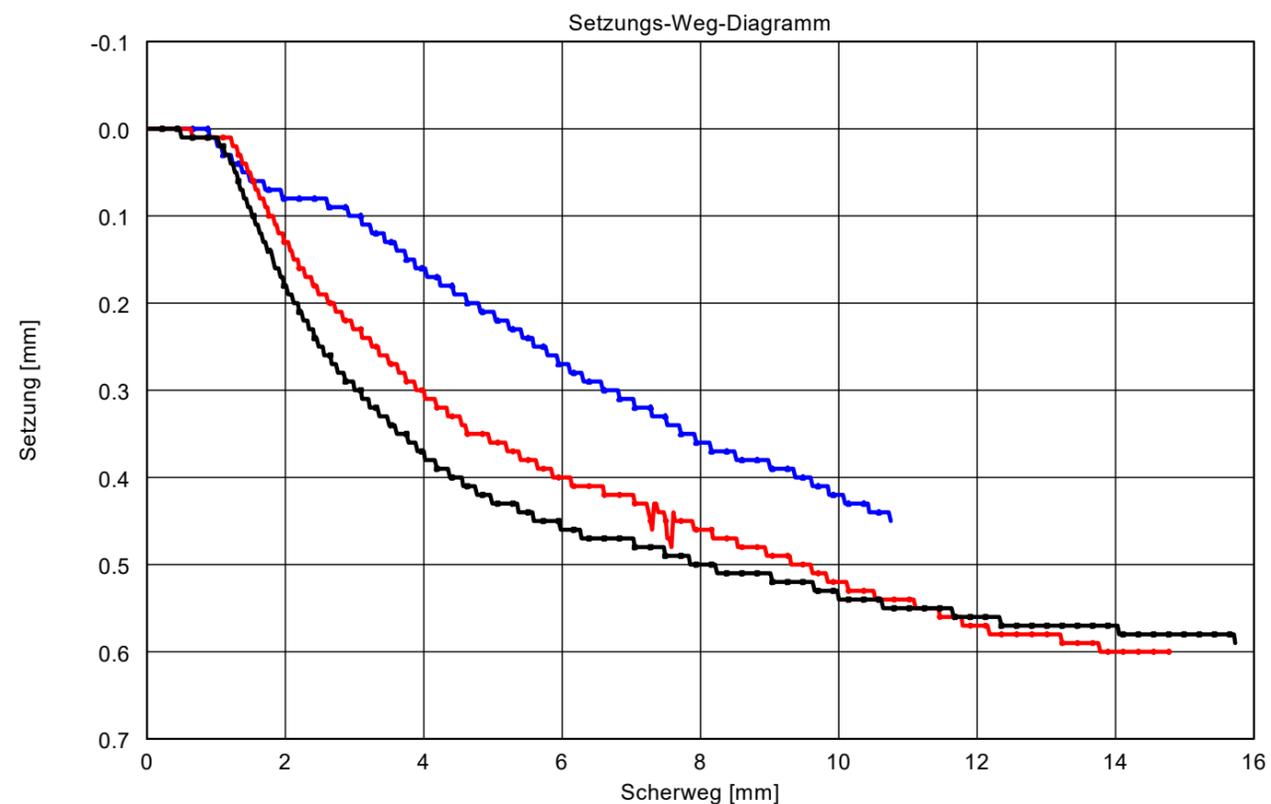
Entnahmestelle: Schurf bei KRB 10

Bodenart: U, t, s

Einbauwerte:

Wassergehalt [%]: 30,1

Feuchtdichte [g/cm³]: 1,73



Versuch-Nr.	1▲	2●	3✕
Normalspannung [kN/m ²]	50.0	100.0	200.0
Scherspannung [kN/m ²]	38.1	72.9	137.9
Abschergeschwindigkeit [mm/min]	0,016	0,016	0,016
Probenfläche [cm ²]	70,0	70,0	70,0
w (Ausbau) [%]	37,6	33,7	24,5

Reibungswinkel = 33.5 Grad
 Kohäsion = 5.6 kN/m²
 Korrelation = 1.000

Rahmenscherversuch nach DIN 18 137-3

Bornhausen

Hochwasserrückhaltebecken

Bearbeiter: Ol/Kö

Datum: 18.11.2010

Entnahmestelle: KRB 17+21+22

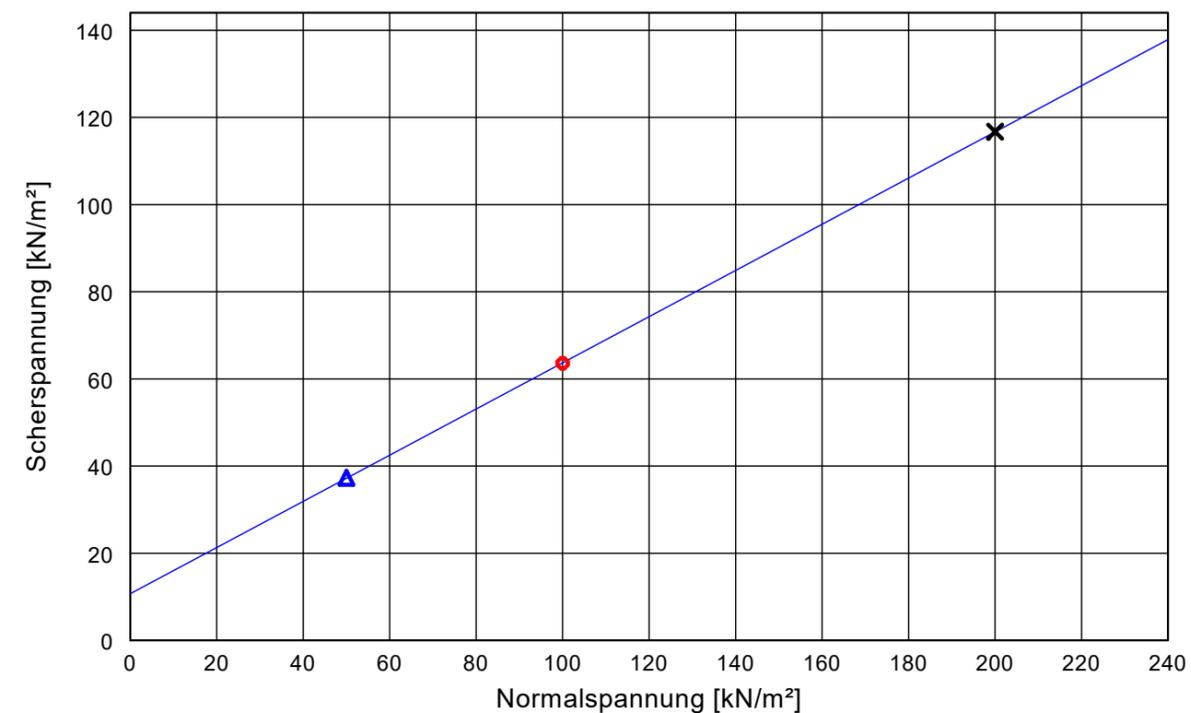
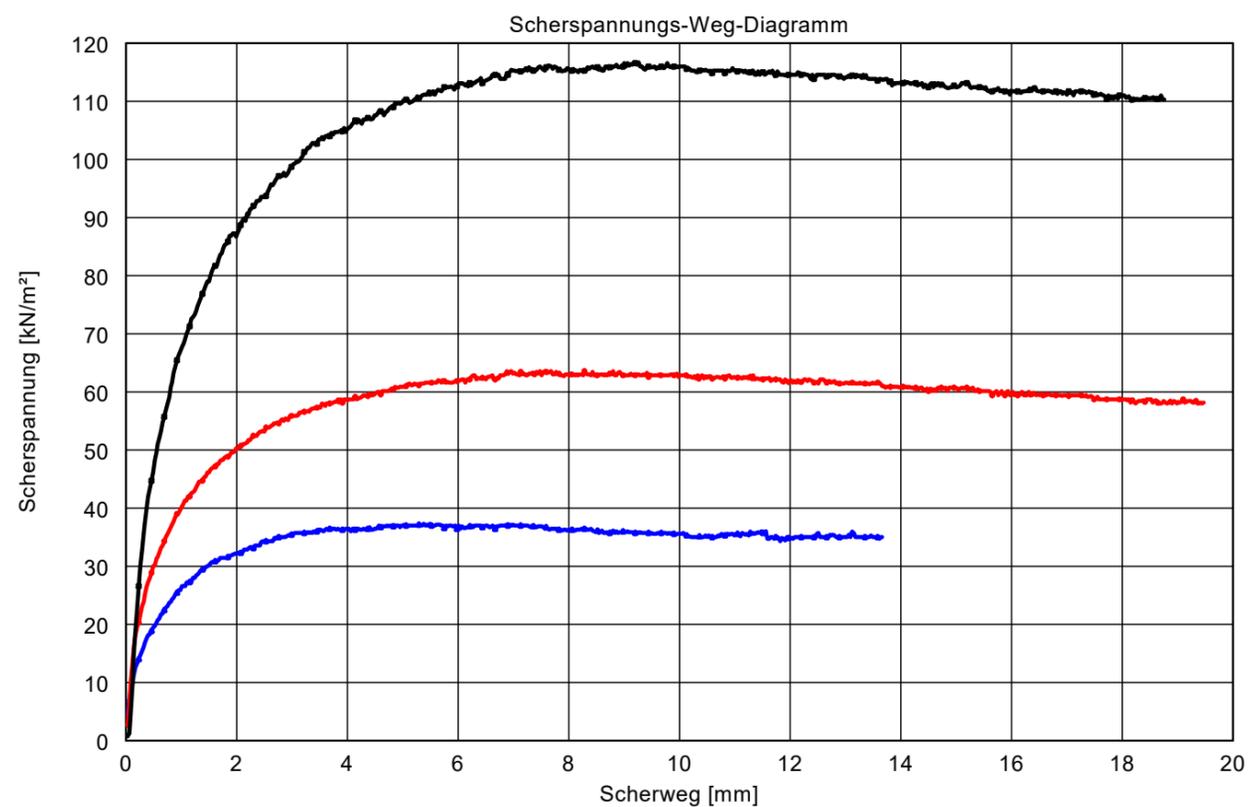
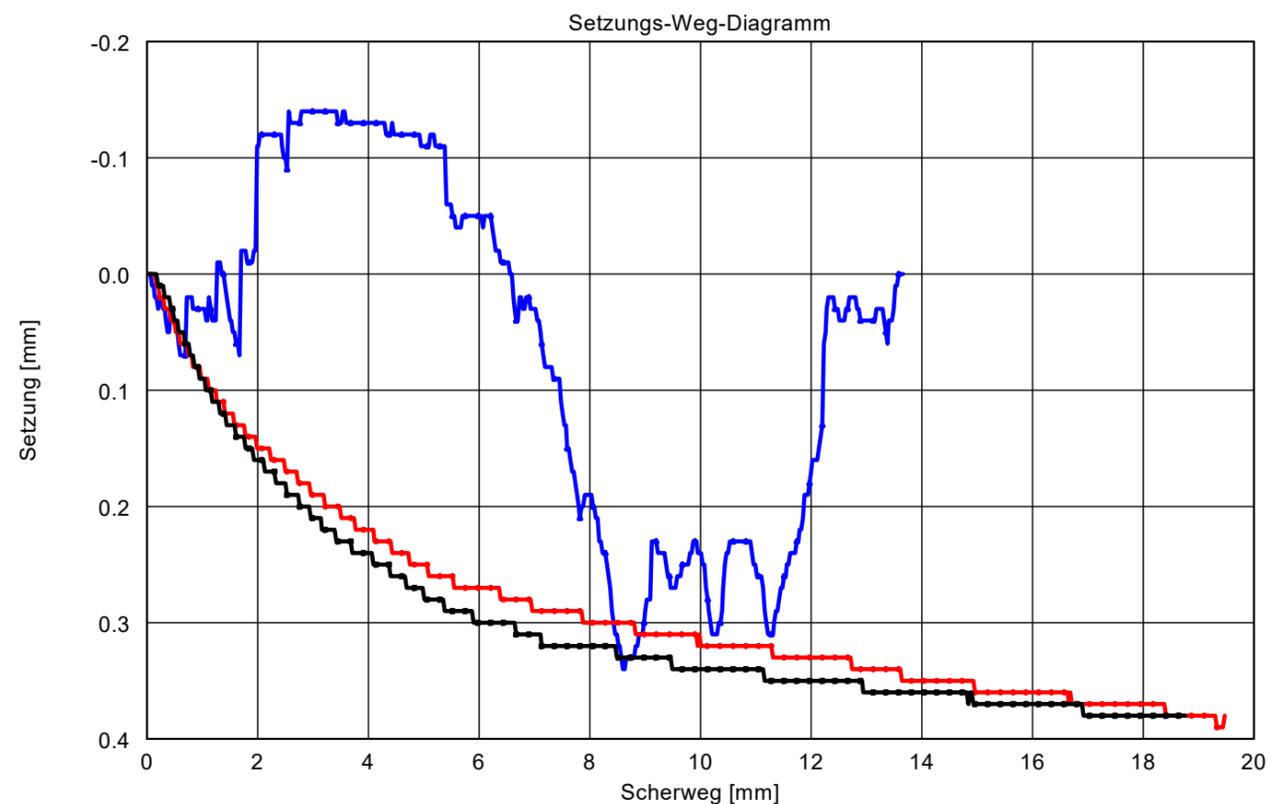
Bodenart:

Tiefe: 0,2 - 0,9 m

Einbauwerte:

Wassergehalt [%]: 27,0

Feuchtdichte [g/cm³]: 2,03



Versuch-Nr.	1▲	2●	3✕
Normalspannung [kN/m ²]	50.0	100.0	200.0
Scherspannung [kN/m ²]	37.3	63.6	116.7
Abschergeschwindigkeit [mm/min]	0,016700	0,016700	0,016700
Probenfläche [cm ²]	70,0	70,0	70,0

Reibungswinkel = 27.9 Grad
 Kohäsion = 10.7 kN/m²
 Korrelation = 1.000



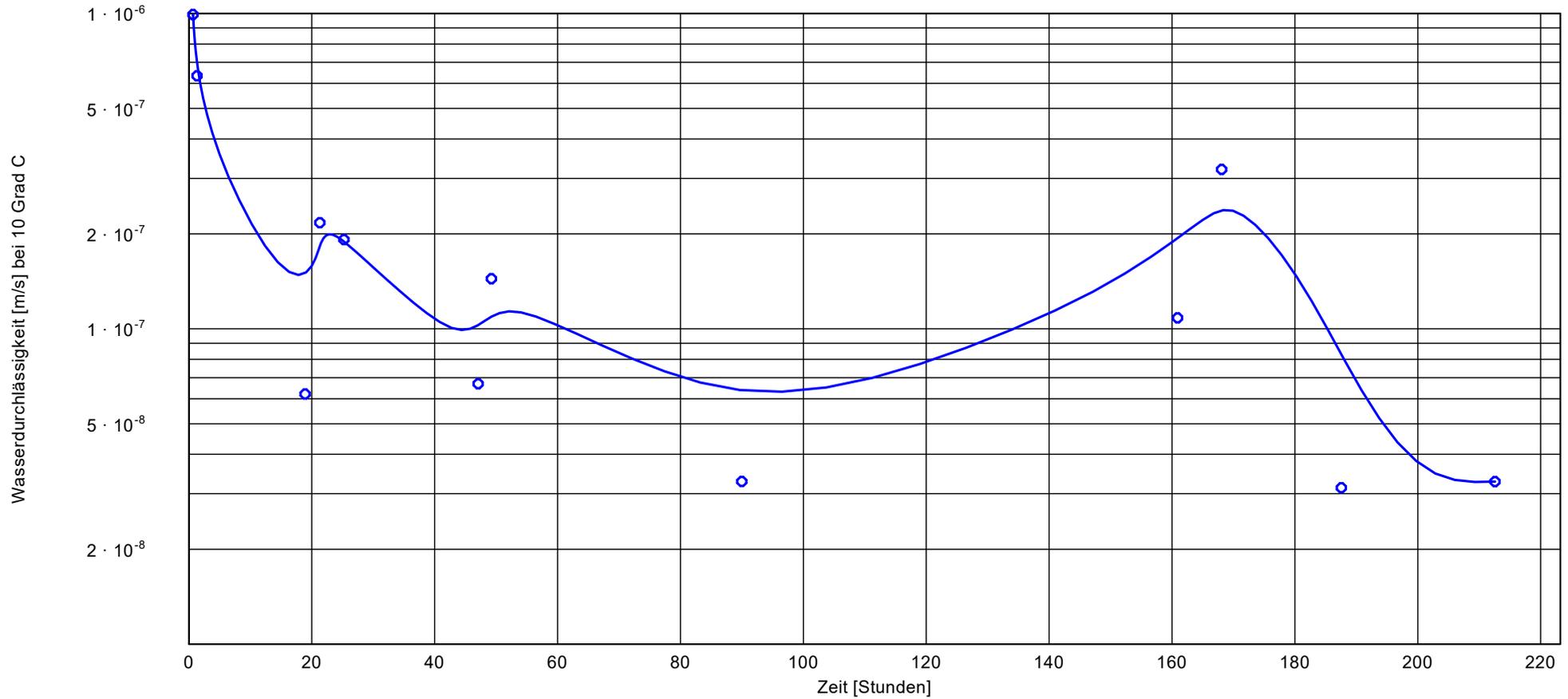
Gesellschaft für Grundbau
und Umwelttechnik mbH
Am Hafen 22
38112 Braunschweig
Tel.: 0531 / 312895

Durchlässigkeitsversuch Bornhausen Hochwasserrückhaltebecken

Probe entnommen am: 12.12.06
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Dreiaxialtechnik
Prüfung DIN 18130 TX-DE-ST-SB-2

Bearbeiter: NW

Datum: 08.01.07



Signatur:
Bodenart:
Tiefe:
Entnahmestelle:
Länge / Fläche:
Hydraul. Gefälle:
k (10°) [m/s]:


 U, t, s (Löss)
 0,3 - 0,42 m
 Schurf bei KRB 10
 12.00 / 72.23
 35.42
 1.2 · 10⁻⁷

Bemerkungen

Seitendruck: 0,7 bar
 Probenhöhe (Einbau/Ausbau): 12,0 cm/12,0 cm
 Wassergehalt (Einbau/Ausbau): 27,4 %/30,4 %
 Feuchtdichte (Einbau/Ausbau): 1,76 g/cm³/1,87 g/cm³

Bericht:
 6274.9/2020
 Anlage:
 4.5.1



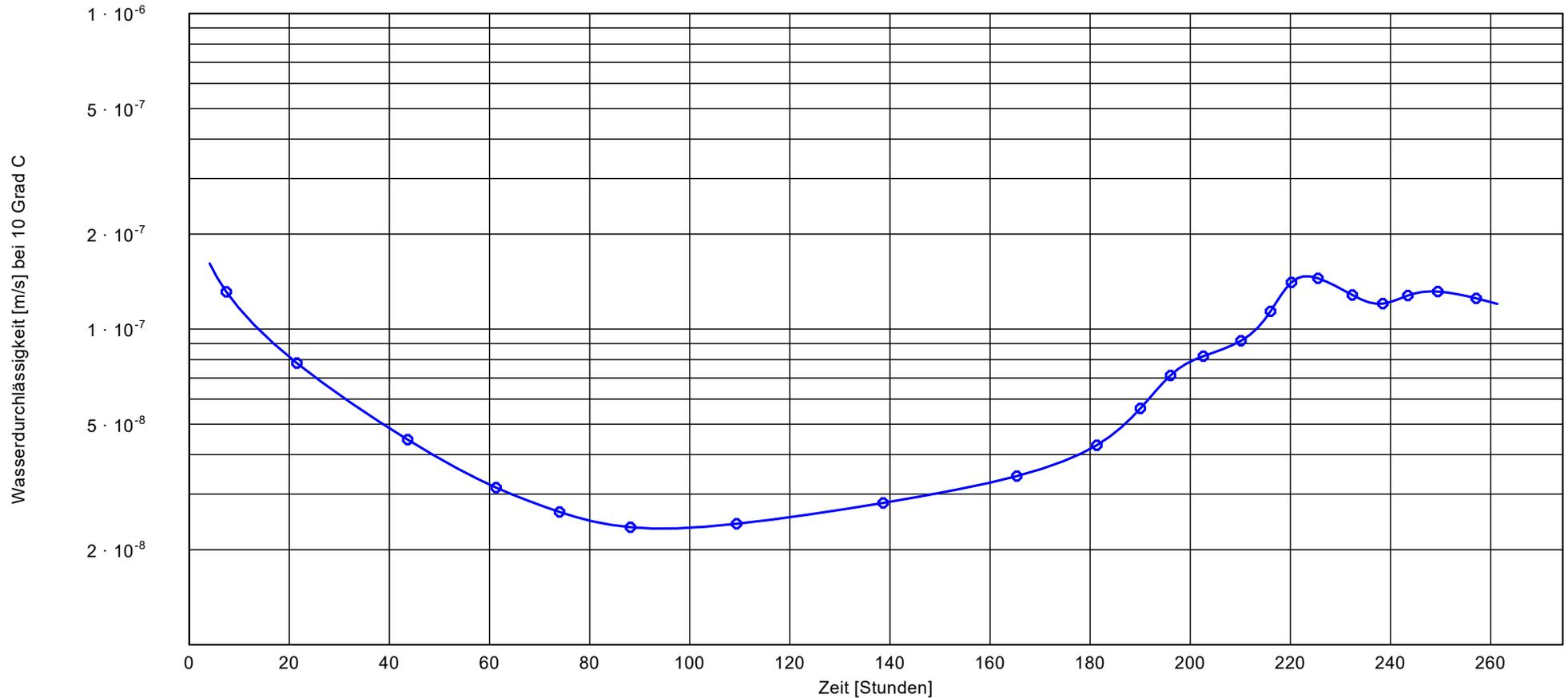
Gesellschaft für Grundbau
und Umwelttechnik mbH
Am Hafen 22
38112 Braunschweig
Tel.: 0531 / 312895

Durchlässigkeitsversuch Bornhausen Hochwasserrückhaltebecken

Probe entnommen am: 03.12.2018
Art der Entnahme: ungestört
Arbeitsweise: Dreiaxialtechnik
Prüfung DIN 18130 TX-DE-ST-SB-2

Bearbeiter: Ol

Datum: 07.01.19



Signatur:	
Bodenart:	U, t, fs' (Löss)
Tiefe:	0,3 - 0,4 m
Entnahmestelle:	Schurf bei KRB 34
Länge / Fläche:	12.00 / 72.38
Hydraul. Gefälle:	35.42
k (10°) [m/s]:	1.2 · 10 ⁻⁷

Bemerkungen
Seitendruck: 0,7 bar
Probenhöhe (Einbau/Ausbau): 12,0 cm/12,2 cm
Wassergehalt (Einbau/Ausbau): 15,7 %/23,4 %
Feuchtdichte (Einbau/Ausbau): 1,93 g/cm ³ /1,64 g/cm ³

Bericht:	6274.9/2020
Anlage:	4.5.2



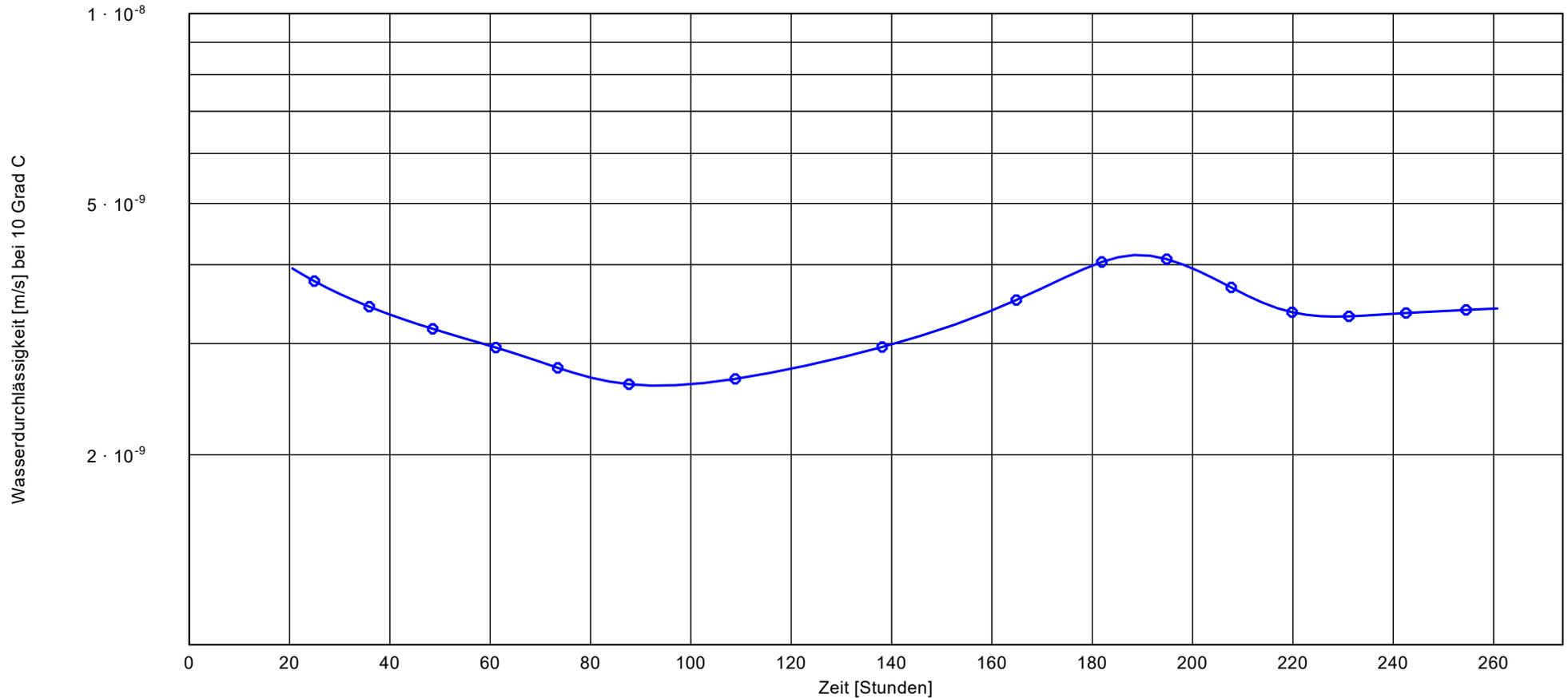
Gesellschaft für Grundbau
und Umwelttechnik mbH
Am Hafen 22
38112 Braunschweig
Tel.: 0531 / 312895

Durchlässigkeitsversuch Bornhausen Hochwasserrückhaltebecken

Probe entnommen am: 03.12.2018
Art der Entnahme: ungestört
Arbeitsweise: Dreiaxialtechnik
Prüfung DIN 18130 TX-DE-ST-SB-2

Bearbeiter: Ol

Datum: 07.01.19



Signatur:	
Bodenart:	U, s, t', mg' (Löss)
Tiefe:	0,4 - 0,5 m
Entnahmestelle:	Schurf bei KRB 35
Länge / Fläche:	12.00 / 72.38
Hydraul. Gefälle:	35.42
k (10°) [m/s]:	3.4 · 10 ⁻⁹

Bemerkungen
Seitendruck: 0,7 bar
Probenhöhe (Einbau/Ausbau): 12,0 cm/11,9 cm
Wassergehalt (Einbau/Ausbau): 17,8 %/23,0 %
Feuchtdichte (Einbau/Ausbau): 1,73 g/cm³/1,73 g/cm³

Bericht: 6274.9/2020
 Anlage: 4.5.3



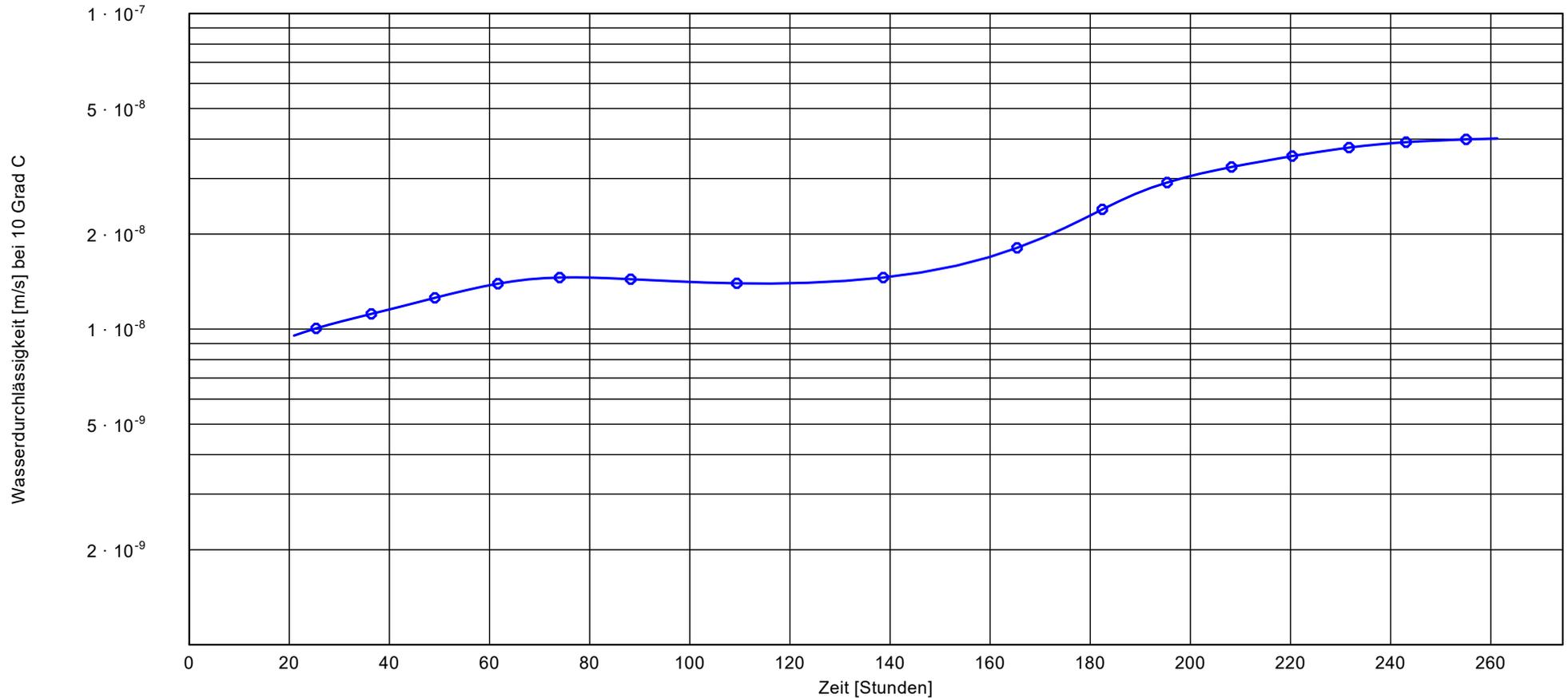
Gesellschaft für Grundbau
und Umwelttechnik mbH
Am Hafen 22
38112 Braunschweig
Tel.: 0531 / 312895

Durchlässigkeitsversuch Bornhausen Hochwasserrückhaltebecken

Probe entnommen am: 03.12.2018
Art der Entnahme: ungestört
Arbeitsweise: Dreiaxialtechnik
Prüfung DIN 18130 TX-DE-ST-SB-2

Bearbeiter: Ol

Datum: 07.01.19



Signatur:	
Bodenart:	U, s, t' (Löss)
Tiefe:	-0,5 m
Entnahmestelle:	Schurf bei KRB 36
Länge / Fläche:	12.00 / 72.38
Hydraul. Gefälle:	35.42
k (10°) [m/s]:	4.0 · 10 ⁻⁸

Bemerkungen
Seitendruck: 0,7 bar
Probenhöhe (Einbau/Ausbau): 12,0 cm/12,1 cm
Wassergehalt (Einbau/Ausbau): 9,8 %/20,1 %
Feuchtdichte (Einbau/Ausbau): 1,86 g/cm³/1,72 g/cm³

Bericht: 6274.9/2020
Anlage: 4.5.4



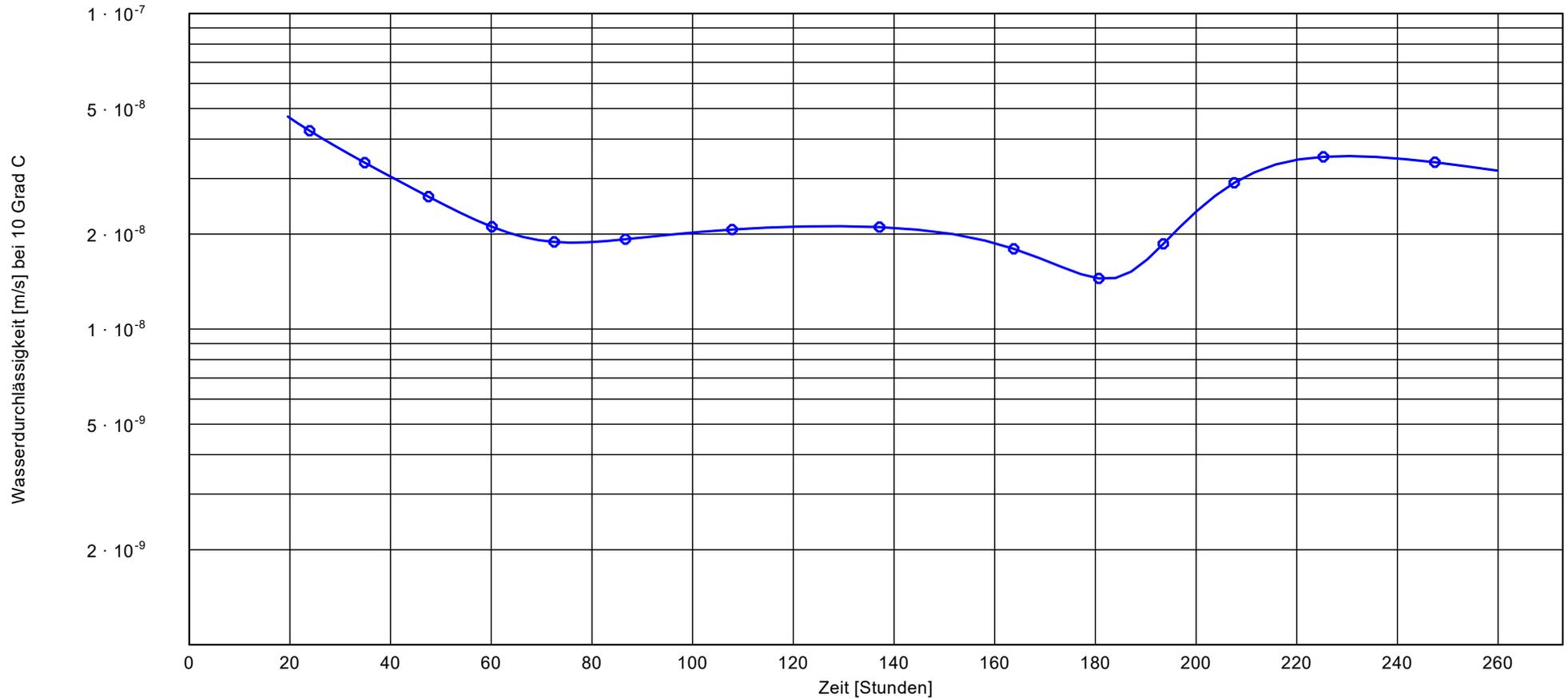
Gesellschaft für Grundbau
und Umwelttechnik mbH
Am Hafen 22
38112 Braunschweig
Tel.: 0531 / 312895

Durchlässigkeitsversuch Bornhausen Hochwasserrückhaltebecken

Probe entnommen am: 03.12.2018
Art der Entnahme: ungestört
Arbeitsweise: Dreiaxialtechnik
Prüfung DIN 18130 TX-DE-ST-SB-2

Bearbeiter: Ol

Datum: 07.01.19



Signatur:	
Bodenart:	U, t, s (Löss)
Tiefe:	-0,5 m
Entnahmestelle:	Schurf bei KRB 37
Länge / Fläche:	12.00 / 72.38
Hydraul. Gefälle:	35.42
k (10°) [m/s]:	3.2 · 10⁻⁸

Bemerkungen
 Seitendruck: 0,7 bar
 Probenhöhe (Einbau/Ausbau): 12,0 cm/12,1 cm
 Wassergehalt (Einbau/Ausbau): 18,2 %/22,9 %
 Feuchtdichte (Einbau/Ausbau): 1,98 g/cm³/1,68 g/cm³

Bericht: 6274.9/2020
Anlage: 4.5.5

 Gesellschaft für Grundbau und Umwelttechnik mbH Am Hafen 22 38112 Braunschweig Tel.: 0531 / 312895	Bericht Nr.: 6274.9/2020	Anlage: 5.1
	Bornhausen Hochwasserrückhaltebecken	

Protokoll Bodenprobenahme

Datum der Probenahme: 29.01.2013

Probenehmer: We/HN

Aufschlusspunkt	30	31	32
Tiefe (von - bis)	0,3 - 0,7 m	0,3 - 0,7 m	0,3 - 0,8 m
Probennummer	30	31	32
Uhrzeit der Probenahme			
Aufschlussart	KRB	KRB	KRB
Entnahmegesetz	Schappe	Schappe	Schappe
Probenbehälter*	1	1	1
Probenmenge (g)	rd. 250	rd. 250	rd. 250
Lagerung/Transport	Kühltasche	Kühltasche	Kühltasche
Bodenart	U, fs, g	U, fs, g	U, fs, g
Farbe	braun	braun	braun
Kalk (ja/nein)	n	n	n
Geruch	—	—	—
GW angetroffen bei	—	0,91	—
Auffälligkeiten, Bemerkungen	—	—	—

- * 1 = Braunglas, PE - Deckel
 2 = Braunglas, alukaschierter Deckel
 3 = Weißglas, PE - Deckel
 4 = Weißglas, alukaschierter Deckel
 5 = Kunststoffbecher mit Deckel
 6 = PE-Beutel
 7 = Kunststoffeimer mit Deckel
 8 = Metalleimer mit Deckel
 9 = Headspace-Gläschen, Deckel mit Teflonseptum
 10 = Ausstechzylinder mit Deckel
 11 = Schlauchkern

Zusammenstellung der chemischen Analysen

Parameter	Maßeinheit	Zuordnungswerte nach LAGA TR Boden						KRB 30	KRB 31	KRB 32	
		Z 0 Sand	Z 0 Lehm /Schluff	Z 0 Ton	Z 0*	Z 1		Z 2	0,3 - 0,7 m	0,3 - 0,7 m	0,3 - 0,8 m
						Z 1.1	Z 1.2		U, fs, g	U, t, s, g'	U, t, fs
TOC	Gew-% TM	0,5	0,5	0,5	0,5	1,5		5	0,83	0,29	0,91
EOX	mg/kg	1	1	1	1	3		10	< 1	< 1	< 1
Kohlenwasserstoffe	mg/kg	100	100	100	400	600		2.000	< 50	< 50	< 50
mobiler Anteil bis C22	mg/kg	100	100	100	200	300		1.000	< 50	< 50	< 50
Summe BTEX	mg/kg	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Summe LCKW	mg/kg	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Summe PCB	mg/kg	0,05	0,05	0,05	0,1	0,1	0,15	0,5	0	0	0
Summe PAK	mg/kg	3	3	3	3	3 (9) ³⁾		30	0	0	0
Benzo(a)pyren	mg/kg	0,3	0,3	0,3	0,6	0,9		3	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Arsen	mg/kg	10	15	20	15	45		150	5,9	8,1	10,3
Blei	mg/kg	40	70	100	140	210		700	82,6	20,7	253
Cadmium	mg/kg	0,4	1	1,5	1	3		10	0,21	0,12	0,27
Chrom ges.	mg/kg	30	60	100	120	180		600	27,7	29,6	30,5
Kupfer	mg/kg	20	40	60	80	120		400	32,7	15,5	129
Nickel	mg/kg	15	50	70	100	150		500	20,9	27,9	26,2
Quecksilber	mg/kg	0,1	0,5	1,0	1,0	1,5		5	< 0,1	< 0,1	0,10
Thallium	mg/kg	0,4	0,7	1,0	0,7	2,1		7	< 0,4	< 0,4	< 0,4
Zink	mg/kg	60	150	200	300	450		1.500	197	71,1	432
Cyanid, gesamt	mg/kg	-	-	-	-	3		10	< 0,05	< 0,05	< 0,05
pH-Wert (Elu.)		6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6,5 - 9,5	6 - 12	5,5 - 12	8,7	8,2	8,0
el. Leitfähigkeit	µS/cm	250	250	250	250	250	1.500	2.000	34	19	16
Cl-	in mg/l	30	30	30	30	30	50	100	< 1	< 1	< 1
SO ₄ -	in mg/l	20	20	20	20	20	50	200	2,3	2,1	< 1
Cyanide	in µg/l	5	5	5	5	5	10	20	< 5	< 5	< 5
Phenolindex	in µg/l	20	20	20	20	20	40	100	< 10	< 10	< 10
Arsen	in µg/l	14	14	14	14	14	20	60	< 10	< 10	< 10
Blei	in µg/l	40	40	40	40	40	80	200	28	30	25
Cadmium	in µg/l	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	3	6	< 1	< 1	< 1
Chrom ges.	in µg/l	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	25	60	< 10	< 10	< 10
Kupfer	in µg/l	20	20	20	20	20	60	100	15	11	27
Nickel	in µg/l	15	15	15	15	15	20	70	< 10	< 10	< 10
Quecksilber	in µg/l	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	1	2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Zink	in µg/l	150	150	150	150	150	200	600	49	47	66
Einbauklasse nach LAGA								Z 0*	Z 0	Z 2	

³⁾ Bodenmaterial mit Zuordnungswerten > 3 mg/kg und ≤ 9 mg/kg darf nur in Gebieten mit hydrogeologisch günstigen Deckschichten eingebaut werden

Bornhausen Hochwasserrückhaltebecken

Bericht: 6274.9/2020

Anlagen 5.3

Analysenergebnisse

UCL Umwelt Control Labor GmbH
Edemissen

(9 Seiten)

GGU Gesellschaft für Umwelttechnik mbH
 - Herr C. Stoewahse -
 Am Hafen 22
 38112 Braunschweig

Ansprechpartner: Karsten Goldbach
Telefon: 05176-989751
Telefax: 05176989744
E-Mail: karsten.goldbach@ucl-labor.de

Prüfbericht - Nr.: 13-03346/1

Probe-Nr.: 13-03346-001
Prüfgegenstand: Boden
Auftraggeber / KD-Nr.: GGU Gesellschaft für Umwelttechnik mbH, Am Hafen 22, 38112 Braunschweig / 51932
Projektbezeichnung: 6274.2 HRB Bornhausen
Probeneingang am / durch: 30.01.2013 / Paketdienst
Prüfzeitraum: 30.01.2013 - 06.02.2013

Parameter	Probenbezeichnung	KRB 30 (0,3-0,7 m)		Bestimmungsgrenze	Methode
	Probe-Nr.	13-03346-001			
	Einheit				
Analyse der Originalprobe					
spezifische Bodenart (LAGA)		Lehm/Schluff			DIN 19682-2,L
Trockenrückstand 105°C	%	81,3		0,1	DIN EN 12880 (S2a);L
Analyse bez. auf den Trockenrückstand					
Cyanid gesamt	mg/kg	< 0,05		0,05	E DIN ISO 11262;L
Arsen	mg/kg	5,9		1	DIN EN ISO 17294-2;L
Blei	mg/kg	82,6		1	DIN EN ISO 17294-2;L
Cadmium	mg/kg	0,21		0,1	DIN EN ISO 17294-2;L
Chrom gesamt	mg/kg	27,7		1	DIN EN ISO 17294-2;L
Kupfer	mg/kg	32,7		1	DIN EN ISO 17294-2;L
Nickel	mg/kg	20,9		1	DIN EN ISO 17294-2;L
Quecksilber	mg/kg	< 0,1		0,1	DIN EN 1483;L
Thallium	mg/kg	< 0,4		0,4	DIN EN ISO 17294-2;L
Zink	mg/kg	197		1	DIN EN ISO 17294-2;L
EOX	mg/kg	< 1		1	DIN 38414 S17;L
KW-Index, mobil	mg/kg	< 50		50	LAGA KW04;L
Kohlenwasserstoffindex	mg/kg	< 50		50	LAGA KW04;L
TOC, s	%	0,83		0,1	DIN ISO 10694;L
BTX					
Benzol*	mg/kg	< 0,05		0,05	DIN ISO 22155;L
Toluol*	mg/kg	< 0,05		0,05	DIN ISO 22155;L
Ethylbenzol*	mg/kg	< 0,05		0,05	DIN ISO 22155;L
m- und p-Xylol*	mg/kg	< 0,05		0,05	DIN ISO 22155;L
o-Xylol*	mg/kg	< 0,05		0,05	DIN ISO 22155;L

Parameter	Probenbezeichnung		KRB 30 (0,3-0,7 m)		Bestimmungsgrenze	Methode
	Probe-Nr.	Einheit	13-03346-001			
*Summe bestimmbarer BTEX	mg/kg		0			DIN ISO 22155,L
LHKW						
Dichlormethan	mg/kg		< 0,05		0,05	DIN ISO 22155,L
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg		< 0,05		0,05	DIN ISO 22155,L
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg		< 0,05		0,05	DIN ISO 22155,L
Trichlormethan	mg/kg		< 0,05		0,05	DIN ISO 22155,L
1,2-Dichlorethan	mg/kg		< 0,05		0,05	DIN ISO 22155,L
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg		< 0,05		0,05	DIN ISO 22155,L
1,1,2-Trichlorethan	mg/kg		< 0,05		0,05	DIN ISO 22155,L
Tetrachlormethan	mg/kg		< 0,05		0,05	DIN ISO 22155,L
Trichlorethen	mg/kg		< 0,05		0,05	DIN ISO 22155,L
Tetrachlorethen	mg/kg		< 0,05		0,05	DIN ISO 22155,L
1,1-Dichlorethan	mg/kg		< 0,05		0,05	DIN ISO 22155,L
1,1-Dichlorethen	mg/kg		< 0,05		0,05	DIN ISO 22155,L
Summe best. LHKW	mg/kg		0			DIN ISO 22155,L
PAK						
Naphthalin	mg/kg		< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Acenaphthylen	mg/kg		< 0,5		0,5	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Acenaphthen	mg/kg		< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Fluoren	mg/kg		< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Phenanthren	mg/kg		< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Anthracen	mg/kg		< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Fluoranthren	mg/kg		< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Pyren	mg/kg		< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Benzo[a]anthracen	mg/kg		< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Chrysen	mg/kg		< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Benzo[b]fluoranthen*	mg/kg		< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Benzo[k]fluoranthen*	mg/kg		< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Benzo[a]pyren	mg/kg		< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Dibenz[ah]anthracen	mg/kg		< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Benzo[ghi]perylen*	mg/kg		< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Indeno[1,2,3-cd]pyren*	mg/kg		< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Summe best. PAK (EPA)	mg/kg		0,00			LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
*best. PAK nach TVO	mg/kg		0,00			LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
PCB						
PCB-028	mg/kg		< 0,01		0,01	DIN ISO 10382,L
PCB-052	mg/kg		< 0,01		0,01	DIN ISO 10382,L
PCB-101	mg/kg		< 0,01		0,01	DIN ISO 10382,L
PCB-138	mg/kg		< 0,01		0,01	DIN ISO 10382,L
PCB-153	mg/kg		< 0,01		0,01	DIN ISO 10382,L
PCB-180	mg/kg		< 0,01		0,01	DIN ISO 10382,L
Summe best. PCB-6	mg/kg		0,000			DIN ISO 10382,L

Parameter	Probenbezeichnung		Bestimmungsgrenze	Methode
	Probe-Nr.	Einheit		
KRB 30 (0,3-0,7 m)				
13-03346-001				
Analyse vom Eluat				
pH-Wert		8,7	1	DIN 38404 C5,L
Temperatur (pH-Wert)	°C	19		DIN 38404 C4,L
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	34		DIN EN 27888,L
Chlorid	mg/l	< 1	1	DIN EN ISO 10304-1,L
Cyanid gesamt	µg/l	< 5	5	DIN 38405 D13/14-1,L
Sulfat	mg/l	2,3	1	DIN EN ISO 10304-1,L
Arsen	µg/l	< 10	10	DIN EN ISO 11885,L
Blei	µg/l	28	10	DIN EN ISO 11885,L
Cadmium	µg/l	< 1	1	DIN EN ISO 11885,L
Chrom gesamt	µg/l	< 10	10	DIN EN ISO 11885,L
Kupfer	µg/l	15	10	DIN EN ISO 11885,L
Nickel	µg/l	< 10	10	DIN EN ISO 11885,L
Quecksilber	µg/l	< 0,2	0,2	DIN EN 1483,L
Zink	µg/l	49	10	DIN EN ISO 11885,L
Phenol-Index	µg/l	< 10	10	DIN EN ISO 14402,L
Hinweise zur Probenvorbereitung				
Säureaufschluß		+		DIN EN 13346 (S7a),L
Elution nach DEV S4		+		DIN 38414-4 (S4),L

n.n. = kleiner Bestimmungsgrenze n.b. = nicht bestimmbar * = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe += durchgeführt
 Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen

Probe-Nr.: 13-03346-002
 Prüfgegenstand: Boden
 Auftraggeber / KD-Nr.: GGU Gesellschaft für Umwelttechnik mbH, Am Hafen 22, 38112 Braunschweig / 51932
 Projektbezeichnung: 6274.2 HRB Bornhausen
 Probeneingang am / durch: 30.01.2013 / Paketdienst
 Prüfzeitraum: 30.01.2013 - 06.02.2013

Parameter	Probenbezeichnung Probe-Nr. Einheit	KRB 31 (0,3-0,7 m) 13-03346-002	Bestimmungsgrenze	Methode
Analyse der Originalprobe				
spezifische Bodenart (LAGA)		Lehm/Schluff		DIN 19682-2;L
Trockenrückstand 105°C	%	84,1	0,1	DIN EN 12880 (S2a);L
Analyse bez. auf den Trockenrückstand				
Cyanid gesamt	mg/kg	< 0,05	0,05	E DIN ISO 11262;L
Arsen	mg/kg	8,1	1	DIN EN ISO 17294-2;L
Blei	mg/kg	20,7	1	DIN EN ISO 17294-2;L
Cadmium	mg/kg	0,12	0,1	DIN EN ISO 17294-2;L
Chrom gesamt	mg/kg	29,6	1	DIN EN ISO 17294-2;L
Kupfer	mg/kg	15,5	1	DIN EN ISO 17294-2;L
Nickel	mg/kg	27,9	1	DIN EN ISO 17294-2;L
Quecksilber	mg/kg	< 0,1	0,1	DIN EN 1483;L
Thallium	mg/kg	< 0,4	0,4	DIN EN ISO 17294-2;L
Zink	mg/kg	71,1	1	DIN EN ISO 17294-2;L
EOX	mg/kg	< 1	1	DIN 38414 S17;L
KW-Index, mobil	mg/kg	< 50	50	LAGA KW04;L
Kohlenwasserstoffindex	mg/kg	< 50	50	LAGA KW04;L
TOC, s	%	0,29	0,1	DIN ISO 10694;L
BTX				
Benzol*	mg/kg	< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
Toluol*	mg/kg	< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
Ethylbenzol*	mg/kg	< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
m- und p-Xylol*	mg/kg	< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
o-Xylol*	mg/kg	< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
*Summe bestimmbarer BTEX	mg/kg	0		DIN ISO 22155;L
LHKW				
Dichlormethan	mg/kg	< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg	< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg	< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
Trichlormethan	mg/kg	< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
1,2-Dichlorethan	mg/kg	< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg	< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
1,1,2-Trichlorethan	mg/kg	< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
Tetrachlormethan	mg/kg	< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
Trichlorethen	mg/kg	< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
Tetrachlorethen	mg/kg	< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L

Parameter	Probenbezeichnung		KRB 31 (0,3-0,7 m)	Bestimmungsgrenze	Methode
	Probe-Nr.	Einheit			
			13-03346-002		
1,1-Dichlorethan	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155,L
1,1-Dichlorethen	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155,L
Summe best. LHKW	mg/kg		0		DIN ISO 22155,L
PAK					
Naphthalin	mg/kg		< 0,05	0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Acenaphthylen	mg/kg		< 0,5	0,5	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Acenaphthen	mg/kg		< 0,05	0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Fluoren	mg/kg		< 0,05	0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Phenanthren	mg/kg		< 0,05	0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Anthracen	mg/kg		< 0,05	0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Fluoranthren	mg/kg		< 0,05	0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Pyren	mg/kg		< 0,05	0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Benzo[a]anthracen	mg/kg		< 0,05	0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Chrysen	mg/kg		< 0,05	0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Benzo[b]fluoranthen*	mg/kg		< 0,05	0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Benzo[k]fluoranthen*	mg/kg		< 0,05	0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Benzo[a]pyren	mg/kg		< 0,05	0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Dibenz[ah]anthracen	mg/kg		< 0,05	0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Benzo[ghi]perylen*	mg/kg		< 0,05	0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Indeno[1,2,3-cd]pyren*	mg/kg		< 0,05	0,05	LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
Summe best. PAK (EPA)	mg/kg		0,00		LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
*best. PAK nach TVO	mg/kg		0,00		LUA Merkbl. Nr. 1 NRW,L
PCB					
PCB-028	mg/kg		< 0,01	0,01	DIN ISO 10382,L
PCB-052	mg/kg		< 0,01	0,01	DIN ISO 10382,L
PCB-101	mg/kg		< 0,01	0,01	DIN ISO 10382,L
PCB-138	mg/kg		< 0,01	0,01	DIN ISO 10382,L
PCB-153	mg/kg		< 0,01	0,01	DIN ISO 10382,L
PCB-180	mg/kg		< 0,01	0,01	DIN ISO 10382,L
Summe best. PCB-6	mg/kg		0,000		DIN ISO 10382,L
Analyse vom Eluat					
pH-Wert			8,2	1	DIN 38404 C5,L
Temperatur (pH-Wert)	°C		20		DIN 38404 C4,L
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm		19		DIN EN 27888,L
Chlorid	mg/l		< 1	1	DIN EN ISO 10304-1,L
Cyanid gesamt	µg/l		< 5	5	DIN 38405 D13/14-1,L
Sulfat	mg/l		2,1	1	DIN EN ISO 10304-1,L
Arsen	µg/l		< 10	10	DIN EN ISO 11885,L
Blei	µg/l		30	10	DIN EN ISO 11885,L
Cadmium	µg/l		< 1	1	DIN EN ISO 11885,L
Chrom gesamt	µg/l		< 10	10	DIN EN ISO 11885,L
Kupfer	µg/l		11	10	DIN EN ISO 11885,L
Nickel	µg/l		< 10	10	DIN EN ISO 11885,L

Parameter	Probenbezeichnung		Bestimmungsgrenze	Methode
	Probe-Nr.	Einheit		
	KRB 31 (0,3-0,7 m)			
		13-03346-002		
Quecksilber	µg/l	< 0,2	0,2	DIN EN 1483;L
Zink	µg/l	47	10	DIN EN ISO 11885;L
Phenol-Index	µg/l	< 10	10	DIN EN ISO 14402;L
Hinweise zur Probenvorbereitung				
Säureaufschluß		+		DIN EN 13346 (S7a);L
Elution nach DEV S4		+		DIN 38414-4 (S4);L

n.n. = kleiner Bestimmungsgrenze n.b. = nicht bestimmbar * = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe + = durchgeführt
 Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen

Probe-Nr.: 13-03346-003
 Prüfgegenstand: Boden
 Auftraggeber / KD-Nr.: GGU Gesellschaft für Umwelttechnik mbH, Am Hafen 22, 38112 Braunschweig / 51932
 Projektbezeichnung: 6274.2 HRB Bornhausen
 Probeneingang am / durch: 30.01.2013 / Paketdienst
 Prüfzeitraum: 30.01.2013 - 06.02.2013

Parameter	Probenbezeichnung		KRB 32 (0,3-0,8 m)	Bestimmungsgrenze	Methode
	Probe-Nr.	Einheit			
Analyse der Originalprobe					
spezifische Bodenart (LAGA)			Lehm/Schluff		DIN 19682-2;L
Trockenrückstand 105°C	%		81,6	0,1	DIN EN 12880 (S2a);L
Analyse bez. auf den Trockenrückstand					
Cyanid gesamt	mg/kg		< 0,05	0,05	E DIN ISO 11262;L
Arsen	mg/kg		10,3	1	DIN EN ISO 17294-2;L
Blei	mg/kg		253	1	DIN EN ISO 17294-2;L
Cadmium	mg/kg		0,27	0,1	DIN EN ISO 17294-2;L
Chrom gesamt	mg/kg		30,5	1	DIN EN ISO 17294-2;L
Kupfer	mg/kg		129	1	DIN EN ISO 17294-2;L
Nickel	mg/kg		26,2	1	DIN EN ISO 17294-2;L
Quecksilber	mg/kg		0,10	0,1	DIN EN 1483;L
Thallium	mg/kg		< 0,4	0,4	DIN EN ISO 17294-2;L
Zink	mg/kg		432	1	DIN EN ISO 17294-2;L
EOX	mg/kg		< 1	1	DIN 38414 S17;L
KW-Index, mobil	mg/kg		< 50	50	LAGA KW04;L
Kohlenwasserstoffindex	mg/kg		< 50	50	LAGA KW04;L
TOC, s	%		0,91	0,1	DIN ISO 10694;L
BTX					
Benzol*	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
Toluol*	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
Ethylbenzol*	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
m- und p-Xylol*	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
o-Xylol*	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
*Summe bestimmbarer BTEX	mg/kg		0		DIN ISO 22155;L
LHKW					
Dichlormethan	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
trans-1,2-Dichlorethen	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
cis-1,2-Dichlorethen	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
Trichlormethan	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
1,2-Dichlorethan	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
1,1,1-Trichlorethan	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
1,1,2-Trichlorethan	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
Tetrachlormethan	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
Trichlorethen	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L
Tetrachlorethen	mg/kg		< 0,05	0,05	DIN ISO 22155;L

Parameter	Probenbezeichnung Probe-Nr. Einheit	KRB 32 (0,3-0,8 m)		Bestimmungsgrenze	Methode
		13-03346-003			
1,1-Dichlorethan	mg/kg	< 0,05		0,05	DIN ISO 22155;L
1,1-Dichlorethen	mg/kg	< 0,05		0,05	DIN ISO 22155;L
Summe best. LHKW	mg/kg	0			DIN ISO 22155;L
PAK					
Naphthalin	mg/kg	< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
Acenaphthylen	mg/kg	< 0,5		0,5	LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
Acenaphthen	mg/kg	< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
Fluoren	mg/kg	< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
Phenanthren	mg/kg	< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
Anthracen	mg/kg	< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
Fluoranthen	mg/kg	< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
Pyren	mg/kg	< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
Benzo[a]anthracen	mg/kg	< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
Chrysen	mg/kg	< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
Benzo[b]fluoranthen*	mg/kg	< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
Benzo[k]fluoranthen*	mg/kg	< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
Benzo[a]pyren	mg/kg	< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
Dibenz[ah]anthracen	mg/kg	< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
Benzo[ghi]perylen*	mg/kg	< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
Indeno[1,2,3-cd]pyren*	mg/kg	< 0,05		0,05	LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
Summe best. PAK (EPA)	mg/kg	0,00			LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
*best. PAK nach TVO	mg/kg	0,00			LUA Merkbl. Nr.1 NRW;L
PCB					
PCB-028	mg/kg	< 0,01		0,01	DIN ISO 10382;L
PCB-052	mg/kg	< 0,01		0,01	DIN ISO 10382;L
PCB-101	mg/kg	< 0,01		0,01	DIN ISO 10382;L
PCB-138	mg/kg	< 0,01		0,01	DIN ISO 10382;L
PCB-153	mg/kg	< 0,01		0,01	DIN ISO 10382;L
PCB-180	mg/kg	< 0,01		0,01	DIN ISO 10382;L
Summe best. PCB-6	mg/kg	0,000			DIN ISO 10382;L
Analyse vom Eluat					
pH-Wert		8,0		1	DIN 38404 C5;L
Temperatur (pH-Wert)	°C	20			DIN 38404 C4;L
Leitfähigkeit bei 25°C	µS/cm	16			DIN EN 27888;L
Chlorid	mg/l	< 1		1	DIN EN ISO 10304-1;L
Cyanid gesamt	µg/l	< 5		5	DIN 38405 D13/14-1;L
Sulfat	mg/l	< 1		1	DIN EN ISO 10304-1;L
Arsen	µg/l	< 10		10	DIN EN ISO 11885;L
Blei	µg/l	25		10	DIN EN ISO 11885;L
Cadmium	µg/l	< 1		1	DIN EN ISO 11885;L
Chrom gesamt	µg/l	< 10		10	DIN EN ISO 11885;L
Kupfer	µg/l	27		10	DIN EN ISO 11885;L
Nickel	µg/l	< 10		10	DIN EN ISO 11885;L

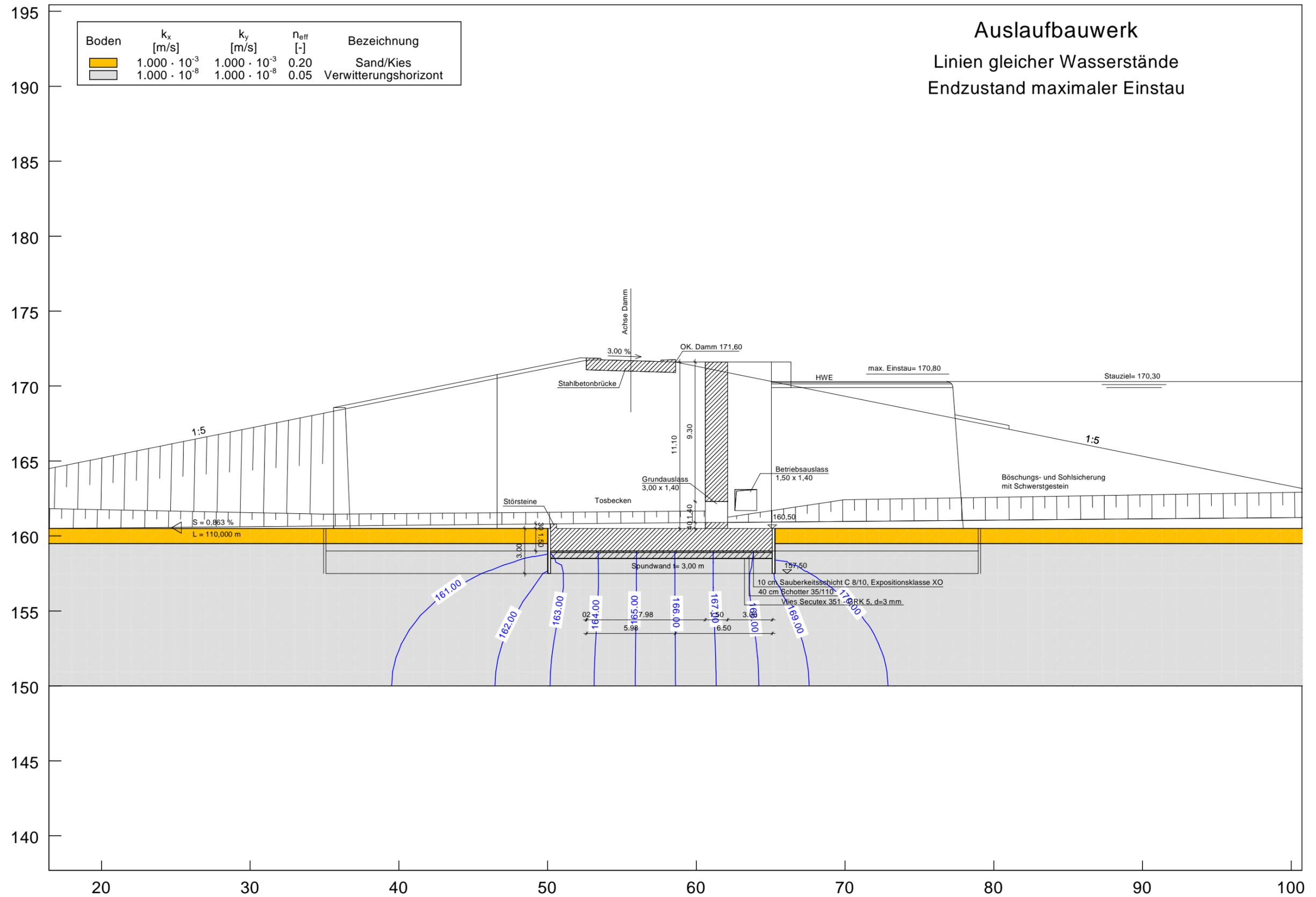
Parameter	Probenbezeichnung		Bestimmungsgrenze	Methode
	Probe-Nr.	Einheit		
	KRB 32 (0,3-0,8 m)			
		13-03346-003		
Quecksilber	µg/l	< 0,2	0,2	DIN EN 1483;L
Zink	µg/l	66	10	DIN EN ISO 11885;L
Phenol-Index	µg/l	< 10	10	DIN EN ISO 14402;L
Hinweise zur Probenvorbereitung				
Säureaufschluß		+		DIN EN 13346 (S7a);L
Elution nach DEV S4		+		DIN 38414-4 (S4);L

n.n. = kleiner Bestimmungsgrenze n.b. = nicht bestimmbar * = nicht akkreditiert FV = Fremdvergabe UA=Unterauftragvergabe + = durchgeführt
 Standortkennung (Der Norm nachgestellte Buchstabenkombination): H=Hannover, KI=Kiel, L=Lünen



Hannover, den 07.02.2013

Dipl.-Biol. Eleni Fecker (stellv. Laborleiter)



Auslaufbauwerk

Lagesicherheit

LF 1: Endzustand maximaler Einstau

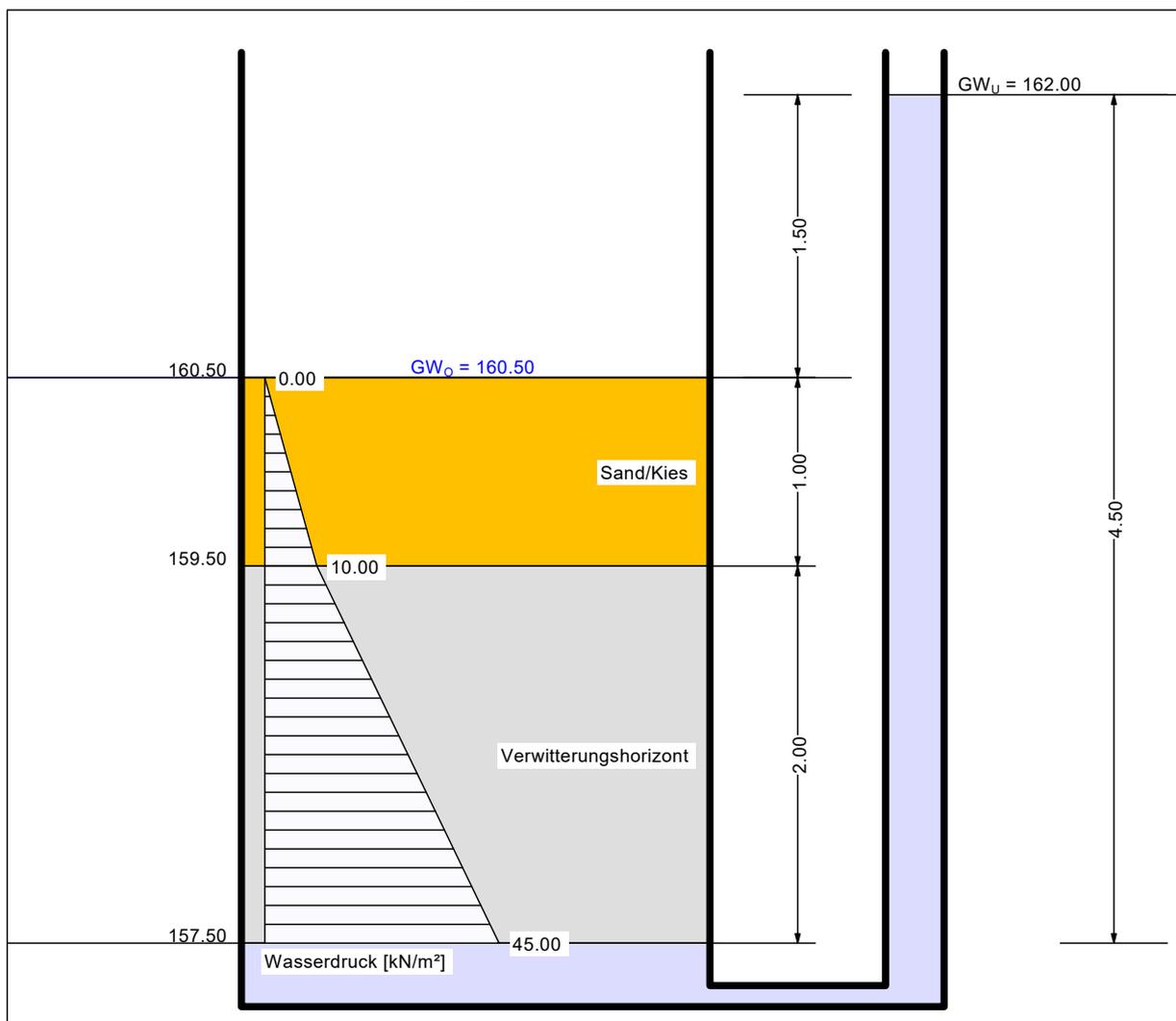
Teilsicherheiten:

$$\gamma_{G,dst} = 1.050$$

$$\gamma_{G,stb} = 0.950$$

$$\gamma_H = 1.350$$

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	k [m/s]	Bezeichnung
	19.00	11.00	$1.0 \cdot 10^{-3}$	Sand/Kies
	20.00	10.00	$1.0 \cdot 10^{-8}$	Verwitterungshorizont



Auftriebssicherheit

Ausnutzungsgrad $\mu = 0.82$

bei = 157.500 m

Gewicht = 61.000 kN/m²

$$\gamma_{G,stb} = \gamma (\text{Gewicht}) = 0.950$$

$$\text{PW-Druck} = 45.000 \text{ kN/m}^2$$

$$\gamma_{G,dst} = \gamma (\text{PW-Druck}) = 1.050$$

$$\mu = 1.050 \cdot 45.000 / (0.950 \cdot 61.000)$$

Hydraulische Grundbruchsicherheit

Ausnutzungsgrad $\mu = 0.69$

bei = 157.500 m

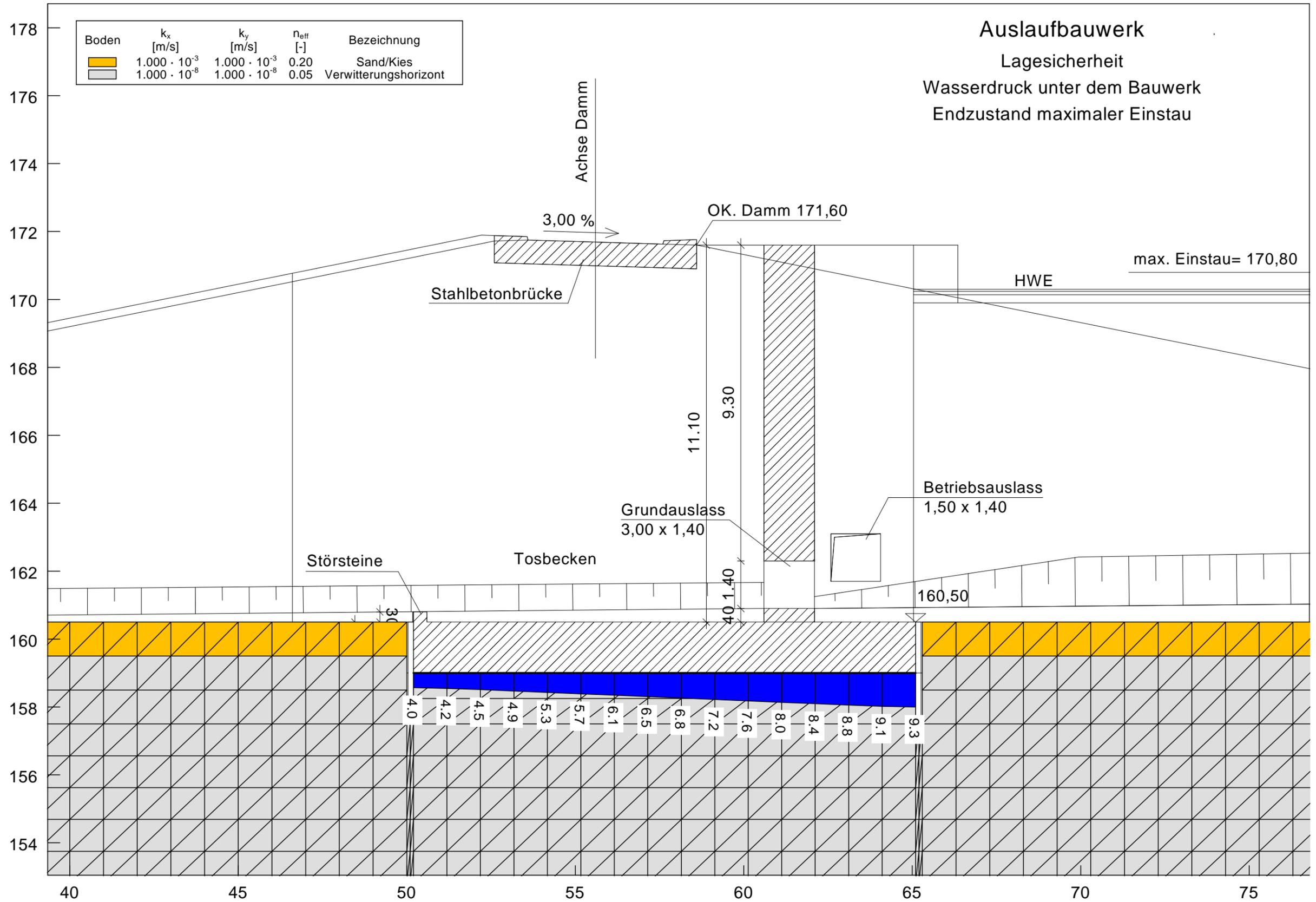
Gewicht = 31.000 kN/m²

$$\gamma_{G,stb} = \gamma (\text{Gewicht}) = 0.950$$

$$\text{Strömungskraft} = 15.000 \text{ kN/m}^2$$

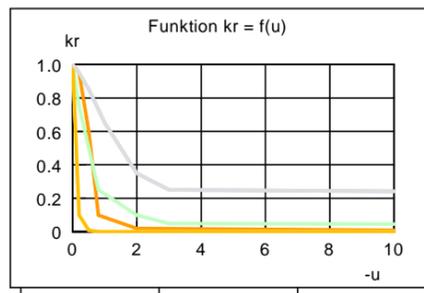
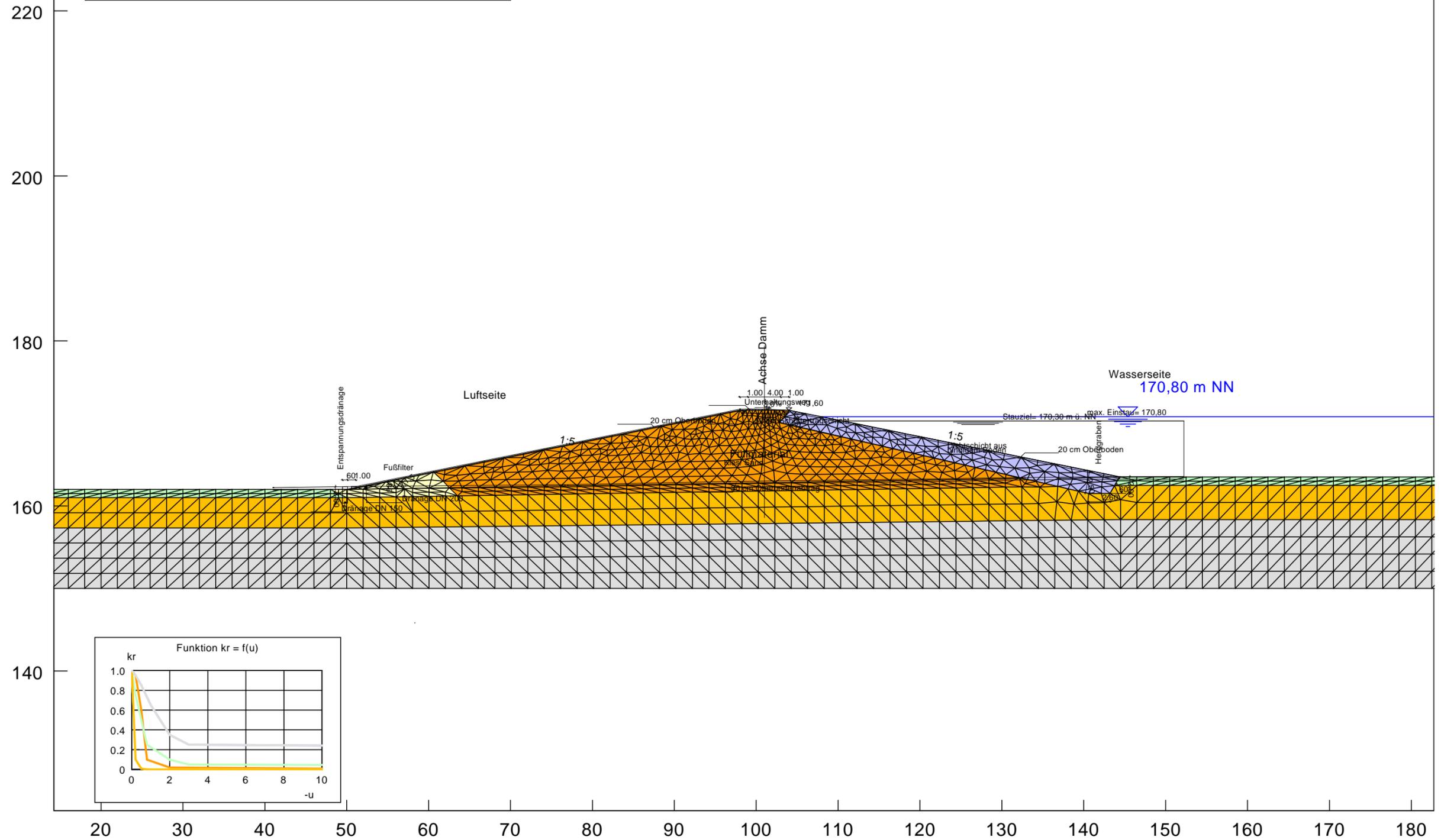
$$\gamma_H = \gamma (\text{Strömungskraft}) = 1.350$$

$$\mu = 1.350 \cdot 15.000 / (0.950 \cdot 31.000)$$



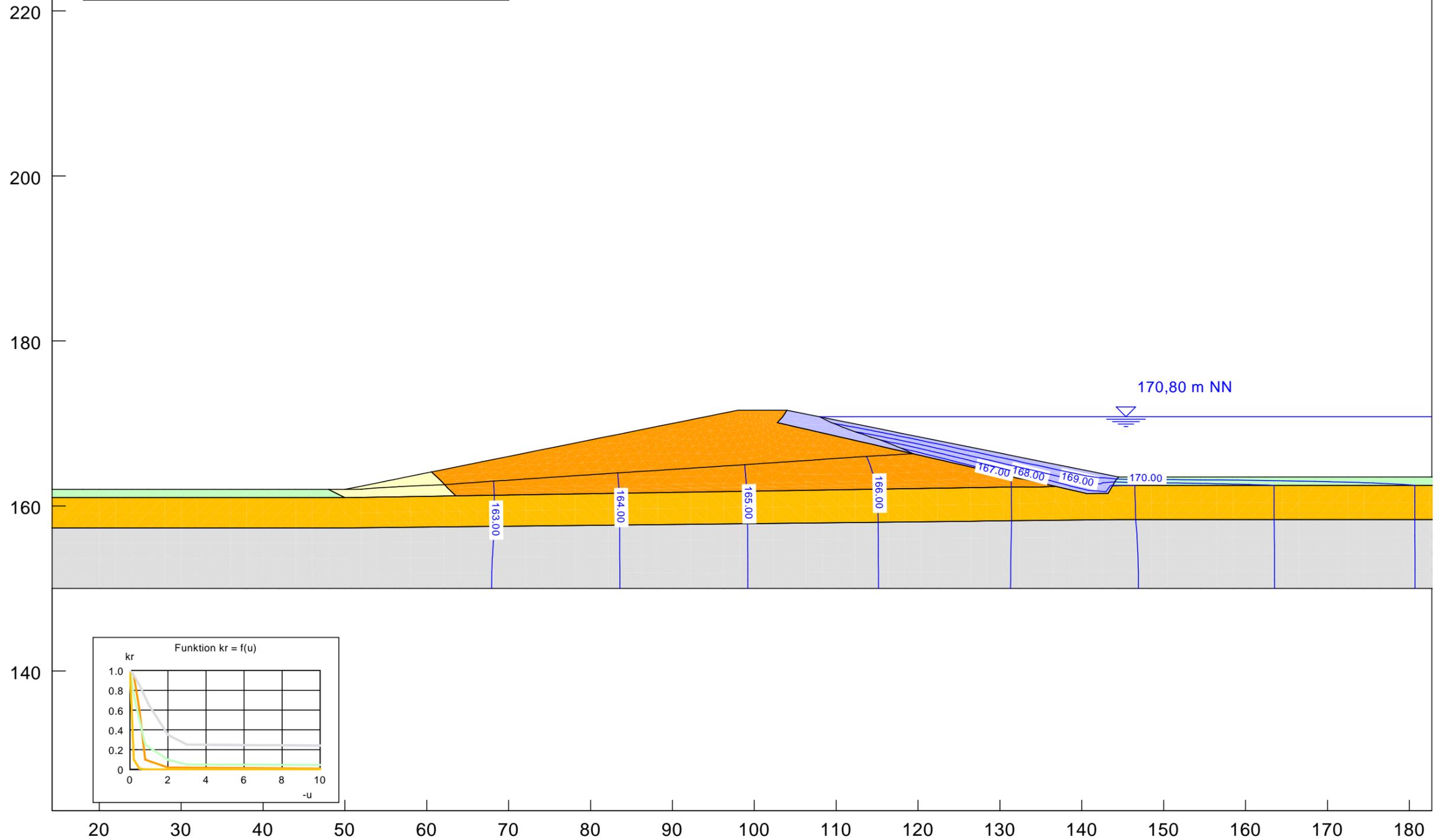
Damm
 System und Randbedingungen

Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-9}$	$1.000 \cdot 10^{-9}$	0.05	Verwitterungshorizontl



Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-9}$	$1.000 \cdot 10^{-9}$	0.05	Verwitterungshorizontl

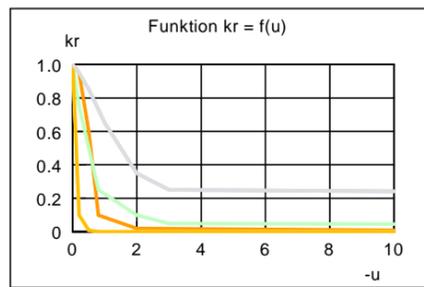
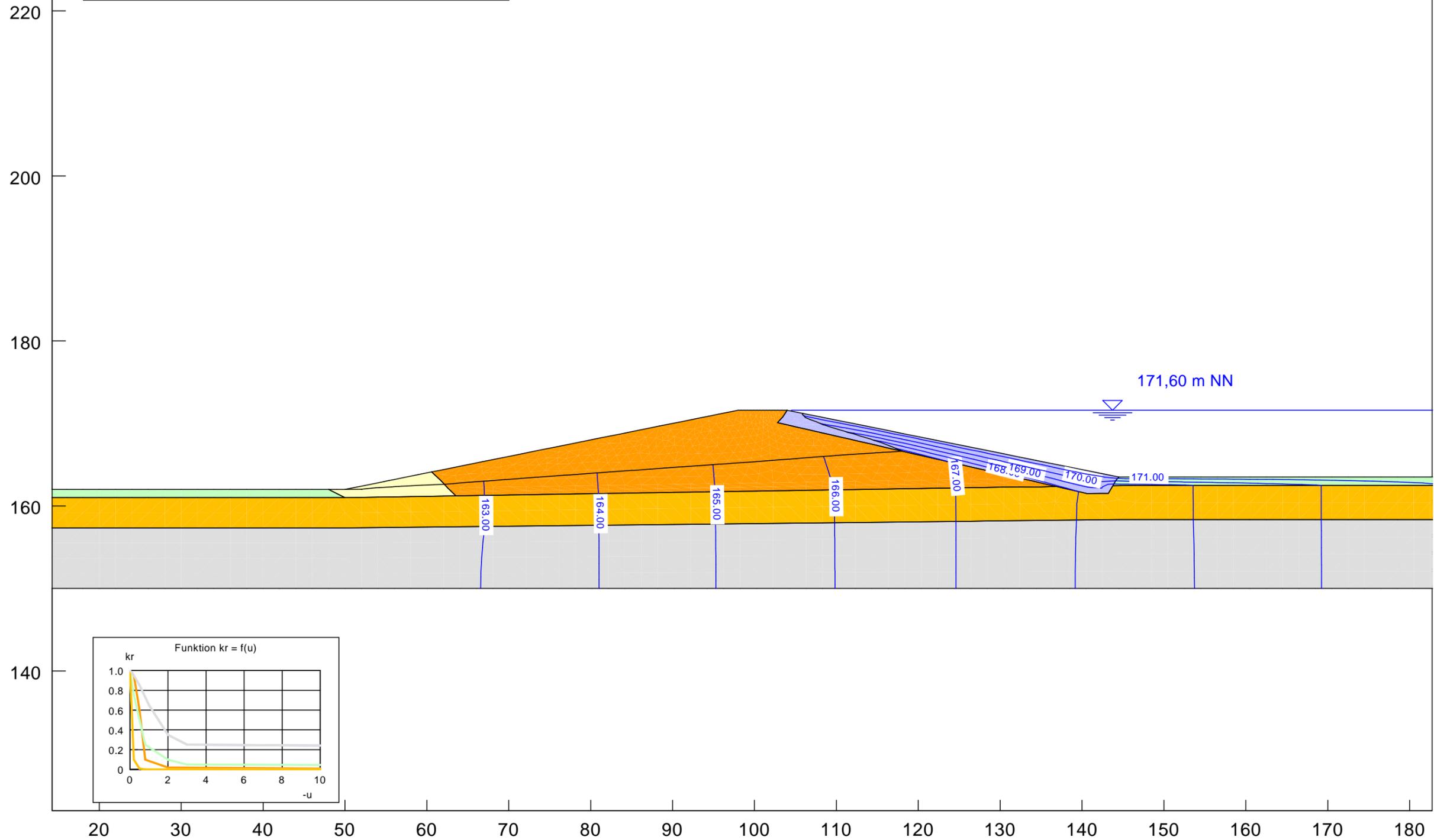
Damm
 Linien gleicher Wasserstände
 BS-P: maximaler Einstau



Damm

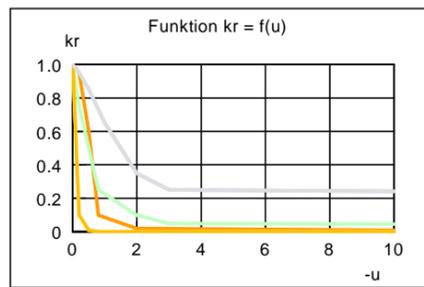
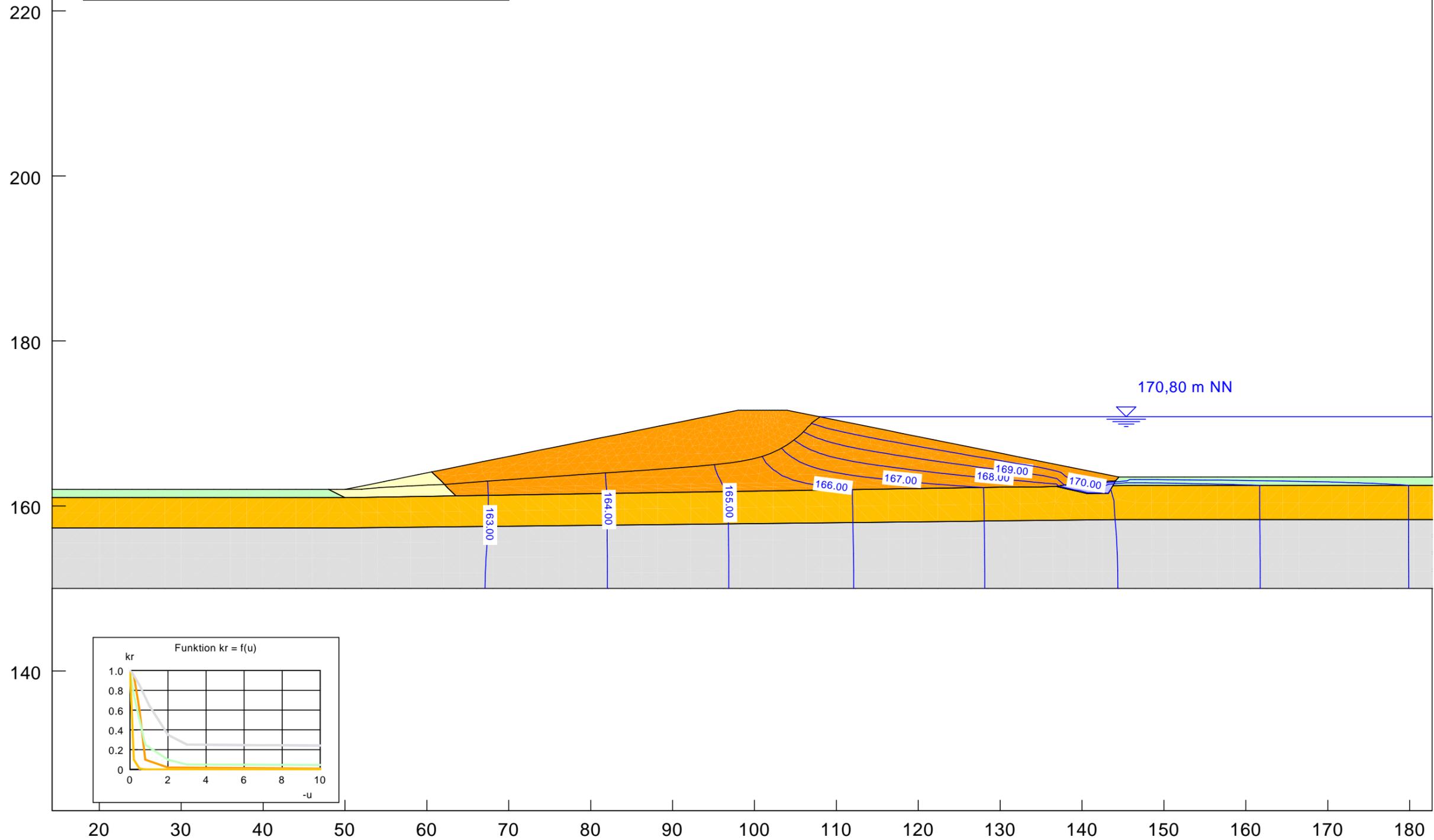
Linien gleicher Wasserstände
 BS-T.2: Kronenstau

Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-9}$	$1.000 \cdot 10^{-9}$	0.05	Verwitterungshorizontl



Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-9}$	$1.000 \cdot 10^{-9}$	0.05	Verwitterungshorizontl

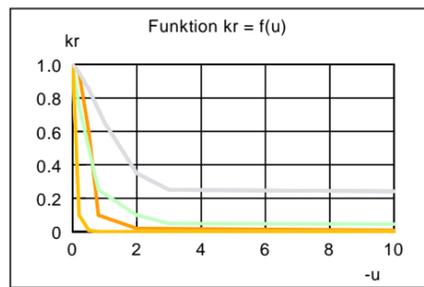
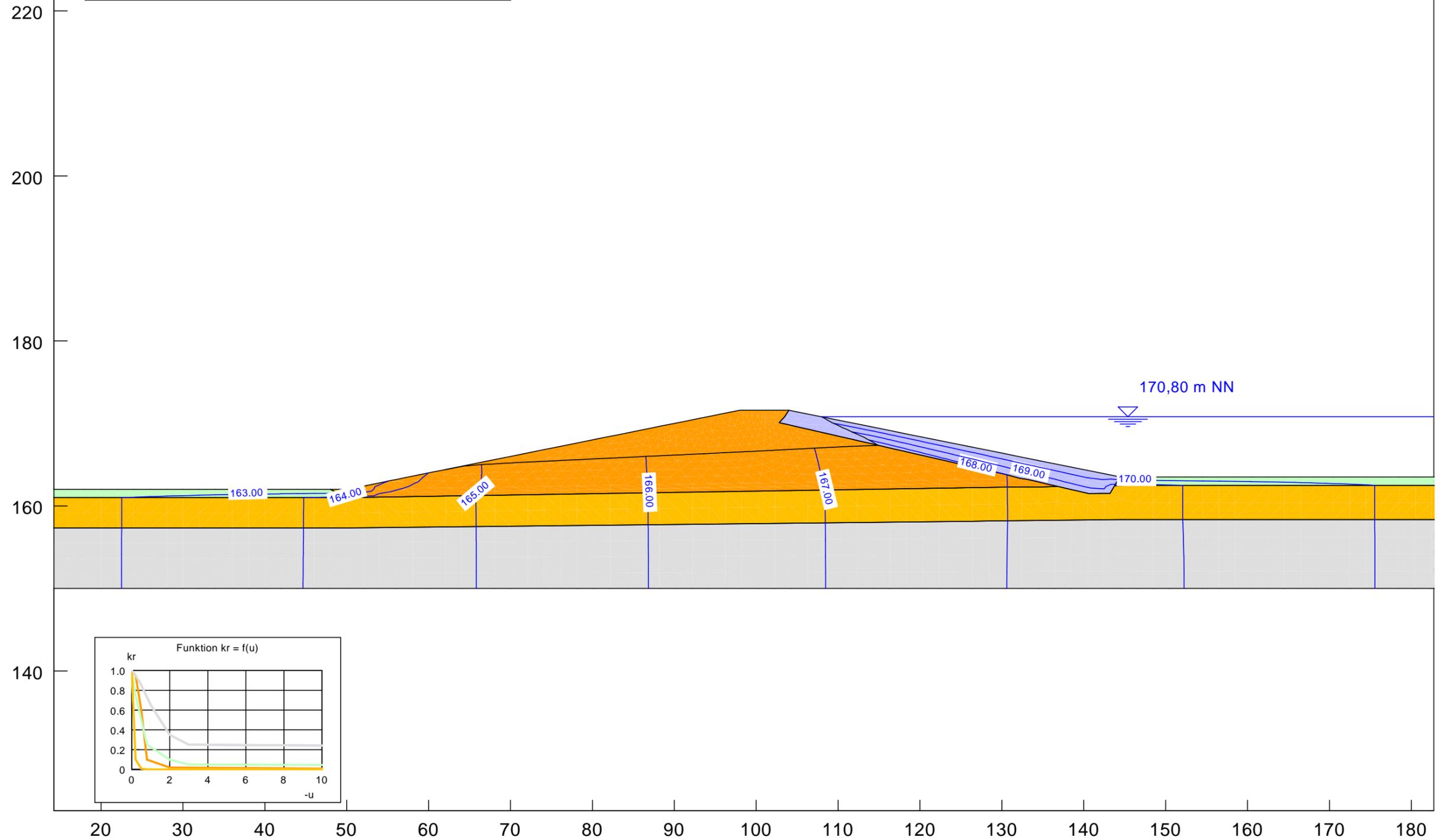
Damm
 Linien gleicher Wasserstände
 BS-A.1: Dichtung defekt

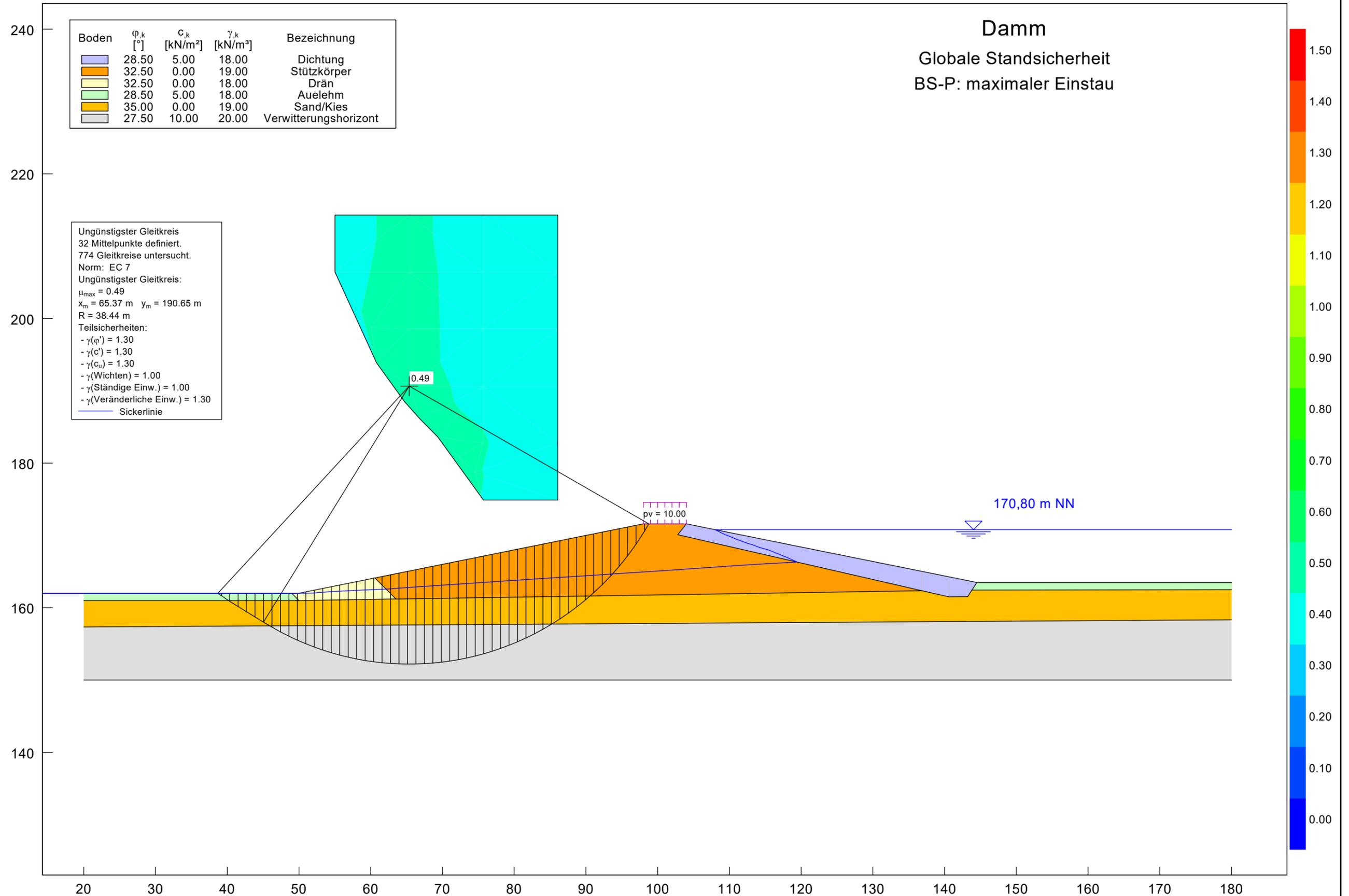


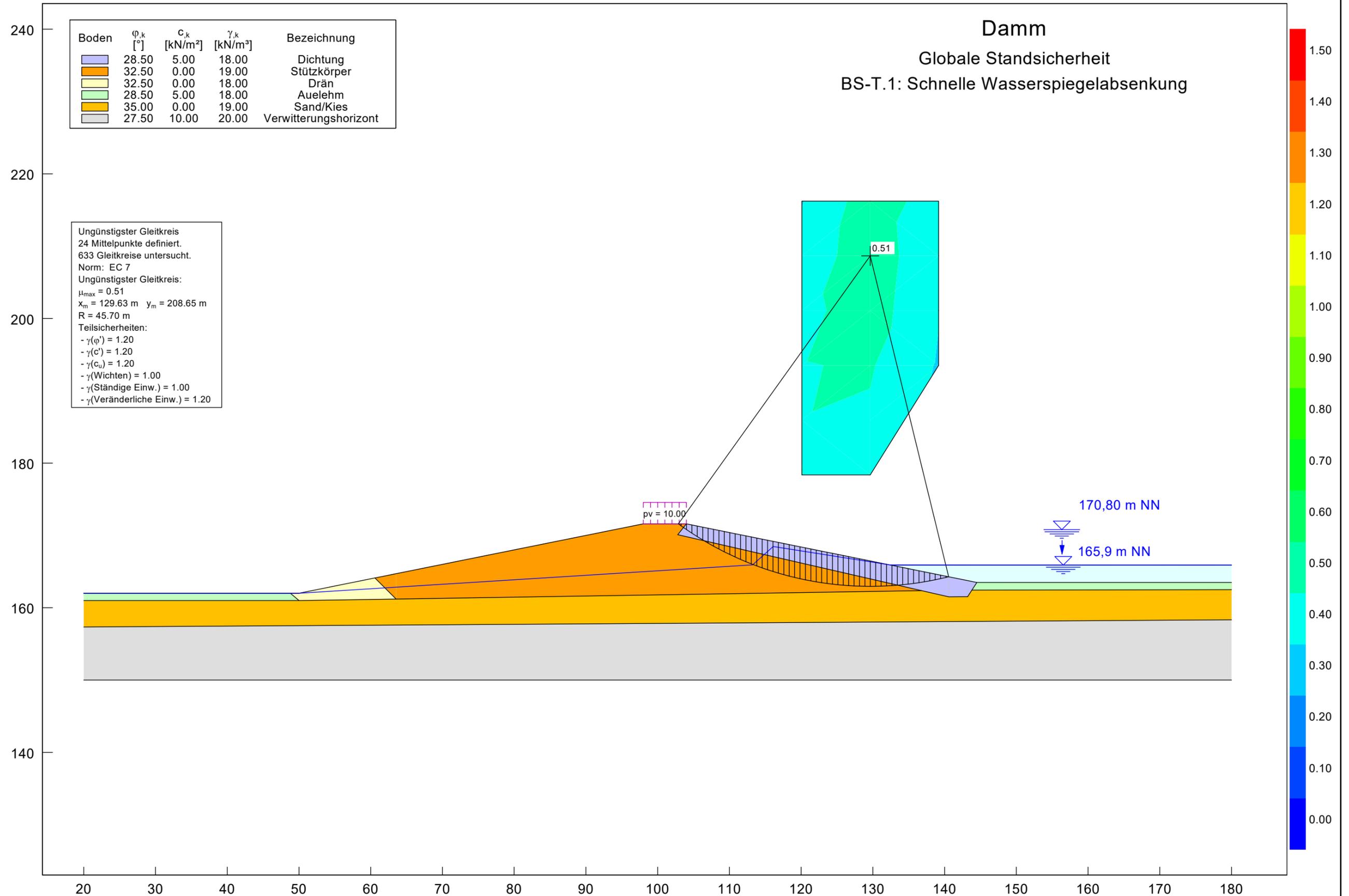
Damm

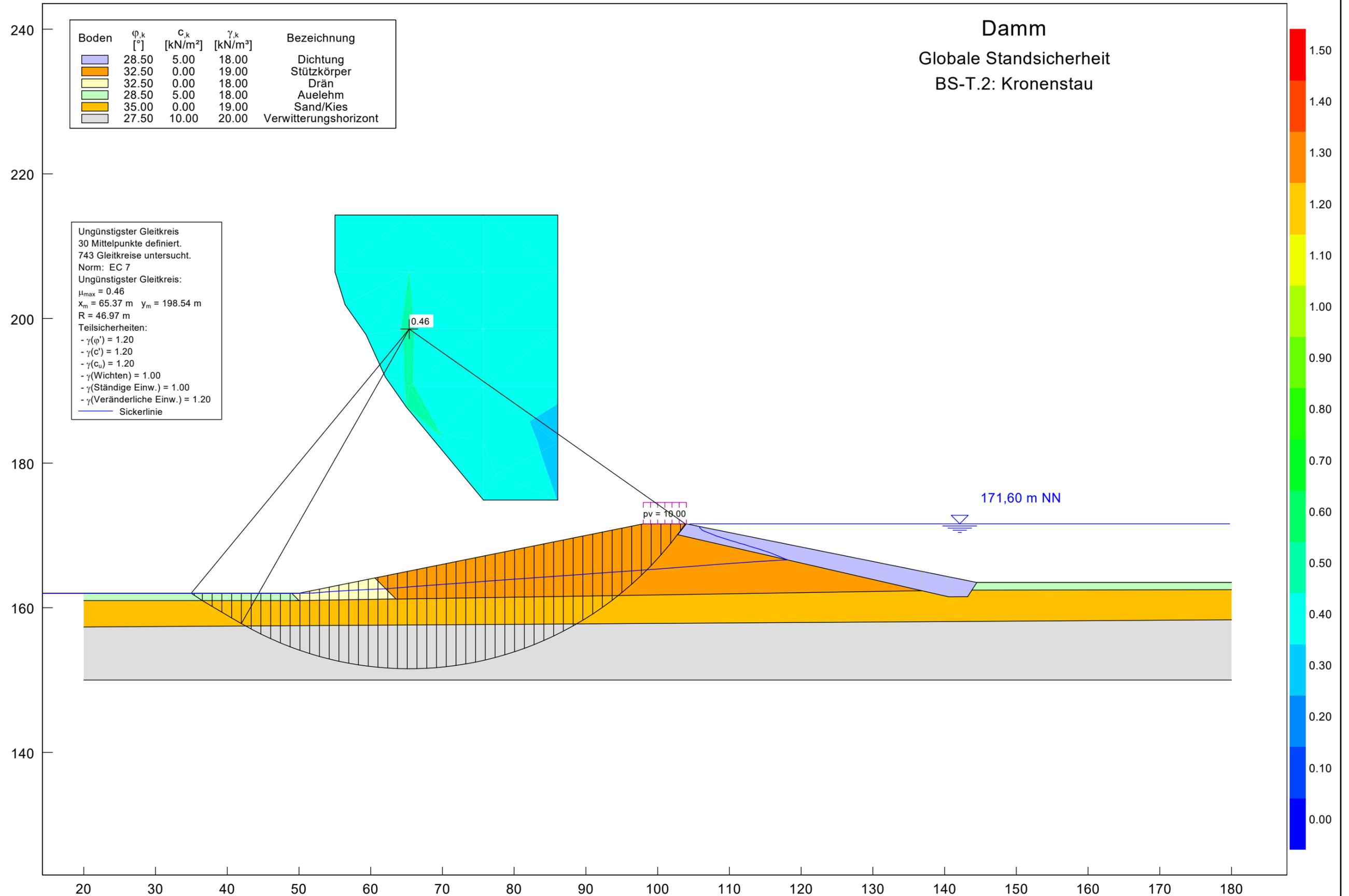
Linien gleicher Wasserstände
 BS-A.2: Ausfall Drainage

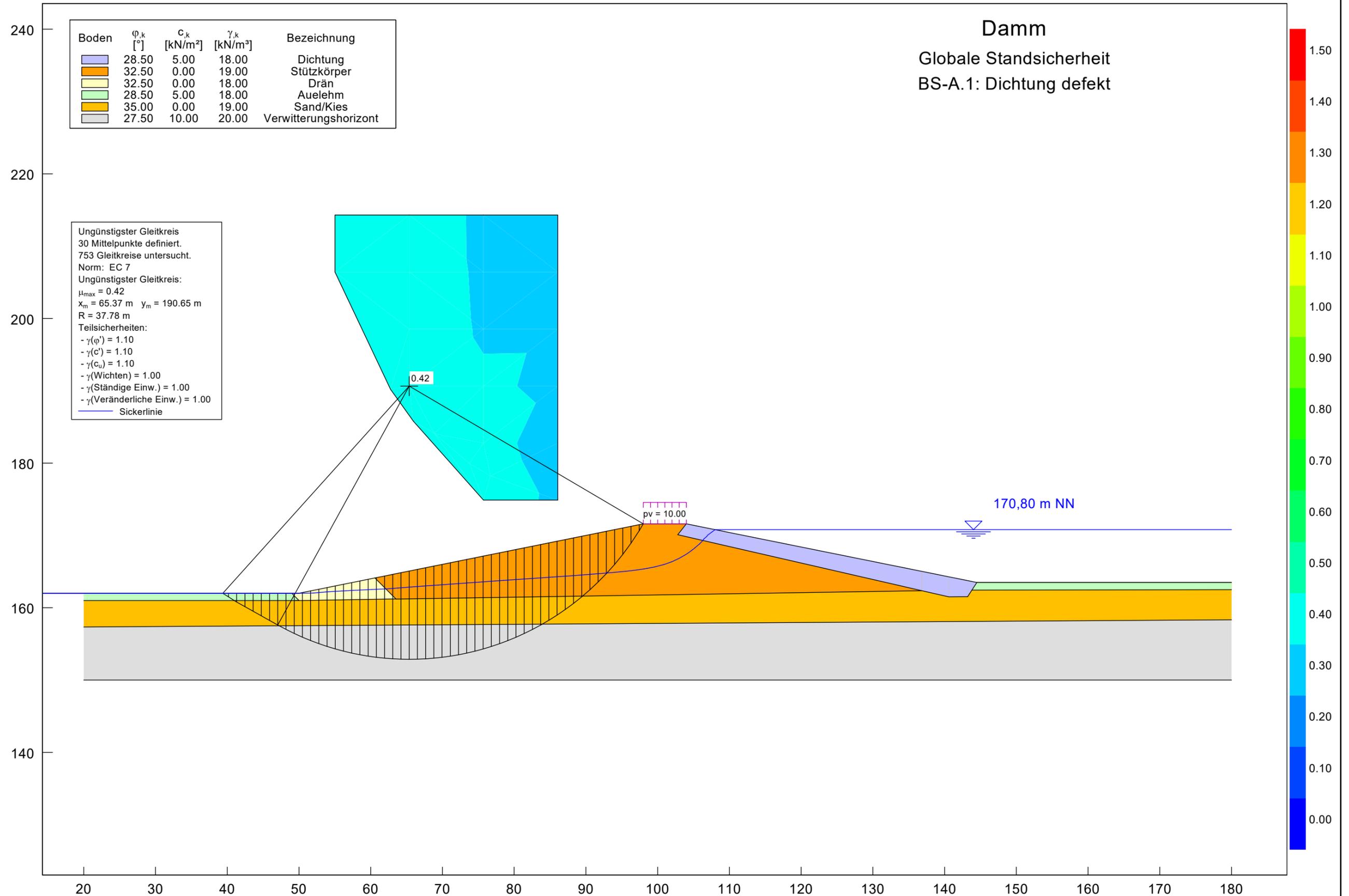
Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-9}$	$1.000 \cdot 10^{-9}$	0.05	Verwitterungshorizontl

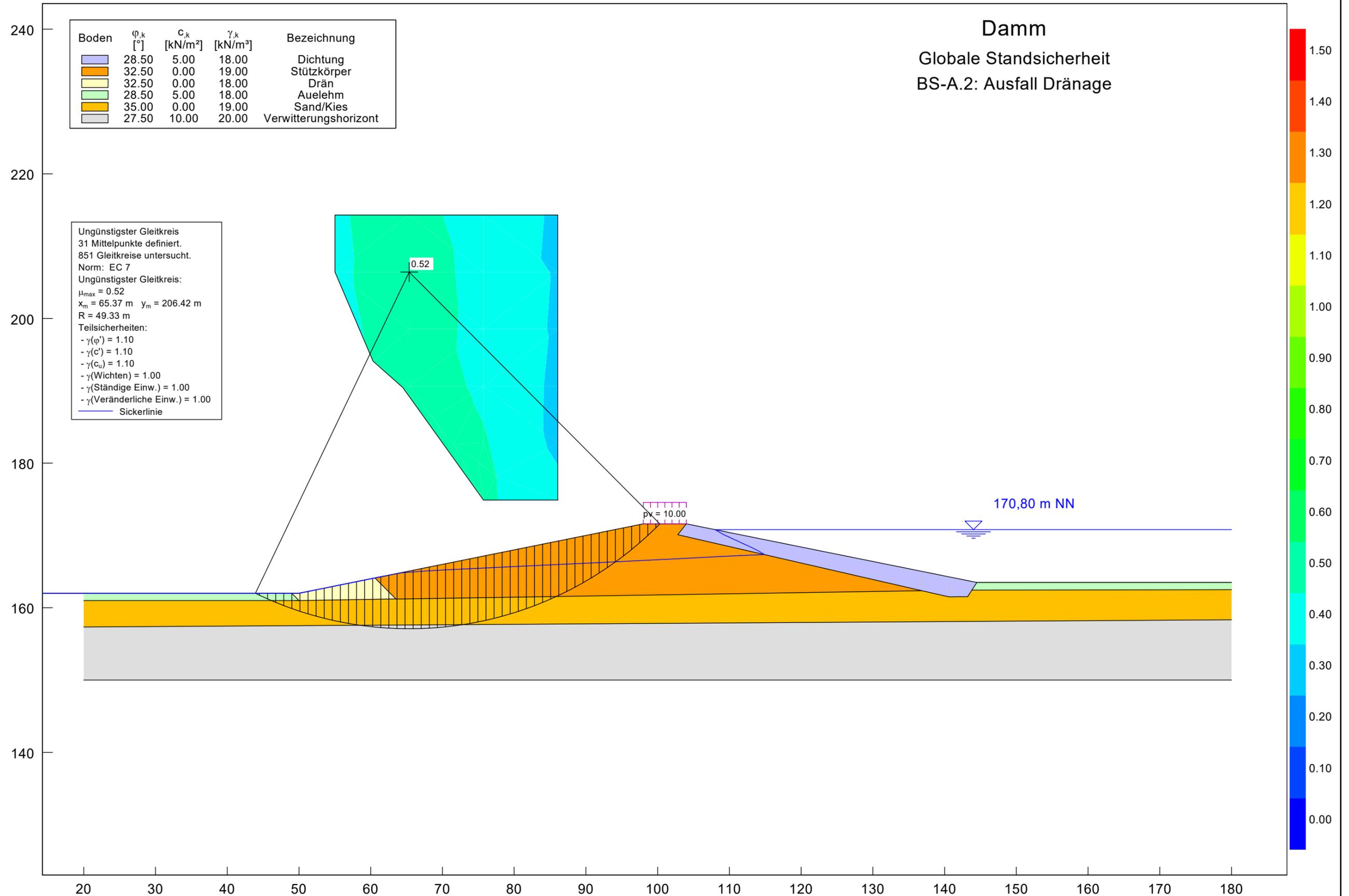






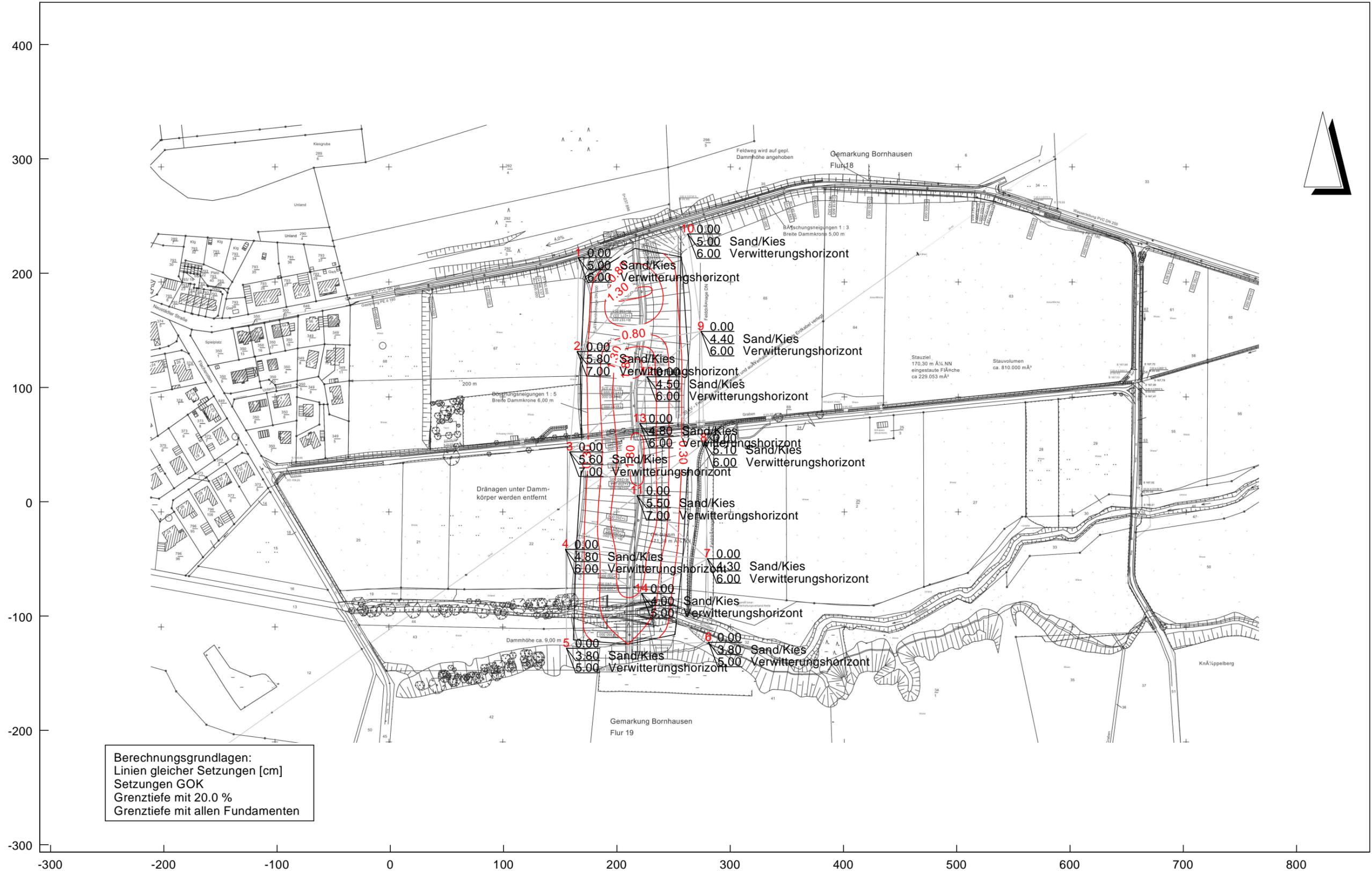






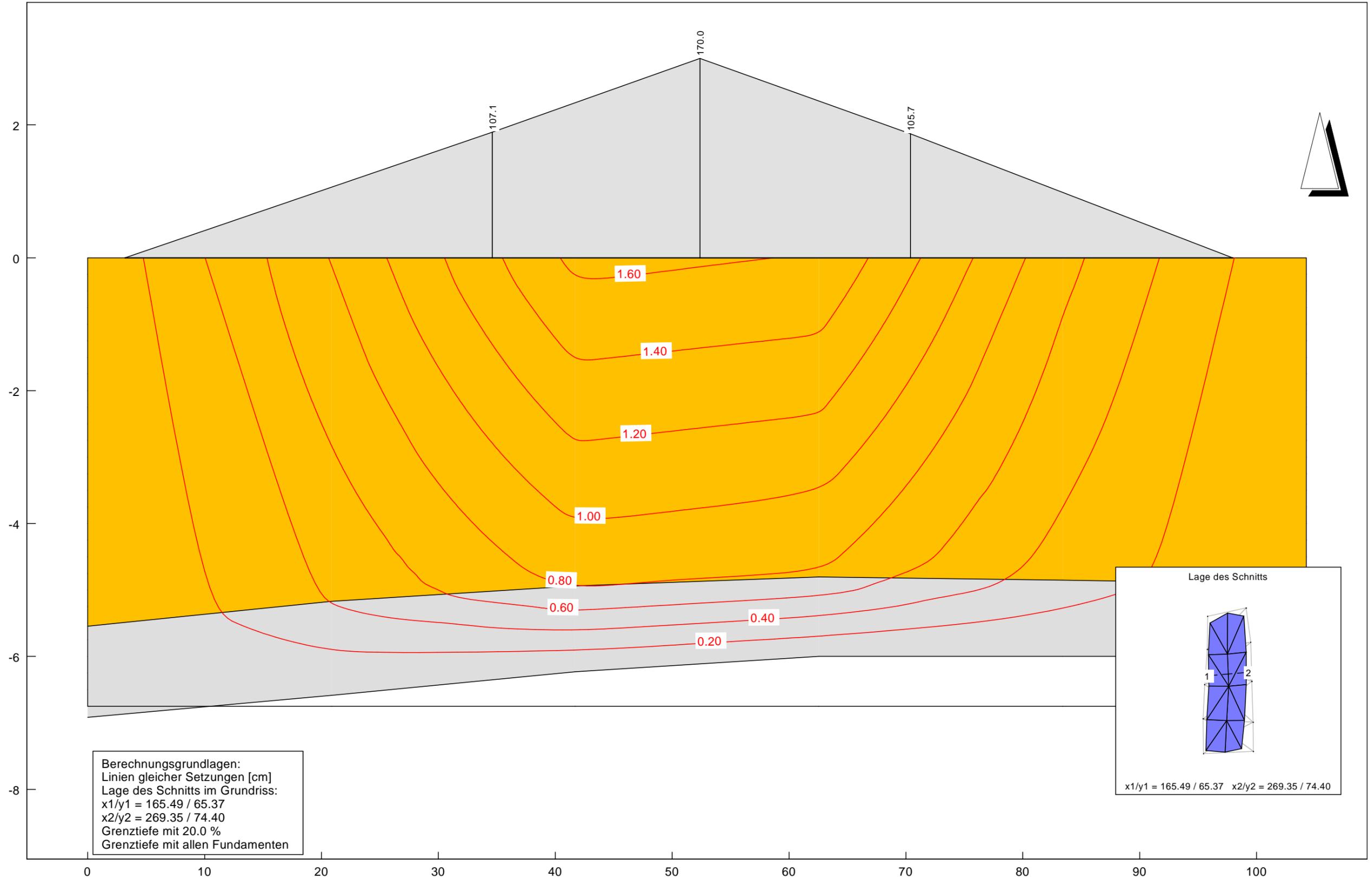
Schicht	g [kN/m ³]	E _s [MN/m ²]	n [-]	Bezeichnung
	11.00	80.00	0.000	Sand/Kies
	10.00	20.00	0.000	Verwitterungshorizont

Damm
Linien gleicher Setzungen

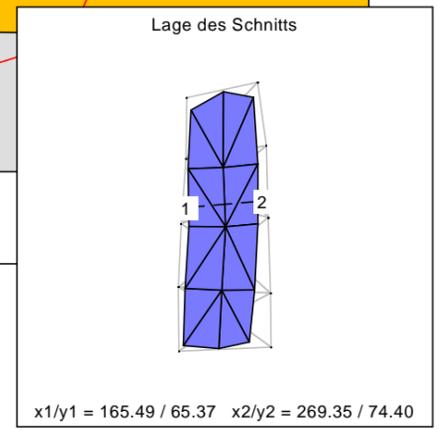


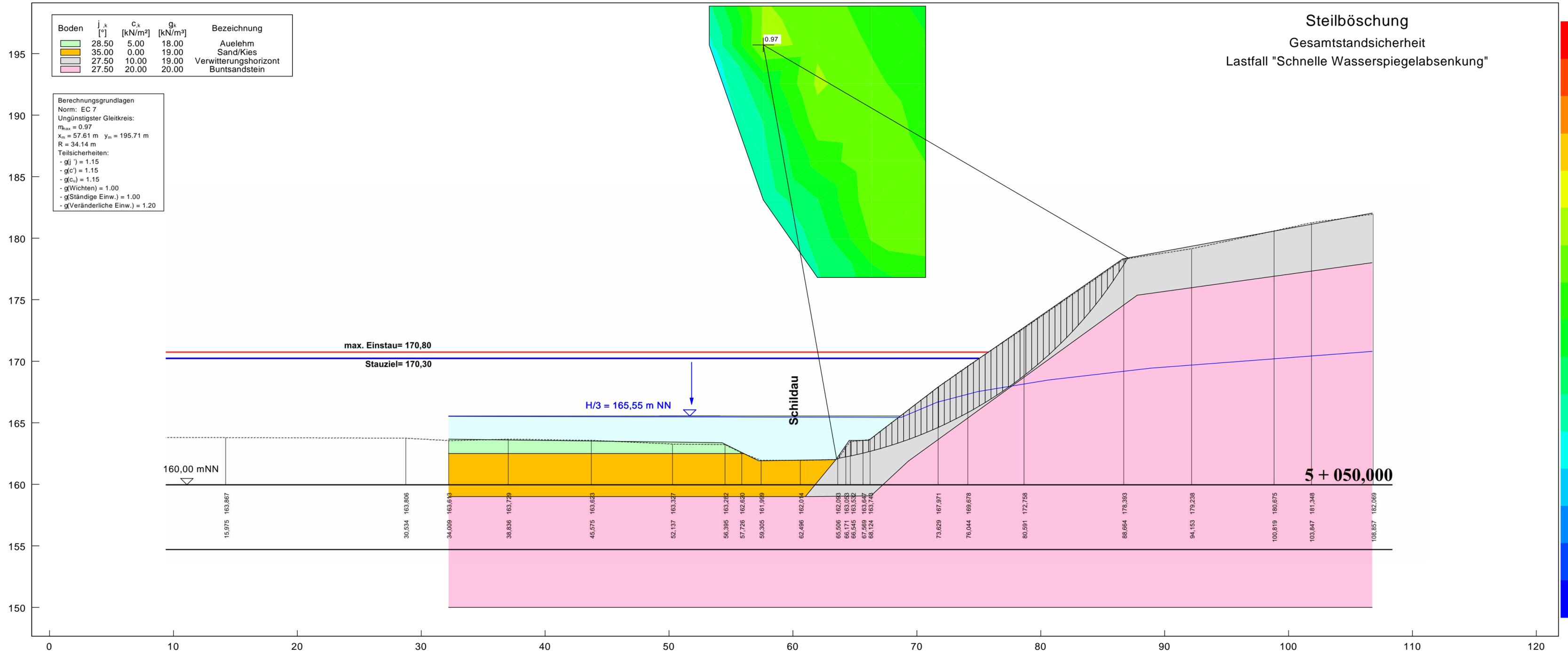
Schicht	g [kN/m ³]	E _s [MN/m ²]	n [-]	Bezeichnung
	11.00	80.00	0.000	Sand/Kies
	10.00	20.00	0.000	Verwitterungshorizont

Damm
Setzungen im Schnitt



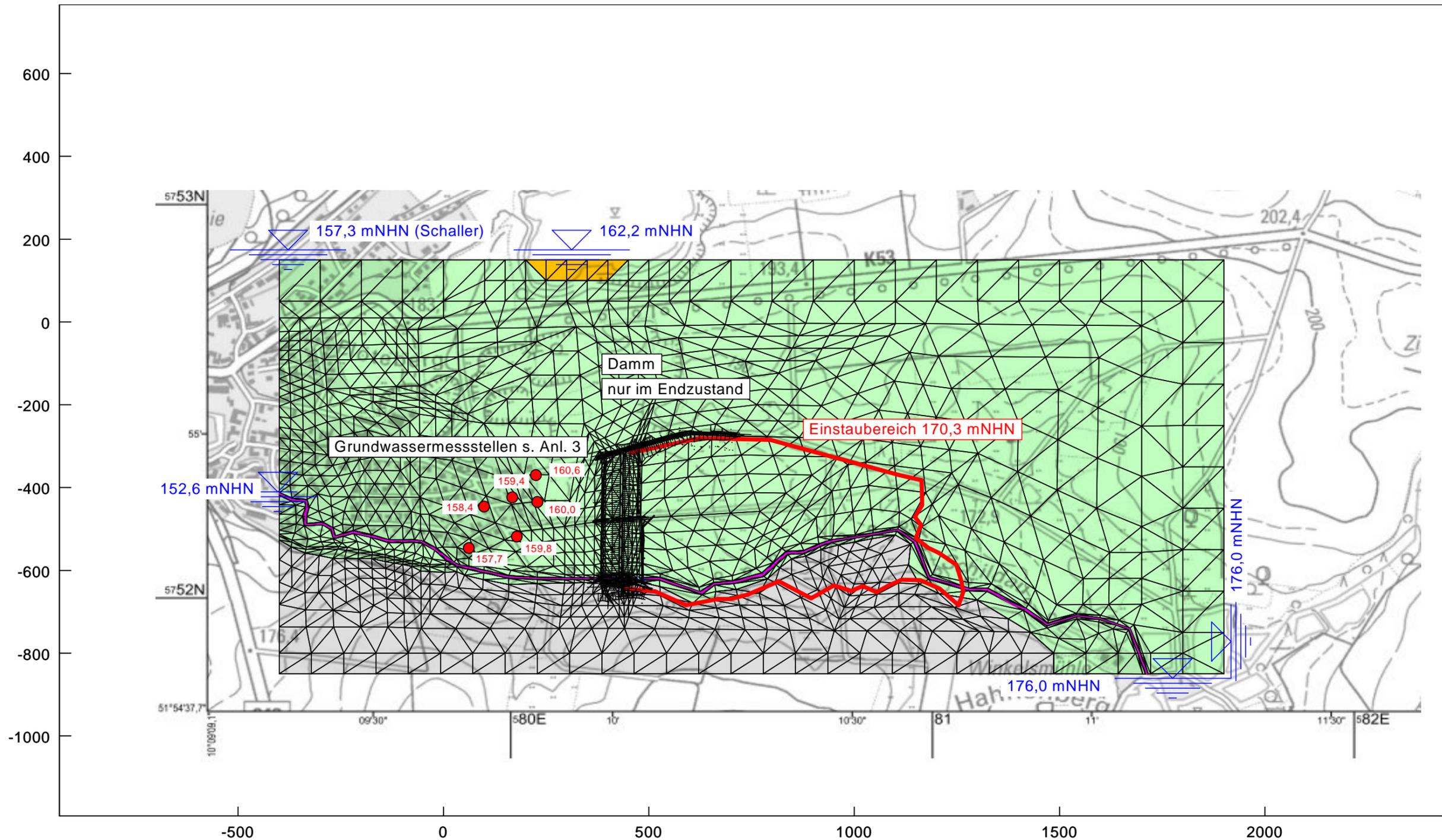
Berechnungsgrundlagen:
 Linien gleicher Setzungen [cm]
 Lage des Schnitts im Grundriss:
 x1/y1 = 165.49 / 65.37
 x2/y2 = 269.35 / 74.40
 Grenztiefe mit 20.0 %
 Grenztiefe mit allen Fundamenten





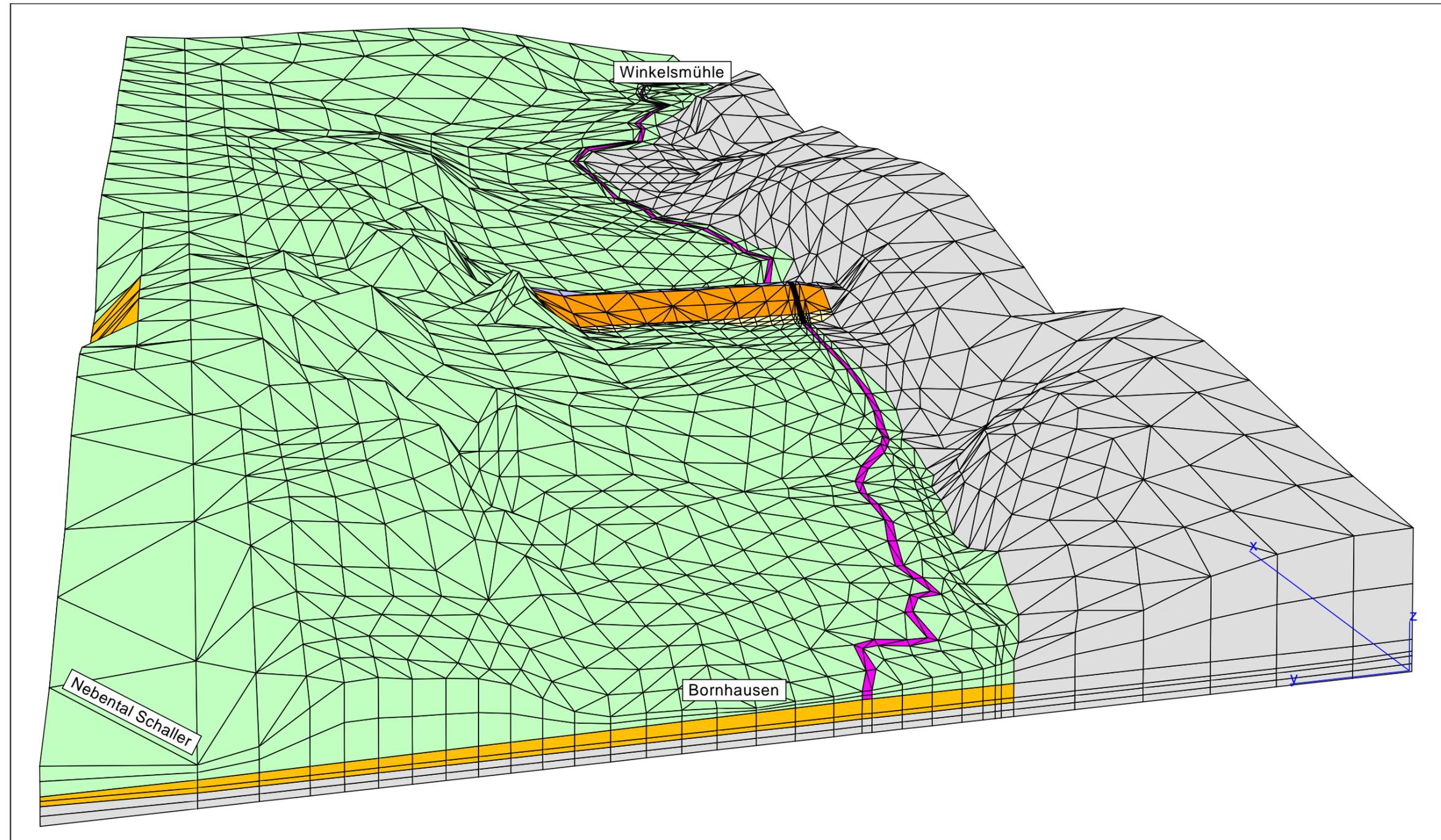
Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.05	Verwitterungshorizont
	1.000	1.000	1.000	0.99	Gewässer

Untergrundhydraulik
Berechnungssystem
Draufsicht



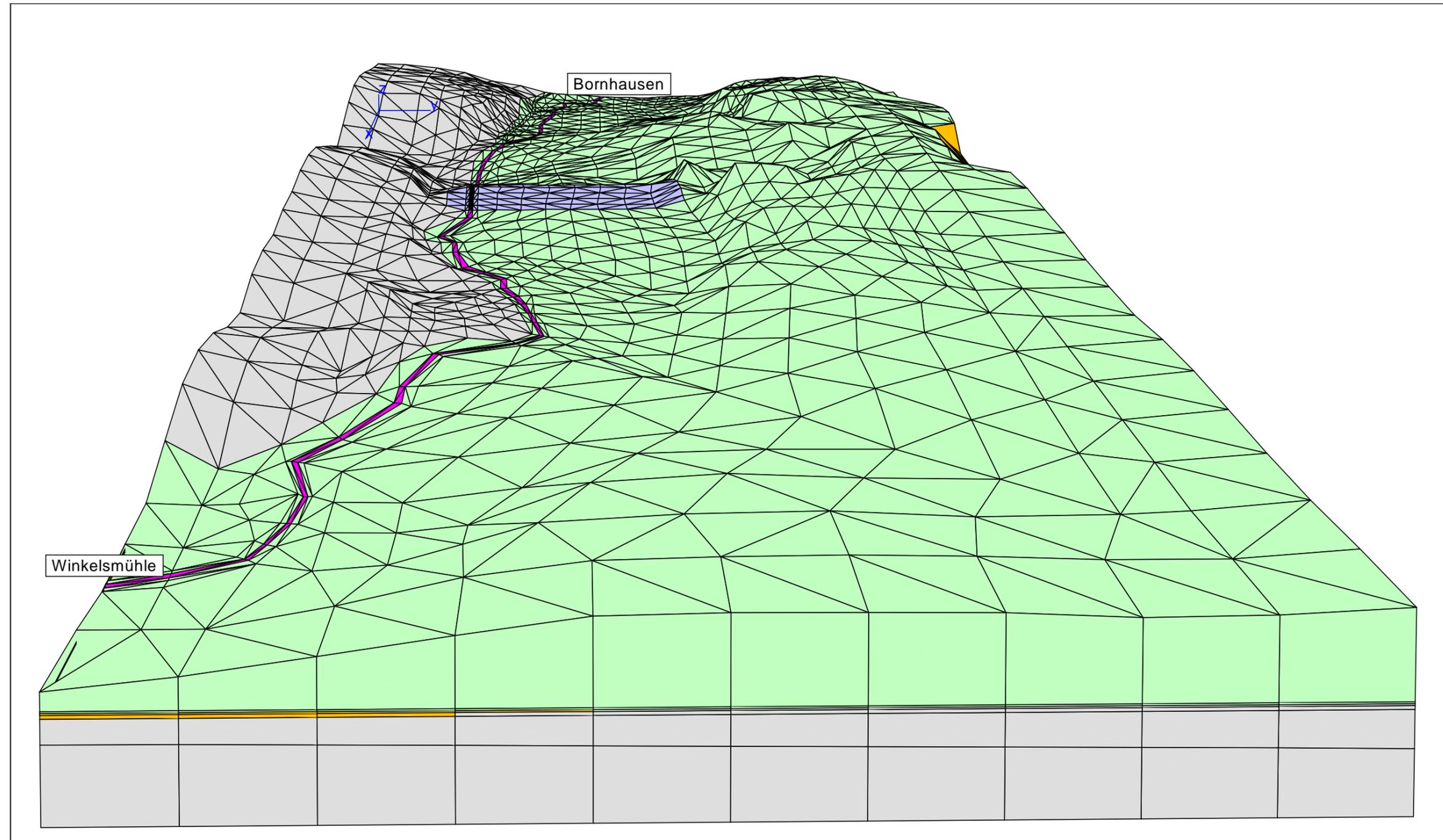
Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.05	Verwitterungshorizont
	1.000	1.000	1.000	0.99	Gewässer
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	0.01	Auslaufbauwerk

Untergrundhydraulik
 Berechnungssystem mit Damm
 Ansicht von Westen



Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.05	Verwitterungshorizont
	1.000	1.000	1.000	0.99	Gewässer
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	0.01	Auslaufbauwerk

Untergrundhydraulik
 Berechnungssystem mit Damm
 Ansicht von Osten



Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.05	Verwitterungshorizont

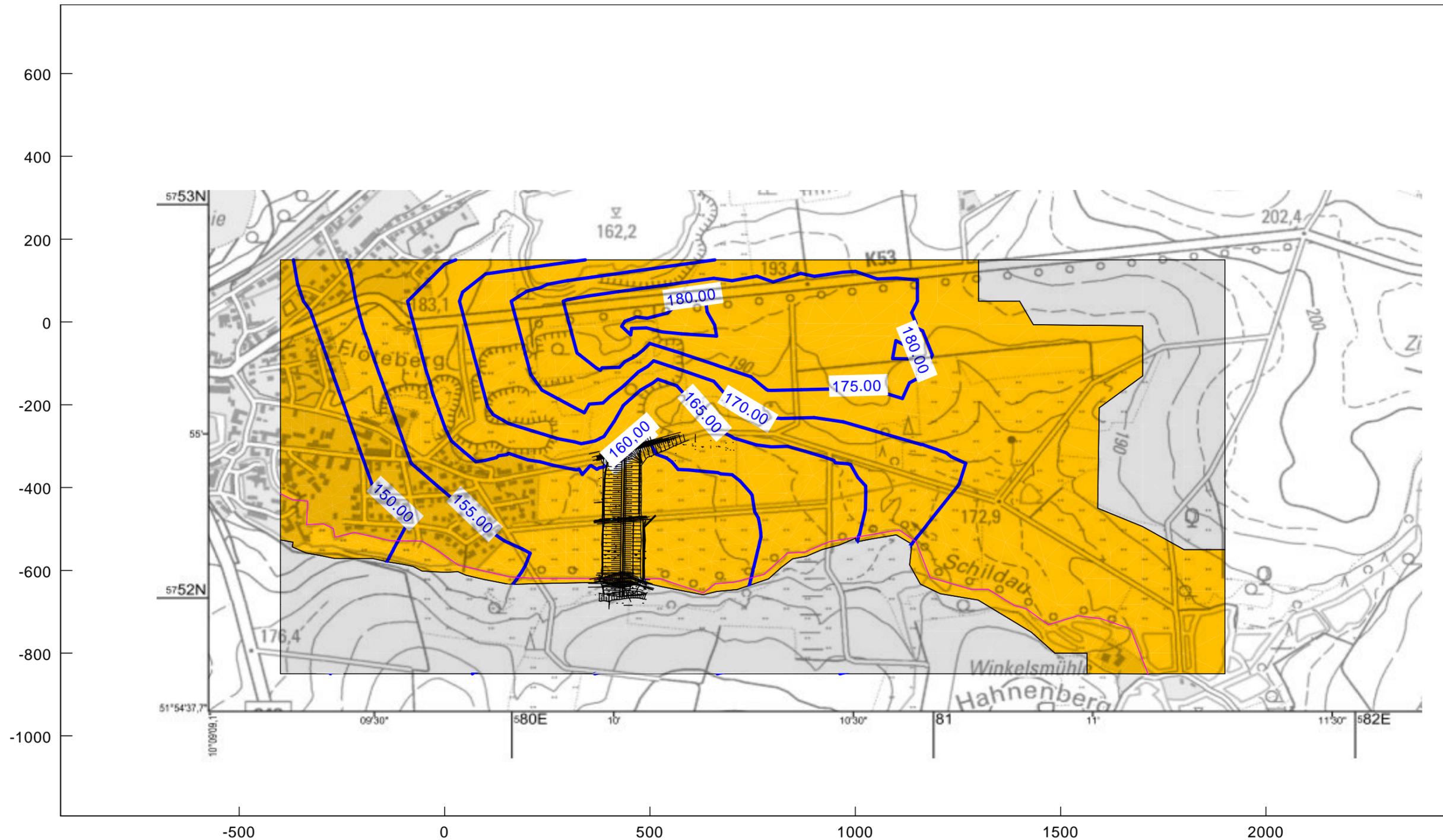


Bornhausen
Hochwasserrückhaltebecken

Bericht Nr. 6274.9/2020

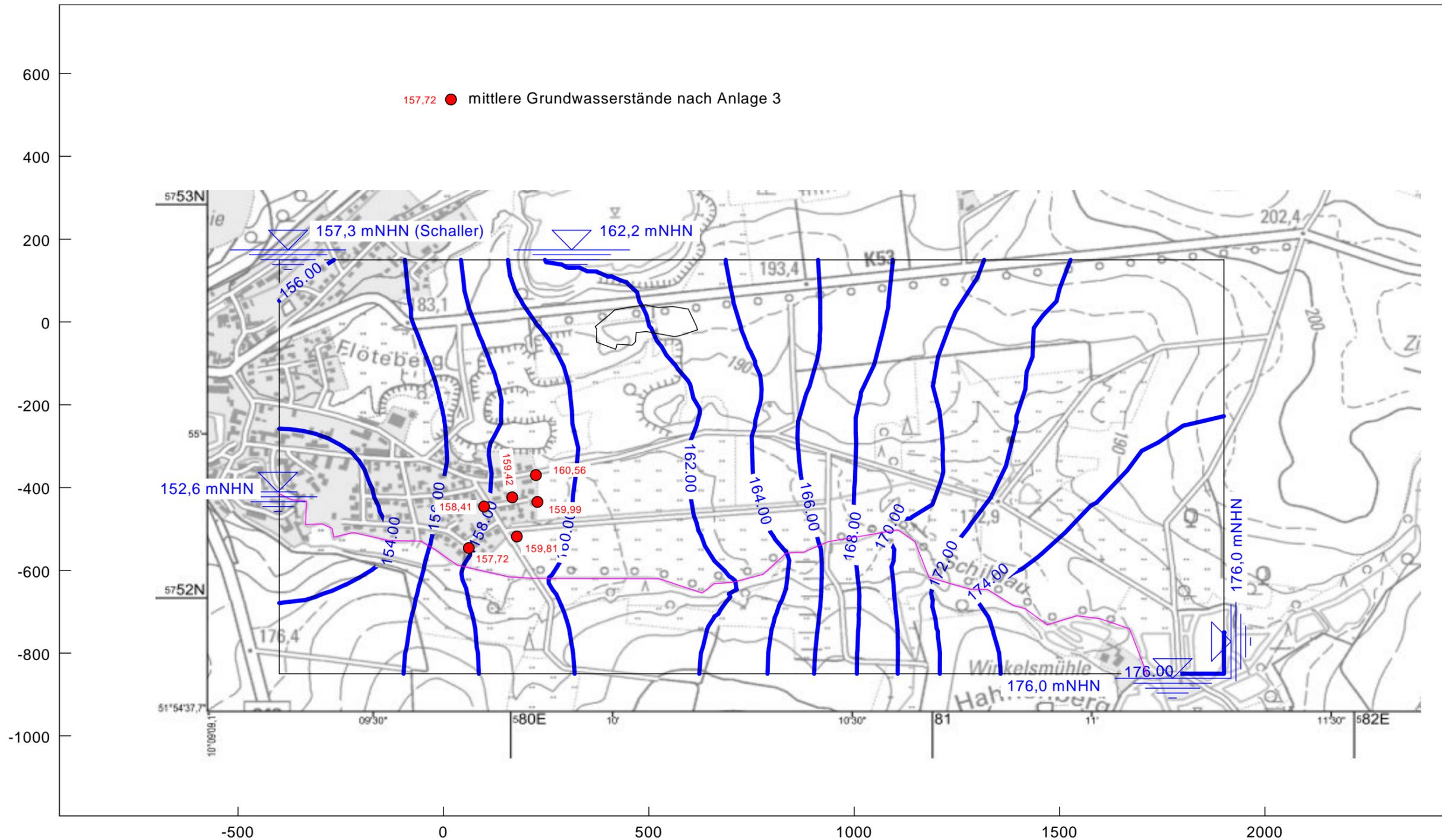
Anlage Nr. 9.1.4

Untergrundhydraulik
Berechnungssystem
Ausbreitung und Höhe der Basis
des Grundwasserleiters



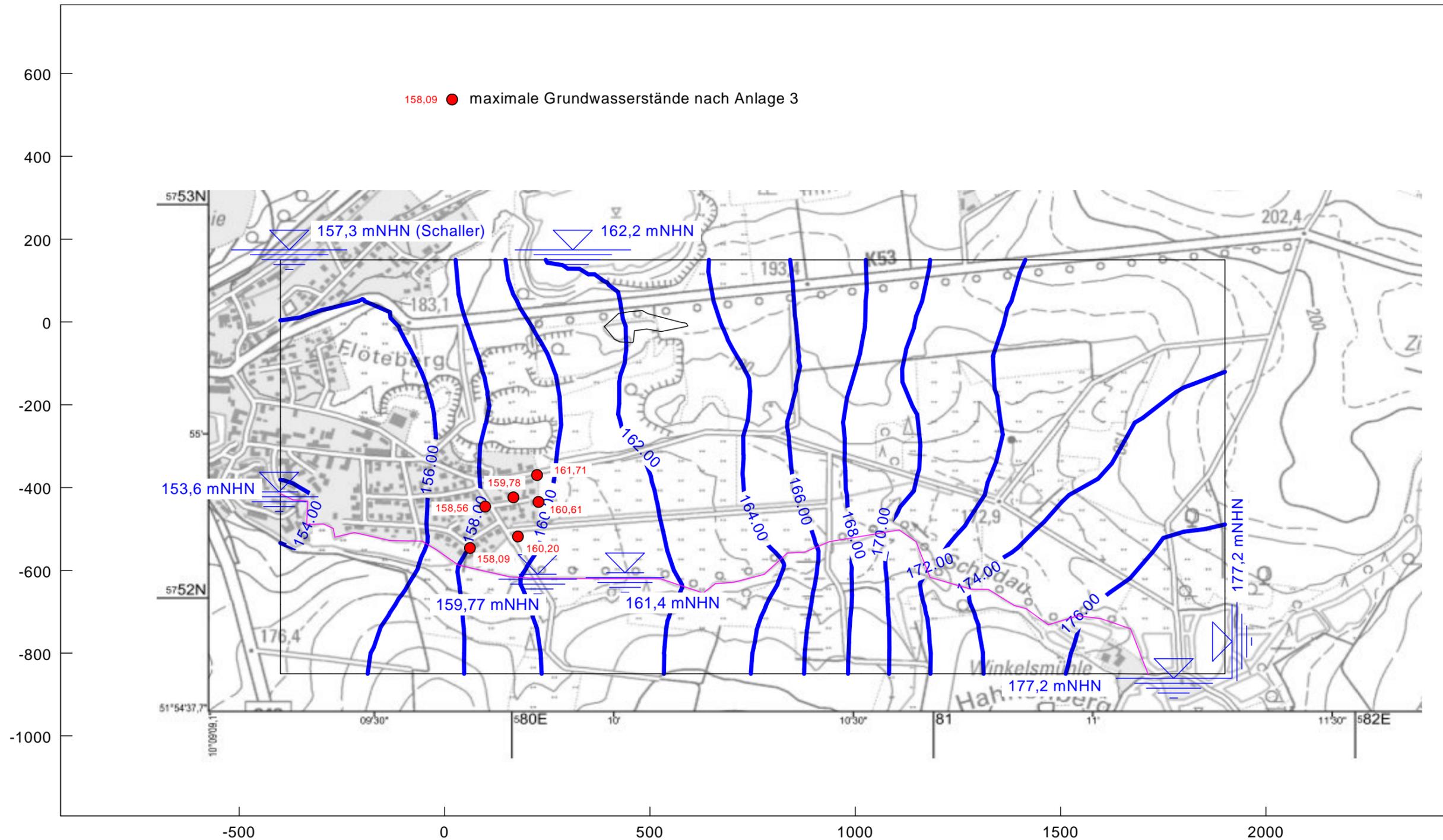
Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.05	Verwitterungshorizont
	1.000	1.000	1.000	0.99	Gewässer

Untergrundhydraulik
Modellkalibrierung - Ist-Zustand
Normaler Abfluss
Linien gleicher Grundwasserstände



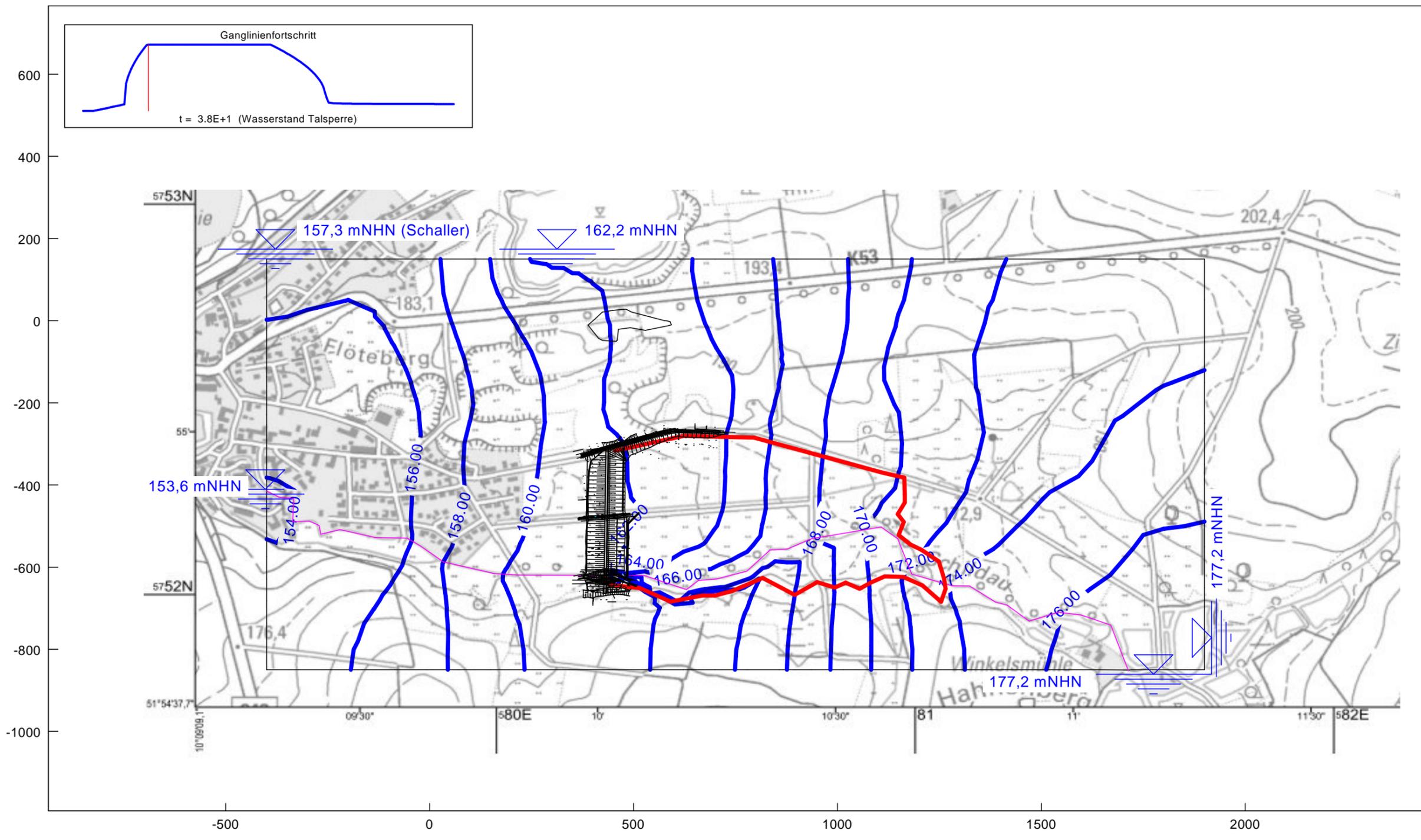
Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	0.05	Verwitterungshorizont
	1.000	1.000	1.000	0.99	Gewässer

Untergrundhydraulik
Modellkalibrierung - Ist-Zustand
Schildau bordvoll
Linien gleicher Grundwasserstände



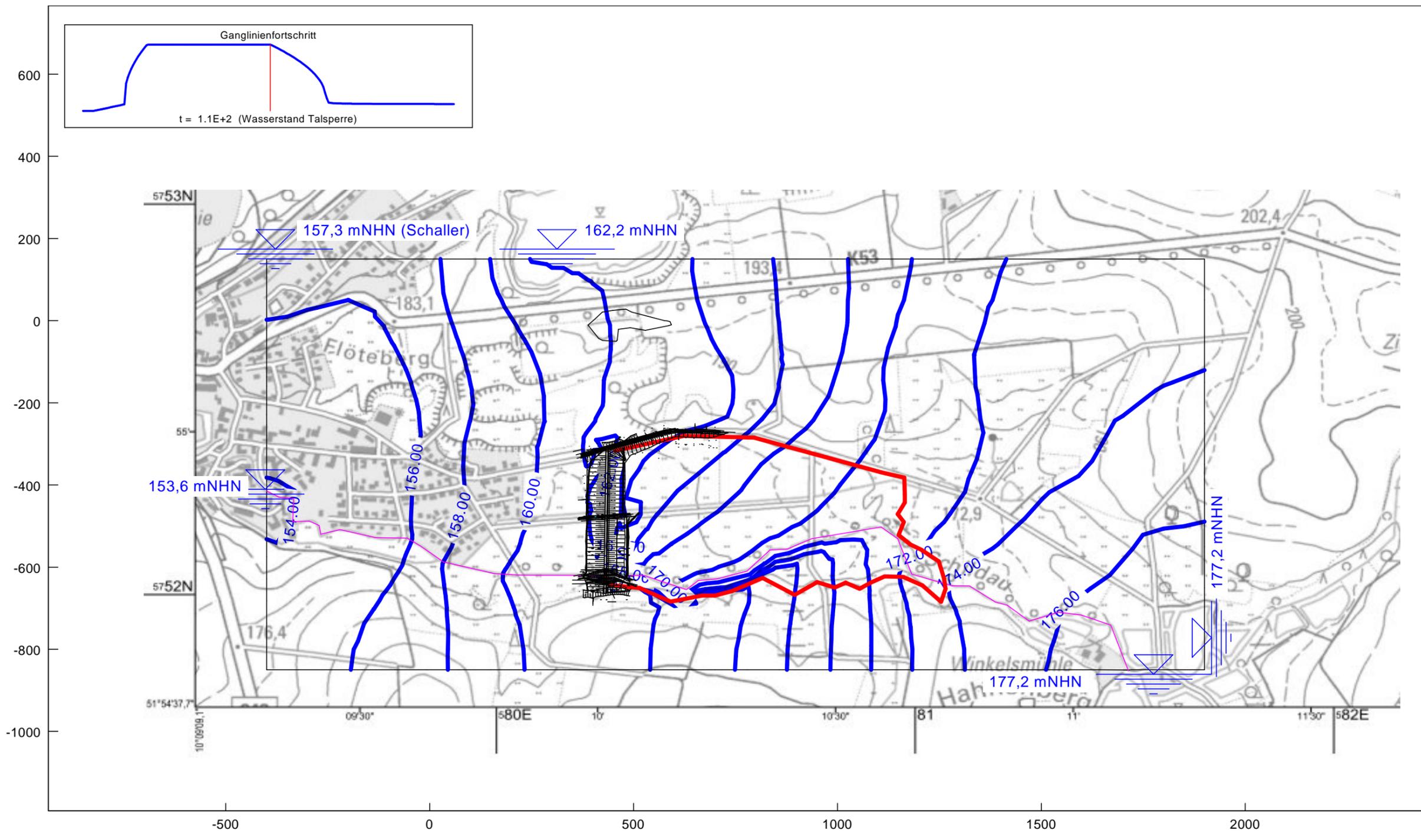
Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	S_s [1/m]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Verwitterungshorizont
	1.000	1.000	1.000	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.99	Gewässer
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.01	Auslaufbauwerk

Untergrundhydraulik
 Endzustand mit Damm, Einstau mit Staukurve
 t = 38 h: Vollstau erreicht
 Linien gleicher Wasserstände



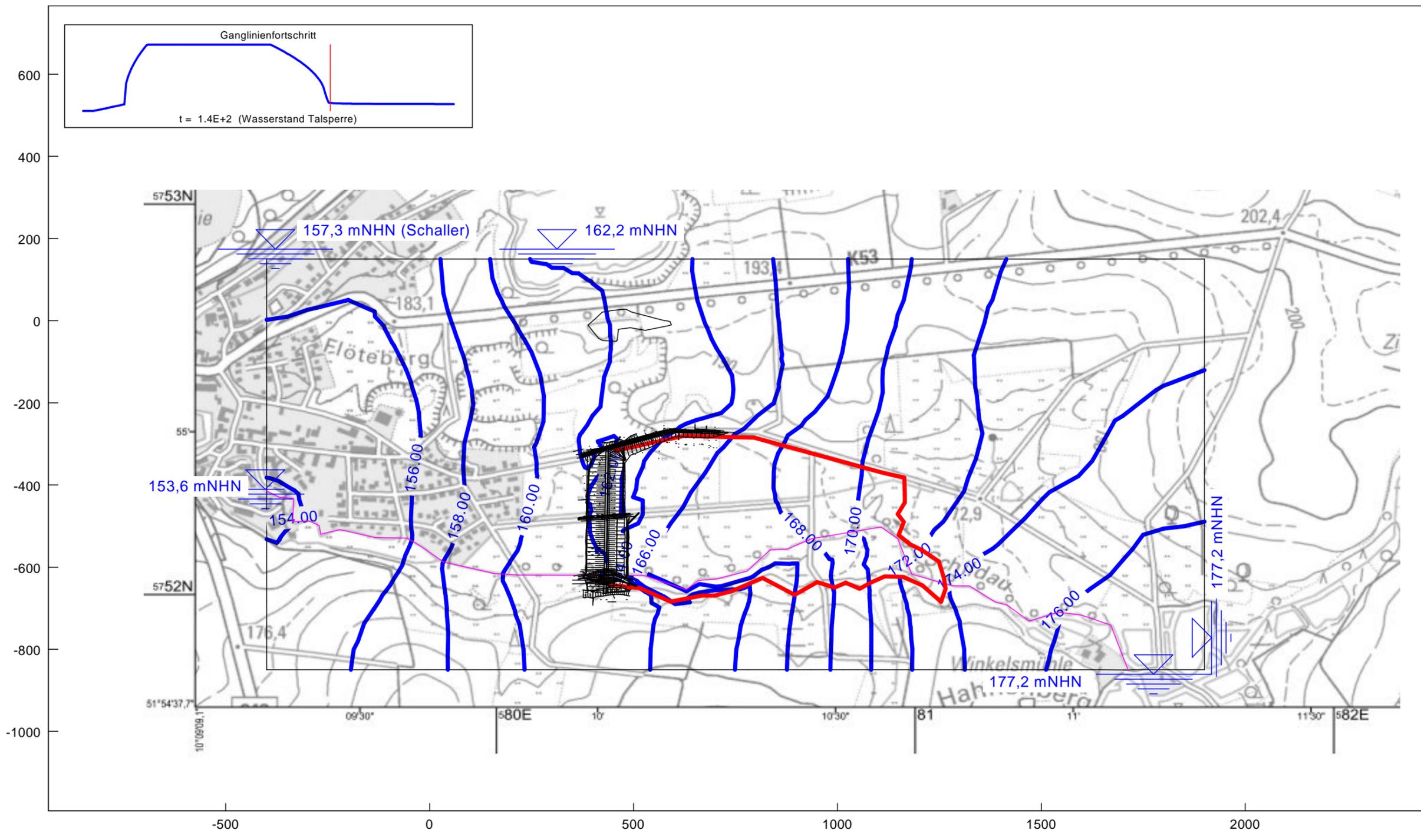
Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	S_s [1/m]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Verwitterungshorizont
	1.000	1.000	1.000	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.99	Gewässer
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.01	Auslaufbauwerk

Untergrundhydraulik
 Endzustand mit Damm, Einstau mit Staukurve
 t = 109 h: Ende Vollstau
 Linien gleicher Wasserstände



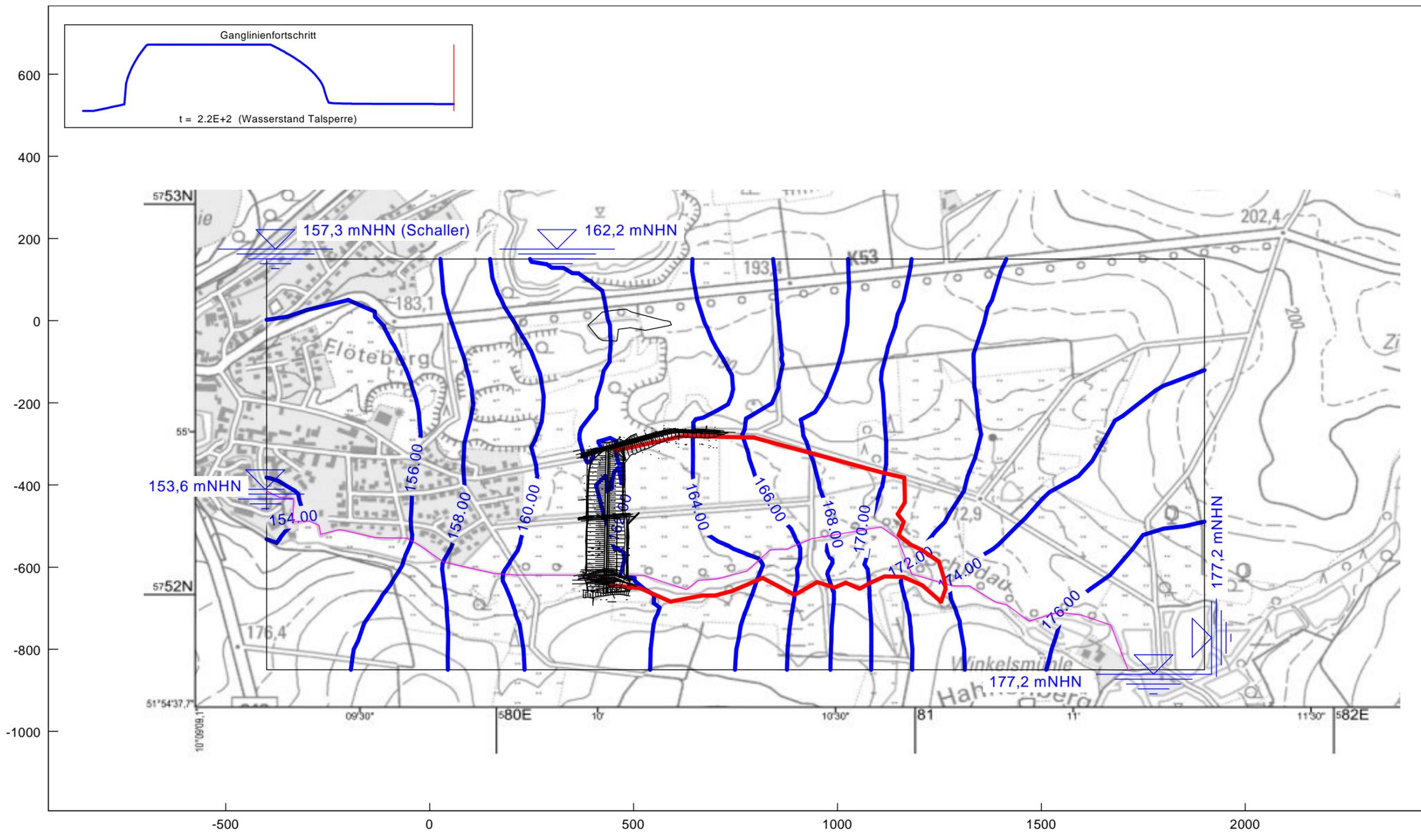
Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	S_s [1/m]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Verwitterungshorizont
	1.000	1.000	1.000	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.99	Gewässer
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.01	Auslaufbauwerk

Untergrundhydraulik
 Endzustand mit Damm, Einstau mit Staukurve
 t = 144 h: Becken entleert
 Linien gleicher Wasserstände



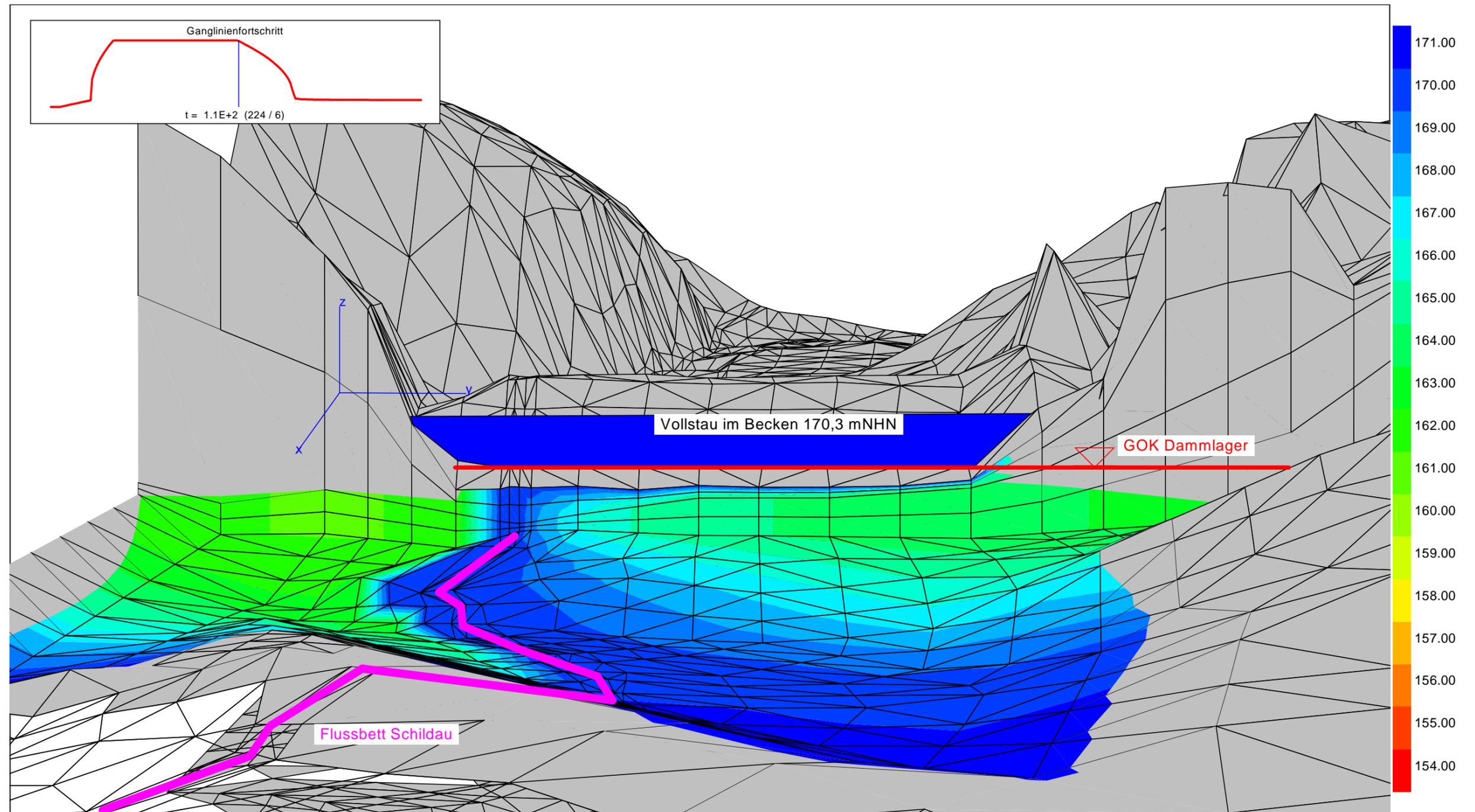
Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	S_s [1/m]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Verwitterungshorizont
	1.000	1.000	1.000	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.99	Gewässer
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.01	Auslaufbauwerk

Untergrundhydraulik
 Endzustand mit Damm, Einstau mit Staukurve
 t = 216 h: Becken entleert + 3 Tage
 Linien gleicher Wasserstände



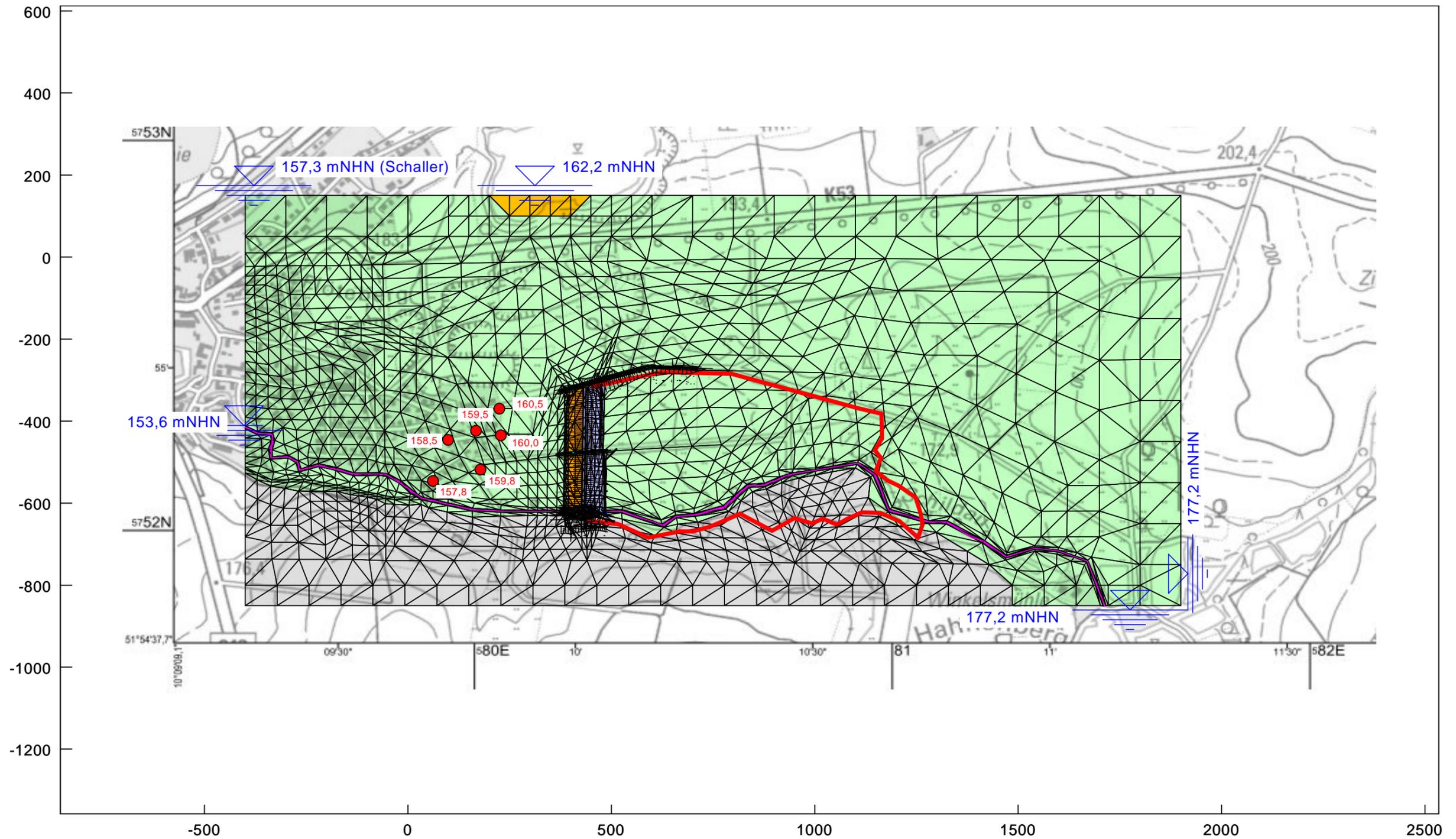
Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	S_s [1/m]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Verwitterungshorizont
	1.000	1.000	1.000	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.99	Gewässer
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.01	Auslaufbauwerk

Untergrundhydraulik
 Endzustand mit Damm, Einstau mit Staukurve
 t = 109 h: Ende Vollstau
 Linien gleicher Wasserstände



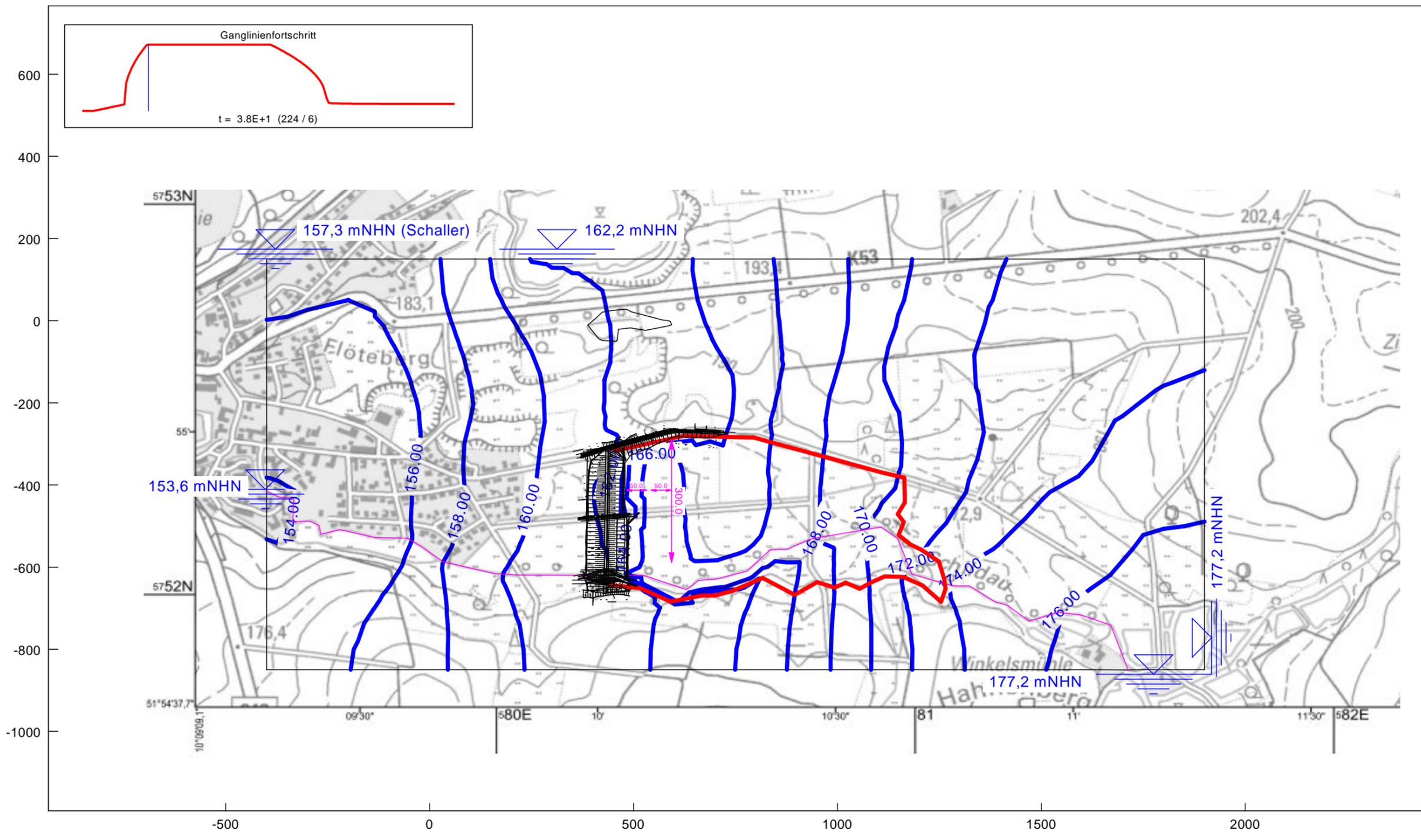
Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	S_s [1/m]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Verwitterungshorizont
	1.000	1.000	1.000	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.99	Gewässer
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.01	Auslaufbauwerk

Untergrundhydraulik
 Endzustand mit Damm, Einstau mit Staukurve
 Ganglinien
 Talsperre und Grundwassermessstellen



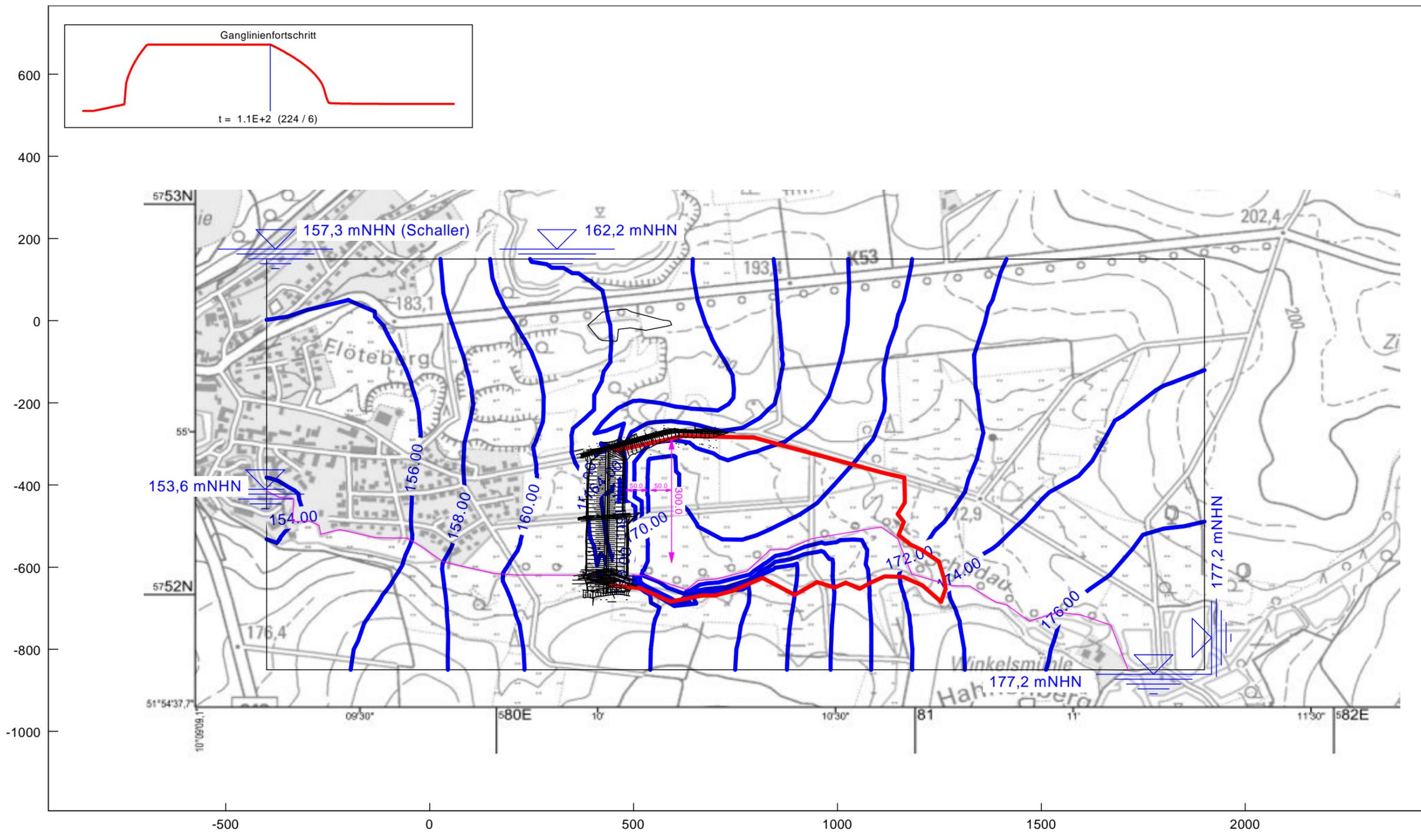
Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	S_s [1/m]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Verwitterungshorizont
	1.000	1.000	1.000	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.99	Gewässer
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.01	Auslaufbauwerk

Untergrundhydraulik
 Endzustand mit Fehlstelle in der Beckenfläche
 t = 38 h: Vollstau erreicht
 Linien gleicher Wasserstände



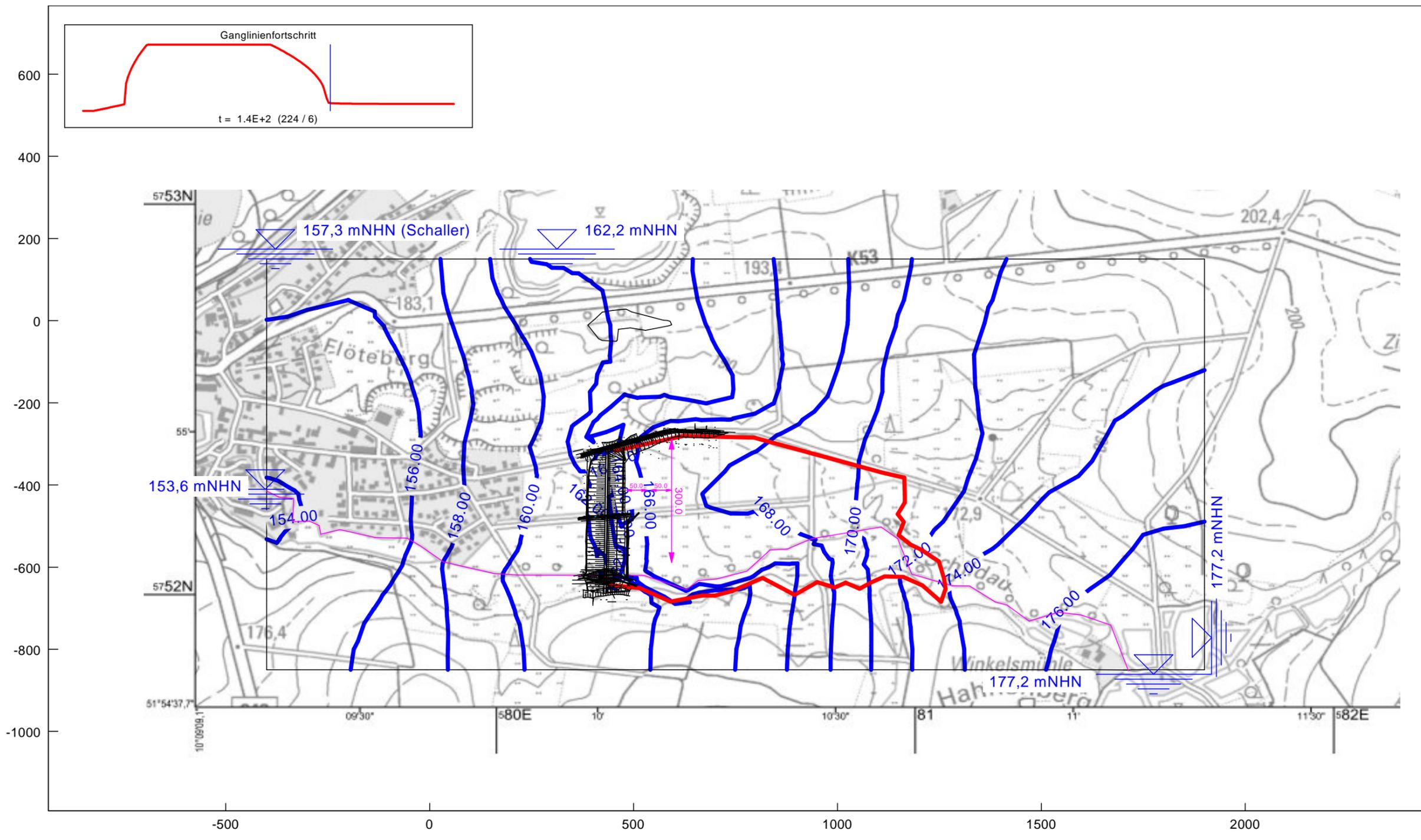
Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	S_s [1/m]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Verwitterungshorizont
	1.000	1.000	1.000	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.99	Gewässer
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.01	Auslaufbauwerk

Untergrundhydraulik
 Endzustand mit Fehlstelle in der Beckenfläche
 t = 109 h: Ende Vollstau
 Linien gleicher Wasserstände



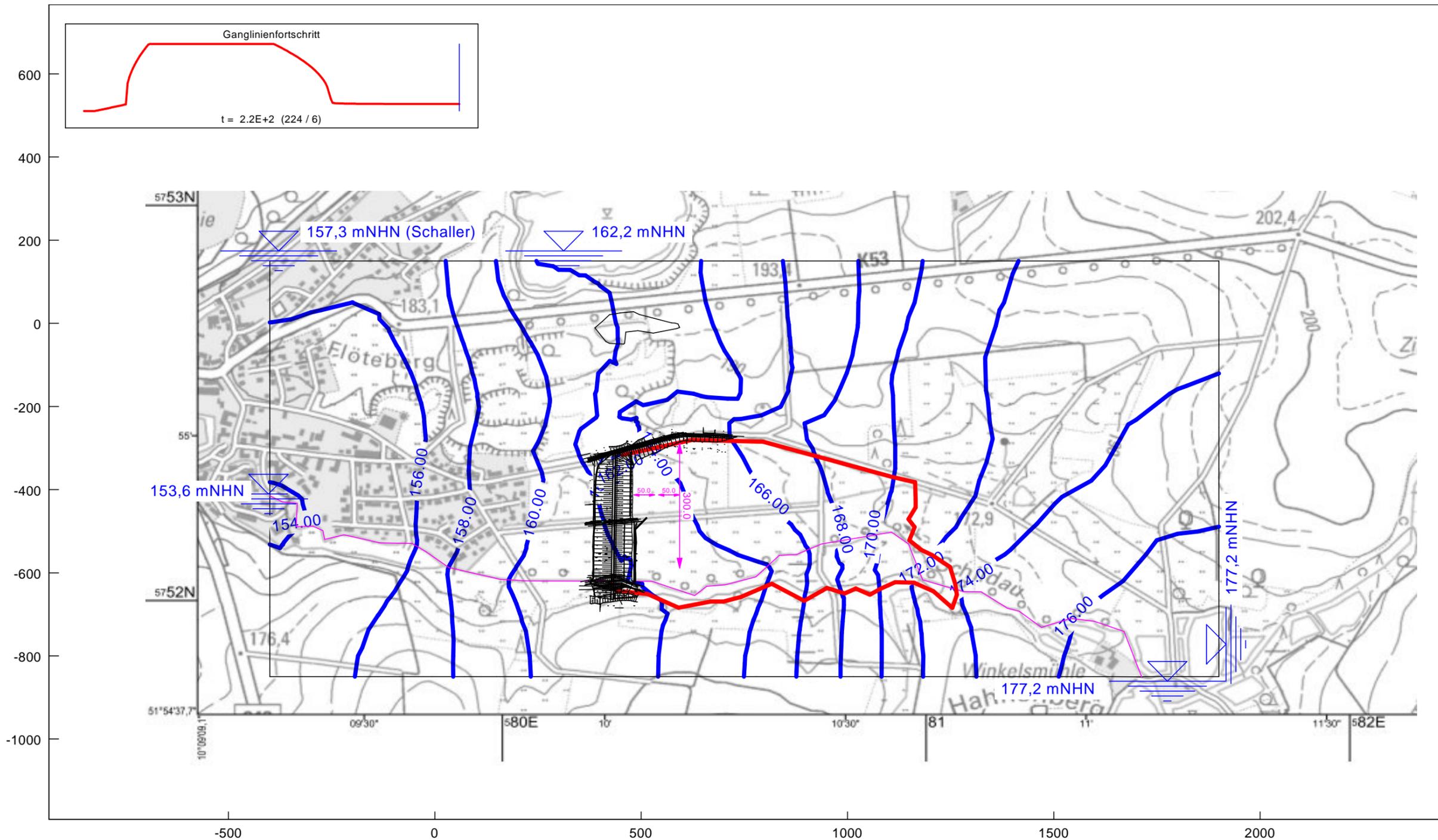
Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	S_s [1/m]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Verwitterungshorizont
	1.000	1.000	1.000	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.99	Gewässer
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.01	Auslaufbauwerk

Untergrundhydraulik
 Endzustand mit Fehlstelle in der Beckenfläche
 t = 144 h: Becken entleert
 Linien gleicher Wasserstände



Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	S_s [1/m]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Verwitterungshorizont
	1.000	1.000	1.000	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.99	Gewässer
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.01	Auslaufbauwerk

Untergrundhydraulik
 Endzustand mit Fehlstelle in der Beckenfläche
 t = 216 h: Becken entleert + 3 Tage
 Linien gleicher Wasserstände



Boden	k_x [m/s]	k_y [m/s]	k_z [m/s]	S_s [1/m]	n_{eff} [-]	Bezeichnung
	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-7}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Auelehm
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Sand/Kies
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Verwitterungshorizont
	1.000	1.000	1.000	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.99	Gewässer
	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-8}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.05	Dichtung
	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-6}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Stützkörper
	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-3}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.20	Drän
	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-12}$	$1.000 \cdot 10^{-5}$	0.01	Auslaufbauwerk

Untergrundhydraulik
 Endzustand mit Fehlstelle in der Beckenfläche
 Ganglinien
 Talsperre und Grundwassermessstellen

