aCon Geotechnik GmbH
Hamburger Allee 43
D-30161 Hannover
Telefon (0511) 444 54 201
mail@acon-geotechnik.de

Auftraggeber : **Tractebel GmbH**
Geschäftsstelle Hamburg
Gotenstraße 12, 20097 Hamburg

Auftragnehmer : **aCon Geotechnik GmbH**
Hamburger Allee 43, 30161 Hannover

Projekt : **Tagebausee Hambach - Uferverbau gegen Windwellenerosion**
Antrag auf Planfeststellung nach §68 Abs. 1 WHG

hier : **Anlage A-UST-1.3: Schnitt HAM MB2**

Projekt-Nr. : **252901**

Dok.-Nr. : **252901-6**

Revisionsstatus:

Rev.-Nr.:	Datum	Status / Änderungen	bearbeitet	geprüft	freigegeben
0	13.08.2025	Dokumenterstellung	CSc	TGe	TGe
1	21.08.2025	Kap. 5 (Reibungswinkel 35°)	CSc	TGe	TGe
2	25.09.2025	Projektbezeichnung, Kap. 1, 3.1, 5	CSc	TGe	TGe
3	05.12.2025	Kap. 2.1 [U2], [U8]	CSc	TGe	TGe
4	15.07.2026	Projektbezeichnung, Kap. 2.1 [U8], [U9], [U10], 3.1, 3.2, 5	CSc	TGe	TGe

Dieses Dokument enthält 1 Deckblatt, 2 Verzeichnisse, 16 Textseiten und 3 Anhänge.

INHALT

1 VORGANG UND AUFGABENSTELLUNG 1

2 UNTERLAGEN 2

2.1 Projektspezifische Unterlagen 2

2.2 Technische Regelwerke und Richtlinien 3

2.3 Literatur 4

3 ANGABEN ZUM BAUGRUND UND BÖSCHUNGSAUFBAU 7

3.1 Baugrund 7

3.2 Böschungsaufbau 9

4 BEMESSUNG EINES GEOTEXTILEN FILTERS 11

4.1 Allgemeines 11

4.2 Suffosionssicherheit 11

4.3 Mechanische Wirksamkeit 13

4.4 Hydraulische Wirksamkeit 14

4.5 Filterdicken 15

4.6 Robustheit 15

5 LOKALE STANDSICHERHEIT DER BÖSCHUNG 16

6 ABSCHLIEßENDE HINWEISE UND ANMERKUNGEN 16

7 ANLAGEN / ANHÄNGE 17

1 Vorgang und Aufgabenstellung

Für den Tagebau Hambach leitet sich gemäß des Stilllegungspfades des Kohleverstromungsbeendigungsgesetztes (KVBG) ein deutlich verminderter Braunkohlenbedarf ab, sodass die Braunkohlenförderung im Jahr 2029 endet. Der am 19.12.2024 vom Ministerium für Wirtschaft, Industrie, Klimaschutz und Energie des Landes Nordrhein-Westfalen genehmigte Braunkohlenplan „Braunkohlenplan Hambach für das geänderte Tagebauvorhaben aufgrund des Kohleverstromungsbeendigungsgesetzes“ sieht vor, mit der Befüllung des Tagebausees Hambach ab dem Jahr 2030 zu beginnen und diese möglichst bis zum Jahr 2070 abzuschließen. Der Tagebausee Hambach ist ein wichtiger Baustein bei der finalen Wiedernutzbarmachung des Bergbaubetriebs und dient auch der Beschleunigung des natürlichen Wiederanstiegs des zu Bergbauzwecken abgesenkten Grundwasserspiegels.

Das zur Befüllung der Tagebaumulde benötigte Wasser wird dem Rhein bei Dormagen entnommen und über die bereits in Bau befindliche Rheinwassertransportleitung (RWTL) bis an den Tagebaurand geführt. Die Einleitung von bis zu 13,5 m³/s Rheinwasser in den Tagebausee erfolgt über ein nördlich von Elsdorf zu errichtendes Einleitbauwerk bestehend aus einer Kombination von erdverlegten Rohrleitungen und Kaskadengerinnen. Das Einleitbauwerk schließt an das Auslaufbauwerk der RWTL an. Dabei werden auch Wässer der nachlaufenden Sümpfung eingeleitet, mit der die laufende Grundwasserentnahme in reduziertem Umfang im Nahbereich des Tagebaus fortgeführt wird. Sie erzeugt einen hydraulischen Gradienten vom entstehenden See in das umliegende Gebirge, der während der Befüllung des Sees die Standsicherheit der Böschungen gewährleistet. Bei Erreichen des Zielwasserspiegels von +65 m NHN wird der Tagebausee eine Wasserfläche von rd. 3.530 ha und eine Tiefe von bis zu rd. 345 m aufweisen.

Die Tractebel GmbH, Hamburg ist in diesem Zusammenhang planerisch bzgl. des Schutzes des Uferverbaus vor wind- und wellenbedingten Erosionen tätig und erarbeitet hierfür mehrere Varianten. Die aCon Geotechnik GmbH, Hannover (kurz aCon) wurde am 18.07.2025 beauftragt, die für die Uferverbau erforderlichen Nachweise zur Filterbemessung und lokalen Standsicherheit durchzuführen. Die dbzgl. relevanten Grundlagen wurden in [U5] dokumentiert. Im vorliegenden Dokument wird die Böschungssicherung im Bereich der Außenecke Manheimer Bucht in Hambach (Schnitt HAM MB2) betrachtet.

2 Unterlagen

2.1 Projektspezifische Unterlagen

[U1] RWE Power AG Geomonitoring, Bergheim – Zusammenstellung der bislang vorliegenden Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen und der Annahmen zu den Baugrundeigenschaften für die im Bereich des Einleitbauwerks Hambach geplanten Wasserkraftwerke – Projekt: RWTL, Einleitbauwerk Tagebau Hambach, Wasserkraftwerke, 2023097, 12.11.2024.

[U2] RWE Power AG Geomonitoring, Bergheim – Bandbreite der Korngrößenverteilung für M1 – erhalten per Mail aus der Arbeitsgruppe Standsicherheit der RWE Power AG am 27.06.2025.

[U3] Institut für Geotechnik, Technische Universität Dresden - Korngrößenverteilungen für Forstkies – Projekt: BSS, Auftragsnummer 2017_39, 24.01.2018, erhalten per Mail von Dr. Eckard Schmidt (Tractebel) am 02.07.2025.

[U4] RWE Power AG – Uferverbau künftige Tagebauseen Inden und Hambach – Festlegung der Bereiche, an denen keine windwellenbedingten Erosionen auftreten dürfen – Planfeststellung Tagebauseen Inden und Hambach, 08.05.2025.

[U5] aCon Geotechnik GmbH, Hannover – Uferverbau der künftigen Tagebauseen Inden und Hambach – Grundlagendokument, Dok.-Nr. 252901-1 Rev0, 18.07.2025.

[U6] Naue GmbH & Co. KG, Espelkamp – Technische Daten Secutex H 751 – Stand 09.07.2025, www.naue.com.

[U7] HUESKER Synthetic GmbH, Gescher – Datenblatt HaTe E 800 BAW – Stand 26.05.2023.

[U8] Tractebel GmbH, Hamburg – Tagebausee Hambach, Ufersicherung gegen Windwellenerosion, Detaillageplan, Schnitt HAM MB1, MB2 und S112, Plan-Nr. B-UST 2.2, 10.07.2026.

[U9] Tractebel GmbH, Hamburg – Tagebausee Hambach, Böschungssicherung, Querschnitt mit Bemaßung, Schnitt H MB2, Plan-Nr. 02-01-H MB2 QS 02, 14.07.2026.

[U10] Tractebel GmbH, Hamburg – Tagebausee Hambach, Ufersicherung gegen Windwellenerosion, Detailquerschnitt, Schnitt HAM MB2, Plan-Nr. B-UST 3.3, 10.07.2026.

2.2 Technische Regelwerke und Richtlinien

[R1] DIN EN 1997-1:2014-03: Eurocode 7 - Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln; Deutsche Fassung EN 1997-1:2004 + AC:2009 + A1:2013, Beuth Verlag (Hrsg.), Berlin.

[R2] DIN EN 1997-2/NA:2010-12: Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds, Beuth Verlag (Hrsg.), Berlin.

[R3] DIN 1054:2021-04: Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1, Beuth Verlag (Hrsg.), Berlin.

[R4] DIN 4084:2021-11: Baugrund – Geländebruchberechnungen, Beuth Verlag (Hrsg.), Berlin.

[R5] DIN 4084 Beiblatt 1:2023-02: Baugrund – Geländebruchberechnungen – Beiblatt 1: Berechnungsbeispiele, Beuth Verlag (Hrsg.), Berlin.

[R6] DIN 18196:2023-02: Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke, Beuth Verlag (Hrsg.), Berlin.

[R7] DIN EN 13383:2002-08: Wasserbausteine – Teil 1: Anforderungen, Beuth Verlag (Hrsg.), Berlin.

[R8] Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen" (EAU2020), Hrsg. HGT und DGGT, 12. Aufl., Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, 2021.

[R9] Empfehlungen des Arbeitskreises "Pfähle" (EAP2012), Hrsg. DGGT, 2. Aufl., Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, 2012.

[R10] Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe - Merkblatt Materialtransport im Boden (MMB), 2013, in Verbindung mit Änderung A1:2015.

[R11] Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe - Merkblatt Anwendung von Kornfiltern an Bundeswasserstraßen (MAK), 2013, in Verbindung mit Änderung A1:2015.

[R12] Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe - Merkblatt Anwendung von geotextilen Filtern an Wasserstraßen (MAG), 2021.

[R13] Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe - Merkblatt Anwendung von Regelbauweisen für Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen (MAR), 2008.

[R14] Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe - Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD), 2025.

[R15] Bundesanstalt für Wasserbau, Karlsruhe - Merkblatt Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen (GBB), 2010.

[R16] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur - Technische Lieferbedingungen für Geotextilien und geotextilverwandte Produkte an Wasserstraßen (TLG), Ausgabe 2018.

[R17] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung – Technische Lieferbedingungen für Wasserbausteine (TLW), 2022.

[R18] Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V., Hennef – Merkblatt DWA-M 511 Filtern mit Geokunststoffen, August 2017.

2.3 Literatur

[L1] WAPRO, 1970: Werkstandard Nachweis der Beständigkeit von Erdstoffen gegenüber der Einwirkung der Sickerwasserströmung, Suffosion nichtbindiger Erdstoffe, WAPRO 4.04 Blatt 2, VEB Projektierung Wasserwirtschaft, Halle.

[L2] Ziems, J., 1967: Neue Erkenntnisse hinsichtlich der Verformungsbeständigkeit der Lockergesteine gegenüber Wirkungen des Sickerwassers, Wasserwirtschaft-Wassertechnik, 17. Jahrgang, Heft 2, S. 50 - 55.

[L3] Kenney, T. C., Lau, D., 1985: Internal stability of granular filters, Canadian Geotechnical Journal, J 22, p. 215 - 225.

[L4] Kenney, T. C., Lau, D., 1986: Internal stability of granular filters - Reply, Canadian Geotechnical Journal, J 23, p. 420 - 423.

[L5] Busch, K.-F., Luckner, L., Thiemer, K., 1993: Geohydraulik, Gebrüder Bornträger, Berlin und Stuttgart.

[L6] Burenkova, V. V., 1993: Assessment of the suffosion in non-cohesive and graded soils, Proceedings “Filters in Geotechnical and Hydraulic Engineering”, Brauns, Heilbaum & Schuler, Balkema, Rotterdam.

[L7] Sherard, J. L., Dunnigan, L. P., 1989: Critical Filters for Impervious Soils, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE 115 (7), p. 927 - 947.

[L8] Kaubisch, M., 1986: Zur indirekten Ermittlung hydrogeologischer Kennwerte von Kippenkomplexen, dargestellt am Beispiel des Braunkohlenbergbaus, Dissertation Bergakademie Freiberg.

[L9] Beyer, W., 1964: Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesen und Sanden aus der Kornverteilungskurve, WWT 14, S. 1656-168, Berlin.

[L10] Hazen, A., 1893: Some physical properties of sands and gravels with special reference to their use in filtration, 24th Annual Report Massachusetts State Board of Health, Pub. Doc. No. 34, S. 539-556.

[L11] Kaubisch, M., 1986: Zur indirekten Ermittlung hydrogeologischer Kennwerte von Kippenkomplexen, dargestellt am Beispiel des Braunkohlebergbaus, Dissertation Bergakademie Freiberg.

[L12] Odong, J., 2008: Evaluation of Empirical Formulae for Determination of Hydraulic Conductivity based on Grain-Size Analysis, The Journal of American Science, 4(1), 2008, ISSN 1545-1003.

[L13] Seiler, K.-P., 1973: Durchlässigkeit, Porosität und Kornverteilung quartärer Kies-Sand-Ablagerungen des bayrischen Alpenvorlandes, Gas- und Wasserfach – Wasser, Abwasser – 114. Jahrgang, Heft 8, S. 353-358.

[L14] Zieschang, J., 1964: Die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Lockergesteinsgrundwasserleitern, Zeitschrift für angewandte Geologie, Nr. 10, S. 364-370.

[L15] Carrier, W. D., 2003: Goodbye, Hazen; Hello, Kozeny-Carman, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 129, No. 11, S. 1054-1056, American Society of Civil Engineers, ISSN 1090-0241, November 2003.

[L16] Terzaghi, K., Peck, R. B., 1948: Soil mechanics in engineering practice, Wiley, New York.

[L17] U.S. Waterways Experiment Station, 1941: Investigation of filter requirements for underdrains, Technical Memorandum No. 183-1.

[L18] Cistin, J., 1967: Zum Problem mechanischer Deformationen nichtbindiger Lockergesteine durch die Sickerwasserströmung in Erddämmen, Wasserwirtschaft, Heft 2.

[L19] Lafleur, J., Mlynarek, J., Rollin, A. L., 1993: Filter criteria for well graded cohesionless soils, Proceedings “Filters in Geotechnical and Hydraulic Engineering”, Brauns, Heibaum & Schuler (eds) Balkema, Rotterdam, S. 97 – 106.

[L20] Myogahara, Y., Morita, S., Kuroki, H., Sueoka, T., 1993: Piping stability in the filter of rock-fill dams, Proceedings Filters in Geotechnical Engineering, Hrsg: Brauns, Heibaum, Schuler, Balkema, Rotterdam, S. 107 – 111.

3 Angaben zum Baugrund und Böschungsaufbau

3.1 Baugrund

Die Lagerstätte im Rheinischen Revier weist eine Vielzahl verschiedener Bodenhorizonte im Abbaugebiet der Tagebaue auf. Durch den Einsatz von Großgeräten auf der Gewinnungsseite kommt es zu einer Durchmischung der verschiedenen Horizonte der Lagerstätte, die anschließend im Regelprofil auf der Verkippungsseite abgelagert werden. Tagebaubetrieblich wird dabei zwischen drei Materialgruppen unterschieden, die als Mischboden (M) bezeichnet werden [U1]:

- M1
- M2 nass
- M2 trocken

Die M1-Böden bestehen aus Sand mit kiesigen Anteilen und einem Feinkorngehalt von bis zu 30%. Die M2-Böden weisen einen Feinkorngehalt > 30% auf (Schluff und Ton) und werden bzgl. der Aufbaufähigkeit weiter in trocken oder nass unterteilt.

Diese Mischböden werden gemäß eines Regelprofils verkippt, welches aus Stützrippen (M1) und dazwischen liegenden Poldern (M2) besteht. Die Böschungen werden im Bereich der zu untersuchenden Uferschutzmaßnahmen mit M1-Böden abgedeckt, um das spätere Profil der Böschungen herzustellen. Durch den Einbau als Schüttkegel mittels Absetzer ergibt sich eine überwiegend lockere bis mitteldichte Lagerung der M1-Böden, für welche die Dimensionierung und Bemessung eines geeigneten Filteraufbaus erforderlich ist. Die durch den M1 abgedeckten M2-Böden sind aufgrund ihrer Tiefenlage für den Nachweis der lokalen Standsicherheit nicht von Relevanz. Auf dem Filteraufbau liegt die Schutzschicht gegen wind- und wellenbedingte Erosion, welche von Tractebel konzipiert wird. Im Bereich des Zielwasserstands soll weiterhin eine Schicht kulturfähigen Bodens aufgebracht werden.

In Tabelle 3-1 sind abgeschätzte Bodenkennwerte für die zuvor genannten Böden aufgeführt. Tabelle 3-2 enthält Angaben zu Bodengruppen und -klassen für M1 und M2-Böden. In Abbildung 3-1 sind die uns zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Dokuments zur Verfügung stehenden Angaben zu Korngrößenverteilungen für M1-Böden dargestellt. Die Bandbreite der M1-Böden ist sehr groß. Sie deckt alle Kornverteilungen zwischen einem tonigen Feinsand und einem reinem Grobkies ab. Von RWE wurde zur Orientierung der

Körnungsbandbreite des M1 ein Kernbereich an Kornverteilungen definiert, bemessungsrelevant ist die gesamte Bandbreite.

Die für die geplanten Uferverbaumaßnahmen zu untersuchenden Flächen sind im Tagebau derzeit noch nicht hergestellt. Daher können aktuell keine detaillierten Aussagen zur Materialbeschaffenheit des M1 im Bereich der geplanten Maßnahmen getroffen werden.

Im weiteren Verlauf der Planung sind nach der Fertigstellung der Flächen Baugrunderkundungen durchzuführen, um die entsprechenden Bodenparameter zu verifizieren.

Tabelle 3-1: Abgeschätzte Bodenkennwerte für M1 ([U1])

Bodenart	M1
Wichte γ (kN/m³)	18 – 19
Reibungswinkel φ' (°)	30 – 32,5
Kohäsion c‘ (kN/m²)	0
Wasserdurchlässig-keitsbeiwert k_f (m/s)	10^{-4} – 10^{-7}
Steifemodul E_S (MN/m³)	5 – 20

Tabelle 3-2: Bodengruppen und -klassen für M1 ([U1])

Bodengruppe gemäß DIN 18196	Bodenklasse gemäß DIN 18300
A [SW, SE, SI, SU/ST, SU*/ST*]	3, 4, 5

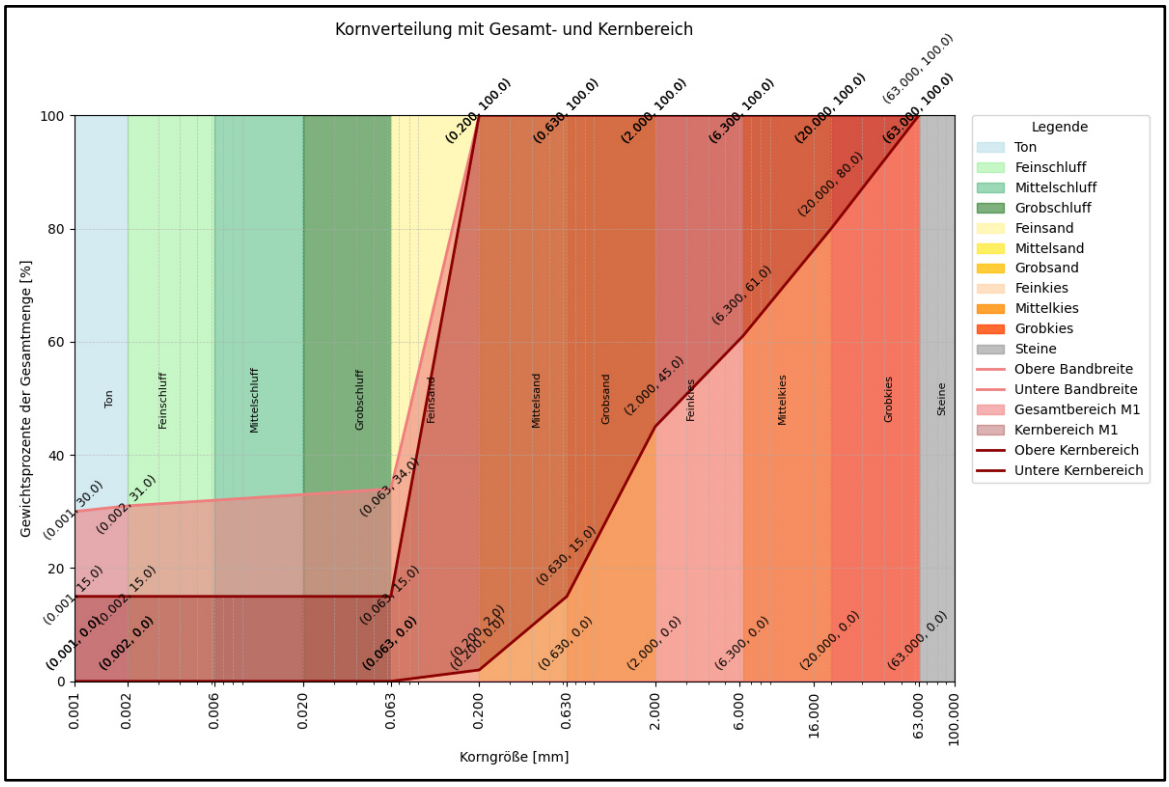


Abbildung 3-1: Bandbreite und Kernbereich der Korngrößenverteilungen für M1-Böden [U2]

3.2 Böschungsaufbau

Bzgl. der Schnittlage HAM MB2 wurden uns von Tractebel ein Detaillageplan [U8], ein Querschnitt mit Bemaßung [U9] und Detailquerschnitt [U10] zur Verfügung gestellt (s. Anhang C). Demnach ist im Bereich des Zielwasserstandes der in Abbildung 3-2 dargestellte Aufbau der Böschung vorgesehen.

Nach [U4] und [U10] wird die Böschung auf gewachsenem Baugrund aus Sanden und Kiesen aufgebaut. Angaben zu spezifischen Kornverteilungen liegen derzeit nicht vor. Es wird davon ausgegangen, dass die Klassifizierung der von M1 entspricht. Im oberen Bereich ist über dem Filtervlies eine 30 cm dicke, lose Steinschüttung aus CP 45/125 vorgesehen. Im unteren Bereich der Böschung soll über dem Filtervlies eine 40 cm dicke, lose Steinschüttung aus CP 63/180 aufgebracht werden. Die Böschung wird anschließend mit 50 cm kulturfähigem Boden und Erosionsschutzmatten überdeckt.

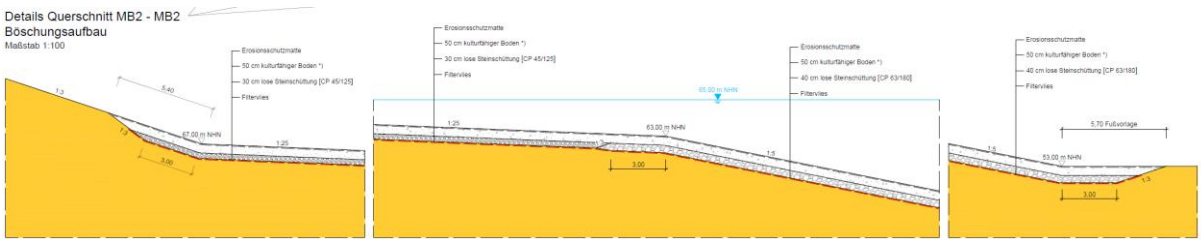


Abbildung 3-2: Detail Querschnitt HAM MB2 [U10]

4 Bemessung eines geotextilen Filters

4.1 Allgemeines

Auftragsgemäß ist als zu schützender Boden der Gesamtbereich der M1-Böden zu betrachten (s. [U5]). Im Rahmen einer Vorbemessung hat sich ergeben, dass die Bandbreite der Kornverteilungen viel zu groß ist, um einen einstufigen Kornfilter einsetzen zu können. Es wäre ein mehrstufiger Kornfilter erforderlich, der jedoch bei dem vermutlich inhomogenen Baugrundaufbau lokal nach den Filterregeln anzupassen wäre. Auch mit Geotextilien ist der Gesamtbereich nicht mit einer Filterlage abzudecken. Im Folgenden soll daher geprüft werden, ob geeignete geotextile Produkte für die Bandbreite der Kornverteilungen zwischen dem linken Rand des Gesamtbereichs und dem rechten Rand des Kernbereichs bestehen.

Wie in [U5] dargestellt wurde, sind bei der Bemessung eines geotextilen Filters die folgenden Anforderungen einzuhalten:

- mechanische Wirksamkeit
- hydraulische Wirksamkeit
- ausreichende Filterdicke
- Robustheit

Hierfür ist zusätzlich die Suffosionssicherheit des zu schützenden Bodens zu ermitteln. Rein auf der Kornverteilung ist der linke Rand des Gesamtbereichs der M1-Böden nach DIN 18196 [R6] als ST* zu klassifizieren. Bei solchen gemischtkörnigen Böden sind zur Klassifizierung jedoch auch noch die Plastizitätszahl I_P und die Fließgrenze w_L maßgebend, welche uns nicht vorliegen. Sollte die Kornverteilung aufgrund der Plastizität als kohäsiv zu klassifizieren sein, würde keine Suffosionsgefährdung vorliegen. Im Folgenden wird angenommen, dass der Boden am linken Rand nicht kohäsiv ist und Suffosionssicherheit nachzuweisen ist.

4.2 Suffosionssicherheit

Für den linken Rand des Gesamtbereichs der M1-Böden sind das vereinfachte Verfahren [L1] und das Verfahren nach Ziems [L2] nicht anwendbar, da die Kornverteilung eine markante Krümmungsänderung aufweist. Das Verfahren von Kenny & Lau ([L3], [L4]) hingegen ist anwendbar. Hierfür ist zunächst die Ungleichförmigkeitszahl $C_{U,grob}$ der gröbsten 70 % Massenanteil zu bestimmen:

$$C_{U,grob} = \frac{d_{60}}{d_{10}} \approx \frac{0{,}123\ mm}{0{,}066\ mm} \approx 1{,}8$$

Bei $C_{U,grob} \leq 3$ ist die Formkurve der feinsten 30 % der betrachteten Kornverteilung auszuwerten. Da die feinsten 30 % der Kornverteilung aus Tonpartikeln bestehen ($d_{30} \leq 0{,}001$ mm), ist der linke Rand des Gesamtbereichs als nicht suffosionsgefährdet einzustufen.

Der rechte Rand des Kernbereichs ist nach DIN 18196 [R6] als Kies-Sand-Gemisch (GW/GI) zu klassifizieren und demnach als nicht kohäsiv einzustufen. Seine Ungleichförmigkeitszahl ergibt sich wie folgt:

$$C_U = \frac{d_{60}}{d_{10}} \approx \frac{5{,}864\ mm}{0{,}405\ mm} \approx 14{,}5$$

Das vereinfachte Verfahren zur Ermittlung der Suffosionssicherheit ist somit nicht anwendbar, da $C_U > 8$ ist. Im Folgenden wird der Nachweis nach Ziems [L2] geführt. Mit $d_{17} \approx 0{,}68$ mm und einer angenommenen Porenzahl $e = 0{,}5$ ergibt sich der maßgebende Porenkanaldurchmesser d_k wie folgt:

$$d_k = 0{,}455 \cdot \sqrt[6]{C_U} \cdot e \cdot d_{17} = 0{,}455 \cdot \sqrt[6]{14{,}5} \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}68 = 0{,}24\ mm$$

Durch Umstellen der Nachweisgleichung ergibt sich der minimale Korndurchmesser d_{min}, der bei Suffosion ausgetragen werden kann, zu:

$$d_{min} \geq 1{,}5 \cdot F_S \cdot d_k = 1{,}50 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}24\ mm = 0{,}14\ mm$$

Dieser Korndurchmesser entspricht einem Massenanteil von ungefähr 1,4 %, dessen Austragung als hinnehmbar zu bewerten ist. Der rechte Rand des Kernbereichs ist damit als suffosionssicher einzustufen.

Zusätzlich wird das Verfahren von Kenny & Lau für den rechten Rand des Kernbereichs angewendet:

$$C_{U,grob} = \frac{d_{60}}{d_{10}} \approx \frac{12{,}3\ mm}{1{,}47\ mm} \approx 8{,}4$$

Bei $C_{U,grob} > 3$ ist die Formkurve der feinsten 20 % der betrachteten Kornverteilung auszuwerten (s. Abbildung 4-1). Da die Formkurve das harte Kriterium von $H = 1{,}3\ F$ überschreitet, handelt es sich nicht um einen suffosiven Boden.

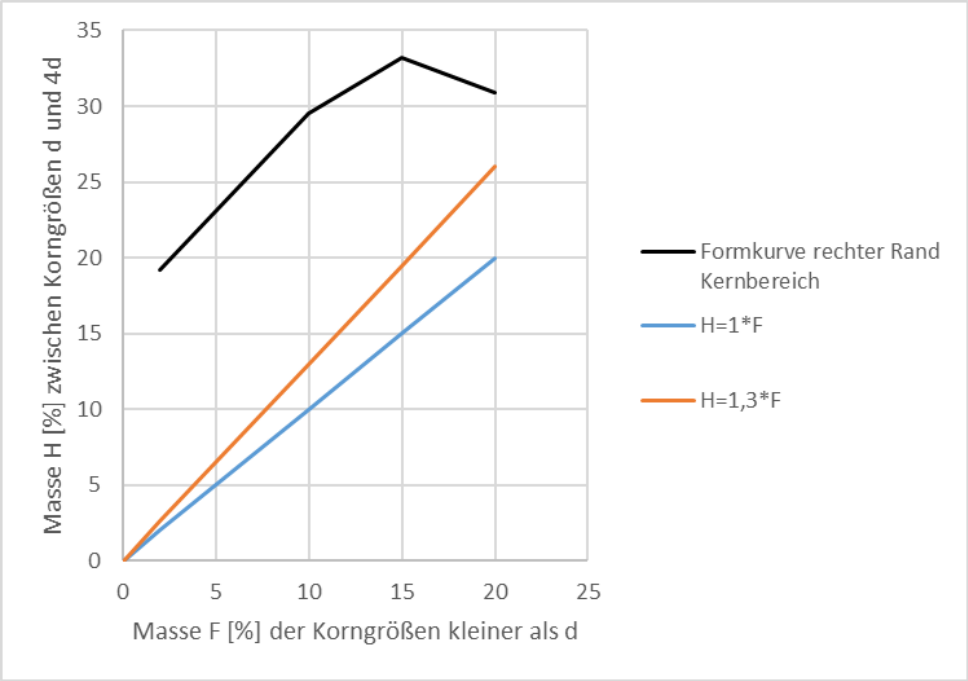


Abbildung 4-1: Formkurve für rechten Rand des Kernbereichs nach Kenney & Lau (1985)

4.3 Mechanische Wirksamkeit

Für den linken Rand des Gesamtbereichs der M1-Böden ergibt sich die Ungleichförmigkeitszahl C_U wie folgt:

$$C_U = \frac{d_{60}}{d_{10}} \approx \frac{0{,}099\ mm}{0{,}001\ mm} \approx 100$$

Das zulässige Abstandsverhältnis O_{90}/d_{50} beträgt nach [R18] unter Berücksichtigung der lockeren Lagerungsdichte der verkippten M1-Böden:

$$\frac{O_{90}}{d_{50}} = 0{,}9 \cdot \left[1 + \frac{24 \cdot e^{\left(\frac{-(\ln C_U - 1{,}65)^2}{2 \cdot 0{,}55^2}\right)}}{0{,}55 \cdot C_U \cdot \sqrt{2\pi}}\right] = 0{,}9 \cdot \left[1 + \frac{24 \cdot e^{\left(\frac{-(\ln 100 - 1{,}65)^2}{2 \cdot 0{,}55^2}\right)}}{0{,}55 \cdot 100 \cdot \sqrt{2\pi}}\right] = 0{,}9$$

Mit d_{50} = 0,083 mm des linken Rands ergibt sich die zulässige Öffnungsweite wie folgt:

$$O_{90,zul} = 0{,}9 \cdot 0{,}083\ mm = 0{,}075\ mm$$

Diese Forderung wird durch die in Tabelle 4-1 aufgeführten Produkte eingehalten:

Tabelle 4-1: Kennwerte Geotextilien

Geotextil	Naue Secutex H 751 [U6]	HUESKER HaTe E 800 BAW [U7]
O_{90} in mm	0,07	0,07
V_{H50} in m/s	0,025	0,035
d in mm	6	6
Masse in g/m²	772	800
Dehnung ε_{max} längs/ quer in %	60 / 45	135 / 75

4.4 Hydraulische Wirksamkeit

Die Wasserdurchlässigkeit am rechten Rand des Kernbereichs ergibt sich nach dem Verfahren von Beyer [L9] mit dem Beiwert c(C_U) = 0,007 zu:

$$k_f = c(C_U) \cdot {d_{10}}^2 = 0{,}007 \cdot 0{,}405^2 = 1{,}15 \cdot 10^{-3} \frac{m}{s}$$

Die Wasserdurchlässigkeit von Geotextilien wird nach [R18] unter Berücksichtigung der Wassertemperatur T wie folgt berechnet:

$$k_{Geotextil} = \frac{V_{H50} \cdot d/h}{R_T} = V_{H50} \cdot \frac{d}{50\ mm} \cdot \frac{1 + 0{,}033 \cdot T + 0{,}00022 \cdot T^2}{1{,}762}$$

Die Durchlässigkeit der Geotextilien (s. Tabelle 4-2) entspricht somit ungefähr dem zwei- bis dreifachen der Wasserdurchlässigkeit k_f des Bodens. Damit ist die Forderung von 10- bis 100-facher Durchlässigkeit k_f nicht eingehalten. Jedoch reicht nach [R18] eine Durchlässigkeit von mindestens k_f aus, wenn der Baugrund sehr durchlässig ist und unkritische Randbedingungen wie z. B. geringe hydraulische Gradienten vorliegen. Dies wird beim hier betrachteten Schnitt der Fall sein.

Tabelle 4-2: Durchlässigkeit der Geotextilien

Geotextil	Naue Secutex H 751	HUESKER HaTe E 800 BAW
k (20 °C)	$3{,}00 \cdot 10^{-3}$	$4{,}20 \cdot 10^{-3}$
k (10 °C)	$2{,}30 \cdot 10^{-3}$	$3{,}22 \cdot 10^{-3}$

4.5 Filterdicken

Nach [R18] muss die Mindestdicke einer Filterlage größer als der 30-fachen Öffnungsweite O_{90} sein. Diese Forderung ist bei beiden Produkten eingehalten:

$$6\ mm \geq 30 \cdot 0{,}07\ mm = 2{,}1\ mm$$

4.6 Robustheit

Das Verformungsvermögen wird für beide Produkte als ausreichend eingestuft ($\varepsilon_{max} \geq 50$ % in Verlegerichtung). Die Flächengewichte der betrachteten Geotextilien sind größer als 750 g/m². Nach [R18] dürfen die Geotextilien mit Sanden, Kiesen und Steinen eines Gewichts bis zu ca. 60 kg überschüttet werden. Die Robustheitskriterien sind für den geplanten Böschungsaufbau (s. Kapitel 3.2) somit erfüllt.

5 Lokale Standsicherheit der Böschung

Die Böschung wird mit einer maximalen Neigung von 1:3 errichtet. Für den gewachsenen Baugrund aus Sanden und Kiesen soll nach Rücksprache mit der entsprechenden Fachabteilung (POB-GS-S) bei der RWE ein Reibungswinkel von $\varphi'_c = 35\,°$ angesetzt werden. Es ist keine signifikante Durchströmung des Bodens zu erwarten. Der Nachweis der lokalen Standsicherheit ist damit erbracht:

$$\tan\beta \leq \tan\varphi'_d$$

$$\frac{1}{3} \leq \frac{\tan 35°}{1{,}25}$$

$$0{,}33 \leq 0{,}56$$

6 Abschließende Hinweise und Anmerkungen

Zum Zeitpunkt der Dokumenterstellung ist der tatsächliche Baugrundaufbau noch nicht bekannt, da das Böschungsprofil noch nicht hergestellt worden ist. Dementsprechend liegen auch keine Erkenntnisse zu den lokal vorhandenen Bandbreiten der Kornverteilungen vor, auf welche der Filteraufbau abzustimmen ist. Im weiteren Verlauf der Planung sind nach der Fertigstellung der Flächen Baugrunderkundungen durchzuführen, um die entsprechenden Bodenparameter zu verifizieren.

Weiterhin ist noch der Nachweis der lokalen Standsicherheit für den kulturfähigen Boden zu erbringen. Hierzu liegen jedoch noch keine Bodenparameter vor.

Hannover, 15.07.2026

(Dipl.-Ing. Christian Schröder) (Dipl.-Ing. Tim Gerlach)

7 Anlagen / Anhänge

VERZEICHNIS DER ANHÄNGE

Anhang A	Produktdatenblatt Naue Secutex H 751 [U6]
Anhang B	Produktdatenblatt HUESKER HaTe E 800 BAW [U7]
Anhang C	Detaillageplan und Querschnitte von Tractebel [U8], [U9], [U10]

Anhang A

Produktdatenblatt Naue Secutex H 751

AUSSCHREIBUNGSTEXTVORSCHLAG

Secutex® H 751

Pos.: ……. Menge: ….…… Einheitspreis: ……. Gesamtpreis: ……

Secutex® H 751, der Firma Naue GmbH & Co. KG oder gleichwertig als Filtervliesstoff für den Wasserbau gemäß TLG der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Karlsruhe liefern und fachgerecht gemäß der Hersteller-Verlegeanleitung einbauen. Die Bahnen sind an den Stößen zu überlappen oder zu vernähen und gegen Windsog bzw. Strömungsangriffe durch geeignete Maßnahmen zu sichern. Überlappungsverluste sind einzukalkulieren.

Secutex® H 751 ist ein einschichtiger, mechanisch verfestigter Filtervliesstoff.

Die folgenden Parameter sind für den Nachweis der Gleichwertigkeit einzuhalten:

Technische Daten:

Rohstoff:	Polypropylen (PP)
Farbe:	weiß
Masse pro Flächeneinheit: (nach DIN EN ISO 9864)	772 g/m²
Schichtdicke: (nach DIN EN ISO 9863-1)	6,7 mm/ ≥ 6,0 mm
Höchstzugkraft längs/quer: (nach DIN EN ISO 10319)	≥ 45 kN/m / ≥ 50 kN/m
Höchstzugkraftdehnung längs/quer: (nach DIN EN ISO 10319)	60 % / 45 %
Durchdrückverhalten (CBR-Versuch) (nach DIN EN ISO 12236):	10,6 kN
Durchschlagverhalten (nach DIN EN ISO 13433)	4,0 mm
Charakteristische Öffnungsweite (O_{90}): (nach DIN EN ISO 12956)	0,07 mm
Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene: (nach DIN EN ISO 11058)	VI_{H50}-Index: 2,5 x 10^{-2} m/s Durchflussrate$_{H50}$: 25 l/s m²

Filterwirksam gegenüber (nach RPG und TLG, Ausgabe 2018 der BAW):	Bodentyp A, B und C
Durchschlagwiderstand für Wasserbausteine bei einer Fallenergie von 1800 Nm (Durchschlagtest nach RPG der BAW)	erfüllt
Abriebbeständigkeit (nach RPG der BAW):	erfüllt

Rollenabmessungen:

Breite	6,0 m

Folgende Nachweise müssen vorliegen:

- Eigen- und Fremdüberwachung nach DIN 18200
- Qualitätsmanagementsystem nach DIN EN ISO 9001
- Aktuelle CE-Kennzeichnung
- Nachweis einer Produktgruppen EPD (Environmental-Product-Declaration) (Umweltproduktdeklaration)
- Mit Abgabe des Angebots ist ein gültiges Prüfzeugnis gemäß RPG der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), Karlsruhe für den Vliesstoff vorzulegen. Die technischen Anforderungen sind für den Einsatz im Wasserbau, gemäß technischer Lieferbedingungen für Geotextilien im Verkehrswasserbau (TLG, Ausgabe 2018) nachzuweisen.
- Beständigkeit (gemäß Annex B der entsprechenden europäischen Anwendungsnorm) für mindestens 100 Jahre beim Einsatz ohne Bewehrungsfunktion in natürlichen Böden mit einem pH-Wert zwischen 4 und 9 und einer Bodentemperatur von < 25°C
- Das Produkt ist innerhalb von einem Monat nach Einbau zu bedecken.

Liefernachweis
Secutex® H 751

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
32339 Espelkamp
Tel.: +49 57 43 41 - 0
Fax: +49 57 43 41 - 240
info@naue.com
www.naue.com

Stand: 09.07.2025

Anhang B

Produktdatenblatt Huesker HaTe E 800 BAW

DATENBLATT

Produktbezeichnung	**HATE® E 800 BAW**
Produktbeschreibung	Vliesstoff
Rohstoff (MD/CMD)	PET/PP
Farbe	weiß
Umweltbedeutung	unbedenklich

	Einheit	**Nennwert**
Flächenbezogene Masse		
DIN EN ISO 9864	g/m²	800
Dicke bei 2 kPa Druck		
DIN EN ISO 9863	mm	6,00
Zugfestigkeit (MD)		
DIN EN ISO 10319	kN/m	20,0
Zugfestigkeit (CMD)		
DIN EN ISO 10319	kN/m	60,0
Dehnung bei Höchstzugkraft (MD)		
DIN EN ISO 10319	%	135,0
Dehnung bei Höchstzugkraft (CMD)		
DIN EN ISO 10319	%	75,0
Durchdrückkraft		
DIN EN ISO 12236	kN	7,000
Dynamisches Durchschlagverhalten		
DIN EN ISO 13433	mm	2
Dynamisches Durchschlagverhalten		
BAW RPG 2021	Nm	1.800
Wasserdurchlässigkeit normal zur Ebene / Geschwindigkeitsindex VH50		
DIN EN ISO 11058	m/s	0,035
Charakteristische Öffnungsweite O90		
DIN EN ISO 12956	µm	70
Filterstabilität		
BAW RPG 2021		Bodentyp A, B, C
Höchstzulässige Freiliegedauer nach Einbau		Innerhalb von 1 Monat nach Einbau abzudecken
Beständigkeit		Beständig für mindestens 100 Jahre bei Anwendungen in natürlichen Böden mit 4 ≤ pH ≤ 9 und Bodentemperaturen von ≤ 25°C.
Standardlänge	m	50,00
Standardbreite	cm	500,00

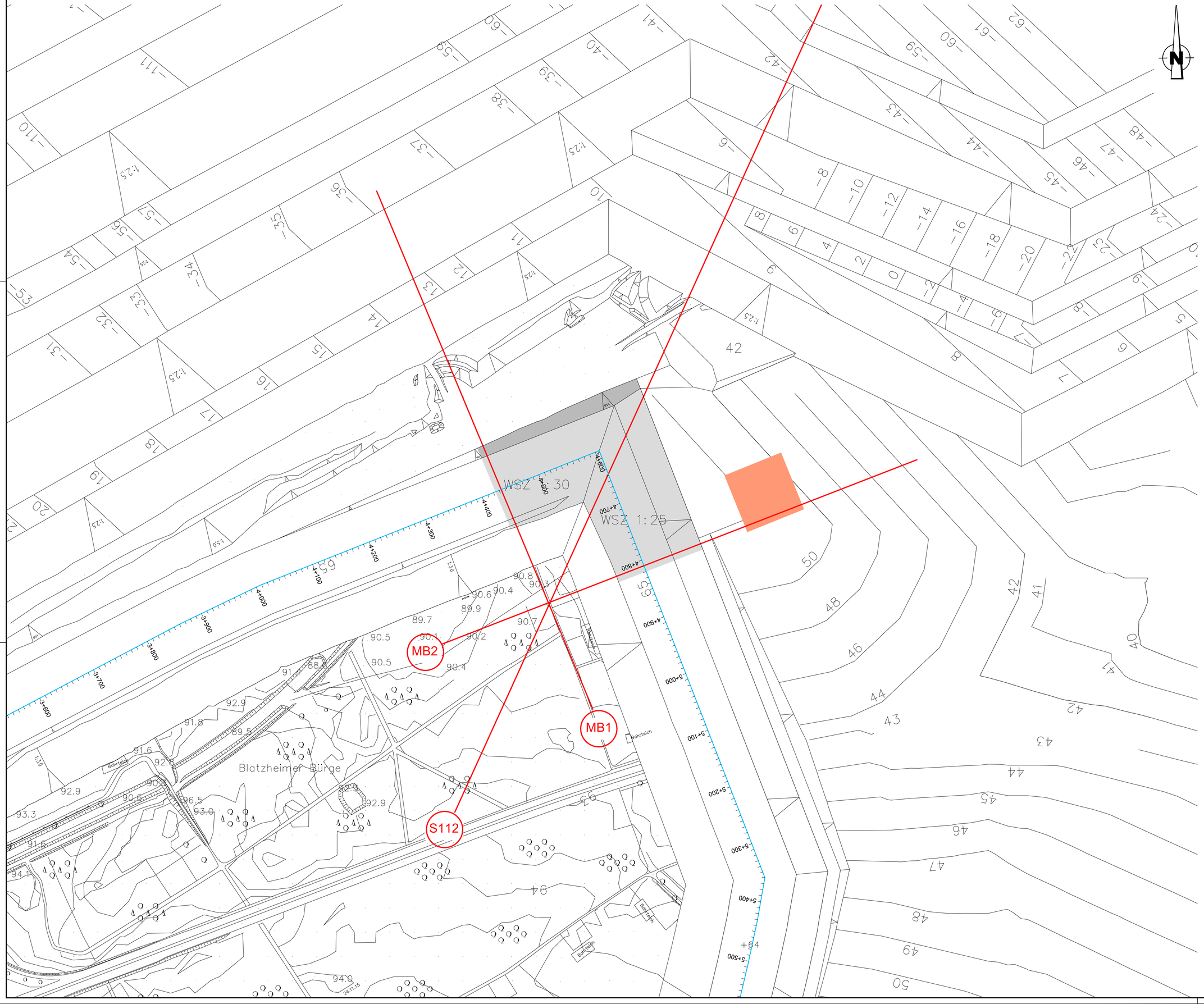
HUESKER Synthetic GmbH
Fabrikstraße 13-15, D-48712 Gescher
Tel.: + 49 (0) 25 42 / 701 – 0
Fax: + 49 (0) 25 42 / 701 – 480
E–Mail: vertrieb@HUESKER.de
Internet: www.HUESKER.com

Die aufgeführten technischen Daten sind Richtwerte, die in unserem akkreditiertem Labor und/oder externen Prüfinstituten erzielt wurden. Das Recht auf Produktänderung ohne Ankündigung ist vorbehalten.

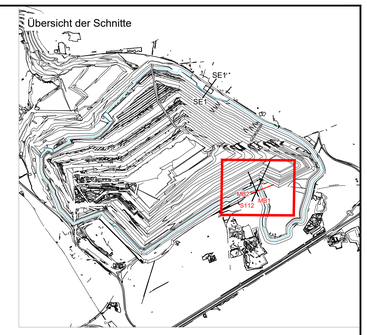
Dokument: HVE800BAWA/ZTD/10000000219/000/01 Stand: 26.05.2023

Anhang C

Detaillageplan und Querschnitte, erstellt von THP



Übersicht der Schnitte



Legende:
- Zielwasserstand
- Schnitt
- Lose Steinschüttung [CP 63/180]
- Lose Steinschüttung [LMB 5/40]
- Baustelleneinrichtungsfläche [100m x 100m]

1:2000
0 50 100 150 200 m

Datengrundlage:
Tgb_Hambach_Stand_7_6_PFV_Final.dwg vom 26.06.26

Auftraggeber:
RWE Power
Wasserwirtschaftliche Planung

Projekt:
Tagebausee Hambach
Antrag auf Planfeststellung nach § 68 Abs. 1 WHG

Planbezeichnung:
Ufersicherung gegen Windwellenerosion
Detaillageplan, Schnitt HAM MB1, MB2 und S112
Außenecke Manheimer Bucht

TRACTEBEL ENGIE
Tractebel GmbH
Grevenstraße 12
20357 Hamburg
Tel. 040 2549-410

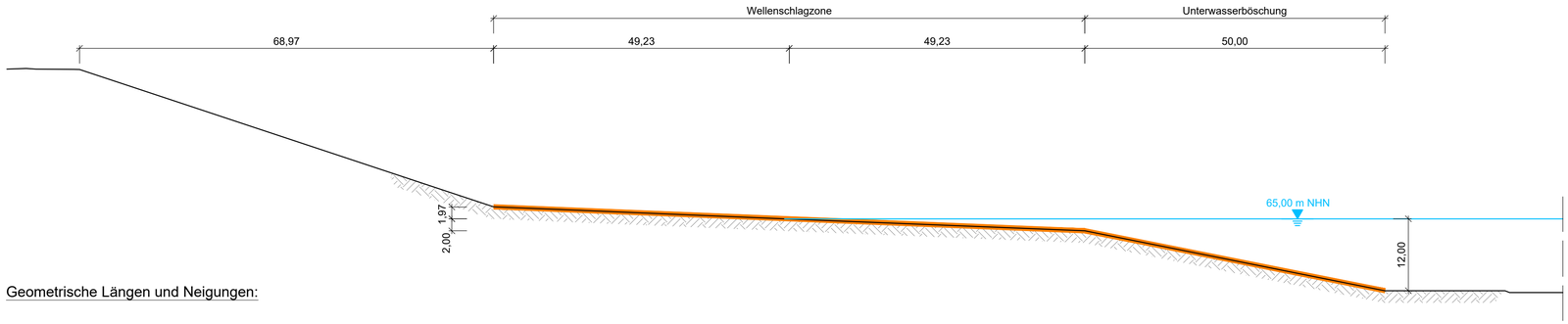
Projekt-Nr.: 100 3804
Plan-/Anlage-Nr.: B-UST 2.2
Maßstab: 1:2000
Bearb.: 10.07.2026 Rhymiadou
Geprüft: 10.07.2026 Gaudek
Dipl.: 10.07.2026 Schmidt

© Geobasisdaten: © Land NRW (Daten jederfrei/gratis); Datenlizenz Deutschland-Version 2.0
basemap.de/geobasis-bkg/dl-by-2-0) + © RWE Power AG
© Topographische Dienst Kadaster, Nederland, Emmen/NL
B Zeichnungsinhalt: © RWE Power AG
Diese Unterlage darf nur mit vorheriger Zustimmung der RWE Power AG an Dritte weitergegeben, verbreitet, durch Bild- oder sonstige Informationsträger wiedergegeben oder verwertfältigt werden. Sie wird mit Betriebs-/Geschäftsgeheimnissen eingestuft gegenüber der RWE Power AG im Sinne des UIG. Alle Nutzungs- und Verwertungsrechte liegen bei der RWE Power AG.

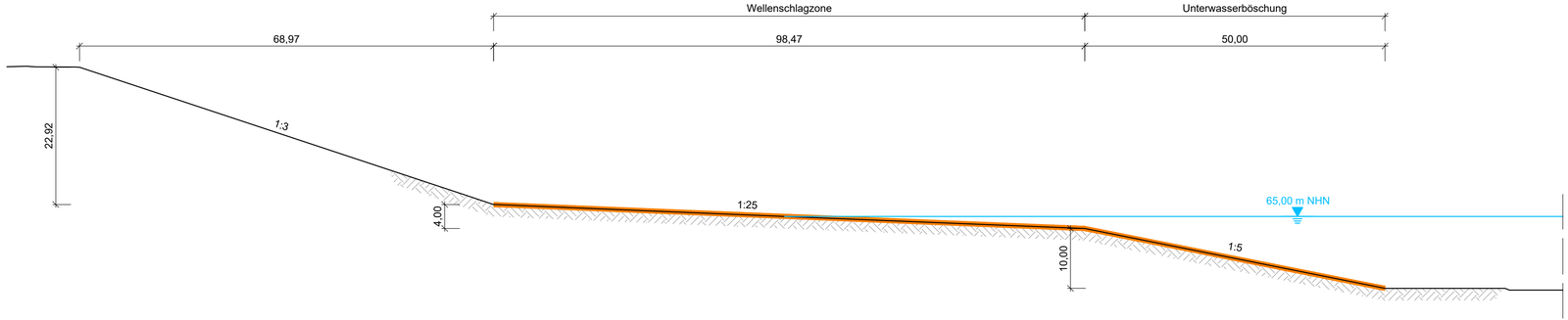
Dokumentnummer: 100 3804 | Version: 1.0 | Status: Freigegeben

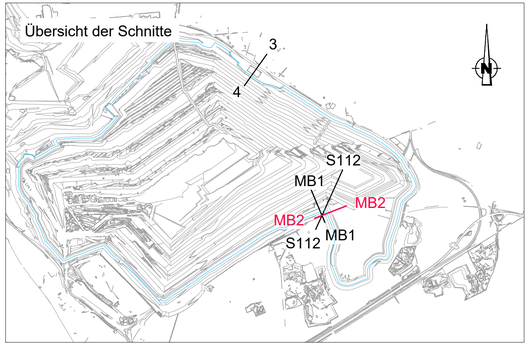
Querschnitt MB2 - MB2
Außenecke Manheimer Bucht

Abstände Wasserspiegel zu Böschungsfuß für Bemessung:



Geometrische Längen und Neigungen:





LEGENDE

- Böschung/Geländeprofil
- Wellenschlagböschung
- Wasserstand

M 1:500

0 10 20 30 40 m 50

Datengrundlage:

Datengrundlage: mod_pfv_wanne_240425 / 035_sts_V1 vom: 08.05.2025

Auftraggeber:

RWE Power
Wasserwirtschaftliche Planung

Projekt:

Tagebausee Hambach
Antrag auf Planfeststellung nach § 68 Abs. 1 WHG

Planbezeichnung:

Böschungssicherung
Querschnitt mit Bemaßung, Schnitt H MB2
Außenecke Manheimer Bucht

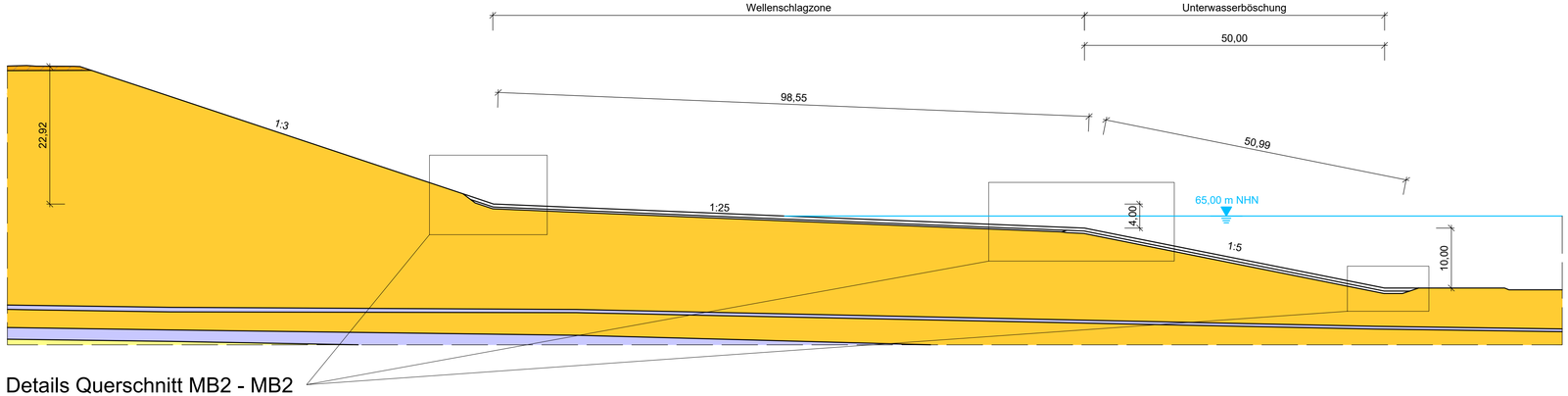
TRACTEBEL ENGIE
Tractebel GmbH
Gotenstraße 12
20097 Hamburg
Tel. 040 2549-4122

Projekt-Nr.:	100 3804
Plan-/Anlage-Nr.:	02-01-H MB2 QS 02
Maßstab:	1:500
Bearb.:	14.07.2026 Efthymiadou
Zeichn.:	14.07.2026 Plagwitz-Peters
Gepr.:	14.07.2026 Schmidt

© Geobasisdaten: © Land NRW (Daten geändert/ergänzt), Datenlizenz Deutschland,/Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0) + © RWE Power AG
© Topografische Dienst Kadaster, Nederland, Emmerich
® Zeichnungsinhalt: © RWE Power AG
Diese Unterlage darf nur mit vorheriger Zustimmung der RWE Power AG an Dritte weitergegeben, verbreitet, durch Bild- oder sonstige Informationsträger wiedergegeben oder vervielfältigt werden. Sie enthält Betriebs-/Geschäftsgeheimnisse sowie gestiges Eigentum der RWE Power AG im Sinne des UIG. Alle Nutzungs- und Verwertungsrechte liegen bei der RWE Power AG.

Schutzvermerk DIN ISO 16016 beachten!
© Tractebel GmbH, 2026

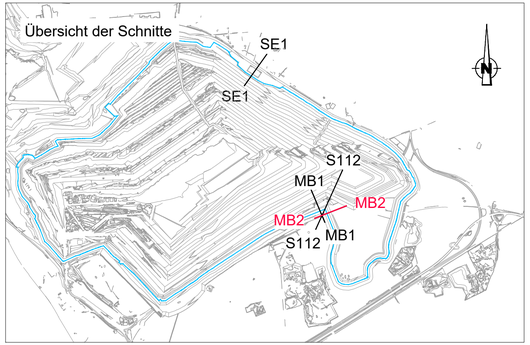
Querschnitt MB2 - MB2
Außenecke Manheimer Bucht
Maßstab 1:500



LEGENDE

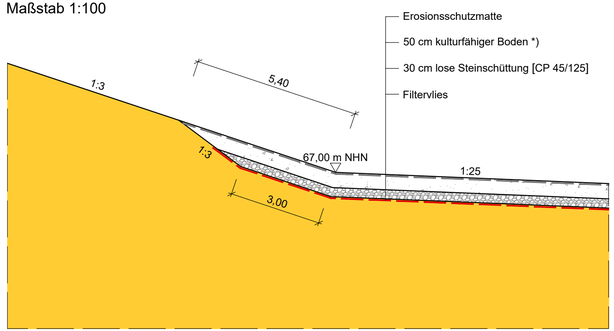
- Lösslehm
- Kies und Sand
- Sand
- Ton

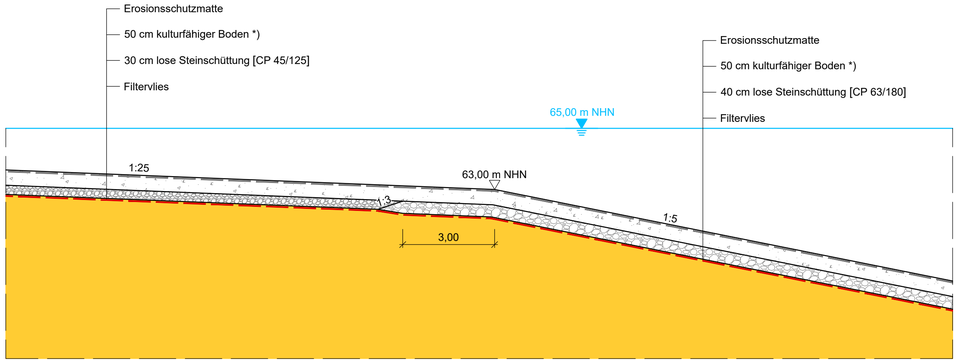
*) Die Schichtdicke kann aufgrund der Bepflanzung gemäß Pflanzplan variieren.

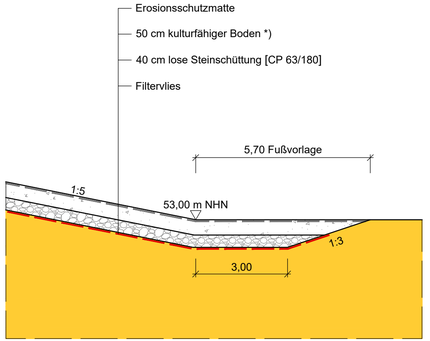


M 1:500
0 10 20 30 40 m 50
M 1:100
0 2 4 6 8 m 10

Details Querschnitt MB2 - MB2
Böschungsaufbau
Maßstab 1:100







Datengrundlage:
Tgb_Hambach_Stand_7_6_PFV_Final.dwg vom 26.06.26

Auftraggeber:
RWE Power
Wasserwirtschaftliche Planung

Projekt:
Tagebausee Hambach
Antrag auf Planfeststellung nach § 68 Abs. 1 WHG

Planbezeichnung:
Ufersicherung gegen Windwellenerosion
Detailquerschnitt, Schnitt HAM MB2
Außenecke Manheimer Bucht

TRACTEBEL ENGIE
Tractebel GmbH
Gotenstraße 12
20097 Hamburg
Tel. 040 2549-4122

Projekt-Nr.:	100 3804
Plan-/Anlage-Nr.:	B-UST 3.3
Maßstab:	1:500, 1:100
Bearb.:	10.07.2026 Efthymiadou
Zeichn.:	10.07.2026 Plagwitz-Peters
Gepr.:	10.07.2026 Schmidt

© Geobasisdaten: © Land NRW (Daten geändert/ergänzt), Datenlizenz Deutschland,/Version 2.0 (www.govdata.de/dl-de/by-2-0) + © RWE Power AG
© Topografische Dienst Kadaster, Nederland, Emmerich
© Zeichnungsinhalt: © RWE Power AG
Diese Unterlage darf nur mit vorheriger Zustimmung der RWE Power AG an Dritte weitergegeben, verbreitet, durch Bild- oder sonstige Informationsträger wiedergegeben oder vervielfältigt werden. Sie enthält Betriebs-/Geschäftsgeheimnisse sowie gestiges Eigentum der RWE Power AG im Sinne des UIG. Alle Nutzungs- und Verwertungsrechte liegen bei der RWE Power AG.

Schutzvermerk DIN ISO 16016 beachten!
© Tractebel GmbH, 2026