

Deponie Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie")
- Optimierung der Verfüllgeometrie -

Setzungsprognose
zu
Basisabdichtung und Sickerwasserdränagen
unter Ansatz der höheren Auflastspannungen

Auftraggeber:



SAVAG - Süd Hessische Abfallverwertungs GmbH
Auf der Hardt / An der B 42, 64572 Büttelborn

Planung und
geotechn. Beratung:

ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH
Ferdinand-Porsche-Ring 1, 63110 Rodgau

Genehmigungsbehörde:

RP Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Darmstadt
64278 Darmstadt

Unser Zeichen:

2627gGr200904-Setzungen.docx

Seiten:

11

Anlagen:

4

Datum:

16. September 2020

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorgang.....	5
2. Geometrische Randbedingungen.....	6
3. Vereinfachende Berechnungsannahmen.....	7
4. Erdstatische Rechenwerte, Einflusstiefe und Berechnungsverfahren	8
5. Rechnerische Prognose der Setzungen der Basisabdichtung unter den höheren Auflasten..	9
6. Überprüfung Mindestgefälle Basisabdichtung nach erfolgten Setzungen.....	10
7. Überprüfung Mindestabstände zum Grundwasser nach erfolgten Setzungen	10
8. Zusammenfassung.....	11

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lagepläne
Anlage 1.1	Genehmigungsbestand Basisabdichtung Felder 9 + 10 (= Plan G 3.1 zu Planfeststellungsantrag [26], DIN-A3-Verkleinerung)
Anlage 1.2	Optimierter Grundriss Basisabdichtung Felder 9 + 10 und Umbau Depo- nieumfahrung (= Plan G 3.2 zu Planfeststellungsantrag [26], DIN-A3-Verkleinerung)
Anlage 1.3	Genehmigungsbestand: OK Endprofilierung (= Plan G 4.1 zu Planfeststellungsantrag [26], DIN-A3-Verkleinerung)
Anlage 1.4	Optimierte Verfüllgeometrie - Lage- und Höhenlinienplan (= Plan G 4.2 zu Planfeststellungsantrag [26], DIN-A3-Verkleinerung)
Anlage 1.5	Isolinien-Darstellung zusätzliche Ablagerungshöhen für Beseitigungsabfälle (= Plan G 4.3 zu Planfeststellungsantrag [26], DIN-A3-Verkleinerung)
Anlage 2	Tabellarische Berechnung der auflastbedingten Setzungen
Anlage 3	Grafische Darstellung der auflastbedingten Setzungen
Anlage 4	Höhenplan UK Basisabdichtung nach Setzung mit Abständen zum maximalen GwSpiegel (= Plan G 2.5 zu Planfeststellungsantrag [26], DIN-A3-Verkleinerung)

Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

Genehmigungen und genehmigungsrelevanter Schriftverkehr

- [1] Planfeststellungsbeschluss für die Errichtung und den Betrieb einer Abfallentsorgungsanlage in Büttelborn – Auf der Hardt-", RP Darmstadt, V 39 d –79 n 08/11-Bütt., 05.06.1989
- [2] Änderungs- und Ergänzungsbescheid zu Erweiterung / Ausbau der östlichen Deponiefelder 6-10 im planfestgestellten Bereich der Deponie Büttelborn zur Deponieklasse II und zur Ablagerung von Inertabfällen sowie zur Betriebsverlängerung bis 31.12.2030 (AZ: IV/DA 42.2–100g 18/03-SAVAG-DKII-); 02.12.2008
- [3] Änderungs- und Ergänzungsbescheid zum geänderten Ausbau der östlichen Deponiefelder 6-10 und Inbetriebnahme (AZ: IV/Da 42–100g 18/03-SAVAG-DK II-1-); 23.11.2009
- [4] Änderungsgenehmigungsbescheid zu Änderung des Ausbaues der Deponiefelder 6 - 10 der SAVAG-Deponie Büttelborn, hier: Anbindung an die Böschung der Riedwerke-Deponie (Anpassung Verfüllgeometrie, Verfüllung, Deponieoberflächenabdichtung und Rekultivierung; AZ: IV/DA-42.2 -100g 18.03-SAVAG-DKII/Bö/Oberfl.-6-), 15.06.2016
- [5] Bestätigung Abfallrechtliche Anzeige zur Anpassung der Grundrissgeometrie Basisabdichtung im Feld 9. Schreiben des RP Darmstadt (Az IV/Da 42.2-100 g 08/3-2019/1), 10.06.2020

Sonstige Projektbezogene Unterlagen:

- [6] Zentrale Abfallbeseitigungsanlage - Kreismülldeponie Büttelborn: Erläuterungsbericht (Heft 1 der Unterlagen zum Planfeststellungsantrag). Aufgestellt von Dipl.-Ing. Horst Unger, Darmstadt, 20.10.1987
- [7] Bodenmechanisches Gutachten, Heft 1 und Heft 2, Dr.-Ing. Steffen Ingenieurgesellschaft mbH, Essen, 07.12.1987
- [8] Setzungsabschätzung für die mineralische Basisabdichtung der Deponie Büttelborn - Projekt-Nr. 8218 -; Dr.-Ing. Steffen Ingenieurgesellschaft mbH; Essen; Mai 1992
- [9] Deponie Büttelborn: Gutachten zur Grundwassersituation. Unger Ingenieurgesellschaft mbH, Homberg, Nov. 2003
- [10] Setzungsabschätzung für die Deponiebasis. Baugrundinstitut Franke-Meißner und Partner GmbH, Wiesbaden, 05.09.2007
- [11] Plangenehmigungsantrag, Abfallzentrum Büttelborn, Ausbau der östlichen Deponiefelder 6-10. Unger Ingenieure, 10.11.2007
- [12] Unger Ingenieure, Abfallzentrum Büttelborn, Ausbau der östlichen Deponiefelder 6 bis 10, – Genehmigungsplanung -, Homberg Efze, Mai 2008
- [13] Abfallzentrum Büttelborn, Ausbau der östlichen Deponiefelder 6 bis 10, – Hydrogeologisches Gutachten. Unger Ingenieure, Homberg Efze, Mai 2008
- [14] Abfallzentrum Büttelborn: Änderungsgenehmigungsantrag und Erläuterungen zur Ausführungsplanung, Ausbau östl. Deponiefelder 6 bis 10. ISK, Rodgau, 07.07.2009 [ISK-Dok.-Nr. 1742gBr090626]
- [15] Abfallzentrum Büttelborn, Bauabschnitte BA 1 und BA 2: Standsicherheitsberechnungen zu den bestehenden und geplanten Deponieböschungen sowie Vordimensionierung von Vorschüttungen zu deren Errichtung. ISK, Rodgau, 15.01.2010 [ISK-Dok.-Nr. 1780gMI091105]
- [16] Abfallzentrum Büttelborn, BA 1 und BA 2, Umgestaltung Böschungsfüße und Oberflächenabdichtung: Erläuterungsbericht zur Entwurfs- und Genehmigungsplanung und Änderungsgenehmigungsantrag, ISK, Rodgau, 22.05.2013 [ISK-Dok.-Nr. 1780gBr130522_Antrag_OFA_Endfassung]
- [17] Abfallzentrum Büttelborn, Ausbau der östlichen Deponiefelder 6-10: Bau des Basisabdichtungssystems im 'Feld 8' - Erläuterungen zur Ausführungsplanung. ISK, Rodgau, 17.04.2014 [ISK-Dok.-Nr. 2103gBr140106_Erlaeuterungsbericht]

- [18] Projektbezogener Eignungsnachweis nach BQS 5-3 für mineralische Dichtung aus bentonitgebundenem Gießereialsand von der Eisengießerei Fritz Winter. ISK, Rodgau, 20.08.2015
[ISK-Dokument-Nr. 1780gBr150701_BQS_GAS.doc]
- [19] Dep. Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie") - Verfüllung, Oberflächenabdichtung und Rekultivierung: Erläuterungsbericht mit Umweltverträglichkeits-Vorprüfung zur Genehmigungsplanung und Änderungsgenehmigungsantrag. ISK, Rodgau, 16.11.15 [ISK-Dok.-Nr. 2350gBr150213_Antrag_OFA_mit_UVP]
- [20] Deponie Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie") - Oberflächenabdichtung: Qualitätsmanagementplan (QMP) für mineralische und kunststofftechnische Bauelemente des Oberflächenabdichtungssystems (Entwurf, Stand 09.11.2015; = Anhang 5 zu [19]). Aufgestellt von: ISK, Rodgau, 16.11.2015 [ISK-Dok.-Nr. 2350qTh151013_QMP]
- [21] Eignungsnachweis nach BQS 5-3 für die mineralische Dichtung aus bentonitgebundenem Gießereialsand aus dem Mercedes-Benz-Werk der Daimler AG in Mannheim. ISK, Rodgau, 10.10.2017
[ISK-Dokument-Nr.: 1780gWi170810a_BQS_5-3_Gießereialsand_Daimler.docx]
- [22] Qualitätsmanagementplan für die mineralischen u. kunststofftechnischen Bauelemente des Oberflächenabdichtungssystems und der Böschungsfußvorschüttung, 1. Fortschreibung. Aufgestellt von: ISK, Rodgau, 27.03.2018 [ISK-Dok.-Nr. 2311qWi170911a_QMP_1_Fortschreibung.docx]
- [23] Abfallzentrum Büttelborn – SAVAG-Deponie; Basisabdichtung Deponiefelder 9 und 10: Qualitätsmanagementplan für die mineralischen und kunststofftechnischen Bauelemente des Basisabdichtungssystems, 1. Fortschreibung. Aufgestellt von: ISK, Rodgau, 08.05.2020 [ISK-Dok.-Nr. 2800qWi191119_QMP-1]
- [24] Deponie Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie") – Anpassung Grundrissgeometrie Basisabdichtung im Feld 9. Abfallrechtliche Anzeige mit Erläuterungsbericht. Aufgestellt von: ISK, Rodgau, 15.05.2020 [ISK-Dok.-Nr. 2627gBr200233-Anzeige-Anpassung-Feld-9]
- [25] Abfallzentrum Büttelborn - Ausbau der östlichen Deponiefelder 6-10, Bau des Basisabdichtungssystems im Deponiefeld 9: Ausführungsplanung. Aufgestellt von: ISK, Rodgau, Stand 24.04.2020
- [26] Deponie Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie") - Optimierung der Verfüllgeometrie: Erläuterungsbericht zur Entwurfsplanung und Änderungsgenehmigungsantrag (Entwurf). Aufgestellt von ISK, Rodgau, Stand 24.04.2020:

Verordnungen, Normen, Regelwerke:

- [27] Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrwG) vom 24.02.2012 (BGBl. I S. 212), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 9 des Gesetzes vom 20.07.2017 (BGBl. I S. 2808)
- [28] Verordnung über Deponie und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27.04.2009, zuletzt geändert am 27.09.2017
- [29] DIN 19 667: 2015-08: Dränung von Deponien, Planung, Bauausführung und Betrieb
- [30] DIN EN 1997-1: Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung u. Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln, März 2014
- [31] DIN 4048/A1: 2017-08 Änderung v. 2009-01, Baugrund-Geländebruchberechnungen

Deutsche Ges. für Geotechnik e.V. - GDA-Empfehlungen - Geotechnik der Deponien und Altlasten:

- [32] GDA-Empf. E 2-1: Geotechnische Planung für Deponien, 2010
- [33] GDA-Empf. E 2-3: Kombiniertes Basisabdichtungssystem, 2016
- [34] GDA-Empf. E 2-21: Spreizsicherheitsnachweis u. Verformungsabschätzung für die Deponiebasis, 1997

Sonstige Veröffentlichungen:

- [35] Grundbautaschenbuch, Teil 1; Verlag Ernst & Sohn; 8. Auflage, Berlin 2017

1. Vorgang

Die Südhessische Abfall-Verwertungs GmbH (SAVAG) betreibt den Ausbau der auf dem Abfallzentrum Büttelborn vorhandenen Deponie, die bisher aus den realisierten Deponiefeldern 1 bis 8 besteht. Die Deponiefelder 1 bis 5 werden von den Riedwerken Kreis Groß-Gerau bzw. in deren Auftrag von der Abfallwirtschafts-Service GmbH (AWS) betrieben. Dieser (noch mit unvorbehandeltem Hausmüll beschickte) Teil der Deponie wird im Folgenden mit 'Riedwerke-Deponie' bezeichnet. Der weitere Ausbau der Deponie um die Deponiefelder 6 bis 10 wurde der Südhessischen Abfallwirtschafts GmbH (SAVAG) übertragen; dieser (nur noch mit mineralischen bzw. mineralisierten Abfällen zu beschickende) Teil der Deponie wird im Folgenden mit 'SAVAG-Deponie' bezeichnet. Mit dem Betrieb der SAVAG-Deponie ist ebenfalls die AWS beauftragt.

Auf Grundlage der seit dem 16.07.2009 geltenden neuen Deponieverordnung [28] und zur technisch-wirtschaftlichen Optimierung des Basisabdichtungssystems wurden im Rahmen der Ausführungsplanung zum Bau der Basis- und Zwischenabdichtung in den Deponiefeldern 6 bis 10 weitere technische und geometrische Anpassungen geplant und mit dem Änderungs- und Ergänzungsbescheid vom 23.11.2009 [3] genehmigt.

In den Jahren 2009 bis 2011 wurden die Basisabdichtung in den Deponiefeldern 5 und 6 sowie der erste Teilabschnitts der Zwischenabdichtung auf der Übergangsböschung zu der Riedwerke-Deponie realisiert. Der Bau des Basisabdichtungssystems im Deponiefeld 8 erfolgte in den Jahren 2014/15. Seither werden die Felder 6 bis 8 mit mineralischen Abfällen verfüllt und aktuell ist das Basisabdichtungssystem im Feld 9 im Bau. Die Zwischenabdichtung wurde im Jahr 2018 weitestgehend bis zu einer Höhe von etwa 132 mNN weiter gebaut.

In Anbetracht des zunehmenden Mangels an DK-I- und DK-II-Deponieraums im Rhein-Main-Gebiet soll auf der SAVAG-Deponie - innerhalb des planfestgestellten Deponiegeländes und somit ohne Inanspruchnahme zusätzlicher, außerhalb der Planfeststellungsgrenze liegender Flächen - durch Anpassung des Grundrisses der Ablagerungsflächen in den Feldern 9 und 10 sowie durch eine über die bisher genehmigte Verfüllhöhe hinaus gehende Abfallablagerung zusätzlicher Deponieraum geschaffen werden, was Gegenstand der Genehmigungsplanung [26] ist.

Die größere Endverfüllhöhe soll auf allen Deponiefeldern der SAVAG-Deponie realisiert werden mit einer maximalen OK Ablagerung bei ca. 143 mNN (entsprechend der Maximal-Ablagerungshöhe auf der Riedwerke-Deponie). Im mittleren Bereich der SAVAG-Deponie entspricht dies zusätzlichen Ablagerungshöhen von bis zu 16 m; bis zur Höhenlinie 121 mNN bleiben die Böschungsneigungen (und damit auch die Ablagerungshöhen) im Regelfall unverändert mit Ausnahme des Feldes 10 (und in geringem Umfang die östliche Hälfte des Feldes), in dem sich aus dem optimierten Grundriss der basisabgedichteten Ablagerungsfläche veränderte Ablagerungshöhen (bei gleichbleibenden maximalen Böschungsneigungen des Deponiekörpers) ergeben.

Aufgrund der zu beantragenden größeren Ablagerungshöhen in der SAVAG-Deponie sind entsprechend größere auflastbedingte Setzungen des Untergrundes zu erwarten, mit deren Prognose die SAVAG GmbH die ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH beauftragte.

Im Folgenden werden die Randbedingungen und Berechnungsverfahren erläutert sowie die zugrunde gelegten Bodenkennwerte hergeleitet und begründet. Abschließend werden die zu erwartenden Auswirkungen auf die Sicherungssysteme beurteilt hinsichtlich Einhaltung der Mindestgefälle Basisabdichtung und der Sickerwassersammler-Rohre.

2. Geometrische Randbedingungen

In den nachstehenden Abbildungen sind die bisher genehmigten und die (zu beantragenden) optimierten Geometrien der Basisabdichtung und des Abfallkörpers in Form von Höhenlinienplänen dargestellt (siehe auch Anlagen 1.1 bis 1.4).



Abbildung 1: Genehmigungsbestand: Basisabdichtung Felder 9+10 (Auszug aus Anlage 1.1)

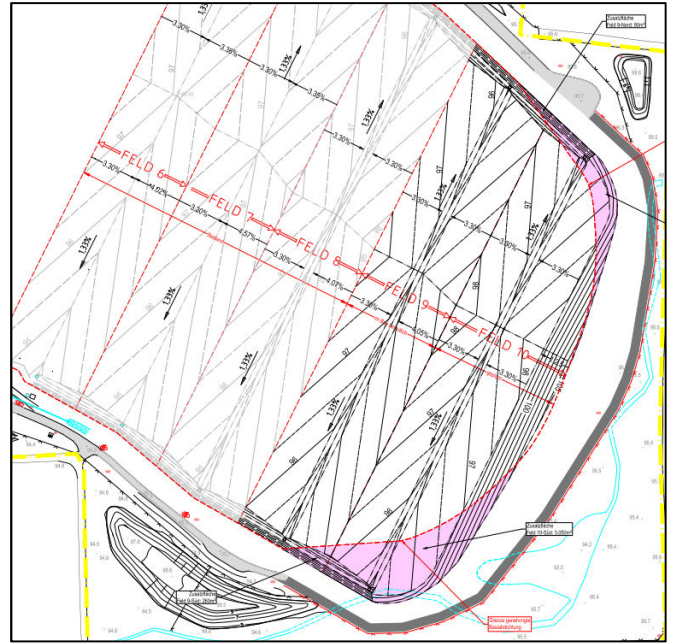


Abbildung 2: Optimierter Grundriss Basisabdichtung Felder 9+10 und Umbau Deponieumfahrung (Auszug aus Anlage 1.2)

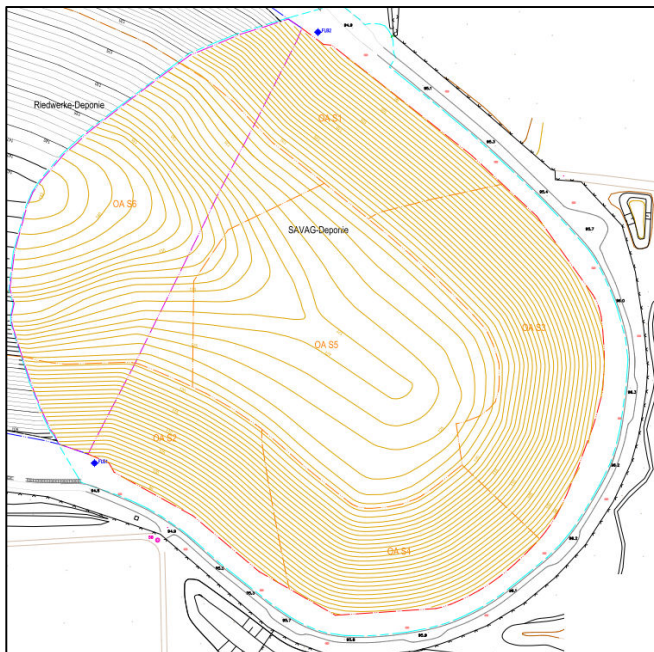


Abbildung 3: Isolinien-Darstellung genehmigte Verfüllgeometrie (Auszug aus Anlage 1.3)

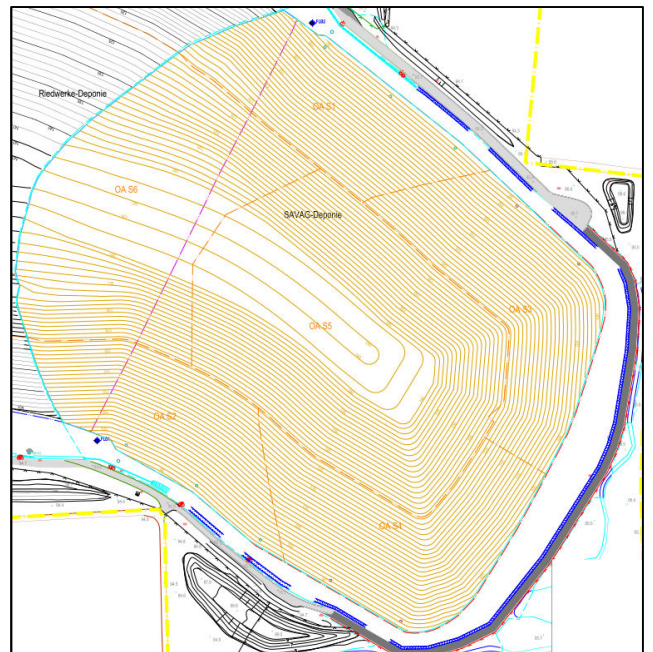


Abbildung 4: Isolinien-Darstellung zu beantragende optimierte Verfüllgeometrie (Auszug aus Anlage 1.4)

Aus diesen Plänen ergeben sich die Höhendifferenzen zwischen der genehmigten und der beantragten Ablagerungshöhen, die in der nachstehenden Abbildung 5 ebenfalls in Form von Isolinien dargestellt sind und aus denen sich die Verteilung der zusätzlichen setzungswirksamen Auflasten auf der OK des Basisabdichtungssystems ergeben.

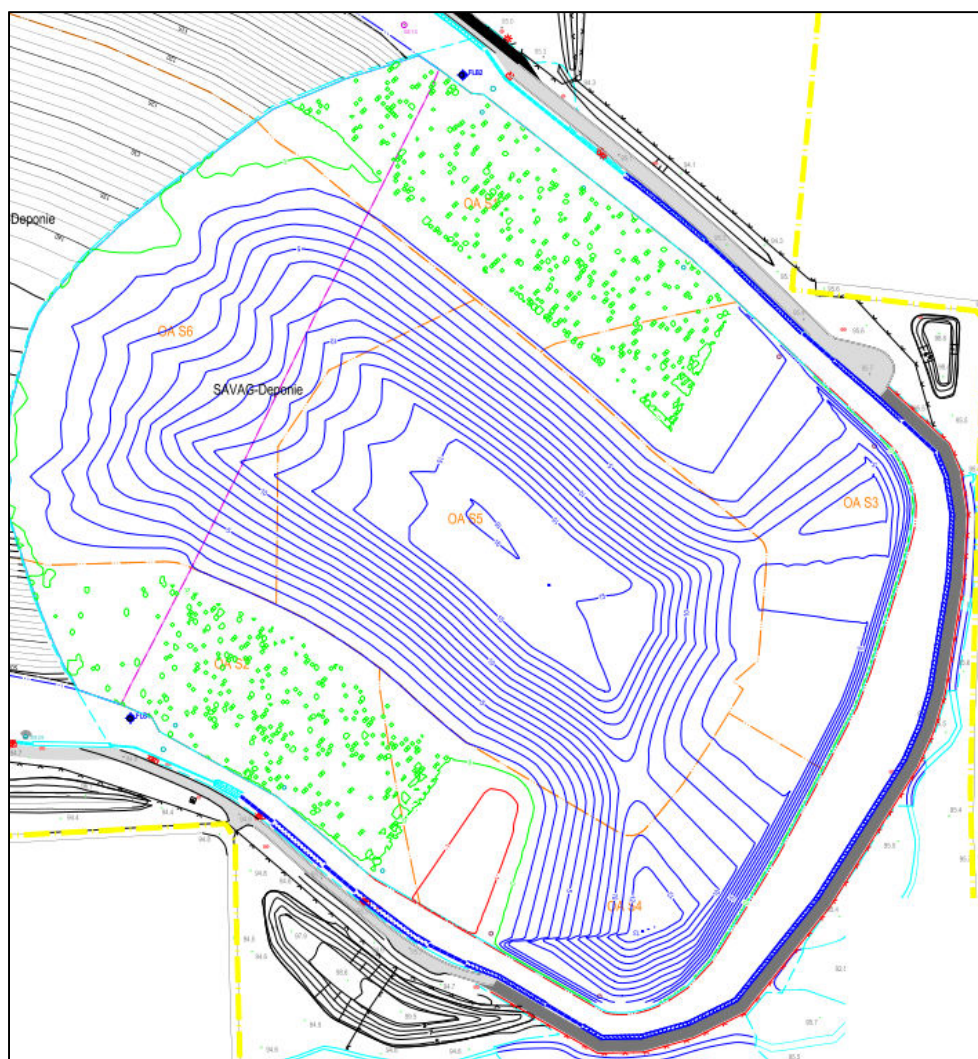


Abbildung 5: Isolinien-Darstellung der zusätzlichen Ablagerungshöhen für Beseitigungsabfälle (Auszug aus Anlage 1.5)

3. Vereinfachende Berechnungsannahmen

Die Neigungen der mineralischen Basisabdichtung (Dachprofil mit 3,3 bis 4,6 % Quer- und 1,33 % Längsgefälle) werden bei den im Folgenden dokumentierten Setzungsberechnungen vernachlässigt und deren Unterkante mit einer einheitlichen Höhe von 94 mNN angesetzt (= ca. Höhenlage am Tiefpunkt in Feld 6). Dadurch werden die Auflasten im Bereich der Hochpunkte der Sammler um bis zu 2 m höher angesetzt als real geplant und somit die Setzungen im mittleren Bereich der Deponie etwas zu groß berechnet (im Sinne der Fragestellung auf der sicheren Seite liegend).

4. Erdstatische Rechenwerte, Einflusstiefe und Berechnungsverfahren

Auf dem SAVAG-Teil der Deponie Büttelborn werden seit Oktober 2014 Drohnenbefliegungen zur Ermittlung der Einbaudichten der abgelagerten Materialien durchgeführt. Aus den Befliegungsdaten und den erfassten Ablagerungsmengen ergibt sich für den Deponiekörper eine bisherige mittlere Einbaudichte von $1,69 \text{ t/m}^3$. Bei den Setzungsberechnungen wird daher eine Wichte der mineralischen Abfälle angesetzt von

$$\gamma_{\text{Abfall}} = 17 \text{ kN/m}^3.$$

Für die mineralische Basisabdichtung wurde vom Büro Steffen anhand von Versuchsergebnissen für den Bereich der Felder 1 bis 5 ein Steifemodul $E_S = 10 \text{ MN/m}^2$ angegeben. Dieser Wert wird bei der Aktualisierung der Setzungsberechnungen beibehalten. Nach den im Zusammenhang mit der Bauausführung der Felder 6 bis 8 durchgeführten Kompressionsversuche an den Materialien für die mineralische Basisabdichtung und die technische Barriere liegen die Steifemoduln unter Berücksichtigung der größeren Auflastspannungen etwas höher, was im Sinne der Fragestellung auf der sicheren Seite liegt.

Für den Untergrund (geologische Barriere) wurde vom Büro Steffen in der "Setzungsabschätzung für die mineralische Basisabdichtung der Deponie Büttelborn" vom Mai 1992 [8] der Ansatz eines auflastabhängigen Steifemoduls angesetzt wie folgt:

$$E_S = v_e * \sigma_{at} * \left(\frac{\sigma}{\sigma_{at}} \right)^{w_e}$$

Dabei wurde der Berechnungsparameter v_e in [8] wie folgt gewählt:

- im Bereich der ersten 5 m $v_e = 0,5$
- darunter $v_e = 0,7$

Der Exponent w_e wurde in [8] - beginnend mit 500 - je 15 m Tiefe über 600 auf 700 ansteigend und ab 45 m Tiefe mit 750 angesetzt.

Mit diesen Ansätzen wurden in [8] für einen Schnitt entlang des Sammlers im Feld 3 an vier Punkten die zu erwartenden Setzungen berechnet. Exemplarisch wurde im Bereich der maximalen Verfüllhöhe eine Setzung von $s_{II} = 31,2 \text{ cm}$ und am nördlichem Sammlerende von $s_{IV} = 6,7 \text{ cm}$ ermittelt.

Bei der Aktualisierung der Setzungsberechnungen wird für den Untergrund (geologische Barriere) bezüglich der Parameter v_e und w_e ein vereinfachter Ansatz gewählt, in dem aus der entsprechenden Tabelle des Grundbautaschenbuchs [35] die dort für einen SU / ST in Zeile 7b nach VON SOOS angegebenen Werte als Konstanten angesetzt werden mit

$$v_e = 0,65 \text{ und } w_e = 500.$$

Mit diesen Werten wurde die Setzungsberechnung von 1992 [8] für die beiden o.g. Punkte von ISK exemplarisch mit dem (etwas vereinfachten) Berechnungsansatz unter Beibehaltung der sonstigen Randbedingungen (Einflusstiefe und Auflast wie in [8]) nachgerechnet mit folgenden Ergebnissen:

$$s_{II,ISK} = 36,2 \text{ cm (statt } s_{IV} = 31,2 \text{ cm in [8]) und}$$

$$s_{IV,ISK} = 6,9 \text{ cm (statt } s_{IV} = 6,7 \text{ cm in [8]).}$$

Da die von ISK mit dem etwas vereinfachten Verfahren nachgerechneten Setzungen und Setzungsdifferenzen somit etwas größer sind als die vom Büro Steffen 1992 in [8] ermittelten Werte, ist davon auszugehen, dass das vereinfachte Berechnungsverfahren auch bei den höheren Auflastspannungen und unter Ansatz der größeren Einflusstiefe tendenziell etwas größer Setzungsbeträge ergibt (insbe-

sondere im mittleren Bereich der Deponie, was dann die entsprechend größeren Setzungsdifferenzen ergibt und somit im Sinne der Fragestellung auf der sicheren Seite liegt).

Die vom Büro Steffen [8] zu $t_{gr} = 66$ m ermittelte Einflusstiefe ist für die weiteren Setzungsberechnungen aufgrund der größeren Überschüttungshöhe (ca. 52 m incl. Reku Boden statt der in [8] angenommenen 46 m) sowie der höheren Wichte des Ablagerungsmaterials ($\gamma_{Abfall} = 17$ kN/m³ statt 14 kN/m² in [8]) anzupassen. Mit dem gleichen Berechnungsansatz (gem. [8] Einflusstiefe bei Deponien bis zu der Tiefe, bei der die Auflast 50 % der geologischen Überlagerungsspannung erreicht) ergibt sich für die zu beantragende Verfüllgeometrie eine deutlich größere Einflusstiefe von

$$t_{gr} = 90 \text{ m (statt } t_{gr} = 66 \text{ cm in [8]).}$$

5. Rechnerische Prognose der Setzungen der Basisabdichtung unter den höheren Auflasten

Mit den o.g. von ISK (auf der sicheren Seite liegend) vereinfachten Berechnungsansätzen wurden die unter den jetzt geplanten größeren Verfüllhöhen zu erwartenden Setzungen im Bereich der Felder 6 bis 10 tabellarisch für ein 2 x 2 m-Raster berechnet, und zwar jeweils getrennt für mineralische Basisabdichtung / technische Barriere und für den Untergrund.

Da die mittels MS-Excel berechnete Tabelle über 25.000 Berechnungszeilen umfasst, ist sie hier nur auszugsweise als Anlage 2 beigefügt und oberhalb der eigentlichen Berechnungstabelle sind die maßgebenden Ergebnisse (d.h. die maximalen Setzungsbeträge im Mittelbereich und die minimalen Werte an den Rändern) angegeben, die nachstehend auszugsweise wiedergegeben sind:

	geometr. Eingangsgrößen			Ergebnistabelle Setzungen		
	NN-Höhe Planum	geplante OK Reku	Überschüttungshöhe	Setzung der Basisabdichtung / Technischen Barriere	Setzung des Untergrundes	Gesamtsetzung der OK mineralische Basisabdichtung
Minimum (Nord- / Südrand)	94,00 m	97,91 m	3,91 m	0,01 m	0,04 m	0,05 m
Maximum (Deponiemitte)	94,00 m	145,85 m	51,85 m	0,09 m	0,36 m	0,44 m

Tabelle 1: Geometrische Eingangsgrößen und Maximal- / Minimalbeträge der auflastbedingten Setzungen

Demnach sind bei Realisierung der (zu beantragenden) optimierten Verfüllgeometrie im mittleren Bereich der SAVAG-Deponie auflastbedingte Gesamtsetzungen der OK Basisabdichtung von bis zu 44 cm zu erwarten, an den Rändern der Basisabdichtung minimal ca. 5 cm. Die sich daraus ergebenden Setzungsdifferenzen innerhalb der Ablagerungsfläche führen zu entsprechenden Veränderungen der Gefälleverhältnisse auf der OK des Basisabdichtungssystems (siehe hierzu Abschnitt 6).

Für die Abstände zum höchsten Grundwasserspiegel sind dagegen die Gesamtsetzungen der UK des Basisabdichtungssystems maßgebend (siehe hierzu Abschnitt 7).

Aus den tabellarisch im Raster von 2 x 2 m berechneten Werten wurde sodann die flächige Verteilung der auflastbedingten Gesamtsetzungen in den als Anlage 3 beiliegenden Lageplan in Form von Isolinien dargestellt.

6. Überprüfung Mindestgefälle Basisabdichtung nach erfolgten Setzungen

In dem als Anlage 3 beiliegenden Plan wurden die nach Eintritt der prognostizierten auflastbedingten Setzungen verbleibenden Längsgefälle in den (ursprünglich mit $I_{\text{Längs}} = 1,33 \%$ eingebauten) Sickerwassersammlern angetragen (siehe blaue Pfeile an den maßgebenden Stellen). Mit $1,05 \%$ (beim Sammler S6-Süd) bis $1,09 \%$ (beim Sammler S6-Nord) wird das nach der DIN 19667 [29] geforderte Mindestgefälle von $I_{\text{Längs}} \geq 1,0 \%$ sicher eingehalten.

Ebenfalls überprüft wurde die Einhaltung des Mindest-Quergefälles der OK Basisabdichtung von $I_{\text{quer,erforderlich}} \geq 3,0 \%$, wofür die westliche Seite des Deponiefeldes 10 die ungünstigste Situation darstellt (wegen planmäßigem Quergefälle von $3,3 \%$ nach Osten und gegenläufiger Gefälleänderung infolge der nach Westen hin zunehmenden Auflasten der östlichen Deponieböschung). Mit dem aus den Berechnungsergebnissen abgeleiteten minimalen Quergefälle von $I_{\text{quer,vorhanden}} \geq 3,02 \%$ (nach Eintritt der prognostizierten Setzungen) wird auch an dieser ungünstigsten Stelle das Mindestquergefälle gerade noch eingehalten.

Bei den Sickerwasserleitungen entlang dem nördlichen und südlichen Rand der Ablagerungsfläche werden die Gefälle infolge der dort relativ einheitlichen Setzungen von ca. 8 cm nahezu nicht verändert.

7. Überprüfung Mindestabstände zum Grundwasser nach erfolgten Setzungen

In dem als Anlage 4 beiliegenden Plan wurde die (in Anlage 3 in Form von Isolinien) prognostizierte Verteilung der auflastbedingten Setzungen von den planmäßigen Höhen der UK Basisabdichtung in Abzug gebracht, um die Einhaltung des in der DepV 2009 [28] geforderten Mindest-Grundwasserabstandes im Endzustand von $\geq 1,0 \text{ m}$ zu überprüfen. Die so ermittelten (schwarzen) Höhenlinien sind in Anlage 4 dargestellt.

Anmerkung: In den ermittelten Gesamtsetzungen ist die Zusammendrückung der mineralischen Basisabdichtung mit enthalten (vereinfachend, weil bei der Überprüfung der Mindestgefälle mit zu berücksichtigen). Für die Darstellung der Isolinien zur 'UK mineralische Basisabdichtung' könnten diese Setzungen noch abgezogen werden, womit die Anlage 4 dargestellten Iso-Linien der UK Dichtung um bis zu 4 cm höher zu liegen kämen. Da diese Vereinfachung sich vor allem im Bereich der maximalen Auflastspannungen auswirkt und rechnerisch zu etwas geringeren Grundwasserabständen führt, liegt sie im Sinne der Fragestellung auf der sicheren Seite.

Ebenfalls eingetragen sind in diesem Plan die (blauen) Isolinien des höchsten Grundwasserstandes (HHGW, entnommen aus [9]). An den tiefsten Punkten des Basisabdichtungssystems wurden aus diesen dreidimensionalen Daten die Abstände der UK Basisabdichtung zum HHGW ausgelesen und (in blauer Schrift) angetragen. Mit minimal $1,16 \text{ m}$ am Kontrollschacht KS 6-Süd wird der gemäß DepV 2009 [28] einzuhaltende Mindestabstand zum höchsten Grundwasserspiegel von $\geq 1,0 \text{ m}$ auch unter Berücksichtigung der (etwas größeren) auflastbedingten Setzungen aus der optimierten Ablagerungsgeometrie nicht unterschritten.

8. Zusammenfassung

Die aufgrund der (zu beantragenden) größeren Ablagerungshöhen in der SAVAG-Deponie zu erwartenden (größeren) auflastbedingten Setzungen des Untergrundes und des Basisabdichtungssystems wurden rechnerisch prognostiziert, wobei im Wesentlichen die gleichen Ansätze und Berechnungsverfahren zugrunde gelegt worden sind wie in der ursprünglichen Setzungsabschätzung vom Mai 1992 [8], die Bestandteil der Planfeststellungsunterlagen ist. Teilweise wurden (auf der sicheren Seite liegende) Vereinfachungen des in [8] angewandten Berechnungsverfahrens vorgenommenen, die rechnerisch jeweils zu größeren Setzungsbeträgen und Setzungsdifferenzen führen.

Abschließend wurden die Auswirkungen der zu erwartenden auflastbedingten Setzungen auf die einzuhaltenden Grundwasserabstände und die Mindestgefälle der OK Basisabdichtung überprüft mit dem Ergebnis, dass weder der zu beantragende optimierte Grundriss des Basisabdichtungssystems noch die (darauf aufzubringende) optimierte Verfüllgeometrie zu einer (setzungsbedingten) Unterschreitung der nach DIN 19667 [29] einzuhaltenden Mindestgefälle der OK Basisabdichtung oder der nach der DepV einzuhaltenden Mindestabstände zum höchsten Grundwasserspiegel führen kann.

ISK Ingenieurgesellschaft
für Bau- und Geotechnik mbH




Dipl.-Ing. Grebe

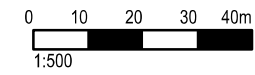
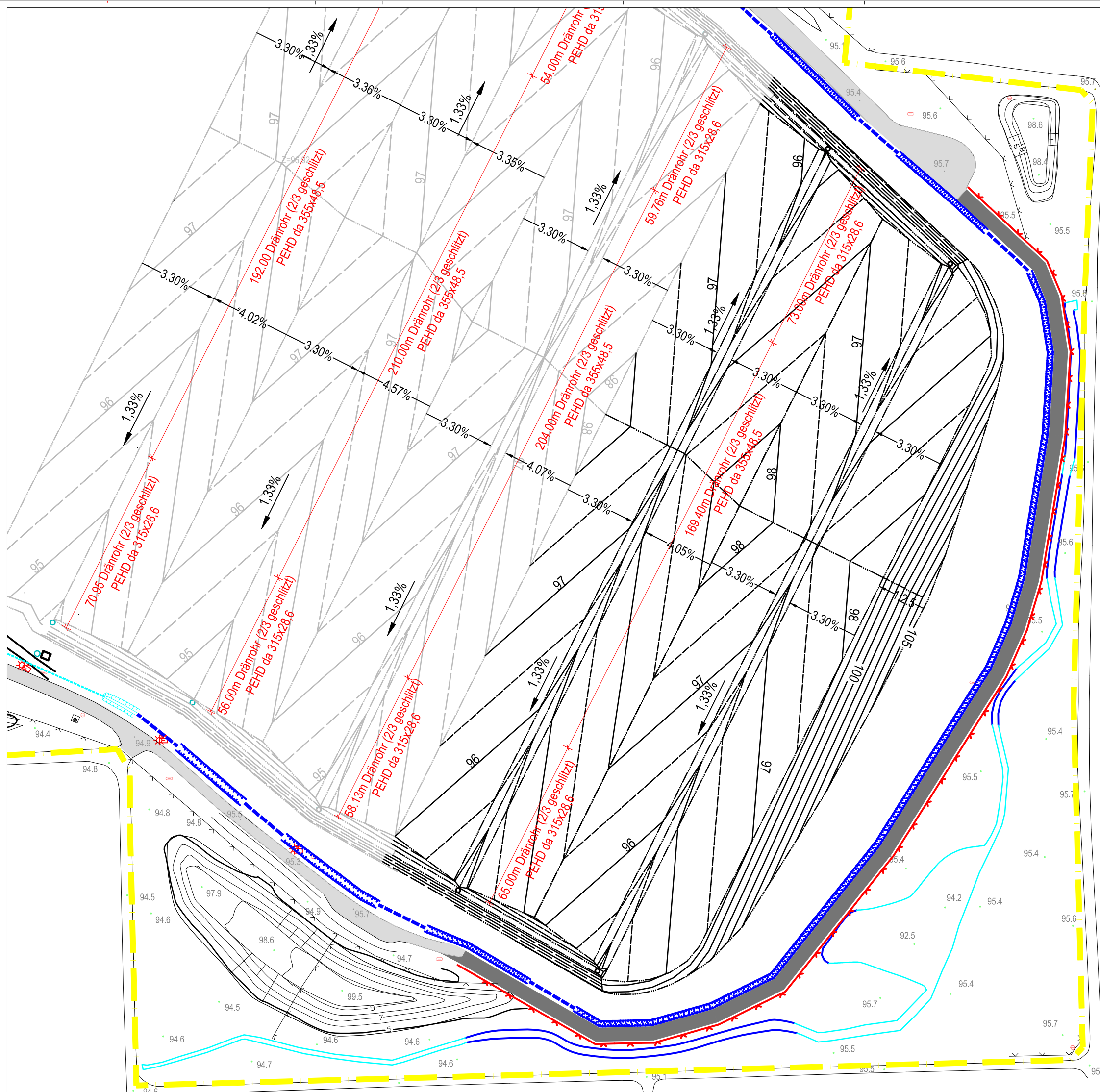


Dipl.-Ing. Bruhm



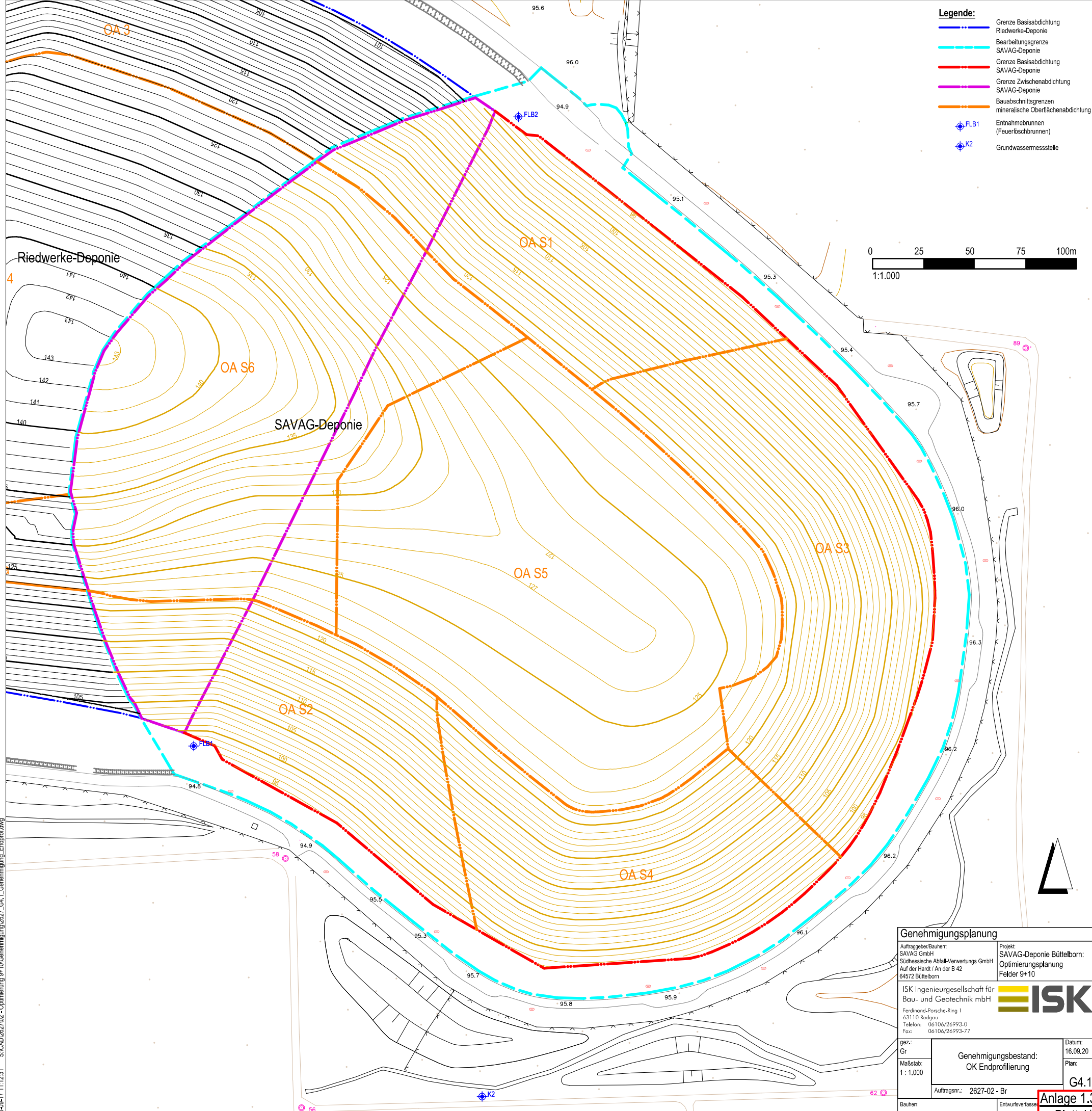
2020.06.17 11:28:45 S:\042\262702-Cymerung-4-110\Genehmigung\2627_03_1_Genehmigung_9+10.dwg

Genehmigungsplanung	
Auftraggeber/Bauherr: SAVAG GmbH Südthessische Abfall-Verwertungs GmbH Auf der Hardt / An der B 42 64572 Büttelborn	Projekt: SAVAG-Deponie Büttelborn: Optimierungsplanung Felder 9+10
ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH 	
Ferdinand-Porsche-Ring 1 63110 Rodgau Telefon: 06106/26993-0 Fax: 06106/26993-77	
gez.: Ke	Datum: 16.09.20
Maßstab: 1 : 500	Plan: G3.1
Genehmigungsbestand: Basisabdichtung Felder 9+10	
Auftragsnr.: 2627-02 - Br	
Bauherr:	Entwurfsverfasser: Anlage 1.1 Blatt 1/1

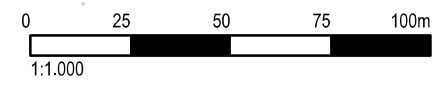


- Legende:**
- Planfestellungsgränze
 - Umklegraben auf Deponiegelände (gepl.)
 - Deponie-Umfahrung / -flüge (gepl.)
 - Anpassung Deponieaum (gepl.)
 - OK min. Basisabdichtung (Bestand / gepl.)

Genehmigungsplanung		
Auftraggeber/Bauherr: SAVAG GmbH Südheissische Abfall-Verwertungs GmbH Auf der Hardt / An der B 42 64572 Büttelborn	Projekt: SAVAG-Deponie Büttelborn: Optimierungsplanung Felder 9+10	
ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH		
Ferdinand-Porsche-Ring 1 63110 Rodgau Telefon: 06106/26993-0 Fax: 06106/26993-77		
gez.: Gr	Optimierter Grundriss Basisabdichtung Felder 9+10 und Umbau Deponieumfahrung	Datum: 16.09.20
Maßstab: 1 : 500	Auftragsnr.: 2627-02 - Br	Plan: G3.2
Bauherr:	Entwurfsverfasser:	Anlage 1.2 Blatt 1/1



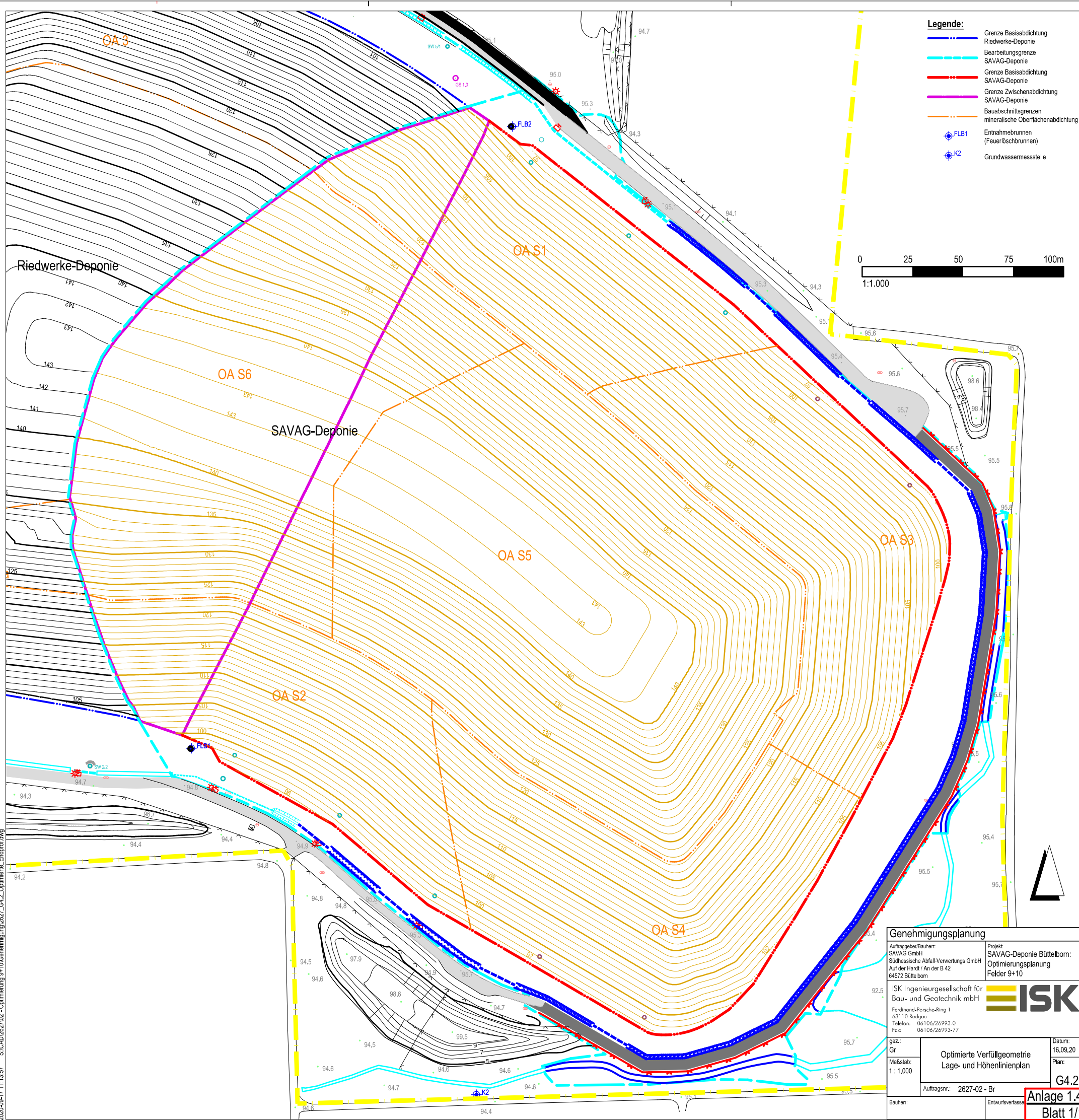
- Legende:**
- Grenze Basisabdichtung Riedwerke-Deponie
 - Bearbeitungsgrenze SAVAG-Deponie
 - Grenze Basisabdichtung SAVAG-Deponie
 - Grenze Zwischenabdichtung SAVAG-Deponie
 - Bauabschnittsgrenzen mineralische Oberflächenabdichtung
 - ⊕ FLB1 Entnahmebrunnen (Feuerschbrunnen)
 - ⊕ K2 Grundwassermessstelle



2020-09-17 11:12:31 S:\CAD\2627\02 - Optimierung 9+10\Genehmigung\2627_G4_1_Genehmigung_Endprof.dwg

2627_G4_1_Genehmigung_Endprof.dwg

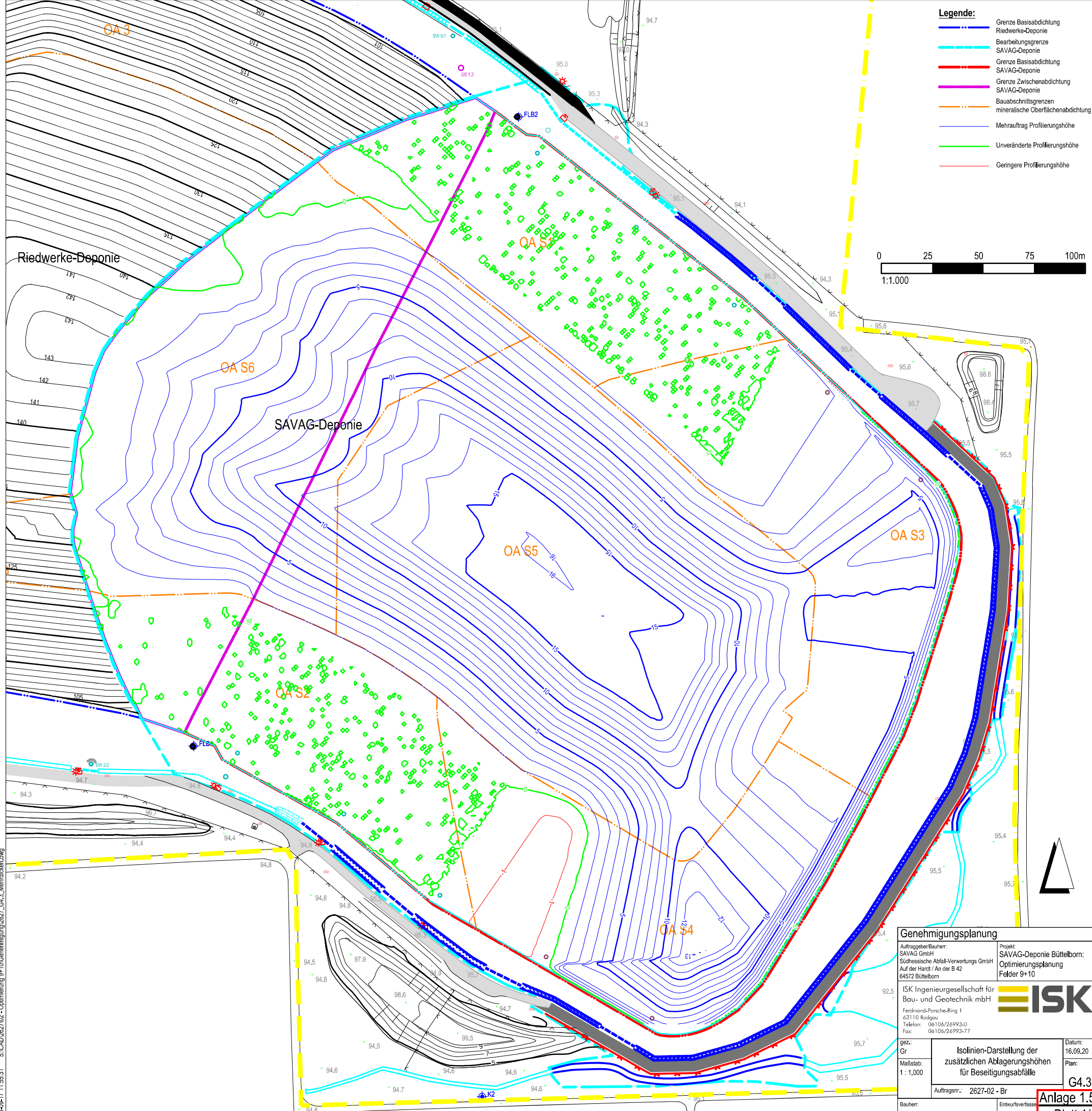
Genehmigungsplanung	
Auftraggeber/Bauherr: SAVAG GmbH Südhessische Abfall-Verwertungs GmbH Auf der Harstl. / An der B 42 64572 Büttelborn	Projekt: SAVAG-Deponie Büttelborn: Optimierungsplanung Felder 9+10
ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH	
Ferdinand-Porsche-Ring 1 63110 Rodgau Telefon: 06106/26993-0 Fax: 06106/26993-77	
gez.: Gr	Datum: 16.09.20
Maßstab: 1 : 1.000	Plan: G4.1
Bauherr:	Entwurfsverfasser: Anlage 1.3 Blatt 1/1



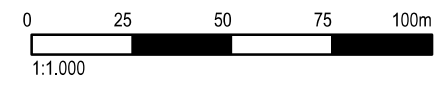
2020-09-17 11:13:57 S:\CAD\2627\02 - Optimierung 9+10\Genehmigung\2627_G4.2_Optimierte_Endprof.dwg

2627_G4.2_Optimierte_Endprof.dwg

Genehmigungsplanung	
Auftraggeber/Bauherr: SAVAG GmbH Südthessische Abfall-Verwertungs GmbH Auf der Harstl / An der B 42 64572 Büttelborn	Projekt: SAVAG-Deponie Büttelborn: Optimierungsplanung Felder 9+10
ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH Ferdinand-Porsche-Ring 1 63110 Rodgau Telefon: 06106/26993-0 Fax: 06106/26993-77	
gez.:	Datum: 16.09.20
Gr	Plan: G4.2
Maßstab: 1 : 1,000	Auftragsnr.: 2627-02 - Br
Bauherr:	Entwurfsverfasser: Anlage 1.4 Blatt 1/1



- Legende:**
- Grenze Basisabdichtung
 - Riedwerke-Deponie
 - Bearbeitungsgrenze SAVAG-Deponie
 - Grenze Basisabdichtung SAVAG-Deponie
 - Grenze Zwischenabdichtung SAVAG-Deponie
 - Bauabschnittsgrenzen mineralische Oberflächenabdichtung
 - Mehrauftrag Profilierungshöhe
 - Unveränderte Profilierungshöhe
 - Geringere Profilierungshöhe



2020-09-17 11:55:31 S:\CAD\2627\02 - Optimierung 9+10\Genehmigung 9+10\Genehmigung\2627_G4.3_Mehrdicken.dwg

2627_G4.3_Mehrdicken.dwg

Genehmigungsplanung		Projekt: SAVAG-Deponie Büttelborn: Optimierungsplanung Felder 9+10	
Auftraggeber/Bauherr: SAVAG GmbH Südthessische Abfall-Verwertungs GmbH Auf der Harst / An der B 42 64572 Büttelborn		 ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH Ferdinand-Porsche-Ring 1 63110 Rodgau Telefon: 06106/26993-0 Fax: 06106/26993-77	
gez.: Gr Maßstab: 1 : 1.000 Auftragsnr.: 2627-02 - Br Bauherr:			
Datum: 16.09.20 Plan: G4.3 Entwurfsverfasser: Blatt 1/1			

SAVAG-Deponie Büttelborn
Rechnerische Setzungsabschätzung für optimierte Verfüllgeometrie

Funktionsparameter für auflastabhängigen E-Modul

$$E_S = \text{Max}(E_{s,\text{min}} ; a+b*\sigma_{\text{vorhanden}})$$

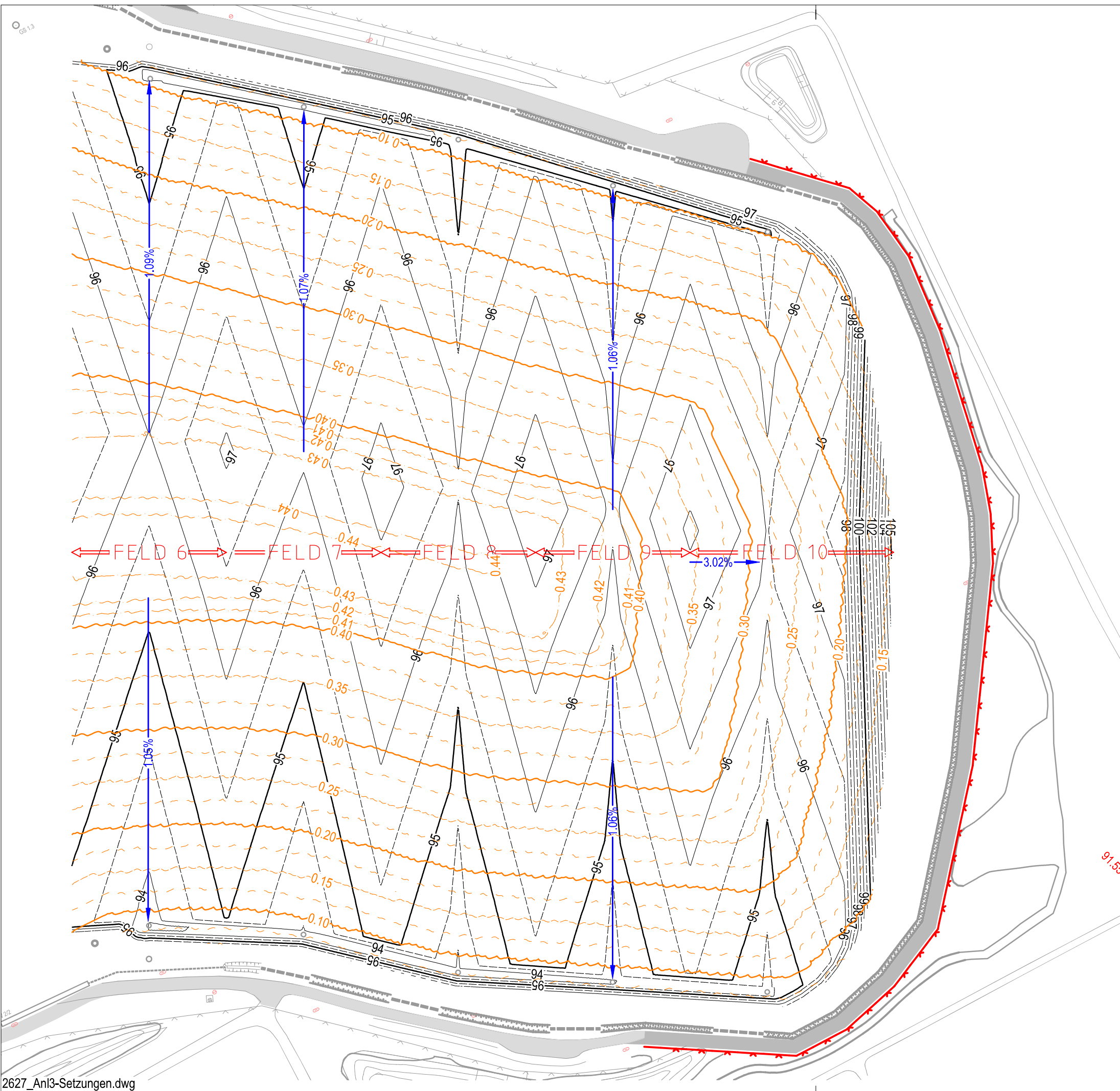
Es,min Untergrund [kN/m²]	56,5
Parameter gemäß Soos, Zeile	7b
ve	500
we	0,65
Wichte Ablagerungen [kN/m³]	17
Wichte Untergrund [kN/m³]	19,5
Schichtdicke Profilierung	1
Ausgleich der Setzungen	Ja
Einflusstiefe [m]	90

	geometr. Eingangsgrößen			Ergebnistabelle Setzungen		
	NN-Höhe Planum	geplante OK Reku	Über-schüttungshöhe	Setzung der Basisabdichtung / Technischen Barriere	Setzung des Untergrundes	Gesamtsetzung der OK mineralische Basisabdichtung
Minimum (Nord- / Südrand)	94,00 m	97,91 m	3,91 m	0,01 m	0,04 m	0,05 m
Maximum (Deponiemitte)	94,00 m	145,85 m	51,85 m	0,09 m	0,36 m	0,44 m

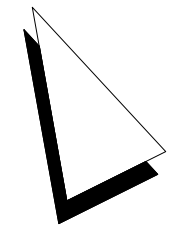
Berechnungstabelle

Zeile Nr.	Spalte 1	Spalte 2	Spalte 3	Spalte 4	Spalte 5	Spalte 6	Spalte 7	Spalte 8
	Rasterpunkt-Koordinaten (2m x 2m-Raster)		Berechnungshöhen					
	Rechtswert [mNN]	Hochwert [mNN]	NN-Höhe Planum [mNN]	geplante OK Reku [mNN]	Über-schüttungshöhe [m]	Setzung der Basisabdichtung / Technischen Barriere [m]	Setzung des Untergrundes [m]	Gesamtsetzung der OK mineralische Basisabdichtung [m]
1	3467436,00	5529096,00	94,00	99,09	5,09	0,009	0,060	0,068
2	3467438,00	5529096,00	94,00	99,33	5,33	0,009	0,060	0,069
3	3467440,00	5529096,00	94,00	99,48	5,48	0,009	0,060	0,069
4	3467442,00	5529096,00	94,00	99,58	5,58	0,009	0,060	0,069
5	3467444,00	5529096,00	94,00	99,66	5,66	0,010	0,060	0,069
6	3467446,00	5529096,00	94,00	99,70	5,70	0,010	0,060	0,069
7	3467448,00	5529096,00	94,00	99,70	5,70	0,010	0,060	0,069
8	3467450,00	5529096,00	94,00	99,67	5,67	0,010	0,060	0,069
9	3467452,00	5529096,00	94,00	99,60	5,60	0,010	0,060	0,069
10	3467454,00	5529096,00	94,00	99,50	5,50	0,009	0,060	0,069
11	3467456,00	5529096,00	94,00	99,33	5,33	0,009	0,060	0,069
12	3467432,00	5529098,00	94,00	98,98	4,98	0,008	0,060	0,068
13	3467434,00	5529098,00	94,00	99,33	5,33	0,009	0,060	0,069
14	3467436,00	5529098,00	94,00	99,67	5,67	0,010	0,060	0,069
15	3467438,00	5529098,00	94,00	99,95	5,95	0,010	0,068	0,078
16	3467440,00	5529098,00	94,00	100,13	6,13	0,010	0,068	0,079
17	3467442,00	5529098,00	94,00	100,24	6,24	0,011	0,068	0,079
18	3467444,00	5529098,00	94,00	100,32	6,32	0,011	0,068	0,079
19	3467446,00	5529098,00	94,00	100,36	6,36	0,011	0,068	0,079
20	3467448,00	5529098,00	94,00	100,36	6,36	0,011	0,068	0,079
21	3467450,00	5529098,00	94,00	100,33	6,33	0,011	0,068	0,079
22	3467452,00	5529098,00	94,00	100,26	6,26	0,011	0,068	0,079
...
...
...
25285	3467354,00	5529540,00	94,00	104,28	10,28	0,017	0,101	0,118
25286	3467356,00	5529540,00	94,00	103,79	9,79	0,017	0,093	0,110
25287	3467358,00	5529540,00	94,00	103,29	9,29	0,016	0,093	0,109
25288	3467360,00	5529540,00	94,00	102,77	8,77	0,015	0,085	0,100
25289	3467362,00	5529540,00	94,00	102,20	8,20	0,014	0,085	0,099
25290	3467364,00	5529540,00	94,00	101,67	7,67	0,013	0,077	0,090
25291	3467352,00	5529542,00	94,00	104,31	10,31	0,018	0,101	0,119
25292	3467354,00	5529542,00	94,00	103,83	9,83	0,017	0,093	0,110
25293	3467356,00	5529542,00	94,00	103,33	9,33	0,016	0,093	0,109
25294	3467358,00	5529542,00	94,00	102,81	8,81	0,015	0,085	0,100
25295	3467360,00	5529542,00	94,00	102,23	8,23	0,014	0,085	0,099
25296	3467362,00	5529542,00	94,00	101,69	7,69	0,013	0,077	0,090
25297	3467354,00	5529544,00	94,00	103,36	9,36	0,016	0,093	0,109
25298	3467356,00	5529544,00	94,00	102,85	8,85	0,015	0,085	0,100
25299	3467358,00	5529544,00	94,00	102,26	8,26	0,014	0,085	0,099
25300	3467354,00	5529546,00	94,00	102,90	8,90	0,015	0,093	0,108

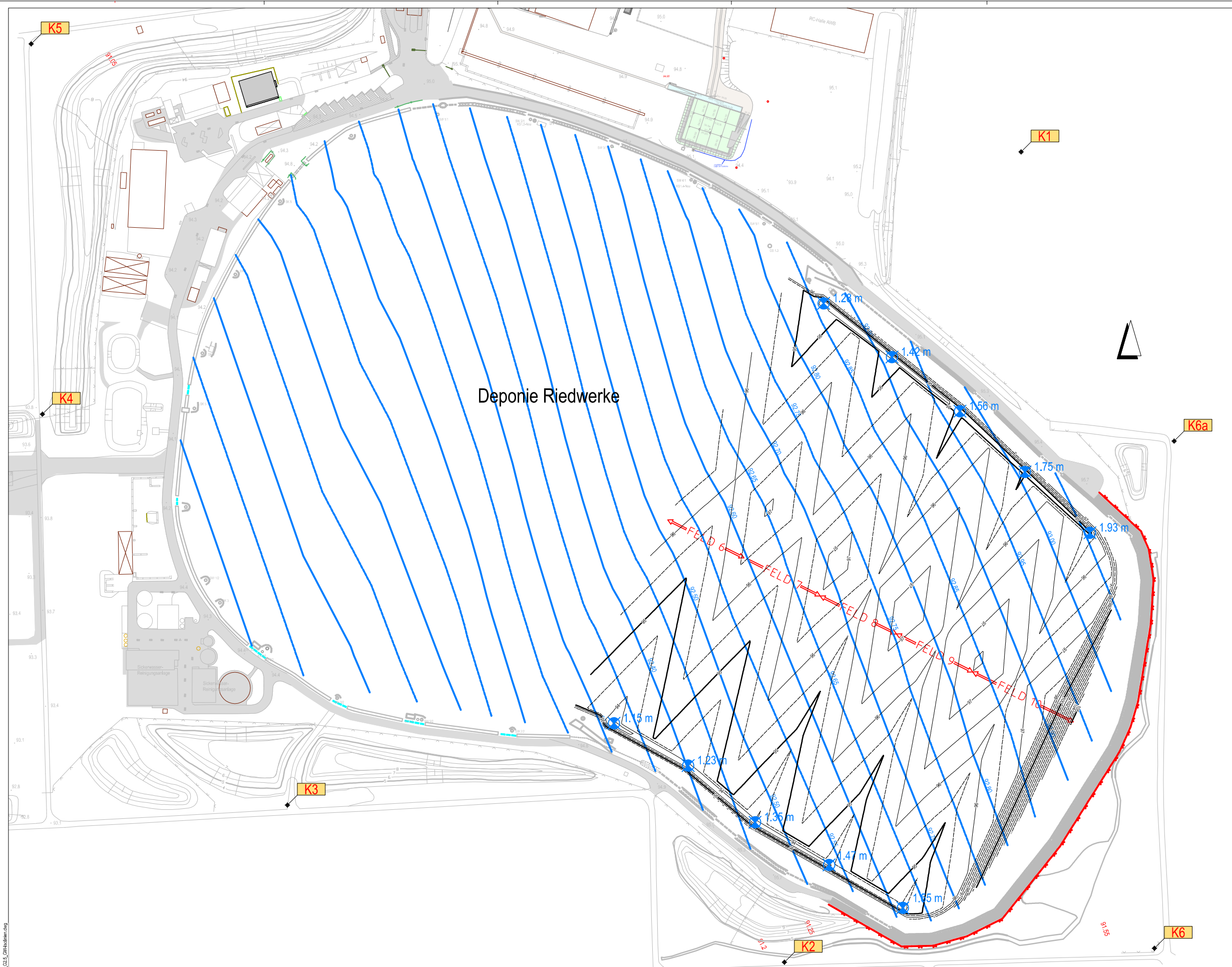
2020-09-16 17:12:59 S:\CAD\2627\02 - Optimierung 9+10\2627_An13-Setzungen.dwg
2627_An13-Setzungen.dwg



- Legende:**
- Isolinen Setzungen der UK mineralische Dichtung
 - UK mineralische Dichtung nach Setzungen
 - 1.06% → Gefälle UK mineralische Dichtung nach Setzungen
 - - - Oberflächenwassergraben (geplant)
 - = = = Umlegung Blindgraben auf Deponiegelände (geplant)
 - █ Deponie-Umfahrung / -Wege (geplant)
 - - - Anpassung Deponiezaun (geplant)



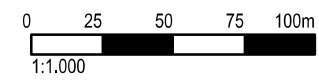
Auftraggeber/Bauherr: SAVAG GmbH Südhessische Abfall-Verwertungs GmbH Auf der Hardt / An der B 42 64572 Büttelborn		Projekt: SAVAG-Deponie Büttelborn: Optimierungsplanung Felder 9+10	
ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH Ferdinand-Porsche-Ring 1 63110 Rodgau Telefon: 06106/26993-0 Fax: 06106/26993-77			
gez.: Gr	Isoliniendarstellung mineralische Dichtung Setzungen und UK nach Setzungen		Datum: 16.09.20
Maßstab: 1 : 1.500	Auftragsnr.: 2627-02 - Br		Anlage: 3



Deponie Riedwerke

- Legende:**
- Kontrollbrunnen
 - Isolinen UK mineralische Dichtung nach Setzungen
 - Isolinen maximaler Grundwasserstand (Genehmigungsplanung)
 - Abstand der UK-Basisabdichtung in den Tiefpunkten der Sammlerachsen zum maximalen Grundwasserspiegel (Genehmigungsplanung) nach Abklingen der für den Endzustand prognostizierten Setzungen

Ermittlung der UK-Basisabdichtung gemäß Deponie Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie")
 - Optimierung der Verfüllgeometrie -
 Setzungsprognose zu Basisabdichtung und Sickerwasserdränagen unter Ansatz der höheren Auflastspannungen; ISK; 16.09.2020



Genehmigungsplanung	
Auftraggeber: SAVAG GmbH Rothenscheider Allee/Werlanger Straße Auf der Hardt / An der B 42 64572 Büttelborn	Projekt: SAVAG-Deponie Büttelborn: Optimierungsplanung Felder 9+10
ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH Friedrich-Fuchs-Str. 1 63170 Rabau Telefon: 06156/24993-0 Fax: 06156/24993-77	
maßstab: 1:1.000	Höhenplan UK-Basisabdichtung nach Setzung mit Abständen zum maximalen GW-Spiegel
datum: 16.09.20	Blatt: G2.5
anfrage: 2627-02 - Br	Anlage 4 Blatt 1/1

2020-09-17 11:43:32 S:\CAD\262702_Optimierung BA 3 bis BA 5_GW-Isolinen.dwg

Deponie Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie")
- Optimierung der Verfüllgeometrie –

Standortsicherheitsnachweise
für die
Deponieböschungen
bei optimierter Verfüllgeometrie

Auftraggeber:



SAVAG - Süd Hessische Abfallverwertungs GmbH
Auf der Hardt / An der B 42, 64572 Büttelborn

Planung und
geotechn. Beratung:

ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH
Ferdinand-Porsche-Ring 1, 63110 Rodgau

Genehmigungsbehörde:

RP Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Darmstadt
64278 Darmstadt

Unser Zeichen:

2627gSo200918-Standsicherheitsnachweise.docx

Seiten:

20

Anlagen:

6

Datum:

18. September 2020

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorgang	8
2. Geometrische Randbedingungen	9
3. Regelaufbau des Basisabdichtungssystems	10
4. Charakteristische Werte der bodenmechanischen Kenngrößen	11
4.1 Charakteristische Wichten	11
4.2 Charakteristische Scherbeiwerte.....	11
5. Erläuterung zu den Standsicherheitsberechnungen	12
6. Deponiefeld 6	13
6.1 Herleitung der maßgebenden charakteristischen Scherparameter	13
6.2 Standsicherheitsnachweise	13
7. Deponiefeld 7	14
7.1 Herleitung der maßgebenden charakteristischen Scherparameter	14
7.2 Standsicherheitsnachweise	14
8. Deponiefeld 8	15
8.1 Herleitung der maßgebenden charakteristischen Scherparameter	15
8.2 Standsicherheitsnachweise	16
9. Deponiefeld 9	17
9.1 Herleitung der maßgebenden charakteristischen Scherparameter	17
9.2 Standsicherheitsnachweise	18
10. Deponiefeld 10	19
10.1 Erforderliche charakteristische Scherparameter	19
10.2 Orientierende Standsicherheitsberechnungen.....	19
11. Zusammenfassung	20

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Lagepläne und Schnitte

- Anlage 1.1 Optimierter Grundriss Basisabdichtung Felder 9 + 10
(= Plan G 3.2 zu Planfeststellungsantrag [28], DIN-A3-Verkleinerung)
- Anlage 1.2 Optimierte Verfüllgeometrie - Lage- und Höhenlinienplan
(= Plan G 4.2 zu Planfeststellungsantrag [28], DIN-A3-Verkleinerung)
- Anlage 1.3 Schnitte Gesamtdeponie (Genehmigungsbestand und optimierte Geometrie)
(= Plan G 5.5 zu Planfeststellungsantrag)
- Anlage 1.4 Lageplan mit Schnittlinien zu den berechneten Schnitten

Anlage 2 Standardsicherheitsnachweise zum Deponiefeld 6

- Anlage 2.1 Herleitung der charakteristischen Scherparameter für Deponiefeld 6
- Anlage 2.2 Schnitt Tiefachse Feld 6 (entlang Sickerwassersammler)
- Anlage 2.3 Schnitt Hochachse Feld 6/7 (Ostseite)

Anlage 3 Standardsicherheitsnachweise zum Deponiefeld 7

- Anlage 3.1 Herleitung der charakteristischen Scherparameter für Deponiefeld 7
- Anlage 3.2 Schnitt Tiefachse Feld 7 (entlang Sickerwassersammler)
- Anlage 3.3 Schnitt Hochachse Feld 7/6 (Westseite)

Anlage 4 Standardsicherheitsnachweise zum Deponiefeld 8

- Anlage 4.1 Herleitung der charakteristischen Scherparameter für Deponiefeld 8
- Anlage 4.2 Schnitt Tiefachse Feld 8 (entlang Sickerwassersammler)
- Anlage 4.3 Schnitt Hochachse Feld 8/7 (Westseite)

Anlage 5 Standardsicherheitsnachweise zum Deponiefeld 9

- Anlage 5.1 Herleitung der charakteristischen Scherparameter für Deponiefeld 9
- Anlage 5.2a Schnitt Tiefachse Feld 9 (entlang Sickerwassersammler)
- Anlage 5.3a Schnitt Hochachse Feld 9/8 (Westseite)

Anlage 6 Orientierende Standardsicherheitsberechnung zum Deponiefeld 10

- Anlage 6.1a Schnitt Ostböschung der Deponie (bei maximaler Ablagerungshöhe)

Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

Genehmigungen und genehmigungsrelevanter Schriftverkehr

- [1] Planfeststellungsbeschluss für die Errichtung und den Betrieb einer Abfallentsorgungsanlage in Büttelborn – Auf der Hardt-", RP Darmstadt, V 39 d –79 n 08/11-Bütt., 05.06.1989
- [2] Änderungs- und Ergänzungsbescheid zu Erweiterung / Ausbau der östlichen Deponiefelder 6-10 im planfestgestellten Bereich der Deponie Büttelborn zur Deponieklasse II und zur Ablagerung von Inertabfällen sowie zur Betriebsverlängerung bis 31.12.2030 (AZ: IV/DA 42.2–100g 18/03-SAVAG-DKII-); 02.12.2008
- [3] Änderungs- und Ergänzungsbescheid zum geänderten Ausbau der östlichen Deponiefelder 6-10 und Inbetriebnahme (AZ: IV/Da 42–100g 18/03-SAVAG-DK II-1-); 23.11.2009
- [4] Änderungsgenehmigungsbescheid zu Änderung des Ausbaues der Deponiefelder 6 - 10 der SAVAG-Deponie Büttelborn, hier: Anbindung an die Böschung der Riedwerke-Deponie (Anpassung Verfüllgeometrie, Verfüllung, Deponieoberflächenabdichtung und Rekultivierung; AZ: IV/DA-42.2 -100g 18.03-SAVAG-DKII/Bö/Oberfl.-6-), 15.06.2016
- [5] Bestätigung Abfallrechtliche Anzeige zur Anpassung der Grundrissgeometrie Basisabdichtung im Feld 9. Schreiben des RP Darmstadt (Az IV/Da 42.2-100 g 08/3-2019/1), 10.06.2020

Sonstige Projektbezogene Unterlagen:

- [6] Zentrale Abfallbeseitigungsanlage - Kreismülldeponie Büttelborn: Erläuterungsbericht (Heft 1 der Unterlagen zum Planfeststellungsantrag). Aufgestellt von Dipl.-Ing. Horst Unger, Darmstadt, 20.10.1987
- [7] Bodenmechanisches Gutachten, Heft 1 und Heft 2, Dr.-Ing. Steffen Ingenieurgesellschaft mbH, Essen, 07.12.1987
- [8] Setzungsabschätzung für die mineralische Basisabdichtung der Deponie Büttelborn - Projekt-Nr. 8218 -; Dr.-Ing. Steffen Ingenieurgesellschaft mbH; Essen; Mai 1992
- [9] Deponie Büttelborn: Gutachten zur Grundwassersituation. Unger Ingenieurgesellschaft mbH, Homberg, Nov. 2003
- [10] Setzungsabschätzung für die Deponiebasis. Baugrundinstitut Franke-Meißner und Partner GmbH, Wiesbaden, 05.09.2007
- [11] Plangenehmigungsantrag, Abfallzentrum Büttelborn, Ausbau der östlichen Deponiefelder 6-10. Unger Ingenieure, 10.11.2007
- [12] Unger Ingenieure, Abfallzentrum Büttelborn, Ausbau der östlichen Deponiefelder 6 bis 10, – Genehmigungsplanung -, Homberg Efze, Mai 2008
- [13] Abfallzentrum Büttelborn, Ausbau der östlichen Deponiefelder 6 bis 10, – Hydrogeologisches Gutachten. Unger Ingenieure, Homberg Efze, Mai 2008
- [14] Abfallzentrum Büttelborn, Ausbau d. östlichen Deponiefelder 6-10: Standsicherheitsnachweise f. Abfallkörper u. Abdichtungssysteme. ISK, Rodgau, 22.06.2009 [ISK-Dok.Nr. 1742gMI090612_Stasi]
- [15] Abfallzentrum Büttelborn: Änderungsgenehmigungsantrag und Erläuterungen zur Ausführungsplanung, Ausbau östl. Deponiefelder 6 bis 10. ISK, Rodgau, 07.07.2009 [ISK-Dok.-Nr. 1742gBr090626]
- [16] Abfallzentrum Büttelborn, Bauabschnitte BA 1 und BA 2: Standsicherheitsberechnungen zu den bestehenden und geplanten Deponieböschungen sowie Vordimensionierung von Vorschüttungen zu deren Er-tüchtigung. ISK, Rodgau, 15.01.2010 [ISK-Dok.-Nr. 1780gMI091105]
- [17] Bericht zu den Standsicherheitsnachweisen für das Oberflächenabdichtungssystem und die Böschungsfuß-Vorschüttung (= Anhang 4 zum Genehmigungsantrag vom 16.11.2015 [21]). ISK, Rodgau, 11.01.2013 [ISK-Dokument-Nr. 1780gTh120710_Statik_OFA.doc]

- [18] Abfallzentrum Büttelborn, BA 1 und BA 2, Umgestaltung Böschungsfüße und Oberflächenabdichtung: Erläuterungsbericht zur Entwurfs- und Genehmigungsplanung und Änderungsgenehmigungsantrag, ISK, Rodgau, 22.05.2013 [ISK-Dok.-Nr. 1780gBr130522_Antrag_OFA_Endfassung]
- [19] Abfallzentrum Büttelborn, Ausbau der östlichen Deponiefelder 6-10: Bau des Basisabdichtungssystems im 'Feld 8' - Erläuterungen zur Ausführungsplanung. ISK, Rodgau, 17.04.2014 [ISK-Dok.-Nr. 2103gBr140106_Erlaeuterungsbericht]
- [20] Projektbezogener Eignungsnachweis nach BQS 5-3 für mineralische Dichtung aus bentonitgebundenem Gießereialtsand von der Eisengießerei Fritz Winter. ISK, Rodgau, 20.08.2015 [ISK-Dokument-Nr. 1780gBr150701_BQS_GAS.doc]
- [21] Dep. Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie") - Verfüllung, Oberflächenabdichtung und Rekultivierung: Erläuterungsbericht mit Umweltverträglichkeits-Vorprüfung zur Genehmigungsplanung und Änderungsgenehmigungsantrag. ISK, Rodgau, 16.11.15 [ISK-Dok.-Nr. 2350gBr150213_Antrag_OFA_mit_UVP]
- [22] Deponie Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie") - Oberflächenabdichtung: Qualitätsmanagementplan (QMP) für mineralische und kunststofftechnische Bauelemente des Oberflächenabdichtungssystems (Entwurf, Stand 09.11.2015; = Anhang 5 zu [21]). Aufgestellt von: ISK, Rodgau, 16.11.2015 [ISK-Dok.-Nr. 2350qTh151013_QMP]
- [23] Eignungsnachweis nach BQS 5-3 für die mineralische Dichtung aus bentonitgebundenem Gießereialtsand aus dem Mercedes-Benz-Werk der Daimler AG in Mannheim. ISK, Rodgau, 10.10.2017 [ISK-Dokument-Nr.: 1780gWi170810a_BQS_5-3_Gießereialtsand_Daimler.docx]
- [24] Qualitätsmanagementplan für die mineralischen u. kunststofftechnischen Bauelemente des Oberflächenabdichtungssystems und der Böschungsfußvorschüttung, 1. Fortschreibung. Aufgestellt von: ISK, Rodgau, 27.03.2018 [ISK-Dok.-Nr. 2311qWi170911a_QMP_1_Fortschreibung.docx]
- [25] Abfallzentrum Büttelborn – SAVAG-Deponie; Basisabdichtung Deponiefelder 9 und 10: Qualitätsmanagementplan für die mineralischen und kunststofftechnischen Bauelemente des Basisabdichtungssystems, 1. Fortschreibung. Aufgestellt von: ISK, Rodgau, 08.05.2020 [ISK-Dok.-Nr. 2800qWi191119_QMP-1]
- [26] Deponie Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie") – Anpassung Grundrissgeometrie Basisabdichtung im Feld 9. Abfallrechtliche Anzeige mit Erläuterungsbericht. Aufgestellt von: ISK, Rodgau, 15.05.2020 [ISK-Dok.-Nr. 2627gBr200233-Anzeige-Anpassung-Feld-9]
- [27] Abfallzentrum Büttelborn - Ausbau der östlichen Deponiefelder 6-10, Bau des Basisabdichtungssystems im Deponiefeld 9: Ausführungsplanung. Aufgestellt von: ISK, Rodgau, Stand 24.04.2020
- [28] Deponie Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie") - Optimierung der Verfüllgeometrie: Erläuterungsbericht zur Entwurfsplanung und Änderungsgenehmigungsantrag (Entwurf). Aufgestellt von ISK, Rodgau, Stand 24.04.2020:

Dokumentationen zu Scherversuchen zum Bau Deponiefeld 6

- [29] Abfallzentrum Büttelborn, Basis- und Zwischenabdichtung Deponiefeld 6: Bericht Nr. 7 der Fremdprüfung Geotechnik: Geotechnische Eignungsprüfung 'Ton Bauer' als Material für die Technische Barriere u. Mineralische Dichtung im Basisabdichtungssystem. ISK, Rodgau. 20.05.2010 [ISK-Dok.-Nr. 1742gML100204_TB+MD-Ton-Bauer-Nr7]
- [30] Abfallzentrum Büttelborn, Basis- und Zwischenabdichtung Deponiefeld 6: Bericht Nr. 20 der Fremdprüfung-Geotechnik: Probekbau Ton Bauer als Material für die Technische Barriere und Mineralische Dichtung im Basisabdichtungssystem. ISK, Rodgau 06.01.2011 [ISK-Dok.-Nr. 1742gML110106_PF_TB+MD-Ton-Bauer_Nr20]
- [31] Abfallzentrum Büttelborn, Basis- und Zwischenabdichtung Deponiefeld 6: Bericht Nr. 23 der Fremdprüfung-Geotechnik - Abschlussbericht Basis- und Zwischenabdichtungssystem im Deponiefeld 6. ISK, Rodgau 25.03.2011 [ISK-Dok.-Nr. 1742gML110202_Schlussbericht_Nr23]

Dokumentationen zu Scherversuchen zum Bau Deponiefeld 7

- [32] Abfallzentrum Büttelborn Basis- und Zwischenabdichtung Deponiefeld 7: Bericht Nr. 1 der Fremdprüfung-Geotechnik Geotechnische Eignungsprüfung "Ton Hahnstätten" als Material für die Technische Barriere und Mineralische Dichtung im Basisabdichtungssystem Feld 7. ISK, Rodgau 18.11.2010 [ISK-Dok.-Nr. 1742gML101118_TB+MD-TonSchäferKalk_Nr1]
- [33] Abfallzentrum Büttelborn Basisabdichtung Deponiefeld 7: Bericht Nr. 4 der Fremdprüfung-Geotechnik Probebau Ton "Hahnstätten" als Material für die Technische Barriere und Mineralische Dichtung im Basisabdichtungssystem Feld 7. ISK, Rodgau 01.02.2011 [ISK-Dok.-Nr. 1742gML110131_PF_Ton-Schäferkalk_Nr4_Feld7]
- [34] Abfallzentrum Büttelborn Basis- und Zwischenabdichtung Deponiefeld 7: Bericht Nr. 8 der Fremdprüfung-Geotechnik Abschlussbericht Basisabdichtungssystem im Deponiefeld 7, ISK, Rodgau 02.08.2012 [ISK-Dok.-Nr. 1742gML120104_Schlussbericht_Feld7_Nr8]

Dokumentationen zu Scherversuchen zum Bau Deponiefeld 8

- [35] Abfallzentrum Büttelborn, Basisabdichtung Deponiefeld 8: Eignungsnachweis (...) für eine Technische Barriere und Mineralische Basisabdichtung aus 'Offenbacher Ton'. ISK, Rodgau 23.06.2014 [ISK-Dok.-Nr. 2103gBr140616_BQS_1-0+2-1_OF-Ton]
- [36] Abfallzentrum Büttelborn, Basisabdichtung Deponiefeld 8: Scherfestigkeit in der Grenzfläche zwischen 'Offenbacher Ton' und Kunststoffdichtungsbahn 'AGRU PEHD 2,5 mm MST+ / MSB'. ISK, Rodgau 04.08.2014 [ISK-Dok.-Nr. 2103gBr140624_OF-Ton_KDB]
- [37] Abfallzentrum Büttelborn, Basisabdichtung Deponiefeld 8: 1. Ergänzung zum Eignungsnachweis (...) für Mineralische Schutzschicht und Mineralische Filterschicht aus aufbereiteter 'Wirbelschicht-Verbrennungsschlacke' 0/2 bzw. 2/18. ISK, Rodgau, 06.08.2014 [ISK-Dok.-Nr. 2103gBr141030_F-Ton_KDB]
- [38] Abfallzentrum Büttelborn, Basisabdichtung Deponiefeld 8: Bericht der geotechnischen Fremdprüfung zu den Probearbeiten für die Bauelemente TB - Technische Barriere und MD - Mineralische Dichtung mit den Dichtungsmaterialien 'Frankfurter Ton' und 'Offenbacher Ton'. ISK, Rodgau 28.10.2014 [ISK-Dok.-Nr. 2310gWi140825_Probebau_TB+MD]
- [39] Abfallzentrum Büttelborn, Basisabdichtung Deponiefeld 8: Scherfestigkeit in der Grenzfläche zwischen 'Frankfurter Ton' und Kunststoffdichtungsbahn 'AGRU PEHD 2,5 mm MST+ / MSB'. ISK, Rodgau 30.10.2014 [ISK-Dok.-Nr. 2103gBr141030_F-Ton_KDB]
- [40] Abfallzentrum Büttelborn, Basisabdichtung Deponiefeld 8: Bericht der geotechnischen Fremdprüfung über die baubegleitenden Prüfungen beim Einbau des Basisabdichtungssystems. ISK, Rodgau 06.11.2015 [ISK-Dok.-Nr. 2310gWi151005_baubegleitende_Prüfungen]

Dokumentationen zu Scherversuchen zum Bau Deponiefeld 9

- [41] 2. Ergänzung zum Eignungsnachweis nach BQS 1-0 und BQS 2-1 für 'Ton Höfling' als Barriere- und Basisabdichtungsmaterial. 05.06.2020 [ISK-Dokument-Nr.: 2800gWi200603_BQS_1-0_2-1_Ton_Höfling_2.Erg.docx]
- [42] Bericht zur Bestimmung der Scherfestigkeit in der Grenzfläche Mineralische Dichtung ./ Kunststoffdichtungsbahn im Rahmen der Eignungsprüfung und des Probebaus. 20.08.2020 [ISK-Dokument-Nr.: 2800gWi200722_Scherfestigkeit_MD-KDB.docx]

- [43] Bericht zur Bestimmung der Scherfestigkeit in der Grenzfläche Kunststoffdichtungsbahn ./ Mineralische Schutzschicht im Rahmen der Eignungsprüfung, 21.08.2020
[ISK-Dokument-Nr.: 2800gWi200820_Scherfestigkeit_KDB-MS.docx]

Verordnungen, Normen, Regelwerke:

- [44] Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrwG) vom 24.02.2012 (BGBl. I S. 212), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 9 des Gesetzes vom 20.07.2017 (BGBl. I S. 2808)
- [45] Verordnung über Deponie und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27.04.2009, zuletzt geändert am 27.09.2017
- [46] DIN 19 667: 2015-08: Dränung von Deponien, Planung, Bauausführung und Betrieb
- [47] DIN EN 1997-1: Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung u. Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln, März 2014
- [48] DIN 4048/A1: 2017-08 Änderung v. 2009-01, Baugrund-Geländebruchberechnungen

Deutsche Ges. für Geotechnik e.V. - GDA-Empfehlungen - Geotechnik der Deponien und Altlasten:

- [49] GDA-Empf. E 2-1: Geotechnische Planung für Deponien, 2010
- [50] GDA-Empf. E 2-3: Kombiniertes Basisabdichtungssystem, 2016
- [51] GDA-Empf. E 2-21: Spreizsicherheitsnachweis u. Verformungsabschätzung für die Deponiebasis, 1997

Sonstige Veröffentlichungen:

- [52] Grundbautaschenbuch, Teil 1; Verlag Ernst & Sohn; 8. Auflage, Berlin 2017

1. Vorgang

Die Südhessische Abfall-Verwertungs GmbH (SAVAG) betreibt den Ausbau der auf dem Abfallzentrum Büttelborn vorhandenen Deponie, die bisher aus den realisierten Deponiefeldern 1 bis 8 besteht. Die Deponiefelder 1 bis 5 werden von den Riedwerken Kreis Groß-Gerau bzw. in deren Auftrag von der Abfallwirtschafts-Service GmbH (AWS) betrieben. Dieser (noch mit unvorbehandeltem Hausmüll beschickte) Teil der Deponie wird im Folgenden mit 'Riedwerke-Deponie' bezeichnet. Der weitere Ausbau der Deponie um die Deponiefelder 6 bis 10 wurde der Südhessischen Abfallwirtschafts GmbH (SAVAG) übertragen; dieser (nur noch mit mineralischen bzw. mineralisierten Abfällen zu beschickende) Teil der Deponie wird im Folgenden mit 'SAVAG-Deponie' bezeichnet.

Auf Grundlage der seit dem 16.07.2009 geltenden neuen Deponieverordnung [45] und zur technisch-wirtschaftlichen Optimierung des Basisabdichtungssystems wurden im Rahmen der Ausführungsplanung zum Bau der Basis- und Zwischenabdichtung in den Deponiefeldern 6 bis 10 weitere technische und geometrische Anpassungen geplant und mit dem Änderungs- und Ergänzungsbescheid vom 23.11.2009 [3] genehmigt.

In den Jahren 2009 bis 2011 wurden die Basisabdichtung in den Deponiefeldern 5 und 6 sowie der erste Teilabschnitts der Zwischenabdichtung auf der Übergangsböschung zu der Riedwerke-Deponie realisiert. Der Bau des Basisabdichtungssystems im Deponiefeld 8 erfolgte in den Jahren 2014/15. Seither werden die Felder 6 bis 8 mit mineralischen Abfällen verfüllt und aktuell ist das Basisabdichtungssystem im Feld 9 im Bau.

In Anbetracht des zunehmenden Mangels an DK-I- und DK-II-Deponieraums im Rhein-Main-Gebiet soll auf der SAVAG-Deponie - innerhalb des planfestgestellten Deponiegeländes und somit ohne Inanspruchnahme zusätzlicher, außerhalb der Planfeststellungsgrenze liegender Flächen - durch Anpassung des Grundrisses der Ablagerungsflächen in den Feldern 9 und 10 sowie durch eine über die bisher genehmigte Verfüllhöhe hinaus gehende Abfallablagerung zusätzlicher Deponieraum geschaffen werden, was Gegenstand der Genehmigungsplanung [28] ist.

Die größere Endverfüllhöhe soll auf allen Deponiefeldern der SAVAG-Deponie realisiert werden mit einer maximalen OK Ablagerung bei ca. 143 mNN (entsprechend der Maximal-Ablagerungshöhe auf der Riedwerke-Deponie). Im mittleren Bereich der SAVAG-Deponie entspricht dies zusätzlichen Ablagerungshöhen von bis zu 16 m; bis zur Höhenlinie 121 mNN bleiben die Böschungsneigungen (und damit auch die Ablagerungshöhen) im Regelfall unverändert mit Ausnahme des Feldes 10 (und in geringem Umfang die östliche Hälfte des Feldes), in dem sich aus dem optimierten Grundriss der basisabgedichteten Ablagerungsfläche veränderte Ablagerungshöhen (bei gleichbleibenden maximalen Böschungsneigungen des Deponiekörpers) ergeben.

Aufgrund der zu beantragenden größeren Ablagerungshöhen in der SAVAG-Deponie sind die zu den einzelnen Deponiefeldern vorliegenden Standsicherheitsnachweise für die Deponieböschungen zu aktualisieren, wobei für die bereits ausgeführten bzw. zurzeit in der Ausführung befindlichen Basisabdichtungsfelder 6 bis 9 jeweils aus den vorliegenden Versuchsergebnissen charakteristische Scherparameter abgeleitet und den Böschungsstandsicherheitsnachweisen zugrunde gelegt werden.

Mit dem Aufstellen der an die höheren Belastungen angepassten Statischen Nachweise beauftragte die SAVAG GmbH die ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH. Im Folgenden werden für die einzelnen Deponiefelder jeweils die charakteristischen Scherparameter hergeleitet und mit diesen die Böschungsstandsicherheiten für die optimierte Verfüllgeometrie der SAVAG-Deponie in den maßgebenden Schnitten und für die relevanten Lastfälle nachgewiesen.

2. Geometrische Randbedingungen

In den nachstehenden Abbildungen sind die (zu beantragenden) optimierten Geometrien der Basisabdichtung und des Abfallkörpers in Form von Höhenlinienplänen und Schnitten dargestellt (siehe auch Anlagen 1.1 bis 1.3).

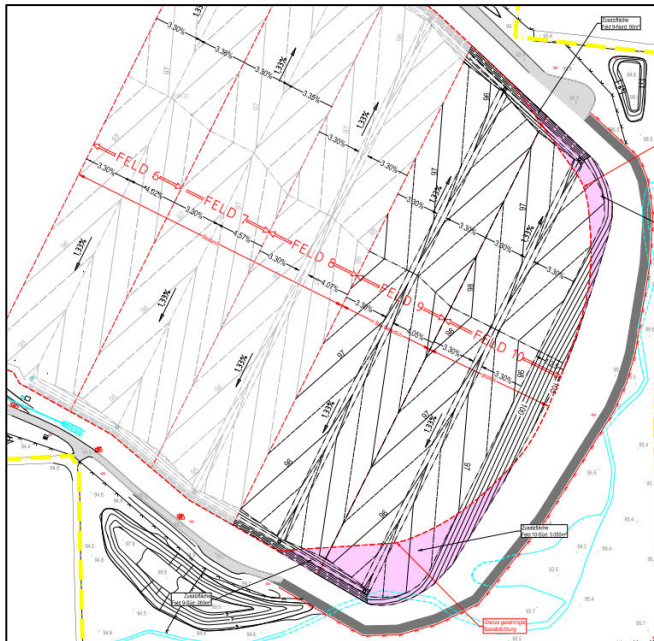


Abbildung 1: Optimierter Grundriss Basisabdichtung Felder 9+10 und Umbau Deponieumfahrung (Auszug aus Anlage 1.1)

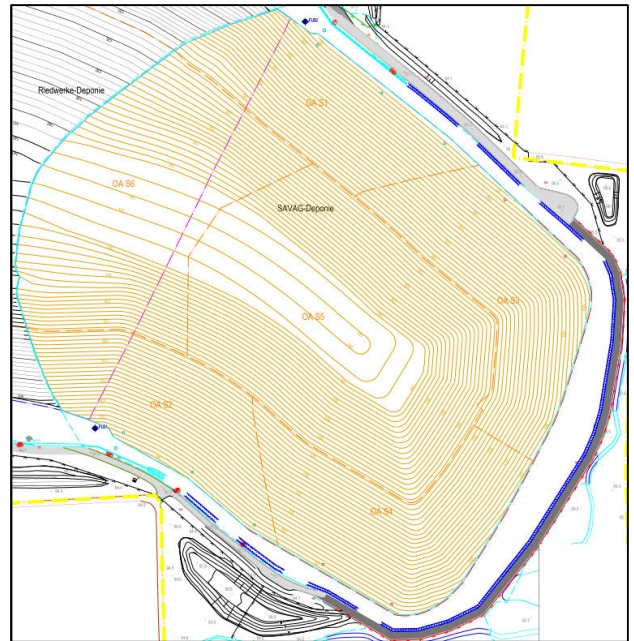


Abbildung 2: Isolinien-Darstellung optimierte Verfüllgeometrie (mit Schnittlinien - Auszug aus Anlage 1.2)

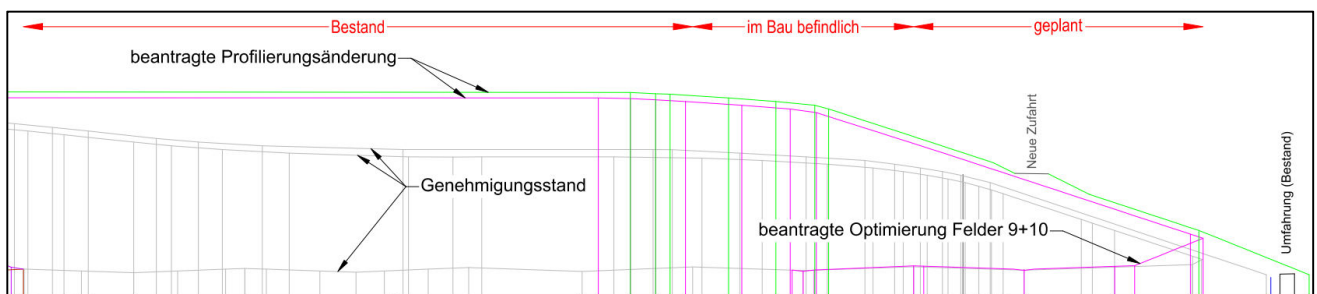


Abbildung 3: West-Ost-Schnitt durch SAVAG-Deponie (Genehmigungsbestand und optimierte Verfüllgeometrie - Auszug aus Anlage 1.3)

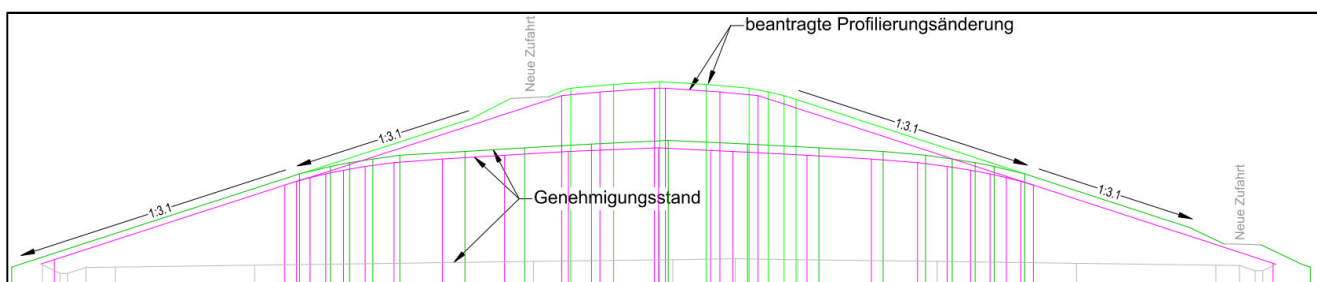


Abbildung 4: Nord-Süd-Schnitt entlang Hochachse zwischen Feldern 7 und 8. (Genehmigungsbestand und optimierte Verfüllgeometrie - Auszug aus Anlage 1.3)

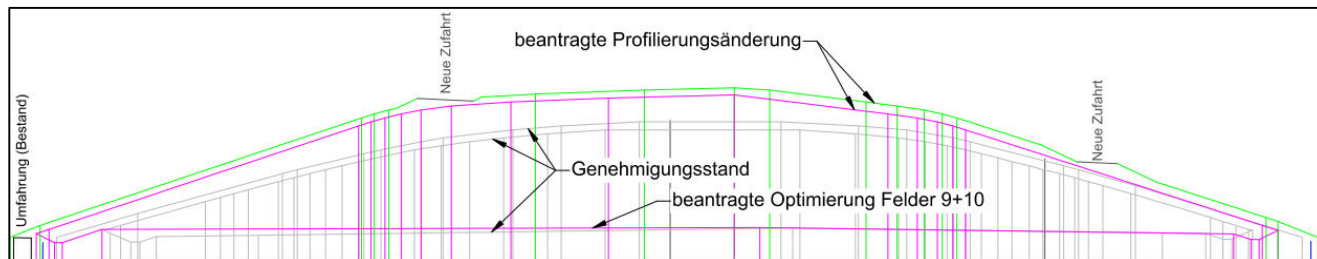


Abbildung 5: Nord-Süd-Schnitt entlang Hochachse zwischen Feldern 9 und 10 (Genehmigungsbestand und optimierte Verfüllgeometrie - Auszug aus Anlage 1.1)

Hinweis: In Abbildung 5 erscheint die zu beantragende Ablagerungsböschung im Schnitt C-C steiler als die bisher genehmigte Neigung, was dadurch bedingt ist, dass die Höhenlinien des Genehmigungsbestandes in dieser Schnittlinie nicht senkrecht geschnitten werden ("schleifender Schnitt"). Die tatsächliche maximale Böschungsneigung (senkrecht zu den Höhenlinien) ist in beiden Fällen 1:3.

Aus diesen Plänen ist ersichtlich, dass im Zuge der Optimierung der Verfüllgeometrie weder die Maximalneigung der Ablagerungsböschungen von 1:3 noch die Längs- und Querneigungen des Basisabdichtungssystems verändert worden sind. Lediglich die Höhe und Länge der 1:3 geneigten Deponieböschungen wurden deutlich vergrößert, so dass die vorliegenden Böschungsstandsicherheitsnachweise (siehe in [14]) nicht mehr zutreffend sind und deshalb neu aufgestellt werden müssen.

Unverändert gültig bleiben die Standsicherheitsnachweise zum geplanten Oberflächenabdichtungssystem (siehe in [17]), weil diese für unendlich lange Böschungen aufgestellt worden sind und die maximale Neigung und der Aufbau des Oberflächenabdichtungssystems unverändert bleibt.

3. Regelaufbau des Basisabdichtungssystems

Das Basisabdichtungssystem in den bereits in Betrieb befindlichen Deponiefeldern 6 bis 8 sowie in dem zurzeit im Bau befindlichen Feld 9 ist wie folgt aufgebaut (von unten nach oben):

- Auffüllung / Planum
- ≥ 50 cm Technische Barriere mit $k_{10} \leq 5 \cdot 10^{-10}$ m/s (im Mittel $\leq 2,5 \cdot 10^{-10}$ m/s)
- ≥ 50 cm mineralische Dichtungsschicht mit $k_{10} \leq 5 \cdot 10^{-10}$ m/s
- 2,5 mm Kunststoffdichtungsbahn aus PEHD, beidseitig profiliert (mit BAM-Zulassung)
- Schutzschicht (in Feldern 6 + 7 Sandschutzmatte, in Feldern 8 + 9 15 cm aufbereitete Verbrennungsschlacke mit Körnung 0/2)
- ≥ 30 cm Entwässerungsschicht
- 20 cm Filterschicht aus aufbereiteter Verbrennungsschlacke mit Körnung 2/18

4. Charakteristische Werte der bodenmechanischen Kenngrößen

4.1 Charakteristische Wichten

Für die Standsticherheitsnachweise bedarf es zunächst der Festlegung charakteristischer Werte für die bodenmechanischen Kenngrößen der einzelnen Schichten und der maßgebenden Grenzugen zwischen den Bauelementen.

Die in den bereits vorliegenden Standsticherheitsberechnungen vom 22.06.09 [14] angesetztten Kenngrößen werden hier größtenteils übernommen mit Ausnahme der (für die Standsticherheit der Deponieböschungen im Regelfall maßgebenden) Scherparameter in den Grenzugen zur Kunststoffdichtungsbahn, denn diese lagen bei den ausgeführten Basisabdichtungen in den Feldern 6 bis 8 (und auch bei dem zurzeit in der Ausführung befindlichen Feld 9) unter den Anforderungswerten des Qualitätsmanagementplans [25] und bedurften jeweils eines gesonderten Abgleichs zwischen den baubegleitend versuchstechnisch bestimmten und den gemäß [14] erdstatisch erforderlichen Scherfestigkeiten.

Hinweis: Im Qualitätsmanagementplan sind die Scherfestigkeitsanforderungen an die (für die Böschungsstandsticherheit maßgebenden) Grenzugen zur Kunststoffdichtungsbahn und an die mineralische Dichtung mit einem Zuschlag verankert, um auch bei ungünstigeren Ergebnissen der baubegleitend durchzuführenden Versuche noch ausreichende Standsticherheiten sicherzustellen.

Die in den Neu-Berechnungen angesetztten charakteristischen Wichten der relevanten Bauelemente werden (analog den Ansätzen in [14]) wie folgt angenommen:

- Untergrund $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$
- technische Barriere $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$
- mineralische Dichtung $\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$
- Verfüllung (mineralische Abfälle) $\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$ *)
- Oberflächenabdichtungssystem $\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$

*) Aus den regelmäßig durchgeführten flächigen Vermessungen (mittels Drohnenbefliegungen) und den von der Eingangswaage erfassten Massen errechnet sich eine deutlich geringere mittlere Einbauwichte von $\gamma_{\text{Abfall}} = 17 \text{ kN/m}^3$; der hier gewählte Ansatz von 19 kN/m^3 liegt daher deutlich auf der sicheren Seite.

4.2 Charakteristische Scherbeiwerte

Die in den hier neu aufgestellten Standsticherheitsnachweisen angesetztten Scherparameter werden teilweise aus den bereits vorliegenden erdstatischen Berechnungen zum Ausbau der Deponiefelder 6 bis 10 vom 22.06.2009 [14] übernommen (siehe in Tabelle 1).

Die erdstatisch maßgebenden Scherparameter der mineralischen Dichtung und der Grenzugen zur Kunststoffdichtungsbahn werden in den nachstehenden Abschnitten für die einzelnen Baufelder jeweils gesondert hergeleitet, weil Dichtungstone und Kunststoffdichtungsbahnen mit sehr unterschiedlichem Scherverhalten eingebaut worden sind bzw. zurzeit im Feld 9 eingebaut werden. Hierfür werden jeweils die Ergebnisse aller zum jeweiligen Baufeld vorliegenden Scherversuche zur maßgebenden Schicht bzw. Grenzuge graphisch aufgetragen und daraus (auf der sicheren Seite liegend) eine charakteristische Schergerade mit den entsprechenden Scherparametern abgeleitet (siehe hierzu Abschnitte 5.1 bis 8.1). Mit diesen werden dann die Standsticherheitsnachweise für die erdstatisch maßgebenden Schnitte geführt, deren Ergebnisse in den Abschnitten 6.2 bis 9.2 dokumentiert sind.

Material	Reibungswinkel φ_k [°]	Kohäsion c_k [kN/m ²]
Untergrund (schluffige Sande + Sand-Schluff-Gemische)	27,5	-
Technische Barriere + mineralische Basisabdichtung	baufeldweise Herleitung der charakteristischen Werte aus den Versuchsergebnissen (siehe Abschnitte 6.1 bis 9.1)	
Grenzfuge Mineralische Dichtung ./ KDB ¹⁾		
Grenzfuge KDB ./ Schutzschicht		
Schutzschicht + Entwässerungsschicht + Filterschicht	im Berechnungsmodell nicht abgebildet, weil für Böschungsstandsicherheit nicht maßgebend	
Abfallkörper (nur mineralische / mineralisierte Abfälle)	27,5	-
Oberflächenabdichtungssystem (Ersatzreibungswinkel ³⁾)	30,0	-

Tabelle 1: Charakteristische Scherparameter gemäß Standsicherheitsnachweisen vom 22.06.2009 [14]

Zu dem (noch nicht im Bau befindlichen) Deponiefeld 10 wird die erdstatisch erforderliche Mindestscherfestigkeit des Basisabdichtungssystems hergeleitet, die dann - mit einem entsprechenden Zuschlag - in den Qualitätsmanagementplan zu übernehmen ist.

Zu der erdstatisch maßgebenden Grenzfuge werden in den folgenden Abschnitten alle vorliegenden Scherversuchsergebnisse (von Eignungsprüfungen, Probebau und Bauausführung) der beteiligten Prüfinstanzen (Eigenprüfung der ausführenden Firmen bzw. des Bauherrn und Fremdprüfung) gemeinsam in einem σ - τ -Diagramm aufgetragen.

Aus diesen wird jeweils eine Regressionsgerade berechnet, wobei Ausreißer mit atypisch hohen Scherfestigkeiten unberücksichtigt bleiben (= sichere Seite im Sinne der Fragestellung).

Als charakteristische Schergerade wird dann eine jeweils unterhalb der rechnerischen Regressionsgerade liegende Schergerade festgelegt, aus deren Neigung und Y-Achsenabschnitt sich die charakteristischen Scherparameter ergeben.

In Anbetracht des erdstatisch maßgebenden, nur großräumig möglichen Versagensmechanismus (Spreizspannungsversagen mit Abgleiten des Böschungsfußes auf dem Dichtungssystem) wird dabei jeweils ein nahe dem Mittelwert liegender charakteristischer Wert festgelegt, weil sich kleinräumige Streuungen nur in geringem Maße auf die großräumige Standsicherheit auswirken können (siehe hierzu DIN EN 1997-1: Eurocode 7 [42], Abschnitt 2.4.5.2).

5. Erläuterung zu den Standsicherheitsberechnungen

Die Standsicherheitsberechnungen werden mit dem Programm GGU-STABILITY Version 13.10 aufgestellt, wobei die für die Grenzfugen zur Kunststoffdichtungsbahn hergeleiteten (niedrigsten und damit erdstatisch maßgebenden) Scherparameter rechnerisch für das gesamte Dichtungssystem angesetzt, geometrisch aber nur die entlang der Grenzfuge verlaufenden Gleitflächen betrachtet werden (= sichere Seite im Sinne der Fragestellung).

Berechnet wird jeweils nur die Südböschung für die Bemessungssituation BS-P, weil die Nordböschungen jeweils eine etwas geringere Höhe aufweisen und weil Bauzustände (Bemessungssituation BS-T - d.h. Böschungen ohne Oberflächenabdichtungssystem unter Ansatz einer Verkehrslast von SLW-30 mit 16,7 kN/m²) aufgrund der kleineren Teilsicherheitsbeiwerte nicht maßgebend sind. Ebenfalls nicht maßgebend ist der Lastfall BS-A unter Ansatz von Erdbebenbeanspruchungen.

6. Deponiefeld 6

6.1 Herleitung der maßgebenden charakteristischen Scherparameter

Als mineralische Dichtung wurde im Feld 6 der 'Ton Bauer' eingebaut, dessen innere Scherfestigkeit gemäß dem Probebaubericht vom 06.01.2011 [30] zu $\varphi' = 25,8^\circ$ und $c' = 9,5 \text{ kN/m}^2$ bestimmt worden ist. Die Mittelwerte der baubegleitenden Versuche sind $\varphi'_{\text{Mittel}} = 24,4^\circ$ und $c'_{\text{Mittel}} = 26,0 \text{ kN/m}^2$ (siehe Abschlussbericht zum Feld 6 [31]).

Für die Grenzfläche zu der im Feld 6 als Schutzschicht eingebauten Sandschutzmatte wurden mit $\delta' = 18,79^\circ$ und $a' = 62,31 \text{ kN/m}^2$ deutlich über dem Anforderungswert des QMP von $\varphi'_{E,k} \geq 17,5^\circ$ liegende Scherparameter bestimmt, die bei der maßgebenden Auflastspannung von 600 kN/m^2 einem Ersatzreibungswinkel von $\delta' = 23,9^\circ$ entspricht.

Erdstatisch maßgebend ist beim Feld 6 somit die Scherfestigkeit in der Grenzfläche mineralische Dichtung ./ Kunststoffdichtungsbahn 'Agru PEHD 2,5 MST+/MSB BAM', die im Zuge des Probebaus zu $\delta' = 15,4^\circ$ und $a' = 19,4 \text{ kN/m}^2$ bestimmt wurde (entspr. einem Ersatzreibungswinkel von $\delta'_E = 17,1^\circ$ bei der maßgebenden Auflastspannung von 600 kN/m^2 - siehe in [30]). Zu dieser Grenzfläche wurden deshalb alle vorliegende Scherversuchsergebnisse von Eignungsprüfungen, Probebau und Bauausführung gemeinsam in einem σ - τ -Diagramm aufgetragen und ausgewertet (siehe Grafik in Anlage 2.1).

Die aus allen Versuchsergebnissen berechnete und in der Grafik eingezeichnete Regressionsgerade ($y = 0,2922x + 15,264$) entspricht einem Reibungswinkel von $16,3^\circ$ bei einer Adhäsion von $15,3 \text{ kN/m}^2$. Als charakteristische Schergerade wurde eine etwas unterhalb der rechnerischen Regressionsgerade liegende Schergerade festgelegt, die durch folgende Scherparameter beschrieben wird:

$$\delta'_{k,\text{Feld-6}} = 15,5^\circ \text{ und } a'_{k,\text{Feld-6}} = 10 \text{ kN/m}^2$$

6.2 Standsicherheitsnachweise

Mit den im Abschnitt 6.1 hergeleiteten charakteristischen Scherparametern für die Basisabdichtung im Deponiefeld 6 wurde die Standsicherheit der Deponieböschung für die optimierte Verfüllgeometrie in den erdstatisch relevanten Schnitten nachgewiesen mit folgenden Ergebnissen:

Schnitt	Lage des Schnitts	Bemessungssituation	Verkehrslast p [kN/m ²]	Ausnutzungsgrad μ [%]	Berechnungsdokumentation siehe ...
B-B	Tiefachse Feld 6	BS-P	5,0	0,93	Anlage 2.2
A-A	Hochachse Feld 6/7	BS-P	5,0	0,93	Anlage 2.3

Tabelle 2: Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen zum Deponiefeld 6 (Schnittlinien s. Anlage 1.4)

Mit den durchweg unter $\mu_{\text{zulässig}} = 100 \%$ liegenden Ausnutzungsgraden ist die Standsicherheit der Deponieböschungen im Deponiefeld 6 auch für die optimierte Verfüllgeometrie nachgewiesen.

7. Deponiefeld 7

7.1 Herleitung der maßgebenden charakteristischen Scherparameter

Als mineralische Dichtung wurde im Feld 7 der 'Ton Schäfer-Kalk' eingebaut, dessen innere Scherfestigkeit gemäß dem Probebaubericht vom 01.02.2011 [33] zu $\phi' = 20,6^\circ$ und $c' = 4,5 \text{ kN/m}^2$ sowie bestimmt worden ist. Die Mittelwerte der baubegleitenden Versuche sind gemäß dem Abschlussbericht zum Feld 7 [34] $\phi'_{\text{Mittel}} = 16,9^\circ$ und $c'_{\text{Mittel}} = 7,9 \text{ kN/m}^2$.

Da im Feld 7 die gleiche Kunststoffdichtungsbahn ('Agru PEHD 2,5 MST+/MSB BAM') und die gleiche Sandschutzmatte als Schutzschicht eingebaut worden ist wie im Feld 6, gelten die beim Feld 6 für die Grenzfläche zur KDB./Sandschutzmatte bestimmten Scherparameter auch für das Feld 7 mit $\delta' = 18,79^\circ$ und $a' = 62,31 \text{ kN/m}^2$, was bei der maßgebenden Auflastspannung von 600 kN/m^2 einem Ersatzreibungswinkel von $\delta' = 23,9^\circ$ entspricht.

Erdstatisch maßgebend ist daher auch beim Feld 7 die Scherfestigkeit in der Grenzfläche mineralische Dichtung ./ Kunststoffdichtungsbahn 'Agru PEHD 2,5 MST+/MSB BAM', die im Zuge des Probebaus zu $\delta' = 17,1^\circ$ und $a' = 5 \text{ kN/m}^2$ bestimmt wurde (entsprechend einem Ersatzreibungswinkel von $\delta'_E = 17,5^\circ$ bei der maßgebenden Auflastspannung von 600 kN/m^2 - siehe in [33]). Auch zu dieser Grenzfläche wurden deshalb alle vorliegende Scherversuchsergebnisse von Eignungsprüfungen, Probebau und Bauausführung gemeinsam in einem σ - τ -Diagramm aufgetragen und ausgewertet (siehe Grafik in Anlage 3.1).

Die aus allen (plausiblen) Versuchsergebnissen zu dieser Grenzfläche berechnete und in der Grafik eingezeichnete Regressionsgerade ($y = 0,2965x + 7,5536$) entspricht einem Reibungswinkel von $16,5^\circ$ bei einer Adhäsion von $7,5 \text{ kN/m}^2$. Als charakteristische Schergerade für das Feld 7 wurde ebenfalls eine (unterhalb der rechnerischen Regressionsgerade liegende) Schergerade festgelegt, die durch folgende Scherparameter beschrieben wird:

$$\delta'_{k,\text{Feld-7}} = 15,5^\circ \text{ und } a'_{k,\text{Feld-7}} = 5 \text{ kN/m}^2$$

7.2 Standsicherheitsnachweise

Mit den im Abschnitt 7.1 hergeleiteten charakteristischen Scherparametern für die Basisabdichtung im Deponiefeld 7 wurde die Standsicherheit der Deponieböschung für die optimierte Verfüllgeometrie in den erdstatisch relevanten Schnitten nachgewiesen mit folgenden Ergebnissen:

Schnitt	Lage des Schnitts	Bemessungssituation	Verkehrslast p [kN/m ²]	Ausnutzungsgrad μ [%]	Berechnungsdokumentation siehe ...
C-C	Tiefachse Feld 7	BS-P	5,0	0,93	Anlage 3.2
A-A	Hochachse Feld 7/6	BS-P	5,0	0,95	Anlage 3.3

Tabelle 3: Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen zum Deponiefeld 7 (Schnittlinien s. Anlage 1.4)

Mit den durchweg unter $\mu_{\text{zulässig}} = 100 \%$ liegenden Ausnutzungsgraden ist die Standsicherheit der Deponieböschungen im Deponiefeld 7 auch für die optimierte Verfüllgeometrie nachgewiesen.

8. Deponiefeld 8

8.1 Herleitung der maßgebenden charakteristischen Scherparameter

Für den Bau der Mineralischen Dichtung und der technischen Barriere im Deponiefeld 8 wurden folgende Tone verwertet:

- Frankfurter Ton ('F-Ton' - Baugrubenaushub vom BV 'Opernplatz' in Frankfurt
- Ton Höfling (Abraummaterial aus Quarzsandtagebaubetrieb Fa. Höfling in Schaafheim
- Offenbacher Ton ('OF-Ton' - Baugrubenaushub v. BV Neubau Wohnanlage Saloe in Offenbach

Als obere Einbaulage der mineralischen Dichtung (und damit in der Kontaktfläche zur Kunststoffdichtungsbahn) wurde überwiegend der 'OF-Ton' verwendet, in Teilbereichen der 'Ton Höfling'. Der 'F-Ton' wurde nur am nördlichen Rand im Bereich des Verbindungsgrabens zu den angrenzenden Feldern 7 und 9 als obere Dichtungslage eingebaut (siehe Darstellung in Anlage 4.1.2 zum Bericht vom 06.11.2015 [39]).

Die inneren Scherfestigkeiten der im Basisabdichtungssystem eingebauten mineralischen Dichtungsmaterialien 'F-Ton' und 'Ton Höfling' sind im Bericht vom 06.11.2015 [39] dokumentiert mit arithmetischen Mittelwerten des (bei Auflast 600 kN/m^2 berechneten) Ersatzreibungswinkels von $\varphi_{E',\text{Mittel}} = 20,7^\circ$ bzw. $19,4^\circ$. Die innere Scherfestigkeit des OF-Tons wurde im Zuge der Eignungsprüfung bestimmt mit $\varphi_{E',\text{Mittel}} = 17,8^\circ$ (siehe in [35]).

Anmerkung: Auf baubegleitende Bestimmungen der inneren Scherfestigkeiten wurde beim 'OF-Ton' verzichtet, weil die (geringeren) Scherfestigkeiten in der Grenzfläche 'OF-Ton' ./ KDB erdstatisch maßgebend sind.

Da die inneren Gesamtscherfestigkeiten deutlich über den in der Grenzfläche KDB ./ mineralische Dichtung vorhandenen Scherfestigkeiten liegen, sind sie aus erdstatischer Sicht nicht maßgebend. Ebenfalls nicht maßgebend ist die Scherfestigkeit in der Grenzfläche KDB ./ mineralische Schutzschicht, die im Bericht vom 06.08.2014 [37] exemplarisch mit Versuchswerten von $\delta' = 25,9^\circ$ und $a' = 0$ bestimmt und dokumentiert worden ist.

Erdstatisch maßgebend sind daher auch beim Feld 8 die Scherfestigkeiten in der Grenzfläche mineralische Dichtung ./ Kunststoffdichtungsbahn 'Agru PEHD 2,5 MST+/MSB BAM', wobei die KDB im Feld 8 mit der MST+-Profilierung zum Dichtungston hin eingebaut worden ist, um in dieser (maßgebenden) Grenzfläche ausreichende Scherbeiwerte zu mobilisieren.

Diese Grenzflächen-Scherfestigkeit wurde für alle 3 (als obere Dichtungslage eingebaute) Tone bestimmt. Die entsprechenden Versuchsergebnisse sind im Bericht vom 06.11.2015 [40] dokumentiert mit folgenden arithmetischen Mittelwerten der (bei der maßgebenden Auflastspannung von 600 kN/m^2 berechneten) Gesamtscherfestigkeit:

- 'F-Ton' ./ KDB Agru PEHD 2,5 MST+ : $\delta_{E',\text{Mittel}} = 18,7^\circ$ (gemäß [40], Tabelle 19)
- 'Ton Höfling' ./ KDB Agru PEHD 2,5 MST+ : $\delta_{E',\text{Mittel}} = 19,5^\circ$ (gemäß [40], Tabelle 21)
- 'OF-Ton' ./ KDB Agru PEHD 2,5 MST+ : $\delta_{E',\text{Mittel}} = 16,1^\circ$ (gemäß [40], Tabelle 20)

Erdstatisch maßgebend ist somit beim Feld 8 die Grenzfläche 'OF-Ton' ./ KDB, die den kleinsten Mittelwert der Gesamtscherfestigkeit aufweist und deren Scherversuchsergebnisse zudem ungewöhnlich

große Streuungen aufweisen. Aufgrund dieser Randbedingungen wurde die Scherfestigkeit in der Grenzflächen 'OF-Ton' ./ KDB' zusätzlich auch baubegleitend bestimmt mittels weiteren 6 Scherversuchen (jeweils als 1-Punkt-Versuche bei der maßgebenden Auflast von 600 kN/m²).

Zu der im Feld 8 maßgebenden Grenzfläche 'OF-Ton' ./ KDB' wurden (analog zur Vorgehensweise bei den Feldern 6 und 7) alle vorliegende Scherversuchsergebnisse von Eignungsprüfungen, Probestaub und Bauausführung gemeinsam in einem σ - τ -Diagramm aufgetragen und ausgewertet (siehe Grafik in Anlage 4.1).

Die aus allen Versuchsergebnissen zu dieser Grenzfläche berechnete und in der Grafik eingezeichnete Regressionsgerade ($y = 0,1988x + 44,117$) entspricht einem (außergewöhnlich niedrigen) Reibungswinkel von 11,2° bei einer (außergewöhnlich hohen) Adhäsion von 44,1 kN/m². Als charakteristische Schergerade für das Feld 8 wurde auf dieser Grundlage bereits im Bericht vom 06.11.2015 [40] eine (deutlich unterhalb dieser rechnerischen Regressionsgerade liegende) Schergerade festgelegt mit folgenden Scherparametern:

$$\delta'_{k,\text{Feld-8}} = 12,7^\circ \text{ und } a'_{k,\text{Feld-8}} = 16 \text{ kN/m}^2$$

8.2 Standsicherheitsnachweise

Mit den im Abschnitt 8.1 hergeleiteten charakteristischen Scherparametern für die Basisabdichtung im Deponiefeld 8 wurde die Standsicherheit der Deponieböschung für die optimierte Verfüllgeometrie in den erdstatisch relevanten Schnitten nachgewiesen mit folgenden Ergebnissen:

Schnitt	Lage des Schnitts	Bemessungssituation	Verkehrslast p [kN/m ²]	Ausnutzungsgrad μ [%]	Berechnungsdokumentation siehe
D-D	Tiefachse Feld 8	BS-P	5,0	0,97	Anlage 4.2
E-E	Hochachse Feld 8/7	BS-P	5,0	0,95	Anlage 4.3

Tabelle 4: Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen zum Deponiefeld 8 (Schnittlinien s. Anlage 1.4)

Mit den durchweg unter $\mu_{\text{zulässig}} = 100 \%$ liegenden Ausnutzungsgraden ist die Standsicherheit der Deponieböschungen im Deponiefeld 8 auch für die optimierte Verfüllgeometrie nachgewiesen.

9. Deponiefeld 9

9.1 Herleitung der maßgebenden charakteristischen Scherparameter

Bei dem zurzeit noch im Bau befindlichen Basisabdichtungssystem des Deponiefeldes 9 wird - abweichend von den Feldern 6 bis 10 - eine beidseitig mit sandrauer Profilierung versehene Kunststoffdichtungsbahn eingebaut, und zwar das Produkt 'GSE HD FrictionFlex DRS 2.5mm BAM'.

Als mineralisches Dichtungsmaterial wird erneut 'Ton Höfling' verwendet sowie ein weiterer Aushub-Ton aus Offenbach, der von der Baumaßnahme 'Luisenstraße 41-45' stammt und auf der Deponie Büttelborn bevorratet worden ist.

Als obere Einbaulage der mineralischen Dichtung (und damit in der Kontaktfläche zur Kunststoffdichtungsbahn) wurde bzw. wird der 'Ton-Höfling' verwendet, dessen innere Scherfestigkeit im Zuge der Eignungsüberprüfung und des Probebaus erneut bestimmt wurde mit mittleren Ersatzreibungswinkeln von $\delta'_E = 16,5^\circ$ (siehe Bericht Eignungsüberprüfung vom 05.06.2020 [41]) und $\delta'_E = 17,1^\circ$ (von 4 Versuchen im Rahmen des Probebaus, die noch nicht in Berichtsform dokumentiert sind).

Da die inneren Gesamtscherfestigkeiten auch im Feld 9 deutlich über den in der Grenzfläche KDB ./ mineralische Dichtung vorhandenen Scherfestigkeiten liegen, sind sie aus erdstatischer Sicht nicht maßgebend.

Ebenfalls nicht maßgebend ist die Scherfestigkeit in der Grenzfläche KDB ./ mineralische Schutzschicht, die im Bericht vom 21.08.2020 [43] mit Versuchswerten von $\delta' = 26,6^\circ$ bis $32,9^\circ$ (arithmetisches Mittel bei $29,8^\circ$) bestimmt und dokumentiert worden ist.

Erdstatisch maßgebend sind daher auch beim Feld 9 die Scherfestigkeiten in der Grenzfläche mineralische Dichtung ./ Kunststoffdichtungsbahn "GSE HD FrictionFlex DRS 2.5mm BAM", die bisher im Rahmen der Eignungsprüfungen und des Probebaus mittels 4 Scherversuchen bestimmt worden ist. Analog zur Vorgehensweise bei den Feldern 6 bis 8 wurden auch hier die bereits vorliegenden Scherversuchsergebnisse gemeinsam in einem σ - τ -Diagramm aufgetragen und ausgewertet (siehe Grafik in Anlage 4.1).

Die aus diesen Versuchsergebnissen zur maßgebenden Grenzfläche (vorläufig) berechnete und in der Grafik eingezeichnete Regressionsgerade ($y = 0,2503x + 15,3167$) ergibt einen mittleren Reibungswinkel von $\delta' = 14,1^\circ$ und eine Adhäsion von $a' = 15,3 \text{ kN/m}^2$, aus der sich für die maßgebende Auflast von 600 kN/m^2 ein (vorläufiger) Ersatzreibungswinkel von $\delta'_E = 15,5^\circ$ errechnet.

Als (ebenfalls vorläufige) charakteristische Schergerade für das Feld 9 wird auf dieser Grundlage eine (unterhalb der o.g. rechnerischen Regressionsgerade liegende) Schergerade festgelegt mit folgenden Scherparametern:

$$\delta'_{k,\text{Feld-9}} = 13,6^\circ \text{ und } a'_{k,\text{Feld-9}} = 10,2 \text{ kN/m}^2$$

Diese charakteristischen Scherparameter sind nach Vorlage aller im Zuge des Probebaus und der Bauausführung des Basisabdichtungssystems im Deponiefeld 9 von den Prüfinstanzen durchzuführenden Scherversuche zur maßgebenden Grenzfläche mineralische Dichtung ./ Kunststoffdichtungsbahn zu überprüfen und erforderlichenfalls fortzuschreiben.

9.2 Standsicherheitsnachweise

Mit den im Abschnitt 9.1 hergeleiteten (vorläufigen) charakteristischen Scherparametern für die Basisabdichtung im Deponiefeld 9 wurde die Standsicherheit der Deponieböschung für die optimierte Verfüllgeometrie in den erdstatisch relevanten Schnitten nachgewiesen mit folgenden Ergebnissen:

Schnitt	Lage des Schnitts	Bemessungssituation	Verkehrslast p [kN/m ²]	vorläufiger *) Ausnutzungsgrad μ [%]	Berechnungsdokumentation siehe
F-F	Tiefachse Feld 9	BS-P	5,0	0,98	Anlage 5.2a
G-G	Hochachse Feld 9/8	BS-P	5,0	0,98	Anlage 5.3a

Tabelle 5: Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen zum Deponiefeld 9 (Schnittlinien s. Anlage 1.4)

Mit den durchweg unter $\mu_{\text{zulässig}} = 100\%$ liegenden Ausnutzungsgraden ist die Standsicherheit der Deponieböschungen im Deponiefeld 9 auch für die optimierte Verfüllgeometrie nachgewiesen. Nach Vorlage aller baubegleitend noch durchzuführenden Scherversuche zu der erdstatisch maßgebenden Grenzfläche mineralische Dichtung ./ Kunststoffdichtungsbahn wird die im Abschnitt 9.1 vorgenommene Festlegung der vorläufigen charakteristischen Scherparameter überprüft und der Standsicherheitsnachweis erforderlichenfalls (d.h. sofern sich eine geringere charakteristische Scherfestigkeit ergeben sollte) fortgeschrieben.

10. Deponiefeld 10

10.1 Erforderliche charakteristische Scherparameter

Da bei dem (noch nicht im Bau oder in der Bauvorbereitung befindlichen) Deponiefeld 10 die zum Einsatz kommenden Baustoffe und Produkte noch nicht bekannt sind, wird hier (exemplarisch) die niedrigste charakteristische Scherfestigkeit von den Feldern 6 bis 9 den orientierenden (d.h. dem Nachweis der erdstatischen Machbarkeit dienenden) Standsicherheitsberechnungen zugrunde gelegt. Dies sind die (vorläufigen) charakteristischen Scherparameter für das Feld 9 (siehe Abschnitt 9.1) mit:

$$\delta'_{k,\text{Feld-9}} = 13,6^\circ \text{ und } a'_{k,\text{Feld-9}} = 10,2 \text{ kN/m}^2$$

Diese Werte sind dann in der Bauausführung des Feldes 10 als Mindestanforderungen an die Scherfestigkeit des Basisabdichtungssystems im Feld 10 zu betrachten.

10.2 Orientierende Standsicherheitsberechnungen

Das geplante Deponiefeld 10 liegt im Bereich der Ostböschung des Deponiekörpers, so dass bereits deutlich geringere Ablagerungshöhen und Böschungslängen vorliegen als in den Deponiefeldern 6 bis 9. Dementsprechend sind die Ausnutzungsgrade der Böschungsstandsicherheit entlang der Tiefachse und der Hochachsen des Feldes 10 geringer als im angrenzenden Feld 9, an dessen westlichem Rand noch die maximale Höhe des Deponiekörpers geplant ist. Für das Feld 10 wurden deshalb keine Standsicherheitsberechnungen zu Tief- und Hochachsen-Schnitten aufgestellt.

Rechnerisch nachgewiesen wurde jedoch die Ostböschung der geplanten optimierten Verfüllgeometrie anhand des etwa in Ost-West-Richtung verlaufenden Schnittes H-H, der die Ostböschung im Bereich der größten Ablagerungshöhe schneidet.

Schnitt	Lage des Schnitts	Bemessungssituation	Verkehrslast p [kN/m ²]	vorläufiger *) Ausnutzungsgrad μ [%]	Berechnungsdokumentation siehe
H-H	quer zu Sammlerachse	BS-P	5,0	0,93	Anlage 6.1a

Tabelle 6: Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen zum Deponiefeld 10 (Schnittlinie s. Anlage 1.4)

Mit dem unter $\mu_{\text{zulässig}} = 100 \%$ liegenden Ausnutzungsgrad ist auch die Standsicherheit der Ostböschung des Deponiekörpers im Deponiefeld 10 für die optimierte Verfüllgeometrie nachweisbar, sofern die maßgebenden charakteristischen Scherparameter nicht kleiner sind als in der hier durchgeführten orientierenden Berechnung zugrunde gelegt. Die ist dann im Zuge der Bauvorbereitung und Bauausführung für das Basisabdichtungssystem im Feld 10 zu überprüfen und erforderlichenfalls anzupassen.

11. Zusammenfassung

Die aufgrund der (zu beantragenden) größeren Ablagerungshöhen in der SAVAG-Deponie wurden die Standsicherheitsnachweise zu den Deponieböschungen unter Berücksichtigung der daraus resultierenden (etwas höheren) erdstatischen Beanspruchungen des Basisabdichtungssystems erneut nachgewiesen, wobei in den Deponiefeldern 6 bis 9 jeweils die charakteristischen Scherfestigkeiten der im Basisabdichtungssystem eingebauten Materialien und der erdstatisch maßgebenden Grenzugen zugrunde gelegt wurden.

Mit den durchweg unter $\mu_{\text{zulässig}} = 100\%$ liegenden Ausnutzungsgraden ist die Standsicherheit der Deponieböschungen in den Deponiefeldern 6 bis 8 auch für die optimierte Verfüllgeometrie nachgewiesen.

Bei dem zurzeit noch im Bau befindlichen Basisabdichtungssystem des Deponiefeldes 9 wurden auf Grundlage der vorläufigen (aus den bisher vorliegenden Versuchsergebnissen abgeleiteten) charakteristischen Scherparameter ebenfalls Ausnutzungsgrade unter $\mu_{\text{zulässig}} = 100\%$ nachgewiesen. Nach Vorlage aller baubegleitend noch durchzuführenden Scherversuche zur erdstatisch maßgebenden Grenzuge mineralische Dichtung ./ Kunststoffdichtungsbahn wird die im Abschnitt 9.1 vorgenommene vorläufige Festlegung charakteristischer Scherparameter noch überprüft und sofern sich - wider Erwarten - eine geringere charakteristische Scherfestigkeit ergeben sollte, wird der Standsicherheitsnachweis für das Feld 9 fortgeschrieben.

Für das Deponiefeld 10 wurde - da die zum Einsatz kommenden Baustoffe und Produkte noch nicht bekannt sind - nur eine orientierende Standsicherheitsberechnung aufgestellt, um die standsichere Ausführbarkeit der zu beantragenden optimierten Verfüllgeometrie nachzuweisen. Den Berechnungen wurde die niedrigste charakteristische Scherfestigkeit vom Feld 9 zugrunde gelegt (sichere Seite im Sinne der Fragestellung) und ergab ebenfalls einen deutlich unter $\mu_{\text{zulässig}} = 100\%$ liegenden Ausnutzungsgrad.

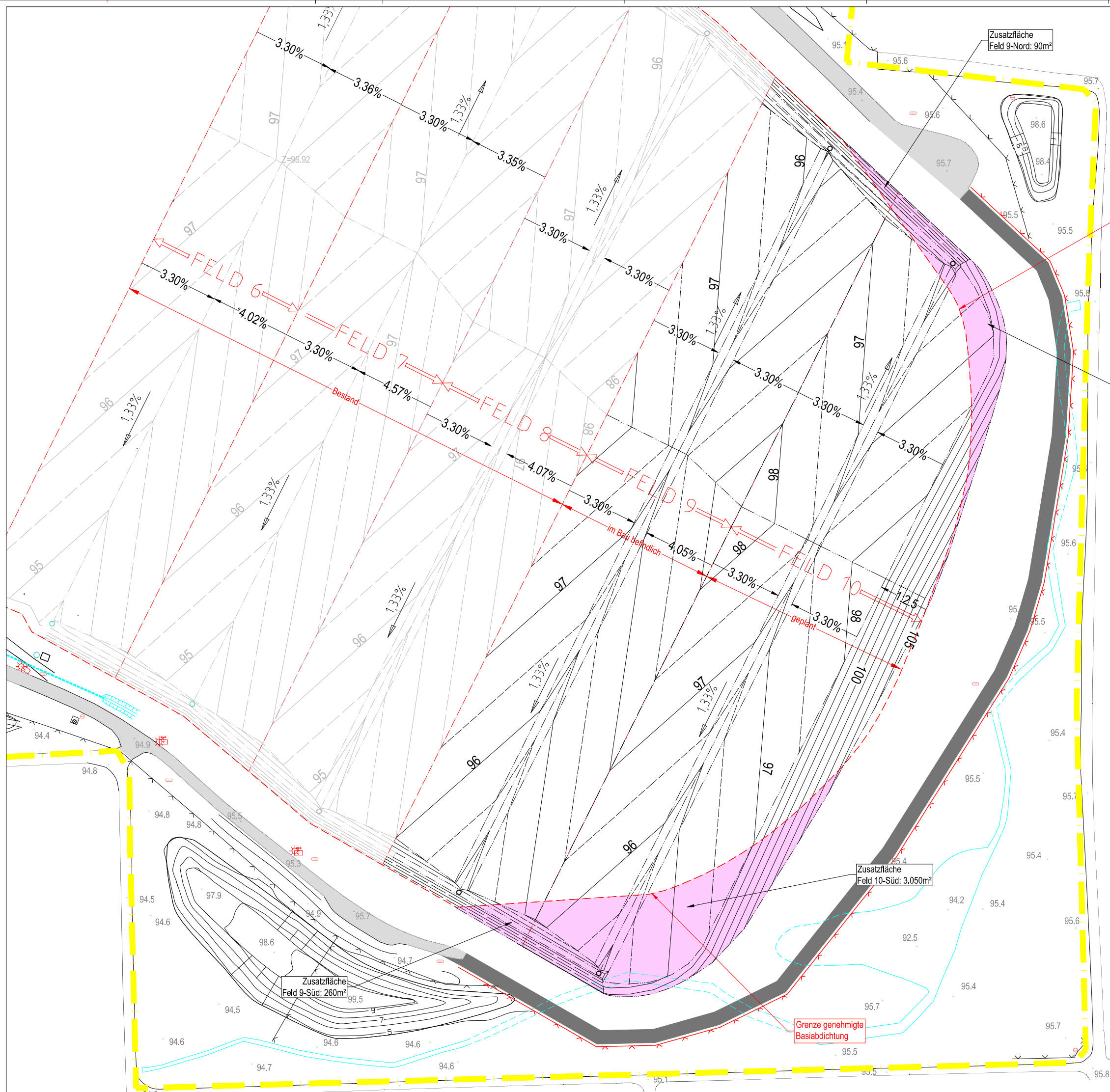
Aus erdstatischer Sicht bestehen somit keine Bedenken gegen die zu beantragende optimierte Verfüllgeometrie der SAVAG-Deponie.

ISK Ingenieurgesellschaft
für Bau- und Geotechnik mbH

Dipl.-Ing. Soldo

Dipl.-Ing. Kerber

Dipl.-Ing. Bruhm



Grenze genehmigte Basisabdichtung

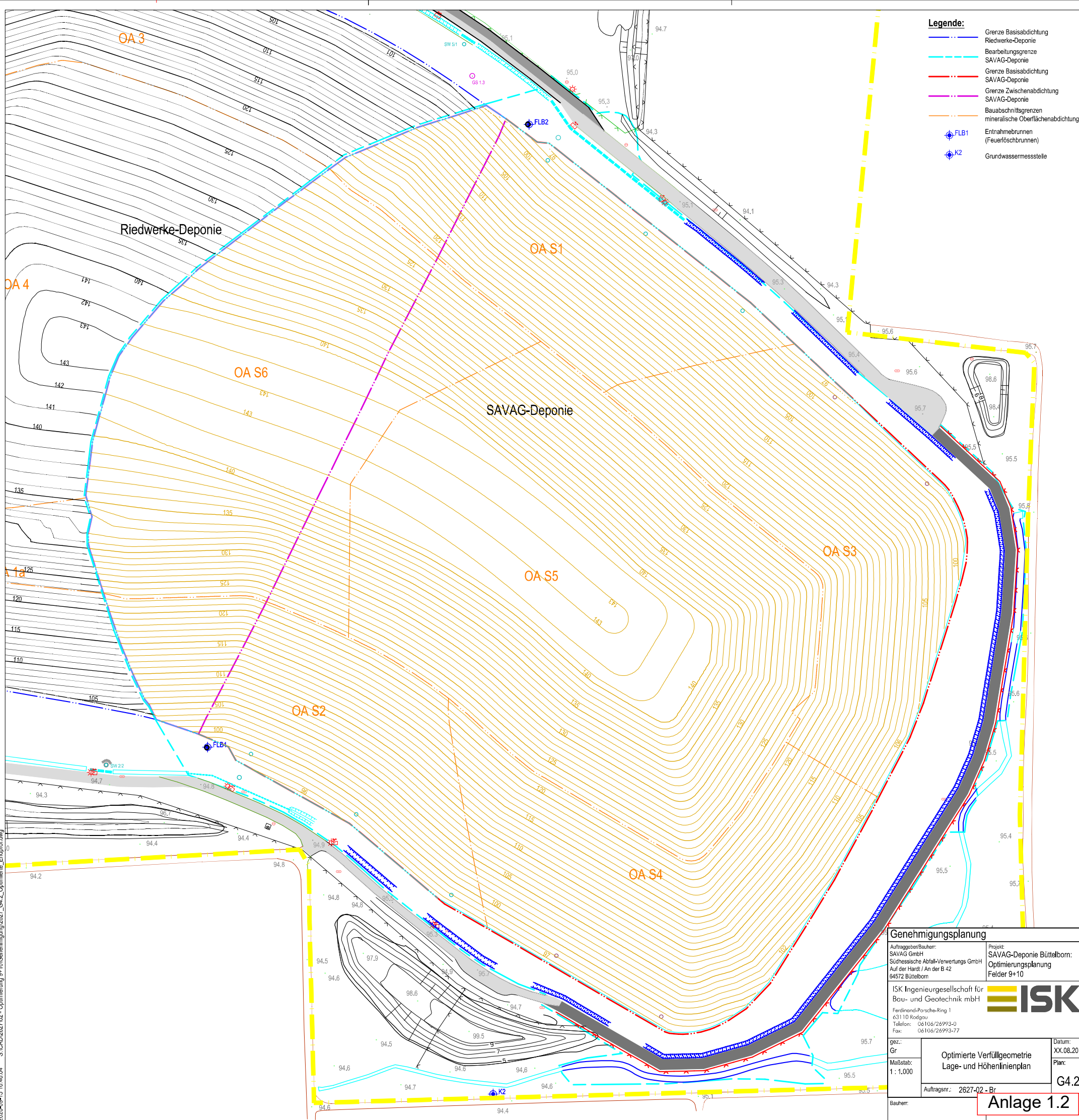
Zusatzfläche
Feld 10-Nord: 1.200m²

Zusatzfläche
Feld 10-Süd: 3.050m²

Zusatzfläche
Feld 9-Süd: 260m²

- Legende:**
- Flurstücksgrenze
 - Deponie-Umfahrung / -Wege (gestrichelt)
 - Anpassung Deponiezeilen (gestrichelt)
 - OK min. Basisabdichtung (Bestand / geplant)

Genehmigungsplanung	
Auftraggeber/Bauherr: SAVAG GmbH Südthessische Abfall-Verwertungs GmbH Auf der Hardt / An der B 42 64572 Büttelborn	Projekt: SAVAG-Deponie Büttelborn: Optimierungsplanung Felder 9+10
ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH	
Ferdinand-Porsche-Ring 1 63110 Rodgau Telefon: 06106/26993-0 Fax: 06106/26993-77	
gez.: Gr	Optimierter Grundriss Basisabdichtung Felder 9+10 und Umbau Deponieumfahrung
Maßstab: 1 : 500	Datum: 16.09.20 Plan: G3.2
Bauherr:	Auftragsnr.: 2627.02 - Br <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block; font-weight: bold; font-size: large;"> Anlage 1.1 </div>



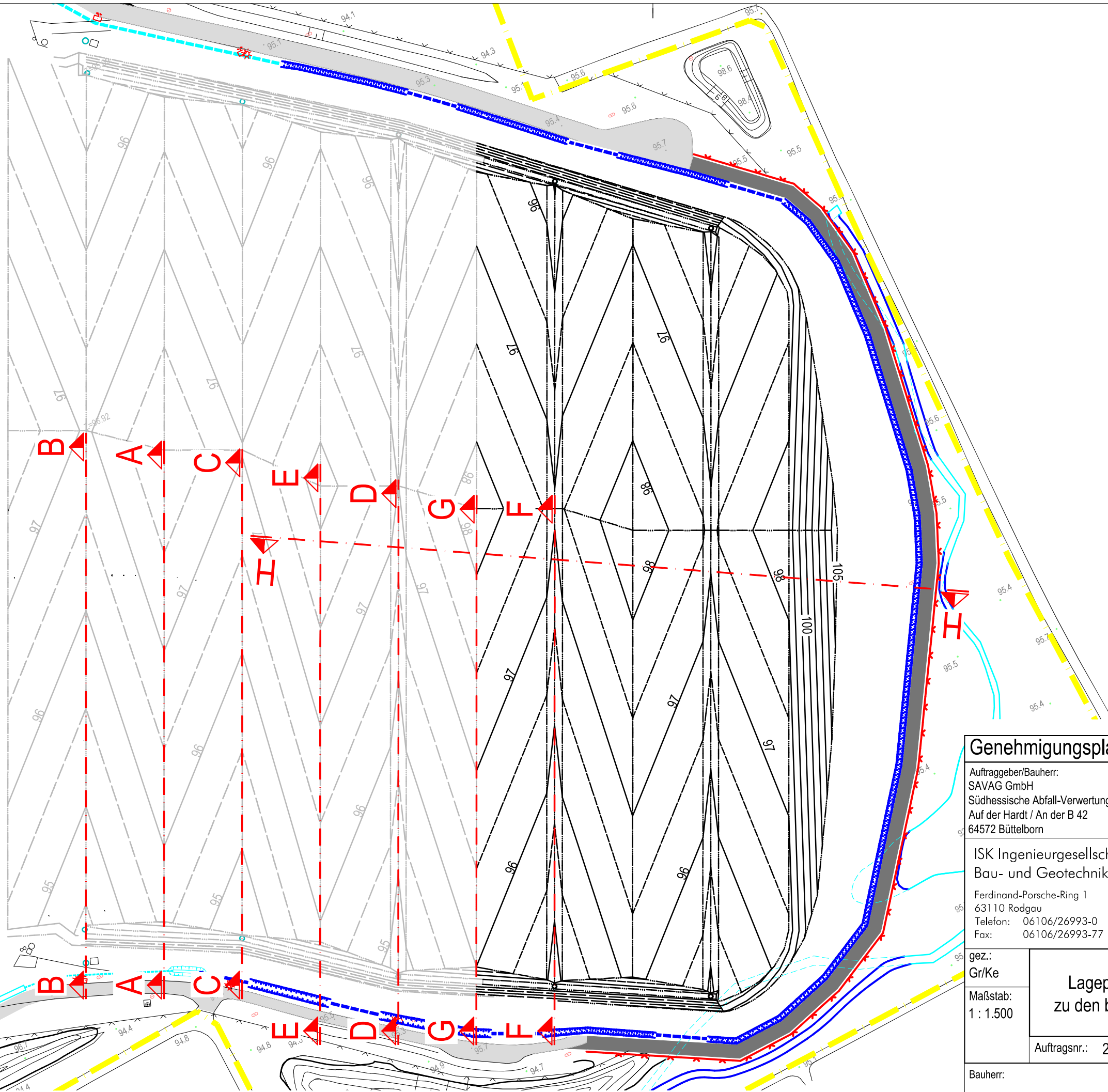
- Legende:**
- Grenze Basisabichtung Riedwerke-Deponie
 - Bearbeitungsgrenze SAVAG-Deponie
 - Grenze Basisabichtung SAVAG-Deponie
 - Grenze Zwischenabichtung SAVAG-Deponie
 - Bauabschnittsgrenzen mineralische Oberflächenabdichtung
 - ⊕ FLB1 Entnahmetruben (Feuerlöschtrubren)
 - ⊕ K2 Grundwassermessstelle

2020-09-15 10:40:04 S:\CAD\2627\02 - Optimierung 9+10\Genehmigung\2627_G4-2_Optimierte_Endprof.dwg

Genehmigungsplanung	
Auftraggeber/Bauherr: SAVAG GmbH Südthessische Abfall-Verwertungs GmbH Auf der Hardt / An der B 42 94572 Büttelborn	Projekt: SAVAG-Deponie Büttelborn: Optimierungsplanung Felder 9+10
ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH	
Ferdinand-Parzche-Ring 1 63110 Rodgau Telefon: 06106/26993-0 Fax: 06106/26993-77	
gez.:	Datum: XX.08.20
Gr	Plan: G4.2
Maßstab: 1 : 1.000	Auftragsnr.: 2627-02 - Br
Bauherr:	Anlage 1.2

2020-09-24 17:17:00 S:\CAD\2627\02 - Optimierung 9+10\Genehmigung\2627_G3.2_OptBasis_9+10.dwg

2627_G3.2_OptBasis_9+10.dwg

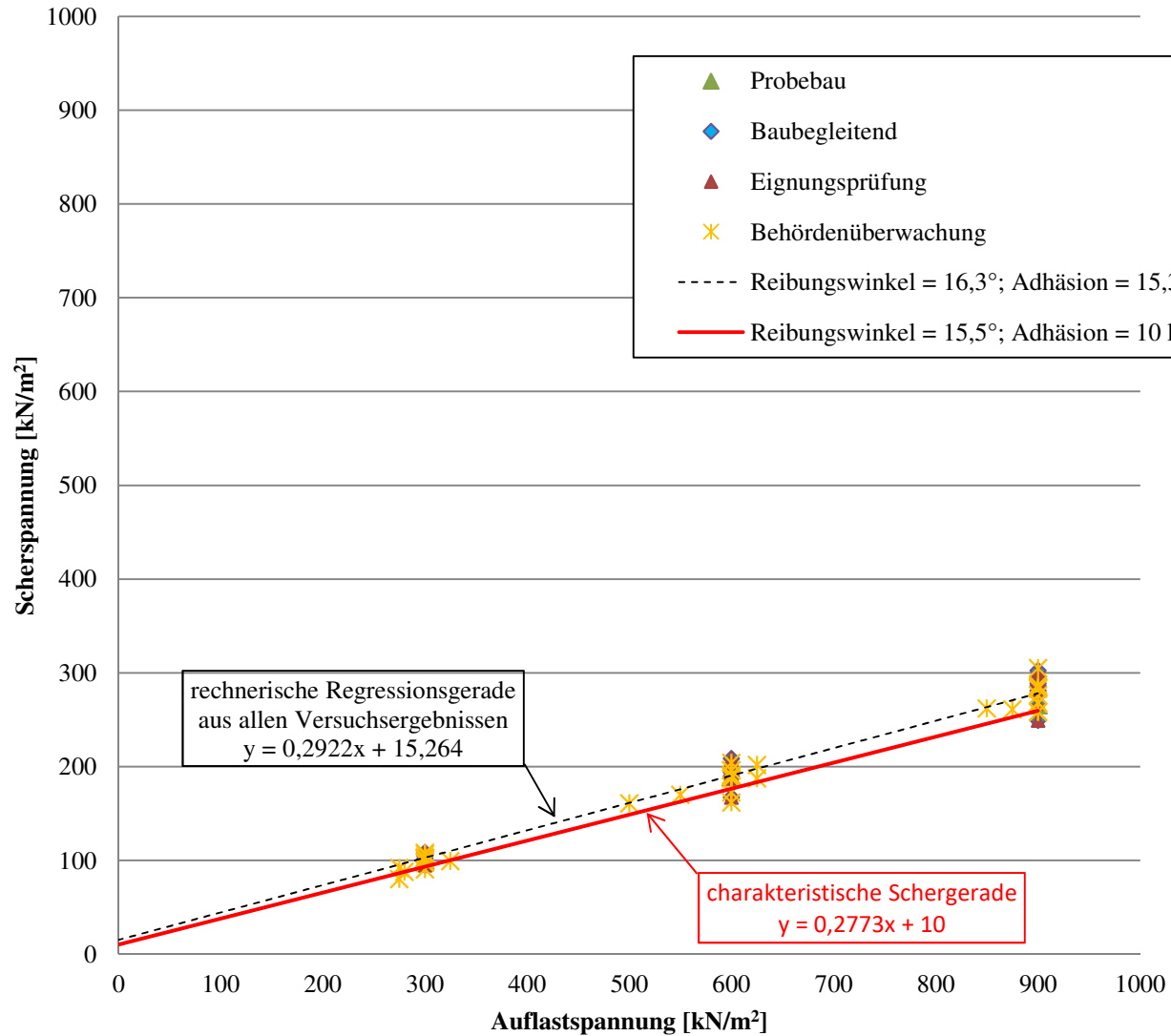


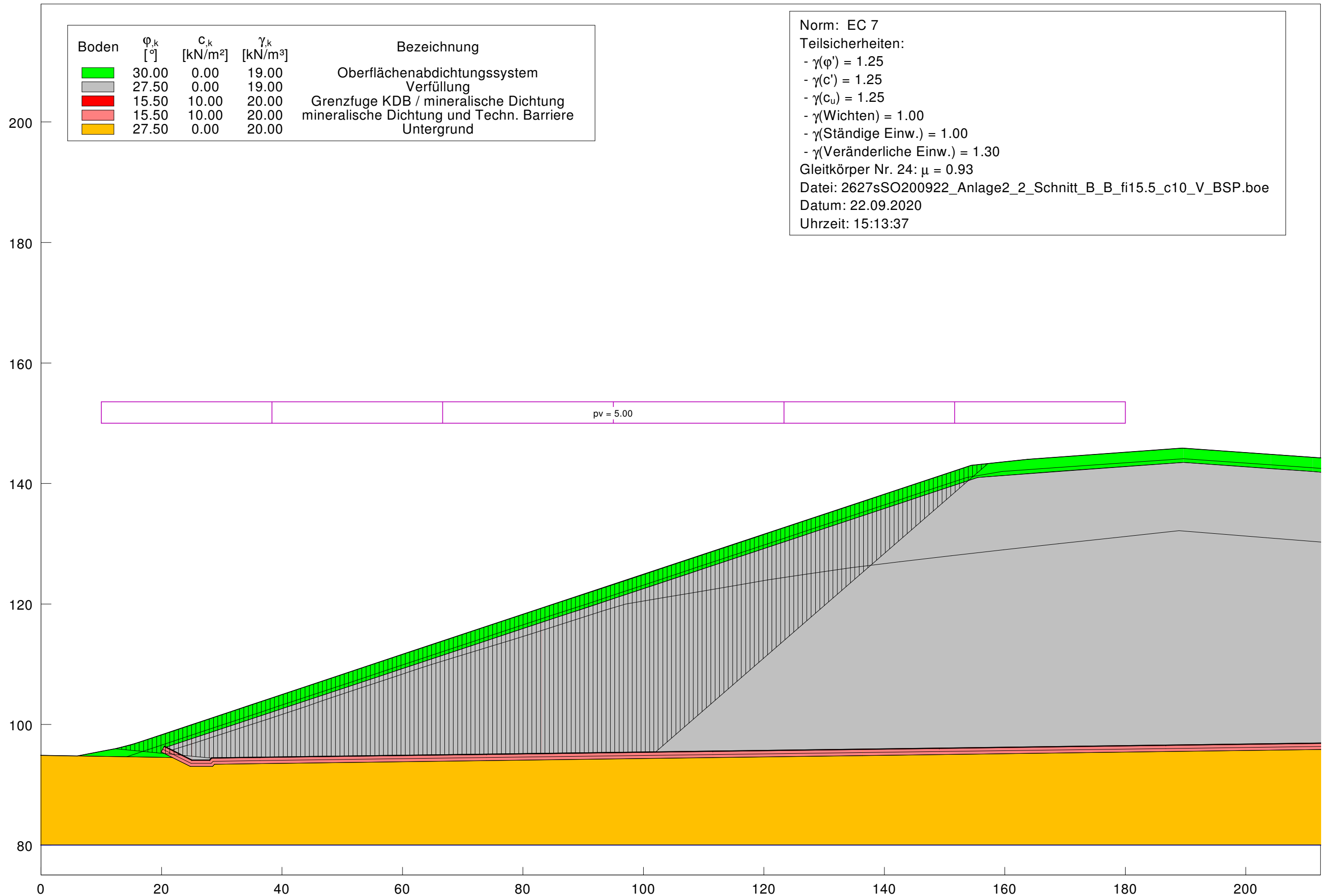
Genehmigungsplanung		
Auftraggeber/Bauherr: SAVAG GmbH Südhessische Abfall-Verwertungs GmbH Auf der Hardt / An der B 42 64572 Büttelborn	Projekt: SAVAG-Deponie Büttelborn: Optimierungsplanung Felder 9+10	
ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH Ferdinand-Porsche-Ring 1 63110 Rodgau Telefon: 06106/26993-0 Fax: 06106/26993-77		
gez.: Gr/Ke	Lageplan mit Schnittlinien zu den berechneten Schnitten	Datum: 22.09.20
Maßstab: 1 : 1.500		Anlage: 1.4
Auftragsnr.: 2627-02 - Br	Bauherr:	Entwurfsverfasser:

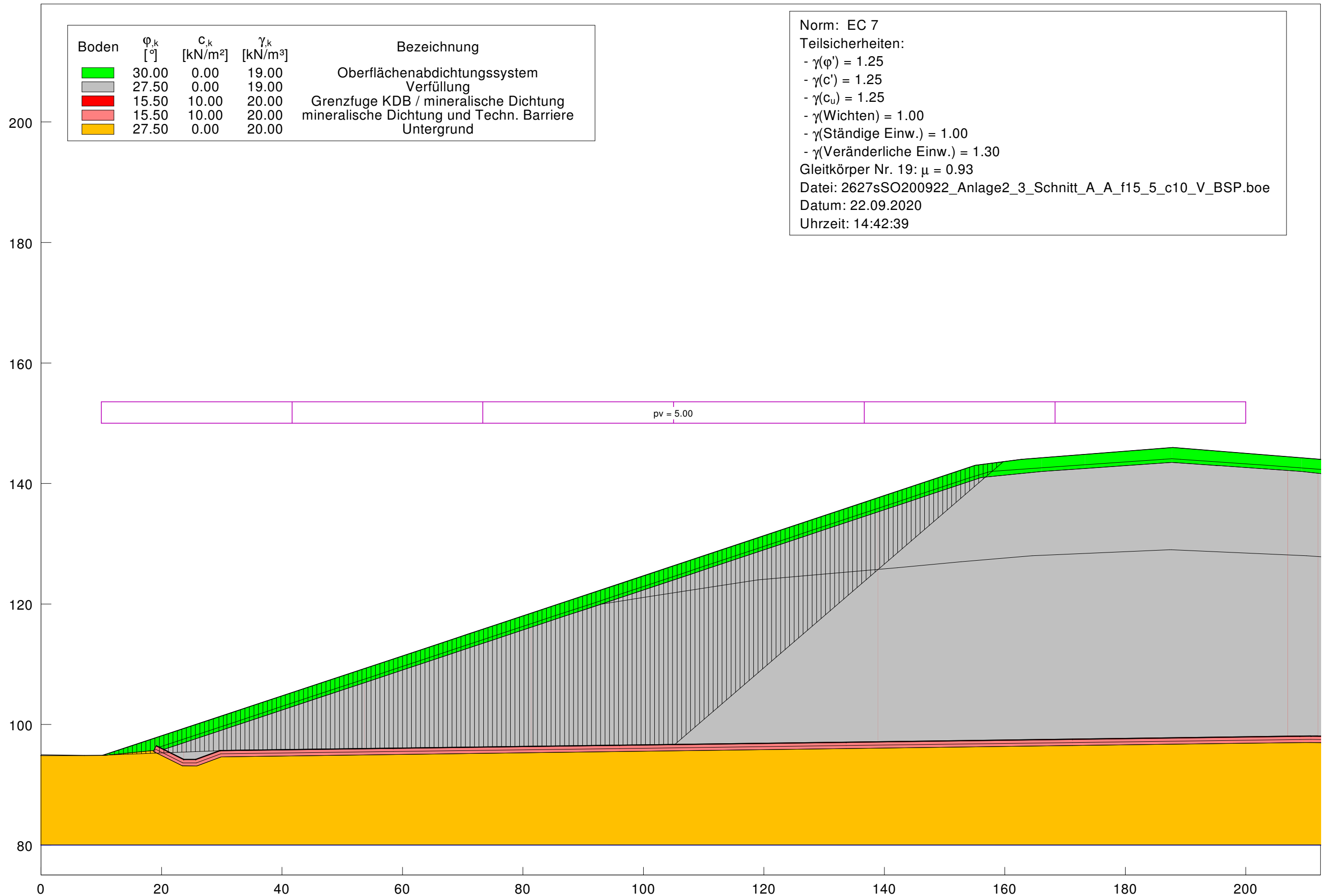
Herleitung der charakteristischen Scherparameter in Deponiefeld 6

Scherversuch mit MST+-KDB-Struktur in der Grenzfläche	Einbauparameter		Versuchsergebnisse (Laborwerte)		Ersatzreibungswinkel bei $\sigma=600 \text{ kN/m}^2$ $\delta_E [^\circ]$
	$D_{pr} [\%]$, trockene/nasse Seite	$w_{\text{Einbau}} [\%]$	δ' [$^\circ$]	a' [kN/m^2]	
Scherversuchsergebnisse aus der Eignungsprüfung					
5009079001 (Großrahmenserversuch) (Weimar)	95 %, trocken	10,58	17,65	42,38	20,93
5009079002 (Großrahmenserversuch) (Weimar)	95 %, nass	19,52	16,30	29,59	18,41
L-8147-30.09.2009-EXT-001 (Großrahmenserversuch) (Limes)	95 %, nass	18,00	18,50	8,00	16,44
Scherversuchsergebnisse vom Probekbau					
MD2-PF-01 ./ KDB AGRU	95 %, nass	19,00	15,40	19,40	17,48
Scherversuchsergebnisse von baubegleitenden Prüfungen					
MD2-01-03 ./ KDB AGRU	95 %, nass	19,70	14,10	20,90	15,58
MD2-02-06 ./ KDB AGRU	95 %, trocken	10,70	17,20	2,70	17,54
MD-02-06 ./ KDB AGRU	95 %, nass	18,10	15,40	20,00	17,38
MD2-03-01 ./ KDB	95 %, nass	19,50	16,80	13,60	17,93
MD2-04-03 ./ KDB PEHD AGRU	95 %, trocken	12,10	17,90	12,30	19,17
MD2-05-04 ./ KDB PEHD AGRU	95 %, trocken	12,10	17,40	10,20	17,95
MD2-05-04 ./ KDB PEHD AGRU	95 %, nass	18,50	16,90	15,10	18,28
Scherversuchsergebnisse von Behördenüberwachung					
MD2-01-07	95% nass	-	15,70	2,00	-
MD2-01-07	95% trocken	-	15,70	18,00	-
MD1-03-16	95% nass	-	15,10	25,40	-
MD1-03-16	95% trocken	-	15,90	1,60	-
MD1-04-27	95% nass	-	17,00	7,90	-
MD1-04-27	95% trocken	-	17,30	4,20	-
MD1-05-36	95% nass	-	16,40	19,60	-
MD1-05-36	95% trocken	-	16,40	3,50	-
MD1-05-37	95% nass	-	16,20	15,20	-
MD1-05-37	95% trocken	-	18,60	2,20	-
MD1-06-48	95% nass	-	17,20	8,20	-
MD1-06-48	95% trocken	-	16,90	2,60	-

Herleitung der charakteristischen Scherparameter in Deponiefeld 6





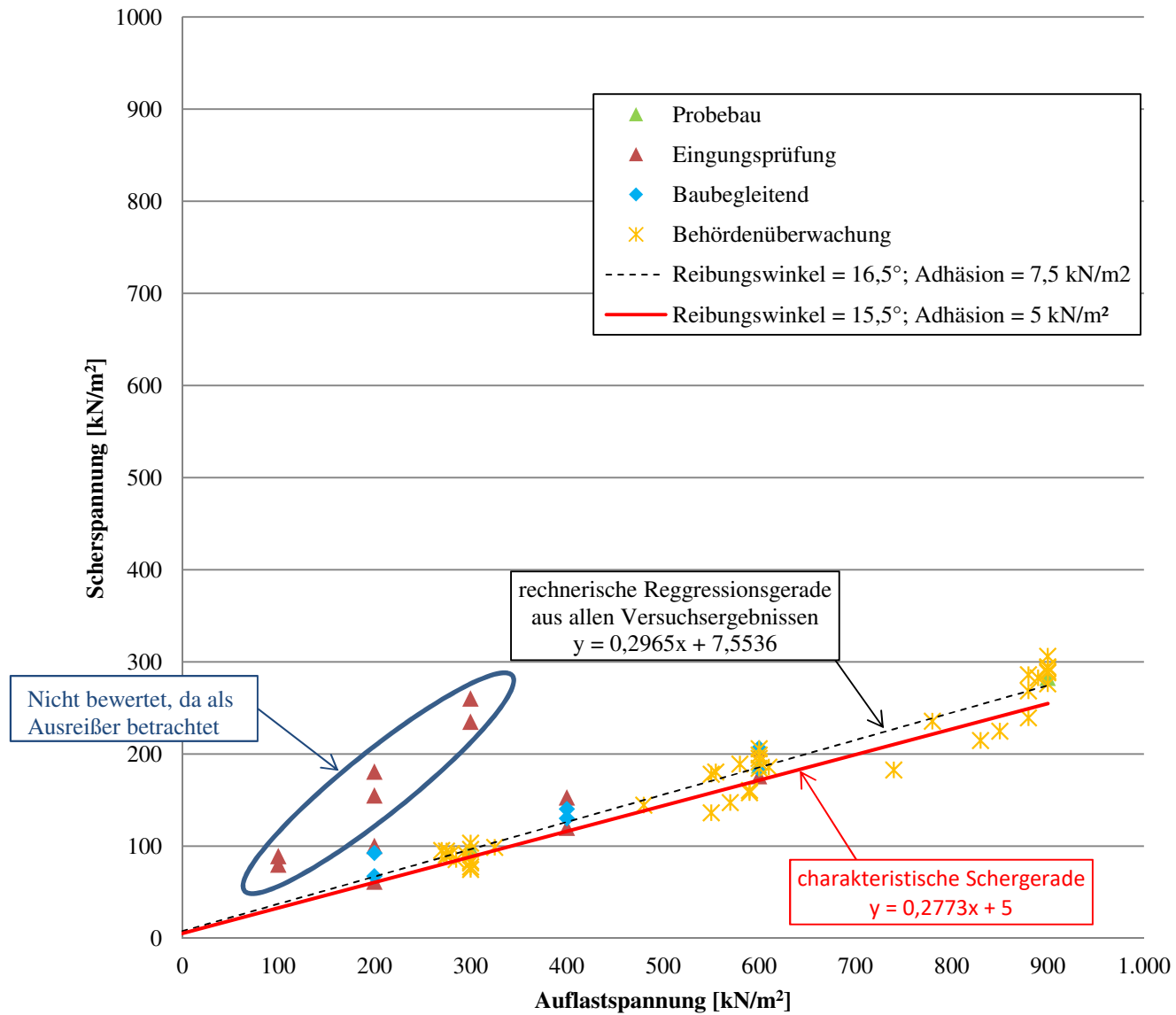


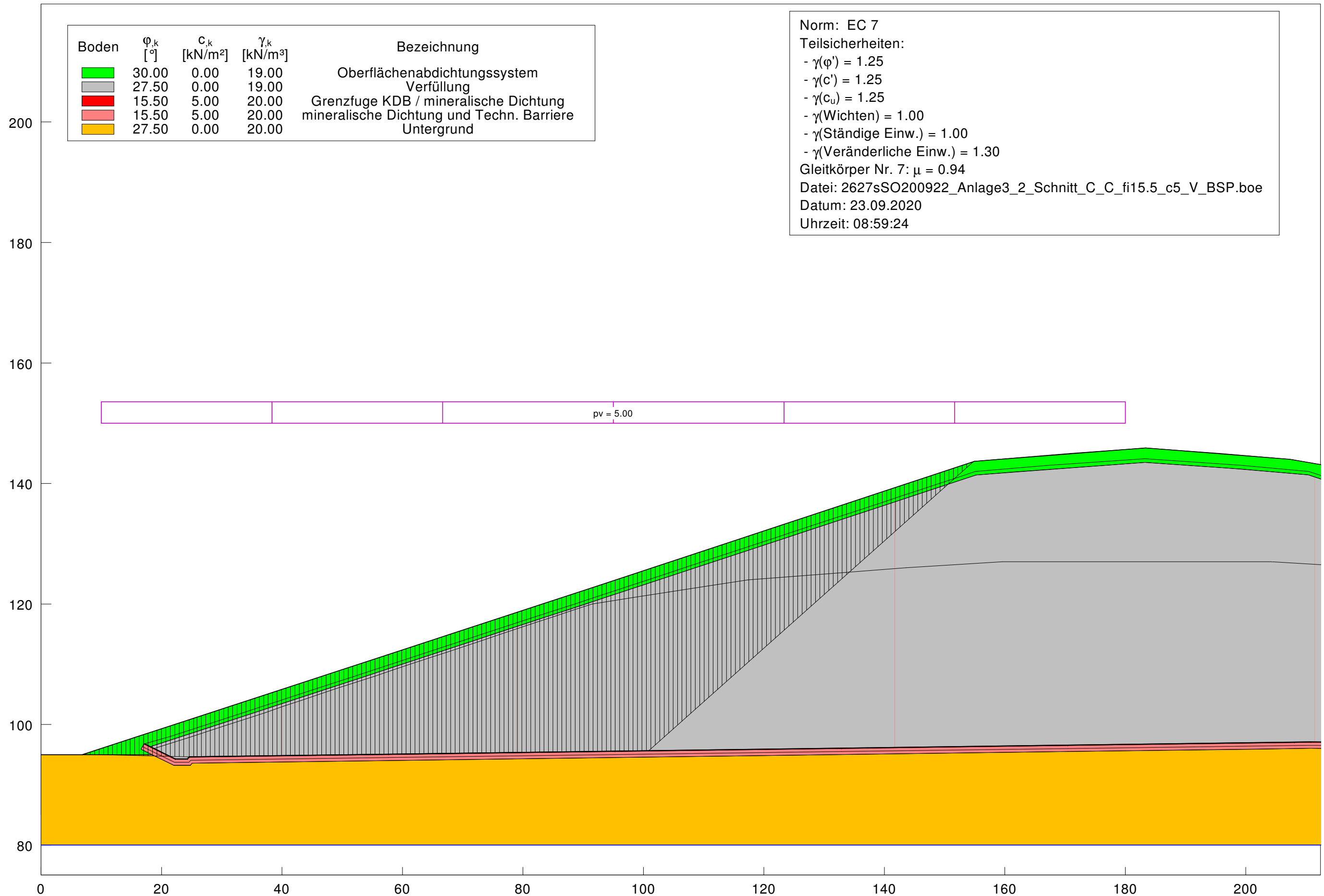
Herleitung der charakteristischen Scherparameter in Deponiefeld 7

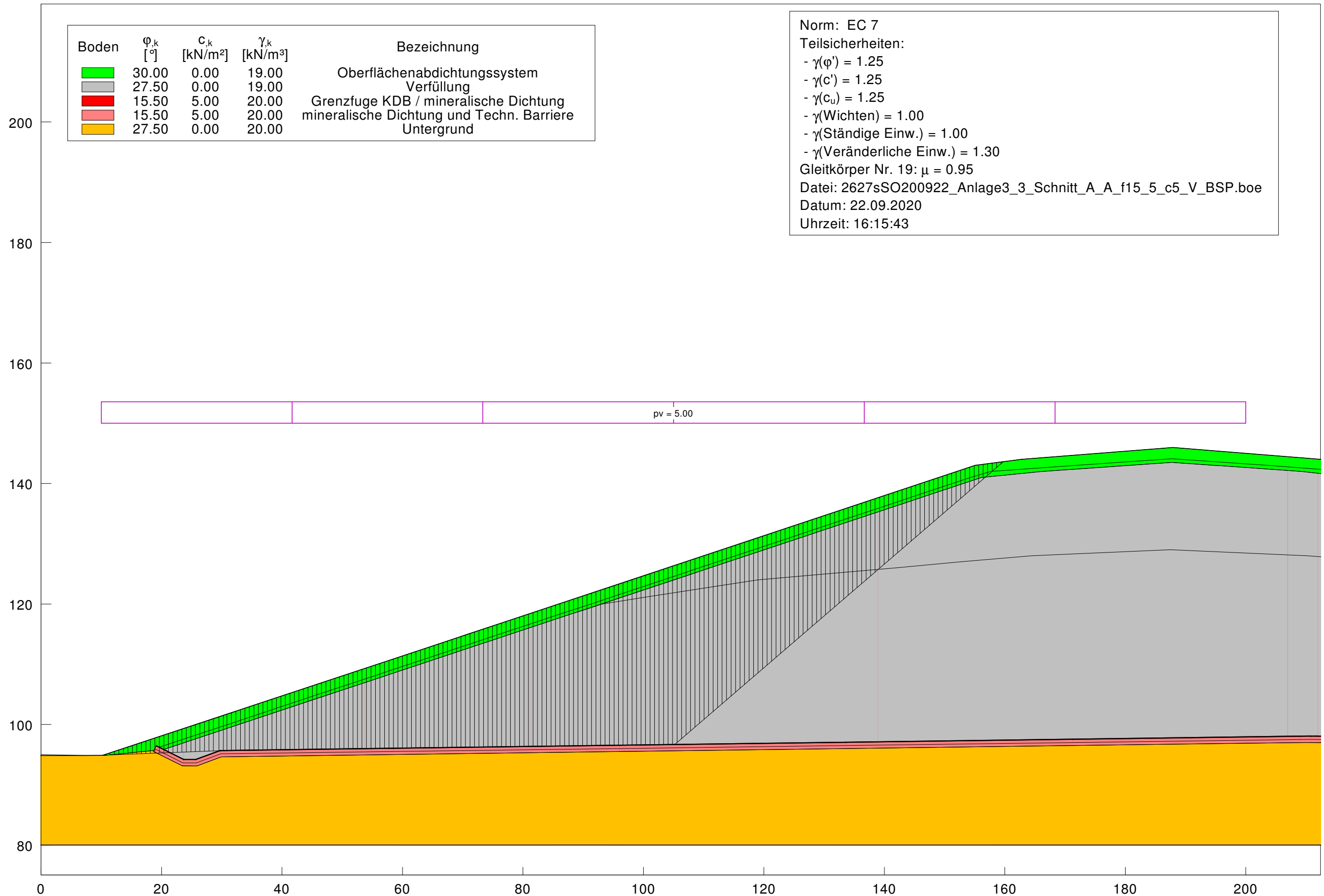
Scherversuch mit MST+-KDB-Struktur in der Grenzfläche	Einbauparameter		Versuchsergebnisse (Laborwerte)		Ersatzreibungswinkel bei $\sigma=600 \text{ kN/m}^2$ $\delta_E [^\circ]$
	$D_{pr} [\%]$, trockene/nasse Seite	$w_{Einbau} [\%]$	$\delta' [^\circ]$	$a' [kN/m^2]$	
Scherversuchsergebnisse aus der Eignungsprüfung					
50 10 024 03 (Großrahmenscherversuch) (Weimar)	-	20,17	15,98	5,07	16,31
50.10.024.04 (Großrahmenscherversuch) (Weimar)	-	11,76	14,81	47,69	18,91
Ton Schäfer Kalk / KDB Agru MST /MSB 2,5mm (Hannover)*	-	9,50	23,00	5,00	-
Ton Schäfer Kalk / KDB Agru MST /MSB 2,5mm (Hannover)*	-	17,50	21,00	1,00	-
Scherversuchsergebnisse vom Probebau					
MD2-PF-05 ./ KDB PEHD Agru	95 %, trocken	10,50	17,10	5,00	17,34
Scherversuchsergebnisse von baubegleitenden Prüfungen					
501201001 (Großrahmenscherversuch)	95 %, nass	17,45	16,22	11,20	16,99
501201002 (Großrahmenscherversuch)	95 %, trocken	13,06	15,96	32,48	18,97
Scherversuchsergebnisse der Behördenüberwachung					
MD1-01-01	95% nass	-	17,2	9,4	-
MD1-01-01	95% trocken	-	17,7	2,3	-
MD1-03-22	95% nass	-	13,8	0,8	-
MD1-03-22	95% trocken	-	14,4	6,5	-
MD2-03-28	95% nass	-	16,9	-1,4	-
MD2-03-28	95% trocken	-	18,5	4,7	-
MD1-04-35	95% nass	-	17,9	1,6	-
MD1-04-35	95% trocken	-	18,1	-1	-
MD1-05-43	95% nass	-	14,5	-0,2	-
MD1-05-43	95% trocken	-	17,5	1,9	-
MD1-06-44	95% nass	-	15,2	0,2	-
MD1-06-44	95% trocken	-	17	-0,8	-
MD1-07-57	95% nass	-	17	0,9	-
MD1-07-57	95% trocken	-	17,7	7,4	-

*- Nicht bewertet, da als Ausreißer betrachtet

Herleitung der charakteristischen Scherparameter in Deponiefeld 7





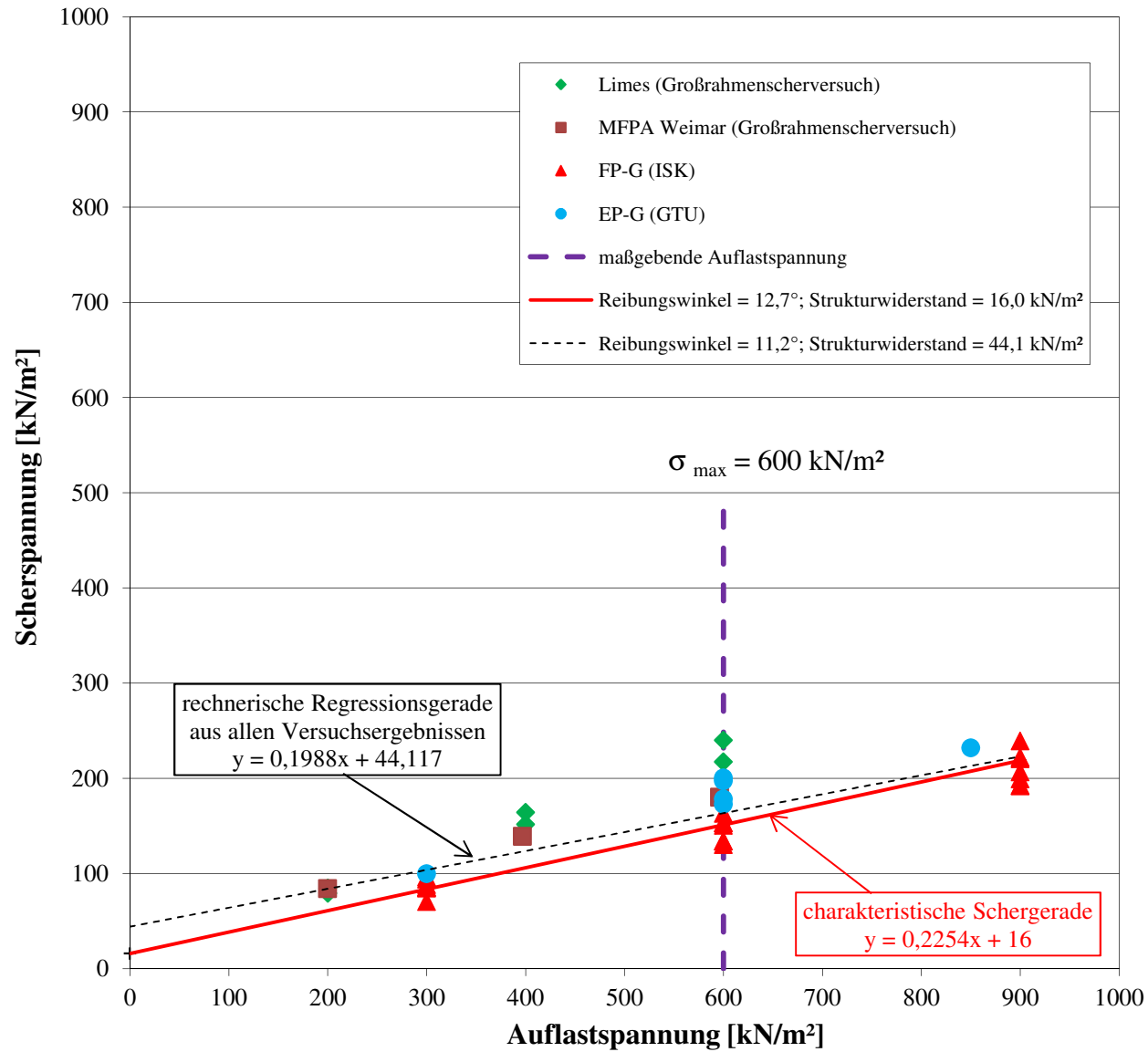


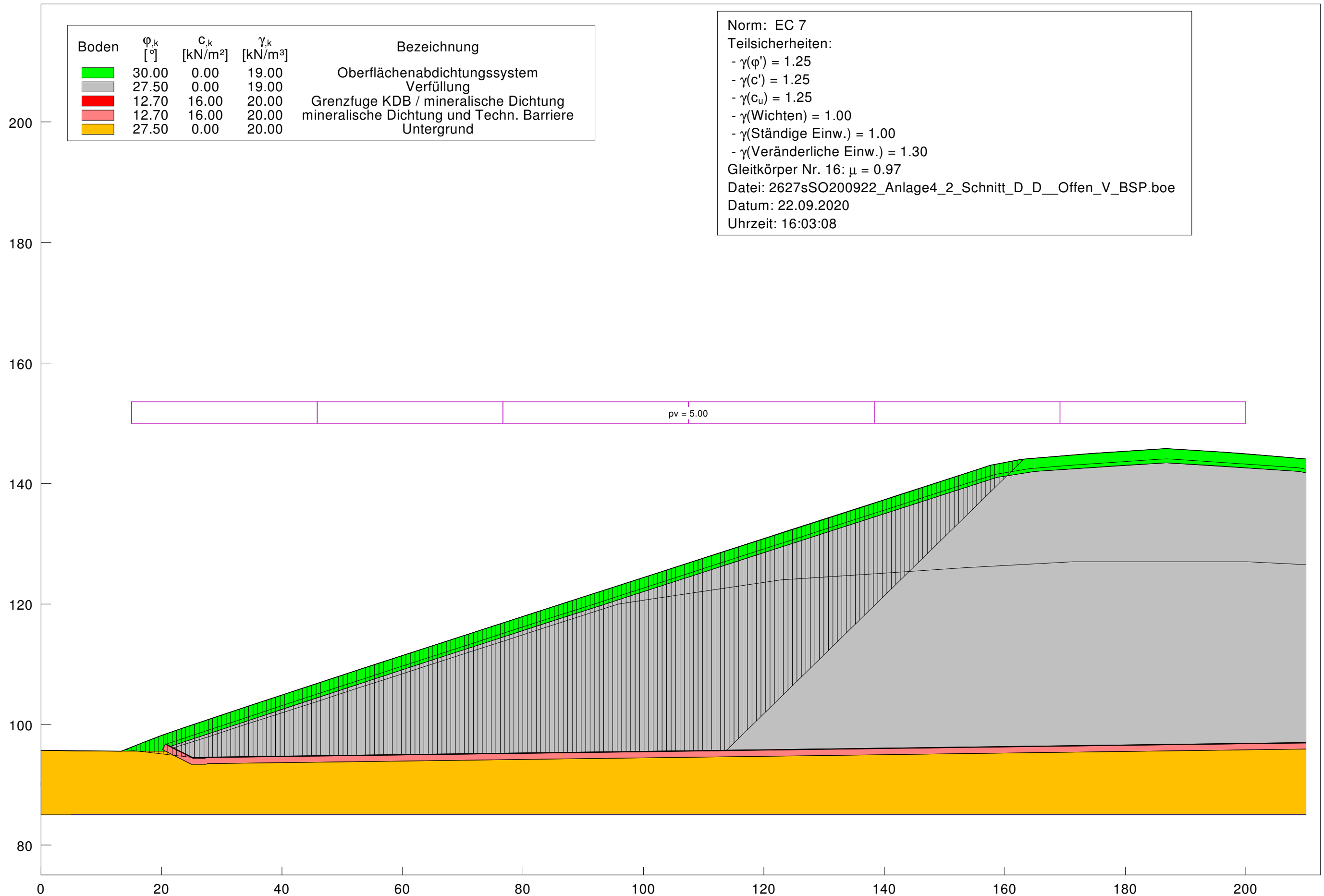
Herleitung der charakteristischen Scherparameter in Deponiefeld 8

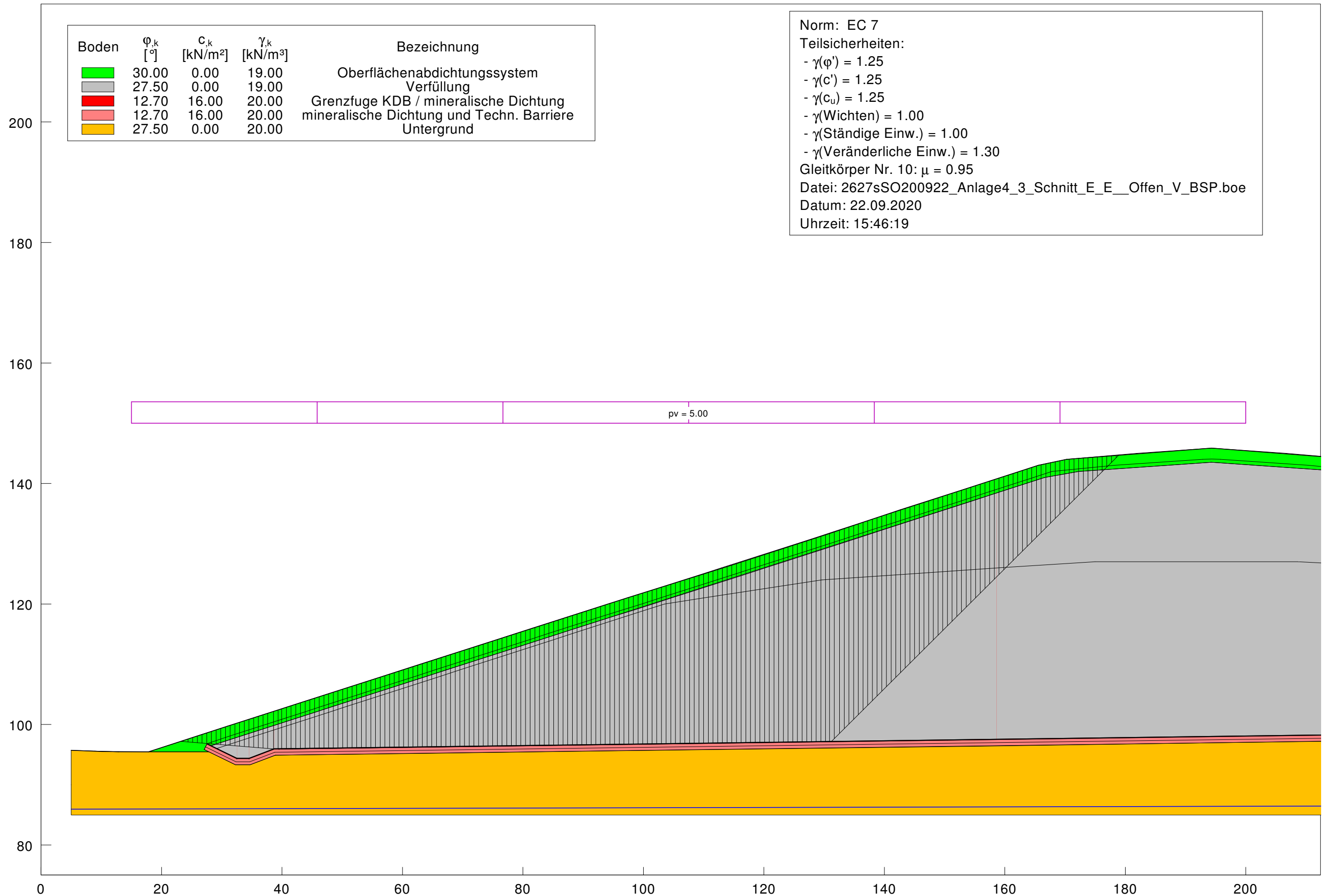
Scherversuchsergebnisse aller Versuche Grenzfuge OF-Ton ./ KDB AGRU MST+

Labor-Nr.	Probenbezeichnung	Einbauparameter		Auflast	Scherspannung bei ... Auflast	Reibungswinkel δ'	Strukturwiderstand a'	Ersatzreibungswinkel bei 600 kN/m ²
		D_{Pr} [%]	w_E [%]	[kN/m ²]	[kN/m ²]			
	Limes	97 % nass	29	200	79,1	19,1	15,4	20,4
				400	164,3			
				600	217,3			
	Limes	97 % trocken	20	200	84,9	21,2	3,7	21,5
				400	151,7			
				600	240,1			
	Weimar	97 % nass	23	199,7	84,2	14,1	38,2	17,5
				396,6	139,0			
				596	180,3			
038.280	OF-Ton-01	95 % nass	30	300	88,1	12,4	21,6	14,3
				600	153,3			
				900	220,4			
038.328	OF-Ton-01	100 % wopt	26,3	300	85,6	14,4	9,0	15,2
				600	163,1			
				900	239,2			
038.847	MD2-03-02	95 % nass	27,9	300	85,0	12,6	16,9	14,1
				600	150,3			
				900	206,6			
039.313	MD2-06-02	100 % wopt	20,6	300	96,1	12,5	7,5	13,2
				600	130,1			
				900	199,2			
041.802	MD2-11-03	100 % wopt	24,5	300	84,6	12,2	7,5	12,9
				600	133,8			
				900	192,6			
041.802	MD2-11-03	100 % wopt	24,2	300	93,9	12,0	28,4	14,6
				600	153,0			
				900	221,8			
042.141	MD2-12-02	95 % nass	28,4	300	70,3	11,4	10,5	12,4
				600	133,7			
				900	191,7			
GTU	MD2-PF1	95 % nass	28	300	99,8	13,5	29,5	16,2
				600	178,3			
				850	231,9			
GTU	MD2-02-MP1	100 % wopt	20,8	600	200,3			18,5
GTU	MD2-04-MP2	100 % wopt	20,8	600	172,7			16,1
GTU	MD2-09-MP3	100 % wopt	20,9	600	197,3			18,2

Herleitung der charakteristischen Scherparameter in Deponiefeld 8



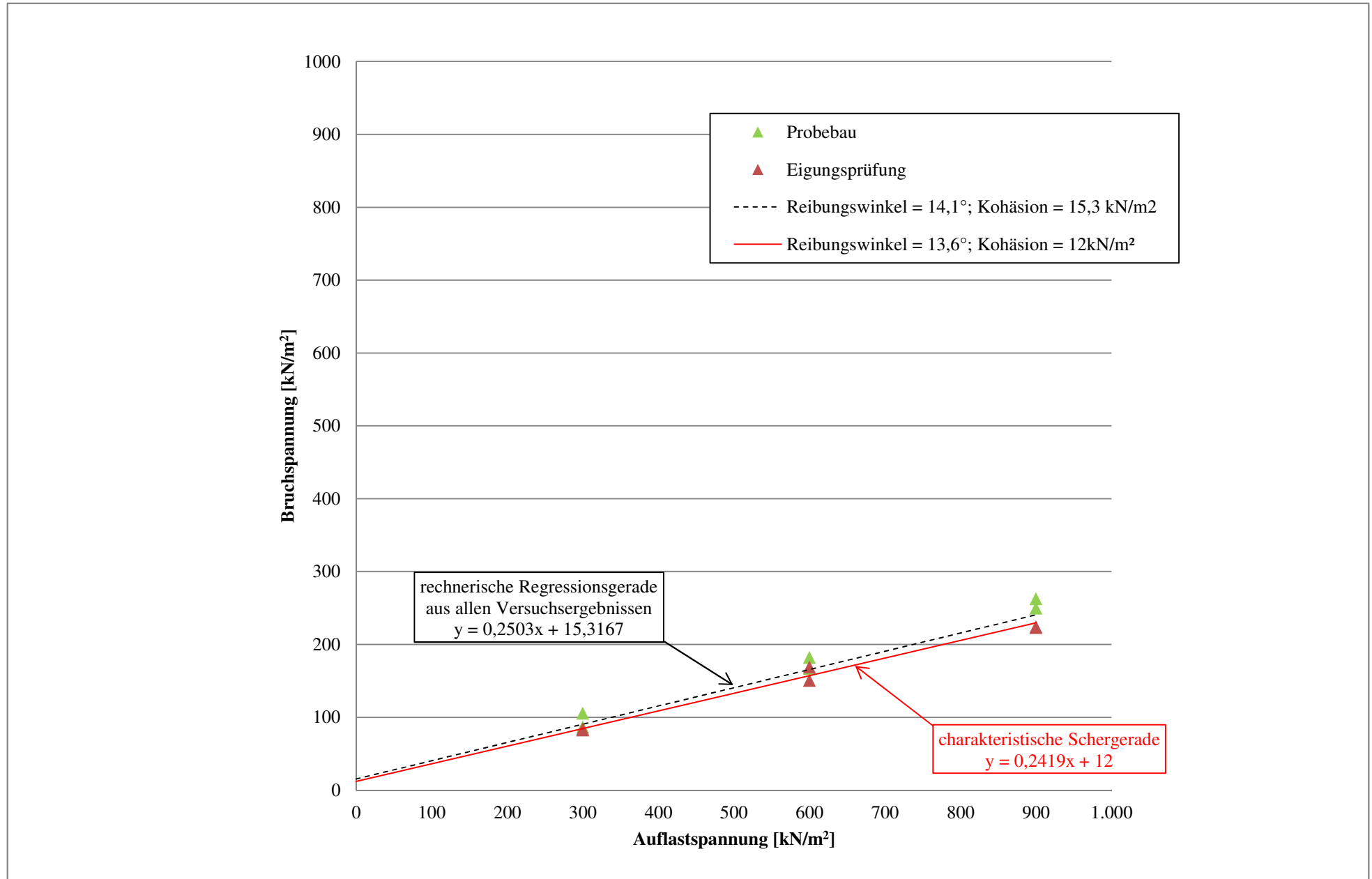


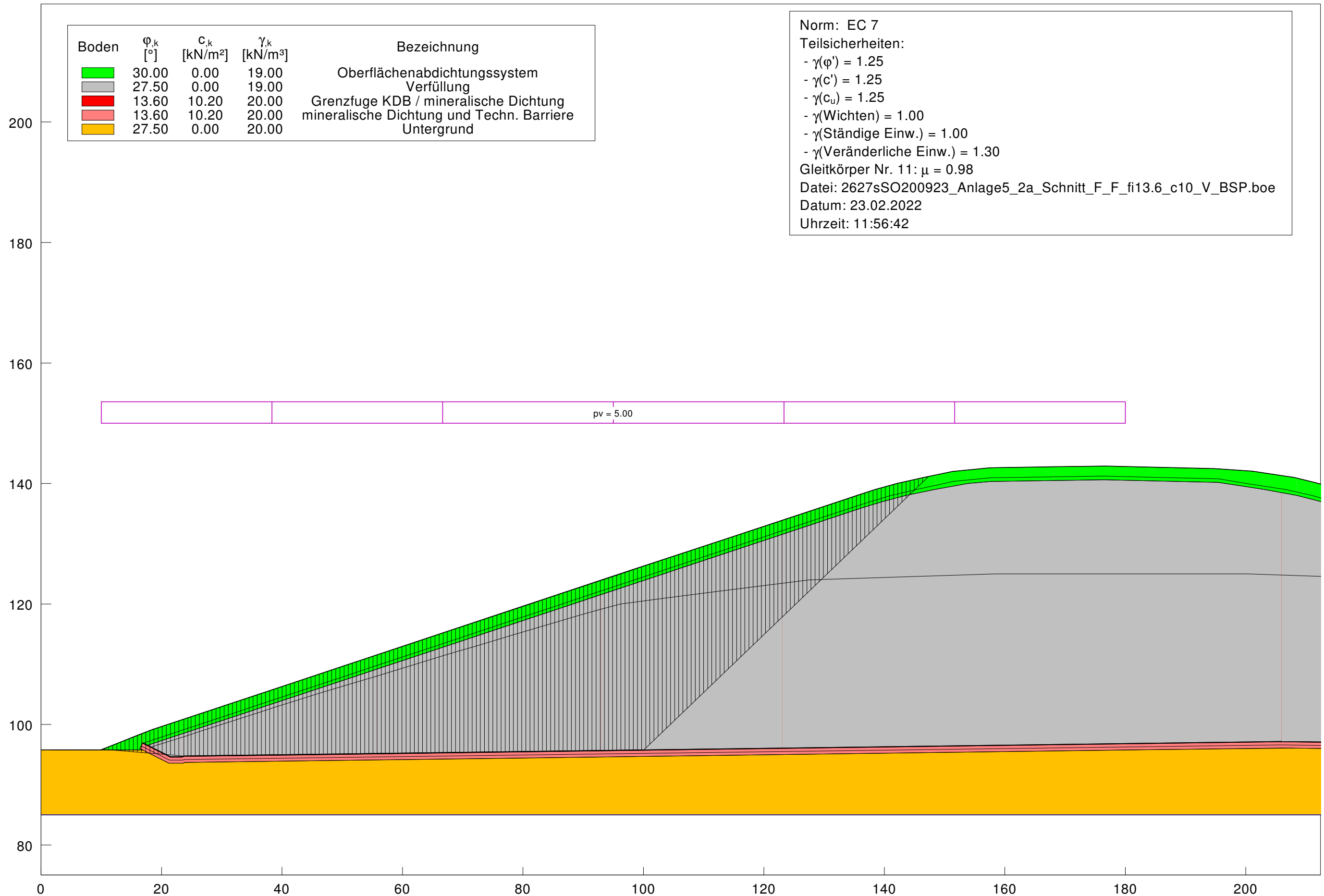


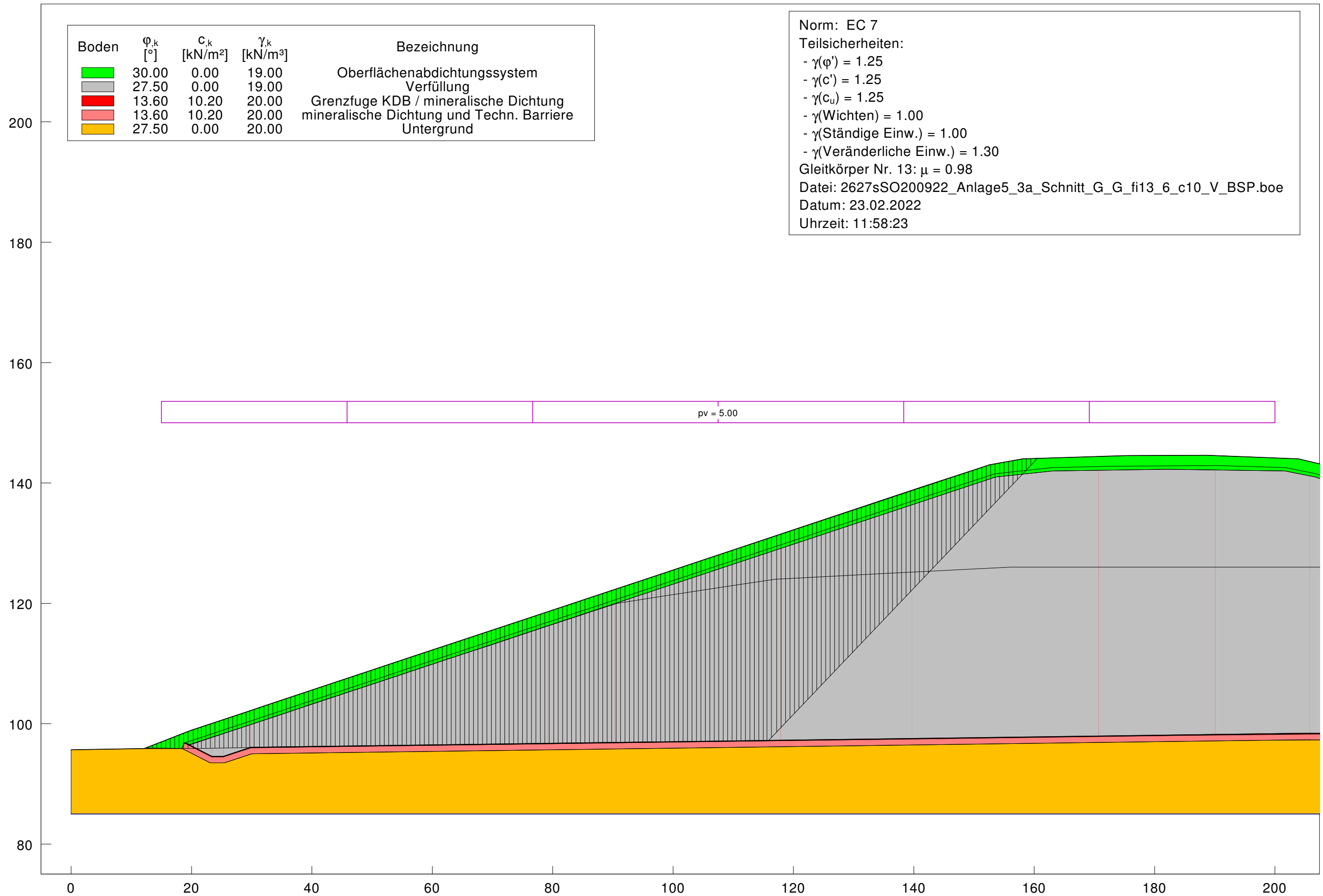
Herleitung der charakteristischen Scherparameter in Deponiefeld 9

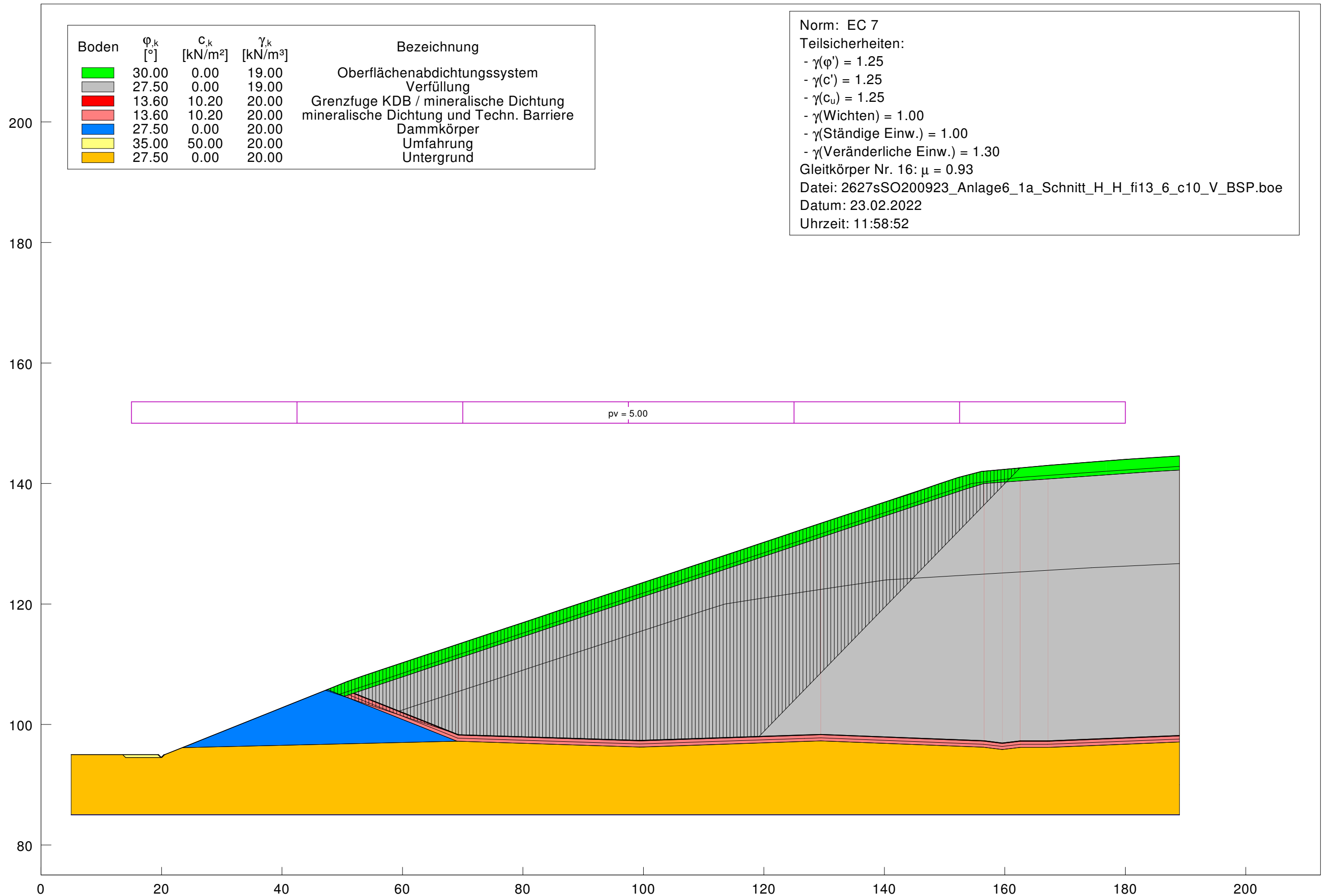
Scherversuch mit MST+-KDB-Struktur in der Grenzfläche	Einbauparameter		Versuchsergebnisse (Laborwerte)		Ersatzreibungswinkel bei $\sigma=600 \text{ kN/m}^2$ $\delta_E [^\circ]$
	$D_{pr} [\%]$, trockene/nasse Seite	$w_{\text{Einbau}} [\%]$	$\delta' [^\circ]$	$a' [kN/m^2]$	
Scherversuchsergebnisse aus der Eignungsprüfung					
Ton Höfling(Ton Höfling-04,059.097)/. KDB (059.248)	95 %, trocken	20,60	13,30	17,10	-
Ton Höfling(Ton Höfling-04,059.097)/. KDB (059.248)	95 %, nass	24,10	13,10	13,20	-
Scherversuchsergebnisse vom Probestaub					
Ton Höfling(MD2-PF2-04, 059.536)/. KDB (059.565)	95 %, trocken	17,60	13,50	29,90	-
Ton Höfling(MD2-PF2-04, 059.536)/. KDB (059.565)	95 %, nass	21,40	16,30	1,00	-

Herleitung der charakteristischen Scherparameter in Deponiefeld 9









**Deponie Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie")
- Optimierung der Verfüllgeometrie –**

**Standortsicherheitsnachweise
zu
Gabionen
am
Randwall-Böschungsfuß**

Auftraggeber:



SAVAG - Süd Hessische Abfallverwertungs GmbH
Auf der Hardt / An der B 42, 64572 Büttelborn

Planung und
geotechn. Beratung:

ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH
Ferdinand-Porsche-Ring 1, 63110 Rodgau

Genehmigungsbehörde:

RP Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Darmstadt
64278 Darmstadt

Unser Zeichen:

2627gSo201201-Standsicherheit-Gabionen.docx

Seiten:

6

Anlagen:

6

Datum:

18. September 2020

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorgang	3
2. Geometrische Randbedingungen	4
3. Charakteristische Kennwerte	4
4. Standsicherheitsnachweise	5
5. Berechnungsergebnisse	6

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Lagepläne und Schnitte

- Anlage 1.1 Optimierter Grundriss Basisabdichtung Felder 9 + 10
(= Plan G 3.2 zu Planfeststellungsantrag [2], DIN-A3-Verkleinerung)
- Anlage 1.2 Optimierte Verfüllgeometrie - Lage- und Höhenlinienplan
(= Plan G 4.2 zu Planfeststellungsantrag [2], DIN-A3-Verkleinerung)
- Anlage 1.3 Regelschnitt Randwall-Böschungsfuß mit Stützgabionen
(= Plan G 3.6 zu Planfeststellungsantrag)

Anlage 2 Standsicherheitsnachweise zu Gabionen am Randwall-Böschungsfuß

Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

- [1] Deponie Büttelborn, BA 3-BA 5 („SAVAG-Deponie“) – Optimierung Verfüllgeometrie, Standsicherheitsnachweise für die Deponieböschungen bei optimierter Verfüllgeometrie, ISK, Rodgau, 18.09.2020 (= *Anhang 1.7 der Antragsunterlagen*)
[ISK-Dok.-Nr. 2627gSo200918-Standsicherheitsnachweise.docx]
- [2] Deponie Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie") - Optimierung der Verfüllgeometrie: Erläuterungsbericht zur Entwurfsplanung und Änderungsgenehmigungsantrag. Aufgestellt von ISK, Rodgau, Stand 12.10.2020 (Entwurf) [ISK-Dok.-Nr. 2627gBr200701-Erl.-bericht.docx]

Verordnungen, Normen, Regelwerke:

- [3] DIN EN 1997-1: Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung u. Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln, März 2014
- [4] DIN 4048/A1: 2017-08 Änderung v. 2009-01, Baugrund-Geländebruchberechnungen
- [5] Merkblatt über Stütz- und Lärmschutzkonstruktionen aus Betonelementen, Blockschichtungen oder Gabionen – M Gab, Ausgabe 2014; Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen - Arbeitsgruppe Erd-und Grundbau (FGSV)

1. Vorgang

Die Südhessische Abfall-Verwertungs GmbH (SAVAG) betreibt den Ausbau der auf dem Abfallzentrum Büttelborn vorhandenen Deponie, die bisher aus den realisierten Deponiefeldern 1 bis 8 besteht. Die Deponiefelder 1 bis 5 werden von den Riedwerken Kreis Groß-Gerau bzw. in deren Auftrag von der Abfallwirtschafts-Service GmbH (AWS) betrieben. Dieser (noch mit unvorbehandeltem Hausmüll beschickte) Teil der Deponie wird im Folgenden mit 'Riedwerke-Deponie' bezeichnet. Der weitere Ausbau der Deponie um die Deponiefelder 6 bis 10 wurde der Südhessischen Abfallwirtschafts GmbH (SAVAG) übertragen; dieser (nur noch mit mineralischen bzw. mineralisierten Abfällen zu beschickende) Teil der Deponie wird im Folgenden mit 'SAVAG-Deponie' bezeichnet.

Auf Grundlage der seit dem 16.07.2009 geltenden neuen Deponieverordnung und zur technisch-wirtschaftlichen Optimierung des Basisabdichtungssystems wurden im Rahmen der Ausführungsplanung zum Bau der Basis- und Zwischenabdichtung in den Deponiefeldern 6 bis 10 weitere technische und geometrische Anpassungen geplant und mit dem Änderungs- und Ergänzungsbescheid vom 23.11.2009 genehmigt.

In den Jahren 2009 bis 2011 wurden die Basisabdichtung in den Deponiefeldern 5 und 6 sowie der erste Teilabschnitt der Zwischenabdichtung auf der Übergangsböschung zu der Riedwerke-Deponie realisiert. Der Bau des Basisabdichtungssystems im Deponiefeld 8 erfolgte in den Jahren 2014/15. Seither werden die Felder 6 bis 8 mit mineralischen Abfällen verfüllt und aktuell ist das Basisabdichtungssystem im Feld 9 im Bau.

In Anbetracht des zunehmenden Mangels an DK-I- und DK-II-Deponieraums im Rhein-Main-Gebiet soll auf der SAVAG-Deponie - innerhalb des planfestgestellten Deponiegeländes und somit ohne Inanspruchnahme zusätzlicher, außerhalb der Planfeststellungsgrenze liegender Flächen - durch Anpassung des Grundrisses der Ablagerungsflächen in den Feldern 9 und 10 sowie durch eine über die bisher genehmigte Verfüllhöhe hinaus gehende Abfallablagerung zusätzlicher Deponieraum geschaffen werden, was Gegenstand der Genehmigungsplanung [2] ist.

Mit der Optimierung der Grundriss- und Verfüllgeometrie wird örtlich eine Abstützung des Randwall-Böschungsfußes mittels bis zu 2 m hohen Gabionen vorgesehen, um z.B. an den Revisionsschächten der Sickerwassersammler jeweils einen Standplatz für das Spülfahrzeug bzw. das TV-Inspektionsfahrzeug zu schaffen, so dass die entsprechenden Arbeiten durchgeführt werden können ohne die Umfahungsstraße zu blockieren.

Im Detail werden die mit Gabionen abzustützenden Abschnitte des Randwall-Böschungsfußes im Zuge der Ausführungsplanung festgelegt. Die erdstatische Zulässigkeit wird im Folgenden für eine bis zu 2 m hohe Abstützung des Randwall-Böschungsfußes auf der Grundlage des Regelschnitts (siehe Plan Nr. G 3.6 der Antragsunterlagen [2] - hier auszugsweise als Abbildung 1 eingefügt) nachgewiesen.

Mit dem Aufstellen der Statischen Nachweise für die am Böschungsfuß bereichsweise vorgesehenen Gabionen-Stützwand beauftragte die SAVAG GmbH die ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH. Im Folgenden werden die maßgebenden charakteristischen Scherparameter hergeleitet und mit diesen die Standsicherheit der bis zu 2 m hohen Gabionen-Stützwand für die relevanten Lastfälle nachgewiesen.

2. Geometrische Randbedingungen

In den nachstehenden Abbildungen ist die als Stützbauwerk für den Böschungsfuß vorgesehene Gabionenwand dargestellt.

Die 1,0 m breiten und 1,0 m hohen Gabionenkörbe werden unmittelbar hinter dem geplanten Oberflächenentwässerungsgerinne aufgestellt mit einer Neigung zur Bergseite von 1:10 (ca. 6°), wobei die obere Gabione um ca. 20 cm zur Bergseite hin versetzt eingebaut werden soll.

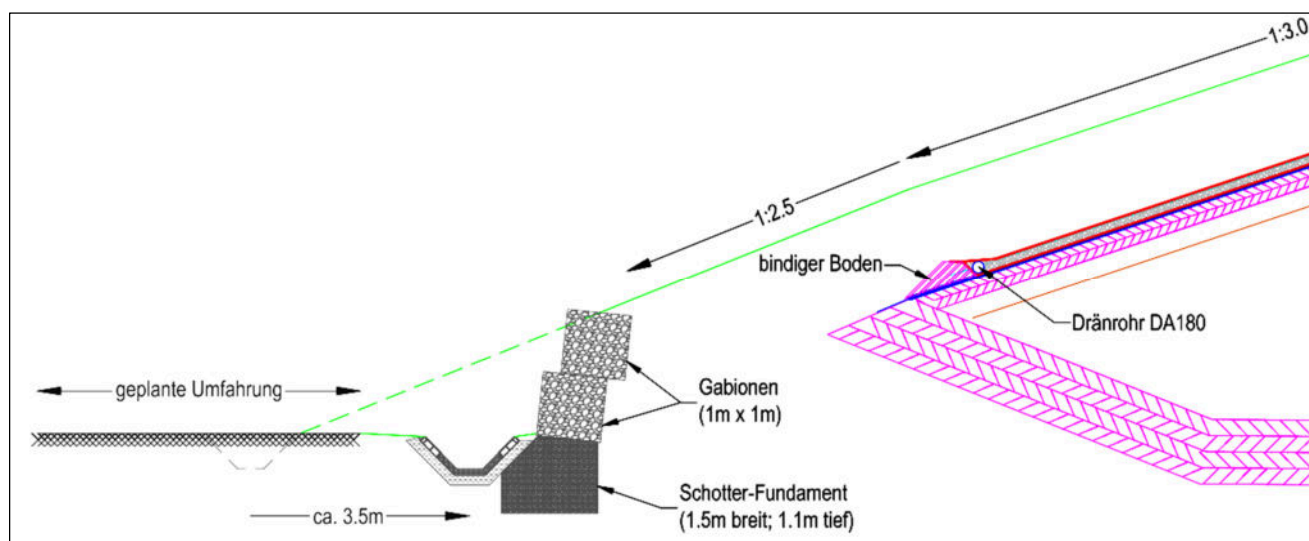


Abbildung 1: Regelschnitt Randwall-Böschungsfuß mit Stützgabionen (Auszug aus Plan G 3.6)

Aus dem Schnitt in Abbildung 1 ist ersichtlich, dass sich potenzielle Geländebrüche im Bereich der Gabionen aufgrund des Abstandes nicht bis zu den Abdichtungssystemen der Deponie auswirken können. Die in den Dichtungsschichten und in den Grenzflächen der Abdichtungssysteme geringeren Scherfestigkeiten bleiben daher ohne Einfluss auf die Standsicherheit der Gabionen.

Zur Lastverteilung und frostsicheren Gründung der Gabionenwand wird diese auf einem 1,5 m breiten und mindestens 1,1 m tiefen Schotter-Fundament ("Mineralbeton", Körnung 0/32) eingebaut.

3. Charakteristische Kennwerte

Für die im Untergrund vorhandenen Böden und das geplante Basisabdichtungssystem sind im Standortsicherheitsnachweis zu den Deponieböschungen vom 18.09.2020 [1] charakteristische Bodenkennwerte angegeben, die deutlich auf der sicheren Seite liegend gewählt wurden, um auf baubegleitende Überprüfungen verzichten zu können.

Im Einbindungsbereich der Gabionenfundamente bedarf es einer Überprüfung der in der Gründungssohle anstehenden Schichten, um wirtschaftlich vertretbare Fundamentabmessungen ausführen zu können. Statt des in [1] angesetzten charakteristischen Reibungswinkels von 27,5°, der auch geringer scherfeste Sand-Schluff-Gemische abdeckt, wird ein für Sande und schluffige Sand charakteristischer Reibungswinkel von $\varphi'_{k\text{-Untergrund}} = 32,5^\circ$ angesetzt. Baubegleitend ist daher im Vorfeld des Schotterfundament-Einbaus mittels Schurf zu überprüfen, ob bis zu einer Tiefe von 1 m unter Gründungssohle

bindige Schichten anstehen und diese sind dann ggf. im Druckausbreitungsbereich des Fundamentes gegen (lagenweise verdichtet einzubauende) sandige Materialien zu ersetzen, so dass der o.g. Reibungswinkel von $\varphi'_k \geq 32,5^\circ$ sichergestellt wird.

Für die (aus der Randwal-Schüttung bestehende) Hinterfüllung der Gabionenwand wird die gleiche Scherfestigkeit angesetzt wie in [1] für das Oberflächenabdichtungssystem mit einem Ersatzreibungswinkel von $\varphi'_{E,k-Hinterfüllung} = 30^\circ$.

Der als Fundament mit lagenweiser Verdichtung einzubauende Mineralbeton (Körnung 0/32) wird mit einem Reibungswinkel von $\varphi'_{k-Schotter} = 40^\circ$ angesetzt.

Für die innere Standsicherheit der Gabionen wurde die Nennzugfestigkeit der Gabionendrähte mit $f_{y,k} = 450 \text{ N/mm}^2$ und der Gitterabstand mit $d_w = 80 \text{ mm}$ angesetzt.

Die den Standsicherheitsnachweisen zugrunde gelegten charakteristischen Kennwerte sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt:

Schicht	Wichte $\gamma_k \text{ [kN/m}^3\text{]}$	Reibungswinkel $\varphi'_k \text{ [}^\circ\text{]}$	Kohäsion $c'_k \text{ [kN/m}^2\text{]}$
Untergrund (schluffige Sande + Sande-Schluff-Gemische)	20	32,5	0
Schotter-Fundament (Mineralbeton 0/32)	20	40,0	0
Gabionenkörbe (mit hohlraumarmer Steinschichtung)	18 (nach [5])	40,0	0
Hinterfüllung (Randwall-Schüttung)	19	30,0	0

Tabelle 1: Zusammenstellung der charakteristischen Kennwerte

Die Länge der Gabionen-Stützwand wurde rechnerisch mit 15 m angesetzt, womit sie nahezu ohne Einfluss auf die Berechnungsergebnisse bleibt.

4. Standsicherheitsnachweise

Die Standsicherheitsnachweise bzgl. Gleiten und Kippen der Gabionen wurden für die ständige und für die temporäre Bemessungssituation (BS-P bzw. BS-T) aufgestellt mit dem Programm DC-Geotex/DC-Gabione/Win, Version 5.36.

Als Verkehrslast wird bei den Berechnungen das Befahren der aufgehenden Böschung mit Mähfahrzeuge auf der gesamten Böschungsoberfläche mit $p_v = 5,0 \text{ kN/m}^2$ angesetzt.

Die Berechnung der Standsicherheit erfolgt nach der Methode der 'Kinematischen Elemente' über einen Blockgleitmechanismus. Zusätzlich werden die Kippsicherheit und die Gleitsicherheit sowie die Grundbruchsicherheit nachgewiesen. Der Nachweis gegen Geländebruch erfolgt über eine Gleitkreisberechnung.

Zusätzlich zu den o.g. Nachweisen der Gesamt-Standsicherheit wird die Standsicherheit der einzelnen Blöcke (Kippsicherheit und Gleitsicherheit) und des erforderlichen Gabionendrahts berechnet.

5. Berechnungsergebnisse

Gemäß den in Anlage 2 dokumentierten Berechnungen sind für den berechneten Regelschnitt des mit bis zu 2 m hohen Gabionen gestützten Randwall-Böschungsfußes mit den angesetzten charakteristischen Bodenkennwerten sowohl für die ständige als auch für die temporäre Bemessungssituation (BS-P bzw. BS-T) ausreichende Standsicherheiten gegenüber den nachzuweisenden Versagensmechanismen nachweisbar.

Der für den Nachweis erforderliche Drahtdurchmesser beträgt $d_{s_{min}} = 1,8 \text{ mm}$ und liegt somit deutlich unter den bei Gabionen üblichen Drahtstärken von 2,7 mm (siehe Blatt 8 der Anlage 2).

Aus erdstatischer Sicht bestehen somit keine Bedenken gegen die bis zu 2 m hohen Gabionen zur Stützung des Randwall-Böschungsfußes.

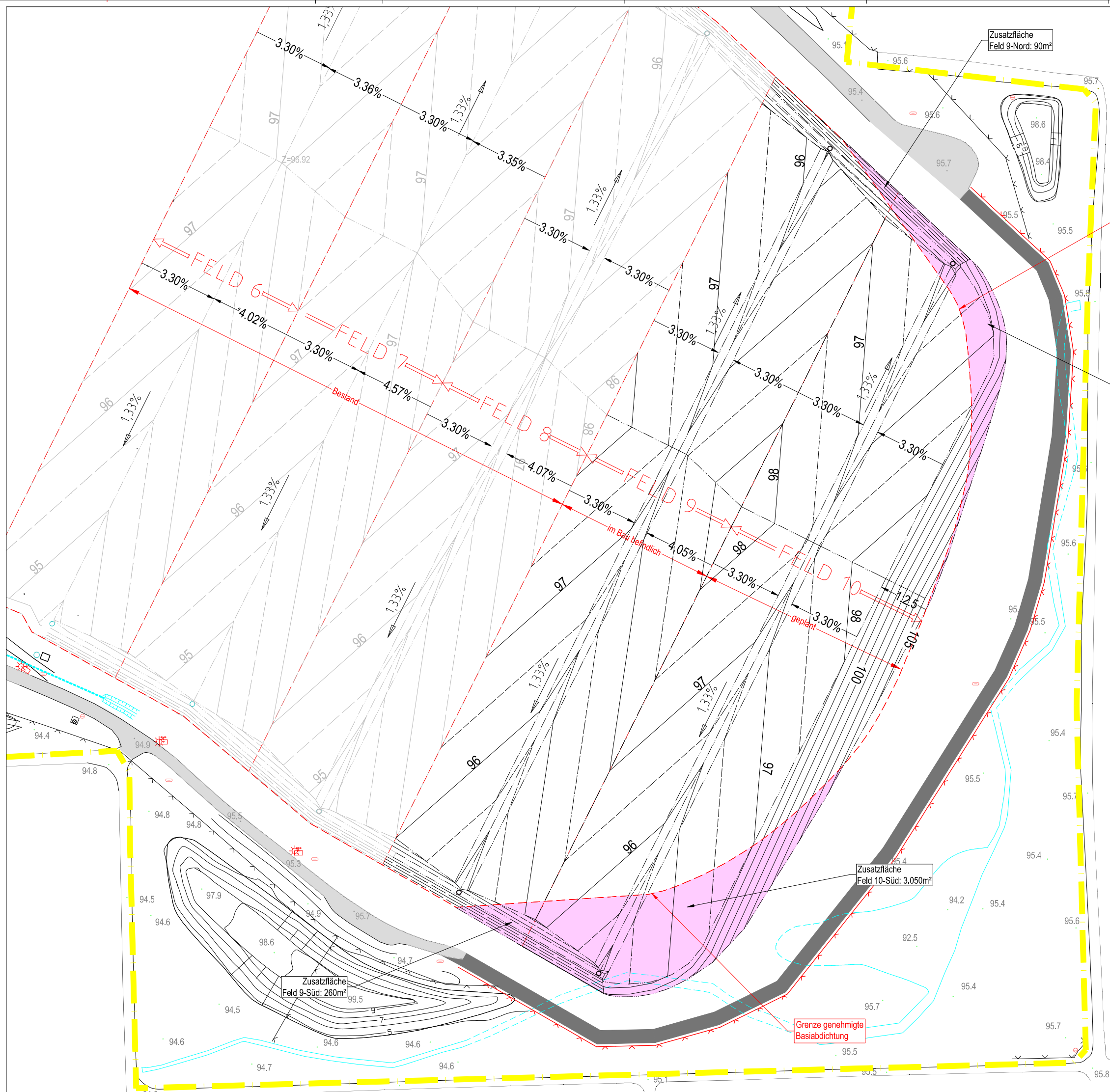
Im Zuge der Bauausführung ist (ggf. durch örtlichen Bodenaustausch) sicherzustellen, dass

- bis mindestens 1,0 m unterhalb der Gründungssohle ausreichend scherfeste Böden anstehen;
- das Mineralbeton-Fundament mit den hier angegebenen Abmessungen eingebaut (oder ein neuer Nachweis für kleinere Fundamentabmessungen aufgestellt) wird;
- zur Hinterfüllung ausreichend scherfeste Böden eingebaut werden.

ISK Ingenieurgesellschaft
für Bau- und Geotechnik mbH

Dipl.-Ing. Soldo

Dipl.-Ing. Bruhm



Zusatzfläche
Feld 9-Nord: 90m²

Grenze genehmigte
Basisabdichtung

Zusatzfläche
Feld 10-Nord: 1.200m²

Zusatzfläche
Feld 10-Süd: 3.050m²

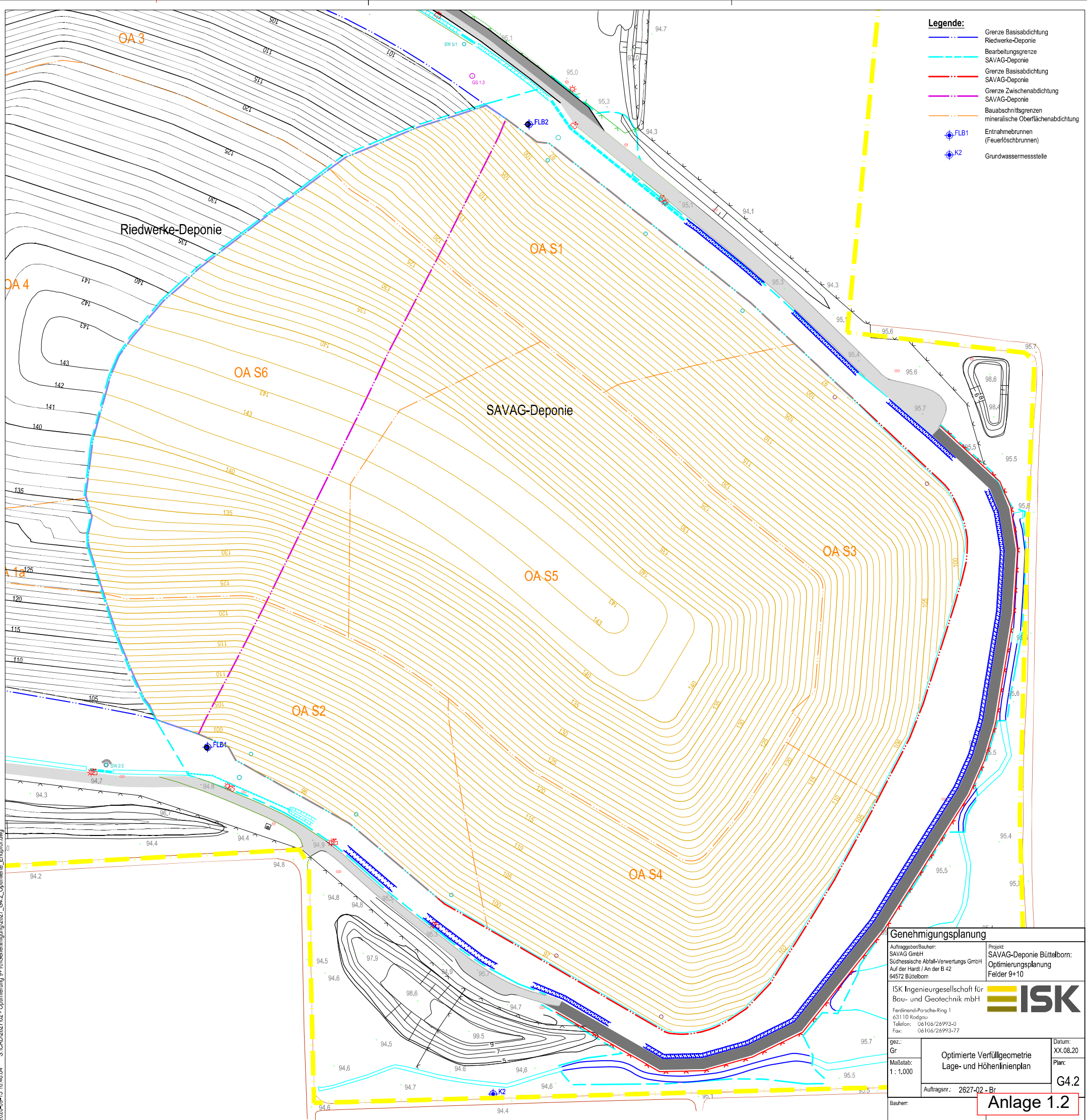
Zusatzfläche
Feld 9-Süd: 260m²

- Legende:**
- Flurstücksgrenze
 - Deponie-Umfahrung / -Wege (gestrichelt)
 - Anpassung Deponiezeilen (gestrichelt)
 - OK min. Basisabdichtung (Bestand / geplant)

Genehmigungsplanung	
Auftraggeber/Bauherr: SAVAG GmbH Südthessische Abfall-Verwertungs GmbH Auf der Hardt / An der B 42 64572 Büttelborn	Projekt: SAVAG-Deponie Büttelborn: Optimierungsplanung Felder 9+10
ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH	
Ferdinand-Porsche-Ring 1 63110 Rodgau Telefon: 06106/26993-0 Fax: 06106/26993-77	

gez.: Gr	Optimierter Grundriss Basisabdichtung Felder 9+10 und Umbau Deponieumfahrung	Datum: 16.09.20
Maßstab: 1 : 500		Plan: G3.2
Auftragsnr.: 2627.02 - Br		

Anlage 1.1



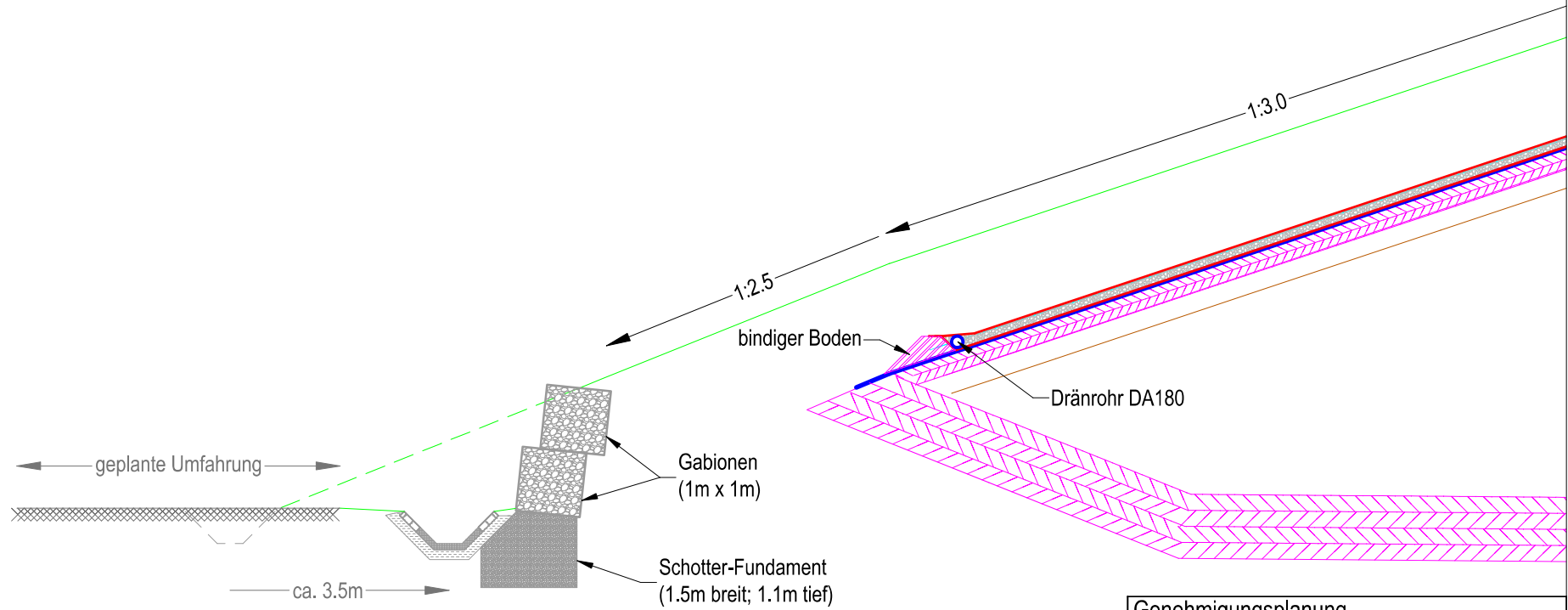
- Legende:**
- Grenze Basisabdichtung
 - Riedwerke-Deponie
 - Bearbeitungsgrenze SAVAG-Deponie
 - Grenze Basisabdichtung SAVAG-Deponie
 - Grenze Zwischenabdichtung SAVAG-Deponie
 - Bauabschnittsgrenzen mineralische Oberflächenabdichtung
 - FLB1 Entnahmetruben (Feuerlöschtrubren)
 - K2 Grundwassermessstelle


2020-09-15 10:40:04 S:\CAD\2627\02 - Optimierung 9+10\Genehmigung\2627_G4-2_Optimierte_Endprof.dwg

Genehmigungsplanung	
Auftraggeber/Bauherr: SAVAG GmbH Südthessische Abfall-Verwertungs GmbH Auf der Hardt / An der B 42 94572 Büttelborn	Projekt: SAVAG-Deponie Büttelborn: Optimierungsplanung Felder 9+10
ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH	
Ferdinand-Parzche-Ring 1 63110 Rodgau Telefon: 06106/26993-0 Fax: 06106/26993-77	
gez.:	Datum: XX.08.20
Gr	Plan: G4.2
Maßstab: 1 : 1.000	Auftragsnr.: 2627-02 - Br
Bauherr:	Anlage 1.2

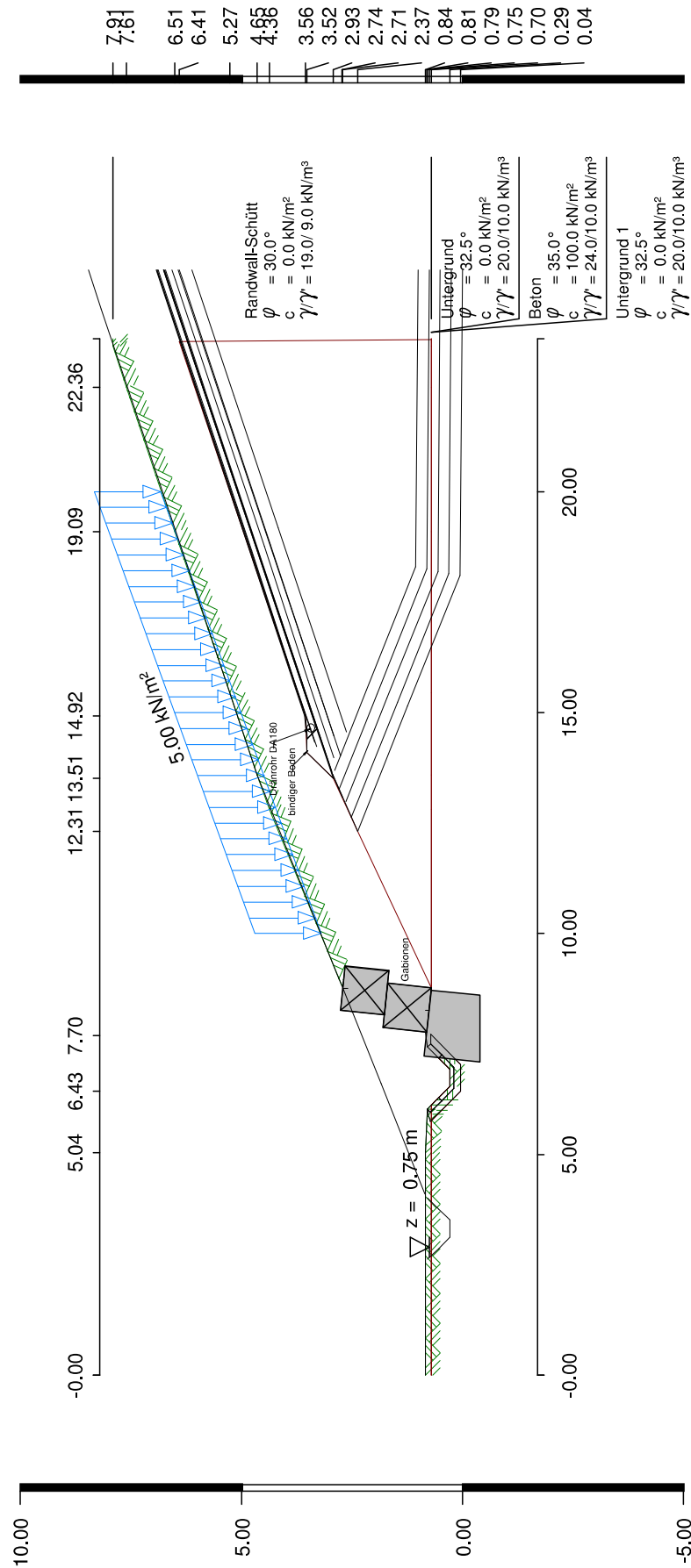
2627_G4-2_Optimierte_Endprof.dwg

2020-12-09 15:13:51 S:\CAD\2627\02 - Optimierung 9+10\Genehmigung\2627_G3.6_Gabionenfuss.dwg



Genehmigungsplanung		
Auftraggeber/Bauherr: SAVAG GmbH Südheussische Abfall-Verwertungs GmbH Auf der Hardt / An der B 42 64572 Büttelborn		Projekt: SAVAG-Deponie Büttelborn: Optimierungsplanung Felder 9+10
ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH		
Ferdinand-Porsche-Ring 1 63110 Rodgau Telefon: 06106/26993-0 Fax: 06106/26993-77		
gez.: Gr	Regelschnitt Randwall-Böschungsfuß mit Stützgabionen	Datum: 29.09.20
Maßstab: 1 : 100		Plan: G3.6
Auftragsnr.: 2627-02 - Br		Anlage 1.3 Blatt 1/1
Bauherr:	Entwurfsver:	

Datei: 2627sSO201209_Gabionen_



Datei: 2627sSO201209_Gabionen_

Programm DC-Gabione *** Copyright DC-Software Doster & Christmann GmbH, D-81245 München ***

Eingabedatei: S:\ISK\2627\Berechnungen\Gabionen\2627sSO201209_Gabionen_.dbt

Schichtsystem mit 4 Schichten**Erdschichtwerte (charakteristisch)**

φ wirksamer Reibungswinkel
 c wirksame Kohäsion
 c_u wirksame Kohäsion undränert
 γ Wichte
 γ' Wichte unter Auftrieb
 δ_a Wandreibungswinkel
 E_s Steifemodul

Num.	Bezeichnung	φ [°]	c [kN/m ²]	c_u [kN/m ²]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	δ_a [°]	E_s [MN/m ²]
1	Randwall-Schütt	30.0	0.00	-	19.0	9.0	20.00	15.00
2	Untergrund	32.5	0.00	-	20.0	10.0	21.67	45.00
3	Beton	35.0	100.00	-	24.0	10.0	23.33	80.00
4	Untergrund 1	32.5	0.00	-	20.0	10.0	21.67	-

Geländeverlauf:

x [m]	z [m]
0.00	0.84
5.04	0.84
6.03	0.79
6.13	0.70
6.53	0.29
6.93	0.29
7.34	0.70
7.43	0.79
7.77	0.81
8.27	0.75
8.82	2.74
12.82	4.36
13.59	4.65
15.45	5.27
19.09	6.52
22.36	7.61
23.30	7.91
23.39	7.91
23.45	7.91

Verlauf Unterkante der 1. Schicht: Randwall-Schütt

x [m]	z [m]
0.00	0.70
5.04	0.70
5.77	0.70
6.13	0.70
6.53	0.29
6.93	0.29
7.34	0.70
7.70	0.70
7.77	0.70
8.27	0.70
8.77	0.70
12.31	2.37
13.51	2.93
14.10	3.52

Datei: 2627sSO201209_Gabionen_

x	z
[m]	[m]
14.92	3.56
23.40	6.41
23.45	0.70
23.45	0.70

Verlauf Unterkante der 2. Schicht: Untergrund

x	z
[m]	[m]
0.00	0.70
5.04	0.70
5.77	0.70
6.13	0.70
6.53	0.29
6.93	0.29
7.34	0.70
7.70	0.70
7.77	0.70
8.27	0.70
8.82	0.70
12.82	0.70
13.59	0.70
15.45	0.70
19.09	0.70
22.36	0.70
23.30	0.70
23.39	0.70
23.45	0.70

Verlauf Unterkante der 3. Schicht: Beton

x	z
[m]	[m]
0.00	0.70
5.77	0.70
6.43	0.04
7.04	0.04
7.70	0.70
23.45	0.70

Wand Typ: Gabionen

Kopf: x/z= 8.76/ 2.71 m, Fuß: x/z= 8.27/ 0.75 m

Wichte	18.00 kN/m ³
Reibungsbeiwert zwischen den Wandabschnitten	0.60
Reibungswinkel zw. Fundament und Boden	32.00 °
Nennfestigkeit Draht	450 N/mm ²
Drahtabstand	80 mm
Drahtdurchmesser	2.7 mm
Erddruckbeiwert k_{agh} Füllmaterial	0.333
Fundament: Breite	1.50 m
Höhe	1.10 m
Abstand von der Achse (Exzentrizität)	-0.30 m
Sohlneigung	0.00 °
Wichte	20.00 kN/m ³
Neigung der Blöcke zur Senkrechten	6.00 °

Kubatur	3.769 m ³ /m
Gewicht	71.37 kN/m

Datei: 2627sSO201209_Gabionen_

Block-Geometrie:

Block	x [m]	z [m]	Dicke [m]	Höhe [m]	Abstand [m]
1	8.27	0.75	1.00	1.00	0.00
2	8.66	1.73	1.00	1.00	0.15

Streifenlasten

x_A [m]	z_A [m]	x_E [m]	z_E [m]	p_x [kN/m ²]	p_z [kN/m ²]	Art	Typ	Lastfall	$\gamma_{NW-V.2}$	$\gamma_{NW-V.3}$	ψ	α
10.00	3.19	20.00	6.82	0.00	5.00	Verkehr	statisch	1	1.300	1.200	1.000	-

Lastfall

Lastfall	Typ
1	BS-T

Berechnung nach DIN EN 1997-1 (Eurocode 7) und DIN 1054:2010 und Merkblatt über Stützkonstruktionen aus Betonelementen, Blockschichtungen und Gabionen (FGSV)

Teilsicherheitsbeiwerte Innere Standsicherheit (STR):

Berechnung mit Nachweisverfahren 3

Kombination 1 mit Teilsicherheitsbeiwerten der Gruppen A2 + M2 + R3

γ	G,dst	G,stb	Q,dst	Q,stb	φ	c	cu	γ	Ep	C	M2
BS-P	1.000	1.000	1.300	0.000	1.250	1.250	1.250	1.000	1.000	1.500	1.250
BS-T	1.000	1.000	1.200	0.000	1.150	1.150	1.150	1.000	1.000	1.500	1.250
BS-A	1.000	1.000	1.000	0.000	1.100	1.100	1.100	1.000	1.000	1.500	1.250
BS-T/A	1.000	1.000	1.100	0.000	1.125	1.125	1.125	1.000	1.000	1.500	1.250

Teilsicherheitsbeiwerte Schnittgrößen (STR):

Berechnung mit Nachweisverfahren 2

Kombination 1 mit Teilsicherheitsbeiwerten der Gruppen A1 + M1 + R2

γ	G,dst	G,stb	Q,dst	Q,stb	φ	c	cu	γ	Ep	C	M2
BS-P	1.350	1.000	1.500	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.400	1.500	1.250
BS-T	1.200	1.000	1.300	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.300	1.500	1.250
BS-A	1.100	1.000	1.100	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.200	1.500	1.250
BS-T/A	1.150	1.000	1.200	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.250	1.500	1.250

Teilsicherheitsbeiwerte Grundbruchsicherheit (GEO):

Berechnung mit Nachweisverfahren 2

Kombination 1 mit Teilsicherheitsbeiwerten der Gruppen A1 + M1 + R2

γ	G,dst	G,stb	Q,dst	Q,stb	φ	c	cu	γ	Ep	R,v
BS-P	1.350	1.000	1.500	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.400	1.400
BS-T	1.200	1.000	1.300	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.300	1.300
BS-A	1.100	1.000	1.100	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.200	1.200
BS-T/A	1.150	1.000	1.200	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.250	1.250

Teilsicherheitsbeiwerte Gleitsicherheit (GEO):

Berechnung mit Nachweisverfahren 2

Kombination 1 mit Teilsicherheitsbeiwerten der Gruppen A1 + M1 + R2

γ	G,dst	G,stb	Q,dst	Q,stb	φ	c	cu	γ	Ep	R,h
BS-P	1.350	1.000	1.500	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.400	1.100
BS-T	1.200	1.000	1.300	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.300	1.100
BS-A	1.100	1.000	1.100	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.200	1.100
BS-T/A	1.150	1.000	1.200	0.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.250	1.100

Datei: 2627sSO201209_Gabionen_

Teilsicherheitsbeiwerte Geländebruch (GEO):

Berechnung mit Nachweisverfahren 3

Kombination 1 mit Teilsicherheitsbeiwerten der Gruppen A2 + M2 + R3

γ -	G,dst	G,stb	Q,dst	Q,stb	φ	c	cu	γ	Ep
BS-P	1.000	1.000	1.300	0.000	1.250	1.250	1.250	1.000	1.000
BS-T	1.000	1.000	1.200	0.000	1.150	1.150	1.150	1.000	1.000
BS-A	1.000	1.000	1.000	0.000	1.100	1.100	1.100	1.000	1.000
BS-T/A	1.000	1.000	1.100	0.000	1.125	1.125	1.125	1.000	1.000

Teilsicherheitsbeiwerte Gleichgewicht (EQU):

γ -	G,dst	G,stb	Q,dst	Q,stb	G,dst (Ea)
BS-P	1.100	0.900	1.500	0.000	1.100
BS-T	1.050	0.900	1.250	0.000	1.050
BS-A	1.000	0.950	1.000	0.000	1.000
BS-T/A	1.025	0.925	1.125	0.000	1.025

γ -	Teilsicherheitsbeiwert für...
G,dst	Ungünstige ständige Einwirkungen
G,stb	Günstige ständige Einwirkungen
Q,dst	Ungünstige veränderliche Einwirkungen
Q,stb	Günstige veränderliche Einwirkungen
φ	Reibungsbeiwert $\tan(\varphi)$
c	Kohäsion c
cu	Kohäsion undränert cu
γ	Wichte
Ep	Erdwiderstand
R,h	Gleitwiderstand
R,v	Grundbruchwiderstand
C	Materialsicherheit Beton
M2	Materialsicherheit Gabionendraht

*** Hinweis: Mindesterdruddruck ($c=0$, $\Phi=40.0^\circ$) wird berücksichtigt.*** Hinweis: Interne Sicherheit wird nach der Felleniusregel bestimmt (Φ -C-Reduktion).**Lastfall 1 (Typ BS-T)****Äußere Standsicherheit****Sohldrucknachweis (klaffende Fuge, Kippen) (charakteristisch)**

Nachweis für Gesamtlasten:

Fiktive Fundamentunterkante: $x_1=7.11$ $z_1=-0.39$ $x_2=8.61$ $z_2=-0.39$ Ersatzwand: (x_2, z_2) bis $x_3=9.27$ $z_3=2.71$

Lasten aus [kN/m]	horizontal	vertikal	My
Wand + Boden	0.0	-71.6	29.7
Linienlasten	0.0	0.0	0.0
Streifenlasten	0.0	0.0	0.0
Erddruck	-34.8	-5.3	-36.6 (bei $x=8.86, z=0.81, \alpha=12.0^\circ$)

Summe der Kräfte $F_x=-34.8$ $F_z=-76.9$ $M_y=-6.9$ Breite $b=1.50$ m, Ausmitte $e=-6.92 / -76.92 = 0.09$ m**Kippsicherheit: Last im Kern $e < b/6$ ($e < 0.25$)** $\sigma_{Max} = -69.44$ kN/m², $\sigma_{Min} = -32.79$ kN/m²

Datei: 2627sSO201209_Gabionen_

Nachweis für ständige Lasten:

Fiktive Fundamentunterkante: $x_1= 7.11$ $z_1= -0.39$ $x_2= 8.61$ $z_2= -0.39$

Ersatzwand: (x_2, z_2) bis $x_3= 9.27$ $z_3= 2.71$

Lasten aus [kN/m]	horizontal	vertikal	My
Wand + Boden	0.0	-71.6	29.7
Linienlasten	0.0	0.0	0.0
Streifenlasten	0.0	0.0	0.0
Erddruck	-30.3	-4.7	-30.6 (bei $x= 8.85, z= 0.77, \alpha= 12.0^\circ$)

Summe der Kräfte $F_x= -30.3$ $F_z= -76.3$ $M_y= -0.9$

Breite $b = 1.50$ m, Ausmitte $e = -0.91 / -76.27 = 0.01$ m

Kippsicherheit: Last im Kern $e < b/6$ ($e < 0.25$)

$\sigma_{Max} = -53.08$ kN/m², $\sigma_{Min} = -48.28$ kN/m²

Nachweis der Lagesicherheit (GZ EQU)

Kippachse: $x= 7.11$ $z= -0.39$ $M_{d,dst} = 41.14 < M_{d,stb} = 44.87$ Nachweis erfüllt.

Gleitnachweis (NW-V.2)

Nachweis für Gesamtlasten maßgebend:

Charakteristische Werte:

Fiktive Fundamentunterkante: $x_1= 7.11$ $z_1= -0.39$ $x_2= 8.61$ $z_2= -0.39$

Ersatzwand: (x_2, z_2) bis $x_3= 9.27$ $z_3= 2.71$

Lasten aus [kN/m]	horizontal	vertikal	My
Wand + Boden	0.0	-71.6	29.7
Linienlasten	0.0	0.0	0.0
Streifenlasten	0.0	0.0	0.0
Erddruck	-34.8	-5.3	-36.6 (bei $x= 8.86, z= 0.81, \alpha= 12.0^\circ$)

Summe der Kräfte $F_{x,d} = -42.2$ kN/m $F_z = -78.0$ kN/m

Ausnutzungsgrad Gleiten $T_d/R_{td} = 42.2 / (78.0 \cdot \tan(32.00)/1.100) = 0.95 < 1.0$: Nachweis erfüllt.

Grundbruchnachweis (NW-V.2)

Belastung:

		Charakteristisch	Bemessungswerte
Vertikal	V	= 76.92 kN/m	92.36 kN/m
Horizontal	H	= -34.84 kN/m	-42.20 kN/m
Moment	My	= -103.74 kNm/m	-8.80 kNm/m
Einbindetiefe t	=	0.76 m	
Ersatzbreite b'	=	1.33 m	
Fundamentlänge a'	=	15.00 m	
Böschungsgeometrie: $dx_1=0.00$ $dx_2=0.17$ $dz=-0.07$			
Böschungsneigung	=	5.69 °	
Hinweis: Die Böschungshöhe wurde auf 1/3 der verbleibenden Breite der Grundbruchfigur mit $b = 1.99$ m angesetzt, da DIN 4017 für unendlich ausgedehnte Böschungen gilt.			
Neigung der Resultierenden $\tan(\delta_s)=T/N$	=	0.45	
Maßg. Bodenkennwerte:			
γ oberhalb Gründungssohle	=	21.70 kN/m ³	21.70 kN/m ³
γ unterhalb Gründungssohle	=	20.00 kN/m ³	20.00 kN/m ³
Reibungswinkel φ	=	32.50 °	32.50 °
Kohäsion c	=	0.00 kN/m ²	0.00 kN/m ²
Tragfähigkeitsbeiwerte N_{c0}, N_{d0}, N_{b0}	=	37.02 24.58 15.03	
Formfaktoren v_{c0}, v_{d0}, v_{b0}	=	1.05 1.05 0.97	
Lastneigungsbeiwerte i_{c0}, i_{d0}, i_{b0}	=	0.29 0.31 0.17	
Geländeneigungsbeiwerte $\lambda_{c0}, \lambda_{d0}, \lambda_{b0}$	=	0.88 0.82 0.74	
Sohlneigungsbeiwerte $\xi_{c0}, \xi_{d0}, \xi_{b0}$	=	1.00 1.00 1.00	
Breite der Grundbruchfigur	=	3.31 m	

Datei: 2627sSO201209_Gabionen_

Tiefe der Grundbruchfigur = 0.70 m

Beanspruchung $N_d = 1385.4$ kN
 Grundbruchwiderstand $R_d = 2450.4$ kN
 $N_d/R_d = 0.57 < 1.0$: Nachweis erfüllt.

Gleitkreisnachweis Lastfall 1 (NW-V.3)

Horizontale Verkehrslasten wirken nur, falls sie ein rechtsdrehendes Moment erzeugen.
 Vertikale Verkehrslasten wirken nur, falls sie ein rechtsdrehendes Moment erzeugen und außerhalb $R \cdot \sin(\varphi)$ liegen.

Kreisgeometrie (alle Längen- und Koordinatenangaben in [m])
 Mittelpunkt = (9.72, 7.37), Radius = 4.22
 Startpunkt = (9.86, 3.16), Endpunkt = (12.56, 4.26)
 Iteration des Gleitkreises: Schnitte mit Frontseite wurden ausgeschlossen.

Einwirkungen $E_d = 6.5 \cdot 4.2 + -0.0 + 0.0 + 0.0 + 0.0 = 27.5$ kNm
 Widerstände $R_d = 6.9 \cdot 4.2 + 0.0 = 28.9$ kNm
 $E_d/R_d = 0.95 < 1.0$: Nachweis erfüllt.

Nachweise der Wand (NW-V.2)

Wichte der Wand = 18.00 kN/m³
 Geometrie der Ersatzwand zur Berechnung des aktiven Erddruckes: Kopf x= 9.27 z= 2.71 Fuss x= 8.77 z= 0.75
 Reibungsbeiwert zwischen den Wandabschnitten $\mu = 0.600$ [-]
 h_d horizontale Wandlast (Max(aktiver - passiver Erddruck,0) + Wasserdruck)
 v_k vertikale Last auf Wand (vertikaler Anteil aktiver Erddruck + Wandgewicht)
 T_d/R_{td} Ausnutzungsgrad Gleiten $T_d/R_{td} = Q_d / (N_k \cdot \mu / \gamma_{G1})$
 N_k, M_k N_k, M_k für e aus charakteristischen Größen berechnet (ständige und Verkehrslasten)
 e Ausmitte e = M_k / N_k

x	z	h_d	v_k	N_d	Q_d	M_d	T_d/R_{td}	N_k	M_k	e	e im Kern?
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN]	[kN]	[kNm]	[-]	[kN]	[kNm]	[cm]	
8.77	2.71	1.0	18.1	0.0	0.0	0.0	-	0.0	0.0	0.0	
8.66	1.73	10.2	19.0	-21.8	-6.3	-1.0	0.64 < 1.00	-18.2	-0.8	4.6	4.6 < 100/ 3
8.38	1.73	10.2	19.0	-21.8	-6.3	5.2	-	-18.2	4.4	-24.2	-24.2 < 100/ 3
8.27	0.75	16.9	19.7	-44.3	-19.6	-2.7	0.97 < 1.00	-36.9	-2.1	5.7	5.7 < 100/ 3

N_k, M_k für e aus charakteristischen Größen berechnet (nur ständige Lasten)

x	z	N_k	M_k	e	e im Kern?
[m]	[m]	[kN]	[kNm]	[cm]	
8.77	2.71	0.0	0.0	0.0	
8.66	1.73	-18.0	-0.4	2.4	2.4 < 100/ 6
8.38	1.73	-18.0	4.8	-26.3	-26.3 < 100/ 6
8.27	0.75	-36.6	0.0	0.0	-0.0 < 100/ 6

Datei: 2627sSO201209_Gabionen_

Nachweis der Lagesicherheit (GZ EQU)

x, z: Koordinaten der Kippachse
 M_{d,dst}: Destabilisierendes Moment (pos. gegen den Uhrzeigersinn)
 M_{d,stb}: Stabilisierendes Moment (pos. im Uhrzeigersinn)
 Teilsicherheiten: $\gamma_{G,stb} = 0.900, \gamma_{G,dst} = 1.050, \gamma_{Q,stb} = 0.000, \gamma_{Q,dst} = 1.250$

x	z	M _{d,dst}	M _{d,stb}	
[m]	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	
8.16	1.79	1.58	8.76	Nachweis erfüllt.
7.77	0.81	12.42	23.75	Nachweis erfüllt.

Innere Standsicherheit Gabionen (Drahtgitter) (NW-V.2)

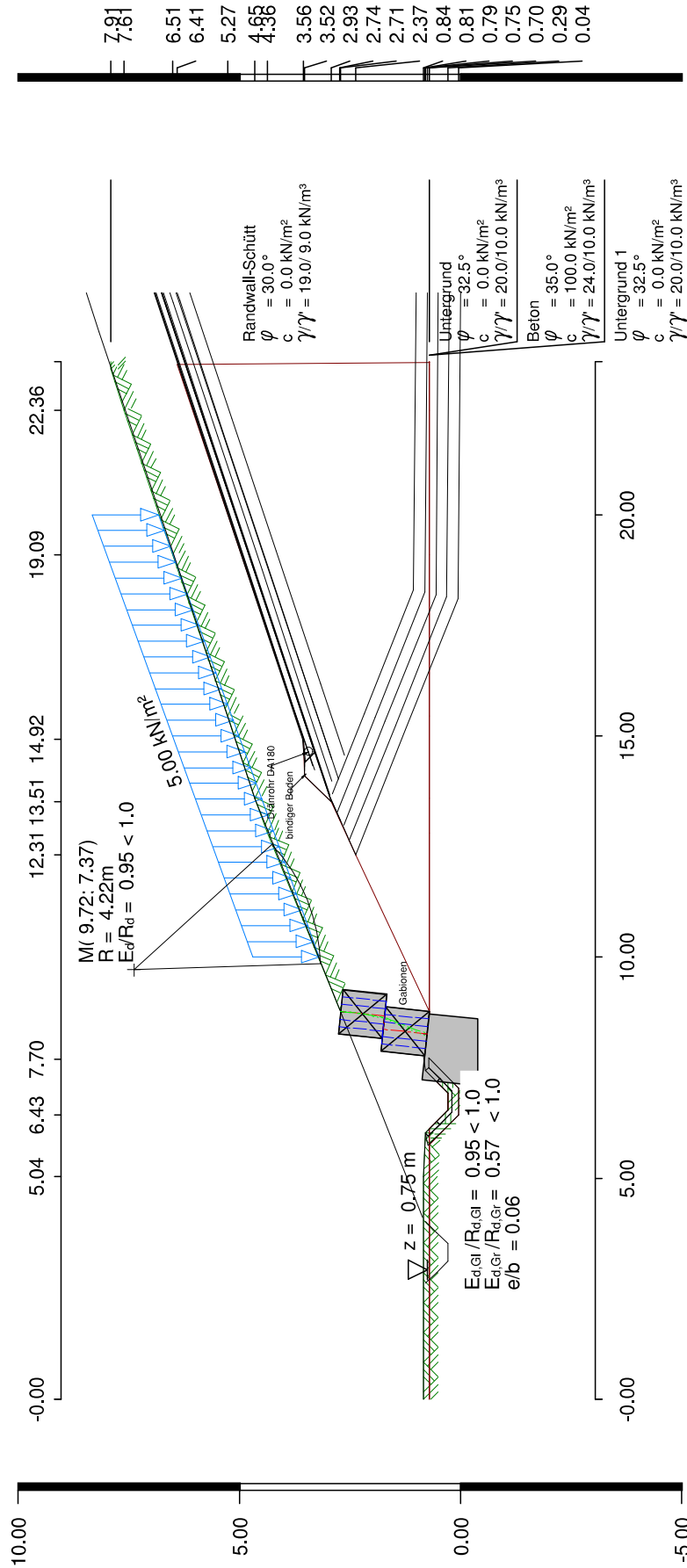
h_o, h_u: horizontale Wandlast aus Erddruck bei z_o, z_u
 σ_{vu}: vertikale Spannung bei z_u
 h_{io}, h_{iu}: horizontale Last aus Innenerddruck der Gabione bei z_o, z_u
 Innenerddruck = σ_{vu} * k_{agh} Füllmaterial
 H_{Res ou}: Resultierende Wandlast [=MAX(Summe(h), Summe(hi))] von z_o bis z_u
 f_{y,k}: Zugfestigkeit Draht [N/mm²]
 γ_{M2}: Abminderungsfaktor Zugfestigkeit Draht = 1.250
 d_w: Abstand Gabionendraht
 ds_{min}: Erforderlicher Drahtdurchmesser = 2*Wurzel(H_{ou} / (f_{y,k}/γ_M)*d_w/PI)
 ds_{gew}: Gewählter Drahtdurchmesser

Gabione	z _o	z _u	h _o	h _u	σ _{vu}	h _{io}	h _{iu}	H _{Res ou}	f _{y,k}	d _w	ds _{min}	ds _{gew}
	[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[kN/m]	[N/mm ²]	[mm]	[mm]	[mm]
2	2.71	1.75	0.00	0.00	-21.3	0.00	7.10	3.41	450	80	1.0	< 2.7
1	1.75	0.75	0.00	0.00	-44.3	7.10	14.75	10.93	450	80	1.8	< 2.7

Datei: 2627sSO201209_Gabionen_

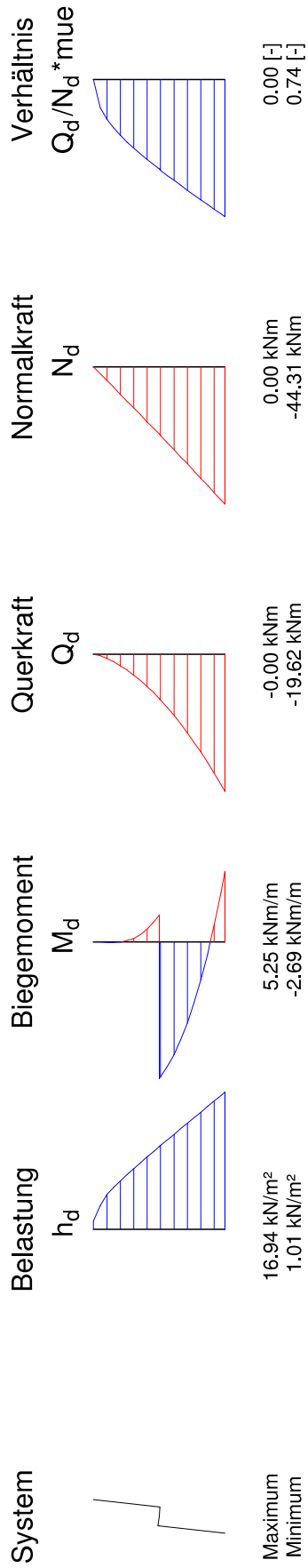
von 11

Lastfall 1



- Schwerachse
- Kernweite
- Stützlinie
- Volllast
- Lasten

Datei: 2627sSO201209_Gabionen_



Datei: 2627sSO201209_Gabionen_

Zusammenfassung

Alle geführten Nachweise sind erfüllt.

Deponie Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie")

- Optimierung der Verfüllgeometrie –

Standortsicherheitsnachweise für die Sickerwasserrohre unter Ansatz der höheren Auflastspannungen

Auftraggeber:



SAVAG - Südhessische Abfallverwertungs GmbH
Auf der Hardt / An der B 42, 64572 Büttelborn

Planung und
geotechn. Beratung:

ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH
Ferdinand-Porsche-Ring 1, 63110 Rodgau

Genehmigungsbehörde:

RP Darmstadt, Abteilung Arbeitsschutz und Umwelt Darmstadt
64278 Darmstadt

Unser Zeichen:

2627gSo200904-Rohrstatiken.docx

Seiten:

10

Anlagen:

4

Datum:

17. September 2020

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Vorgang	5
2. Randbedingungen	6
2.1 Rohrleitungen und Überdeckungshöhen	6
2.2 Belastungen	7
2.3 Auflager- und Bettungsbedingungen.....	7
2.4 Materialkennwerte in Abhängigkeit von Rohrwand-Temperaturen.....	8
3. Statische Nachweise	9
3.1 Allgemeines	9
3.2 Zusammenstellung der Ergebnisse	9
4. Zusammenfassende Bewertung und Hinweise	10

Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lagepläne und Schnitte
Anlage 1.1	Deponie-Basisabdichtung mit Sickerwasserleitungen (= Plan G 3.2 zu Planfeststellungsantrag [14] mit Ergänzung der Sickerwassersammler-Rohrquerschnitte, DIN-A3-Verkleinerung)
Anlage 1.2	Optimierte Verfüllgeometrie - Lage- und Höhenlinienplan (= Plan G 4.2 zu Planfeststellungsantrag [14], DIN-A3-Verkleinerung)
Anlage 1.3	Schnitte Gesamtdeponie (Genehmigungsbestand und optimierte Geometrie) (= Plan G 5.5 zu Planfeststellungsantrag)
Anlage 2	Regeldetails Ausbildung Rohraufleger
Anlage 2.1	Rohraufleger Deponiefelder 6 + 7
Anlage 2.2	Rohraufleger Deponiefelder 8 + 9
Anlage 3	Temperaturprofile in den Sickerwassersammlern
Anlage 4	Standortsicherheitsberechnungen zu den Rohrleitungen
Anlage 4.1	Sickerrohr DA 355 SDR 7,4
Anlage 4.2	Sickerrohr DA 315 SDR 11
Anlage 4.3	Sickerwasserdruckleitung DA110 SDR 7,4

Verzeichnis der verwendeten Unterlagen

Genehmigungen und genehmigungsrelevanter Schriftverkehr

- [1] Planfeststellungsbeschluss für die Errichtung und den Betrieb einer Abfallentsorgungsanlage in Büttelborn – Auf der Hardt-", RP Darmstadt, V 39 d –79 n 08/11-Bütt., 05.06.1989
- [2] Änderungs- u. Ergänzungsbescheid zu Erweiterung / Ausbau der östlichen Deponiefelder 6-10 im planfestgestellten Bereich der Deponie Büttelborn zur Deponieklasse II u. zur Ablagerung von Inertabfällen sowie zur Betriebsverlängerung bis 31.12.30 (AZ: IV/DA 42.2–100g 18/03-SAVAG-DKII); 02.12.2008
- [3] Änderungs- und Ergänzungsbescheid zum geänderten Ausbau der östlichen Deponiefelder 6-10 und Inbetriebnahme (AZ: IV/Da 42–100g 18/03-SAVAG-DK II-1-); 23.11.2009
- [4] Änderungsgenehmigungsbescheid zu Änderung des Ausbaues der Deponiefelder 6 - 10 der SAVAG-Deponie Büttelborn, hier: Anbindung an die Böschung der Riedwerke-Deponie (Anpassung Verfüllgeometrie, Verfüllung, Deponieoberflächenabdichtung und Rekultivierung; AZ: IV/DA-42.2 -100g 18.03-SAVAG-DKII/Bö/Oberfl.-6-), 15.06.2016
- [5] Bestätigung Abfallrechtliche Anzeige zur Anpassung der Grundrissgeometrie Basisabdichtung im Feld 9. Schreiben des RP Darmstadt (Az IV/Da 42.2-100 g 08/3-2019/1), 10.06.2020

Sonstige Projektbezogene Unterlagen:

- [6] Zentrale Abfallbeseitigungsanlage - Kreismülldeponie Büttelborn: Erläuterungsbericht (Heft 1 der Unterlagen zum Planfeststellungsantrag). Aufgestellt von Dipl.-Ing. Horst Unger, Darmstadt, 20.10.1987
- [7] Unger Ingenieure, Abfallzentrum Büttelborn, Ausbau der östlichen Deponiefelder 6 bis 10, – Genehmigungsplanung -, Homberg Efze, Mai 2008
- [8] Abfallzentrum Büttelborn - Ausbau der östlichen Deponiefelder 6-10: Standsicherheitsnachweise für die Sickerwasserrohre. ISK, Rodgau, 02.07.2009 [ISK-Dok.-Nr. 1742gMI090701_Rohrstatik.doc]
- [9] Abfallzentrum Büttelborn: Änderungsgenehmigungsantrag und Erläuterungen zur Ausführungsplanung, Ausbau östl. Deponiefelder 6 bis 10. ISK, Rodgau, 07.07.2009 [ISK-Dok.-Nr. 1742gBr090626]
- [10] Abfallzentrum Büttelborn, Ausbau der östlichen Deponiefelder 6-10: Bau des Basisabdichtungssystems im 'Feld 8' - Erläuterungen zur Ausführungsplanung. ISK, Rodgau, 17.04.2014 [ISK-Dok.-Nr. 2103gBr140106_Erläuterungsbericht]
- [11] Dep. Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie") - Verfüllung, Oberflächenabdichtung und Rekultivierung: Erläuterungsbericht mit Umweltverträglichkeits-Vorprüfung zur Genehmigungsplanung und Änderungsgenehmigungsantrag. ISK, Rodgau, 16.11.15 [ISK-Dok.-Nr. 2350gBr150213_Antrag_OFA_mit_UVP]
- [12] Deponie Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie") – Anpassung Grundrissgeometrie Basisabdichtung im Feld 9. Abfallrechtliche Anzeige mit Erläuterungsbericht. Aufgestellt von: ISK, Rodgau, 15.05.2020 [ISK-Dok.-Nr. 2627gBr200233-Anzeige-Anpassung-Feld-9]
- [13] Abfallzentrum Büttelborn - Ausbau der östlichen Deponiefelder 6-10, Bau des Basisabdichtungssystems im Deponiefeld 9: Ausführungsplanung. Aufgestellt von: ISK, Rodgau, Stand 24.04.2020
- [14] Deponie Büttelborn, BA 3 bis BA 5 ("SAVAG-Deponie") - Optimierung der Verfüllgeometrie: Erläuterungsbericht zur Entwurfsplanung und Änderungsgenehmigungsantrag (Entwurf). Aufgestellt von ISK, Rodgau, Stand 24.04.2020:

Verordnungen, Normen, Regelwerke:

- [15] Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrwG) vom 24.02.2012 (BGBl. I S. 212), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 9 des Gesetzes vom 20.07.2017 (BGBl. I S. 2808)
- [16] Verordnung über Deponie und Langzeitlager (Deponieverordnung – DepV) vom 27.04.2009, zuletzt geändert am 27.09.2017

- [17] DIN 4266-1: Sickerrohre für Deponien – Teil 1: Sickerrohre aus PE und PP; November 2011
- [18] DIN 19 667: 2015-08: Dränung von Deponien, Planung, Bauausführung und Betrieb
- [19] DIN EN 1997-1:2014-3; EN 1997-1:2004+AC:2009+A1:2013(D): Eurocode 7 – Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln; März 2014
- [20] Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127: Statische Berechnungen von Abwasserkanälen u. –leitungen, 3. korrigierte Auflage, August 2000, Nachdruck 4/2008
- [21] ATV-M 127 Teil 1: Richtlinie für statische Berechnung v. Entwässerungsleitungen für Sickerwasser aus Deponien, Ergänzung zum Arbeitsblatt ATV-A 127, März 1996

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Abfall, LAGA Ad-hoc-AG Deponietechnik:
Bundeseinheitliche Qualitätsstandards (BQS):

- [22] BQS 8-1 "Rohre, Rohrleitungsteile, Schächte und Bauteile in Basis- und Oberflächenabdichtungssystemen von Deponien", 28.07.2017
- [23] SKZ/TÜV – LGA Güterrichtlinie „Rohre, Schächte und Bauteile in Deponien“, 2017

1. Vorgang

Die Südhessische Abfall-Verwertungs GmbH (SAVAG) betreibt den Ausbau der auf dem Abfallzentrum Büttelborn vorhandenen Deponie, die bisher aus den realisierten Deponiefeldern 1 bis 8 besteht. Die Deponiefelder 1 bis 5 werden von den Riedwerken Kreis Groß-Gerau bzw. in deren Auftrag von der Abfallwirtschafts-Service GmbH (AWS) betrieben. Dieser (noch mit unvorbehandeltem Hausmüll beschickte) Teil der Deponie wird im Folgenden mit 'Riedwerke-Deponie' bezeichnet. Der weitere Ausbau der Deponie um die Deponiefelder 6 bis 10 wurde der Südhessischen Abfallwirtschafts GmbH (SAVAG) übertragen; dieser (nur noch mit mineralischen bzw. mineralisierten Abfällen zu beschickende) Teil der Deponie wird im Folgenden mit 'SAVAG-Deponie' bezeichnet. Mit dem Betrieb der SAVAG-Deponie ist ebenfalls die AWS beauftragt.

Auf Grundlage der seit dem 16.07.2009 geltenden neuen Deponieverordnung [16] und zur technisch-wirtschaftlichen Optimierung des Basisabdichtungssystems wurden im Rahmen der Ausführungsplanung zum Bau der Basis- und Zwischenabdichtung in den Deponiefeldern 6 bis 10 weitere technische und geometrische Anpassungen geplant und mit dem Änderungs- und Ergänzungsbescheid vom 23.11.2009 [3] genehmigt.

In den Jahren 2009 bis 2011 wurde die Basisabdichtung in den Deponiefeldern 6 und 7 sowie der erste Teilabschnitts der Zwischenabdichtung auf der Übergangsböschung zu der Riedwerke-Deponie realisiert. Der Bau des Basisabdichtungssystems im Deponiefeld 8 erfolgte in den Jahren 2014/15. Seither werden die Felder 6 bis 8 mit mineralischen Abfällen verfüllt und aktuell ist das Basisabdichtungssystem im Feld 9 im Bau.

In Anbetracht des zunehmenden Mangels an DK-I- und DK-II-Deponieraums im Rhein-Main-Gebiet soll auf der SAVAG-Deponie - innerhalb des planfestgestellten Deponiegeländes und somit ohne Inanspruchnahme zusätzlicher, außerhalb der Planfeststellungsgrenze liegender Flächen - durch Anpassung des Grundrisses der Ablagerungsflächen in den Feldern 9 und 10 sowie durch eine über die bisher genehmigte Verfüllhöhe hinaus gehende Abfallablagerung zusätzlicher Deponieraum geschaffen werden, was Gegenstand der Genehmigungsplanung [14] ist.

Die größere Endverfüllhöhe soll auf allen Deponiefeldern der SAVAG-Deponie realisiert werden mit einer maximalen OK Ablagerung bei ca. 143 mNN (entsprechend der Maximal-Ablagerungshöhe auf der Riedwerke-Deponie). Im mittleren Bereich der SAVAG-Deponie entspricht dies zusätzlichen Ablagerungshöhen von bis zu 16 m. Bis zur Höhenlinie 121 mNN bleiben die Böschungsneigungen (und damit auch die Ablagerungshöhen) im Regelfall unverändert mit Ausnahme des Feldes 10 (und in geringem Umfang die östliche Hälfte des Feldes 9), in dem sich aus dem optimierten Grundriss der basisabgedichteten Ablagerungsfläche veränderte Ablagerungshöhen (bei gleichbleibenden maximalen Böschungsneigungen des Deponiekörpers) ergeben.

Aufgrund der zu beantragenden größeren Ablagerungshöhen in der SAVAG-Deponie sind von den eingebauten bzw. noch einzubauenden Sickerwasserrohren entsprechend größere Auflasten aufzunehmen, wofür diese statisch nachzuweisen sind. Mit dem Aufstellen der an die höheren Belastungen angepassten statischen Nachweise beauftragte die SAVAG GmbH die ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH.

Im Folgenden werden die Randbedingungen für die statischen Nachweise der Sickerwassersammler-Rohre dokumentiert.

2. Randbedingungen

2.1 Rohrleitungen und Überdeckungshöhen

Zu den, in den Feldern 6 bis 8 des Basisabdichtungssystems der SAVAG-Deponie eingebauten, Sickerwasserdränage- und -druckleitungen liegen bereits die statischen Nachweise vom 02.07.2009 [8] vor, bei denen die nachstehend aufgeführten maximalen Überdeckungshöhen (entsprechend der bisher genehmigten Verfüllplanung) zugrunde gelegt wurden:

Rohrleitung	Max. Überdeckungshöhe über OK Basisabdichtung (inkl. 2 m Oberflächenabdichtungssystem und 1 m Rigole)
Sickerwasserdränagerohr im mittleren Deponiebereich Da 355 SDR 7,4	38 m
Sickerwasserdränagerohr im Randbereich der Deponie Da 315 SDR 11	28,5 m
Sickerwasser-Druckleitung von Schacht S6-N zum Schacht S6-S Da 110 SDR 7,4	38 m

Tabelle 1: Zusammenstellung der im Bericht vom 02.07.2009 [8] statisch nachgewiesenen Rohrquerschnitte und Überdeckungshöhen

Die maximalen Überdeckungshöhen der Leitungen ändern sich mit der (zu beantragenden) optimierten Geometrie des Deponiekörpers wie in nachstehender Tabelle angegeben:

Rohrleitung	Änderung max. Überdeckungshöhe über OK Basisabdichtung (inkl. 2 m Oberflächenabdichtungssystem und 1 m Rigole)
Sickerwasserdränagerohr im mittleren Deponiebereich Da 355 SDR 7,4	50 m (statt bisher 38 m)
Sickerwasserdränagerohr im Randbereich der Deponie Da 315 SDR 11	29,5 m (statt bisher 28,5 m) *)
Sickerwasser-Druckleitung von Schacht S6-N zum Schacht S6-S Da 110 SDR 7,4	50 m (statt bisher 38 m)

*) Ansatz größere Dicke des Oberflächenabdichtungssystems, weil Regelaufbau auf Nordseite bis zu 2,75 m \approx 3 m dick

Tabelle 2: Zusammenstellung der Überdeckungshöhen der Rohrquerschnitte bei optimierter Verfüllgeometrie

2.2 Belastungen

Im Wesentlichen werden die Belastungen der Rohrquerschnitte von der Wichte der abgelagerten bzw. der noch abzulagernden Abfälle bestimmt. Für die zur Ablagerung zugelassenen mineralischen Abfälle ("Inertmaterialien", wie z.B. Erdaushub, Bauschutt und Schlacken) wurde in den statischen Nachweisen vom 02.07.2009 [8] eine auf der sicheren Seite liegende Einbauwichte zugrunde gelegt von

$$\text{cal } \gamma_{\text{Abfall}} = 19 \text{ kN/m}^3.$$

Obwohl die im Rahmen des bisherigen Betriebs der Deponie regelmäßig aus den flächigen (per Drohnenbefliegung gewonnenen) Vermessungsdaten und der Ablagerungsmengen-Erfassung berechnete tatsächliche Einbaudichte mit im Mittel $1,69 \text{ t/m}^3$ (entsprechend einer Einbauwichte von vorh. $\gamma_{\text{Abfall}} = 17 \text{ kN/m}^3$) deutlich unter diesem Wert liegt, wird dieser Wichte-Ansatz (auf der sicheren Seite liegend) in den neu aufzustellenden Berechnungen beibehalten.

Ebenfalls nicht verändert wird die in [8] angesetzte (mittlere) Wichte der Kiesrigole und des Oberflächenabdichtungssystems von:

$$\text{cal } \gamma_{\text{min.Dichtung/Kies}} = 19 \text{ kN/m}^3$$

Darüber hinaus wird - wie bereits in [8] - eine Befahrung mit einem SLW 60 angesetzt.

2.3 Auflager- und Bettungsbedingungen

Die in den Deponiefeldern 6 bis 9 ausgeführten Bettungen der Sickerwassersammler ist in Anlage 2.1 für die Felder 6 und 7 und in Anlage 2.2 für die Felder 8 und 9 dargestellt. Die Einbaubedingungen unterscheiden sich nur dahingehend, dass die in den Feldern 5 und 6 eingebaute Schutzlage aus verpacktem Sand ("Sandschutzmatte") in den Feldern 8 und 9 durch eine 15 cm dicke mineralische Schutzschicht aus aufbereiteter Schlacke (Körnung 0/2) ersetzt wurde, was die Bettungsbedingungen der Rohre nur unwesentlich beeinflusst.

Die nur entlang dem Sammler des Feldes 6 eingebaute Sickerwasser-Druckleitung (von Schacht S6-N zum Schacht S6-S mit Querschnitt Da 110 SDR 7,4) ist vollständig in der Kiesrigole (Körnung 16/32) gebettet (siehe Anlage 2.1).

In allen Nachweisen wird der gemäß ATV zulässige und nach DIN 19667 für die Bauausführung gültige Auflagerwinkel $2 \alpha = 120^\circ$ angesetzt (analog Ansatz in [8]).

Die Verdichtungsgrade für die gemäß DIN 19667 mindestens 20 cm dicke Auflagerschicht aus Brechkorn 2/8 (siehe Anlage 2), für die mineralische Dichtung (einschließlich mineralischer Schutzschicht) sowie für den Untergrund wird - jeweils auf der sicheren Seite liegend - mit $D_{Pr} \geq 95 \%$ angesetzt.

2.4 Materialkennwerte in Abhängigkeit von Rohrwand-Temperaturen

Die Materialkennwerte der PEHD-Rohre wurden für die Berechnung der ATV A 127 entnommen.

In den statischen Nachweisen vom 02.07.2009 [8] wurde für die Berechnungen eine Bemessungstemperatur von maximal 40 C über einen Zeitraum von 50 Jahren angesetzt, was dem bei Deponien für unvorbehandelten Müll üblichen Ansatz entspricht. Mangels Kenntnis und Prognosemöglichkeit von Zusammensetzung und Temperaturentwicklung bei den auf der SAVAG-Deponie abzulagernden mineralischen Abfällen wurde dieser auf der sicheren Seite liegende Ansatz zugrunde gelegt.

Mittlerweile liegen nach über 10-jähriger Betriebszeit der SAVAG-Deponie entsprechende Erfahrungswerte zu den Temperaturen im Bereich der Sickerwasserrohre vor, die in den als Anlage 3 beiliegenden Temperaturprofilen vom Januar 2020 dokumentiert sind. Im Zuge der TV-Befahrungen der Sickerwassersammlerrohre wurden die in nachstehender Tabelle zusammengestellten Maximaltemperaturen gemessen:

Sammler / Leitungsstrecke	gemessene Maximaltemperatur	Temperaturprofil siehe ...
Siwa-Sammler SW 8.2 (Süd)	18,1°C	Anlage 3, Blatt 1
Siwa-Sammler SW 7.2 (Süd)	22,0°C	Anlage 3, Blatt 2
Verbindungsleitung SW 8.2 - SW 7.2	10,5°C	Anlage 3, Blatt 3
Verbindungsleitung SW 7.2 - SW 6.2	13,5°C	Anlage 3, Blatt 4
Verbindungsleitung SW 6.2 - PS 6-S	11,8°C	Anlage 3, Blatt 5
Siwa-Sammler SW 6.2 (Süd)	20,8°C	Anlage 3, Blatt 6
Verbindungsleitung SW 6.1 - PS 6-N	9,9°C	Anlage 3, Blatt 7
Siwa-Sammler SW 6.1 (Süd)	17,7°C	Anlage 3, Blatt 8

Tabelle 3: Maximaltemperaturen in Sickerwasserrohren (gemessen bei TV-Befahrung im Januar 2020)

Aufgrund dieser Erfahrungswerte vom 10-jährigen Betrieb der SAVAG-Deponie wird die Bemessungstemperatur bei den neuen statischen Berechnungen mit 30°C über einen Zeitraum von ebenfalls 50 Jahren angesetzt, was immer noch deutlich auf der sicheren Seite liegt.

Der Sickerwassereinfluss wird - wie bereits in den statischen Nachweisen vom 02.07.2009 [8] - in Anlehnung an ATV M 127 mit einem Abminderungsfaktor für den Medieneinfluss $A_{\text{Medium}} = 0,9$ berücksichtigt.

Für die Sickerwasserleitungen wurde - ebenfalls analog zu den Ansätzen in [8] - die ausgeführte 2/3 Schlitzung mit Schlitzbreiten $s = 10$ mm und Schlitzabständen $a = 140$ mm berücksichtigt.

In dem noch nicht ausgeführten Basisabdichtungssystem des Feldes 10 ist der Einbau der gleichen Rohre vorgesehen wie in den Feldern 6 bis 9 bereits erfolgt.

Die für die Sickerwassersammlerrohre angesetzten Parameter werden, bis auf den Ansatz der 2/3-Schlitzung, auch für die (parallel zum Sammler S6 eingebaute) Sickerwasserdruckleitung von Schacht S6-N zum Schacht S6-S mit dem Rohrquerschnitt DA 110 SDR 7,4 angewandt.

3. Statische Nachweise

3.1 Allgemeines

Die statischen Nachweise für die Rohrleitungen wurden nach ATV M 127 geführt. Bei den Verformungsnachweisen wurden die Normalkraftverformungen nach ATV M 127 mit berücksichtigt.

Die erforderlichen Sicherheiten wurden gemäß ATV M 127 wie folgt angesetzt:

$$\gamma_{bZ} = 2,5 \text{ (Biegezug)}$$

$$\gamma_{bD} = 1,5 \text{ (Biegedruck)}$$

Im Regelfall werden die Rohre (bei Bettung in Kies) als biegeweiche Rohre im Sinne der ATV A127 berechnet. Aufgrund der nicht hinreichend bekannten Scherfestigkeiten und Zusammendrückbarkeiten der vorgesehenen mineralischen Ablagerungen wurden die daraus resultierenden Auflastspannungen als schlaffe Lasten angesetzt, was sowohl für die Freispiegel-Sickerwasserleitungen als auch für die Druck-Sickerwasserleitung (aufgrund der damit vernachlässigten Lastumlagerung auf die Bereiche neben der Rohrtrasse = "Gewölbewirkung") auf der sicheren Seite liegt.

3.2 Zusammenstellung der Ergebnisse

Tabelle 4 enthält eine Zusammenstellung der statisch berechneten Rohrquerschnitte mit den für die Berechnungen jeweils zugrunde gelegten maximalen Überschüttungshöhen.

Im Einzelnen sind die Eingabedaten und Ergebnisse der Berechnungen in den Anlagen 4.1 bis 4.3 dokumentiert.

Rohrleitung	Max. Überdeckung über OK Rohr (optimierte Verfüllgeometrie inkl. 3 m Oberflächenabdichtungssystem und 1 m Rigole)	Berechnungs- dokumentation siehe ...	Stabilität / Standsicher- heit
Sickerwasserdränagerohr im mittleren Deponiebereich Da 355 SDR 7,4	50 m	Anlage 4.1	nachgewiesen
Sickerwasserdränagerohr im Randbereich der Deponie Da 315 SDR 11	29,5 m	Anlage 4.2	nachgewiesen
Sickerwasser-Druckleitung von Schacht S6-N zum Schacht S6-S Da 110 SDR 7,4	50 m	Anlage 4.3	nachgewiesen

Tabelle 4: Zusammenstellung der berechneten Rohrquerschnitte

Bei den Sickerwassersammlern ist somit aus statischer Sicht bis zu einer Abfall-Überschüttungshöhe von $h \leq 26,5$ m über OK Basisabdichtung der dünnwandigere Rohrquerschnitt DA 315 x 26,5 (SDR 11) ausreichend.

4. Zusammenfassende Bewertung und Hinweise

Die untersuchten PEHD-Rohrquerschnitte DA 355 SDR 7,4, DA 315 SDR 11 und DA 110 SDR 7,4 entsprechen unter den projektspezifischen Randbedingungen der für die SAVAG-Deponie zu beantragenden optimierten Verfüllgeometrie den statischen Anforderungen.

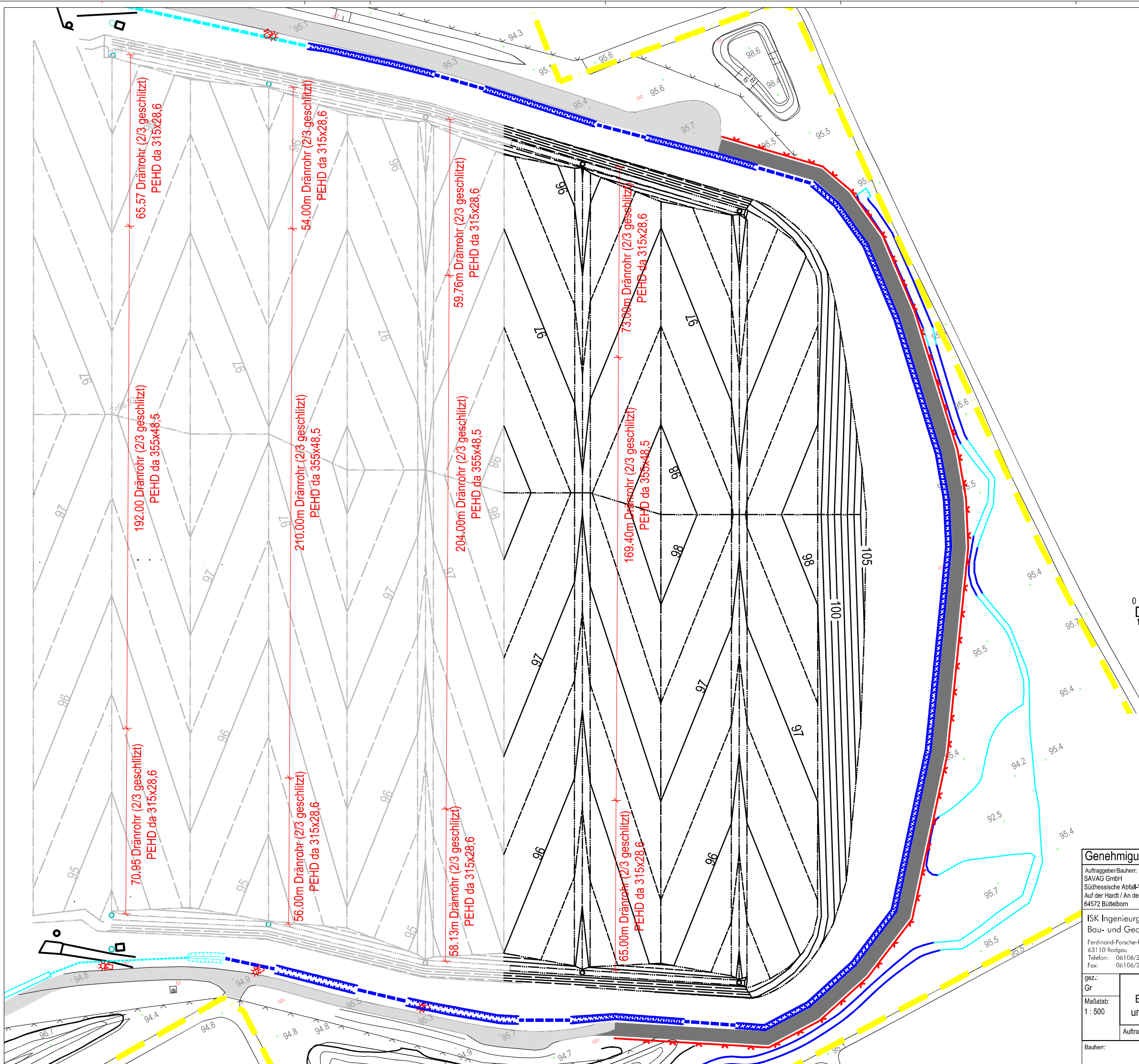
Aus den größeren Auflasten infolge der (zu beantragenden) optimierten Verfüllgeometrie ergeben sich für die betrachteten Rohrquerschnitte auch keine aus statischer Sicht gesondert zu bewertenden Bettungsbedingungen oder Einbindedetails (z.B. in Schachtbauwerke), denn in dem von den von der Optimierung betroffenen Bereich mit zusätzlichen Belastungen sind keine Schächte vorhanden.

Im Bereich der vorhandenen (bzw. im Feld 10 noch einzubauenden) Schächte sind die Setzungsdifferenzen im Bereich der Schachteinführungen aufgrund der dort (nach wie vor) geringen Ablagerungshöhen von nur ca. 4 m nicht beurteilungsrelevant.

ISK Ingenieurgesellschaft
für Bau- und Geotechnik mbH

Dipl.-Ing. Soldo

Dipl.-Ing. Bruhm



65.57m Dränrohr (2/3 geschlitz) PEHD da 315x28,6

54.00m Dränrohr (2/3 geschlitz) PEHD da 315x28,6

59.76m Dränrohr (2/3 geschlitz) PEHD da 315x28,6

73.88m Dränrohr (2/3 geschlitz) PEHD da 315x28,6

192.00m Dränrohr (2/3 geschlitz) PEHD da 355x48,5

210.00m Dränrohr (2/3 geschlitz) PEHD da 355x48,5

204.00m Dränrohr (2/3 geschlitz) PEHD da 355x48,5

169.40m Dränrohr (2/3 geschlitz) PEHD da 355x48,5

70.95m Dränrohr (2/3 geschlitz) PEHD da 315x28,6


56.00m Dränrohr (2/3 geschlitz) PEHD da 315x28,6

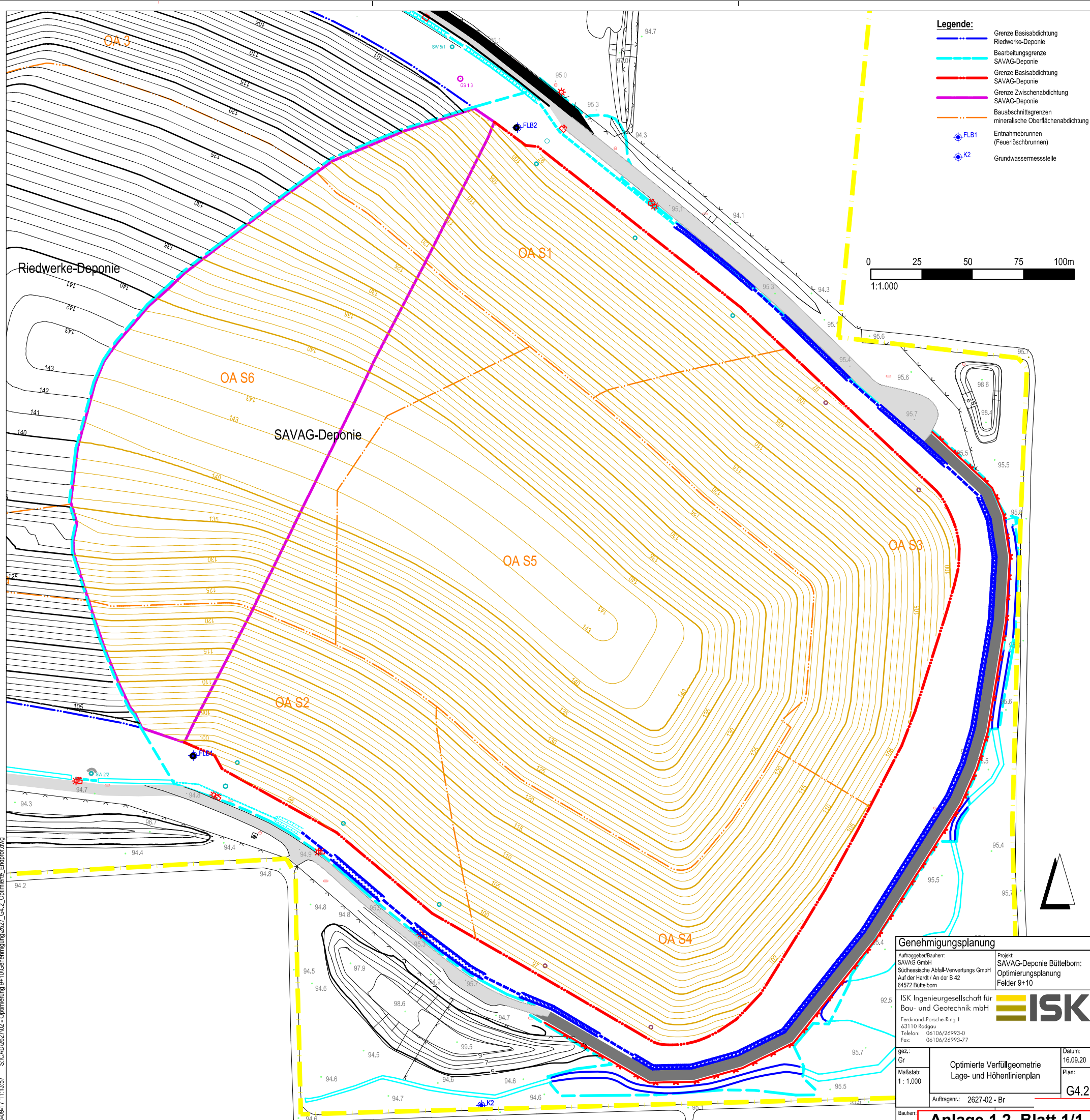
58.13m Dränrohr (2/3 geschlitz) PEHD da 315x28,6

65.00m Dränrohr (2/3 geschlitz) PEHD da 315x28,6




- Legende:**
- Planfeststellungsgränze
 - Umkleung Blindgraben auf Deponiegebäude (gestr.)
 - Deponie-Umfahrung / -flügel (gestr.)
 - Anpassung Deponiezeit (gestr.)
 - OK min. Basisabdichtung (Bestand / geplant)

Genehmigungsplanung	
Auftraggeber/Bauherr: SAVAG GmbH Südthessische Abfall-Verwertungs GmbH Auf der Hardt / An der B 42 64572 Büttelborn	Projekt: SAVAG-Deponie Büttelborn: Optimierungsplanung Felder 9+10
ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH 	
Ferdinand-Porsche-Ring 1 63110 Rodgau Telefon: 06106/26993-0 Fax: 06106/26993-77	
gez.: Gr	Datum: 16.09.20
Maßstab: 1:500	Plan: G3.2
Optimierter Grundriss Basisabdichtung Felder 9+10 und Umbau Deponieumfahrung	
Auftragsnr.: 2627-02 - Br	
Bauherr:	Entwurfsverfasser: Anlage 1.1 Blatt 1/1



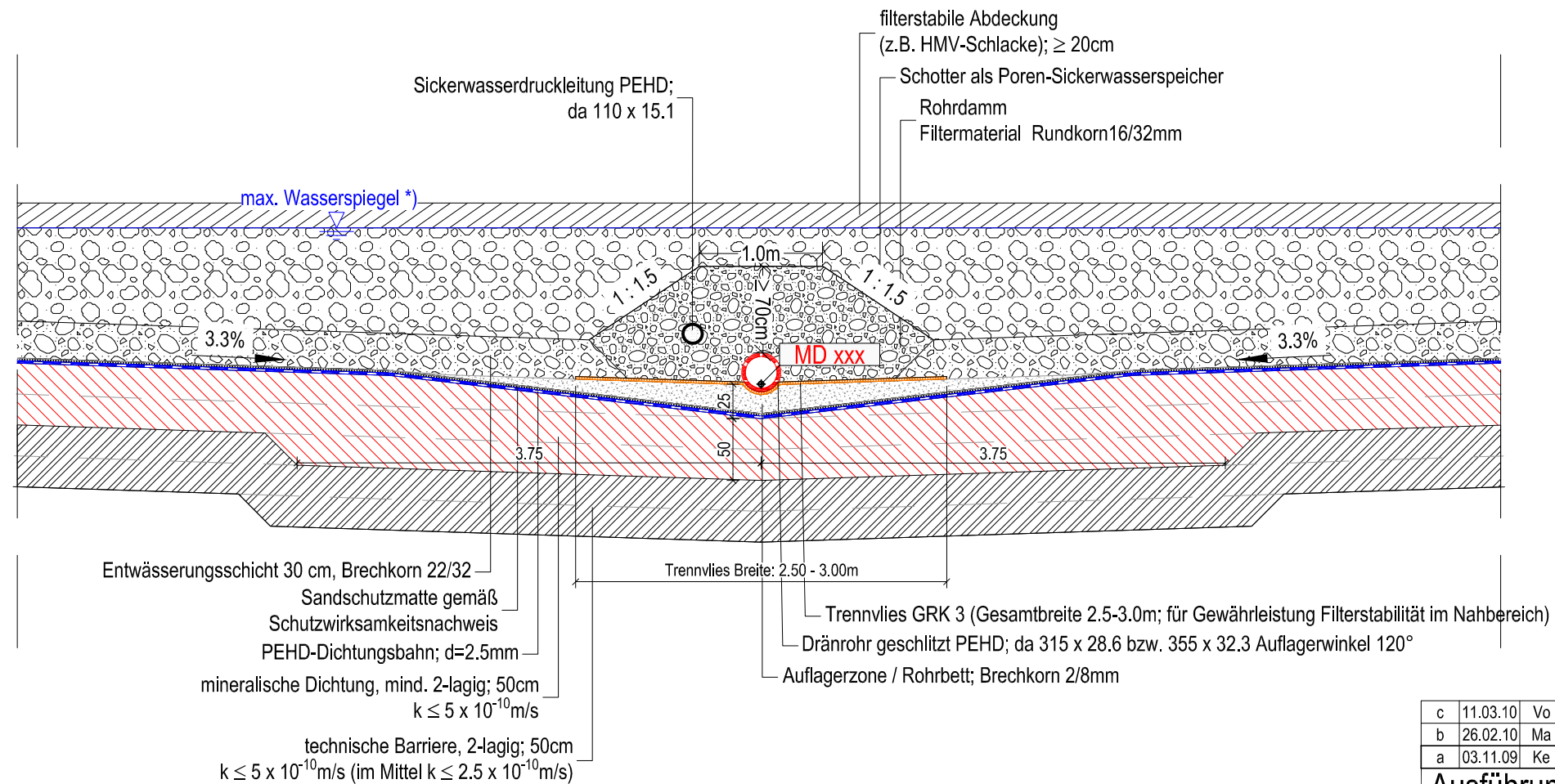
2020-09-17 11:13:57 S:\CAD\2627\02 - Optimierung 9+10\Genehmigung\2627_G4.2_Optimierte_Endprof.dwg

2627_G4.2_Optimierte_Endprof.dwg

Genehmigungsplanung	
Auftraggeber/Bauherr: SAVAG GmbH Südthessische Abfall-Vorwertungs GmbH Auf der Handt / An der B 42 64572 Büttelborn	Projekt: SAVAG-Deponie Büttelborn: Optimierungsplanung Felder 9+10
ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH 	
Ferdinand-Porsche-Ring 1 63110 Rodgau Telefon: 06106/26993-0 Fax: 06106/26993-77	
gez.:	Datum: 16.09.20
Gr	Plan: G4.2
Maßstab: 1: 1.000	Auftragsnr.: 2627-02 - Br
Anlage 1.2, Blatt 1/1	

Schnitt G - G

Basisabdichtung; Regeldetail Ausbildung Rohraufleger



ZUR BAUAUSFÜHRUNG FREIGEgeben

MD xxx Absteckpunkte mineralische Dichtung, (= theoretische Schnittlinie der Basisflächen)

*) maximaler, temporärer Sickerwassereinstau:
95.68mNN Feld 7 - Süd
96.39mNN Feld 7 - Nord

c	11.03.10	Vo	Plan um Feld 7 ergänzt
b	26.02.10	Ma	Breite für Trennvlies unter Dränrohr angepasst
a	03.11.09	Ke	Schutzvlies durch Sandschutzmatte ersetzt

Ausführungsplanung

Auftraggeber/Bauherr:
SAVAG GmbH
Südhessische Abfall-Verwertungs GmbH
Auf der Hardt / An der B 42
64572 Büttelborn

Projekt:
Abfallzentrum Büttelborn
Basisabdichtung
Deponiefelder 6 + 7

ISK Ingenieurgesellschaft für
Bau- und Geotechnik mbH
Ferdinand-Porsche-Ring 1
63110 Rodgau
Telefon: 06106/26993-0
Fax: 06106/26993-77



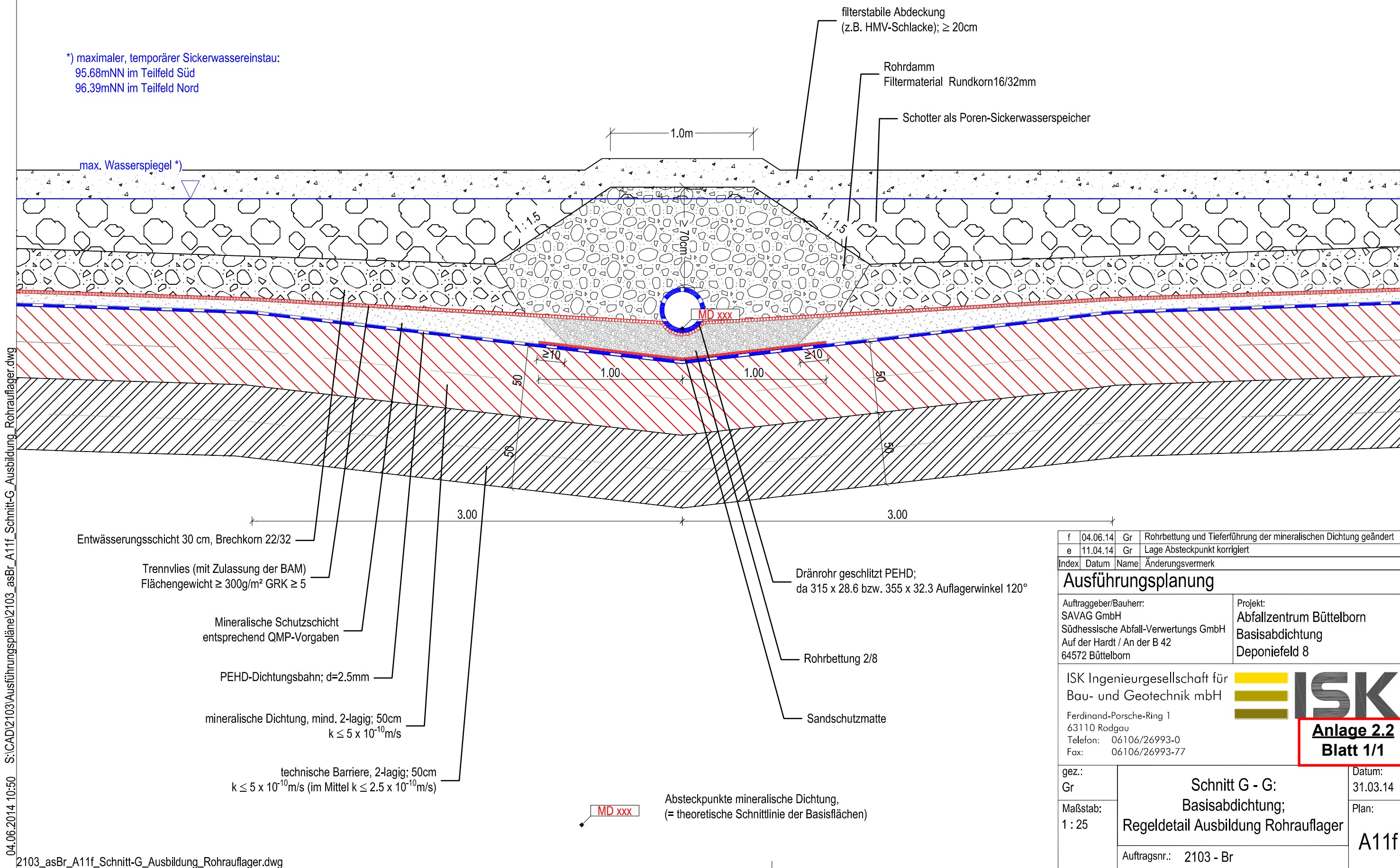
Anlage 2.1
Blatt 1/1

gez.:	Schnitt G - G: Basisabdichtung; Regeldetail Ausbildung Rohraufleger	Datum:	03.08.2009
Ke/Vo		Plan:	A11c
Maßstab:	Auftragsnr.: 1742 - Br		
1:50			

Schnitt G - G

Basisabdichtung; Regeldetail Ausbildung Rohraufleger

*) maximaler, temporärer Sickerwassereinstau:
 95.68mNN im Teilfeld Süd
 96.39mNN im Teilfeld Nord



Index	Datum	Name	Änderungsvermerk
f	04.06.14	Gr	Rohrbettung und Tieferführung der mineralischen Dichtung geändert
e	11.04.14	Gr	Lage Absteckpunkt korrigiert

Ausführungsplanung	
Auftraggeber/Bauherr: SAVAG GmbH Südhessische Abfall-Verwertungs GmbH Auf der Hardt / An der B 42 64572 Büttelborn	Projekt: Abfallzentrum Büttelborn Basisabdichtung Deponiefeld 8

ISK Ingenieurgesellschaft für Bau- und Geotechnik mbH

Ferdinand-Porsche-Ring 1
63110 Rodgau
Telefon: 06106/26993-0
Fax: 06106/26993-77

ISK

Anlage 2.2
Blatt 1/1

gez.: Gr	Schnitt G - G: Basisabdichtung; Regeldetail Ausbildung Rohraufleger	Datum: 31.03.14
Maßstab: 1 : 25		Plan: A11f
Auftragsnr.: 2103 - Br		

04.06.2014 10:50 S:\CAD\2103\Ausführungspläne\2103_asBr_A11f_Schnitt-G_Ausbildung_Rohraufleger.dwg



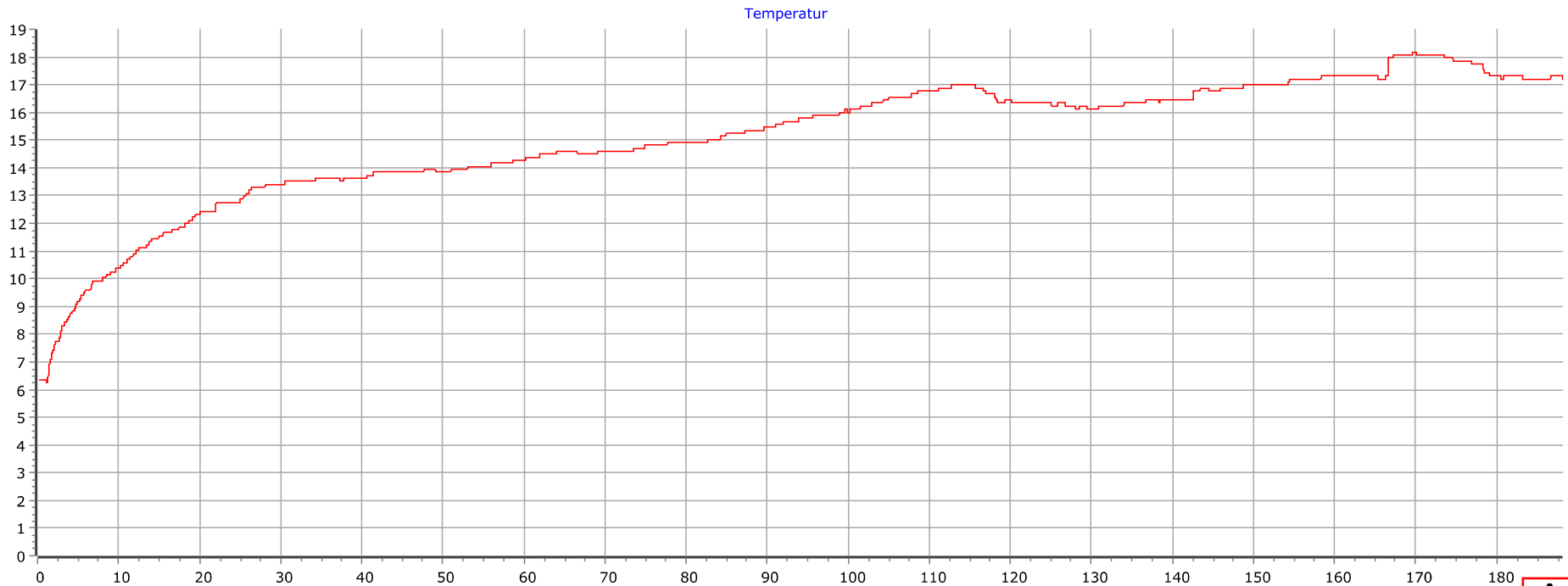
RTi Germany GmbH • Bereich Umwelt- und Deponietechnik
Am Pferdemarkt 61b • DE-30853 Langenhagen • www.rti.eu

Projekt TV Inspektion der Entwässerungsleitungen

Bearbeiter Hr.Hamatzek
Unters.-Grund
Kanalnutzung SIWA Drainageleitung
Profilhöhe/Profilbreite 310/ 310
Rohrmaterial Polyethylen hoher Dichte
Rohrprofil Kreisprofil
Gesamtlänge 188,9
Längenmaßstab passend

Objekt-Bez. SW8.2.1
Zulaufschacht SW8.2.1
Ablaufschacht SW8.2
Stadt/Gem. Deponie SAVAG
Stadtteil Deponiegelände
Straße
U.-Datum 08.01.2020/16:38:00
Unters.-Richtung gegen Fließrichtung, von unten

Bemerkungen





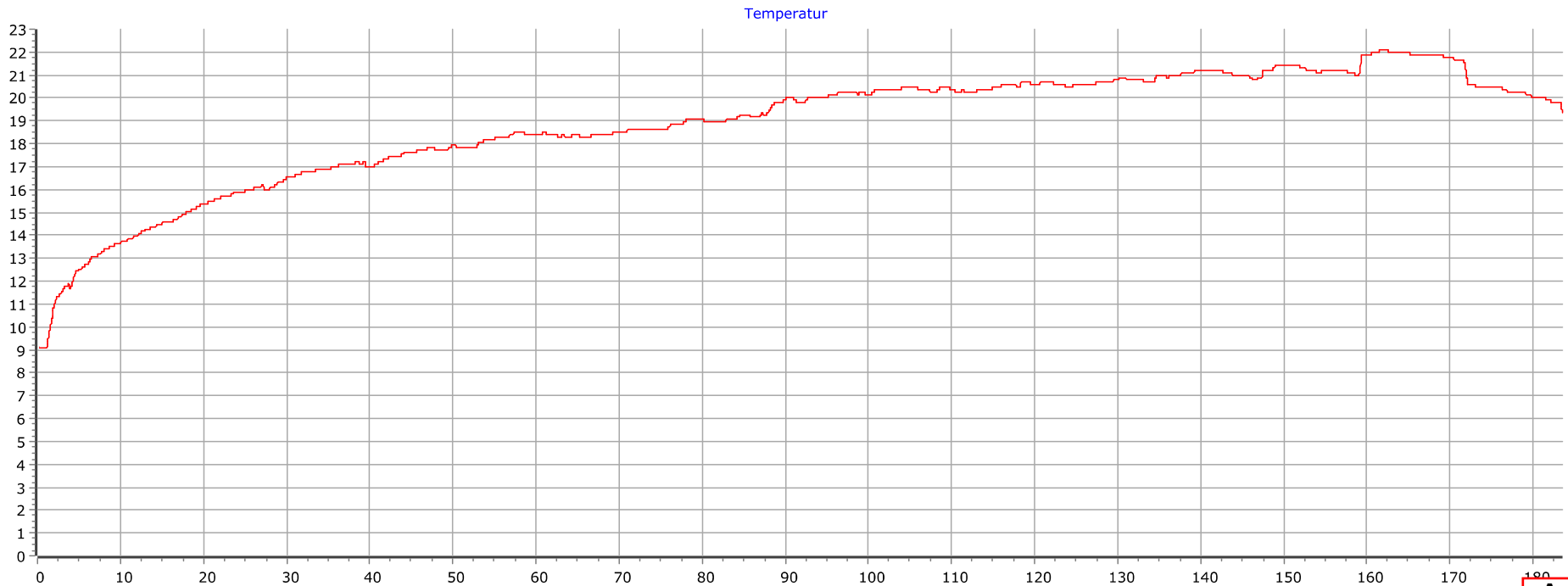
RTi Germany GmbH • Bereich Umwelt- und Deponietechnik
Am Pferdemarkt 61b • DE-30853 Langenhagen • www.rti.eu

Projekt TV Inspektion der Entwässerungsleitungen

Bearbeiter Hr.Hamatzek
Unters.-Grund
Kanalnutzung SIWA Drainageleitung
Profilhöhe/Profilbreite 310/ 310
Rohrmaterial Polyethylen hoher Dichte
Rohrprofil Kreisprofil
Gesamtlänge 185,9
Längenmaßstab passend

Objekt-Bez. SW7.2.1
Zulaufschacht SW7.2.1
Ablaufschacht SW7.2
Stadt/Gem. Deponie SAVAG
Stadtteil Deponiegelände
Straße
U.-Datum 09.01.2020/08:41:02
Unters.-Richtung gegen Fließrichtung, von unten

Bemerkungen



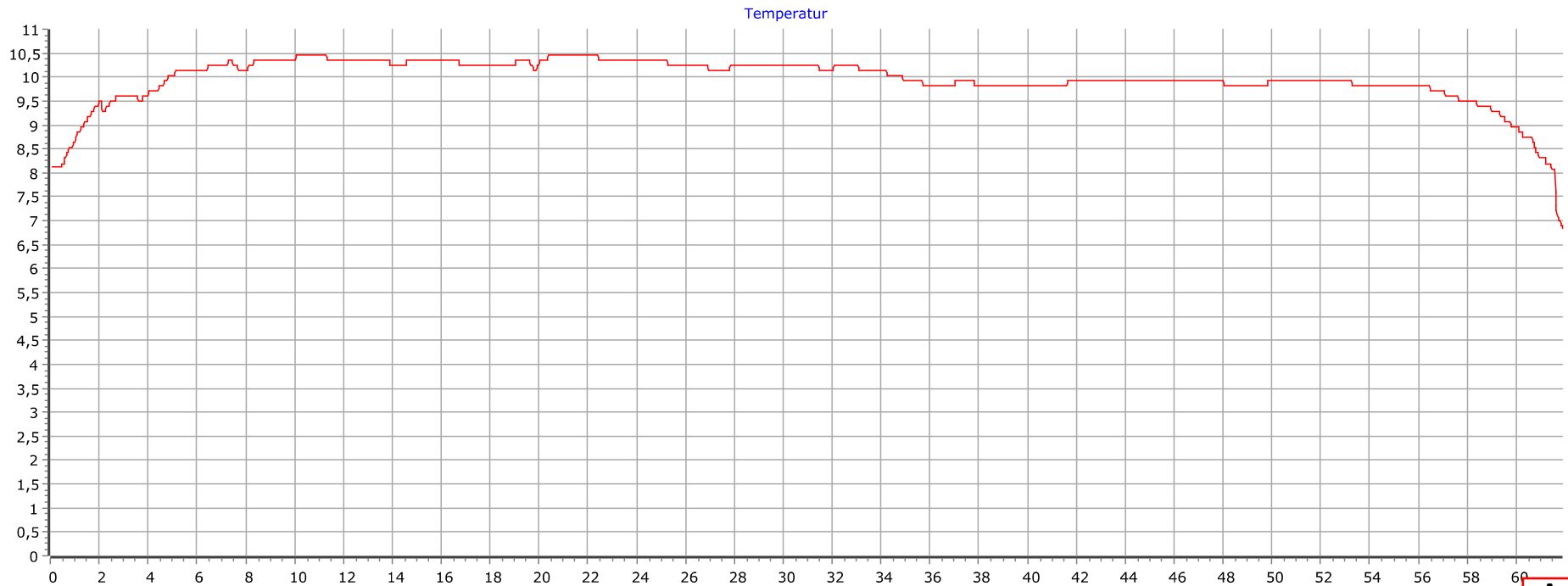


RTi Germany GmbH • Bereich Umwelt- und Deponietechnik
Am Pferdemarkt 61b • DE-30853 Langenhagen • www.rti.eu

Projekt TV Inspektion der Entwässerungsleitungen
Bearbeiter Hr.Hamatzek
Unters.-Grund
Kanalnutzung SIWA Sammelleitung
Profilhöhe/Profilbreite 310/ 310
Rohrmaterial Polyethylen hoher Dichte
Rohrprofil Kreisprofil
Gesamtlänge 61,9
Längenmaßstab passend

Objekt-Bez. SW8.2
Zulaufschacht SW8.2
Ablaufschacht SW7.2
Stadt/Gem. Deponie SAVAG
Stadtteil Deponiegelände
Straße
U.-Datum 09.01.2020/10:43:54
Unters.-Richtung gegen Fließrichtung, von unten

Bemerkungen



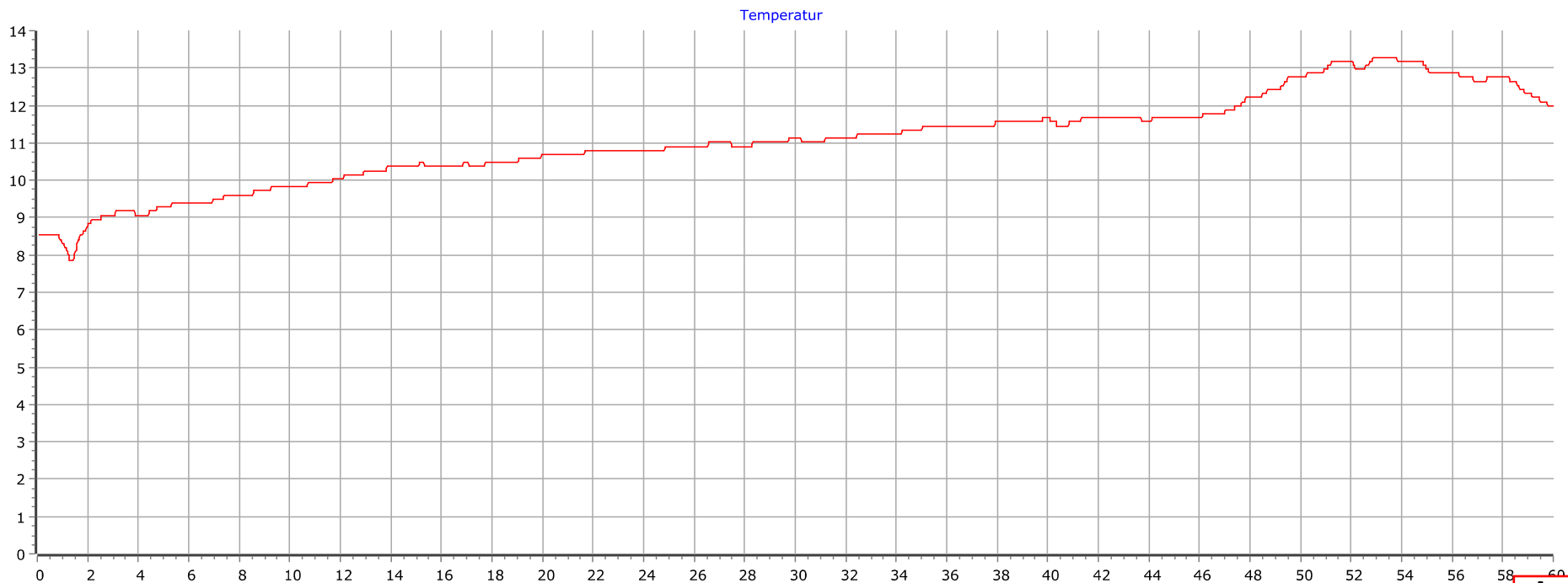


RTi Germany GmbH • Bereich Umwelt- und Deponietechnik
Am Pferdemarkt 61b • DE-30853 Langenhagen • www.rti.eu

Projekt TV Inspektion der Entwässerungsleitungen
Bearbeiter Hr.Hamatzek
Unters.-Grund
Kanalnutzung SIWA Sammelleitung
Profilhöhe/Profilbreite 310/ 310
Rohrmaterial Polyethylen hoher Dichte
Rohrprofil Kreisprofil
Gesamtlänge 60,0
Längenmaßstab passend

Objekt-Bez. SW7.2
Zulaufschacht SW7.2
Ablaufschacht SW6.2
Stadt/Gem. Deponie SAVAG
Stadtteil Deponiegelände
Straße
U.-Datum 09.01.2020/10:57:43
Unters.-Richtung in Fließrichtung, von oben

Bemerkungen



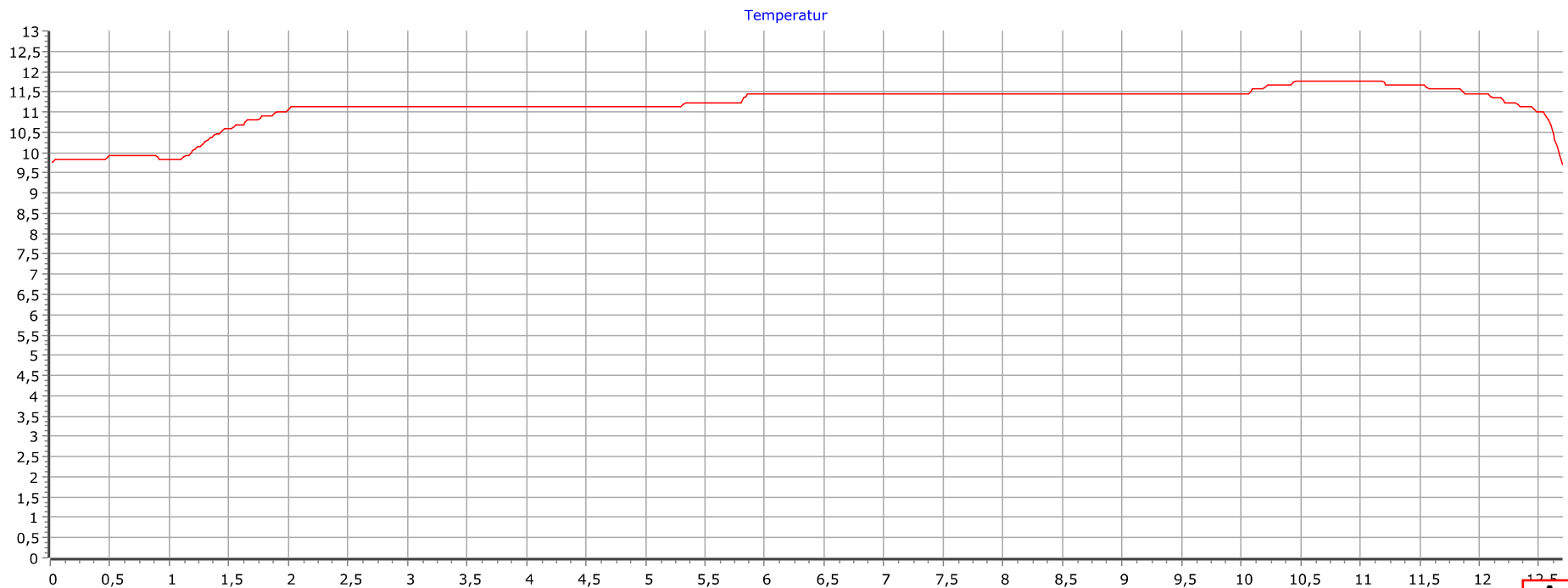


RTi Germany GmbH • Bereich Umwelt- und Deponietechnik
Am Pferdemarkt 61b • DE-30853 Langenhagen • www.rti.eu

Projekt TV Inspektion der Entwässerungsleitungen
Bearbeiter Hr.Hamatzek
Unters.-Grund
Kanalnutzung SIWA Sammelleitung
Profilhöhe/Profilbreite 310/ 310
Rohrmaterial Polyethylen hoher Dichte
Rohrprofil Kreisprofil
Gesamtlänge 12,7
Längenmaßstab passend

Objekt-Bez. SW6.2
Zulaufschacht SW6.2
Ablaufschacht PS-6-S
Stadt/Gem. Deponie SAVAG
Stadtteil Deponiegelände
Straße
U.-Datum 09.01.2020/12:45:04
Unters.-Richtung gegen Fließrichtung, von unten

Bemerkungen



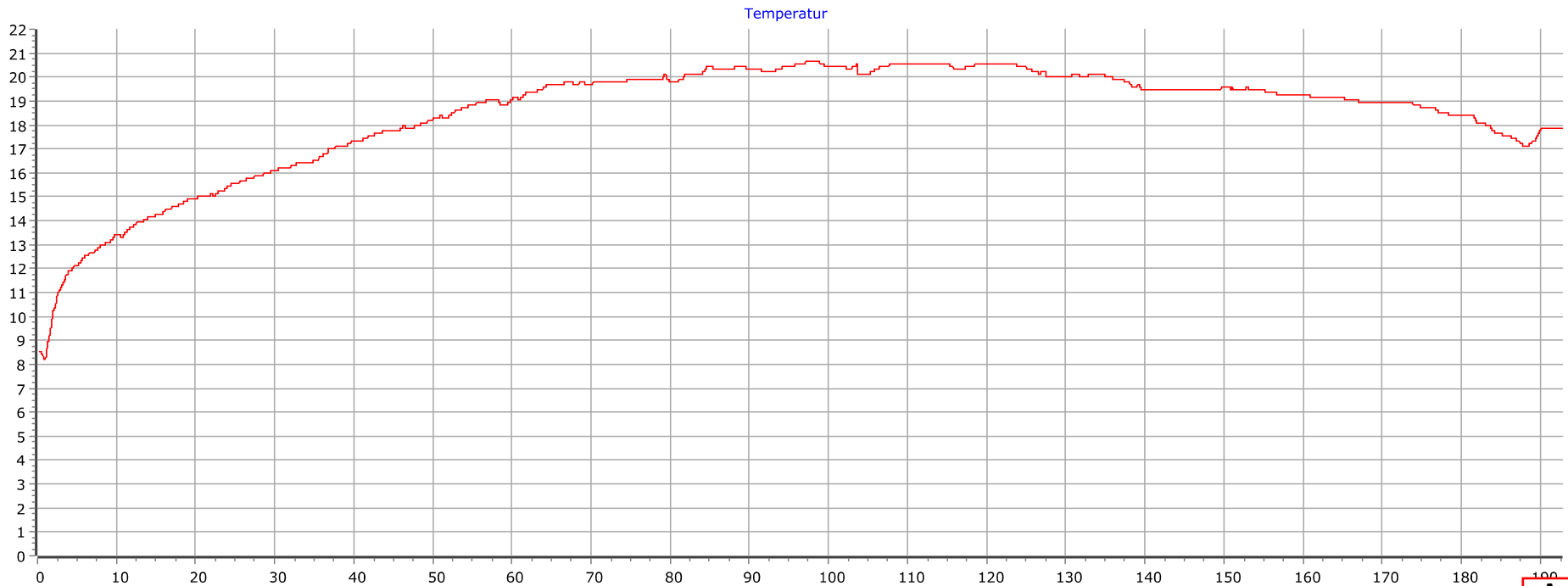


RTi Germany GmbH • Bereich Umwelt- und Deponietechnik
Am Pferdemarkt 61b • DE-30853 Langenhagen • www.rti.eu

Projekt TV Inspektion der Entwässerungsleitungen
Bearbeiter Hr.Hamatzek
Unters.-Grund
Kanalnutzung SIWA Sammelleitung
Profilhöhe/Profilbreite 310/ 310
Rohrmaterial Polyethylen hoher Dichte
Rohrprofil Kreisprofil
Gesamtlänge 192,8
Längenmaßstab passend

Objekt-Bez. SW6.2.1
Zulaufschacht SW6.2.1
Ablaufschacht SW6.2
Stadt/Gem. Deponie SAVAG
Stadtteil Deponiegelände
Straße
U.-Datum 09.01.2020/12:52:21
Unters.-Richtung gegen Fließrichtung, von unten

Bemerkungen



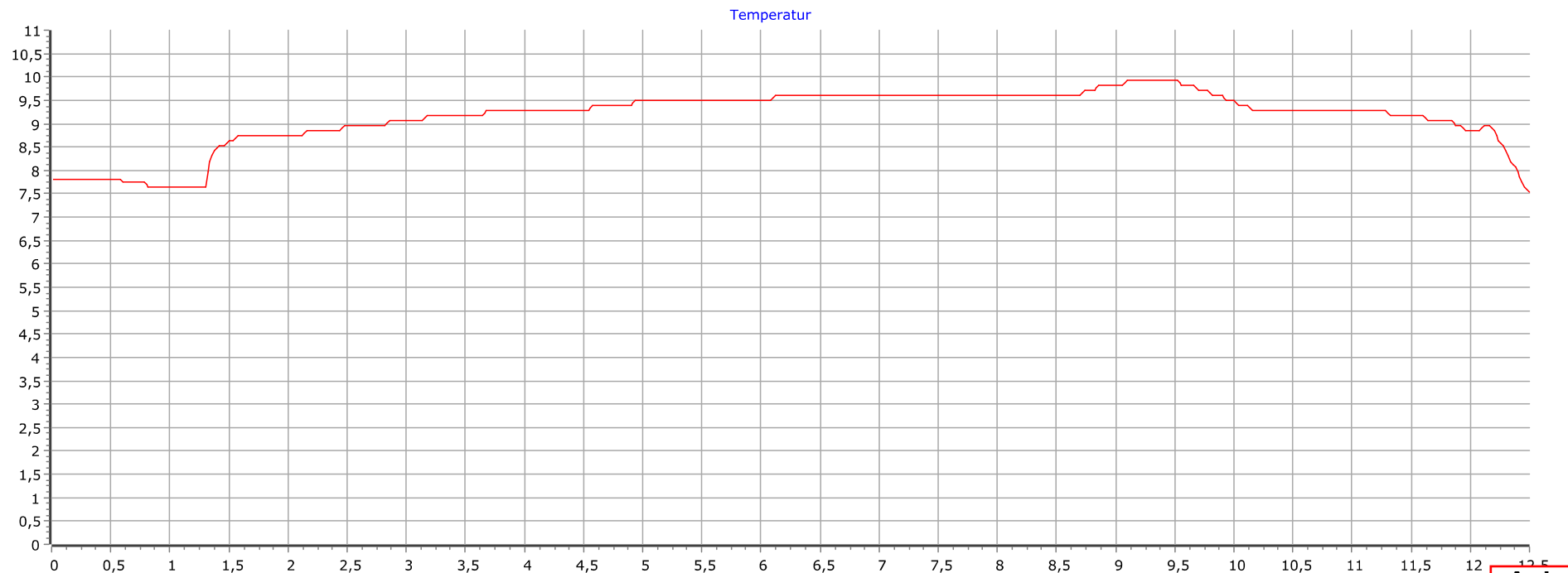


RTi Germany GmbH • Bereich Umwelt- und Deponietechnik
Am Pferdemarkt 61b • DE-30853 Langenhagen • www.rti.eu

Projekt TV Inspektion der Entwässerungsleitungen
Bearbeiter Hr.Hamatzek
Unters.-Grund
Kanalnutzung SIWA Sammelleitung
Profilhöhe/Profilbreite 310/ 310
Rohrmaterial Polyethylen hoher Dichte
Rohrprofil Kreisprofil
Gesamtlänge 12,5
Längenmaßstab passend

Objekt-Bez. KS-6-N
Zulaufschacht KS-6-N
Ablaufschacht PS-6-N
Stadt/Gem. Deponie SAVAG
Stadtteil Deponiegelände
Straße
U.-Datum 15.01.2020/10:35:14
Unters.-Richtung gegen Fließrichtung, von unten

Bemerkungen





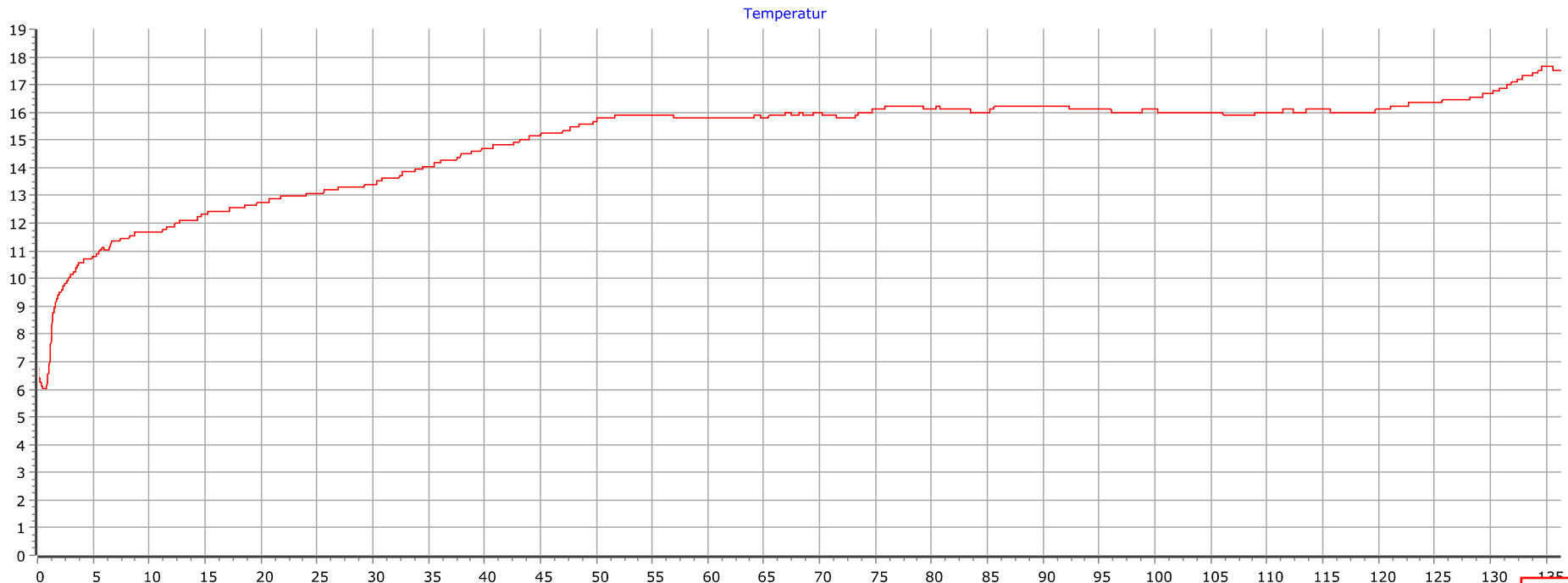
RTi Germany GmbH • Bereich Umwelt- und Deponietechnik
Am Pferdemarkt 61b • DE-30853 Langenhagen • www.rti.eu

Projekt TV Inspektion der Entwässerungsleitungen

Bearbeiter Hr.Hamatzek
Unters.-Grund
Kanalnutzung SIWA Sammelleitung
Profilhöhe/Profilbreite 310/ 310
Rohrmaterial Polyethylen hoher Dichte
Rohrprofil Kreisprofil
Gesamtlänge 136,3
Längenmaßstab passend

Objekt-Bez. KS-6-N.1
Zulaufschacht KS-6N.1
Ablaufschacht KS-6-N
Stadt/Gem. Deponie SAVAG
Stadtteil Deponiegelände
Straße
U.-Datum 15.01.2020/10:40:53
Unters.-Richtung gegen Fliessrichtung, von unten

Bemerkungen



Statische Berechnung zu Sickerwassersammlerrohr PEHD 355 x 48,5 (SDR 7,4)

Bauvorhaben: Deponie Büttelborn

Beschreibung: Standsicherheitsnachweis für die Sickerwasserrohre (355 x 48,5, SDR 7,4) bei Erhöhung der Ablagerungsmächtigkeit

Auftraggeber: SAVAG GmbH - Südhessische Abfall-Verwertungs GmbH

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Soldo

Statik-Nr.: 2627-SiWa-Erhöhung

Datum: 04.09.2020

1 Statik nach ATV-DVWK-A 127, 3.Auflage: Nachweis Sammler Feld 6 (PEHD 355 x 48,5) für maximale Überlagerung mit 50 m

Titel der Teilstatik: Nachweis Sammler Feld 6 (PEHD 355 x 48,5) für maximale Überlagerung mit 50 m

Berechnungsart: Vollwand-/Profilrohr
 Skizzen (Einbau/Rohr) in Ausdruck: Ja

1.1 Eingaben

1.1.1 Sicherheiten

Sicherheitsklasse: A (Regelfall)
 Sicherheit Stabilität nach Tabelle 13: Ohne Vorverformungen (2,5 / 2,0)
 Zulässige Verformung: 6% (Regelfall)
 Behandlung von Innendruck: Gemäß Fußnote des ATV-DVWK-A 127
 Kleinere Biegedruck-Sicherheiten: Ja (ATV M127, nur bei PE-HD zulässig)
 Nachweis bei nicht vorwiegend ruhender Belastung: Nach Regelwerk
 Berücksichtigung von dyn pvh*: Nach Norm
 Berücksichtigung der Vorverformungen Typ A in Verformungsnachweis: Ja

1.1.2 Boden

Bodengruppe Einbettung: G1
 Berechnung E20: Tabelle 1 (3.01)
 Verdichtungsgrad E20: DPr,E20 95,0 %
 E4 = 10 · E1: Nein
 Bodengruppe unter Rohr: G4
 Berechnung E4: Verdichtungsgrad
 Verdichtungsgrad E4: DPr,E4 95,0 %
 Anwendung von Silotheorie: Automatisch

1.1.3 Belastung

Überdeckungshöhe: h 50,00 m
 Minimaler Grundwasserstand über Sohle: h_{W,min} 0,00 m
 Maximaler Grundwasserstand über Sohle: h_{W,max} 0,00 m
 Wichte des Bodens: γ 19,0 kN/m³
 Zusätzliche Flächenlast: p₀ 5,0 kN/m²
 Zusätzliche Flächenlast ist Dammschüttung: Nein
 Innendruck, kurzzeitig wirkend: P_{I,K} 0,00 bar
 Innendruck, langfristig: P_{I,L} 0,00 bar
 Wasserfüllung (z.B. Staukanal): Nein
 Verkehrslast: SLW 60
 Ansatz horizontaler Belastungen aus Verkehr im Ermüdungsnachweis: α_{qhT,dyn} 0,00 %

1.1.4 Einbau

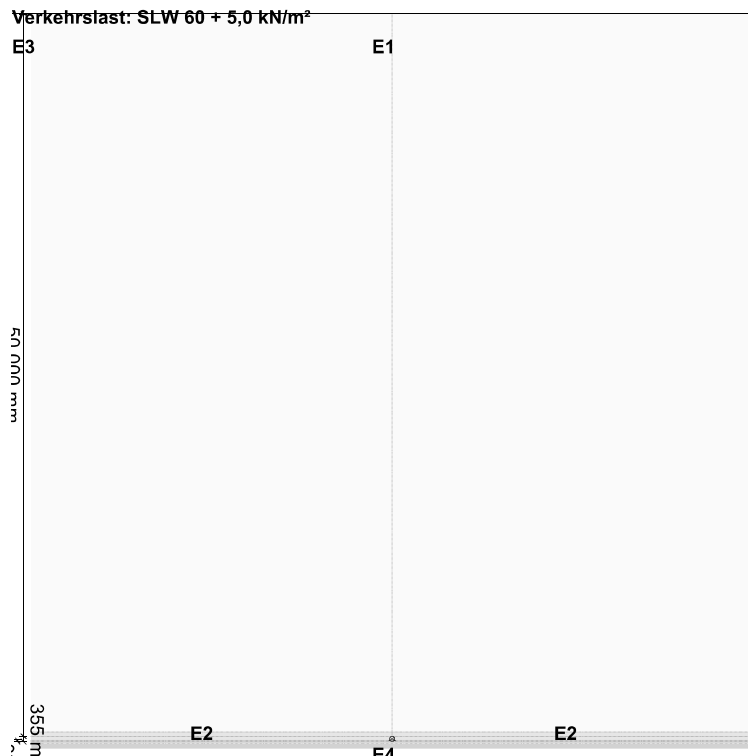
Einbauweise: Damm
 Bodenverhalten: E1 = E20 = E3
 Einbettungsbedingung: B1
 Auflagerart: Lose
 Auflagerwinkel: 120°
 Relative Ausladung automatisch ermitteln: Ja
 Untere Sockelhöhe vorgeben: Nein
 Gesamt-Sockelhöhe: h_s 0,00 m

1.1.5 Vollwand/Profil-Rohr

Rohrauswahl:	Vollwand		
Material-Klasse:	Thermoplast		
Vorverformung Typ A:	$\delta_{v,TypA}$	1,0	%
Lokale Vorverformung:	$\delta_{v,lokal}$	0,0	%
Auswahl der Eingaben:	Da und s		
Außendurchmesser:	d_a	355,0	mm
Wandstärke:	s	48,5	mm
Perforation:	2/3 (Scheitel, Kämpfer)		
Perforationsgeometrie:	Geschlitzt		
Schlitzabstand:	l_1	140,00	mm
Schlitzweite:	b_w	10,00	mm

1.1.5.1 Thermoplast

Auswahl Material:	Nach ATV / DWA		
Materialkennwerte nach Regelwerk:	PE-HD		
Grund der Abminderung:	Temp. + Medium		
Temperatureinfluss:	30 > A=0,85		
Füllmedium:	Sickerwasser		
Abminderungsfaktor Medium:	A_{Medium}	0,90	[-]



1.2 Ergebnisse

1.2.1 Mindestgrabenbreite nach DIN EN 1610:2015-12

Die Mindestgrabenbreite nach DIN EN 1610 / DWA-A 139 wird nicht überprüft.

1.2.2 Nachweise Kurzzeit

1.2.2.1 Spannungsnachweis

		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Sicherheitsbeiwert außen	γ	-2,563	18,217	-2,202	[-]
Sicherheitsbeiwert innen	γ	4,654	-2,029	3,332	[-]
(Sicherheitsbeiwerte gegen Biegedruckbeanspruchungen sind durch ein negatives Vorzeichen gekennzeichnet)					
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Biegezugspannungen:			erf γ _{RBZ}	2,50	[-]
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Biegedruckspannungen:			erf γ _{RBD}	1,50	[-]

Alle errechneten Sicherheitsbeiwerte des Spannungsnachweises sind ausreichend.

1.2.2.2 Verformungsnachweis

Vertikale Gesamtverformung (Typ A + Typ B):	δ _{v,Ges}	3,43	%
Zulässige Verformung:	zul δ _v	6,00	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

1.2.3 Nachweise Langzeit

1.2.3.1 Spannungsnachweis

		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Sicherheitsbeiwert außen	γ	-3,465	-9,251	-2,944	[-]
Sicherheitsbeiwert innen	γ	-45,796	-3,120	19,684	[-]
(Sicherheitsbeiwerte gegen Biegedruckbeanspruchungen sind durch ein negatives Vorzeichen gekennzeichnet)					
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Biegezugspannungen:			erf γ _{RBZ}	2,50	[-]
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Biegedruckspannungen:			erf γ _{RBD}	1,50	[-]

Alle errechneten Sicherheitsbeiwerte des Spannungsnachweises sind ausreichend.

1.2.3.2 Verformungsnachweis

Vertikale Gesamtverformung (Typ A + Typ B):	δ _{v,Ges}	5,95	%
Zulässige Verformung:	zul δ _v	6,00	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

1.2.3.3 Nachweis Stabilität radial, linear

Erd- und Verkehrslasten

Kritische vertikale Gesamtlast:	krit q _v	4.629,9	kN/m ²
Vertikale Gesamtlast:	q _v	638,58	kN/m ²
Sicherheit Stabilität, radial:	γ _{Stab,rad}	7,25	[-]
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Instabilität:	erf γ _{stab}	2,50	[-]

Der Stabilitätsnachweis ist erbracht.

1.2.3.4 Stabilitätsnachweis, nichtlinear

Der nichtlineare Stabilitätsnachweis entfällt, da VRB > 1.0 (biegesteifes Rohr) oder relative vertikale Verformung < 6%.

1.2.3.5 Nachweis der Sicherheit gegen Versagen bei nicht vorwiegend ruhender Belastung

Nach Norm ist der dynamische Nachweis nicht notwendig (z.B. bei Straßenverkehrslasten > 1,5 m).

Statische Berechnung zu Sickerwassersammlerrohr PEHD 315 x 28,6 (SDR 11)

Bauvorhaben: Deponie Büttelborn

Beschreibung: Standsicherheitsnachweis für die Sickerwasserrohre (Da315 x 28,6, SDR 11) bei Erhöhung der Ablagerungsmächtigkeit

Auftraggeber: SAVAG GmbH - Südhessische Abfall-Verwertungs GmbH

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Soldo

Statik-Nr.: 2627-SiWa-Erhöhung

Datum: 17.09.2020

1 Statik nach ATV-DVWK-A 127, 3.Auflage: Nachweis Sammler Feld 6 (PEHD Da 315 x 28,6) für maximale Überlagerung mit 29,5 m

Titel der Teilstatik: Nachweis Sammler Feld 6 (PEHD Da 315 x 28,6) für maximale Überlagerung mit 29,5 m

Berechnungsart: Vollwand-/Profilrohr
 Skizzen (Einbau/Rohr) in Ausdruck: Ja

1.1 Eingaben

1.1.1 Sicherheiten

Sicherheitsklasse: A (Regelfall)
 Sicherheit Stabilität nach Tabelle 13: Ohne Vorverformungen (2,5 / 2,0)
 Zulässige Verformung: 6% (Regelfall)
 Behandlung von Innendruck: Gemäß Fußnote des ATV-DVWK-A 127
 Kleinere Biegedruck-Sicherheiten: Ja (ATV M127, nur bei PE-HD zulässig)
 Nachweis bei nicht vorwiegend ruhender Belastung: Nach Regelwerk
 Berücksichtigung von dyn pvh*: Nach Norm
 Berücksichtigung der Vorverformungen Typ A in Verformungsnachweis: Ja

1.1.2 Boden

Bodengruppe Einbettung: G1
 Berechnung E20: Tabelle 1 (3.01)
 Verdichtungsgrad E20: DPr,E20 95,0 %
 E4 = 10 · E1: Nein
 Bodengruppe unter Rohr: G4
 Berechnung E4: Verdichtungsgrad
 Verdichtungsgrad E4: DPr,E4 95,0 %
 Anwendung von Silotheorie: Automatisch

1.1.3 Belastung

Überdeckungshöhe: h 29,50 m
 Minimaler Grundwasserstand über Sohle: h_{W,min} 0,00 m
 Maximaler Grundwasserstand über Sohle: h_{W,max} 0,00 m
 Wichte des Bodens: γ 19,0 kN/m³
 Zusätzliche Flächenlast: p₀ 5,0 kN/m²
 Zusätzliche Flächenlast ist Dammschüttung: Nein
 Innendruck, kurzzeitig wirkend: P_{I,K} 0,00 bar
 Innendruck, langfristig: P_{I,L} 0,00 bar
 Wasserfüllung (z.B. Staukanal): Nein
 Verkehrslast: SLW 60
 Ansatz horizontaler Belastungen aus Verkehr im Ermüdungsnachweis: α_{qhT,dyn} 0,00 %

1.1.4 Einbau

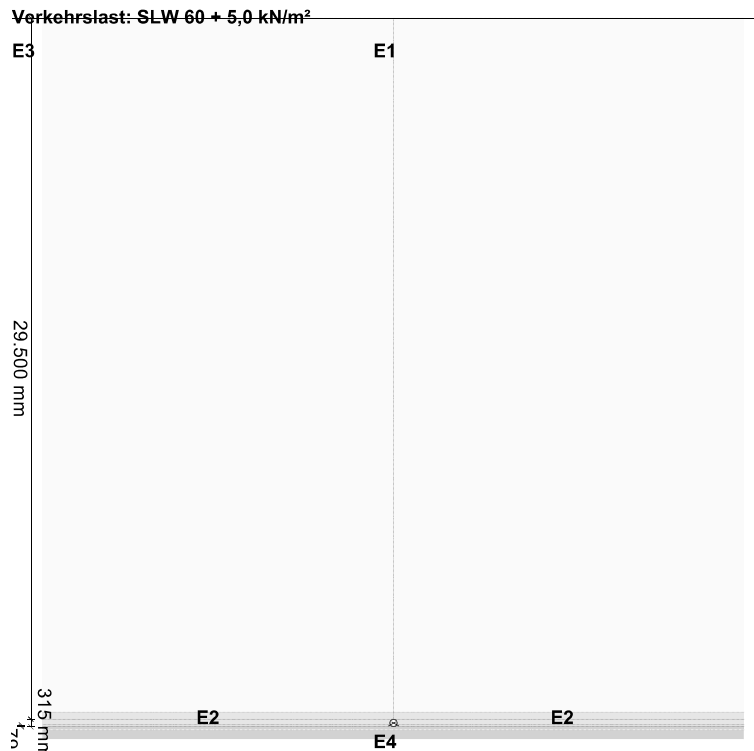
Einbauweise: Damm
 Bodenverhalten: E1 = E20 = E3
 Einbettungsbedingung: B1
 Auflagerart: Lose
 Auflagerwinkel: 120°
 Relative Ausladung automatisch ermitteln: Ja
 Untere Sockelhöhe vorgeben: Nein
 Gesamt-Sockelhöhe: h_s 0,00 m

1.1.5 Vollwand/Profil-Rohr

Rohrauswahl:	Vollwand		
Material-Klasse:	Thermoplast		
Vorverformung Typ A:	$\delta_{v,TypA}$	1,0	%
Lokale Vorverformung:	$\delta_{v,lokal}$	0,0	%
Auswahl der Eingaben:	Da und s		
Außendurchmesser:	d_a	315,0	mm
Wandstärke:	s	28,6	mm
Perforation:	2/3 (Scheitel, Kämpfer)		
Perforationsgeometrie:	Geschlitzt		
Schlitzabstand:	l_1	140,00	mm
Schlitzweite:	b_w	10,00	mm

1.1.5.1 Thermoplast

Auswahl Material:	Nach ATV / DWA		
Materialkennwerte nach Regelwerk:	PE-HD		
Grund der Abminderung:	Temp. + Medium		
Temperatureinfluss:	30 > A=0,85		
Füllmedium:	Sickerwasser		
Abminderungsfaktor Medium:	A_{Medium}	0,90	[-]



1.2 Ergebnisse

1.2.1 Mindestgrabenbreite nach DIN EN 1610:2015-12

Die Mindestgrabenbreite nach DIN EN 1610 / DWA-A 139 wird nicht überprüft.

1.2.2 Nachweise Kurzzeit

1.2.2.1 Spannungsnachweis

		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Sicherheitsbeiwert außen	γ	-3,051	-51,734	-2,497	[-]
Sicherheitsbeiwert innen	γ	9,599	-3,033	5,172	[-]
(Sicherheitsbeiwerte gegen Biegedruckbeanspruchungen sind durch ein negatives Vorzeichen gekennzeichnet)					
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Biegezugspannungen:			erf γ _{RBZ}	2,50	[-]
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Biegedruckspannungen:			erf γ _{RBD}	1,50	[-]

Alle errechneten Sicherheitsbeiwerte des Spannungsnachweises sind ausreichend.

1.2.2.2 Verformungsnachweis

Vertikale Gesamtverformung (Typ A + Typ B):	δ _{v,Ges}	3,43	%
Zulässige Verformung:	zul δ _v	6,00	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

1.2.3 Nachweise Langzeit

1.2.3.1 Spannungsnachweis

		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Sicherheitsbeiwert außen	γ	-4,291	-7,475	-3,353	[-]
Sicherheitsbeiwert innen	γ	-13,710	-4,558	98,039	[-]
(Sicherheitsbeiwerte gegen Biegedruckbeanspruchungen sind durch ein negatives Vorzeichen gekennzeichnet)					
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Biegezugspannungen:			erf γ _{RBZ}	2,50	[-]
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Biegedruckspannungen:			erf γ _{RBD}	1,50	[-]

Alle errechneten Sicherheitsbeiwerte des Spannungsnachweises sind ausreichend.

1.2.3.2 Verformungsnachweis

Vertikale Gesamtverformung (Typ A + Typ B):	δ _{v,Ges}	5,44	%
Zulässige Verformung:	zul δ _v	6,00	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

1.2.3.3 Nachweis Stabilität radial, linear

Erd- und Verkehrslasten

Kritische vertikale Gesamtlast:	krit q _v	2.107,6	kN/m ²
Vertikale Gesamtlast:	q _v	344,79	kN/m ²
Sicherheit Stabilität, radial:	γ _{Stab,rad}	6,11	[-]
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Instabilität:	erf γ _{stab}	2,50	[-]

Der Stabilitätsnachweis ist erbracht.

1.2.3.4 Stabilitätsnachweis, nichtlinear

Der nichtlineare Stabilitätsnachweis entfällt, da VRB > 1.0 (biegesteifes Rohr) oder relative vertikale Verformung < 6%.

1.2.3.5 Nachweis der Sicherheit gegen Versagen bei nicht vorwiegend ruhender Belastung

Nach Norm ist der dynamische Nachweis nicht notwendig (z.B. bei Straßenverkehrslasten > 1,5 m).

Statische Berechnung zu Sickerwasser-Druckleitung PEHD 110 x 15,1 (SDR 7,4)

Bauvorhaben: Deponie Büttelborn

Beschreibung: Standsicherheitsnachweis für die Sickerwasserrohre (Da 110 x 15,1) bei Erhöhung der Ablagerungsmächtigkeit

Auftraggeber: SAVAG GmbH - Südhessische Abfall-Verwertungs GmbH

Bearbeiter: Dipl.-Ing. Soldo

Statik-Nr.: 2627-SiWa-Erhöhung

Datum: 08.09.2020

1 Statik nach ATV-DVWK-A 127, 3.Auflage: Nachweis Druckleitung (PEHD 110 x 15,1) Feld 6 für maximale Überlagerung mit 50 m

Titel der Teilstatik: Nachweis Druckleitung (PEHD 110 x 15,1) Feld 6 für maximale Überlagerung mit 50 m

Berechnungsart: Vollwand-/Profilrohr
 Skizzen (Einbau/Rohr) in Ausdruck: Ja

1.1 Eingaben

1.1.1 Sicherheiten

Sicherheitsklasse: A (Regelfall)
 Sicherheit Stabilität nach Tabelle 13: Ohne Vorverformungen (2,5 / 2,0)
 Zulässige Verformung: 6% (Regelfall)
 Behandlung von Innendruck: Volle Überlagerung mit Außenbelastung (ATV-DVWK-A 127)
 Kleinere Biegedruck-Sicherheiten: Ja (ATV M127, nur bei PE-HD zulässig)
 Nachweis bei nicht vorwiegend ruhender Belastung: Nach Regelwerk
 Berücksichtigung von dyn pvh*: Nach Norm
 Berücksichtigung der Vorverformungen Typ A in Verformungsnachweis: Ja

1.1.2 Boden

Bodengruppe Einbettung: G1
 Berechnung E20: Tabelle 1 (3.01)
 Verdichtungsgrad E20: D_{Pr,E20} 95,0 %
 E4 = 10 · E1: Nein
 Bodengruppe unter Rohr: G4
 Berechnung E4: Verdichtungsgrad
 Verdichtungsgrad E4: D_{Pr,E4} 95,0 %
 Anwendung von Silotheorie: Automatisch

1.1.3 Belastung

Überdeckungshöhe: h 50,00 m
 Minimaler Grundwasserstand über Sohle: h_{w,min} 0,00 m
 Maximaler Grundwasserstand über Sohle: h_{w,max} 0,00 m
 Wichte des Bodens: γ 19,0 kN/m³
 Zusätzliche Flächenlast: p₀ 5,0 kN/m²
 Zusätzliche Flächenlast ist Dammschüttung: Nein
 Innendruck, kurzzeitig wirkend: P_{I,K} 0,00 bar
 Innendruck, langfristig: P_{I,L} 0,00 bar
 Wasserfüllung (z.B. Staukanal): Nein
 Verkehrslast: SLW 60
 Ansatz horizontaler Belastungen aus Verkehr im Ermüdungsnachweis: α_{qhT,dyn} 0,00 %

1.1.4 Einbau

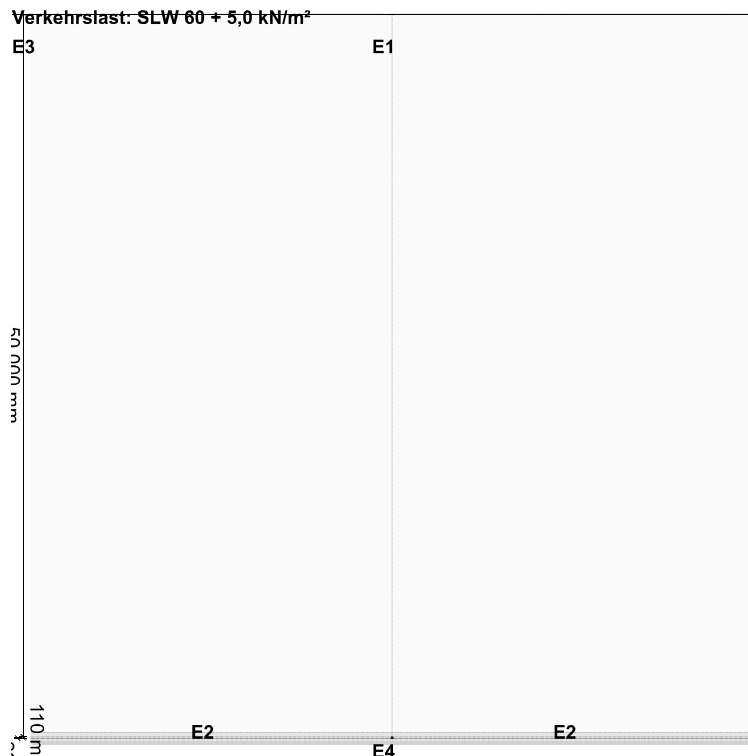
Einbauweise: Damm
 Bodenverhalten: E1 = E20 = E3
 Einbettungsbedingung: B1
 Auflagerart: Lose
 Auflagerwinkel: 120°
 Relative Ausladung automatisch ermitteln: Ja
 Untere Sockelhöhe vorgeben: Nein
 Gesamt-Sockelhöhe: h_s 0,00 m

1.1.5 Vollwand/Profil-Rohr

Rohrauswahl:	Vollwand		
Material-Klasse:	Thermoplast		
Vorverformung Typ A:	$\delta_{v,TypA}$	1,0	%
Lokale Vorverformung:	$\delta_{v,lokal}$	0,0	%
Auswahl der Eingaben:	Da und s		
Außendurchmesser:	d_a	110,0	mm
Wandstärke:	s	15,1	mm
Perforation:	Ohne Perforation		

1.1.5.1 Thermoplast

Auswahl Material:	Nach ATV / DWA		
Materialkennwerte nach Regelwerk:	PE-HD		
Grund der Abminderung:	Temp. + Medium		
Temperatureinfluss:	$30 > A=0,85$		
Füllmedium:	Sickerwasser		
Abminderungsfaktor Medium:	A_{Medium}	0,90	[-]



1.2 Ergebnisse

1.2.1 Mindestgrabenbreite nach DIN EN 1610:2015-12

Die Mindestgrabenbreite nach DIN EN 1610 / DWA-A 139 wird nicht überprüft.

1.2.2 Nachweise Kurzzeit

1.2.2.1 Spannungsnachweis

		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Sicherheitsbeiwert außen	γ	-2,701	14,712	-2,372	[-]
Sicherheitsbeiwert innen	γ	4,632	-2,084	3,875	[-]
(Sicherheitsbeiwerte gegen Biegedruckbeanspruchungen sind durch ein negatives Vorzeichen gekennzeichnet)					
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Biegezugspannungen:			erf γ _{RBZ}	2,50	[-]
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Biegedruckspannungen:			erf γ _{RBD}	1,50	[-]

Alle errechneten Sicherheitsbeiwerte des Spannungsnachweises sind ausreichend.

1.2.2.2 Verformungsnachweis

Vertikale Gesamtverformung (Typ A + Typ B):	δ _{v,Ges}	3,35	%
Zulässige Verformung:	zul δ _v	6,00	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

1.2.3 Nachweise Langzeit

1.2.3.1 Spannungsnachweis

		Scheitel	Kämpfer	Sohle	
Sicherheitsbeiwert außen	γ	-3,712	-10,476	-3,079	[-]
Sicherheitsbeiwert innen	γ	-54,254	-3,249	37,099	[-]
(Sicherheitsbeiwerte gegen Biegedruckbeanspruchungen sind durch ein negatives Vorzeichen gekennzeichnet)					
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Biegezugspannungen:			erf γ _{RBZ}	2,50	[-]
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Biegedruckspannungen:			erf γ _{RBD}	1,50	[-]

Alle errechneten Sicherheitsbeiwerte des Spannungsnachweises sind ausreichend.

1.2.3.2 Verformungsnachweis

Vertikale Gesamtverformung (Typ A + Typ B):	δ _{v,Ges}	5,83	%
Zulässige Verformung:	zul δ _v	6,00	%

Die errechnete Verformung ist kleiner als die zulässige Verformung.

1.2.3.3 Nachweis Stabilität radial, linear

Erd- und Verkehrslasten

Kritische vertikale Gesamtlast:	krit q _v	4.780,4	kN/m ²
Vertikale Gesamtlast:	q _v	648,68	kN/m ²
Sicherheit Stabilität, radial:	γ _{Stab,rad}	7,37	[-]
Erforderlicher Sicherheitsbeiwert, Instabilität:	erf γ _{stab}	2,50	[-]

Der Stabilitätsnachweis ist erbracht.

1.2.3.4 Stabilitätsnachweis, nichtlinear

Der nichtlineare Stabilitätsnachweis entfällt, da VRB > 1.0 (biegesteifes Rohr) oder relative vertikale Verformung < 6%.

1.2.3.5 Nachweis der Sicherheit gegen Versagen bei nicht vorwiegend ruhender Belastung

Nach Norm ist der dynamische Nachweis nicht notwendig (z.B. bei Straßenverkehrslasten > 1,5 m).