RWE Power AG

27.04.2026

Tagebausee Hambach

Antrag auf Planfeststellung nach § 68 Abs. 1 WHG

Standsicherheitsbericht Einleittrasse
Anlage A-EBH-03



Abbildung: 3D-Modell Darstellung des Tagebausees Hambach (Quelle: RWE Power AG)

Tractebel GmbH
Gmunder Straße 53 | 81379 München
Tel.: +49 89 381907-70 | Fax: +49 89 381907-99
info.germany@tractebel.engie.com
www.tractebel-engie.com

INHALTSVERZEICHNIS

1 Veranlassung und Zielstellung 1

2 Grundlagen für die Nachweisführung der Standsicherheit 2

2.1 Lage 2

2.2 Materialeigenschaften 2

2.3 Geologie und Hydrogeologie 3

2.4 Berechnungsmodell 6

2.5 Erosionssicherungsmaßnahmen 6

3 Vorgaben für die Berechnungen 9

3.1 Einwirkungen 9

3.2 Sicherheitskonzept nach EC-7 11

3.3 Dauerhaftigkeit 12

4 Berechnungsverfahren und Programme 13

4.1 Berechnungsprogramme 13

4.2 Durchströmungsberechnung 13

4.3 Böschungsbruchberechnung 14

4.4 Spreizsicherheit 14

4.5 Suffosionssicherheit 14

5 Nachweisführung Einleittrasse 17

5.1 Baugrund 17

5.2 Böschungsbruchberechnung 17

5.3 Ergebnisse Böschungsbruchsicherheit 18

5.4 Spreizsicherheit 19

5.5 Suffosionssicherheit 19

5.6 Gleitsicherheit des Erosionsschutzes auf der Böschung 20

5.7 Dauerhaftigkeit 20

6 Zusammenfassung 22

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1	Lage vom Tagebau Hambach (rot umrandet) [14]	2
Abbildung 2	Darstellung Verteilung der spektralen Antwortbeschleunigung für T = 475 Jahre [5] (bearbeitet) | schwarzer Punkt = Lage Tagebau Hambach	4
Abbildung 3	Geologische Untergrundklassen [5] (bearbeitet) | schwarzer Punkt = Lage Tagebau Hambach	5
Abbildung 4	Erosionsschutz Variante 1	7
Abbildung 5	Erosionsschutz Variante 2	7
Abbildung 6	Erosionsschutz Variante 3	8
Abbildung 7	$S_{aP,R}$-Werte von Erdbebenkarten Deutschland - SDA ENGINEERING	10
Abbildung 8	Ausbildung des Wasserspiegels im Zuge der Befüllung (Quelle Visualisierungsmodell der RWE)	13
Abbildung 9	Bestimmung des kritischen Gradienten nach DIN 19712:1997, Bild 8 [3]	15
Abbildung 10	Querprofil Station 2+061 | Quelle Tractebel GmbH	17

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1	Abgeschätzte Bodenkennwerte [12]	3
Tabelle 2	Bodenparameter *S* zur Beschleunigung des elastischen horizontalen Antwortspektrum [5], Seite 16	11
Tabelle 3	Ergebnisse Böschungsbruchsicherheit – Einleittrasse	19
Tabelle 4:	Geometrische Suffosionssicherheit anstehenden sandig-kiesigen Auffüllung	20

ANHANGVERZEICHNIS

Anhang 1	Standsicherheitsberechnungen
Anhang 2	Suffosionssicherheit H16-Material
Anhang 3	Spreizsicherheit
Anhang 4	Kornverteilungen H16-Material
Anhang 5	Stellungnahme Naue GmbH & CO. KG

LITERATURVERZEICHNIS

[1] DIN 1054: 2021-04, Baugrund –Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1

[2] DIN 4084:2021:11 Baugrund- und Geländebruchberechnungen

[3] DIN 19712:1997-11 Flussdeiche (alte Fassung) und DIN 19712:2013-01 Hochwasserschutzanlagen an Fließgewässern

[4] DIN-EN 1997, Eurocode 7-1: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln

[5] DIN EN 1998-1/NA, Eurocode 8: November 2023, Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben. Teil 1: Grundlagen Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten

[6] DIN EN 1998-5, Eurocode 8: Dezember 2010, Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben. Teil 5: Gründungen Stützbauwerke und geotechnische Aspekte

[7] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik: Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben" (EAB). Ernst, Wilhelm und Sohn; 6. Auflage, 2021

[8] MAK: Merkblatt Anwendung von Kornfiltern an Wasserstraßen, Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), 2013

[9] MMB: Merkblatt Materialtransport im Boden, Bundesanstalt für Wasserbau (BAW), 2013

[10] MSD: Merkblatt Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (BAW), 2011

[11] Rendulic, L. (1938): Der Erddruck im Straßenbau und Brückenbau, Forschungsarbeiten aus dem Straßenwesen, Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen e. V., Volk- und Reich Verlag, Berlin.

[12] RWE: Geotechnische Stellungnahme zu den bislang vorliegenden Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen und den Ansätzen zu den Baugrundeigenschaften für die Errichtung des Einleitbauwerks im Tagebau Hambach. 31.10.2025

[13] WAPRO 4.04: Nachweis der Beständigkeit von Erdstoffen gegenüber der Einwirkung der Sickerströmung, Projektierung Wasserwirtschaft, Januar 1970

Sonstige Unterlagen

[14] BGR Geoportal - Geoviewer https://geoportal.bgr.de/mapapps/resources/apps/geoportal/index.html?lang=de#/geoviewer Zuletzt abgerufen 03.11.2025

[15] Erdbebenkarten Deutschland - SDA ENGINEERING https://www.sda-engineering.de/erdbebenkarten-deutschland Zuletzt abgerufen 12.02.2026

[16] ISTOMINA, V. S.: Filtracionnaja ustojcivost gruntov (Die Filtrationsbeständigkeit der Böden). Izd. po stroit. i arch., Moskau 1957

[17] Türke, H. Statik im Erdbau, Ernst Verlag Berlin, 1999

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Bezeichnung
BS	Bohrsondierung/Bemessungssituation
BS-A	Bemessungssituation außergewöhnlich
BS-E	Bemessungssituation Erdbeben
BS-P	Bemessungssituation ständig
BS-T	Bemessungssituation vorrübergehend
GOK	Geländeoberkante
GSC	Geotextiler Sandcontainer
TSF	Teilsicherheitsfaktor

1 Veranlassung und Zielstellung

Mit dem „Kohleverstromungsbeendigungsgesetz“ (KVBG) wurde der Ausstieg aus der Kohleverstromung in Deutschland gesetzlich festgelegt. Auf dieser Grundlage sowie ergänzenden Vereinbarungen wird die Braunkohleverstromung im rheinischen Revier, einschließlich des Tagebaus Hambach, bis zum Jahr 2030 beendet. Infolgedessen wird auch die Braunkohleförderung im Tagebau Hambach spätestens Ende dieses Jahrzehnts eingestellt.

Zur Realisierung der planmäßigen Folgenutzung gemäß geändertem Braunkohlenplan und darauf aufbauendem Abschlussbetriebsplan beginnt ab etwa 2030 die Herstellung und schrittweise Befüllung des Tagebausees. Der geplante Tagebausee Hambach wird eine Fläche von rund 3.550 ha, ein Volumen von etwa 4.320 Mio. m³ sowie eine maximale Tiefe von rund 345 m aufweisen. Der Zielwasserspiegel liegt bei +65 m über Normalhöhennull (NHN).

Die Befüllung des Tagebausees erfolgt mit Wassermengen aus dem Rhein, zusammen mit Sümpfungswasser des Tagebaus. Die Zuführung von Rheinwasser erfolgt über die Rheinwassertransportleitung (RWTL).

Die Einleitung muss eine über die voraussichtliche Befülldauer von 40 Jahren sowie eine nachlaufende Dauer zur Stützung des Wasserstandes von bis zu 25 Jahren dauerhaft funktionsfähige und sichere Zuführung des Wassers vom Tagebaurand in den Tagebausee bei sukzessive steigendem Wasserstand sicherstellen.

Im vorliegenden Bericht wird die Standsicherheit der Einleittrasse erläutert.

2 Grundlagen für die Nachweisführung der Standsicherheit

2.1 Lage

Der Tagebau Hambach liegt im Süd-Westen von Nordrhein-Westfalen, etwa 30 km westlich von Köln.

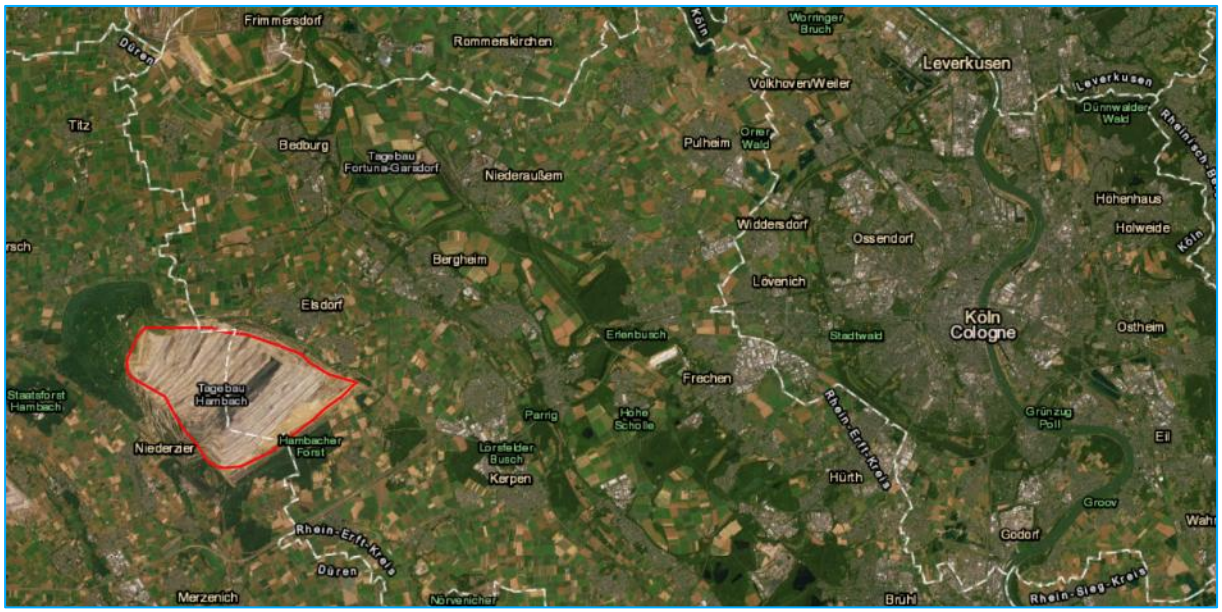


Abbildung 1 Lage vom Tagebau Hambach (rot umrandet) [14]

Die Schnittstelle des Einleitbauwerks zur RWTL befindet sich am Tagebaurand, westlich von Elsdorf am Ende des Speedways im Bereich des jetzigen Aussichtsturms.

Das Einleitbauwerk schließt an das zur RWTL gehörige Auslaufbauwerk an und entnimmt das Wasser zur Befüllung das Tagebausees aus dem Auslaufbauwerk.

2.2 Materialeigenschaften

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Bodenkennwerte der einzelnen Bodenschichten, die in den erdstatischen Berechnungen angesetzt wurden. Die Kennwerte wurden aus der geotechnischen Stellungnahme von RWE [12] übernommen und Mittelwerte gebildet.

Tabelle 1 Abgeschätzte Bodenkennwerte [12]

Bodenart	M1	M2	Horizont 16, verdichtet
Wichte γ (kN/m³)	18 – 19	16 – 20	19 – 21
Reibungswinkel γ' (°)	30 – 32,5	25 – 27,5	32,5 – 37,5
Durchlässigkeit k_f (m/s)	10^{-4} – 10^{-7}	10^{-6} – 10^{-9}	10^{-3} – 10^{-5}
Kohäsion c' (kN/m²)	0,0	5 – 10	0
Steifemodul E_S (MN/m²)	5 – 20	2 – 8	40 – 80

Das Material aus dem Horizont 16 (H16-Material) wird mit einem Reibungswinkel von $\varphi = 35°$ und einer Wichte von $\gamma = 20$ kN/m³ und das M1-Material mit einem Reibungswinkel von $\varphi = 31°$ und einer Wichte von $\gamma = 19$ kN/m³ in den Berechnungen berücksichtigt.

2.3 Geologie und Hydrogeologie

Der Tagebau Hambach liegt im Bereich der Erft-Scholle. Der Tagebau schließt die Lockergesteinsschichten des Miozäns und Pliozäns auf und erreicht als Basis das Flöz Frimmersdorf. Der Tagebau Hambach erreicht damit eine Teufe von ca. -330 m NHN. Nach Verkippung der Seeböschungen verbleibt das Seetiefste bei rd. –290 m NHN. Im Bereich des Tagebausees wird damit ein hohes Böschungssystem nach Beendigung des Braunkohleabbaus verbleiben, dessen Standsicherheit eine wesentliche Voraussetzung für die Einleitung darstellt.

Neben diesen in geschnittenen Seeböschungsbereichen natürlich abgelagerten und anstehenden geologischen Schichten wird im Bereich gekippter Seeböschungen ein anthropogener Böschungsaufbau in Form von Abraumschüttungen geschaffen.

Erdbebeneinwirkungen

Im Rahmen der Nachweisführung zur Standsicherheit der geplanten End- bzw. Tagebauseeböschungen stellen Erdbebeneinwirkungen einen wesentlichen zu berücksichtigenden Faktor dar. Diese

werden bei Standsicherheitsprüfungen der RWE Power AG entsprechend den Vorgaben der für die Untersuchung und Beurteilung der Tagebauseeböschungen maßgeblichen “Richtlinie für die Untersuchung der Standsicherheit von Böschungen der im Tagebau betriebenen Braunkohlenbergwerke (RfS)” der Bezirksregierung Arnsberg in den Standsicherheitsberechnungen angesetzt.

Bauwerke, die in Zonen mit spektralen Antwortbeschleunigungen über 0,5 m/s² liegen, müssen nach den Vorgaben des EC 8 konstruktiv bemessen und nachgewiesen werden. Die Zonen und die Untergrundklassen sind in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt.

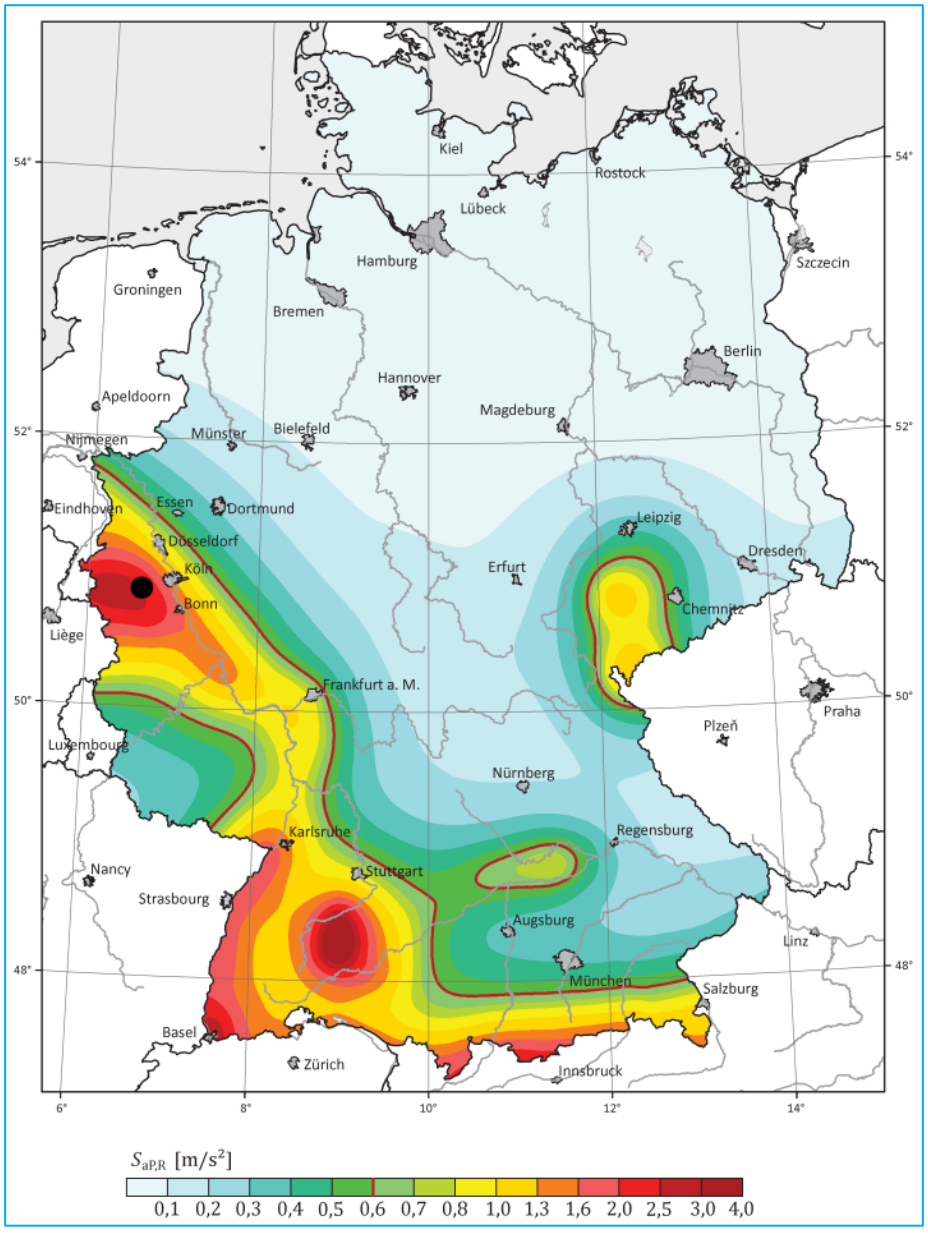


Abbildung 2 Darstellung Verteilung der spektralen Antwortbeschleunigung für T = 475 Jahre [5] (bearbeitet) | schwarzer Punkt = Lage Tagebau Hambach

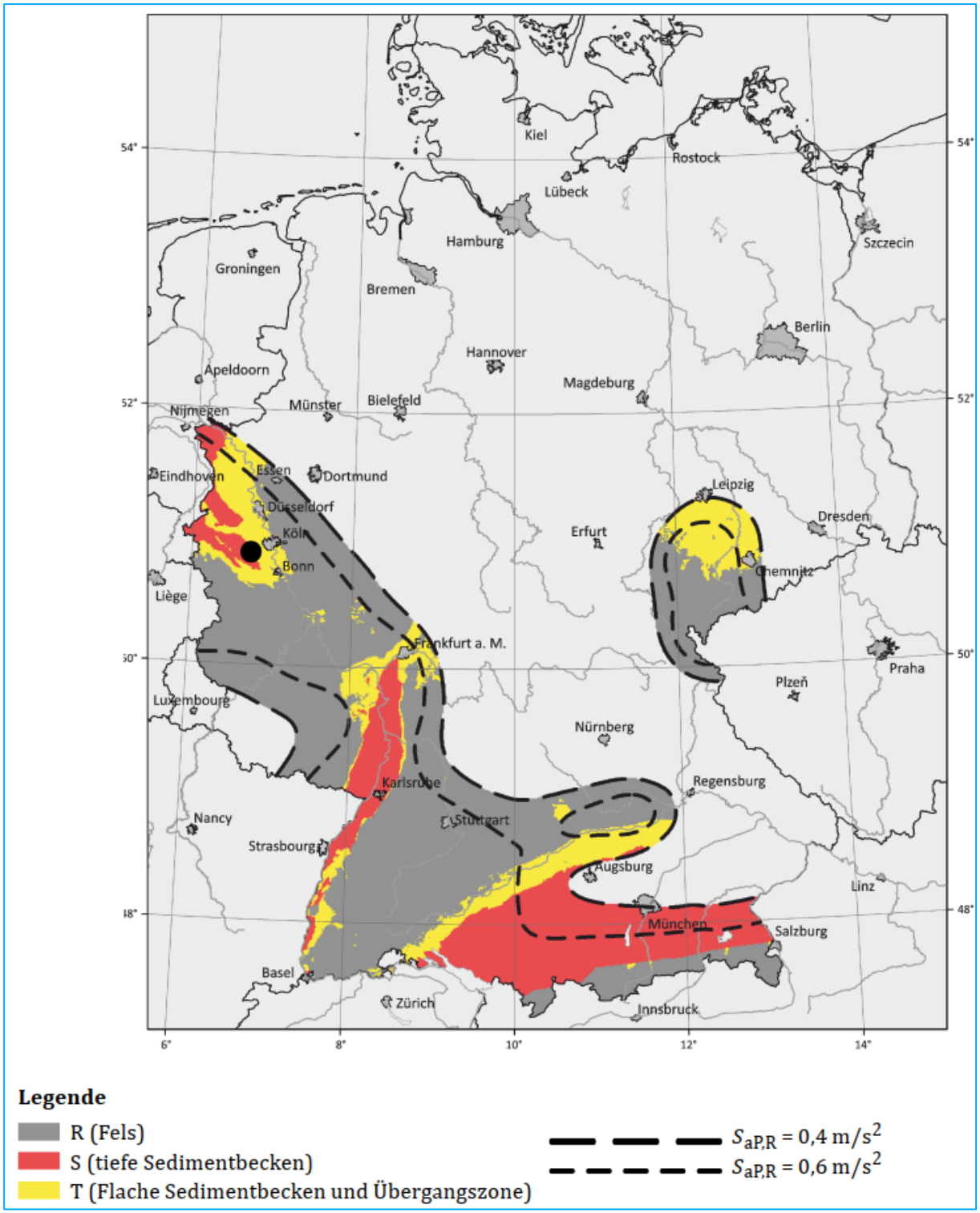


Abbildung 3 Geologische Untergrundklassen [5] (bearbeitet) | schwarzer Punkt = Lage Tagebau Hambach

2.4 Berechnungsmodell

Der Berechnungsquerschnitt für die Einleittrasse richtet sich nach der Station mit der größten Trassenhöhe. Die größte Höhe des Trassenkörpers wird bei Station 2+061 mit einer Höhe von ca. 25 m erreicht. Die Kontur der Einleittrasse gleicht einem Damm mit Bermen auf beiden Seiten der Böschungen. Die Böschungen sind jeweils mit N = 1 : 2 geneigt. Die Oberkante der Einleittrasse ist 50,0 Meter breit. Die Einleittrasse fällt in Längsrichtung mit einer Neigung von 1 : 5 ein.

Auf der Krone der Einleittrasse verlaufen zwei Einleitstränge in Längsrichtung. Diese verlaufen parallel zur Böschungsschulter und sind 5,0 m von dieser entfernt. Die Einleitstränge, die aus Stahlbetonbecken auf bewehrte Erde-Podesten bestehen, werden als ständige Last in den Berechnungsmodellen berücksichtigt.

Es werden Verkehrslasten zwischen den Böschungsschultern und den Einleitsträngen sowie auf den Bermen mit p_V = 33 kN/m² angesetzt.

Das Baugrundschichtenmodell besteht aus einer Wechsellagerung aus Mischboden 1 (M1-Schicht) und Mischboden 2 (M2-Schicht). Der M1 besteht aus einem weitgestuften bis enggestuften Sand mit unterschiedlichen Anteilen von Schluff und Ton ([SW, SE, SI, SU/ST, SU*/ST*]). Die M2-Schicht besteht aus einem schwach schluffigen bis schluffigen Ton sowie aus einem tonigen Schluff. Bei beiden Bodenschichten handelt es sich um Auffüllungen.

Der Trassenkörper wird aus verdichtetem Horizont 16 Material erstellt.

2.5 Erosionssicherungsmaßnahmen

Die folgenden Maßnahmen sind in Abhängigkeit von der Größe der Einwirkung durch Wellenschlag als Erosionsschutz auf den Böschungen vorgesehen.

Variante 1 besteht aus mit M1-Material gefüllten Sandcontainern, die auf einem Filtervlies aufliegen. Die Sandcontainer werden mit einer 40 cm dicken Substratschicht (UV-Schutz) abgedeckt und mit einem Kokosgewebe und anschließender Anspritzbegrünung abgedeckt.

Je nach Belastung durch Wellenschlag werden die Sandcontainer in drei verschiedenen Größen mit Längen von 2,85 m, 2,05 m und 1,00 m verwendet.

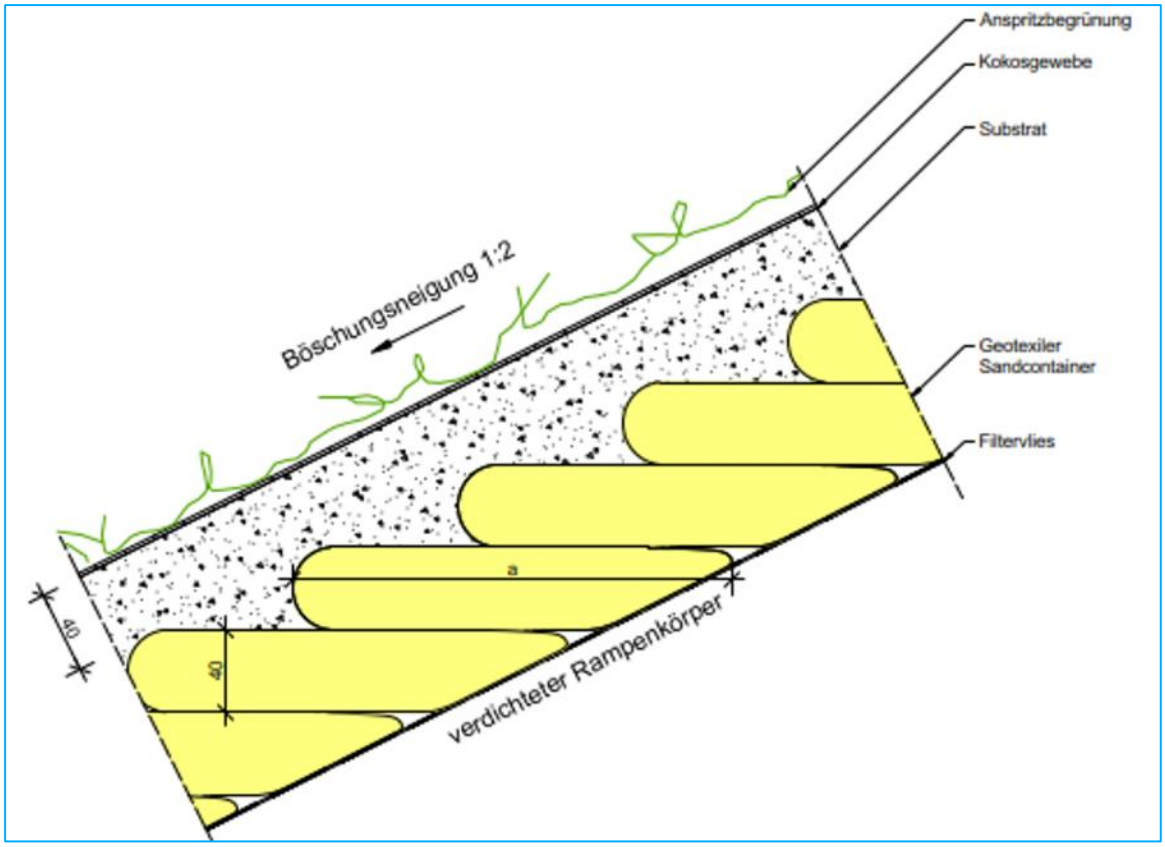


Abbildung 4 Erosionsschutz Variante 1

Variante 2 besteht aus zwei übereinander liegende Steinmatratzen. Insgesamt ist diese Erosionssicherungsvariante 53 cm dick. Zwischen Trassenkörper und Erosionssicherungsmatratze wird ein Filtervlies verlegt. Damit wird ein etwaiges Ausspülen von H16-Material verhindert.

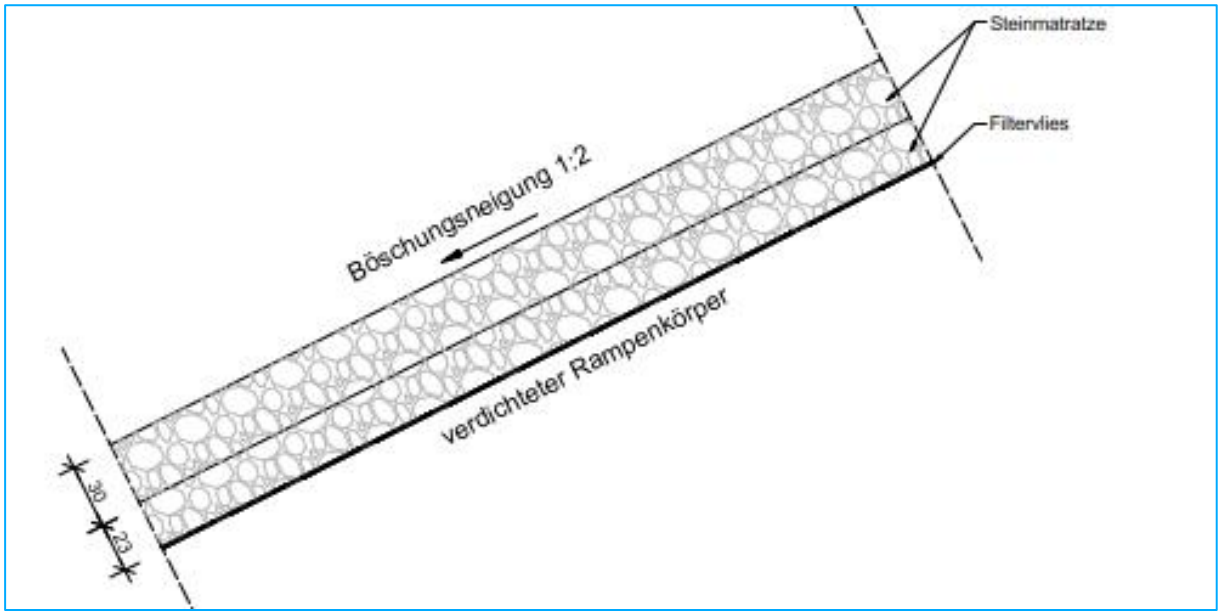


Abbildung 5 Erosionsschutz Variante 2

Variante 3 besteht aus einer 20 cm dicken Substratschicht, welche auf dem Trassenkörper angebracht wird und mit einem Kokosgewebe und einer Anspritzbegrünung fixiert wird. Die dabei entstehende Wurzelschicht der Grasnarbe, wirkt zusätzlich durch die „Durchwurzelungskohäsion“ stabilisierend. Die Durchwurzelung wird für die Standsicherheit nicht berücksichtigt.

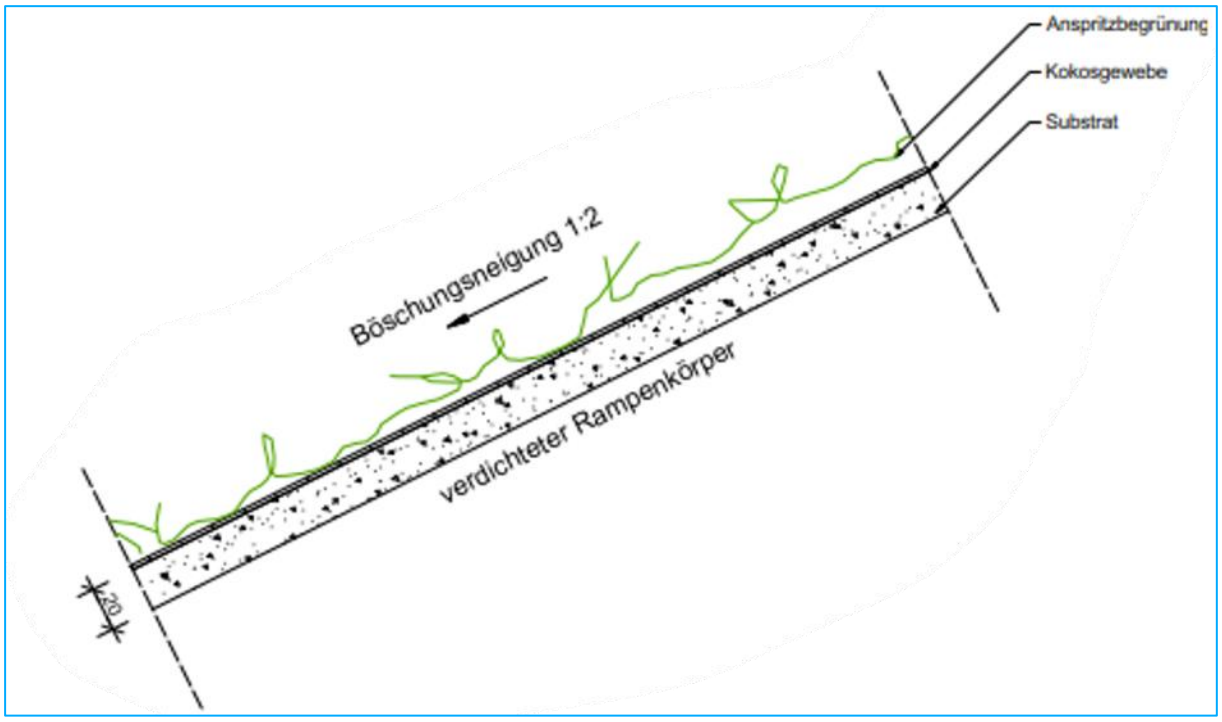


Abbildung 6 Erosionsschutz Variante 3

3 Vorgaben für die Berechnungen

3.1 Einwirkungen

Ständige Einwirkungen

Die Definition der Einwirkungen (Lasten) erfolgt auf Grundlage der DIN EN 1997-1 [4]. Demnach werden folgende ständige Einwirkungen festgelegt:

- Eigenlasten;
- Auflasten;
- Erddruck.

Für die Erdbeschleunigung wird bei den Lastannahmen von g = 9,81 m/s² ausgegangen.

Bei der Berechnung der Einleittrasse wird das Eigengewicht des Einleitbauwerks mit p_S = 66,66 kN/m² als Auflast betrachtet. Hierbei wird das auf der Einleittrasse aufliegende Becken mit dem maximalen Wasserstand als ständige Last betrachtet. Damit liegen die Ergebnisse auf der sicheren Seite.

Die Standsicherheit wird ohne Wassereinstau und mit Wassereinstau auf verschiedenen Höhen (1/3 Böschungshöhe, ½ Böschungshöhe und volle Böschungshöhe) berechnet.

Für die Baugrundschichten und die Baustoffe gelten die in den Rechnerausdrucken angegebenen Wichten.

Veränderliche Einwirkungen

Den veränderlichen Einwirkungen werden gemäß DIN EN 1997-1 [4] folgende Einwirkungen zugeordnet:

- Verkehrslasten
    - Es werden erhöhte Verkehrslasten orientierend an DIN 19712 [3] mit p_V = 33,0 kN/m² (früherer „SLW 60“) angesetzt;

Diese Verkehrslasten werden mittig auf den Bermen (orientierend an DIN 4124 [2], Kapitel 9.1.1) angesetzt.

Außergewöhnliche Einwirkungen / Erdbeben

Als außergewöhnliche Bemessungssituation wird das Einwirken eines Erdbebens untersucht. Da die Einleittrasse einen homogenen Aufbau aufweist, sind keine Teilsicherheitsbeiwerte für Bauteile zu berücksichtigen, die versagen können.

Für die Ermittlung der Beschleunigungswerte werden die Spektralbeschleunigungswerte ($S_{aP,R}$) aus der interaktiven Webseite von sda-engineering [15] für eine Wiederkehrperiode von T = 475 Jahren herausgelesen.

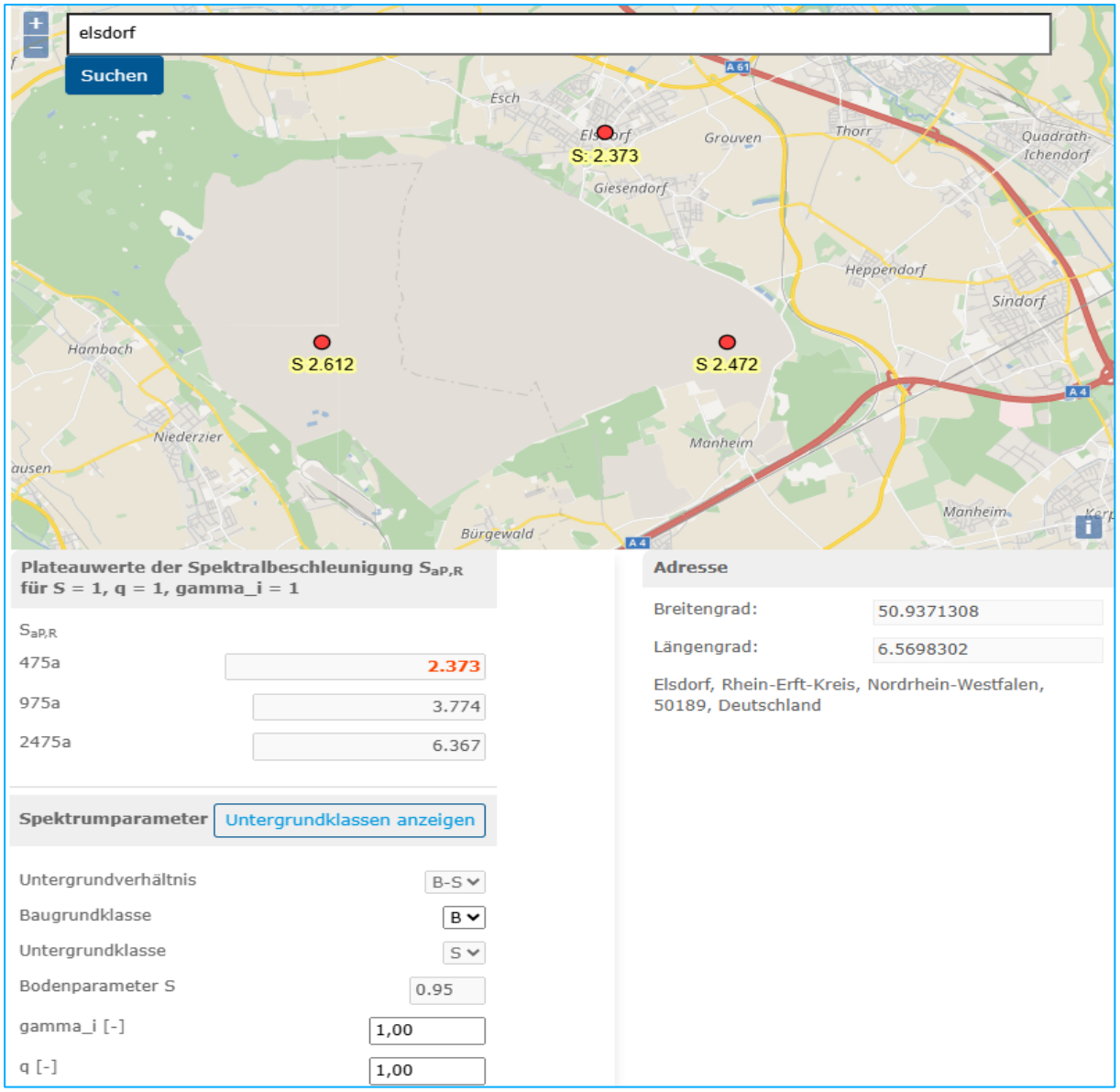


Abbildung 7 $S_{aP,R}$-Werte von Erdbebenkarten Deutschland - SDA ENGINEERING

Nach Interpolation der angegebenen Spektralwerte (Punkt Elsdorf und Tagebau links) ergibt sich ein Wert von ca. 2,5.

Für den Tagebau gilt ein Untergrundverhältnis von C-S. Zusammen mit dem Beschleunigungswert von $S_{aP,R}$ = 2,5 > 2 ergibt sich ein Bodenparameter von S = 0,95 gemäß nachfolgender Tabelle.

Tabelle 2 Bodenparameter *S* zur Beschleunigung des elastischen horizontalen Antwortspektrum [5], Seite 16

Spektralbeschleunigung $S_{aP,R}$ m/s^2	Bodenparameter S^a Untergrundverhältnis					
	A-R	B-R	C-R	B-T	C-T	C-S
$S_{aP,R} \leq 1{,}0$	1,00	1,25	1,50	1,05	1,45	1,30
$1{,}0 < S_{aP,R} \leq 2{,}0$	1,00	1,20	1,30	1,00	1,25	1,15
$S_{aP,R} > 2{,}0$	1,00	1,20	1,15	1,00	1,10	0,95

[a] Für das Untergrundverhältnis B-S darf der Bodenparameter *S* wie bei C-S angenommen werden.

Nach [6] (Kapitel 4.1.3.3) ergibt sich eine horizontale Beschleunigung (a_h) von

$$a_h = 0{,}5 \cdot a \cdot S \cdot \gamma_i$$

Der Wert a wird mit Hilfe von [5] (Seite 13) ermittelt

$$a = \frac{a_{gR}}{g} = \frac{S_{aPR}}{2{,}5 \cdot g}$$

Woraus sich:

$$a_h = 0{,}5 \cdot \frac{S_{aPR}}{2{,}5 \cdot g} \cdot S \cdot \gamma_i = 0{,}5 \cdot \frac{2{,}5}{2{,}5 \cdot 9{,}81} \cdot 0{,}95 \cdot 1{,}0 = 0{,}0484$$

mit a_h = 0,0484 m/s², bzw. $a_v = a_h \cdot 0{,}33 = 0{,}0161$ ergibt.

Für den vertikalen Erdbebenbeiwert wird $a_v = 0{,}33 * a_h$ für die Berechnungen herangezogen.

Der in [6] (Kapitel 4.1.3.3) angegebene Faktor „Gewicht der Gleitmasse“ (*W*) wird im Berechnungsprogramm bei der Standsicherheitsberechnung berücksichtigt.

Die Erdbebennachweise erfolgen nach den Berechnungsverfahren von Bishop.

Nach EC-8 ist die BS-Erdbeben (BS-E) für T = 475 Jahre maßgebend.

3.2 Sicherheitskonzept nach EC-7

Die **Nachweise für die Standsicherheit** der geplanten Einleittrasse sind nach dem Teilsicherheitskonzept, gemäß EC-7 [4] bzw. DIN 1054 [1] zu führen.

Für den Nachweis der Standsicherheit wird unterschieden in:

- ständige Bemessungssituation (BS-P)
- vorübergehende Bemessungssituation (BS-T)

- Bemessungssituation Erdbeben (BS-E)
- Außergewöhnliche Bemessungssituation (BS-A)

Entsprechend EC-7 [4] (hier auch BS-Erdbeben) sind folgende Teilsicherheitsbeiwerte (γ) einzuhalten:

Bemessungssituation BS-P:	$\gamma_{\varphi'}$ = 1,25	$\gamma_{c'}$ = 1,25	γ_G = 1,0	γ_Q = 1,3
Bemessungssituation BS-T:	$\gamma_{\varphi'}$ = 1,15	$\gamma_{c'}$ = 1,15	γ_G = 1,0	γ_Q = 1,2
Bemessungssituation BS-A/E:	$\gamma_{\varphi'}$ = 1,10	$\gamma_{c'}$ = 1,10	γ_G = 1,0	γ_Q = 1,0

Erläuterung:
$\gamma_{\varphi'}$ = Teilsicherheitsfaktor für den Reibungswinkel φ'
$\gamma_{c'}$ = Teilsicherheitsfaktor für die Kohäsion c'
γ_G = Teilsicherheitsfaktor für ständige Einwirkungen
γ_Q = Teilsicherheitsfaktor für ungünstige veränderliche Einwirkungen

3.3 Dauerhaftigkeit

Die **Dauerhaftigkeit** wird i.d.R. ohne weiteren Nachweis durch geeignete konstruktive Lösungen und die Auswahl von entsprechend widerstandsfähigen und dauerhaften Baumaterialien gewährleistet. Sie ist gegeben, wenn die baulichen Anlagen ihre Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit während der gesamten Nutzungsdauer ohne außergewöhnliche Instandsetzungsmaßnahmen beibehalten.

4 Berechnungsverfahren und Programme

4.1 Berechnungsprogramme

Für die Untersuchung der Standsicherheit der Einleittrasse wird das Berechnungsprogramm Geostudio 2D verwendet.

4.2 Durchströmungsberechnung

Die Einleittrasse quert die Tagebaubermen im rechten Winkel. Da die Tagebaubermen von Nordost in Richtung Südwesten geneigt sind, könnte sich theoretisch vorübergehend ein in der Größenordnung von einigen Metern unterschiedlicher Wasserstand auf den beiden Seiten der Einleittrasse ausbilden.

Bei der kontrollierten Befüllung des Tagebaus wird jedoch davon ausgegangen, dass das Wasser von allen Seiten gleichmäßig auf die Einleittrasse einwirkt.

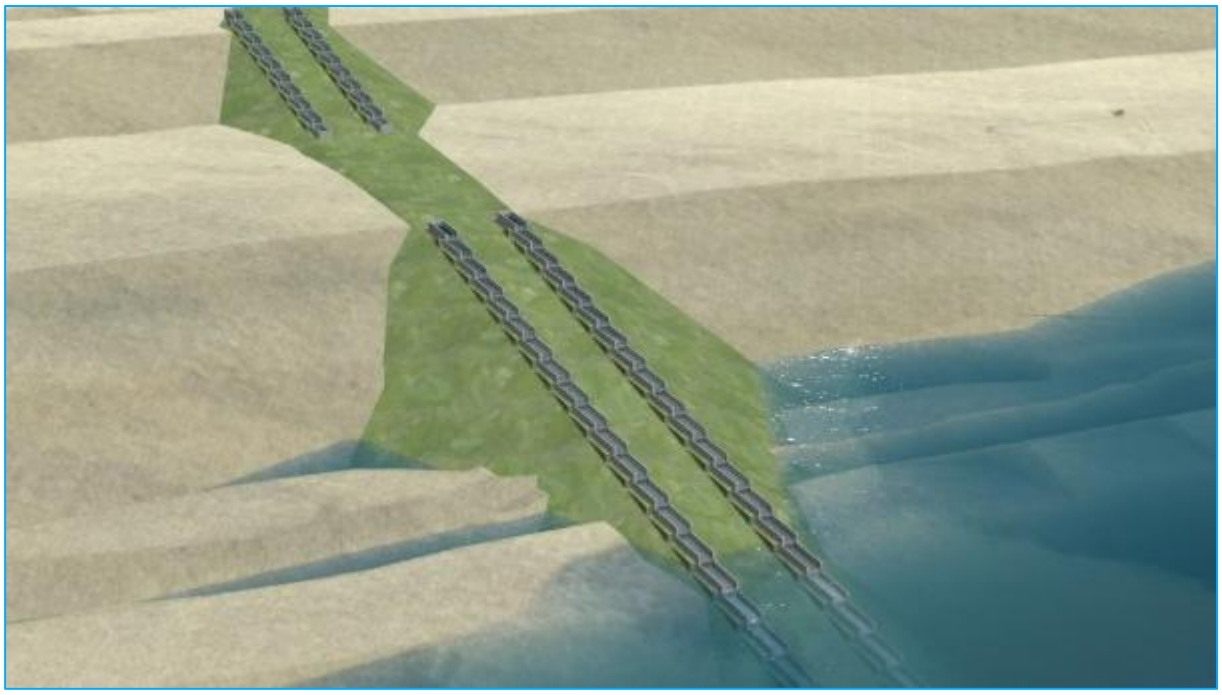


Abbildung 8 Ausbildung des Wasserspiegels im Zuge der Befüllung (Quelle Visualisierungsmodell der RWE)

Es kann daher angenommen werden, dass sich der Wasserstand wie in Abbildung 8 dargestellt einstellt und die Böschungen keinem signifikant unterschiedlichen Wasserspiegel und keinen damit einhergehenden einwirkenden horizontalen und vertikalen Kräften des Wasserstandes bei der Befüllung ausgesetzt sind.

Sollten wider Erwartungen unterschiedliche Wasserspiegel an den Böschungen auftreten, weist das Erdbauwerk der Einleittrasse mit einer Kronenbreite von 50,0 m und mit einer mittleren Durchlässigkeit von 1 x 10^{-4} m/s maßgebende Gradienten von hydraulisch unkritischen $i_{max} < 0,1$ auf.

Auf eine Durchströmungsberechnung kann daher verzichtet werden.

4.3 Böschungsbruchberechnung

Die Berechnung der Standsicherheit der Einleittrasse erfolgt mit dem Programm **Geostudio 2D**. Die Böschungsbruchuntersuchung erfolgt nach dem Verfahren von Bishop. Hierbei werden mögliche Gleitkreismittelpunkte (Punktwolke nach Bishop) als Untersuchungspunkte definiert. Durch diese Mittelpunkte erstellt das Programm Kreisgleitflächen mit unterschiedlichen Radien und untersucht die Standsicherheit unter Berücksichtigung der Materialeigenschaften. Um die Standsicherheit einer Böschung zu beurteilen, werden Eintritts- und Austrittsbereiche festgelegt, die von den Gleitkreisen geschnitten werden müssen (tiefe Gleitkreise). Zusätzlich erfolgen die gleichen Untersuchungen nach einem vorgegebenen Suchradius (flache Gleitkreise). Nach der Berechnung wird der ungünstigste Gleitkreis mit dem größten Ausnutzungsgrad dargestellt.

4.4 Spreizsicherheit

Die Berechnung der Spreizsicherheit erfolgt näherungsweise nach dem Verfahren von **Rendulic** [11], am Böschungsdreieck unter Ansatz eines erhöhten aktiven Erddruckes ohne Ansatz einer Wandreibung. Dieser erhöhte aktive Erddruck wird für den Ansatz ohne Wandreibung über eine entsprechende Formel bestimmt (s. TÜRKE [17] /3. Auflage, S. 107 Kap 8/10 – wird in der Berechnung entsprechend angewendet) oder hilfsweise über eine entsprechende Zahlentafel mit den Erddruckbeiwerten (k_{ah}-Werten für $\delta_a = 0$).

Es sind die Grundbruchsicherheit und die Gleitsicherheit am Böschungsfuß nachzuweisen.

4.5 Suffosionssicherheit

Für die **Suffosionssicherheit** gilt ein geometrisches und ein hydraulisches Kriterium, wovon immer mindestens eines erfüllt sein muss, um Suffosionssicherheit zu gewährleisten. Die Nachweise für das **geometrische Kriterium** erfolgen auf der Grundlage der Kornverteilung nach BURENKOVA (siehe MAK/MMB [8][9]). Böden mit einer Ungleichförmigkeitszahl von U < 8 sind nach MSD [10] bei einer stetigen Körnungslinie in jedem Fall sicher gegen Suffosion und bedürfen keines besonderen Nachweises (hier: ggf. Sande der Bodengruppen SE-SU-SW). Bindige Böden mit Feinstkornanteil $d_{<0,002mm} \geq 10$ % sind ebenfalls geometrisch suffosionssicher aufgrund der Kohäsion. Die Untersuchung nach dem geometrischen Kriterium/BURENKOVA erfolgt mit dem Programm GGU-Filter-Stability (Version 4.02, Stand 26.08.2022).

In den Fällen, in denen das Ergebnis der Berechnung außerhalb des Prüfbereiches liegt, erfolgt die Berechnung nach dem Verfahren von WAPRO 4.04 [13].

Nach dem Verfahren von WAPRO wird die betrachtete Körnungslinie in mindestens 3 Abschnitte unterteilt. Für jeden Abschnitt wird für einen beliebigen Korndurchmesser ein Körnungsparameter und das Suffosionskriterium bestimmt. Dabei gilt:

Krümmungszahl $K_w = (p_{n-1} – p_n) / (p_n – p_{n+1})$ (Regel 14 nach WAPRO 4.04) und

Suffosionskriterium $S = 0{,}4 * K_W \leq 1{,}0$

Dabei ist d_n der Korngrößendurchmesser am Siebdurchgang p_n [%] sowie d_{n+1} 20% des Korngrößendurchmessers d_n bei p_{n+1} [%] und d_{n-1} der 5-fache Korngrößendurchmesser von d_n bei p_{n-1} [%].

Das geometrische Kriterium ist erfüllt, wenn für alle Abschnitte das Suffosionskriterium kleiner als 1,0 ist. [13]

Die Bewertung des **hydraulischen Kriteriums** kann auf der Grundlage des lokalen hydraulischen Gradienten in Abhängigkeit vom Ungleichförmigkeitsgrad des Bodens (U-Wert) erfolgen. Es wird untersucht, ob Bodenteilchen von der Strömung transportiert, werden können. Die Abhängigkeit kritischer Gradienten vom Ungleichförmigkeitsgrad U (d_{60} / d_{10}) ist im Bild 8 der DIN 19712:1997 [3] für nichtbindige Böden dargestellt und geht auf ISTOMINA [16] zurück.

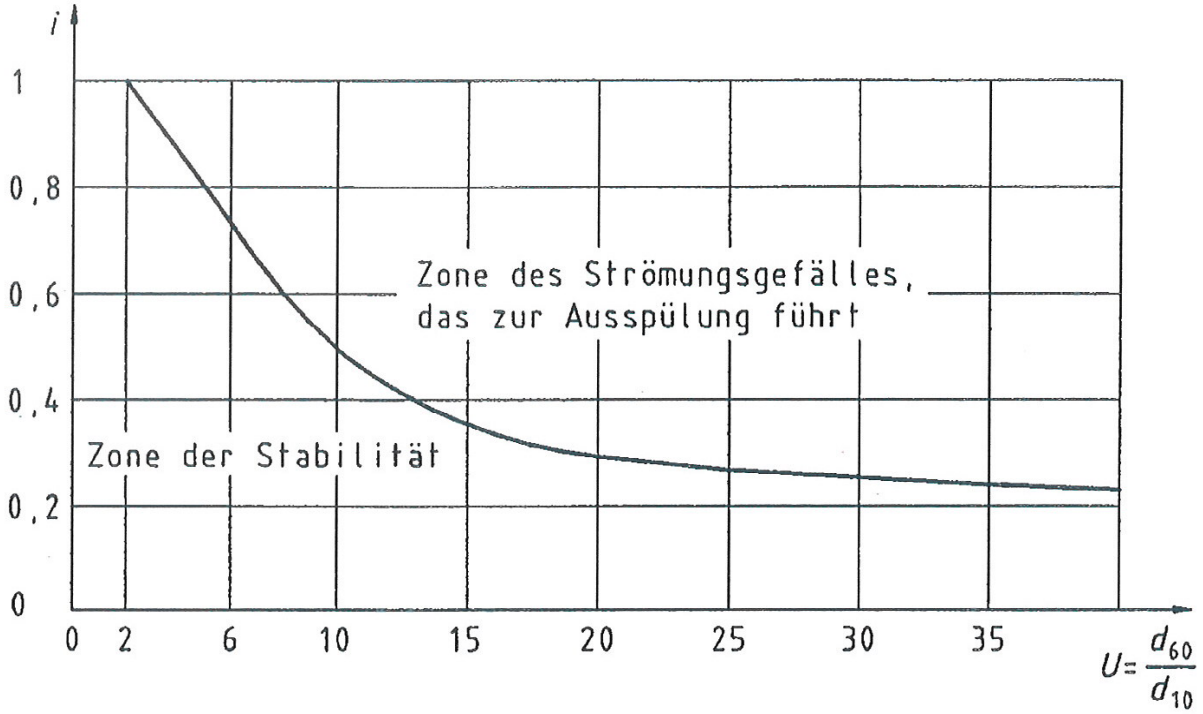


Abbildung 9 Bestimmung des kritischen Gradienten nach DIN 19712:1997, Bild 8 [3]

Nach MSD 2011, Kap. 5.6.2 [10] soll der Vergleich von tatsächlichem Gradienten mit zulässigem Gradienten i/i_{krit} für alle Bemessungssituationen mit 2,0-facher Sicherheit erfüllt sein.

Maßgebende Gradienten treten besonders in den bindigen Bodenschichten auf. Diese können nach STRIEGLER [16] bei einem Tonkornanteil $d_{<0,002mm} \geq 10$ % (s. WAPRO 4.04 [13]) für Gradienten i = 1–5 noch ausreichend suffosionssicher sein.

Es kann bei nichtbindigen Böden untersucht werden, ob es möglich ist, dass Teilchen innerhalb einer Bodenschicht (Suffosion) oder von einer in eine angrenzende Bodenschicht geschwemmt werden können (Kontakterosion, Filterstabilität). Im MMB [9] wird dazu der Nachweis nach CISTIN/ZIEMS beschrieben, der eine Sicherheit von $\eta = 1{,}5$ enthält (s.a. MSD 2011, Kap. 5.6.1 [10]).

5 Nachweisführung Einleittrasse

5.1 Baugrund

Als Baugrund für die Einleittrasse wird das sogenannte M1-Material betrachtet. Dieser Mischboden besteht aus Sand mit unterschiedlichen Kiesanteilen, welche von schwach bis stark kiesig reichen, mit feinkörnigen Beimengungen in Form von Schluff und Ton [12].

Für die Standsicherheitsberechnungen der Einleittrasse wird die M1-Schicht mit einer Mächtigkeit von 20,0 m angenommen.

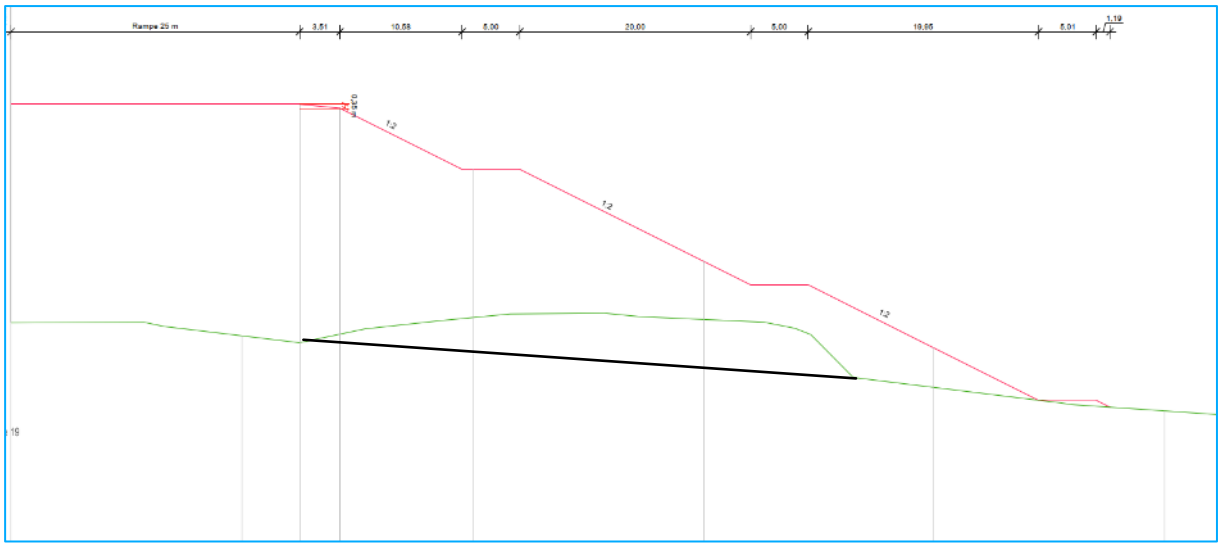


Abbildung 10 Querprofil Station 2+061 | Quelle Tractebel GmbH

In der Abbildung 10 wird das Planum (M1-Material) als grüne Linie dargestellt. Die örtlich begrenzte Ausbuchtung, die bis zur zweiten Berme reicht, wird vereinfacht als gerade Linie (in der Abbildung dargestellt als schwarze Linie) in den Modellberechnungen dargestellt.

5.2 Böschungsbruchberechnung

Für die Berechnung der Bemessungssituation **BS-P.1** werden die charakteristischen Bodenkennwerte angesetzt. Es werden Verkehrslasten mit p_V = 33,0 kN/m², auf den Bermen und zwischen dem Einleitbauwerk und der Böschungskante berücksichtigt (siehe Anhang 1.1). Das Einleitbauwerk wird vereinfachend und auf der sicheren Seite liegend als ständige Last mit p_S = 66,66 kN/m² (siehe Kapitel 3.1) berücksichtigt. Es werden die TSF der BS-P für die ständigen und veränderlichen Einwirkungen angesetzt. Die Untersuchung der globalen Standsicherheit erfolgt nach dem Verfahren von Bishop.

Es wird die Standsicherheit der Böschung mit vier unterschiedlichen Wasserständen untersucht:

BS-P.1: Wasserstand = Böschungsfuß

BS-P.2: Wasserstand = ein Drittel der Böschungshöhe

BS-P.3: Wasserstand = die Hälfte der Böschungshöhe

BS-P.4: Wasserstand = OK der Böschung

Die Untersuchung eines möglichen Erdbebens **BS-E** erfolgt mit den Beschleunigungswerten, die im Kapitel 3.1 angegeben sind. Es wird untersucht, ob die Böschungen der Einleittrasse standsicher sind. Es gelten die TSF für die BS-A/E. Es wird die Standsicherheit der Böschung mit vier unterschiedlichen Wasserständen untersucht:

BS-E.1: Wasserstand = Böschungsfuß

BS-E.2: Wasserstand = ein Drittel der Böschungshöhe

BS-E.3: Wasserstand = Hälfte der Böschungshöhe

BS-E.4: Wasserstand = OK der Böschung

5.3 Ergebnisse Böschungsbruchsicherheit

Die Nachweise erfolgen nach dem Teilsicherheitskonzept im Grenzzustand GEO 3. Für den Standsicherheitsnachweis der Böschungen ergeben sich maximale Ausnutzungsgrade μ_{max}, d. h. der Nachweis ist erfüllt, wenn $\mu \leq 1{,}0$ gegeben ist.

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Standsicherheitsuntersuchungen für den Berechnungsquerschnitt Einleittrasse Station 2+061 zusammengefasst.

Der vorhandene Ausnutzungsgrad ist in Abhängigkeit von der Bemessungssituation eingetragen. Es wird für jede BS die ungünstigste Gleitfläche bestimmt. Es werden sowohl tiefe als auch flache Gleitkreise ausgegeben.

Tabelle 3 Ergebnisse Böschungsbruchsicherheit – Einleittrasse

Bemessungssituation – Beschreibung	Suchbereich nach	Ergebnis (μ_{max})	Anhang
BS-P.1: WST = Böschungsfuß	Gleitlinien	0,81 ≤ 1,0	1.1
	Radien	0,89 ≤ 1,0	1.2
BS-P.2: WST = H/3	Gleitlinien	0,84 ≤ 1,0	1.3
	Radien	0,93 ≤ 1,0	1.4
BS-P.3: WST = H/2	Gleitlinien	0,90 ≤ 1,0	1.5
	Radien	0,94 ≤ 1,0	1.6
BS-P.4: WST = OK Einleittrasse	Gleitlinien	0,82 ≤ 1,0	1.7
	Radien	0,89 ≤ 1,0	1.8
BS-E.1: Wasserstand = Böschungsfuß	Gleitlinien	0,79 ≤ 1,0	1.9
	Radien	0,87 ≤ 1,0	1.10
BS-E.2: Wasserstand H/3	Gleitlinien	0,86 ≤ 1,0	1.11
	Radien	0,97 ≤ 1,0	1.12
BS-E.3: Wasserstand H/2	Gleitlinien	0,90 ≤ 1,0	1.13
	Radien	0,97 ≤ 1,0	1.14
BS-E.4: Wasserstand = GOK	Gleitlinien	0,89 ≤ 1,0	1.15
	Radien	0,97 ≤ 1,0	1.16

Für den Berechnungsquerschnitt der Einleittrasse kann die Böschungsbruchsicherheit mit den Berechnungskennwerten gemäß Tabelle 1 in allen Bemessungssituationen nachgewiesen werden (siehe Anhang 1).

5.4 Spreizsicherheit

Die Ergebnisse der Spreizsicherheit sind in Anhang 3 enthalten. Die Spreizsicherheiten an den Böschungsfüßen sind mit Ausnutzungsgraden von μ = 0,59 (H16 auf M1), μ = 0,68 (H16 auf H16) und μ = 0,69 (M1 auf M1) in der BS-P (deckt alle anderen BS mit ab) nachgewiesen. Die Berechnungen erfolgten auf der sicheren Seite liegend mit den unteren Reibungswinkeln gemäß Tabelle 1.

5.5 Suffosionssicherheit

Eine Überprüfung der geometrischen Suffosionssicherheit nach Burenkova ergab, dass das Ergebnis außerhalb des Prüfbereiches liegt. Es wird weiter nach WAPRO 4.04 [13] untersucht.

Nach WAPRO 4.04 gilt ein Boden als suffosionssicher, wenn für jeden Korndurchmesser (d_n) ein zu berechnender Körnungsparameter (KW) für den jeweiligen Abschnitt der Kornverteilung den Wert 2,5 nicht übersteigt.

Das Suffosionskriterium (Sicherheit gegen innere Suffosion) des H16-Materials kann wie folgt bestimmt werden:

Krümmungszahl $K_w = (p_{n-1} – p_n) / (p_n – p_{n+1})$ (Regel 14 nach WAPRO 4.04) und
Suffosionskriterium $S = 0,4 * K_W \leq 1,0$

Dabei ist d_n der Korngrößendurchmesser am Siebdurchgang p_n [%] sowie d_{n+1} 20% des Korngrößendurchmessers d_n bei p_{n+1} [%] und d_{n-1} der 5-fache Korngrößendurchmesser von d_n bei p_{n-1} [%]. Es wird die Kornverteilungskurve „Average Value“ (siehe Anhang 4) untersucht.

Tabelle 4: Geometrische Suffosionssicherheit anstehenden sandig-kiesigen Auffüllung

d_n	d_{n-1}	d_{n+1}	p_n	p_{n-1}	p_{n+1}	K_W	S ≤ 1
Nach [12] A [SW, SI, SU] – Kurve “average value” [12] Anhang 6							
0,03 mm	0,15 mm	0,006 mm	5	12	2	2,33	0,93
1,0 mm	5,0 mm	0,2 mm	64	83	15	0,39	0,16
6,0 mm	30,0 mm	1,2 mm	84	90	66	0,33	0,13

Die geometrische Suffosionssicherheit für das H16-Material konnte nachgewiesen werden.

Durch den allmählichen langsamen und gleichmäßigen Anstieg des Wasserspiegels im Tagebau, stellen sich nur sehr geringe hydraulische Gradienten von i ≤ 0,1 ein, womit ebenfalls eine hydraulische Suffosionssicherheit gegeben ist.

5.6 Gleitsicherheit des Erosionsschutzes auf der Böschung

Die Gleitsicherheit des Erosionsschutzes auf der Trassenböschung wird für die Erosionsschutzmaßnahmen mit Geotextilen Sandcontainer nachgewiesen (vgl. Kapitel 2.5, Variante 1).

Der Nachweis erfolgt exemplarisch für eine Ausführung unter Verwendung von Produkten der Fa. Naue GmbH&Co.KG. Der Nachweis ist in Anhang 5 diesem Bericht beigefügt. Bodenparameter, Lastannahmen, Bemessungssituationen etc. sind in dem Anhang erläutert und mit Tractebel abgestimmt und bestätigt.

Es können auch gleichwertige Produkte zum Einsatz kommen. In diesem Fall ist ein entsprechender produktspezifischer Nachweis im Zuge der Ausführungsplanung erneut zu erstellen.

5.7 Dauerhaftigkeit

Die Dauerhaftigkeit der Einleittrasse ergibt sich aus einer hinreichenden Erosionssicherheit und aus einer Beständigkeit der Baustoffe und des Untergrundes gegenüber den chemischen Eigenschaften des Rheinwassers und Grundwassers. Dies wird durch die Auswahl geeigneter Baustoffe erreicht. [12]

Die Suffosionssicherheit konnte für das für den Bau der Einleittrasse vorgesehene H16-Material nachgewiesen werden.

Bei der Auswahl der Baustoffe für die Einleittrasse ist zu berücksichtigen, dass keine löslichen oder anderweitig unbeständigen Bestandteile enthalten sind.

Eine Voraussetzung der Dauerhaftigkeit ist eine hinreichende Standsicherheit und Gebrauchstauglichkeit.

6 Zusammenfassung

Für den maßgebenden Querschnitt wurden Standsicherheitsberechnungen ausgeführt. Die Standsicherheiten sind nachgewiesen. Die Standsicherheit gegenüber einem Erdbeben konnte ebenfalls nachgewiesen werden.

Die Spreizsicherheit der Einleittrasse ist gegeben.

Die Erosionssicherungsmaßnahmen sorgen dafür, dass durch Wellenbelastung kein Material von der Einleittrasse erodiert werden kann. Das geometrische Kriterium der Suffosionssicherheit konnte nachgewiesen werden. Es werden nur sehr geringe hydraulische Gradienten beim Anstieg des Seewasserspiegels erwartet, sodass kein hydraulisch bedingter Materialtransport auftreten kann.

Der Nachweis der Gleitsicherheit des Erosionsschutzes erfolgt exemplarisch für die Erosionssicherung mit geotextilen Sandcontainern der Fa. Naue. Im Fall der Verwendung anderer, gleichwertiger Produkte, ist ein entsprechender produktspezifischer Nachweis erneut zu führen.

Eine regelmäßige Überwachung und Wartung der Einleittrasse sowie der Erosionsschutzmaßnahmen wird empfohlen.

Anhang 1 Standsicherheitsberechnungen

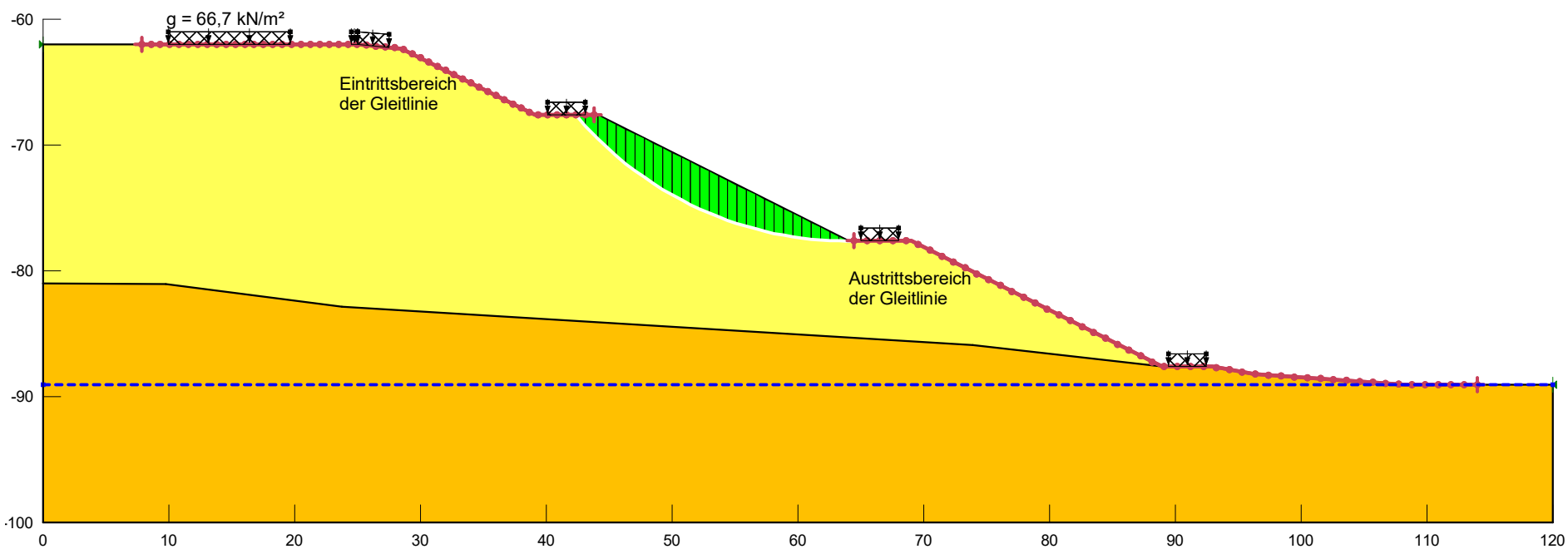
Bemessungssituation: BS-P / GZ GEO-3 gemäß EC 7-1, DIN 1054

Teilsicherheitsbeiwerte:

Geotechnische Kenngrößen (gamma_M):
Reibungsbeiwert tan phi': gamma_phi' = 1,25
Kohäsion c': gamma_c' = 1,25

Einwirkungen und Beanspruchungen (gamma_F/E):
ständige Einwirkungen: gamma_G = 1,3
ungünstige veränderliche Einwirkungen: gamma_Q = 1,3

Last auf den Bermen:
q = 33 kN/m²



Farbe	Name	Wichte (kN/m³)	Kohäsion' (kPa)	Phi' (°)
	H16	20	0	35
	M1	19	0	31

Projekt
Tagebausee Hambach, Einleittrasse

Benennung
Geländebruchnachweise
BS-P

Datum	17.03.2026	Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Seite
bearbeitet	Kaminsky	25-2040-2		
geprüft	Dr. Meier			

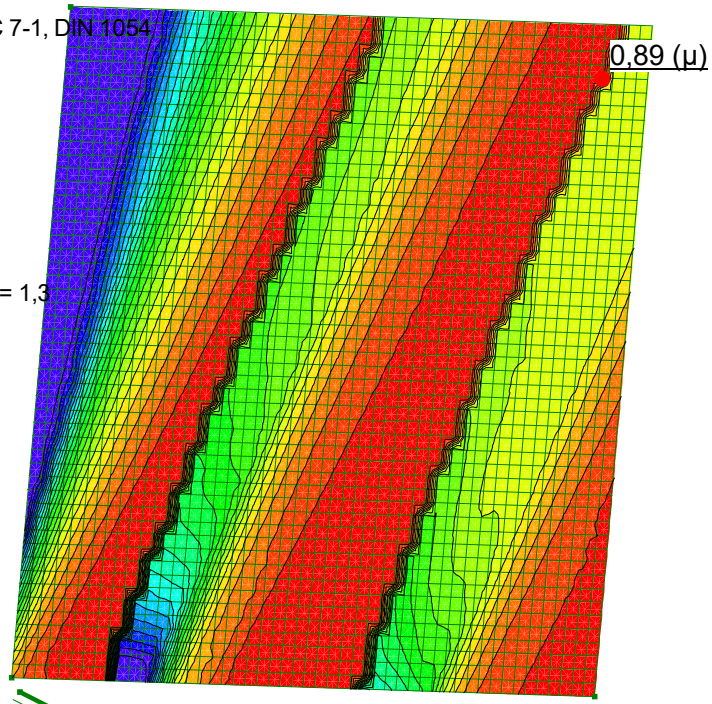
Bemessungssituation: BS-P / GZ GEO-3 gemäß EC 7-1, DIN 1054

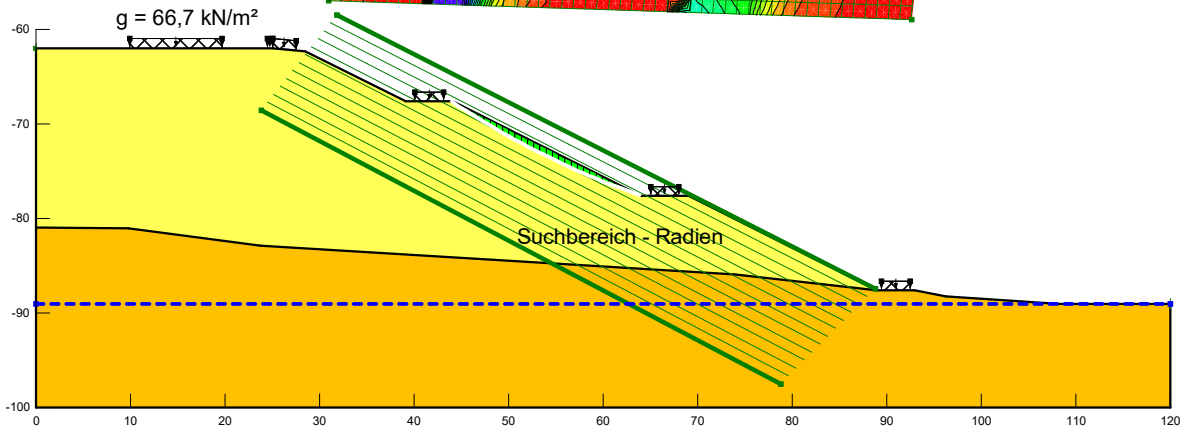
Teilsicherheitsbeiwerte:

Geotechnische Kenngrößen (gamma_M):
Reibungsbeiwert tan phi': gamma_phi' = 1,25
Kohäsion c': gamma_c' = 1,25

Einwirkungen und Beanspruchungen (gamma_F/E):
ständige Einwirkungen: gamma_G = 1,3
ungünstige veränderliche Einwirkungen: gamma_Q = 1,3

Last auf den Bermen:
q = 33 kN/m²





Farbe	Name	Wichte (kN/m³)	Kohäsion' (kPa)	Phi' (°)
	H16	20	0	35
	M1	19	0	31

Projekt
Tagebausee Hambach, Einleittrasse

Benennung
Geländebruchnachweise
BS-P

Datum	17.03.2026	Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Seite
bearbeitet	Kaminsky	25-2040-2		
geprüft	Dr. Meier			

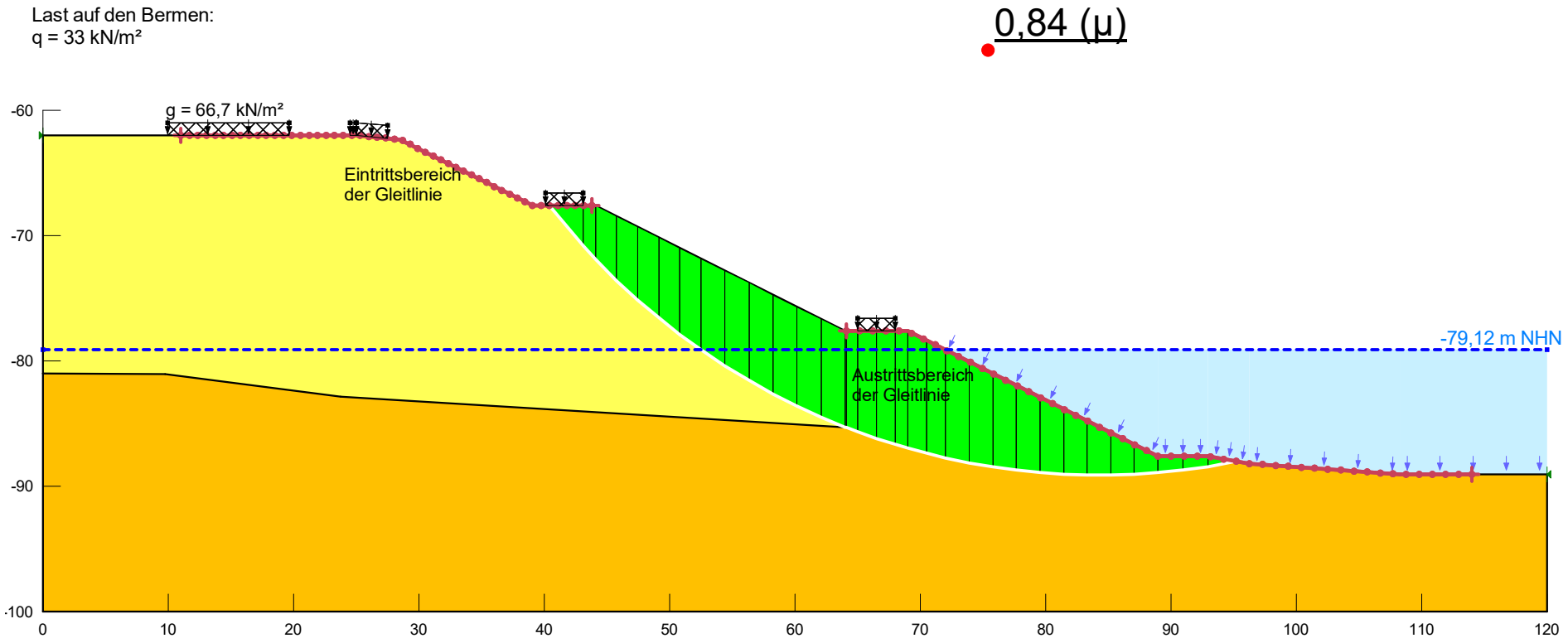
Bemessungssituation: BS-P / GZ GEO-3 gemäß EC 7-1, DIN 1054

Teilsicherheitsbeiwerte:

Geotechnische Kenngrößen (gamma_M):
Reibungsbeiwert tan phi': gamma_phi' = 1,25
Kohäsion c': gamma_c' = 1,25

Einwirkungen und Beanspruchungen (gamma_F/E):
ständige Einwirkungen: gamma_G = 1,3
ungünstige veränderliche Einwirkungen: gamma_Q = 1,3

Last auf den Bermen:
q = 33 kN/m²



Farbe	Name	Wichte (kN/m³)	Kohäsion' (kPa)	Phi' (°)
	H16	20	0	35
	M1	19	0	31

Projekt
Tagebausee Hambach, Einleittrasse

Benennung
Geländebruchnachweise
BS-P

Datum	17.03.2026	Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Seite
bearbeitet	Kaminsky	25-2040-2		
geprüft	Dr. Meier			

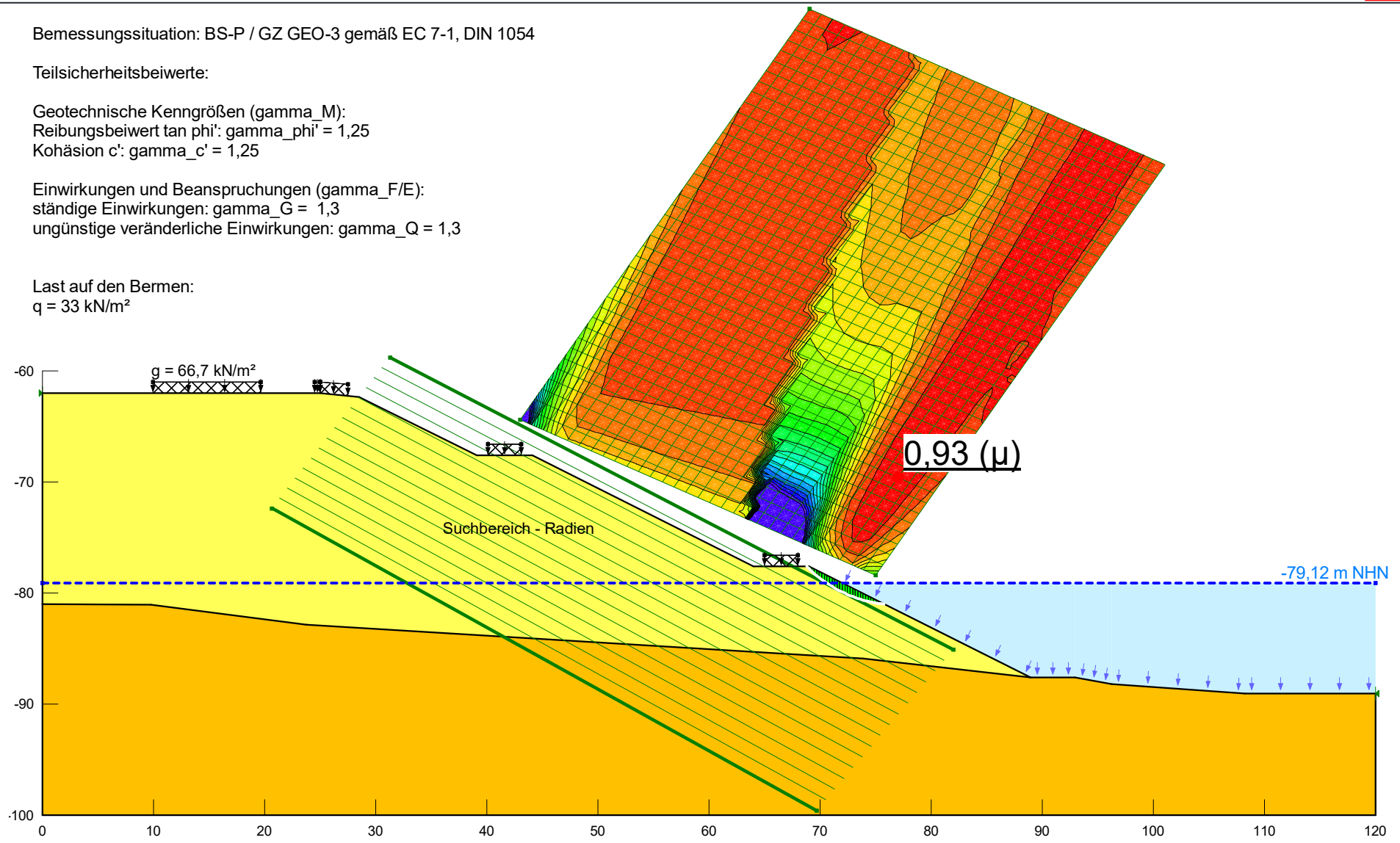
Bemessungssituation: BS-P / GZ GEO-3 gemäß EC 7-1, DIN 1054

Teilsicherheitsbeiwerte:

Geotechnische Kenngrößen (gamma_M):
Reibungsbeiwert tan phi': gamma_phi' = 1,25
Kohäsion c': gamma_c' = 1,25

Einwirkungen und Beanspruchungen (gamma_F/E):
ständige Einwirkungen: gamma_G = 1,3
ungünstige veränderliche Einwirkungen: gamma_Q = 1,3

Last auf den Bermen:
q = 33 kN/m²



Farbe	Name	Wichte (kN/m³)	Kohäsion' (kPa)	Phi' (°)
	H16	20	0	35
	M1	19	0	31

Projekt
Tagebausee Hambach, Einleittrasse

Benennung
Geländebruchnachweise
BS-P

Datum	17.03.2026	Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Seite
bearbeitet	Kaminsky	25-2040-2		
geprüft	Dr. Meier			

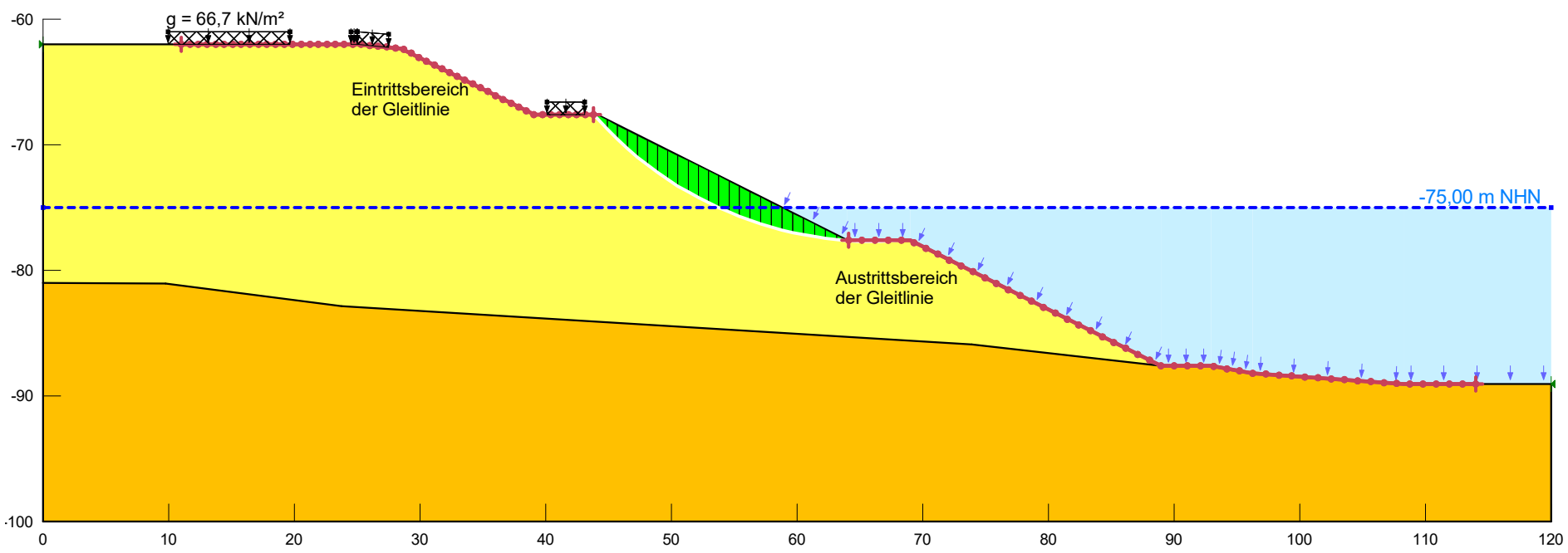
Bemessungssituation: BS-P / GZ GEO-3 gemäß EC 7-1, DIN 1054

Teilsicherheitsbeiwerte:

Geotechnische Kenngrößen (gamma_M):
Reibungsbeiwert tan phi': gamma_phi' = 1,25
Kohäsion c': gamma_c' = 1,25

Einwirkungen und Beanspruchungen (gamma_F/E):
ständige Einwirkungen: gamma_G = 1,3
ungünstige veränderliche Einwirkungen: gamma_Q = 1,3

Last auf den Bermen:
q = 33 kN/m²



Farbe	Name	Wichte (kN/m³)	Kohäsion' (kPa)	Phi' (°)
	H16	20	0	35
	M1	19	0	31

Projekt
Tagebausee Hambach, Einleittrasse

Benennung
Geländebruchnachweise
BS-P

Datum	17.03.2026	Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Seite
bearbeitet	Kaminsky	25-2040-2		
geprüft	Dr. Meier			

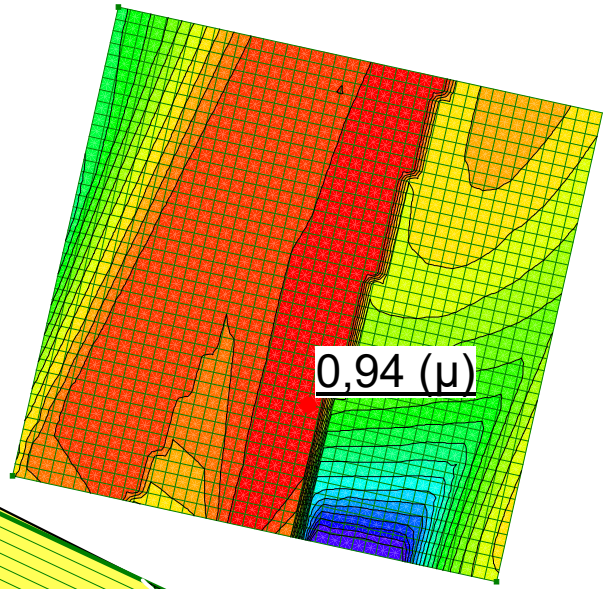
Bemessungssituation: BS-P / GZ GEO-3 gemäß EC 7-1, DIN 1054

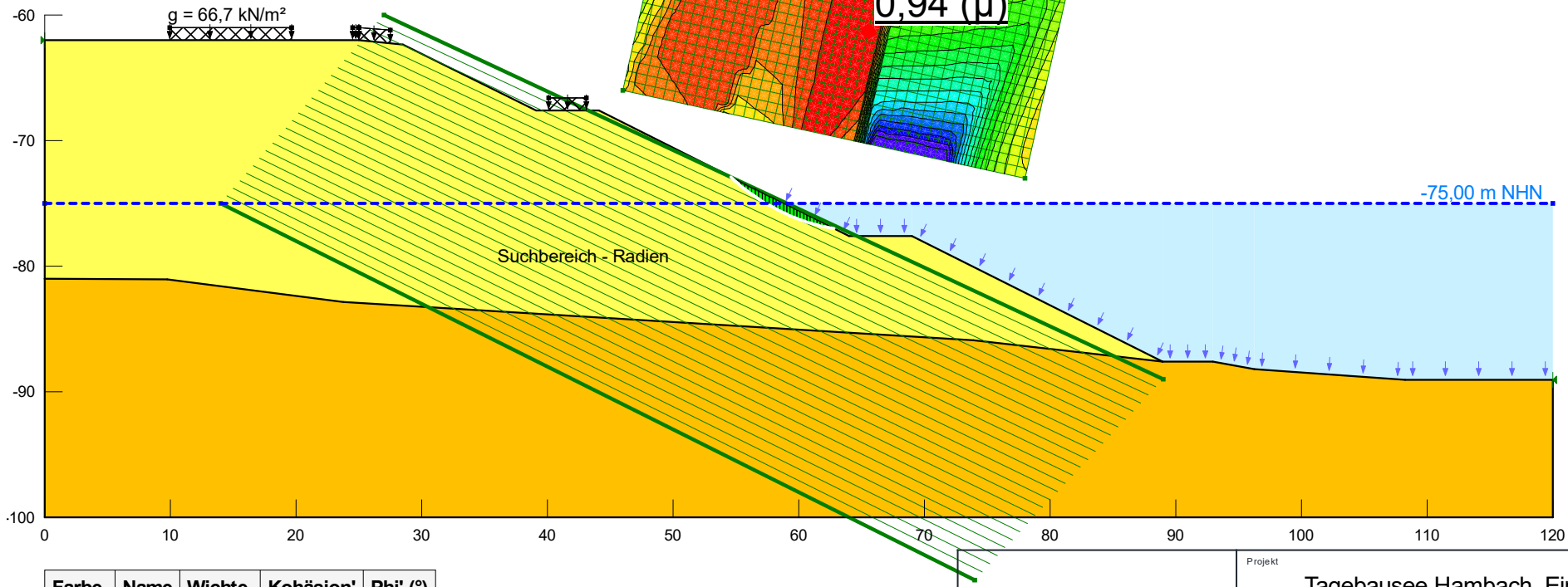
Teilsicherheitsbeiwerte:

Geotechnische Kenngrößen (gamma_M):
Reibungsbeiwert tan phi': gamma_phi' = 1,25
Kohäsion c': gamma_c' = 1,25

Einwirkungen und Beanspruchungen (gamma_F/E):
ständige Einwirkungen: gamma_G = 1,3
ungünstige veränderliche Einwirkungen: gamma_Q = 1,3

Last auf den Bermen:
q = 33 kN/m²





Farbe	Name	Wichte (kN/m³)	Kohäsion' (kPa)	Phi' (°)
	H16	20	0	35
	M1	19	0	31

Projekt
Tagebausee Hambach, Einleittrasse

Benennung
Geländebruchnachweise
BS-P

Datum	17.03.2026	Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Seite
bearbeitet	Kaminsky	25-2040-2		
geprüft	Dr. Meier			

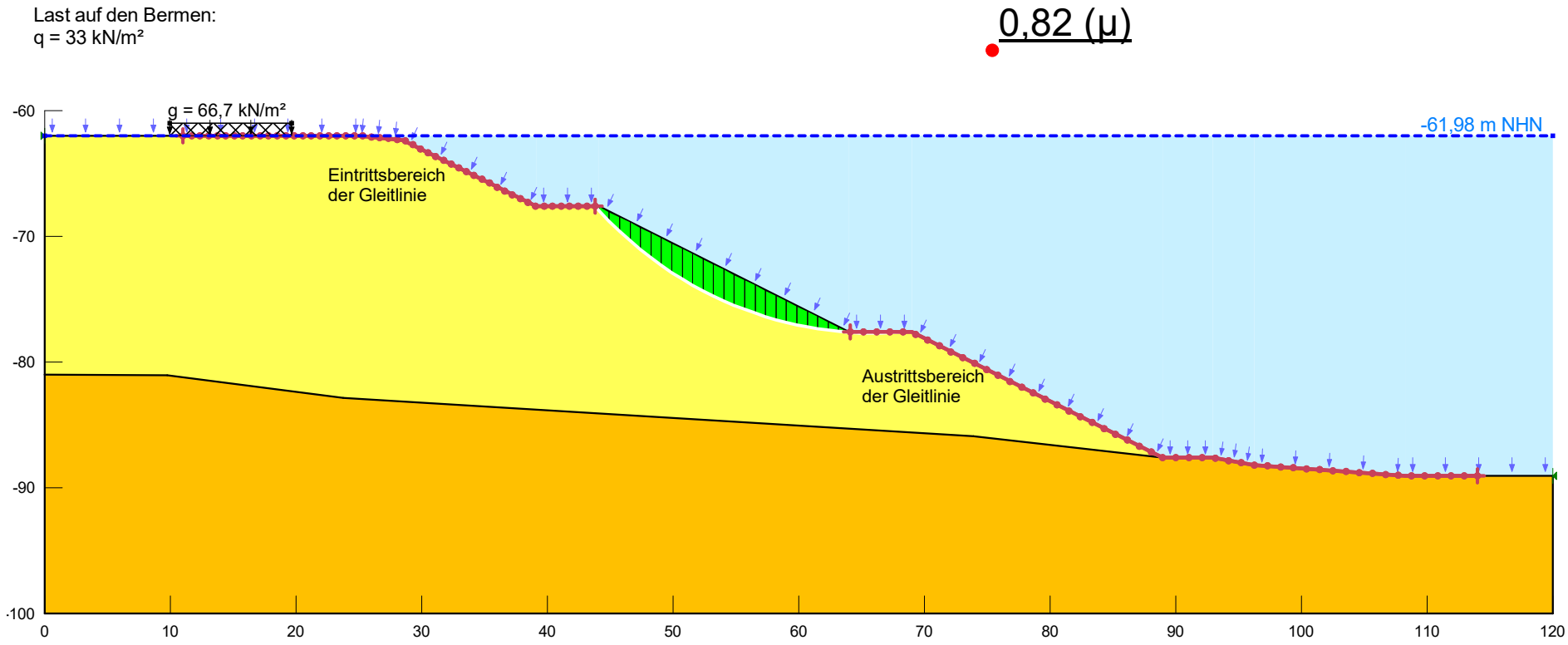
Bemessungssituation: BS-P / GZ GEO-3 gemäß EC 7-1, DIN 1054

Teilsicherheitsbeiwerte:

Geotechnische Kenngrößen (gamma_M):
Reibungsbeiwert tan phi': gamma_phi' = 1,25
Kohäsion c': gamma_c' = 1,25

Einwirkungen und Beanspruchungen (gamma_F/E):
ständige Einwirkungen: gamma_G = 1,3
ungünstige veränderliche Einwirkungen: gamma_Q = 1,3

Last auf den Bermen:
q = 33 kN/m²



Farbe	Name	Wichte (kN/m³)	Kohäsion' (kPa)	Phi' (°)
	H16	20	0	35
	M1	19	0	31

Projekt
Tagebausee Hambach, Einleittrasse

Benennung
Geländebruchnachweise
BS-P

Datum	17.03.2026	Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Seite
bearbeitet	Kaminsky	25-2040-2		
geprüft	Dr. Meier			

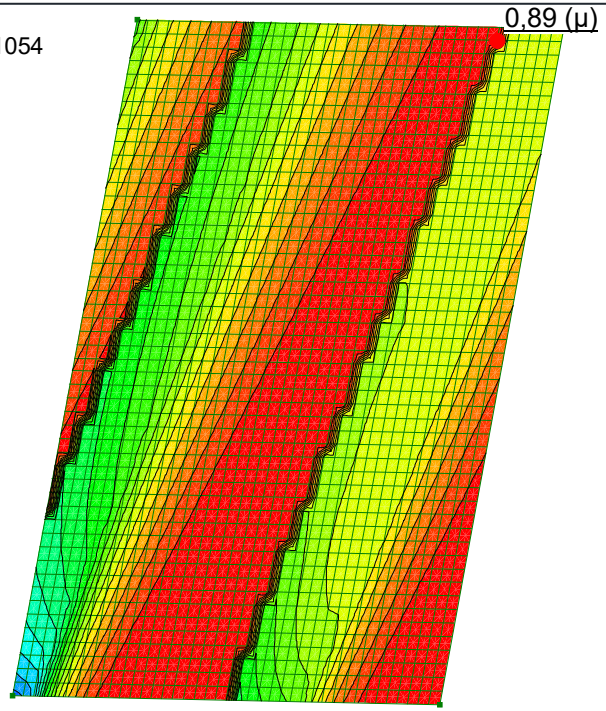
Bemessungssituation: BS-P / GZ GEO-3 gemäß EC 7-1, DIN 1054

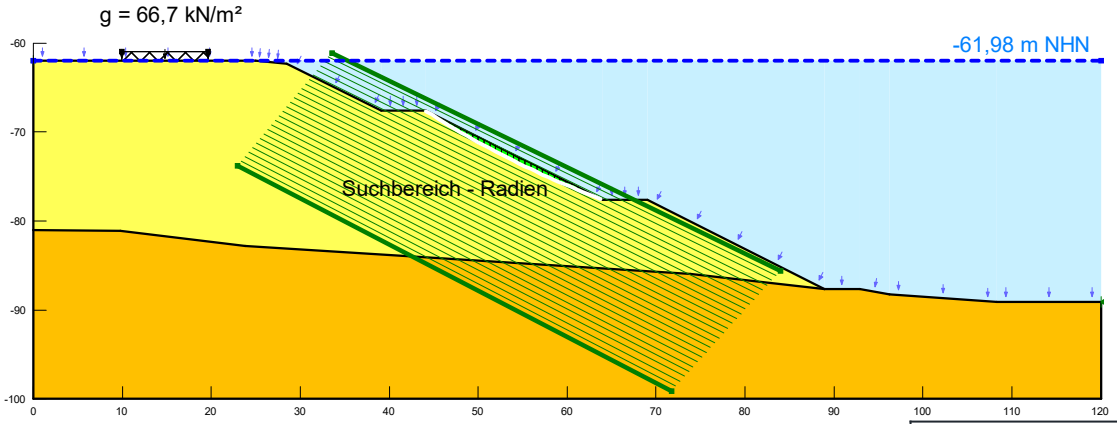
Teilsicherheitsbeiwerte:

Geotechnische Kenngrößen (gamma_M):
Reibungsbeiwert tan phi': gamma_phi' = 1,25
Kohäsion c': gamma_c' = 1,25

Einwirkungen und Beanspruchungen (gamma_F/E):
ständige Einwirkungen: gamma_G = 1,3
ungünstige veränderliche Einwirkungen: gamma_Q = 1,3

Last auf den Bermen:
q = 33 kN/m²





Farbe	Name	Wichte (kN/m³)	Kohäsion' (kPa)	Phi' (°)
	H16	20	0	35
	M1	19	0	31

Projekt
Tagebausee Hambach, Einleittrasse

Benennung
Geländebruchnachweise
BS-P

Datum	17.03.2026	Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Seite
bearbeitet	Kaminsky	25-2040-2		
geprüft	Dr. Meier			

Bemessungssituation: BS-A/BS-E / GZ GEO-3 gemäß EC 7-1, DIN 1054

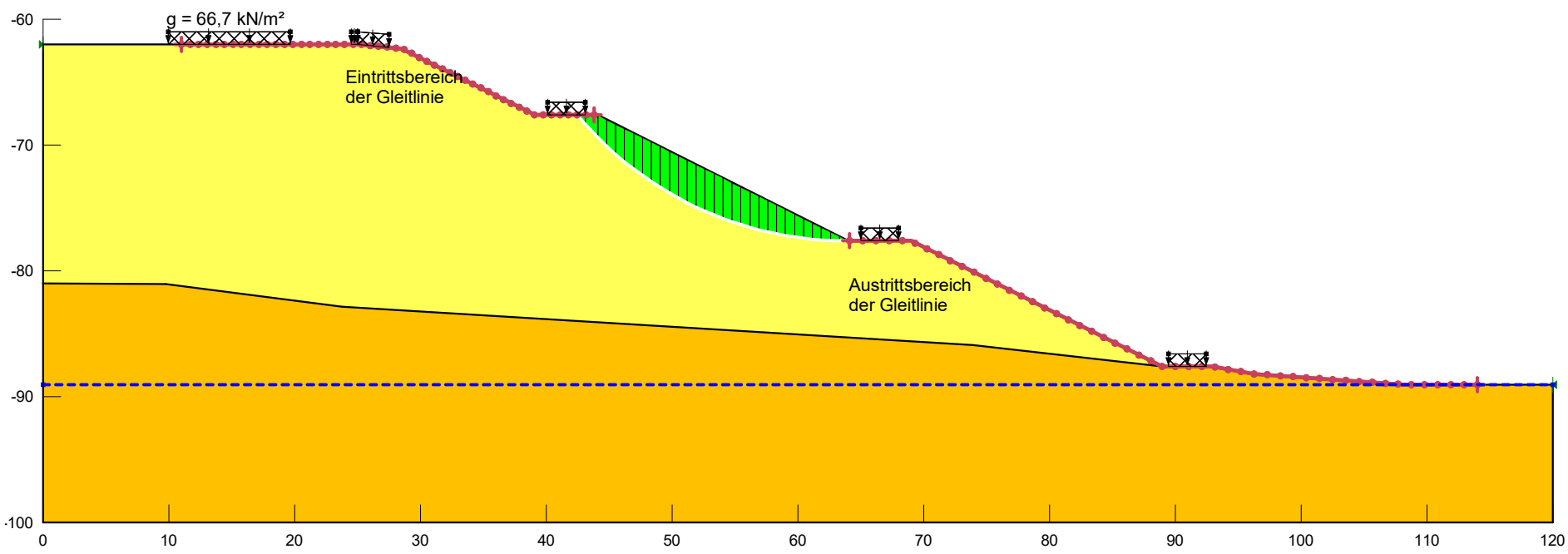
Teilsicherheitsbeiwerte:

Geotechnische Kenngrößen (gamma_M):
Reibungsbeiwert tan phi': gamma_phi' = 1,1
Kohäsion c': gamma_c' = 1,1

Einwirkungen und Beanspruchungen (gamma_F/E):
ständige Einwirkungen: gamma_G = 1
ungünstige veränderliche Einwirkungen: gamma_Q = 1

Seismische Koeffizienten:
horizontaler Erbebenbeiwert: kh = 0,0484
vertikaler Erdbebenbeiwert: kv = 0,0161

Last auf den Bermen:
q = 33 kN/m²



Farbe	Name	Wichte (kN/m³)	Kohäsion' (kPa)	Phi' (°)
	H16	20	0	35
	M1	19	0	31

Projekt
Tagebausee Hambach, Einleittrasse

Benennung
Geländebruchnachweise
BS-E

Datum	17.03.2026	Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Seite
bearbeitet	Kaminsky	25-2040-2		
geprüft	Dr. Meier			

Bemessungssituation: BS-A/BS-E / GZ GEO-3 gemäß EC 7-1, DIN 1054

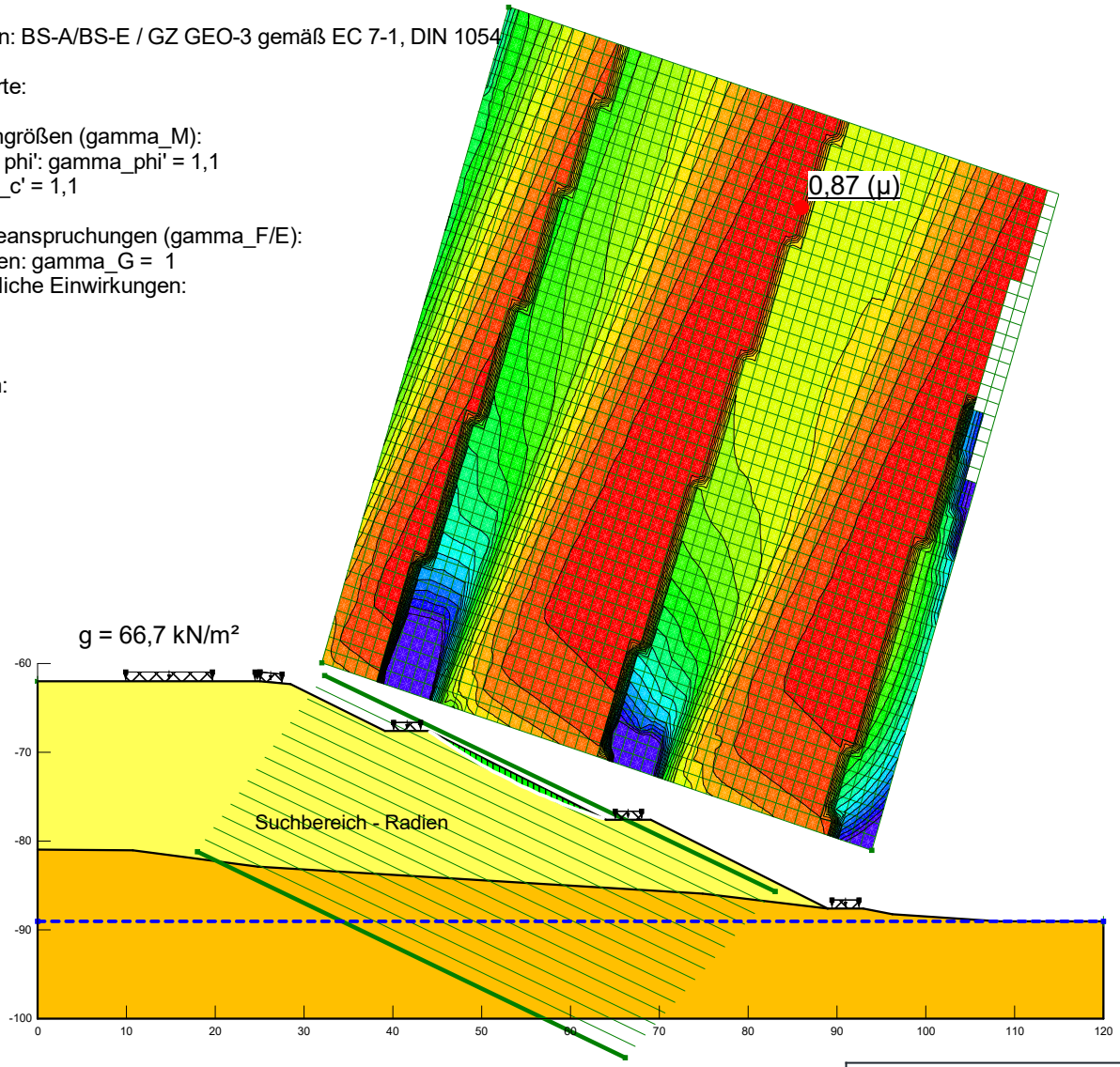
Teilsicherheitsbeiwerte:

Geotechnische Kenngrößen (gamma_M):
Reibungsbeiwert tan phi': gamma_phi' = 1,1
Kohäsion c': gamma_c' = 1,1

Einwirkungen und Beanspruchungen (gamma_F/E):
ständige Einwirkungen: gamma_G = 1
ungünstige veränderliche Einwirkungen:
gamma_Q = 1

Last auf den Bermen:
q = 33 kN/m²

Seismische Koeffizienten:
horizontaler Erbebenbeiwert: kh = 0,0484
vertikaler Erdbebenbeiwert: kv = 0,0161



Farbe	Name	Wichte (kN/m³)	Kohäsion' (kPa)	Phi' (°)
	H16	20	0	35
	M1	19	0	31

Projekt
Tagebausee Hambach, Einleittrasse

Benennung
Geländebruchnachweise
BS-E

Datum	17.03.2026	Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Seite
bearbeitet	Kaminsky	25-2040-2		
geprüft	Dr. Meier			

Bemessungssituation: BS-A/BS-E / GZ GEO-3 gemäß EC 7-1, DIN 1054

Teilsicherheitsbeiwerte:

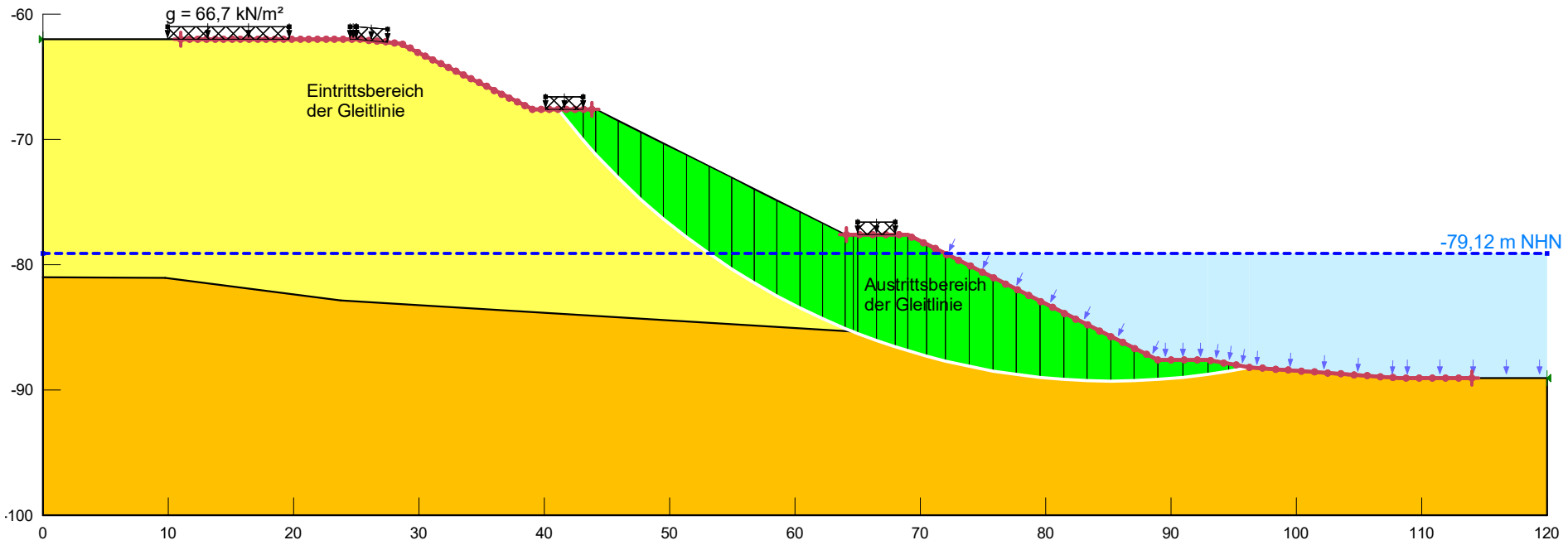
Geotechnische Kenngrößen (gamma_M):
Reibungsbeiwert tan phi': gamma_phi' = 1,1
Kohäsion c': gamma_c' = 1,1

Einwirkungen und Beanspruchungen (gamma_F/E):
ständige Einwirkungen: gamma_G = 1
ungünstige veränderliche Einwirkungen: gamma_Q = 1

Last auf den Bermen:
q = 33 kN/m²

Seismische Koeffizienten:
horizontaler Erbebenbeiwert: kh = 0,0484
vertikaler Erdbebenbeiwert: kv = 0,0161

0,86 (μ)



Farbe	Name	Wichte (kN/m³)	Kohäsion' (kPa)	Phi' (°)
	H16	20	0	35
	M1	19	0	31

Projekt
Tagebausee Hambach, Einleittrasse

Benennung
Geländebruchnachweise
BS-E

Datum	17.03.2026	Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Seite
bearbeitet	Kaminsky	25-2040-2		
geprüft	Dr. Meier			

Bemessungssituation: BS-A/BS-E / GZ GEO-3 gemäß EC 7-1, DIN 1054

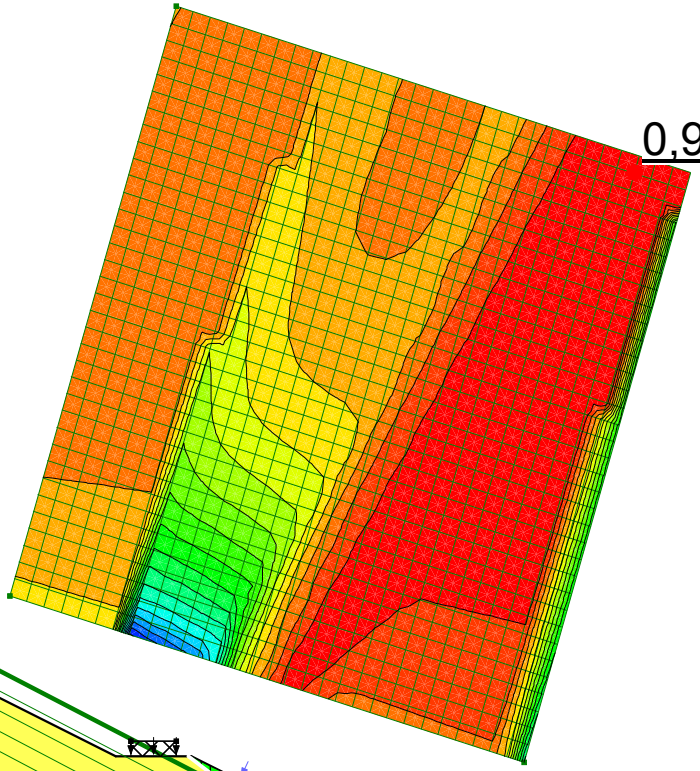
Teilsicherheitsbeiwerte:

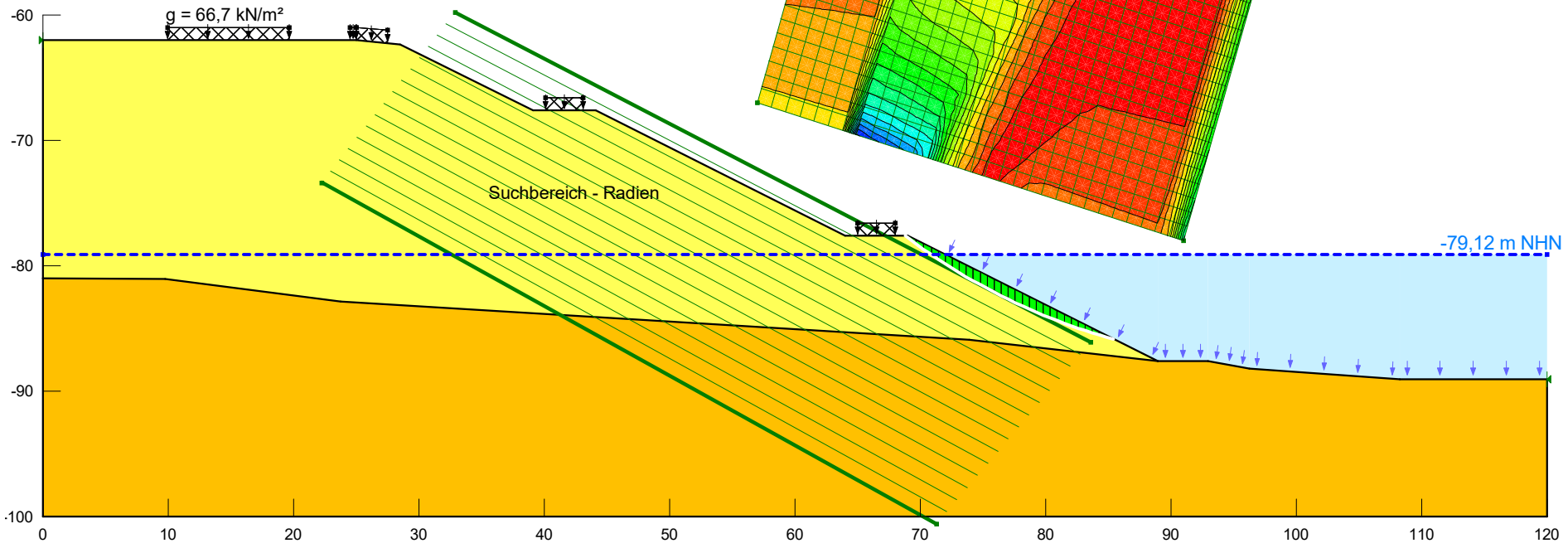
Geotechnische Kenngrößen (gamma_M):
Reibungsbeiwert tan phi': gamma_phi' = 1,1
Kohäsion c': gamma_c' = 1,1

Einwirkungen und Beanspruchungen (gamma_F/E):
ständige Einwirkungen: gamma_G = 1
ungünstige veränderliche Einwirkungen: gamma_Q = 1

Last auf den Bermen:
q = 33 kN/m²

Seismische Koeffizienten:
horizontaler Erbebenbeiwert: kh = 0,0484
vertikaler Erdbebenbeiwert: kv = 0,0161





Farbe	Name	Wichte (kN/m³)	Kohäsion' (kPa)	Phi' (°)
	H16	20	0	35
	M1	19	0	31

Projekt
Tagebausee Hambach, Einleittrasse

Benennung
Geländebruchnachweise
BS-E

Datum	17.03.2026	Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Seite
bearbeitet	Kaminsky	25-2040-2		
geprüft	Dr. Meier			

Bemessungssituation: BS-A/BS-E / GZ GEO-3 gemäß EC 7-1, DIN 1054

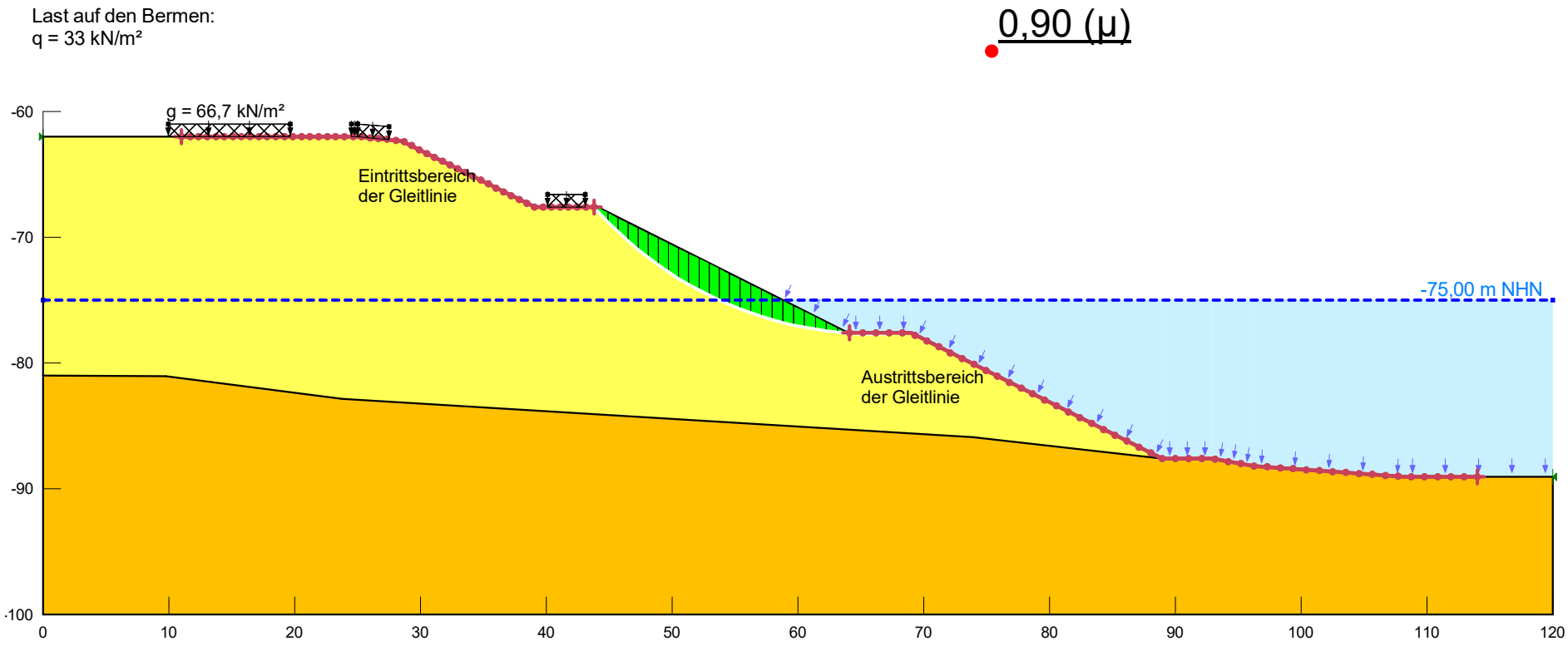
Teilsicherheitsbeiwerte:

Geotechnische Kenngrößen (gamma_M):
Reibungsbeiwert tan phi': gamma_phi' = 1,1
Kohäsion c': gamma_c' = 1,1

Einwirkungen und Beanspruchungen (gamma_F/E):
ständige Einwirkungen: gamma_G = 1
ungünstige veränderliche Einwirkungen: gamma_Q = 1

Last auf den Bermen:
q = 33 kN/m²

Seismische Koeffizienten:
horizontaler Erbebenbeiwert: kh = 0,0484
vertikaler Erdbebenbeiwert: kv = 0,0161



Farbe	Name	Wichte (kN/m³)	Kohäsion' (kPa)	Phi' (°)
	H16	20	0	35
	M1	19	0	31

Projekt
Tagebausee Hambach, Einleittrasse

Benennung
Geländebruchnachweise
BS-E

Datum	17.03.2026	Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Seite
bearbeitet	Kaminsky	25-2040-2		
geprüft	Dr. Meier			

Bemessungssituation: BS-A/BS-E / GZ GEO-3 gemäß EC 7-1, DIN 1054

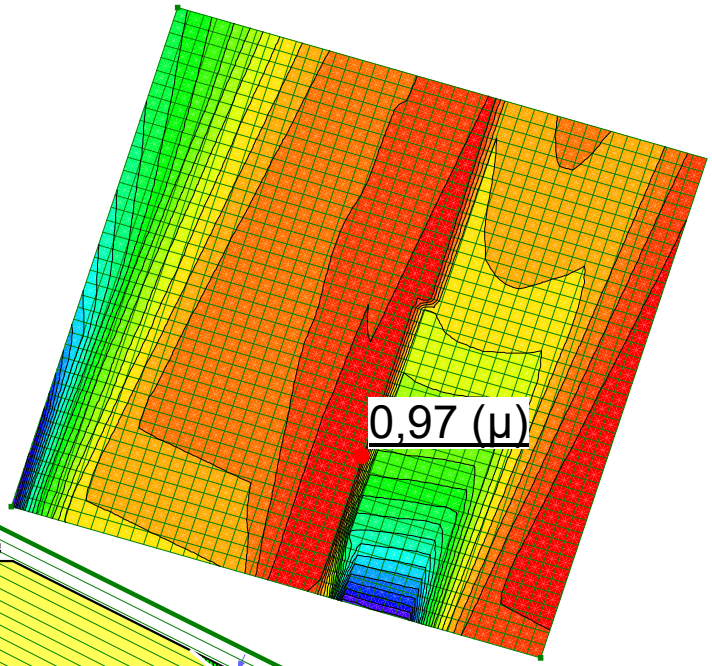
Teilsicherheitsbeiwerte:

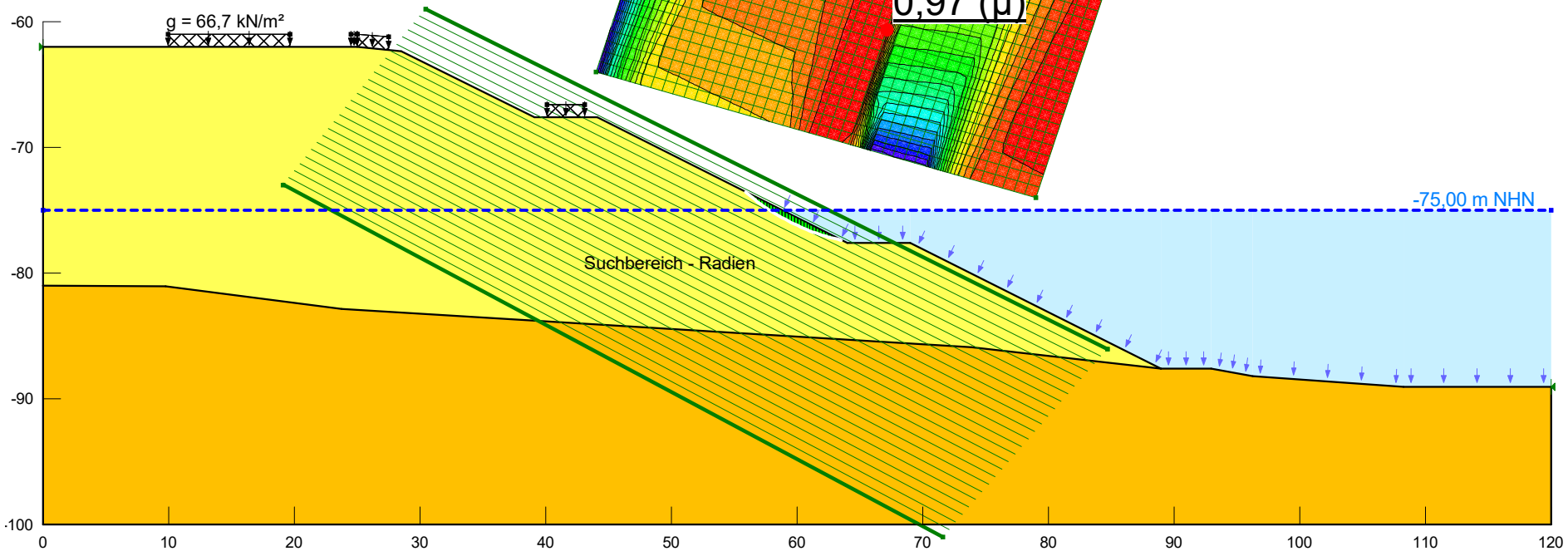
Geotechnische Kenngrößen (gamma_M):
Reibungsbeiwert tan phi': gamma_phi' = 1,1
Kohäsion c': gamma_c' = 1,1

Einwirkungen und Beanspruchungen (gamma_F/E):
ständige Einwirkungen: gamma_G = 1
ungünstige veränderliche Einwirkungen: gamma_Q = 1

Last auf den Bermen:
q = 33 kN/m²

Seismische Koeffizienten:
horizontaler Erbebenbeiwert: kh = 0,0484
vertikaler Erdbebenbeiwert: kv = 0,0161





Farbe	Name	Wichte (kN/m³)	Kohäsion' (kPa)	Phi' (°)
	H16	20	0	35
	M1	19	0	31

Projekt
Tagebausee Hambach, Einleittrasse

Benennung
Geländebruchnachweise
BS-E

Datum	17.03.2026	Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Seite
bearbeitet	Kaminsky	25-2040-2		
geprüft	Dr. Meier			

Bemessungssituation: BS-A/BS-E / GZ GEO-3 gemäß EC 7-1, DIN 1054

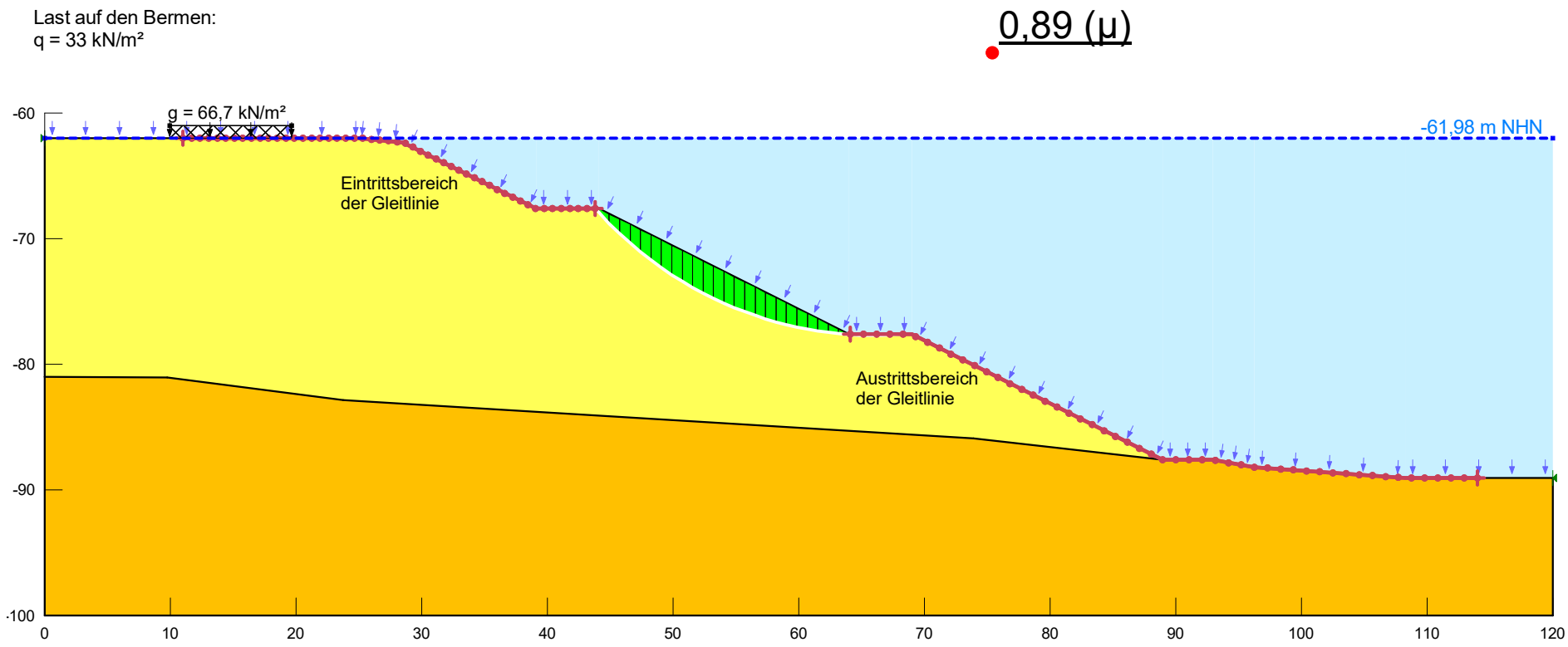
Teilsicherheitsbeiwerte:

Geotechnische Kenngrößen (gamma_M):
Reibungsbeiwert tan phi': gamma_phi' = 1,1
Kohäsion c': gamma_c' = 1,1

Einwirkungen und Beanspruchungen (gamma_F/E):
ständige Einwirkungen: gamma_G = 1
ungünstige veränderliche Einwirkungen: gamma_Q = 1

Last auf den Bermen:
q = 33 kN/m²

Seismische Koeffizienten:
horizontaler Erbebenbeiwert: kh = 0,0484
vertikaler Erdbebenbeiwert: kv = 0,0161



Farbe	Name	Wichte (kN/m³)	Kohäsion' (kPa)	Phi' (°)
	H16	20	0	35
	M1	19	0	31

Projekt
Tagebausee Hambach, Einleittrasse

Benennung
Geländebruchnachweise
BS-E

Datum	17.03.2026	Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Seite
bearbeitet	Kaminsky	25-2040-2		
geprüft	Dr. Meier			

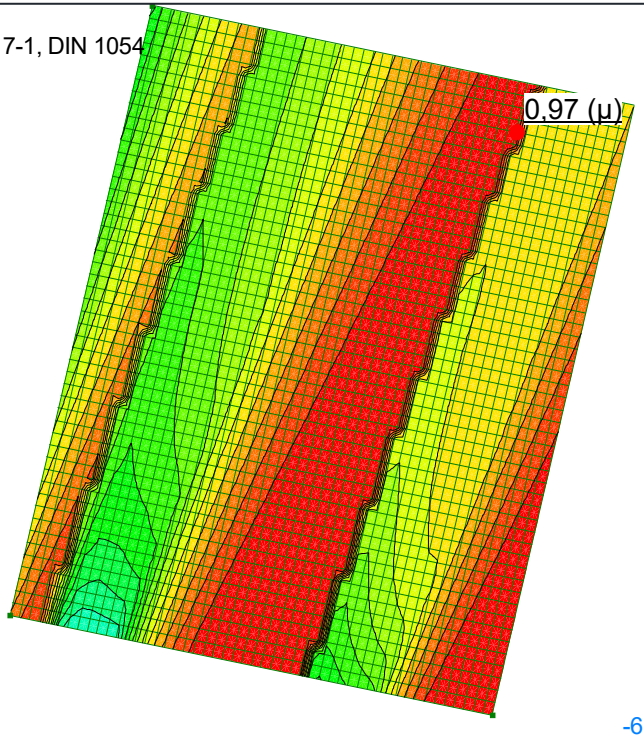
Bemessungssituation: BS-A/BS-E / GZ GEO-3 gemäß EC 7-1, DIN 1054

Teilsicherheitsbeiwerte:

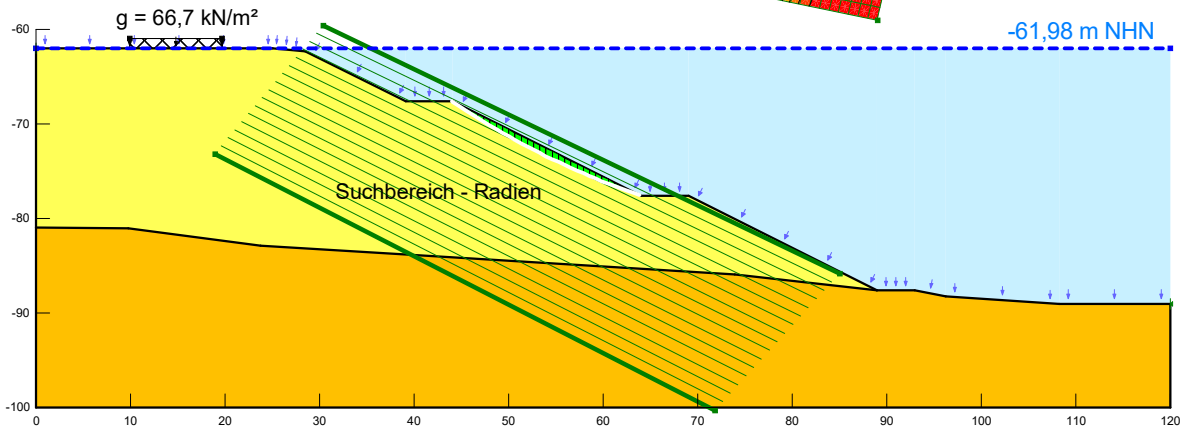
Geotechnische Kenngrößen (gamma_M):
Reibungsbeiwert tan phi': gamma_phi' = 1,1
Kohäsion c': gamma_c' = 1,1

Einwirkungen und Beanspruchungen (gamma_F/E):
ständige Einwirkungen: gamma_G = 1
ungünstige veränderliche Einwirkungen: gamma_Q = 1

Last auf den Bermen:
q = 33 kN/m²



Seismische Koeffizienten:
horizontaler Erbebenbeiwert: kh = 0,0484
vertikaler Erdbebenbeiwert: kv = 0,0161



Farbe	Name	Wichte (kN/m³)	Kohäsion' (kPa)	Phi' (°)
	H16	20	0	35
	M1	19	0	31

Projekt
Tagebausee Hambach, Einleittrasse

Benennung
Geländebruchnachweise
BS-E

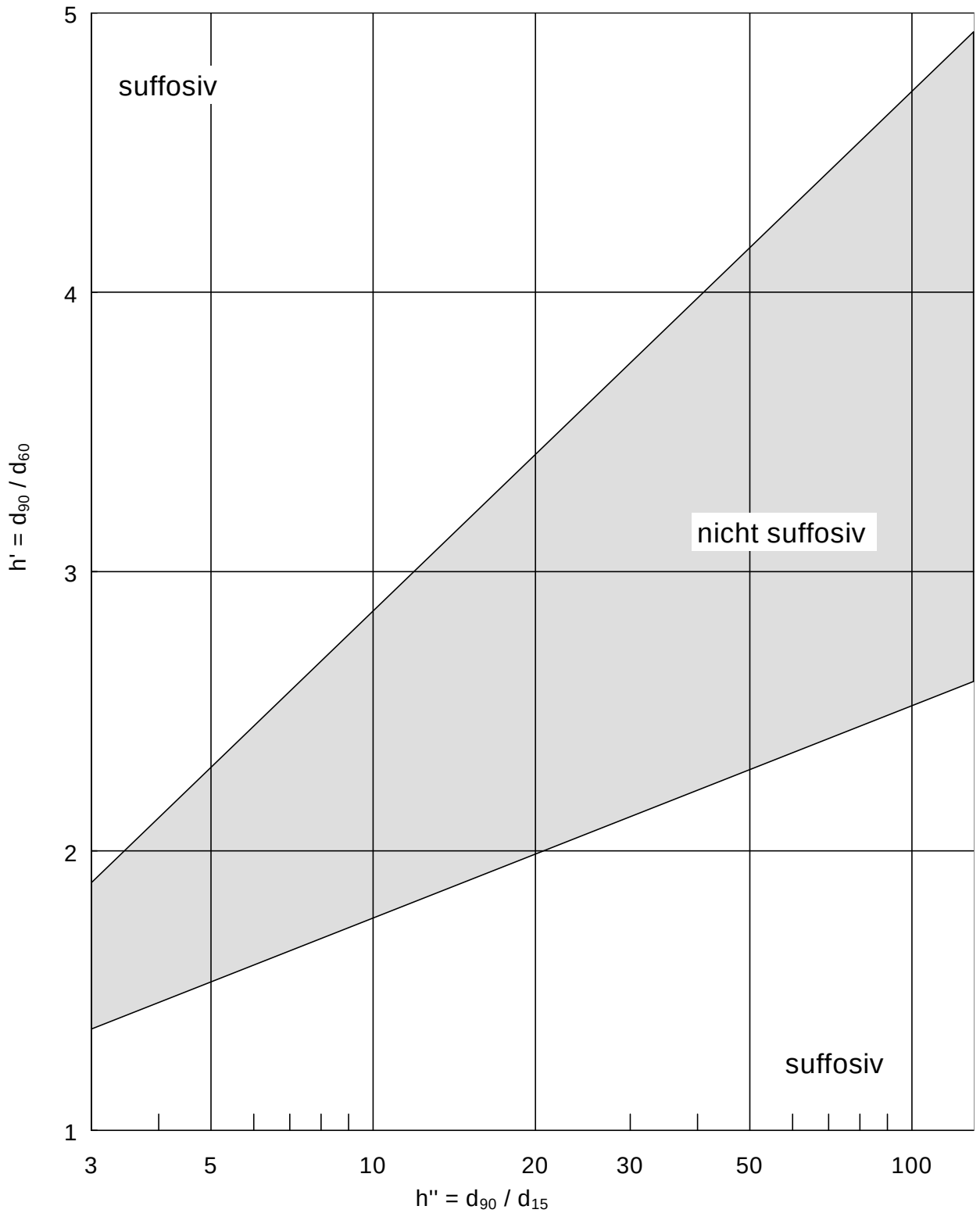
Datum	17.03.2026	Projekt-Nr.	Anlage-Nr.	Seite
bearbeitet	Kaminsky	25-2040-2		
geprüft	Dr. Meier			

Anhang 2 Suffosionssicherheit H16-Material

Tractebel GmbH GB.: Weimar	Tagebau Hambach Einleitrampe	Anhang: 2 Datum: 06.11.2025

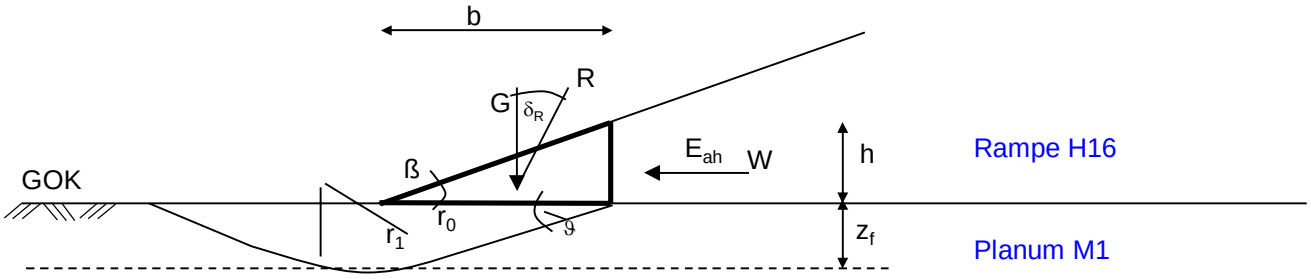
Es wird die mittlere KVK ("Avarage Value") des H-16 Material untersucht.

Verfahren: Burenkova
Boden liegt außerhalb des Prüfbereichs.
d_{15} = 0.019 mm
d_{60} = 0.700 mm
d_{90} = 10.00 mm
h'' = d_{90} / d_{15} = 526.3
h' = d_{90} / d_{60} = 14.29



Anhang 3 Spreizsicherheit

Nachweis der Spreizsicherheit für die Trassenböschungen



Der Nachweis der Dammfußspreizung erfolgt für einen erhöhten aktiven Erddruck ohne Ansatz der Wandreibung, siehe Türke "Statik im Erdbau". Der Nachweis erfolgt mit den angegebenen Kennwerten unter Ansatz der Kohäsion. Es gelten die Teilsicherheiten der Bemessungssitiuationen BS-P nach DIN 1054:2010.

Rampe H16

Böschungsneigung ß =		26,6	°
Reibungswinkel ϕ_D' =		32,5	°
Wichte des Bodens γ_D =		20,0	kN/m³
Wandreibungswinkel δ_a =		0,0	°
Erddruckbeiwert	k_{ah} =	0,46	
Lastneigung	$\tan\delta_R = \tan ß * k_{ah}$ =	0,23	
	δ_R =	12,84	°

Planum M1

Reibungswinkel ϕ_B' =		30,0	°
Kohäsion c´ =		0,0	kN/m²
Wichte des Bodens γ_B =		19,0	kN/m³
Dicke der nachgiebigen Schicht z_f =		10,0	m
Gleitflächenwinkel	$\tan\vartheta$ =	0,85	
	ϑ =	40,39	°
	ϑ_P =	30,00	°

Nachweis der Spreizsicherheit:

$r_1 = z_f / \cos\phi'$ =	11,55	m
$r_0 = r_1 / e^{(\vartheta*\tan\phi)}$ =	7,69	m
$b = r_0 * \sin(90°-\phi') / \sin\vartheta$ =	10,27	m
h = b * tanß =	5,14	m
$e' = 1/3 * h * \tan\delta_R$ =	0,39	m
b´ = 2/3*b + 2*e´ =	7,63	m

Erddruck

$G = \gamma_D * 1/2*b * h$ =	527,69	kN/m
$E_{ah} = G * \tan\delta_R$ =	120,26	kN/m

Sohldruck

$\sigma_{or} = G / (b' * 1)$ =	69,17	kN/m²

Böschungsfußgrundbruch

System:

d =	0,0	
b´ =	7,63	m
ϕ_B´ =	30	°
c´ =	0	kN/m²
γ_B =	19	kN/m³

Sicherheitsbeiwerte (nach DIN 1054)

γ_{Gr} =	1,4
γ_{Gl} =	1,1
γ_G =	1,35
γ_Q =	1,5

Beiwerte		
N_{b0}	10,05	Tragfähigkeitsbeiwert
N_{d0}	18,40	
N_{c0}	30,14	
i_b	0,460	Lastneigungsbeiwert
i_d	1,000	
i_c	1,000	
ν_b	1,00	Formbeiwert
ν_d	1,00	(Damm als Streifen)
ν_c	1,00	
ξ_b	1,00	Sohlneigungsbeiwert
ξ_d	1,00	(waagerechte Sohle)
ν_c	1,00	
λ_b	1,00	Geländeneigungsbeiwert
λ_d	1,00	
λ_c	1,00	

$N_k = G$ = 527,69 kN/m
$H_k = E_{ah}$ = 120,26 kN/m

$\sigma = c' * N_{c0} * i_c + \gamma * b' * N_{b0} * i_b$ = 670,30 kN/m²
$R_{nk} = b' * \sigma$ = 5113,81 kN/m
$R_{nd} = R_{nk} / \gamma_{Gr}$ = 3652,72 kN/m

$N_d = N_k * \gamma_G$ = 712,38 kN/m

Nachweis:	N_d =	712,38	<	R_{nd} =	3652,72

μ= 0,20 Nachweis erfüllt

Böschungsfußgleiten (trocken)

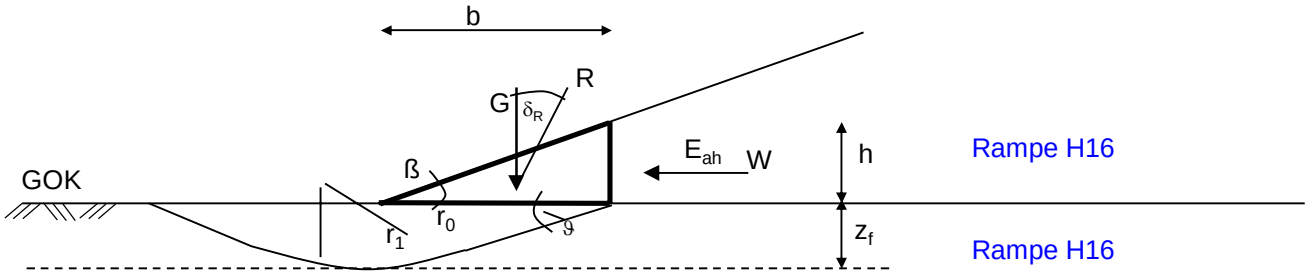
$R_{tk} = N_k * \tan\phi_k + c' * b$ = 304,66 kN/m
$R_{td} = R_{tk} / \gamma_{Gl}$ = 276,96 kN/m

$H_d = H_k * \gamma_G$ = 162,35 kN/m

Nachweis:	H_d =	162,35	<	R_{td} =	276,96

μ= 0,59 Nachweis erfüllt

Nachweis der Spreizsicherheit für die Trassenböschungen



Der Nachweis der Dammfußspreizung erfolgt für einen erhöhten aktiven Erddruck ohne Ansatz der Wandreibung, siehe Türke "Statik im Erdbau". Der Nachweis erfolgt mit den angegebenen Kennwerten unter Ansatz der Kohäsion. Es gelten die Teilsicherheiten der Bemessungssitiuationen BS-P nach DIN 1054:2010.

Rampe H16

Böschungsneigung ß =		26,6 °
Reibungswinkel ϕ_D' =		32,5 °
Wichte des Bodens γ_D =		20,0 kN/m³
Wandreibungswinkel δ_a =		0,0 °
Erddruckbeiwert	k_{ah} =	0,46
Lastneigung	$\tan\delta_R = \tan ß * k_{ah}$ =	0,23
	δ_R =	12,84 °

Rampe H16

Reibungswinkel ϕ_B' =		26,6 °
Kohäsion c´ =		0,0 kN/m²
Wichte des Bodens γ_B =		20,0 kN/m³
Dicke der nachgiebigen Schicht z_f =		10,0 m
Gleitflächenwinkel	$\tan\vartheta$ =	0,75
	ϑ =	37,00 °
	ϑ_P =	31,70 °

Nachweis der Spreizsicherheit:

$r_1 = z_f / \cos\phi'$ =	11,18 m
$r_0 = r_1 / e^{(\vartheta * \tan\phi)}$ =	8,09 m
$b = r_0 * \sin(90° - \phi') / \sin\vartheta$ =	12,02 m
$h = b * \tan ß$ =	6,01 m
$e' = 1/3 * h * \tan\delta_R$ =	0,46 m
$b' = 2/3*b + 2*e'$ =	8,93 m

Erddruck

$G = \gamma_D * 1/2*b * h$ =	722,83 kN/m
$E_{ah} = G * \tan\delta_R$ =	164,73 kN/m

Sohldruck

$\sigma_{or} = G / (b' * 1)$ =	80,95 kN/m²

Böschungsfußgrundbruch

System:

d =	0,0	
b´ =	8,93	m
ϕ_B´ =	26,6	°
c´ =	0	kN/m²
γ_B =	20	kN/m³

Sicherheitsbeiwerte (nach DIN 1054)

γ_{Gr} =	1,4
γ_{Gl} =	1,1
γ_G =	1,35
γ_Q =	1,5

Beiwerte		
N_{b0}	5,83	Tragfähigkeitsbeiwert
N_{d0}	12,64	
N_{c0}	23,25	
i_b	0,460	Lastneigungsbeiwert
i_d	1,000	
i_c	1,000	
ν_b	1,00	Formbeiwert
ν_d	1,00	(Damm als Streifen)
ν_c	1,00	
ξ_b	1,00	Sohlneigungsbeiwert
ξ_d	1,00	(waagerechte Sohle)
ν_c	1,00	
λ_b	1,00	Geländeneigungsbeiwert
λ_d	1,00	
λ_c	1,00	

$N_k = G$ = 722,83 kN/m
$H_k = E_{ah}$ = 164,73 kN/m

$\sigma = c´ * N_{c0} * i_c + \gamma * b´ * N_{b0} * i_b$ = 479,18 kN/m²
$R_{nk} = b´ * \sigma$ = 4278,63 kN/m
$R_{nd} = R_{nk} / \gamma_{Gr}$ = 3056,17 kN/m

$N_d = N_k * \gamma_G$ = 975,82 kN/m

Nachweis:	N_d =	975,82	<	R_{nd} =	3056,17

μ= 0,32 Nachweis erfüllt

Böschungsfußgleiten (trocken)

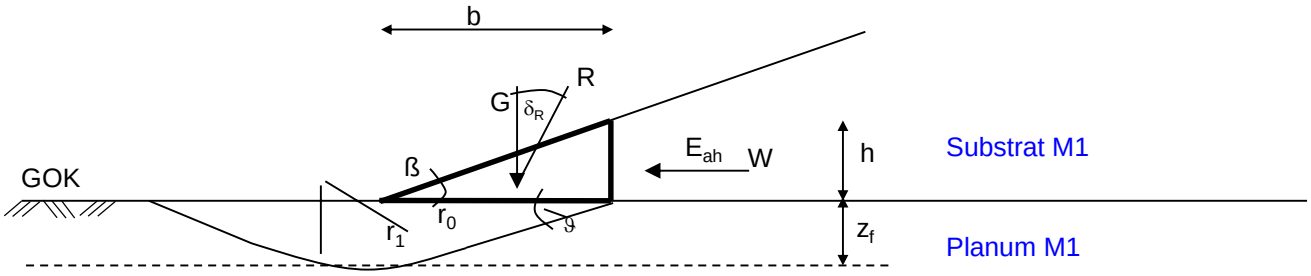
$R_{tk} = N_k * \tan\phi_k + c' * b$ = 361,97 kN/m
$R_{td} = R_{tk} / \gamma_{Gl}$ = 329,06 kN/m

$H_d = H_k * \gamma_G$ = 222,39 kN/m

Nachweis:	H_d =	222,39	<	R_{td} =	329,06

μ= 0,68 Nachweis erfüllt

Nachweis der Spreizsicherheit für die Trassenböschungen



Der Nachweis der Dammfußspreizung erfolgt für einen erhöhten aktiven Erddruck ohne Ansatz der Wandreibung, siehe Türke "Statik im Erdbau". Der Nachweis erfolgt mit den angegebenen Kennwerten unter Ansatz der Kohäsion. Es gelten die Teilsicherheiten der Bemessungssitiuationen BS-P nach DIN 1054:2010.

Substrat M1

Böschungsneigung ß =		26,6	°
Reibungswinkel ϕ_D' =		30	°
Wichte des Bodens γ_D =		19,0	kN/m³
Wandreibungswinkel δ_a =		0,0	°
Erddruckbeiwert	k_{ah} =	0,54	
Lastneigung	$\tan\delta_R = \tan ß * k_{ah}$ =	0,27	
	δ_R =	15,00	°

Planum M1

Reibungswinkel ϕ_B' =		30,0	°
Kohäsion c´ =		0,0	kN/m²
Wichte des Bodens γ_B =		19,0	kN/m³
Dicke der nachgiebigen Schicht z_f =		10,0	m
Gleitflächenwinkel	$\tan\vartheta$ =	0,75	
	ϑ =	36,91	°
	ϑ_P =	30,00	°

Nachweis der Spreizsicherheit:

$r_1 = z_f / \cos\phi'$ =	11,55	m
$r_0 = r_1 / e^{(\vartheta*\tan\phi)}$ =	7,96	m
$b = r_0 * \sin(90°-\phi') / \sin\vartheta$ =	11,48	m
h = b * tanß =	5,74	m
$e' = 1/3 * h * \tan\delta_R$ =	0,51	m
b´ = 2/3*b + 2*e´ =	8,68	m

Erddruck

$G = \gamma_D * 1/2*b * h$ =	625,81	kN/m
$E_{ah} = G * \tan\delta_R$ =	167,68	kN/m

Sohldruck

$\sigma_{or} = G / (b' * 1)$ =	72,12	kN/m²

Böschungsfußgrundbruch

System:

d =	0,0	
b´ =	8,68	m
ϕ_B´ =	30	°
c´ =	0	kN/m²
γ_B =	19	kN/m³

Sicherheitsbeiwerte (nach DIN 1054)

γ_{Gr} =	1,4
γ_{Gl} =	1,1
γ_G =	1,35
γ_Q =	1,5

Beiwerte		
N_{b0}	10,05	Tragfähigkeitsbeiwert
N_{d0}	18,40	
N_{c0}	30,14	
i_b	0,392	Lastneigungsbeiwert
i_d	1,000	
i_c	1,000	
ν_b	1,00	Formbeiwert
ν_d	1,00	(Damm als Streifen)
ν_c	1,00	
ξ_b	1,00	Sohlneigungsbeiwert
ξ_d	1,00	(waagerechte Sohle)
ν_c	1,00	
λ_b	1,00	Geländeneigungsbeiwert
λ_d	1,00	
λ_c	1,00	

$N_k = G$ = 625,81 kN/m
$H_k = E_{ah}$ = 167,68 kN/m

$\sigma = c' * N_{c0} * i_c + \gamma * b' * N_{b0} * i_b$ = 649,80 kN/m²
$R_{nk} = b' * \sigma$ = 5638,51 kN/m
$R_{nd} = R_{nk} / \gamma_{Gr}$ = 4027,50 kN/m

$N_d = N_k * \gamma_G$ = 844,84 kN/m

Nachweis:	N_d =	844,84	<	R_{nd} =	4027,50

μ= 0,21 Nachweis erfüllt

Böschungsfußgleiten (trocken)

$R_{tk} = N_k * \tan\phi_k + c' * b$ = 361,31 kN/m
$R_{td} = R_{tk} / \gamma_{Gl}$ = 328,46 kN/m

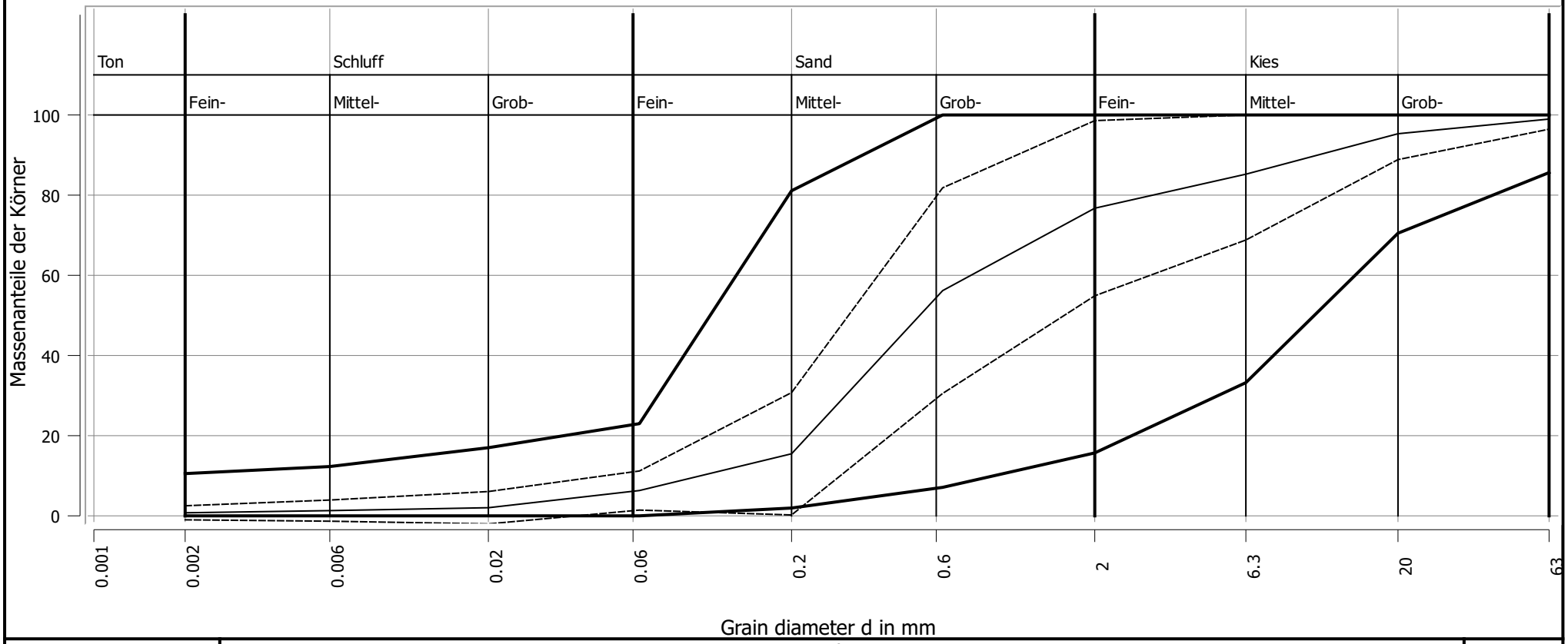
$H_d = H_k * \gamma_G$ = 226,37 kN/m

Nachweis:	H_d =	226,37	<	R_{td} =	328,46

μ= 0,69 Nachweis erfüllt

Anhang 4 Kornverteilungen H16-Material

	0.002	0.006	0.02	0.063	0.2	0.63	2.0	6.3	20.0	63.0
Min	0.00	0.00	0.00	0.00	1.95	7.11	15.70	33.23	70.50	85.63
Max	10.54	12.30	17.00	23.00	81.10	100.00	100.00	101.00	101.00	101.00
Average value	0.76	1.30	2.03	6.32	15.49	56.18	76.74	85.23	95.32	98.98
M+s	2.51	3.94	6.07	11.19	30.75	81.83	98.59	101.65	101.77	101.50
M-s	-0.99	-1.33	-2.01	1.44	0.22	30.53	54.89	68.81	88.86	96.45
Standarddeviatio	1.75	2.64	4.04	4.88	15.26	25.65	21.85	16.42	6.46	2.52



RWE Power AG Department	Screening according to DIN 18123 Pit: Hambach Layer: 016 (*) Soil type: -1 Mixture: -1 Number: 145	Unit

Anhang 5 Stellungnahme Naue GmbH & CO. KG

Naue GmbH & Co. KG · Postfach 30 65 · 32332 Espelkamp

TRACTEBEL GMBH
Herr Stefan Göster
Gmunder Straße 53
81379 München
Deutschland

Dipl. -Ing. Waldemar Pauls
Engineering & Design Department

Tel. +49 5743 41-569
Mob. +49 172 529 7-963
E-Mail: wpauls@naue.com

9 Seiten + 4 Anlagen
2026-02-13

BV: DE Hambach - Tagebau Uferbefestigung

Hier: Gleitsicherheitsnachweis des Erosionsschutzsystems mit GSC ohne hydraulischen Einfluss

naue.com

Sehr geehrter Herr Göster,

hiermit erhalten Sie den Nachweis der Standsicherheit gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems mit Geotextilen Sandcontainern (GSC) auf einem Filtervliesstoff im o. g. Projekt unter Berücksichtigung der zu untersuchenden Böschungsgeometrien und Sandcontainergrößen.

Die Planungsarbeiten sind vom Kunden (bzw. Dritten) zu koordinieren und zu prüfen. Es liegt in der Verantwortung des Kunden (bzw. Dritten), sowohl in der Planungsphase als auch in der Ausführungsphase zu prüfen, ob alle gemäß den geltenden Regelwerken zu führenden Nachweisen vollständig erbracht sind. Ebenso liegt es in der Verantwortung des Kunden bzw. des Planers, dass für ggf. notwendige Arbeitsschutzmaßnahmen Sorge zu tragen ist und Bauzustände zu untersuchen sind.

Sachstand

Im o. g. Projekt ist im Rahmen der Herstellung eines Einleitbauwerks eine Ufersicherung gegen Erosion geplant. Die geplante Ufersicherung besteht aus einem System aus einem Filtervliesstoff auf dem verdichteten Erdkörper aus Horizont 16-Material, darüber gestapelten GSC und einer Oberboden Überdeckung.

Dabei ist der Nachweis gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems für die definierten Varianten zu führen.

Grundlagen zum Nachweis und Schrifttum

[U1] Planunterlagen (z. B. Schnitte und Details), übermittelt durch Herrn Stefan Göster und Herrn Robert Achatz (TRACTEBEL GMBH), 26. & 27. Januar 2026

[U2] DIN 4084:2021-11: Gelände- und Böschungsbruchberechnungen

[U3] DIN 1054:2021-04: Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau

[U4] EBGEO – Empfehlungen für Bewehrungen aus Geokunststoffen. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik. Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2010

[U5] GRETT, H.-D. (1984): Das Reibungsverhalten von Geotextilien in bindigem und nichtbindigem Boden, Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover, Heft 59/1984

[U6] E3-8 Reibungsverhalten von Geokunststoffen, GDA-Empfehlungen, 3. Auflage 1997 S.244, Bautechnik 9/1997, Bautechnik 9/2005, Überarbeitung 8/2015

[U7] E2-7 Nachweis der Gleitsicherheit von Abdichtungssystemen, GDA-Empfehlungen, 3. Auflage 1997 S.111, Bautechnik 9/1998, Bautechnik 9/2008, Überarbeitung 8/2015

[U8] FGSV: Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus, M Geok E, Ausgabe 2016

Böschungsgeometrie und Aufbau des Erosionsschutzsystems

In den Standsicherheitsberechnungen gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems werden mehrere Varianten mit unterschiedlichen Kombinationen gerechnet.
Die zu untersuchenden Böschungsgeometrien werden in den Berechnungen nach [U1] wie folgt berücksichtigt:

- Böschungshöhe: H_{max} = 10,0 m
- Böschungsneigungen 1:n = 1:2,5 (β = 21,80°)
  1:2,25 (β = 23,96°)
  1:2,0 (β = 26,56°)

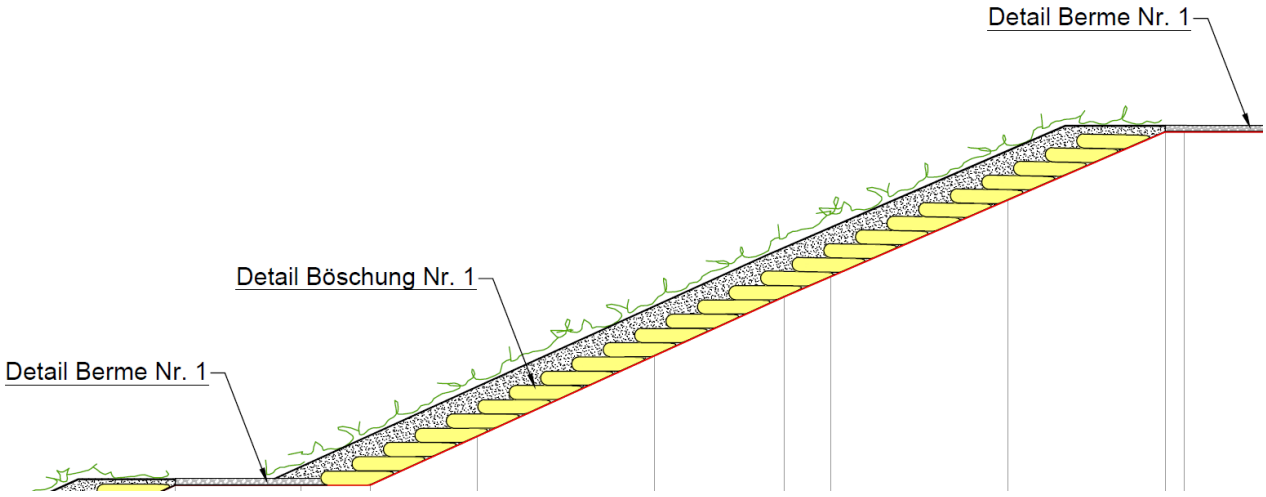


Abbildung 1: Maßgebender Querschnitt: Maximale Höhe = 10,0 m [U1]

Aufbau des gesamten Systems im Böschungsbereich (von oben nach unten) nach [U1]:

Lösung 1:

- 40 cm Oberboden,
- Sandcontainern Secutex Soft Rock **RS** Typen mit horizontalen Einbindelängen von:
  - 2,85 m
  - 2,05 m
  - 1,00 m
- Filtervliesstoff Secutex **RS** Type mit Grobfaserschicht nach oben orientiert.
- Verdichteter Untergrund

Lösung 2:

- 40 cm Oberboden,
- Sandcontainern Secutex Soft Rock **R** Typen mit horizontalen Einbindelängen von:
  - 2,85 m
  - 2,05 m
  - 1,00 m
- Filtervliesstoff Secutex **R** Type
- Verdichteter Untergrund

Lösung 3:

- 40 cm Oberboden,
- Sandcontainern Secutex Soft Rock **R** Typen mit horizontalen Einbindelängen von:
  - 2,85 m
  - 2,05 m

- 1,00 m
- Filtervliesstoff Secutex **R** Type (***mit Quarzsandeinstreuung***)
- Verdichteter Untergrund

Lasten im Endzustand und bei Erbebeneinwirkung

In der ständigen Bemessungssituation (BS-P) wurden keine zusätzlichen Lasten aufgrund einer Böschungsbefahrung, Schneelast oder hydraulischen Einwirkungen berücksichtigt.

In der außergewöhnlichen Bemessungssituation mit einer Erdbebeneinwirkung (BS-E) wurden gemäß [U1] folgende Erdbebenbeschleunigungen berücksichtigt:

- **K_h = 0,0484**
- **K_v = 0,5 * k_h = 0,0242 (in der Berechnung berücksichtigt)**
- K_v = 0,33 * k_h = 0,0161(informativ)

Standsicherheitsberechnung

Erläuterungen zum Nachweis

Gegenstand dieses Nachweises ist die Standsicherheit des Erosionsschutzsystems gegen Gleiten. Es wird der Lastfall BS-P nach [U2] im Teilsicherheitskonzept nach [U3] untersucht. Die Berechnung wurde nach DIN 1054:2021-04 bzw. GDA E2-7 (2015) (vgl. [U7]) für den Grenzzustand GEO-3 (GZ 1C – Grenzzustand der Gesamtstandsicherheit) geführt, dabei ist das Reibungsverhalten in den böschungsparallelen Schichtgrenzen des Systems maßgebend. Die Standsicherheit des Erosionsschutzsystems hängt dabei außerdem von den inneren Scherfestigkeiten des eingesetzten Bodenmaterials ab.

Die Basis für die Nachweisführung der Standsicherheit gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems bilden die vorliegenden Informationen und Randbedingungen aus [U1].

Die Gültigkeit der angesetzten Randbedingungen ist im Rahmen der Bauausführung durch die am Bau beteiligten Sachverständigen zu bestätigen.

Scherparameter

Im Rahmen der vorliegenden Berechnung sind die charakteristischen Kontaktreibungswinkel für die zu betrachtenden Scherfugen anzusetzen.

Üblicherweise werden zur Bewertung des Scherverhaltens zwischen Geokunststoffen und Böden bzw. Geokunststoffen und Geokunststoffen Reibungsversuche nach [U3] herangezogen. Nach GDA-Empfehlung E 2-7 [U7] sind die Laborwerte aus Scherversuchen entsprechend Gleichung (1a) bzw. (1b) abzumindern:

$$\tan \delta_k' = \tan \delta_0 / 1{,}1 \quad (1a)$$

$$a_k = a_0 / 2{,}0 \quad (1b)$$

Eine Abminderung der Kontaktreibungswinkel kann nach [U7] entfallen, wenn mehrere Versuchsergebnisse mit unterschiedlichen Proben vorliegen. Die Adhäsion ist auch bei mehreren Versuchsergebnissen mit dem Faktor 1,5 abzumindern.

Für die Scherfuge *geotextiler Sandcontainer Secutex® Soft Rock R (US: Vliesstoff) vs. geotextiler Sandcontainer Secutex® Soft Rock R (OS: Vliesstoff)* wird nach empirischen Scherversuchen und Abminderung nach (1a) ein charakteristischer Kontaktreibungswinkel $\delta_k \geq 18{,}95°$ und eine gemäß (1b) abgeminderte Kohäsion von $a_k \geq 0{,}38$ kPa berücksichtigt.

Für die Scherfuge *geotextiler Sandcontainer Secutex® Soft Rock RS (US: Vliesstoff) vs. geotextiler Sandcontainer Secutex® Soft Rock RS (OS: Vliesstoff)* wird nach empirischen Scherversuchen und Abminderung nach (1a) ein charakteristischer Kontaktreibungswinkel $\delta_k \geq 25{,}58°$ und eine gemäß (1b) abgeminderte Kohäsion von $a_k \geq 1{,}99$ kPa berücksichtigt.

In Ermangelung von konkreten Scherversuchsergebnissen mit den in-situ Böden können für den Nachweis der Standsicherheit gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems die Reibungsparameter für Scherfugen Boden vs. Geokunststoff mit dem Ansatz nach GRETT [U1] empirisch gemäß Formel (2) abgeschätzt werden. Die Abschätzung hat vorläufigen Charakter und ist im Rahmen der Bauausführung durch objektspezifische Scherversuche mit den vorgesehenen Böden zu verifizieren.

$$\text{Vliesstoff:} \quad \tan \delta_k' = \tan \varphi_k * 0{,}9 \quad (2a)$$

$$\text{Gewebe:} \quad \tan \delta_k' = \tan \varphi_k * 0{,}8 \quad (2b)$$

Für die Scherfuge *Secutex® H (US: Vliesstoff) vs. verdichteter Erdkörper aus Horizont 16-Material (Auflager)* wird nach (2a) ein charakteristischer Kontaktreibungswinkel $\delta_k \geq 32{,}2°$ berücksichtigt.

Die Kontaktreibungswinkel der zu betrachtenden Scherfugen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Für den Nachweis gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems ist die Scherfuge mit dem jeweils geringsten mobilisierbaren Scherwiderständen in der entsprechenden Berechnung anzusetzen. Die in den Scherversuchen festgestellten Adhäsionen werden gemäß [U6] mit dem maximalen Abminderungsfaktor $\gamma_a = 2{,}0$ abgemindert.

Tabelle 1: Übersicht der Scherfugen des Erosionsschutzsystems

	durch den Aufbau vorgegebene Scherfugen	φ_k [°]	δ_0 [°]	δ_k [°]	a_0 [kPa]	a_k [kPa]
1	Secutex® H (US: Vliesstoff) vs. Erdbaustoff, Horizont 16, verdichtet	35,0	-	32,2[1]	-	-

[1] Nach GRETT

2a	Geotextiler Sandcontainer Secutex® Soft Rock R 601 aus vernadeltem Vliesstoff vs. Geotextiler Sandcontainer Secutex® Soft Rock R 601 aus vernadeltem Vliesstoff	-	≥20,66	18,92[2]	0,76	0,38
2b	Geotextiler Sandcontainer Secutex® Soft Rock RS 801 aus vernadeltem Vliesstoff vs. Geotextiler Sandcontainer Secutex® Soft Rock RS 801 aus vernadeltem Vliesstoff	-	≥27,77	25,58[3]	3,98	1,99
3	Geotextiler Sandcontainer Secutex® Soft Rock R 601 aus vernadeltem Vliesstoff ***(mit Quarzsandeinstreuung)*** vs. Geotextiler Sandcontainer Secutex® Soft Rock R 601 aus vernadeltem Vliesstoff ***(mit Quarzsandeinstreuung)***	***Wird nachgetragen, wenn Scherversuche vorliegen***				

Die gemäß [U1] in der statischen Berechnung berücksichtigten Bodenkennwerte sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Im Standsicherheitsnachweis berücksichtigte Bodenkennwerte

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

Es muss sichergestellt sein, dass alle mineralischen Schichten eine für die vorgesehene Neigung der Böschung ausreichende, von den Mindestwerten nach Tabelle 1 ggf. nach oben abweichende, innere Scherfestigkeit aufweisen und damit selbst ausreichend standsicher sind, sowie die äußere Standsicherheit der Böschung gegeben ist.

Das Füllmaterial für die Soft Rocks hat an sich keine Kohäsion. Die angesetzte Kohäsion von 2 kPa ist nur eine scheinbare Kohäsion und ist darin begründet, dass das Füllmaterial in einem Geokunststoff mit einer definierten Zugfestigkeit eingekapselt ist. bei diesem Nachweis der Standsicherheit geht es darum, zu untersuchen ob die Reibkraft zwischen den Soft Rocks ausreichend hoch für eine ausreichende Lagesicherheit ist. Durch den Ansatz der Kohäsion für den Füllboden wird sichergestellt, dass die Gleitfuge durch die vordefinierte maßgebende Gleitschicht zwischen den Soft Rocks verläuft, wie in Abbildung 2 dargestellt.

[2] Nach empirischen Reibungsversuchen
[3] Nach empirischen Reibungsversuchen

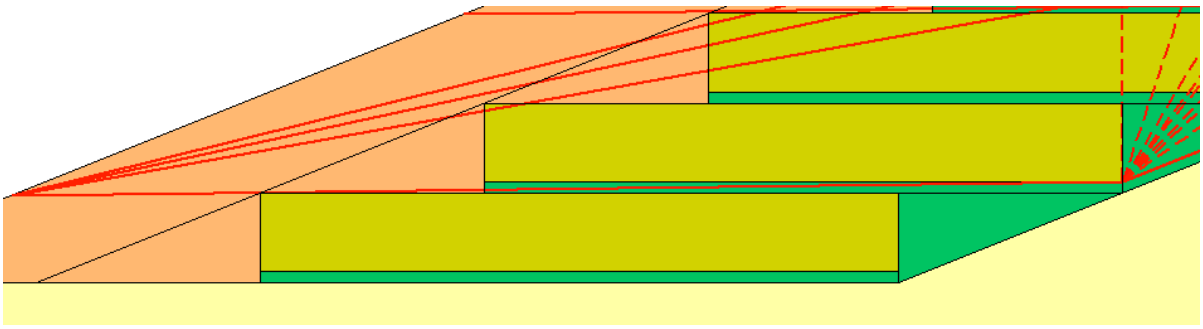


Abbildung 2: Darstellung der maßgebenden Gleitfuge

Die Nachweise gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems wurden mit Programm Stability 14.40 (GGU Braunschweig) durchgeführt. Untersucht werden Böschungsbruch- und Geländebruchmechanismen mit zusammengesetzten Bruchkörpern, wobei die Bruchlinien durchgehend durch die maßgebende Scherfuge verläuft.

In der Tabelle 2 werden die für den Endzustand im Teilsicherheitskonzept nach [U3] ermittelten Auslastungsgrade μ gezeigt. Bemessungsfälle mit einem erzielten Auslastungsgrade μ > 1,0 gelten als ***„nicht standsicher“***.

Ergebnisse

In Tabelle 3 sind die Berechnungsergebnisse für die unterschiedlichen Kombinationen der beiden untersuchten Varianten zusammengestellt.

Tabelle 3: Übersicht der Scherfugen des Erosionsschutzsystems

Lösungs-Nr.	Bemessungs-fall	BS	Anlage	Neigung Böschung	Horizontale Einbindelänge	Auslastung μ
1	1|1.1	P	A1.1.1.1	1 : 2,5	2,85m	0,77
		E	A1.1.1.2			0,78
	1|1.2	P	A1.1.2.1		2,05m	0,77
		E	A1.1.2.2			0,78
	1|1.3	P	A1.1.3.1		1,0m	0,75
		E	A1.1.3.2			0,75
	1|2.1	P	A1.2.1.1	1 : 2,25	2,85m	0,85
		E	A1.2.1.2			0,85
	1|2.2	P	A1.2.2.1		2,05m	0,85
		E	A1.2.2.2			0,84
	1|2.3	P	A1.2.3.1		1,0m	0,83
		E	A1.2.3.2			0,82
	1|3.1	P	A1.3.1.1	1 : 2,0	2,85m	0,93
		E	A1.3.1.2			0,92
	1|3.2	P	A1.3.2.1		2,05m	0,94

		E	A1.3.2.2			0,93
	1|3.3	P	A1.3.3.1		1,0m	0,92
		E	A1.3.3.2			0,91
2	2|1.1	P	A2.1.1.1	1 : 2,5	2,85m	1,15
		E	A2.1.1.2			1,16
	2|1.2	P	A2.1.2.1		2,05m	1,16
		E	A2.1.2.2			1,16
	2|1.3	P	A2.1.3.1		1,0m	1,15
		E	A2.1.3.2			1,15
	2|2.1	P	A2.2.1.1	1 : 2,25	2,85m	1,25
		E	A2.2.1.2			1,25
	2|2.2	P	A2.2.2.1		2,05m	1,26
		E	A2.2.2.2			1,26
	2|2.3	P	A2.2.3.1		1,0m	1,26
		E	A2.2.3.2			1,25
	2|3.1	P	A2.3.1.1	1 : 2,0	2,85m	1,37
		E	A2.3.1.2			1,35
	2|3.2	P	A2.3.2.1		2,05m	1,39
		E	A2.3.2.2			1,37
	2|3.3	P	A2.3.3.1		1,0m	1,39
		E	A2.3.3.2			1,37
3 (mit Quarzsand-einstreuung)	***Ergebnisse werden nachgereicht, sobald die Scherversuche geführt wurden.***					

Die Prüfung der angesetzten Bodenkennwerte, Kontaktreibungsparameter und Übereinstimmung der geometrischen Randbedingungen mit der ausgeführten Geometrie obliegt den am Bau beteiligten Sachverständigen.

Zusammenfassung

Die Bemessungen haben gezeigt, dass bei Verwendung von Sandcontainern Secutex Soft Rock RS Typen auf einem Filtervliesstoff Secutex RS Type alle Bemessungsfälle eine ausreichende Standsicherheit erreichen. Wobei bei der Verwendung von Sandcontainern Secutex Soft Rock R Typen auf einem Filtervliesstoff Secutex R Type alle Bemessungsfälle eine unzureichende Standsicherheit zeigen.

Die Ergebnisse für die dritte Variante, Produkte aus Secutex R Material mit Quarzsandeinstreuung, werden ergänzt, sobald die Scherversuchsergebnisse vorliegen.

Wir weisen darauf hin, dass für alle mineralischen Schichten selbst eine für die vorgesehene Neigung ausreichende Scherfestigkeit und somit ausreichende Standsicherheit nachgewiesen werden muss. Konsolidierungsprozesse im Untergrund sowie die Gesamtstandsicherheit der Böschung bleiben vorliegend unberücksichtigt und müssen gesondert untersucht werden.

Bitte beachten Sie, dass es sich in dieser Ausarbeitung um eine produktspezifische Nachweisführung handelt, die nicht auf andere Geokunststoffe übertragen werden kann. Sollten die in dieser Stellungnahme berücksichtigten Projektrandbedingungen nicht maßgebend sein bzw. nicht mit den tatsächlichen Randbedingungen vor Ort übereinstimmen, wird eine erneute Stellungnahme notwendig.

Für Rückfragen oder weitere Informationen stehen wir selbstverständlich gerne zur Verfügung.

Mit freundlichem Gruß aus Espelkamp

Naue GmbH & Co. KG

Janne Kristin Pries

i. V. Dipl.-Ing. Janne Kristin Pries

W. Pauls

i. V. Dipl.-Ing. Waldemar Pauls

Anlage

[A1] Standsicherheitsnachweis gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems – RS vs. RS – Rev01

[A2] Standsicherheitsnachweis gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems – R vs. R – Rev01

[A3] Scherversuch S2-006-23 – Secutex Soft Rock RS 801 vs. Secutex Soft rock RS 801

[A4] Scherversuch S1-005-23 – Secutex R 601 vs. Secutex R 601

Die in diesem technischen Dokument enthaltenen Informationen, Annahmen und Ergebnisse entsprechen dem neusten technischen Wissen des Herausgebers; diese sind nicht auf andere Geokunststoffe übertragbar. Alle Rechte dieses technischen Dokumentes vorbehalten. Die spezialgrundbaulich / erdstatisch richtige Weiterverwendung bzw. die Überprüfung auf Vollständigkeit obliegt dem vor Ort zuständigen Sachverständigen unter richtiger Würdigung und Interpretation aller Belange des Bauwerks und des Untergrundes. Soweit die hier getroffenen technischen Empfehlungen außerhalb des Standes der Technik liegen (Erprobungsklausel), erklärt sich der Anwender mit dem hiermit erklärten Haftungsausschluss einverstanden. Anderenfalls ist dieses technische Dokument ohne weitere Nutzung an uns zurückzusenden. Das Copyright© liegt bei der Naue GmbH & Co. KG, Espelkamp.

Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls

Kontrolliert: J. Pries

Revision: 01

Datum: 13.02.2026

Maßstab

Anlage: 1.1.1.1

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

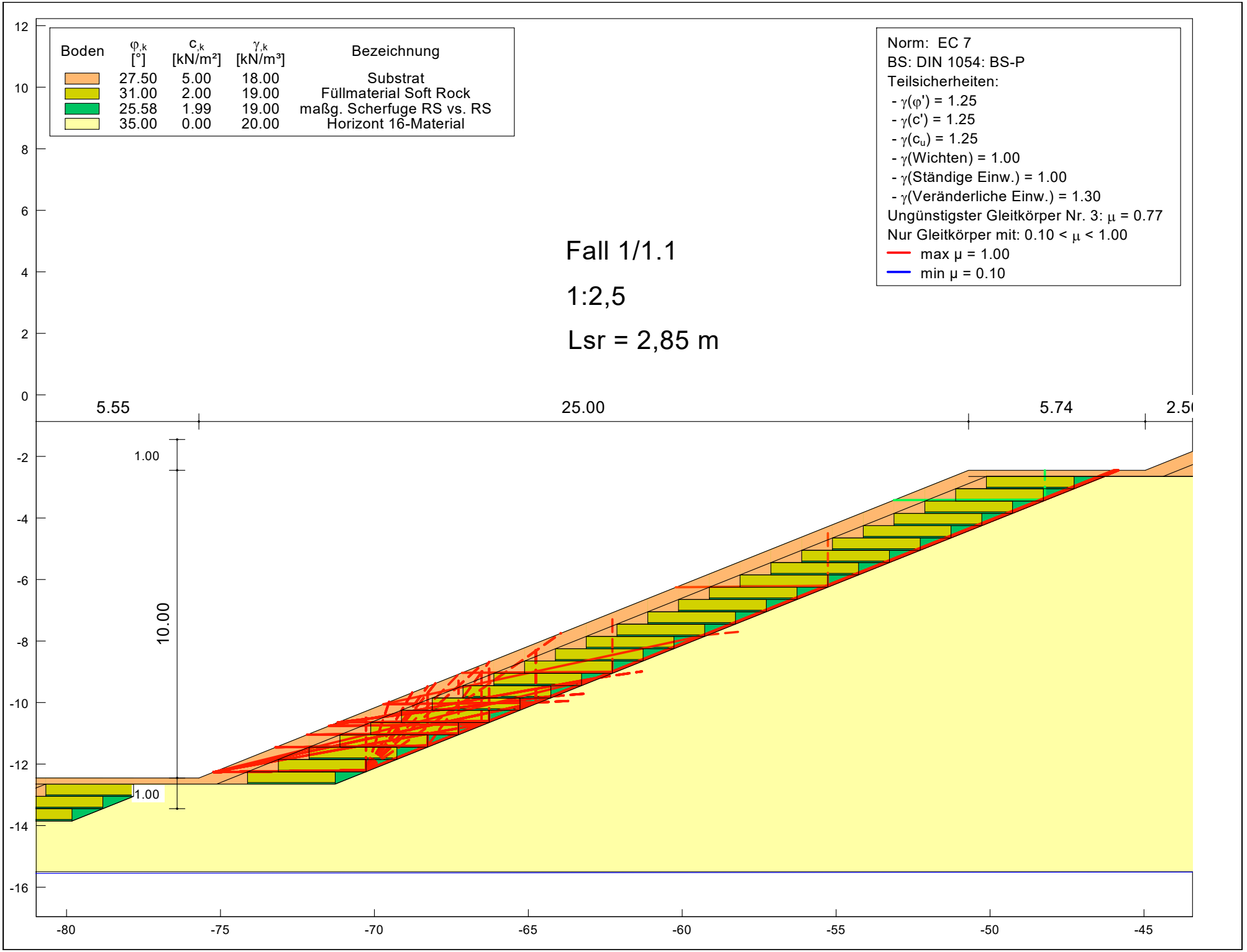
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.25
- $\gamma(c')$ = 1.25
- $\gamma(c_u)$ = 1.25
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 3: μ = 0.77
Nur Gleitkörper mit: 0.10 < μ < 1.00
max μ = 1.00
min μ = 0.10

Fall 1/1.1

1:2,5

Lsr = 2,85 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

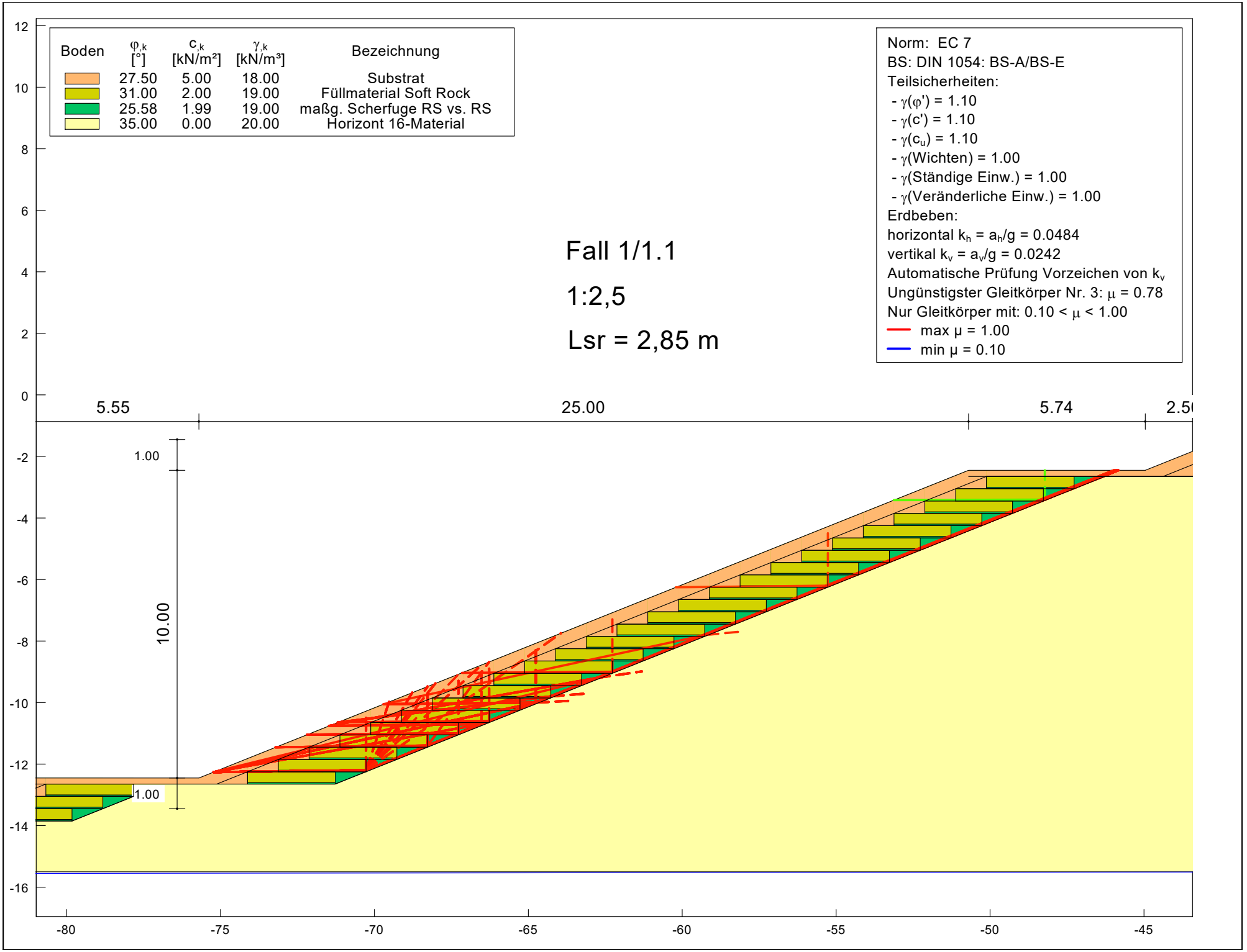
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.10
- $\gamma(c')$ = 1.10
- $\gamma(c_u)$ = 1.10
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g$ = 0.0484
vertikal $k_v = a_v/g$ = 0.0242
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 3: μ = 0.78
Nur Gleitkörper mit: 0.10 < μ < 1.00
max μ = 1.00
min μ = 0.10

Fall 1/1.1

1:2,5

Lsr = 2,85 m



Maßstab

Revision: 01

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.02.2026

Kontrolliert: J. Pries

Anlage: 1.1.1.2

Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls
Revision: 01
Kontrolliert: J. Pries
Datum: 13.02.2026
Maßstab
Anlage: 1.1.2.1

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

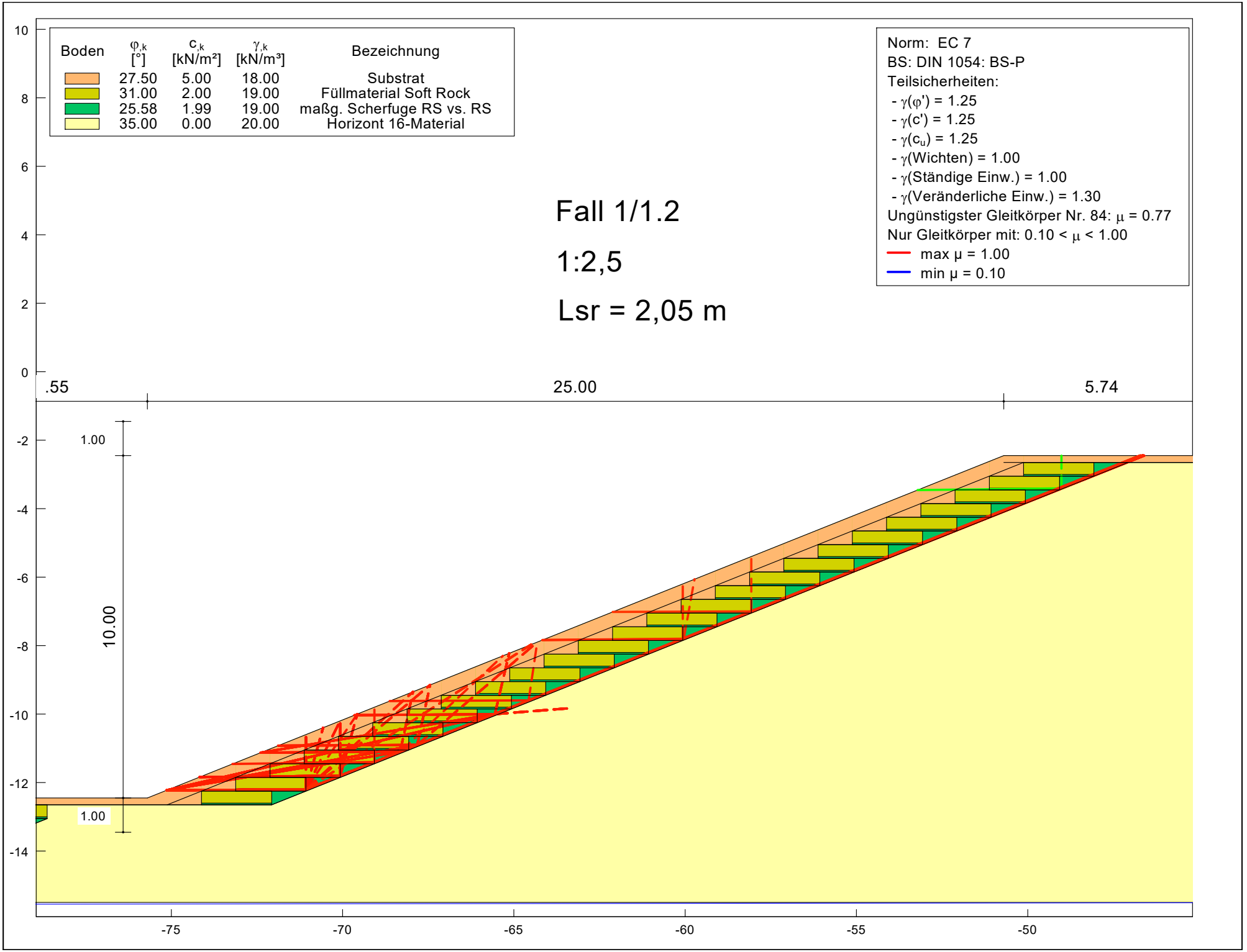
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 84: $\mu = 0.77$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.00$
max $\mu = 1.00$
min $\mu = 0.10$

Fall 1/1.2

1:2,5

Lsr = 2,05 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

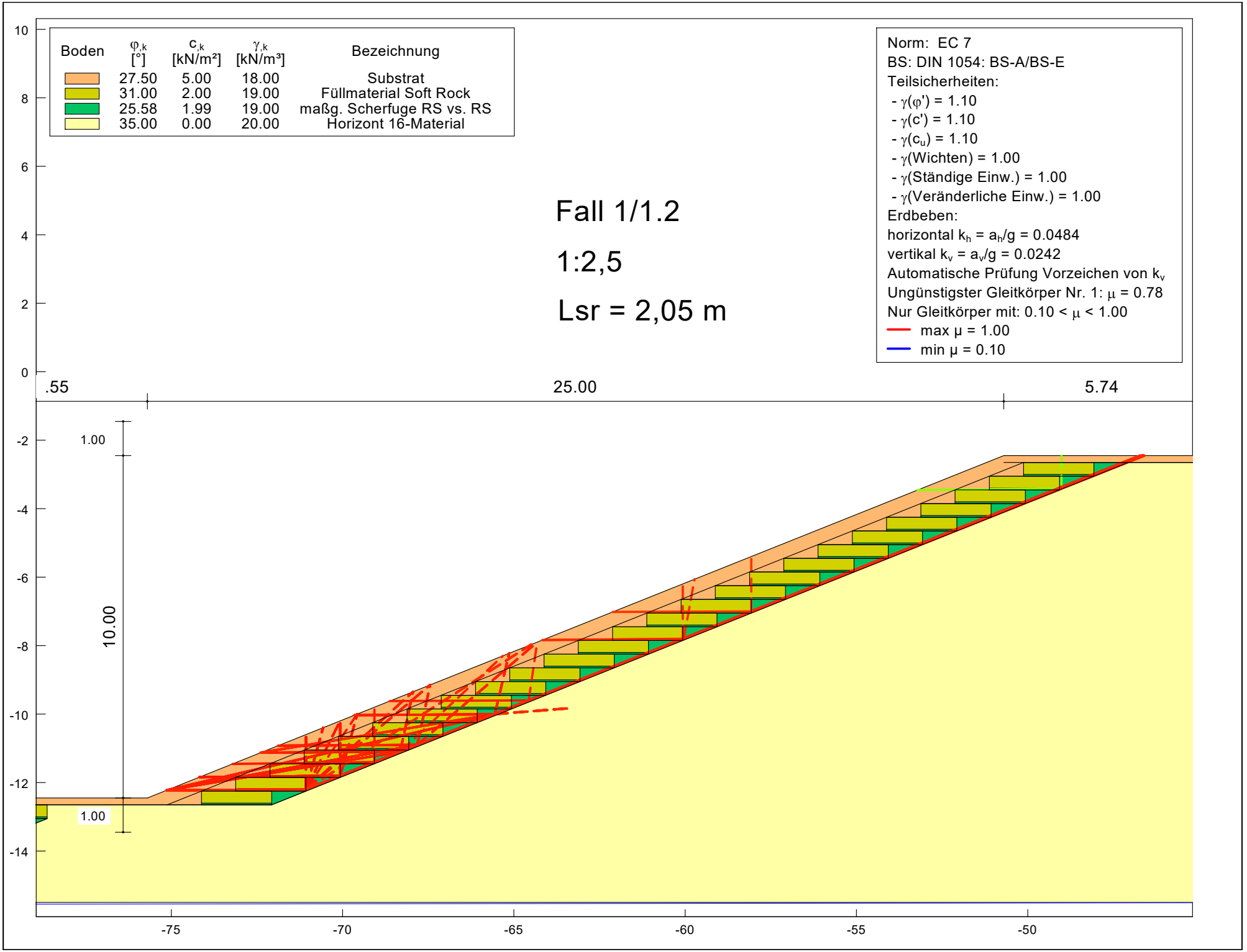
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0242$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 1: $\mu = 0.78$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.00$
max μ = 1.00
min μ = 0.10

Fall 1/1.2

1:2,5

Lsr = 2,05 m



Maßstab

Revision: 01

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.02.2026

Kontrolliert: J. Pries

Anlage: 1.1.2.2

Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls

Revision: 01

Kontrolliert: J. Pries

Datum: 13.02.2026

Maßstab

Anlage: 1.1.3.1

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

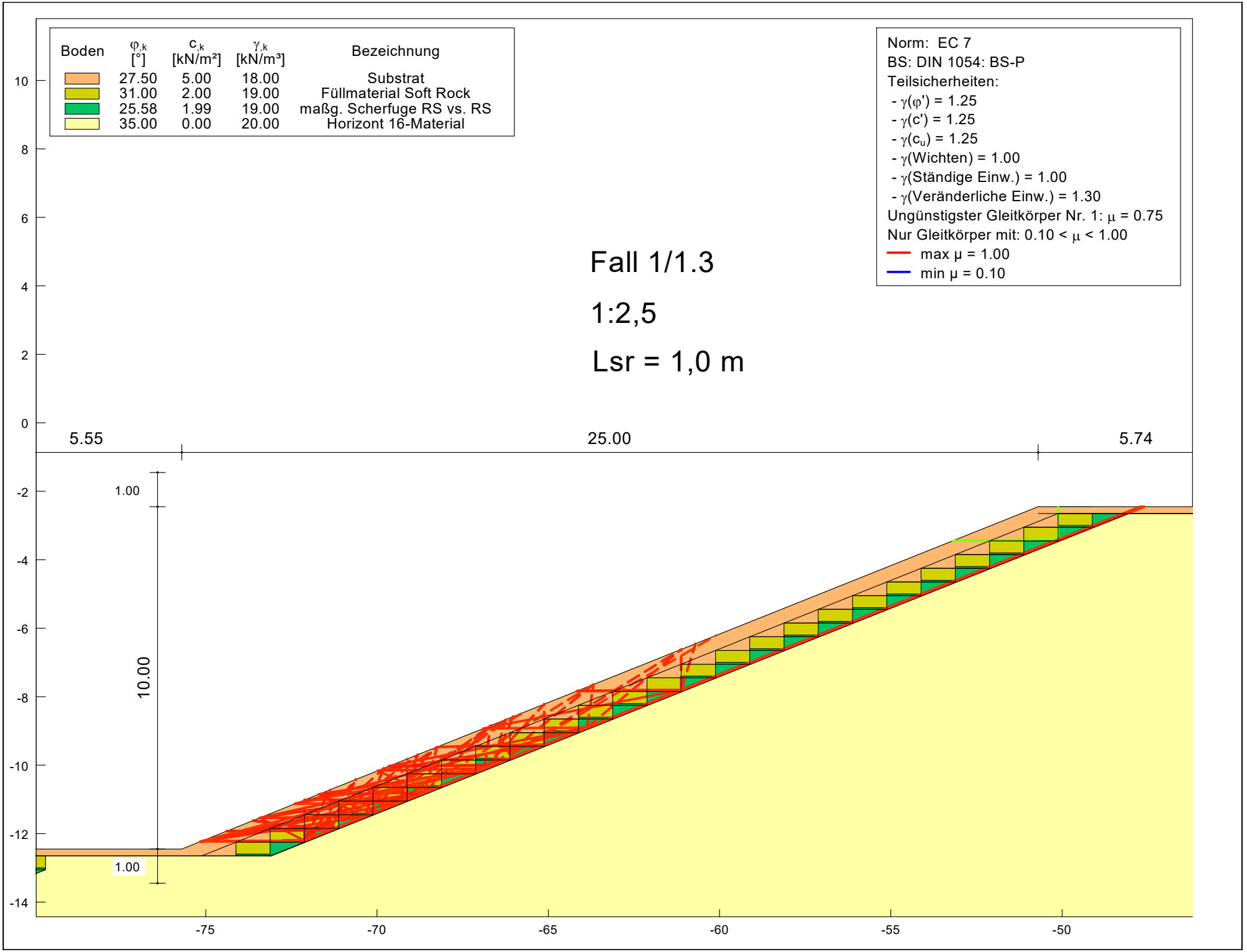
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.25
- $\gamma(c')$ = 1.25
- $\gamma(c_u)$ = 1.25
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 1: μ = 0.75
Nur Gleitkörper mit: 0.10 < μ < 1.00
max μ = 1.00
min μ = 0.10

Fall 1/1.3

1:2,5

Lsr = 1,0 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls

Revision: 01

Kontrolliert: J. Pries

Datum: 13.02.2026

Maßstab

Anlage: 1.1.3.2

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

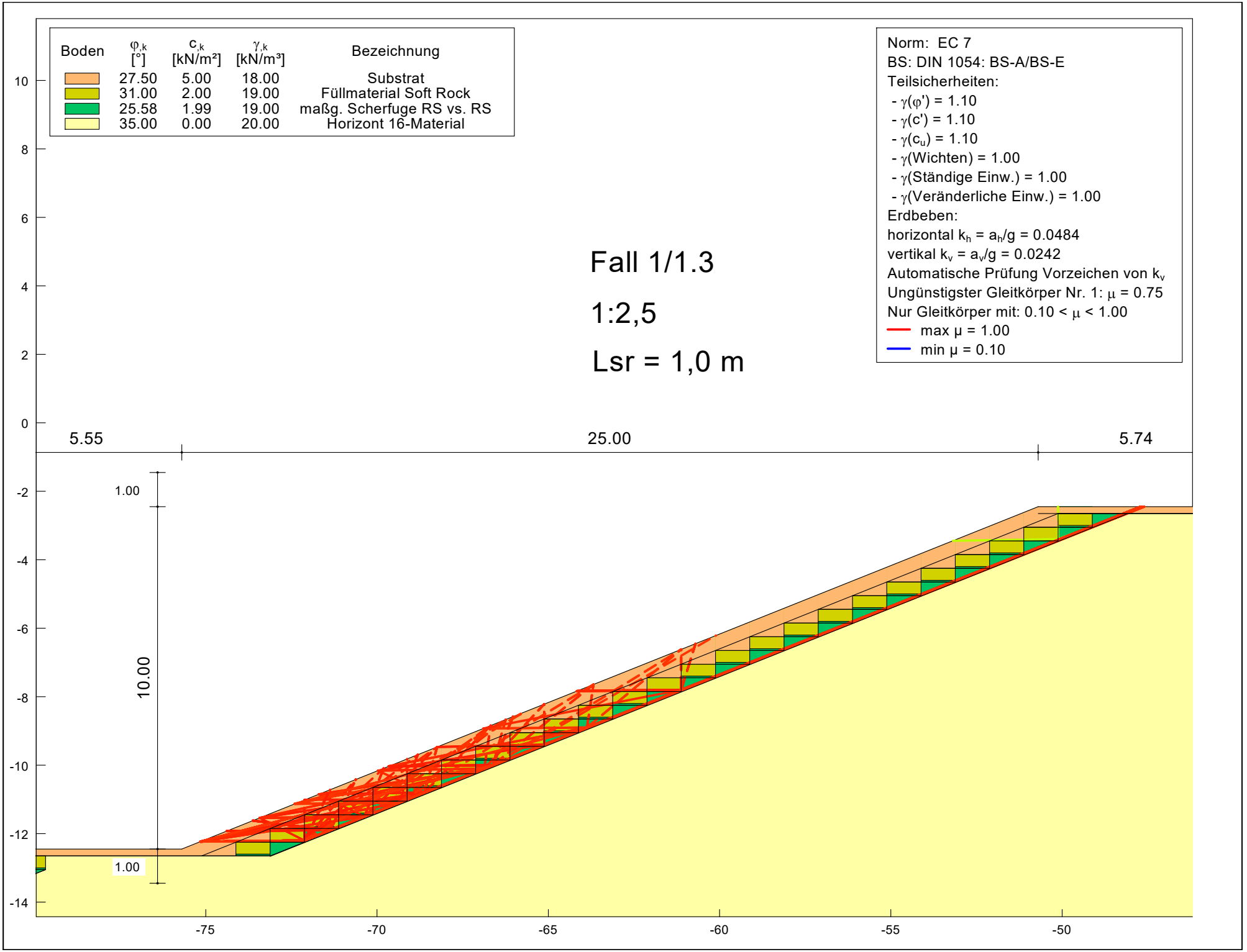
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.10
- $\gamma(c')$ = 1.10
- $\gamma(c_u)$ = 1.10
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g$ = 0.0484
vertikal $k_v = a_v/g$ = 0.0242
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 1: μ = 0.75
Nur Gleitkörper mit: 0.10 < μ < 1.00
max μ = 1.00
min μ = 0.10

Fall 1/1.3

1:2,5

Lsr = 1,0 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Maßstab

Anlage: 1.2.1.1

Erstellt: W. Pauls

Revision: 01

Kontrolliert: J. Pries

Datum: 13.02.2026

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

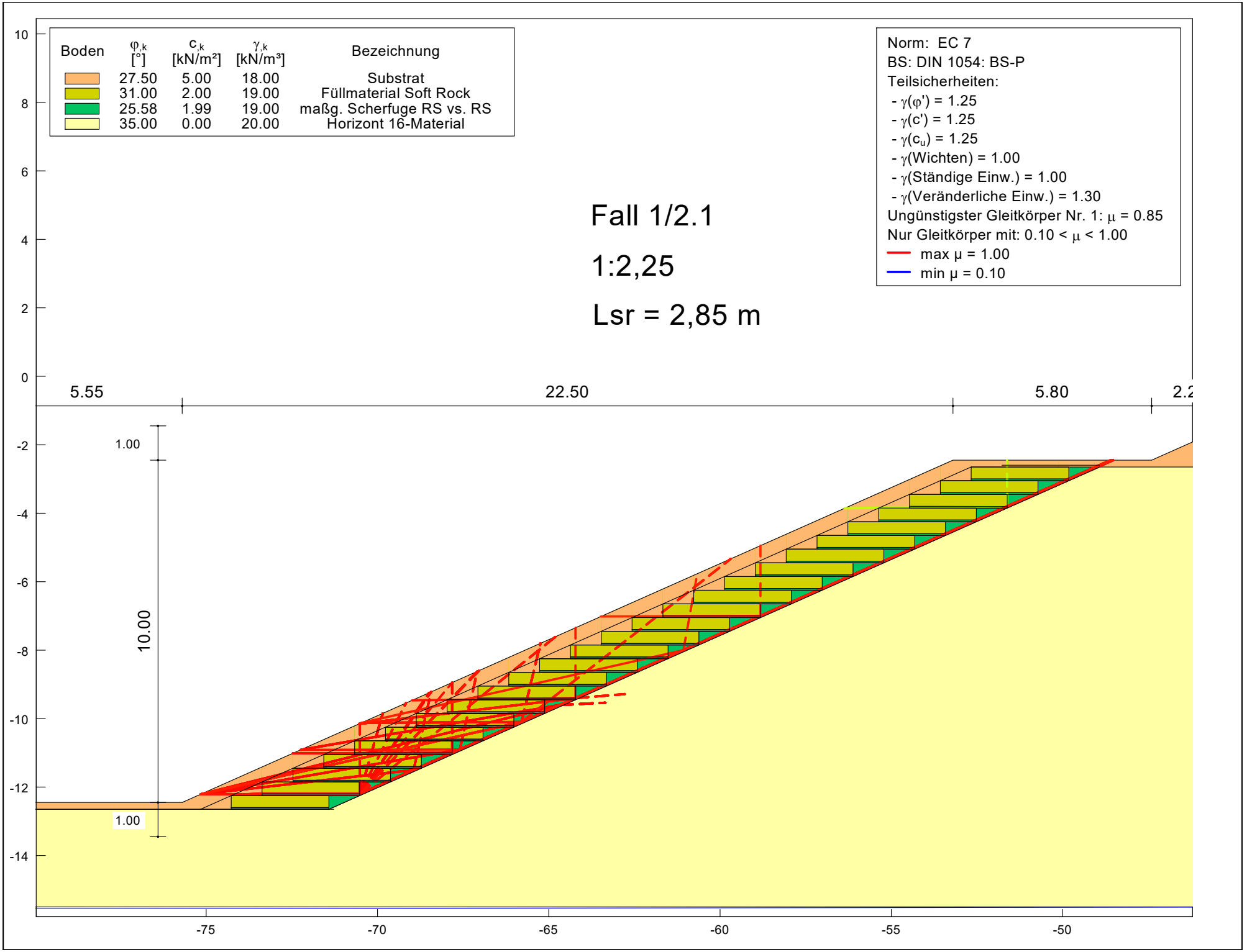
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 1: $\mu = 0.85$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.00$
max $\mu = 1.00$
min $\mu = 0.10$

Fall 1/2.1

1:2,25

Lsr = 2,85 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls

Revision: 01

Kontrolliert: J. Pries

Datum: 13.02.2026

Maßstab

Anlage: 1.2.1.2

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

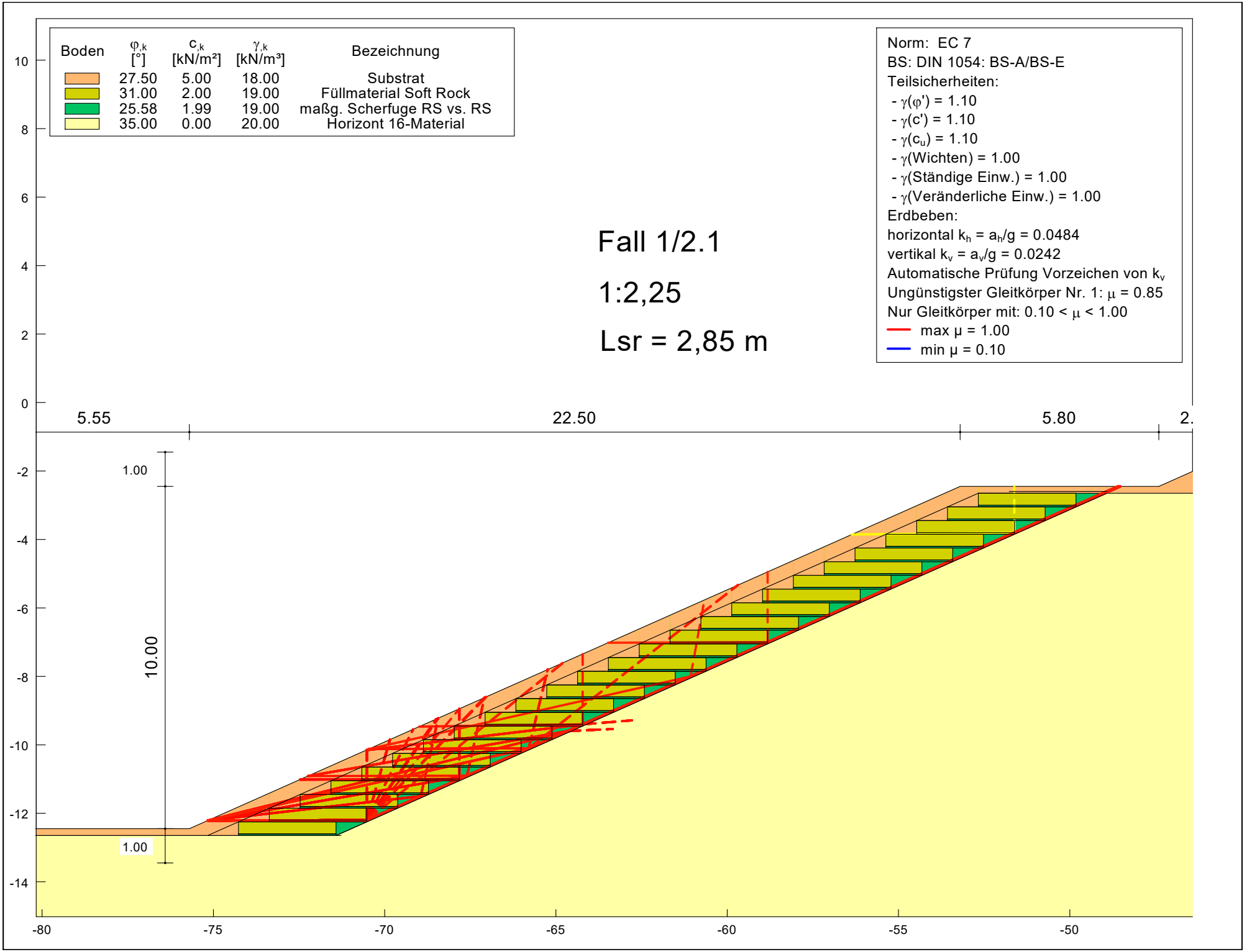
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0242$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 1: $\mu = 0.85$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.00$
max $\mu = 1.00$
min $\mu = 0.10$

Fall 1/2.1

1:2,25

Lsr = 2,85 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Maßstab

Revision: 01

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.02.2026

Kontrolliert: J. Pries

Anlage: 1.2.2.1

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

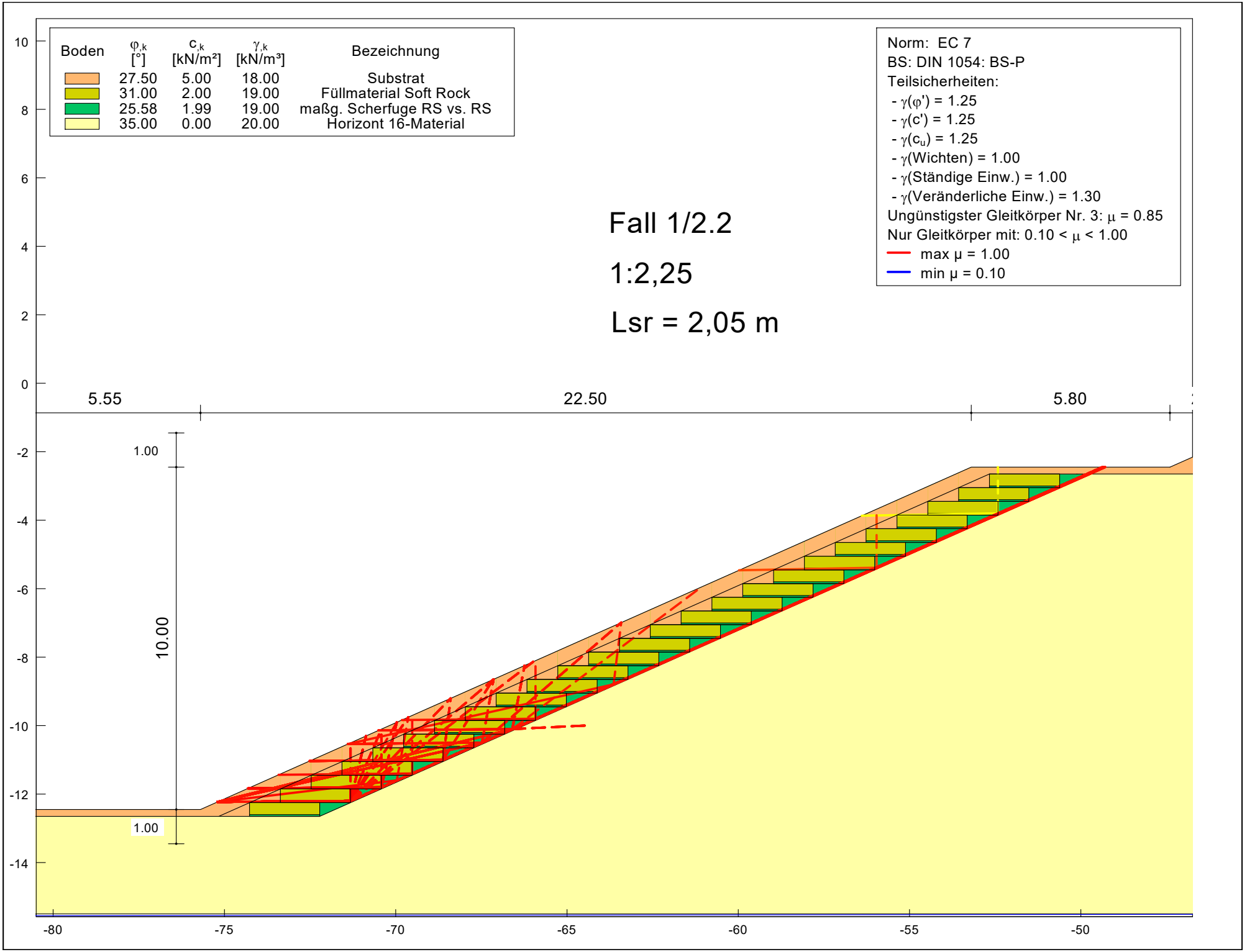
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 3: $\mu = 0.85$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.00$
max $\mu = 1.00$
min $\mu = 0.10$

Fall 1/2.2

1:2,25

Lsr = 2,05 m



Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

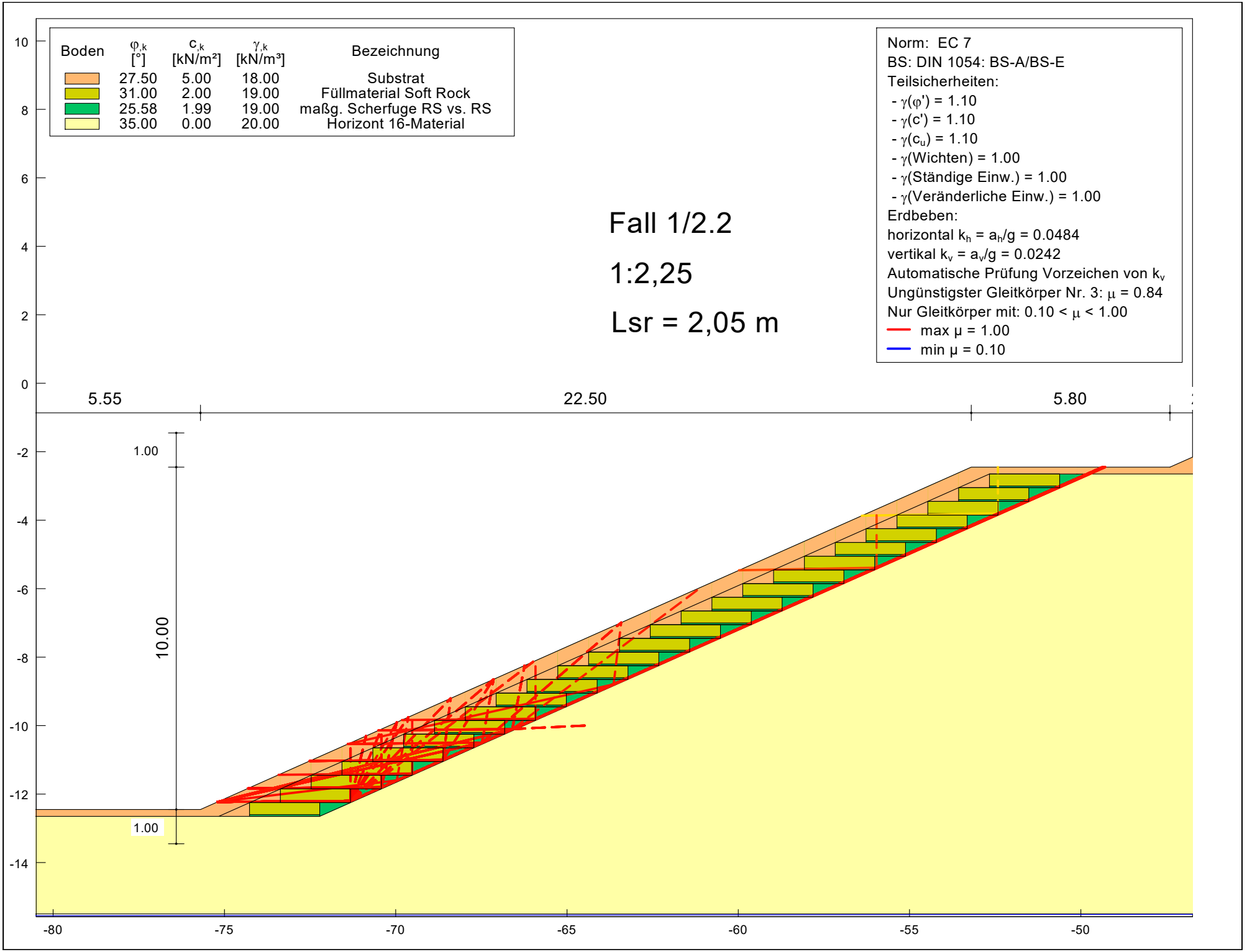
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0242$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 3: $\mu = 0.84$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.00$
max μ = 1.00
min μ = 0.10

Fall 1/2.2

1:2,25

Lsr = 2,05 m



Erstellt: W. Pauls
Kontrolliert: J. Pries
Revision: 01
Datum: 13.02.2026
Maßstab
Anlage: 1.2.2.2

Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Maßstab

Revision: 01

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.02.2026

Kontrolliert: J. Pries

Anlage: 1.2.3.1

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

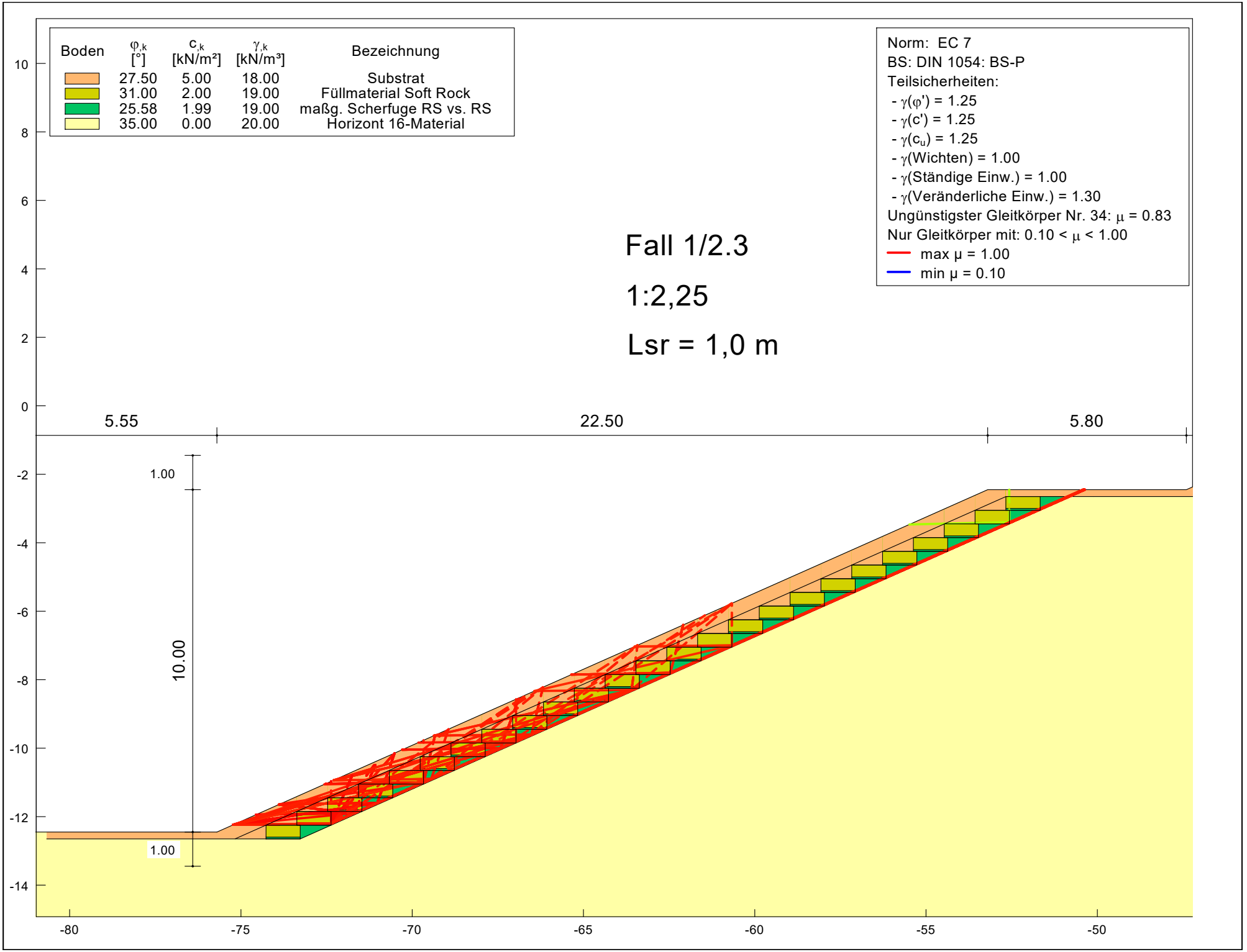
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 34: $\mu = 0.83$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.00$
max $\mu = 1.00$
min $\mu = 0.10$

Fall 1/2.3

1:2,25

Lsr = 1,0 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Maßstab

Revision: 01

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.02.2026

Kontrolliert: J. Pries

Anlage: 1.2.3.2

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

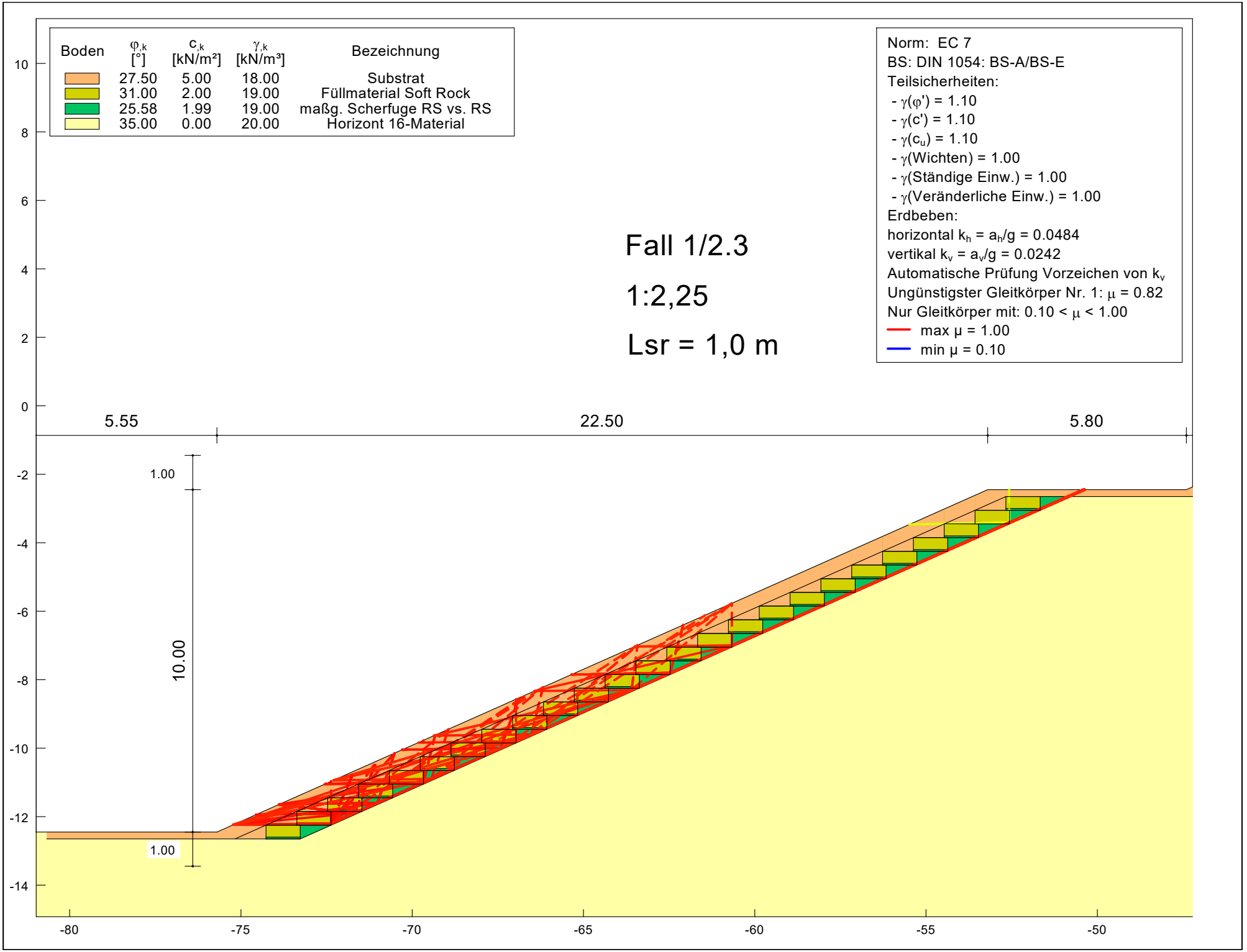
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.10
- $\gamma(c')$ = 1.10
- $\gamma(c_u)$ = 1.10
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g$ = 0.0484
vertikal $k_v = a_v/g$ = 0.0242
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 1: μ = 0.82
Nur Gleitkörper mit: 0.10 < μ < 1.00
max μ = 1.00
min μ = 0.10

Fall 1/2.3

1:2,25

Lsr = 1,0 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Maßstab

Erstellt: W. Pauls

Revision: 01

Kontrolliert: J. Pries

Datum: 13.02.2026

Anlage: 1.3.1.1

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

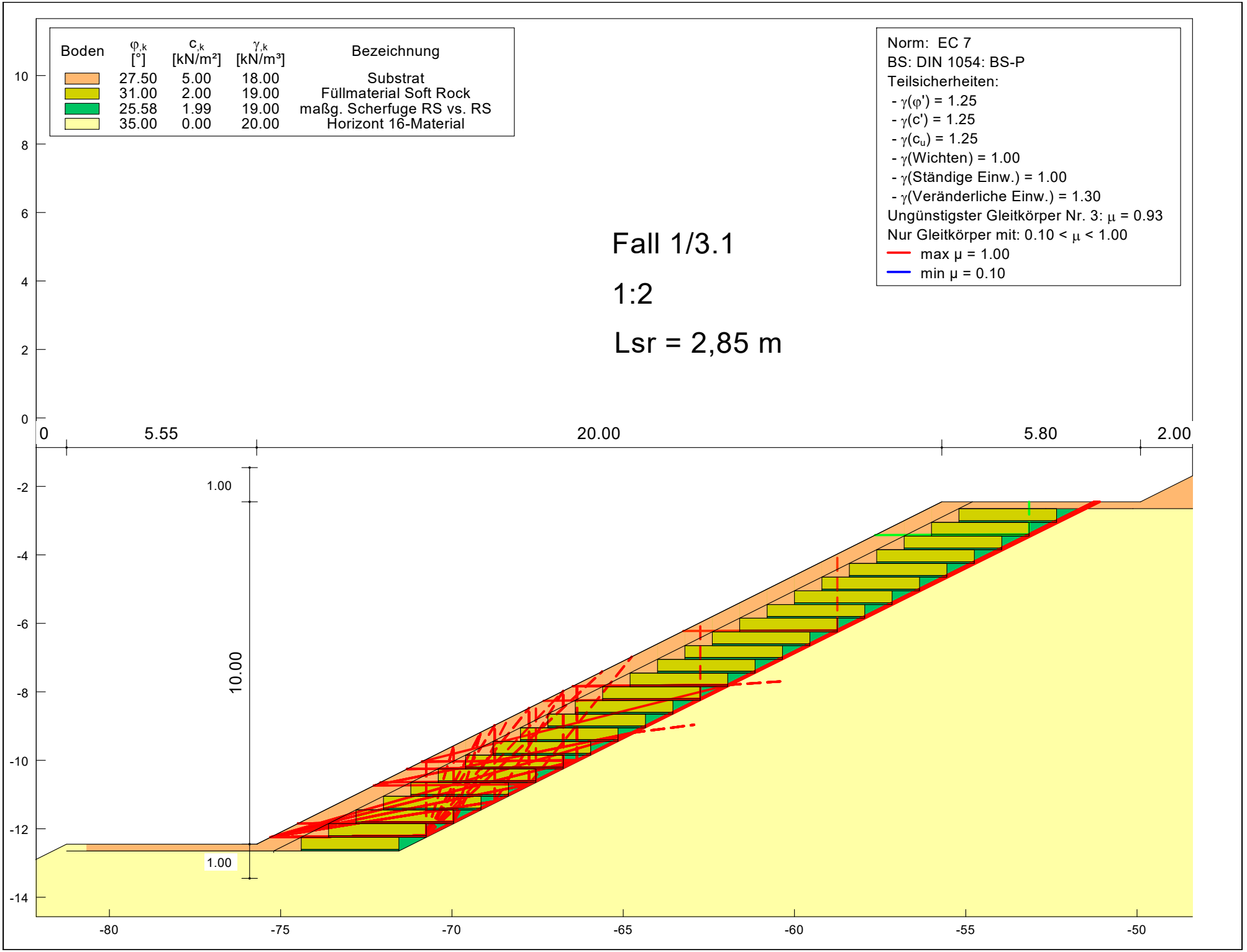
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 3: $\mu = 0.93$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.00$
max $\mu = 1.00$
min $\mu = 0.10$

Fall 1/3.1

1:2

Lsr = 2,85 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls

Kontrolliert: J. Pries

Revision: 01

Datum: 13.02.2026

Maßstab

Anlage: 1.3.1.2

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

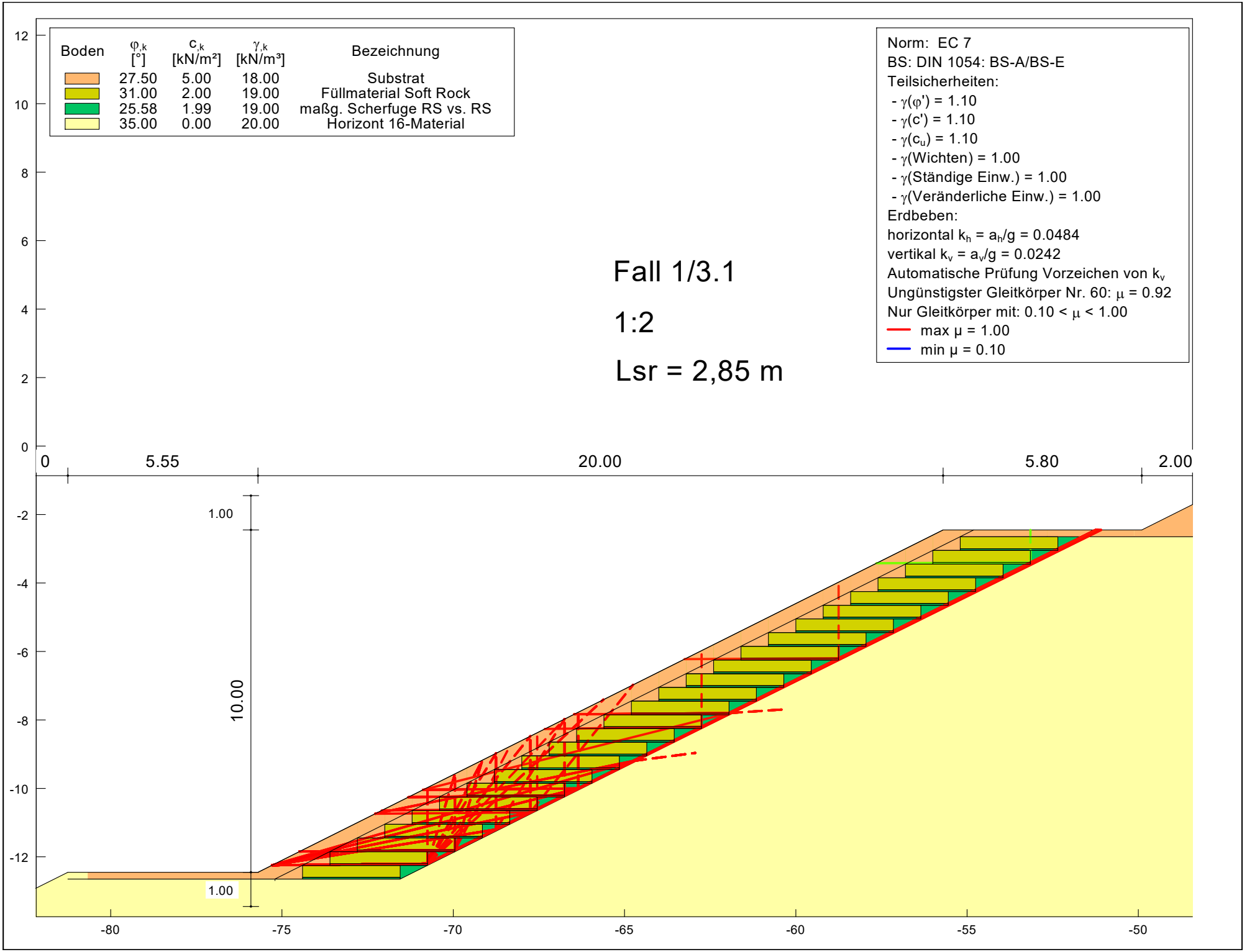
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0242$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 60: $\mu = 0.92$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.00$
max μ = 1.00
min μ = 0.10

Fall 1/3.1

1:2

Lsr = 2,85 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

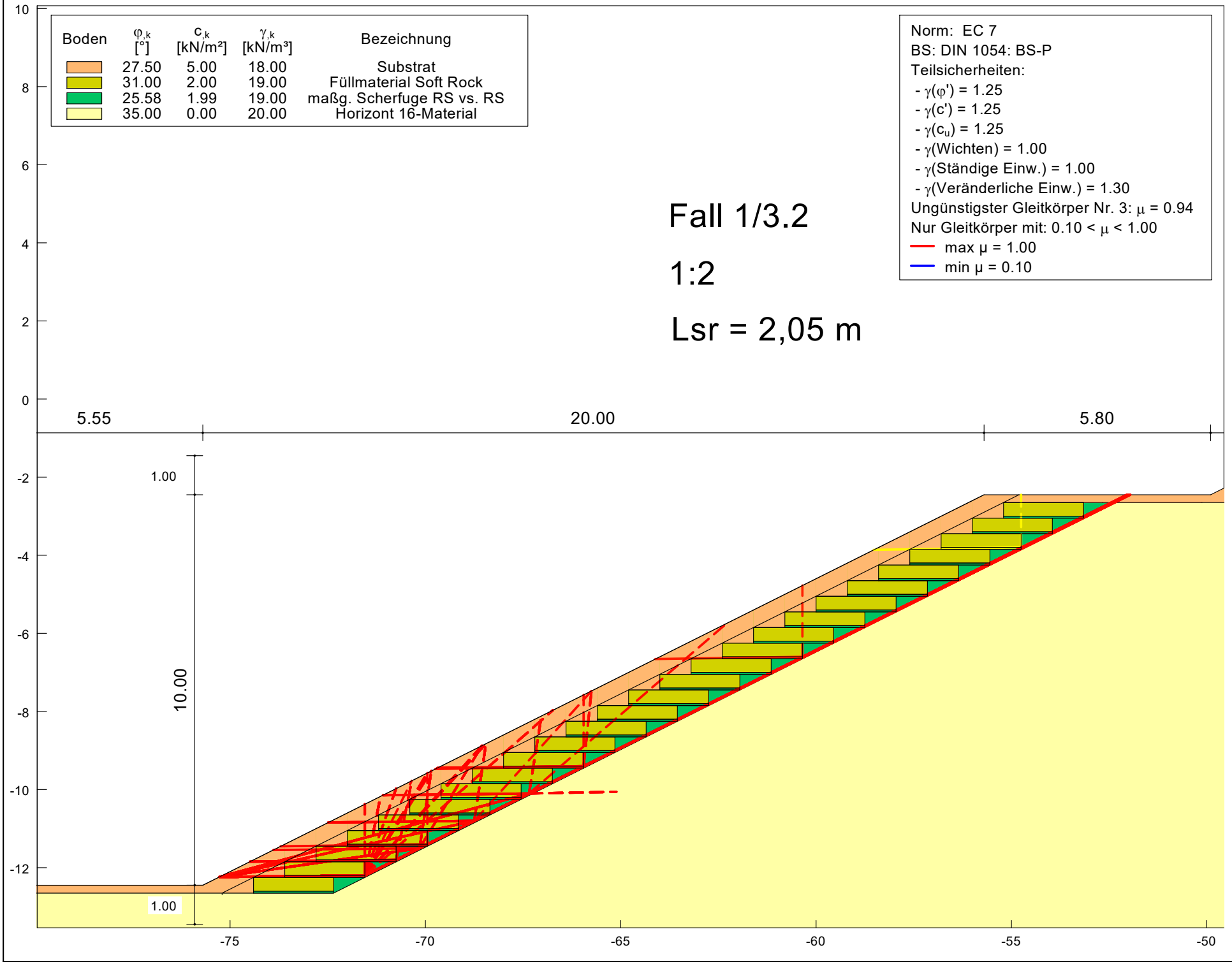
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 3: $\mu = 0.94$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.00$
max $\mu = 1.00$
min $\mu = 0.10$

Fall 1/3.2

1:2

Lsr = 2,05 m



Maßstab

Revision: 01

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.02.2026

Kontrolliert: J. Pries

Anlage: 1.3.2.1

Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Maßstab

Erstellt: W. Pauls

Revision: 01

Kontrolliert: J. Pries

Datum: 13.02.2026

Anlage: 1.3.2.2

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

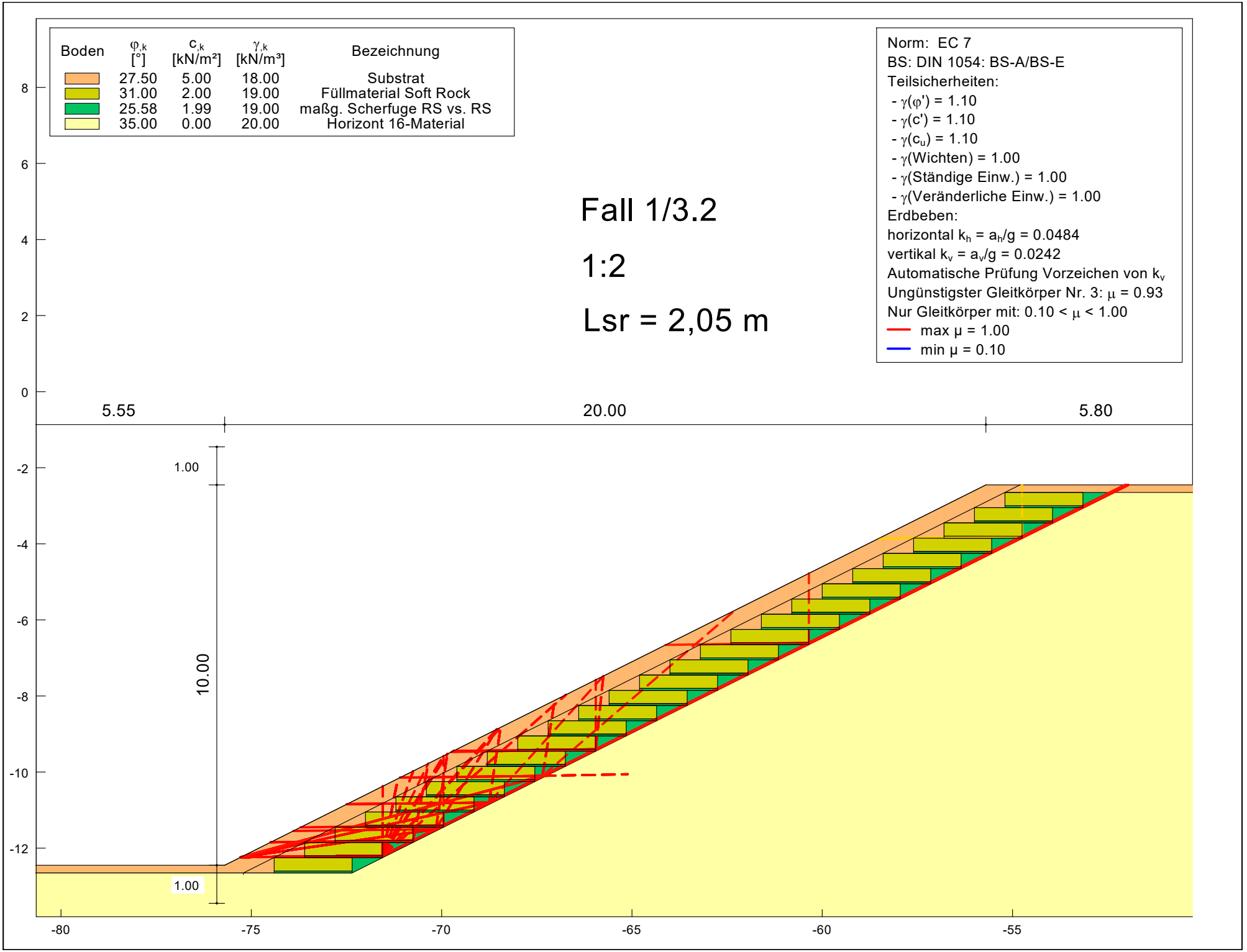
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0242$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 3: $\mu = 0.93$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.00$
max $\mu = 1.00$
min $\mu = 0.10$

Fall 1/3.2

1:2

Lsr = 2,05 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Anlage: 1.3.3.1

Maßstab

Revision: 01

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.02.2026

Kontrolliert: J. Pries

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

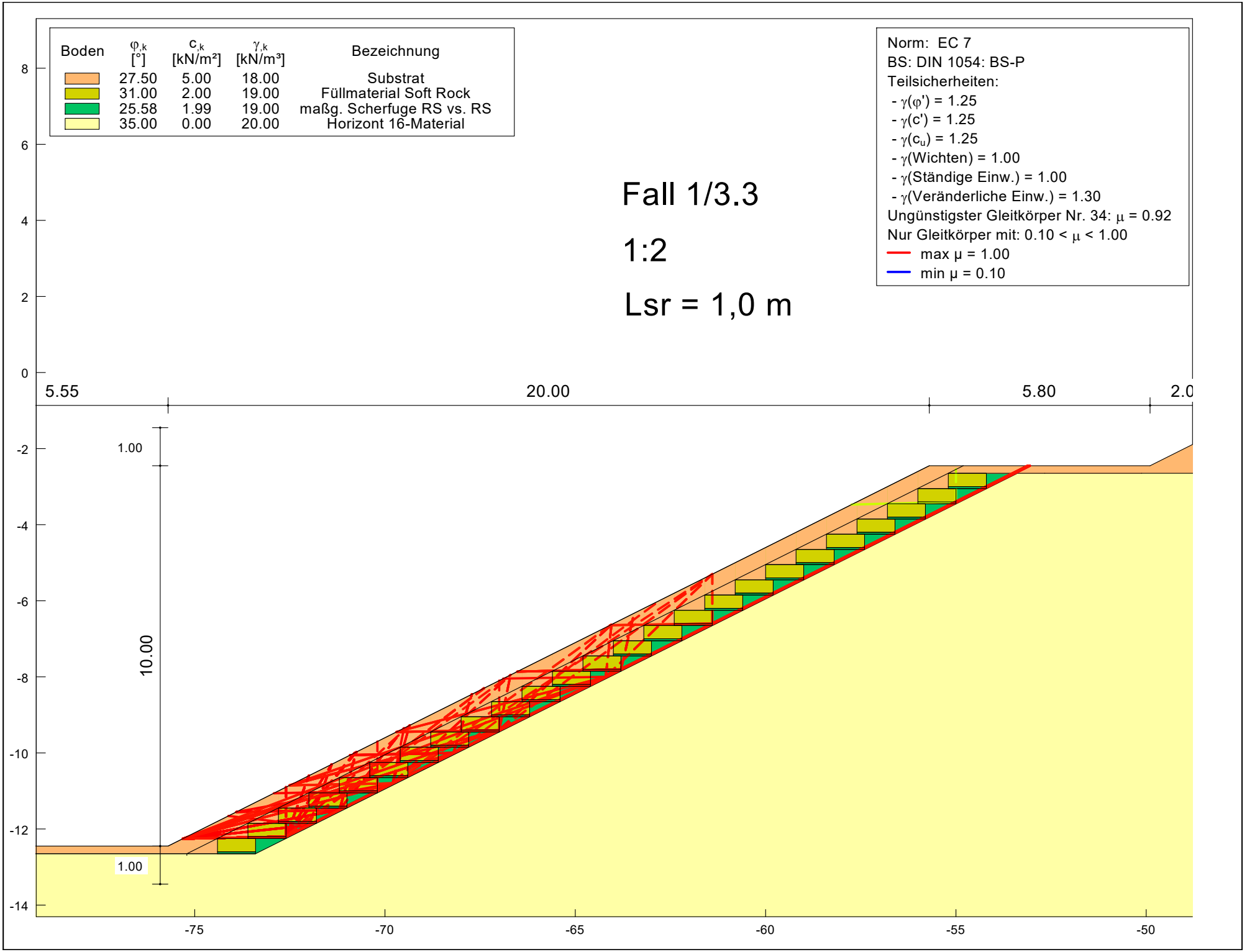
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 34: $\mu = 0.92$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.00$
max $\mu = 1.00$
min $\mu = 0.10$

Fall 1/3.3

1:2

Lsr = 1,0 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

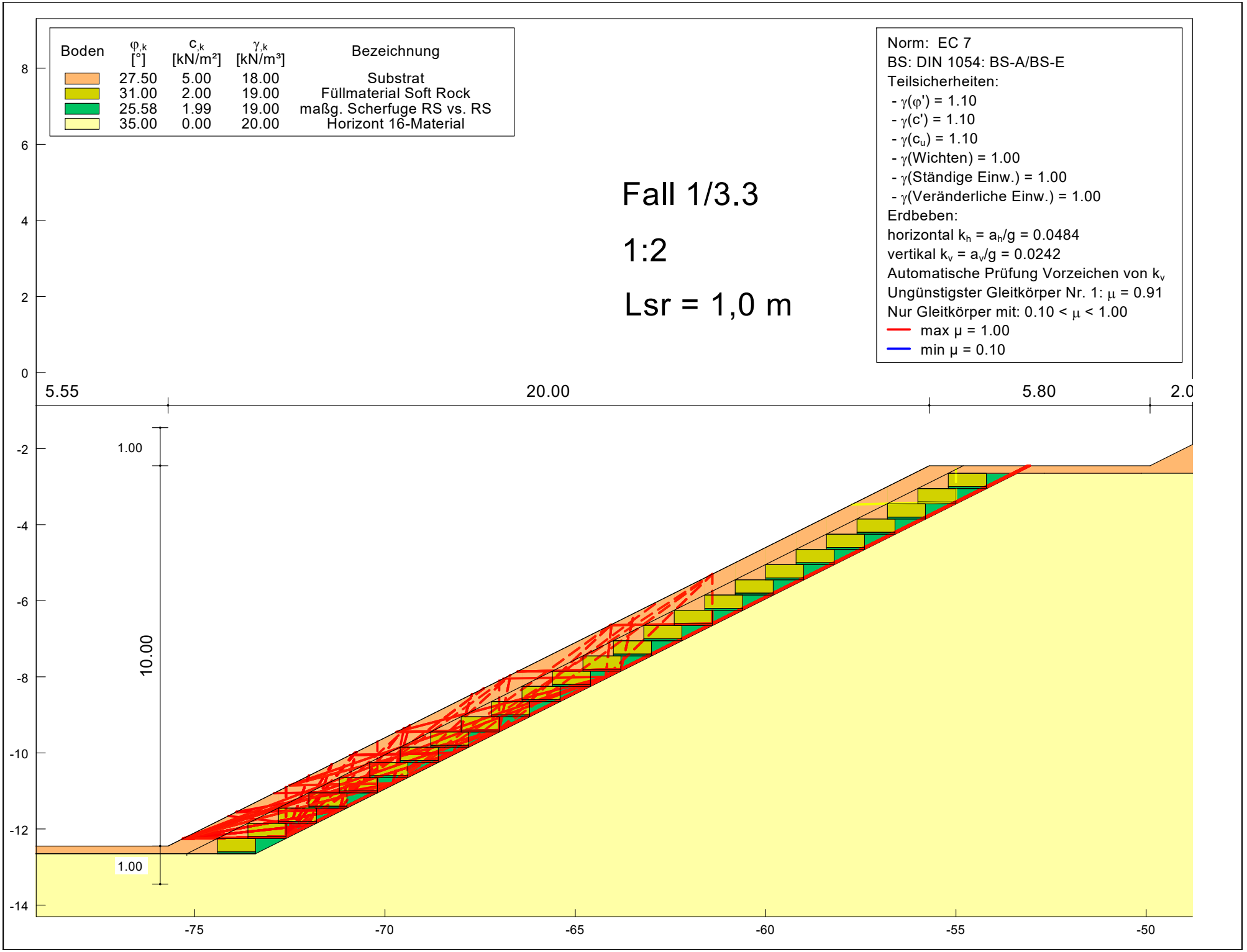
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.10
- $\gamma(c')$ = 1.10
- $\gamma(c_u)$ = 1.10
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g$ = 0.0484
vertikal $k_v = a_v/g$ = 0.0242
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 1: μ = 0.91
Nur Gleitkörper mit: 0.10 < μ < 1.00
max μ = 1.00
min μ = 0.10

Fall 1/3.3

1:2

Lsr = 1,0 m



Maßstab

Revision: 01

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.02.2026

Kontrolliert: J. Pries

Anlage: 1.3.3.2

Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E mit Wasserlinie bei 0,5 der Böschungshöhe

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Ersteller: W. Pauls
Revision: 01
Kontrolleur: J. Pries
Datum: 18.02.2026
Maßstab
Anlage: 1.3.1.2_W

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

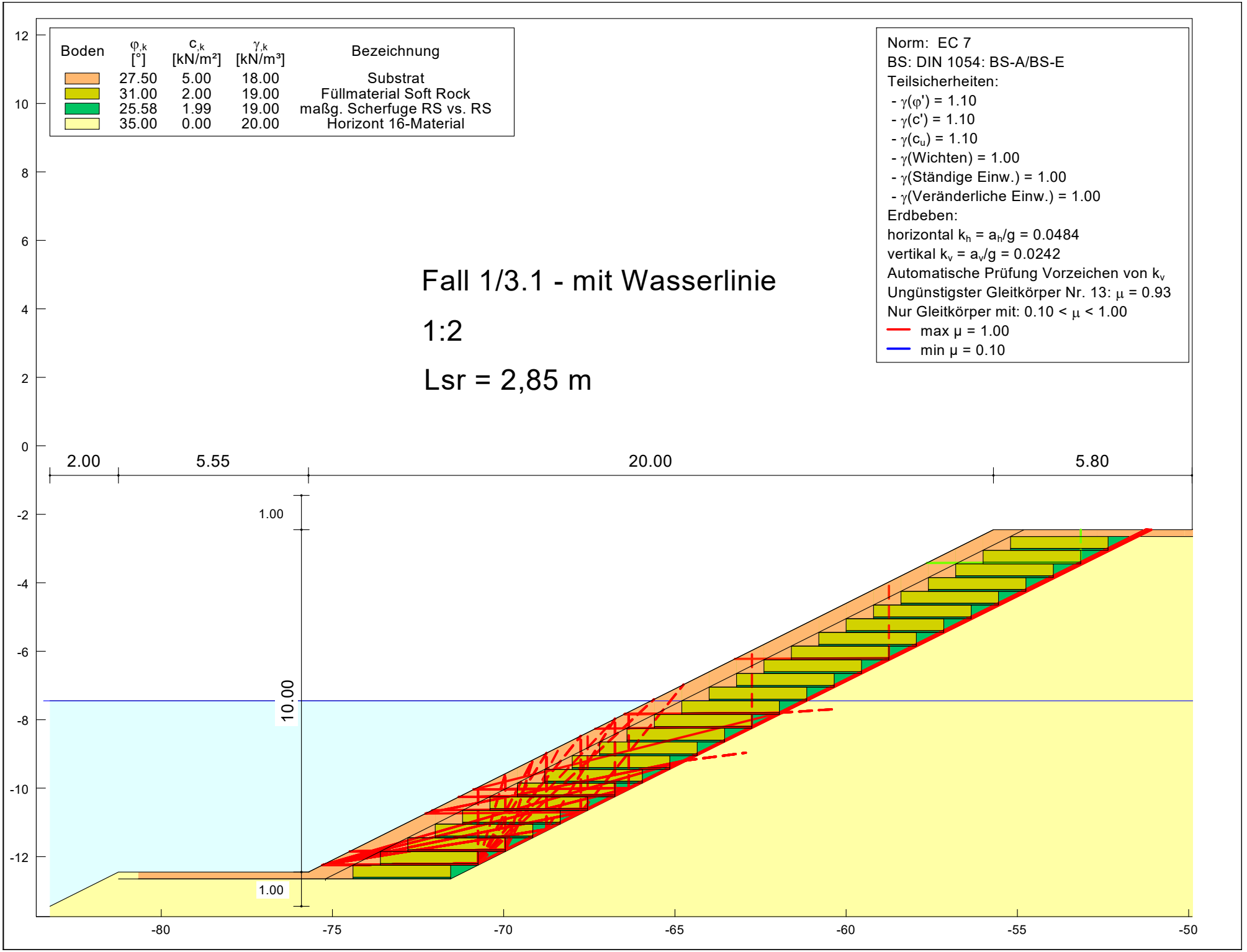
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0242$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 13: $\mu = 0.93$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.00$
max $\mu = 1.00$
min $\mu = 0.10$

Fall 1/3.1 - mit Wasserlinie

1:2

Lsr = 2,85 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Maßstab

Revision: 01

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.02.2026

Kontrolliert: J. Pries

Anlage: 2.1.1.1

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

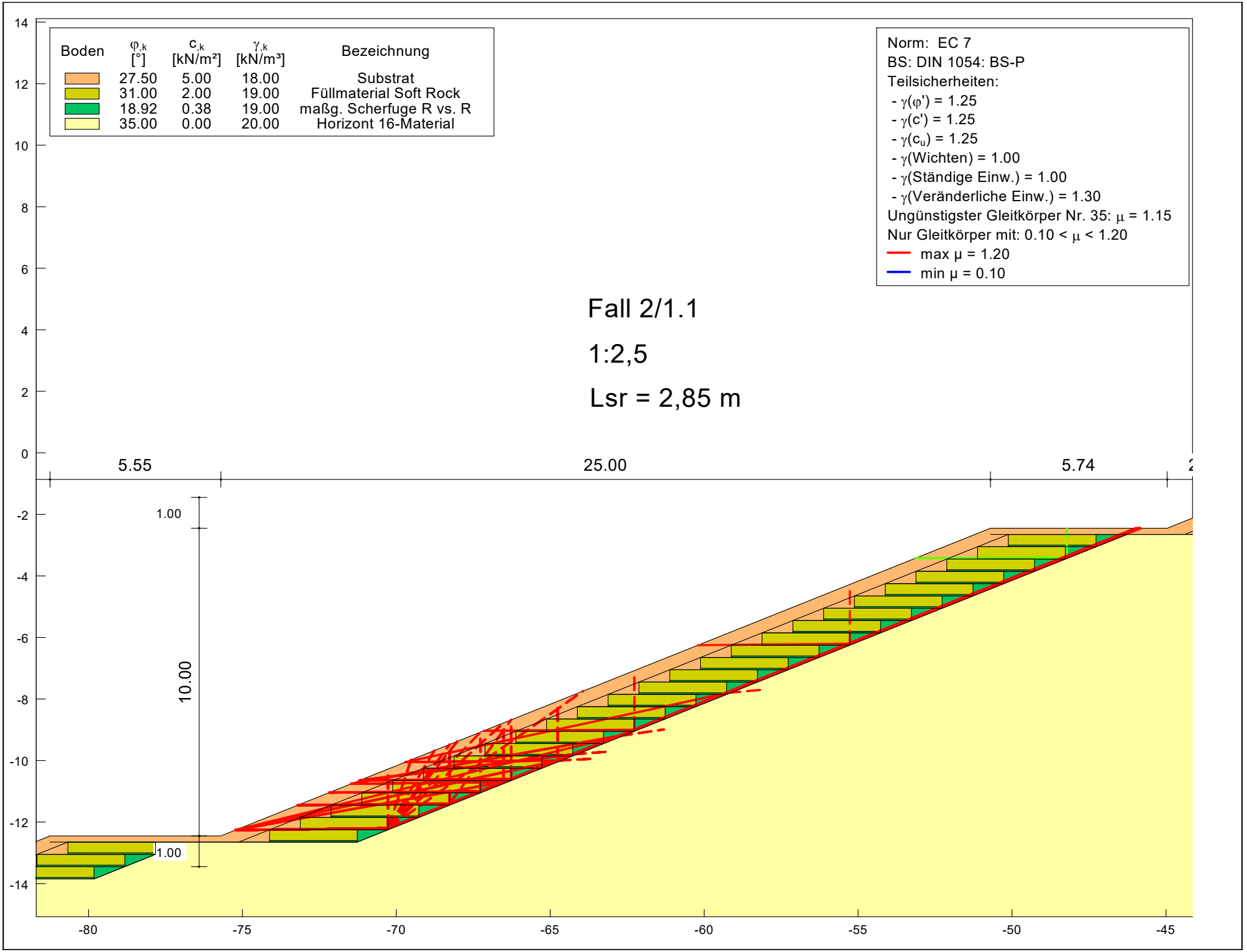
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 35: $\mu = 1.15$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.20$
max $\mu = 1.20$
min $\mu = 0.10$

Fall 2/1.1

1:2,5

Lsr = 2,85 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls

Kontrolliert: J. Pries

Revision: 01

Datum: 13.02.2026

Maßstab

Anlage: 2.1.1.2

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

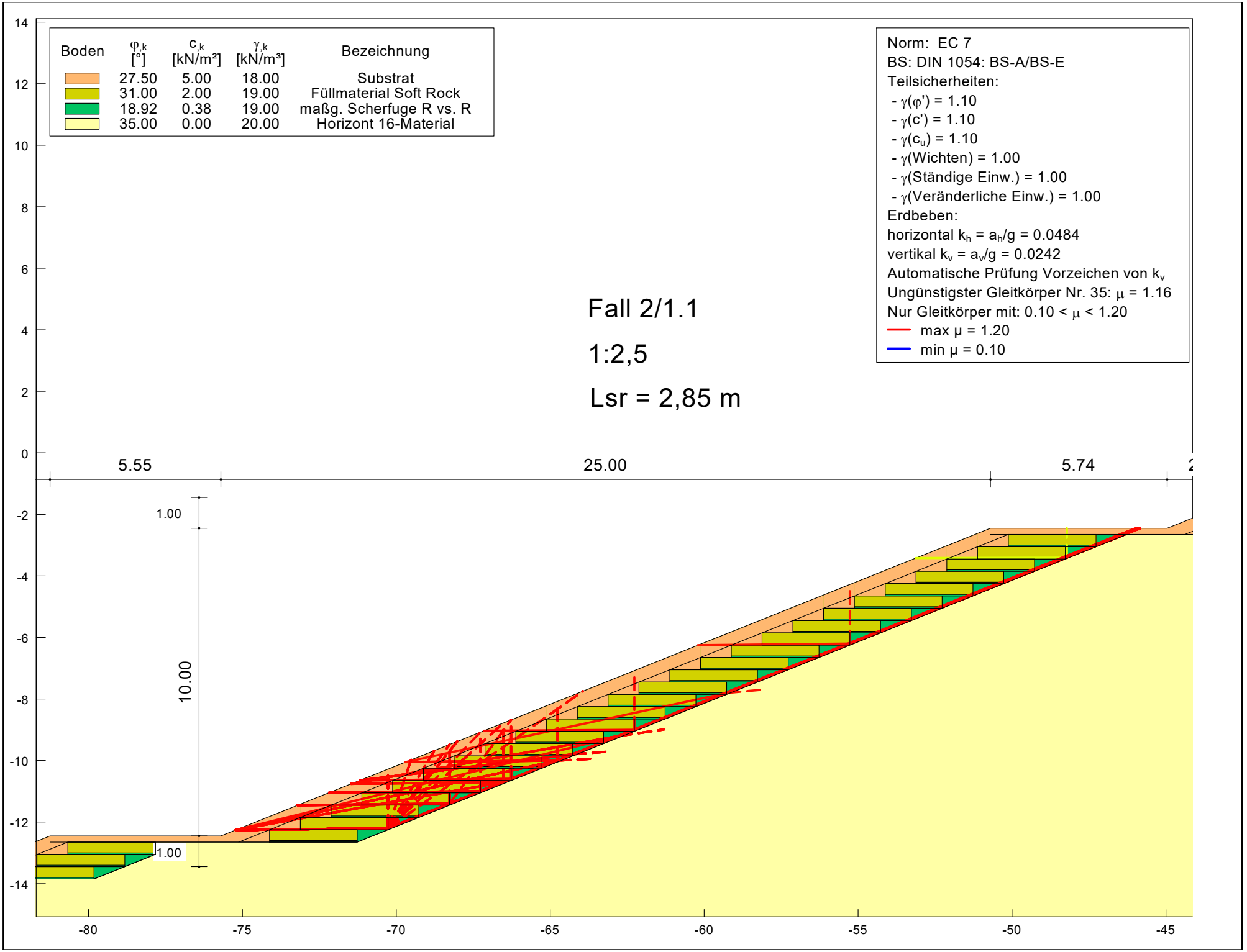
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0242$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 35: $\mu = 1.16$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.20$
max $\mu = 1.20$
min $\mu = 0.10$

Fall 2/1.1

1:2,5

Lsr = 2,85 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Maßstab

Revision: 01

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.02.2026

Kontrolliert: J. Pries

Anlage: 2.1.2.1

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

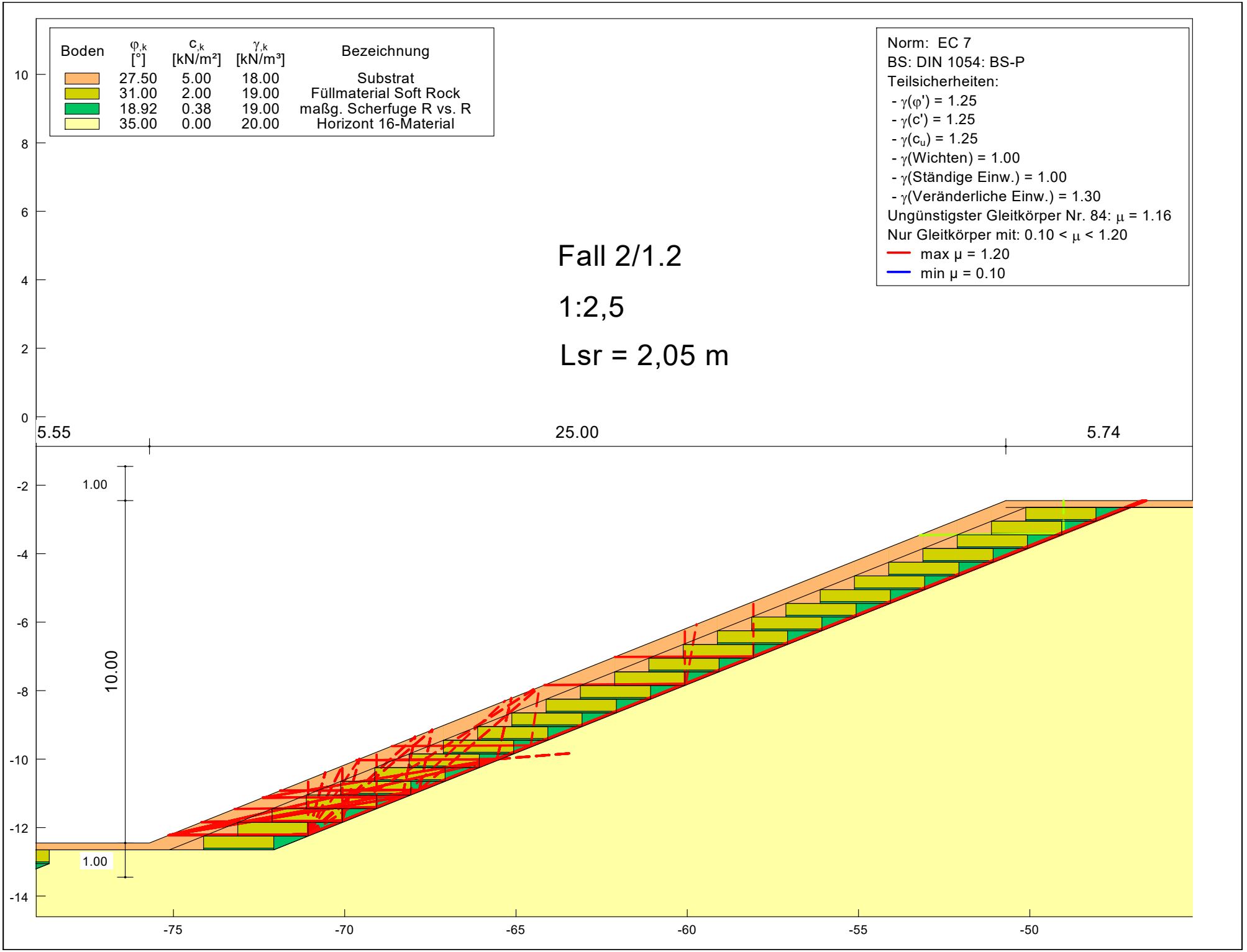
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 84: $\mu = 1.16$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.20$
max $\mu = 1.20$
min $\mu = 0.10$

Fall 2/1.2

1:2,5

Lsr = 2,05 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls

Kontrolliert: J. Pries

Datum: 13.02.2026

Revision: 01

Maßstab

Anlage: 2.1.2.2

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

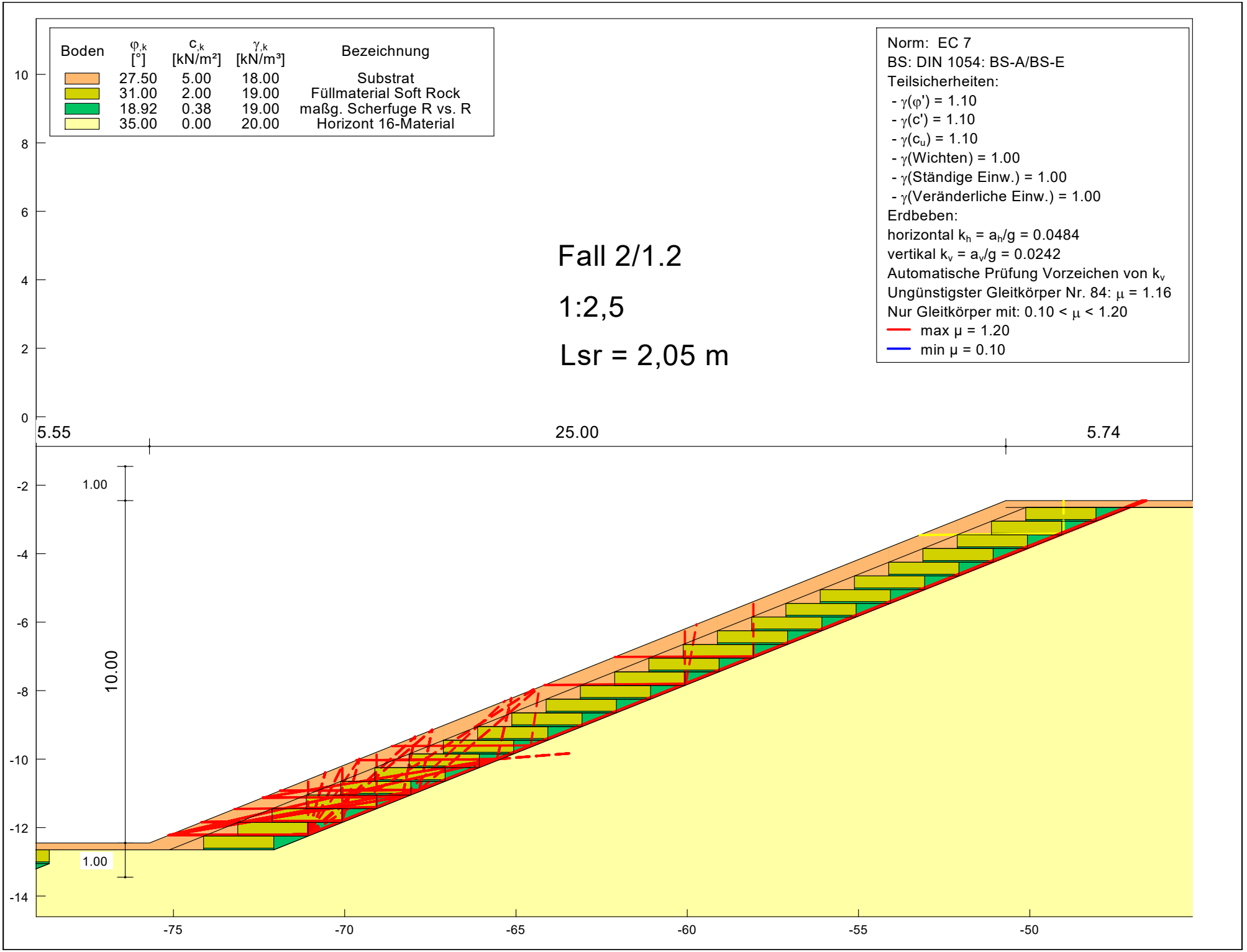
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0242$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 84: $\mu = 1.16$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.20$
max $\mu = 1.20$
min $\mu = 0.10$

Fall 2/1.2

1:2,5

Lsr = 2,05 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

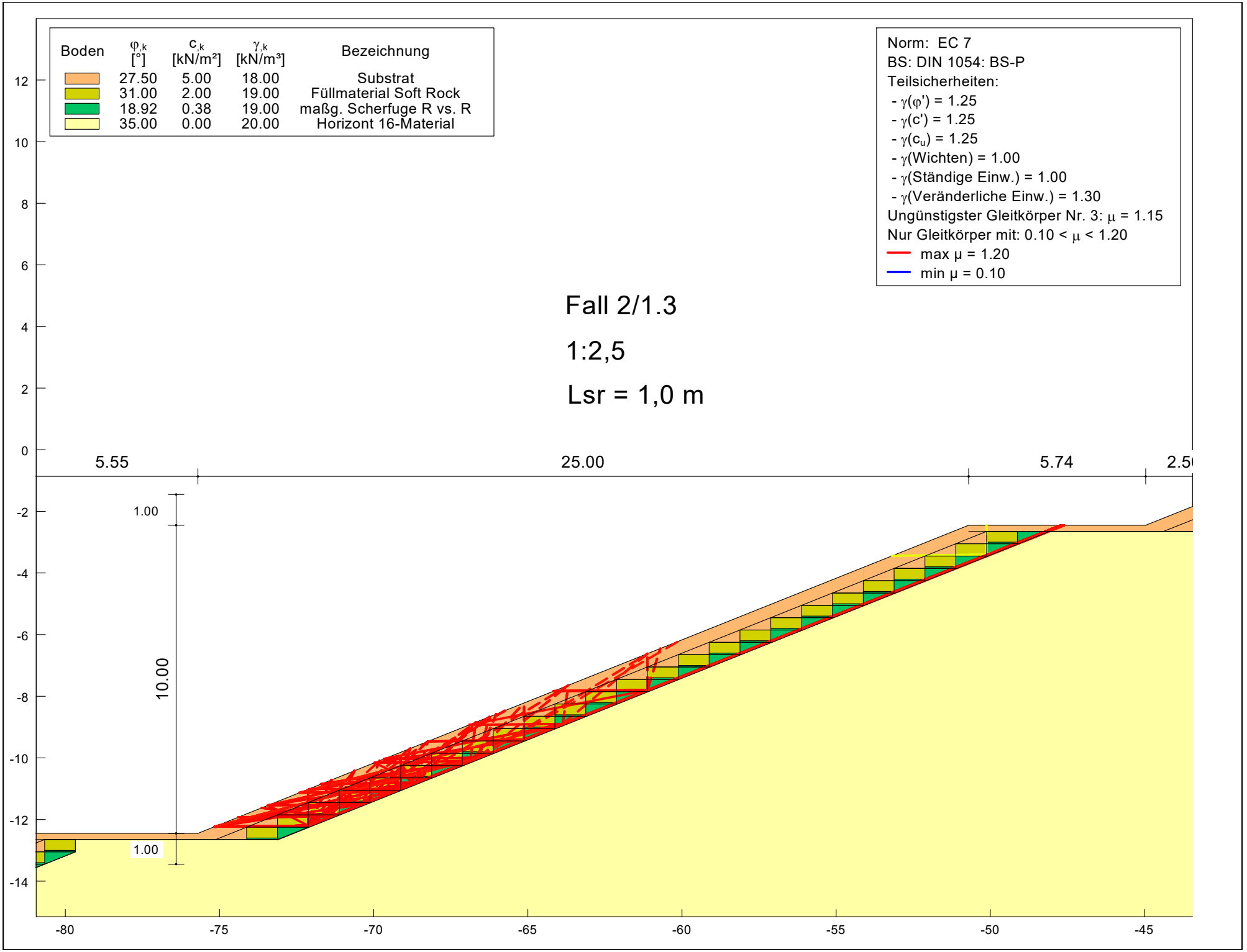
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.25
- $\gamma(c')$ = 1.25
- $\gamma(c_u)$ = 1.25
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 3: μ = 1.15
Nur Gleitkörper mit: 0.10 < μ < 1.20
max μ = 1.20
min μ = 0.10

Fall 2/1.3

1:2,5

Lsr = 1,0 m



Maßstab

Erstellt: W. Pauls
Revision: 01
Kontrolliert: J. Pries
Datum: 13.02.2026

Anlage: 2.1.3.1

Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

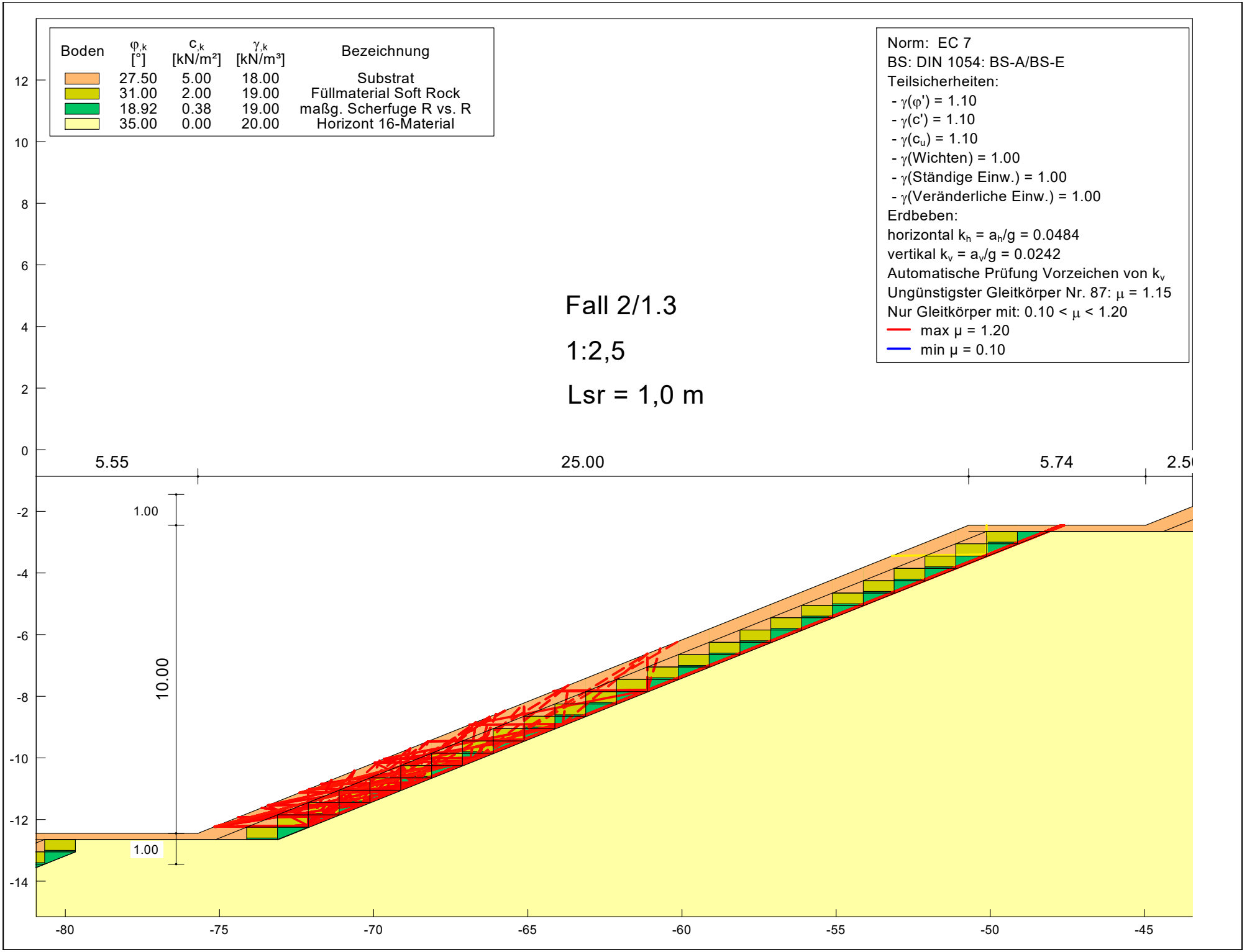
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0242$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 87: $\mu = 1.15$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.20$
max $\mu = 1.20$
min $\mu = 0.10$

Fall 2/1.3

1:2,5

Lsr = 1,0 m



Maßstab

Ersteller: W. Pauls

Revision: 01

Kontrolliert: J. Pries

Datum: 13.02.2026

Anlage: 2.1.3.2

Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Maßstab

Revision: 01

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.02.2026

Kontrolliert: J. Pries

Anlage: 2.2.1.1

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

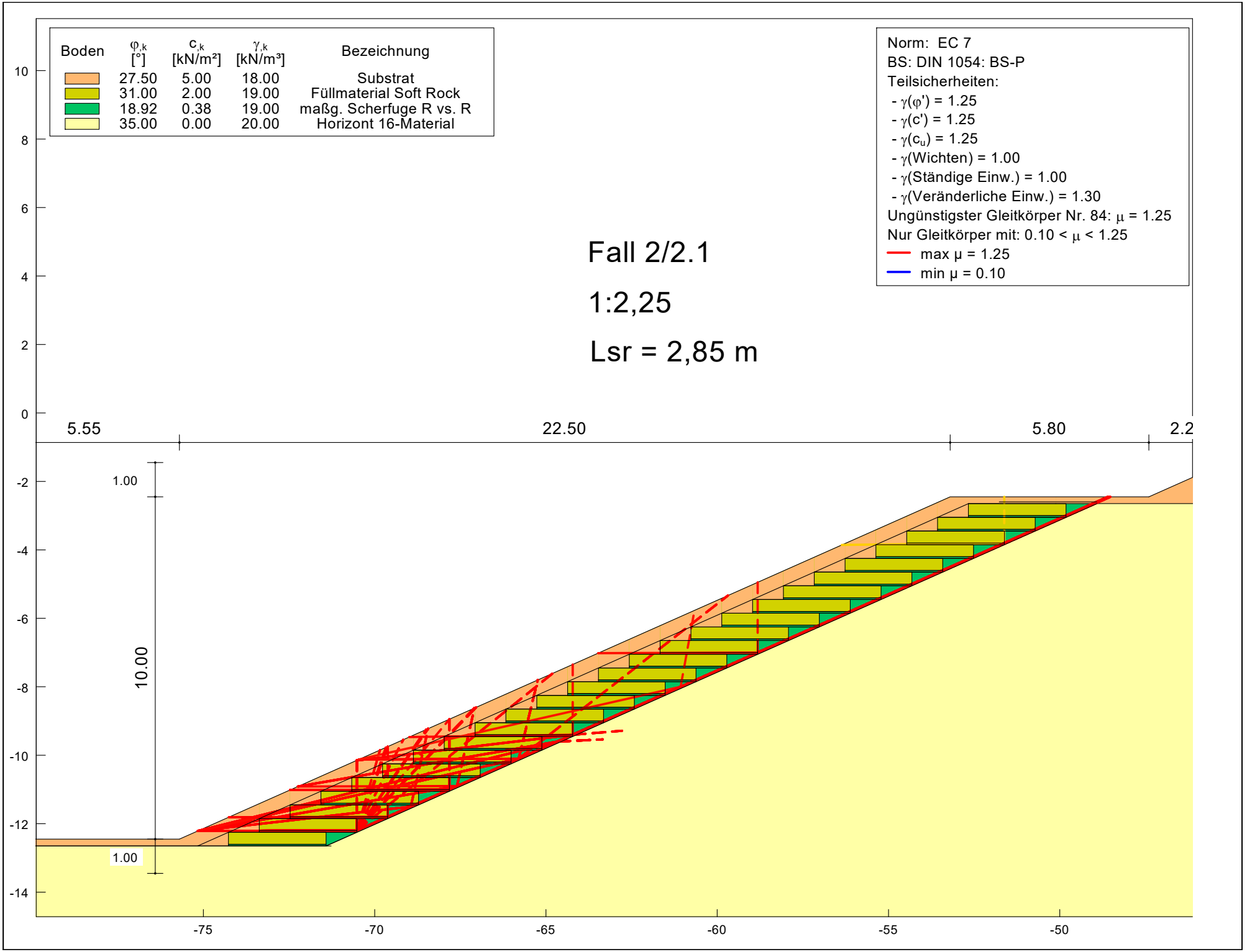
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 84: $\mu = 1.25$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.25$
max $\mu = 1.25$
min $\mu = 0.10$

Fall 2/2.1

1:2,25

Lsr = 2,85 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls

Revision: 01

Kontrolliert: J. Pries

Datum: 13.02.2026

Maßstab

Anlage: 2.2.1.2

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

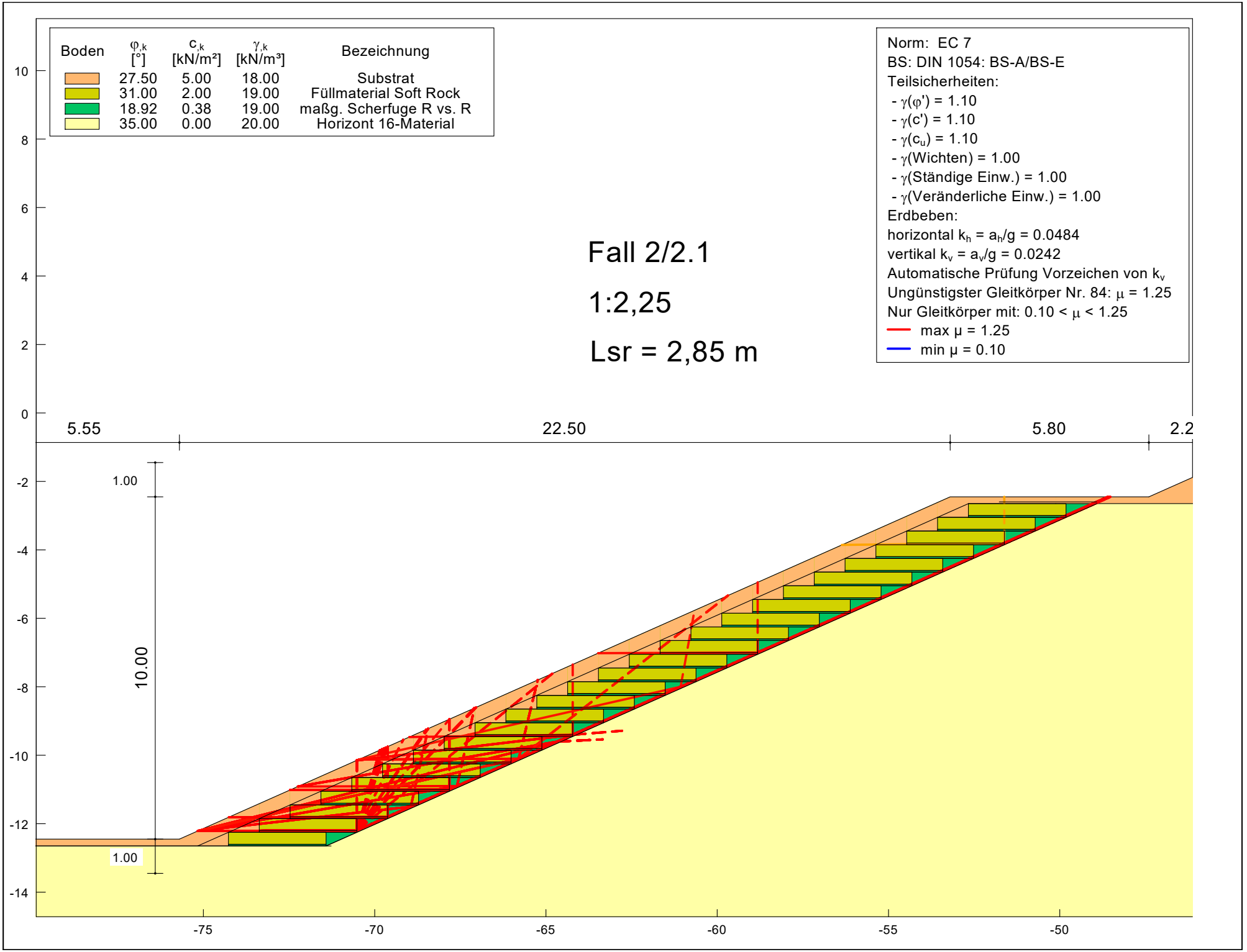
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0242$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 84: $\mu = 1.25$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.25$
max $\mu = 1.25$
min $\mu = 0.10$

Fall 2/2.1

1:2,25

Lsr = 2,85 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls
Revision: 01
Kontrolliert: J. Pries
Datum: 13.02.2026
Maßstab
Anlage: 2.2.2.1

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

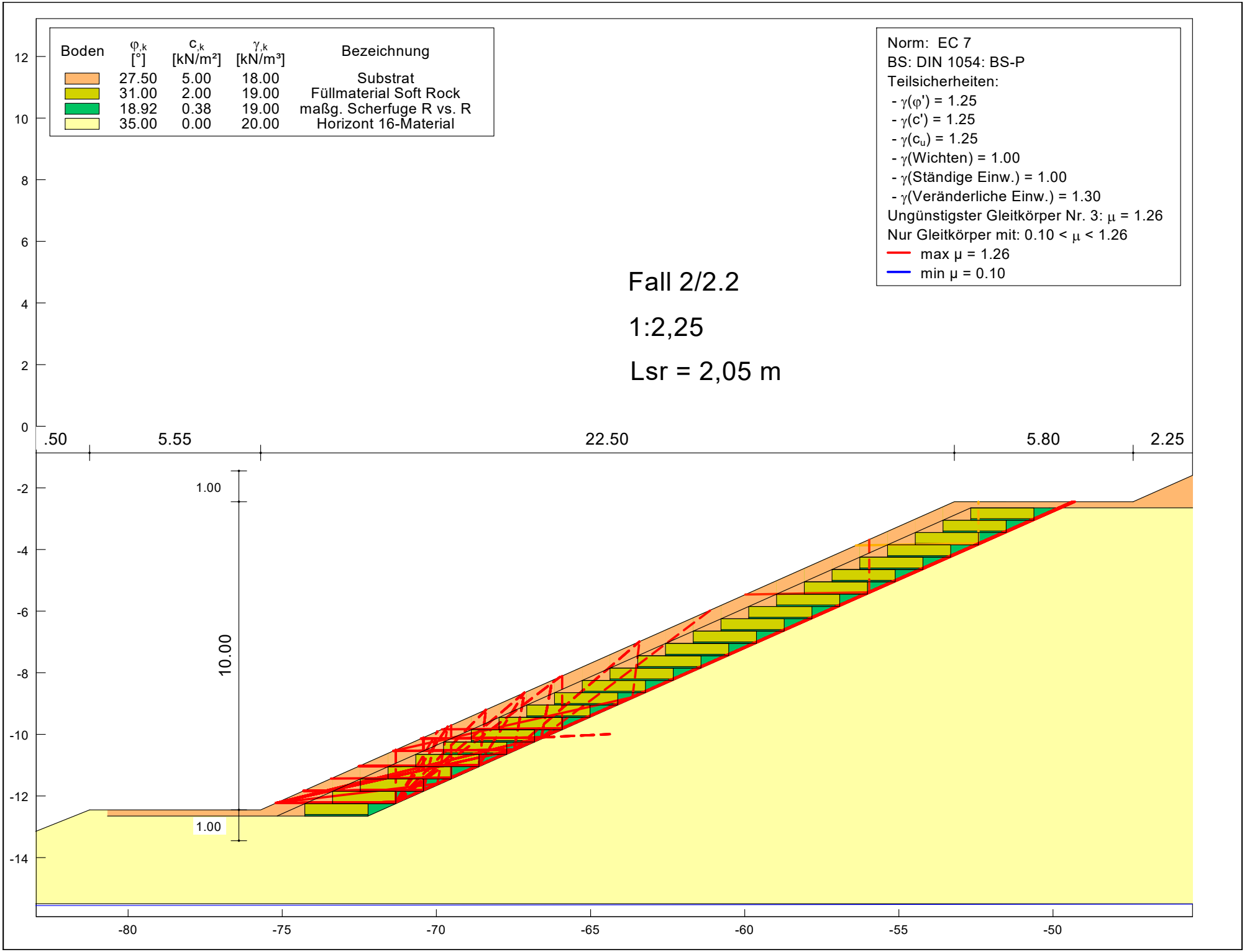
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 3: $\mu = 1.26$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.26$
max $\mu = 1.26$
min $\mu = 0.10$

Fall 2/2.2

1:2,25

Lsr = 2,05 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls

Revision: 01

Kontrolliert: J. Pries

Datum: 13.02.2026

Maßstab

Anlage: 2.2.2.2

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

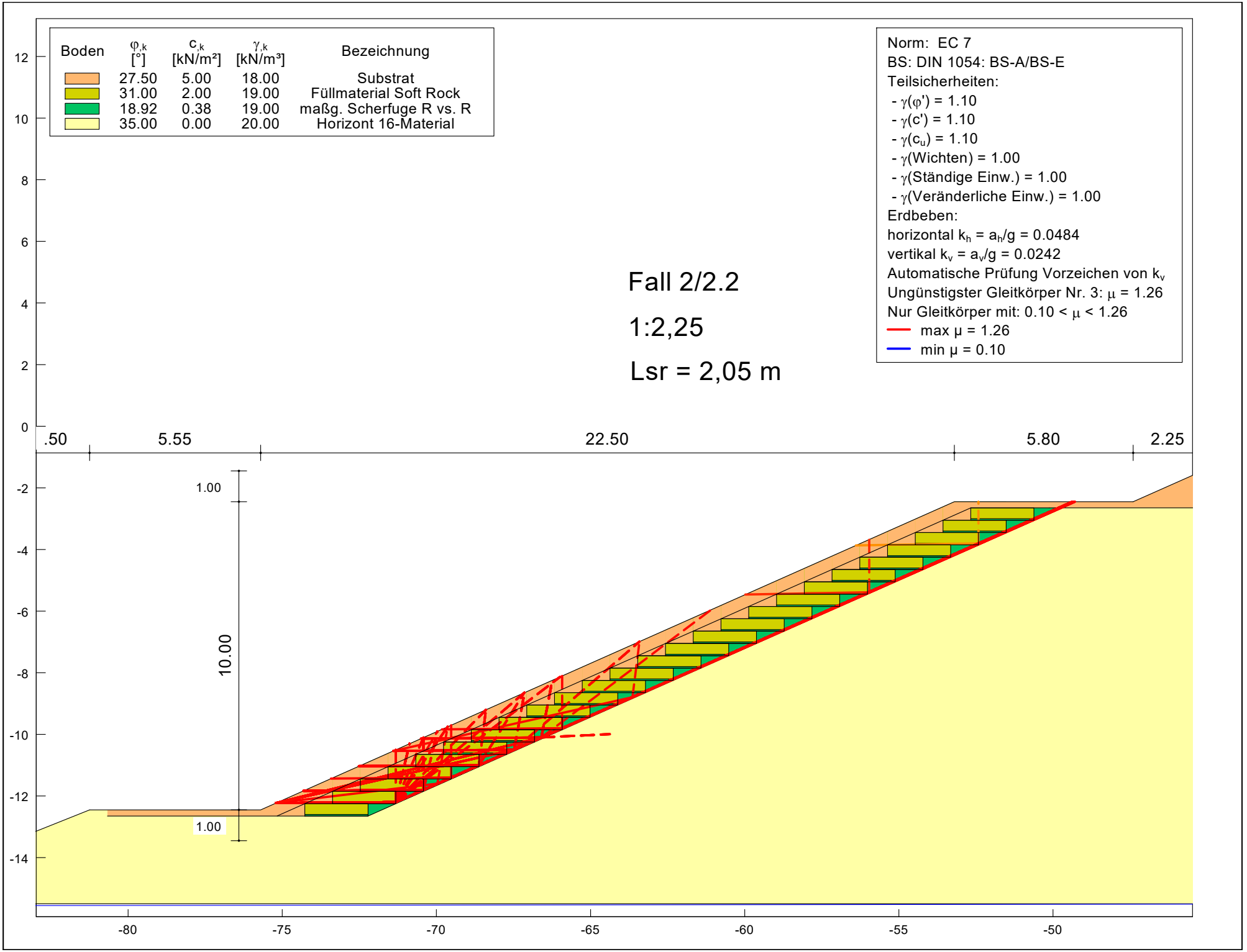
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0242$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 3: $\mu = 1.26$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.26$
max $\mu = 1.26$
min $\mu = 0.10$

Fall 2/2.2

1:2,25

Lsr = 2,05 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls

Kontrolliert: J. Pries

Revision: 01

Datum: 13.02.2026

Maßstab

Anlage: 2.2.3.1

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

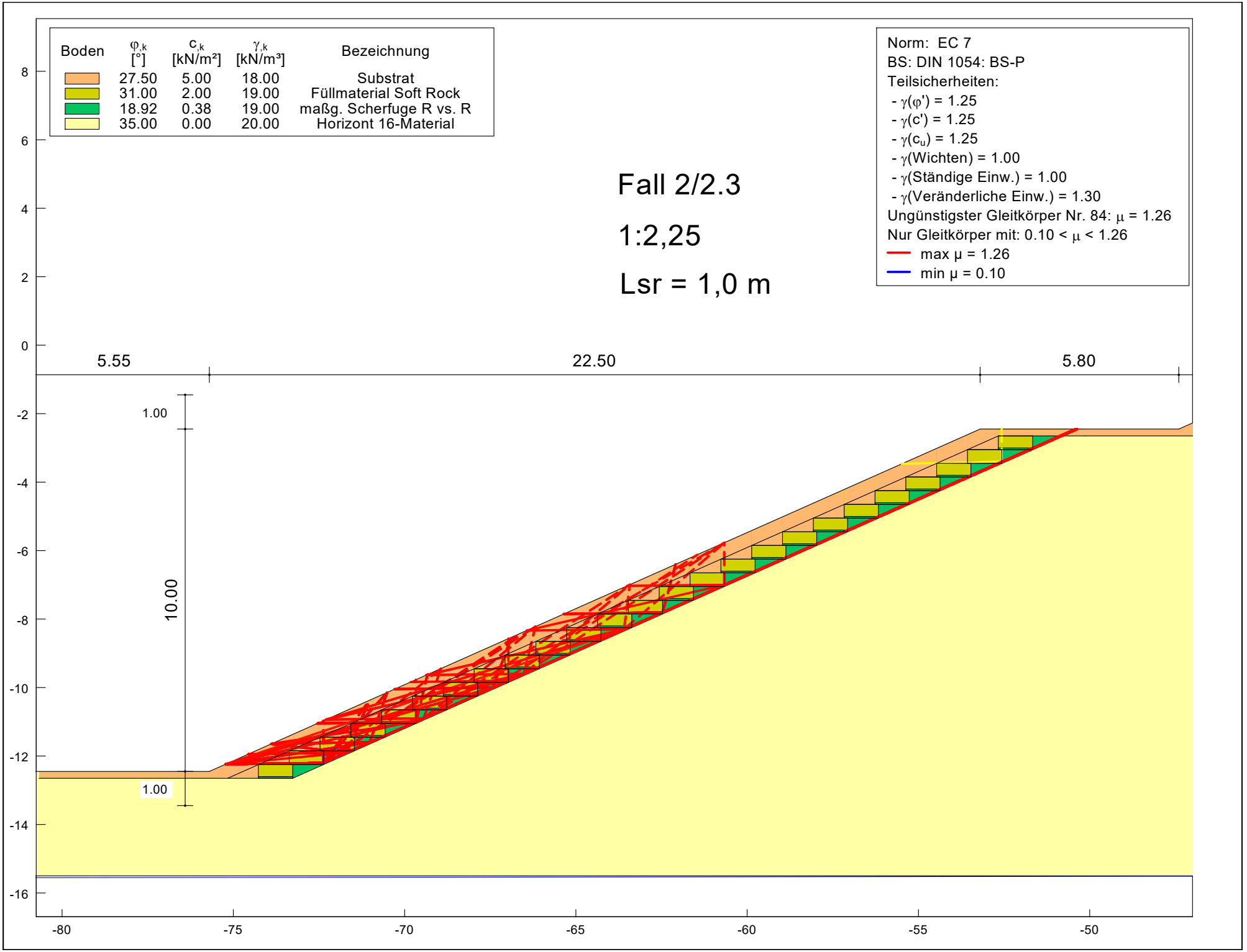
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 84: $\mu = 1.26$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.26$
max $\mu = 1.26$
min $\mu = 0.10$

Fall 2/2.3

1:2,25

Lsr = 1,0 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls

Revision: 01

Kontrolliert: J. Pries

Datum: 13.02.2026

Maßstab

Anlage: 2.2.3.2

Boden	φ,k [°]	c,k [kN/m²]	γ,k [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

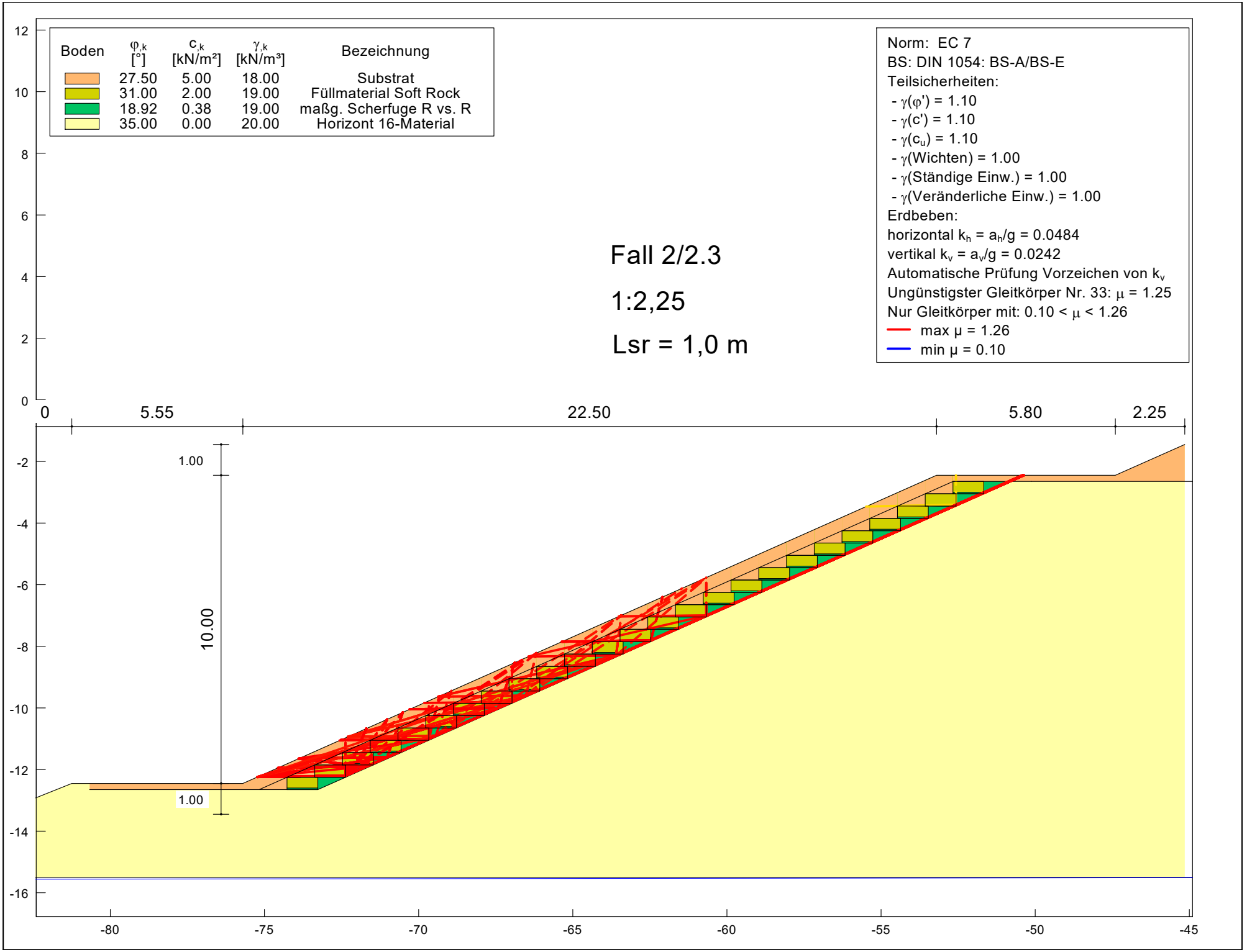
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- γ(φ') = 1.10
- γ(c') = 1.10
- γ(c_u) = 1.10
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0242$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 33: μ = 1.25
Nur Gleitkörper mit: 0.10 < μ < 1.26
max μ = 1.26
min μ = 0.10

Fall 2/2.3

1:2,25

Lsr = 1,0 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls
Revision: 01
Kontrolliert: J. Pries
Datum: 13.02.2026
Maßstab
Anlage: 2.3.1.1

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

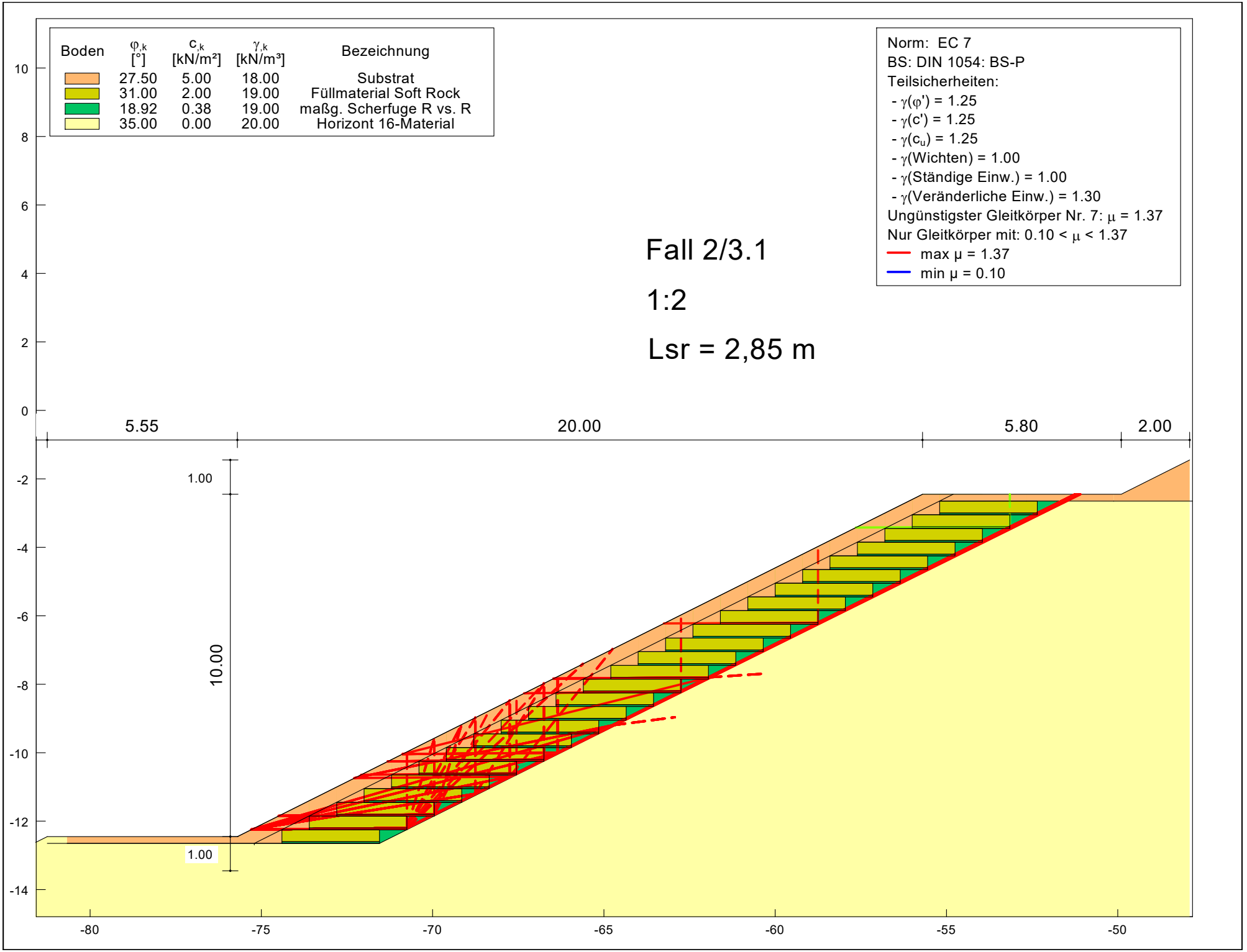
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 7: $\mu = 1.37$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.37$
max $\mu = 1.37$
min $\mu = 0.10$

Fall 2/3.1

1:2

Lsr = 2,85 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls

Revision: 01

Kontrolliert: J. Pries

Datum: 13.02.2026

Maßstab

Anlage: 2.3.1.2

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

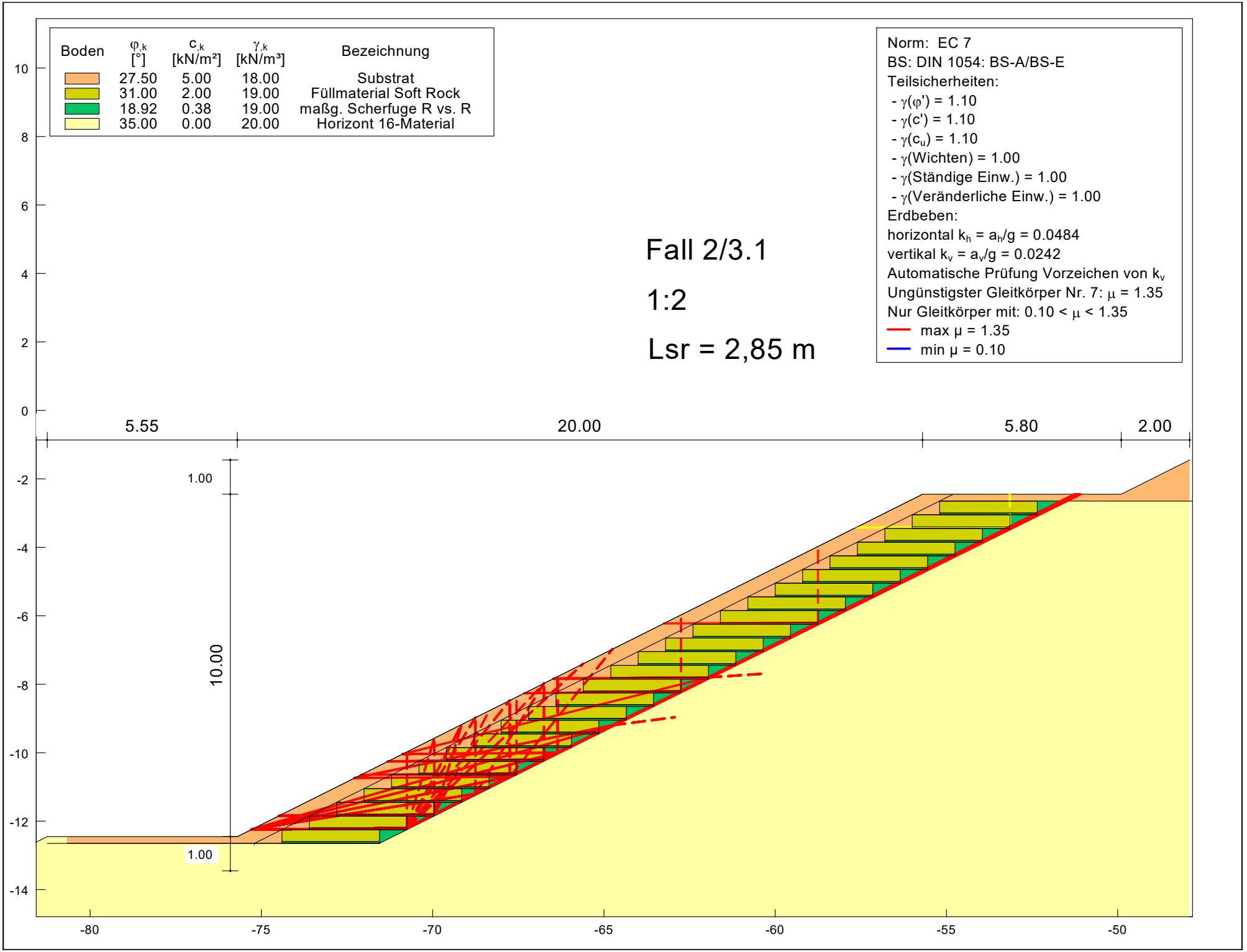
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0242$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 7: $\mu = 1.35$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.35$
max $\mu = 1.35$
min $\mu = 0.10$

Fall 2/3.1

1:2

Lsr = 2,85 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls
Revision: 01
Kontrolliert: J. Pries
Datum: 13.02.2026
Maßstab
Anlage: 2.3.2.1

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

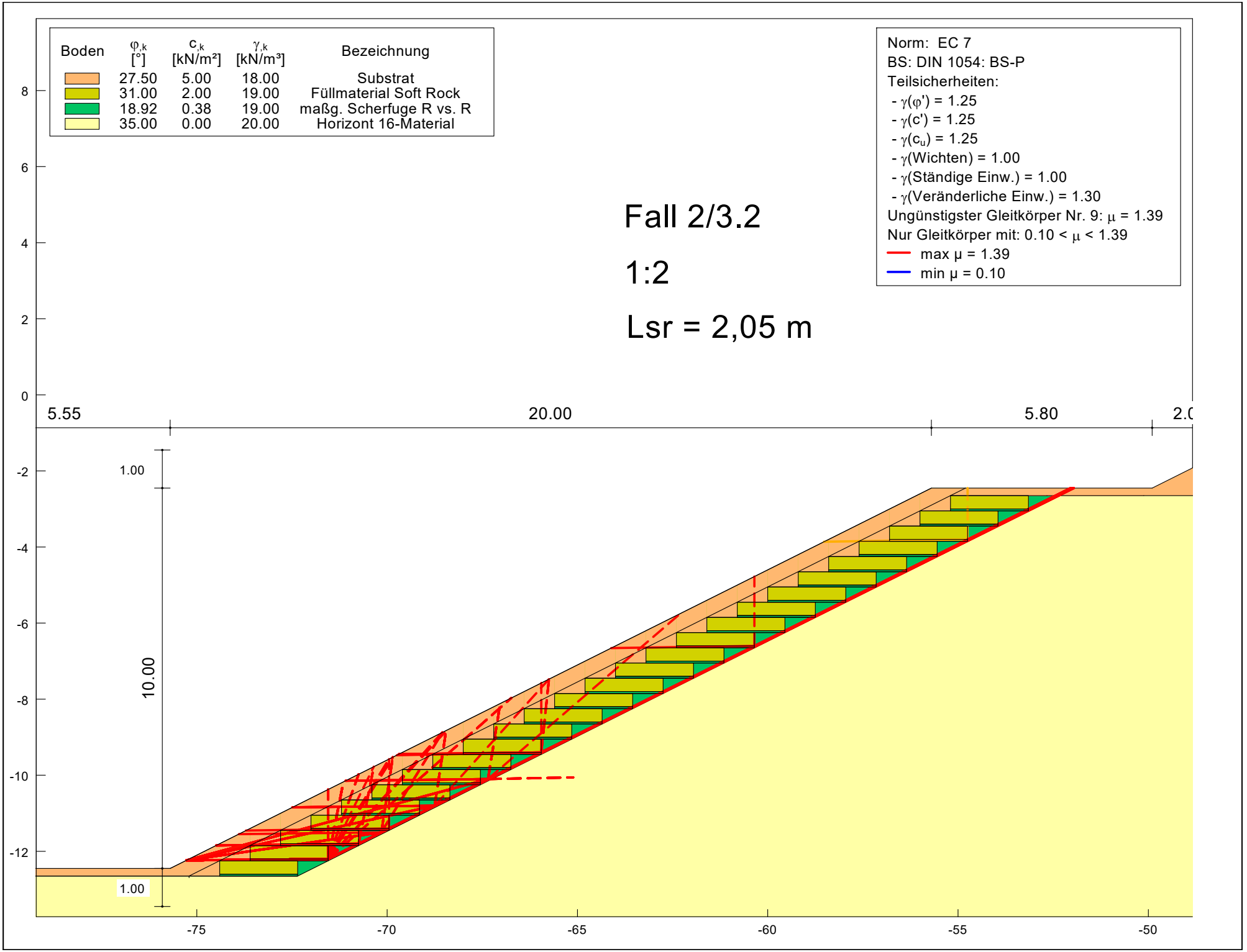
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.25
- $\gamma(c')$ = 1.25
- $\gamma(c_u)$ = 1.25
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 9: μ = 1.39
Nur Gleitkörper mit: 0.10 < μ < 1.39
max μ = 1.39
min μ = 0.10

Fall 2/3.2

1:2

Lsr = 2,05 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls
Revision: 01
Kontrolliert: J. Pries
Datum: 13.02.2026
Maßstab
Anlage: 2.3.2.2

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

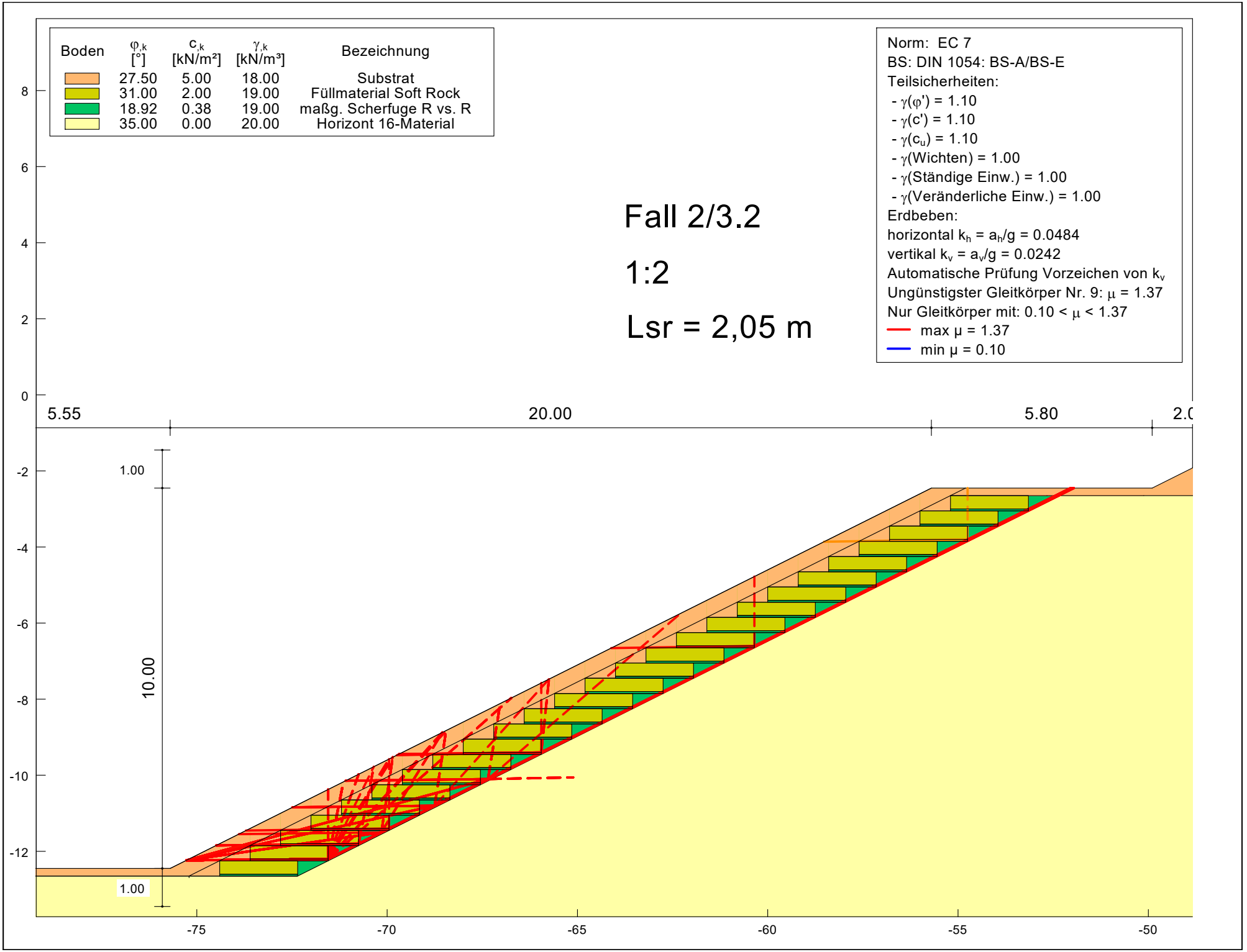
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0242$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 9: $\mu = 1.37$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.37$
max $\mu = 1.37$
min $\mu = 0.10$

Fall 2/3.2

1:2

Lsr = 2,05 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

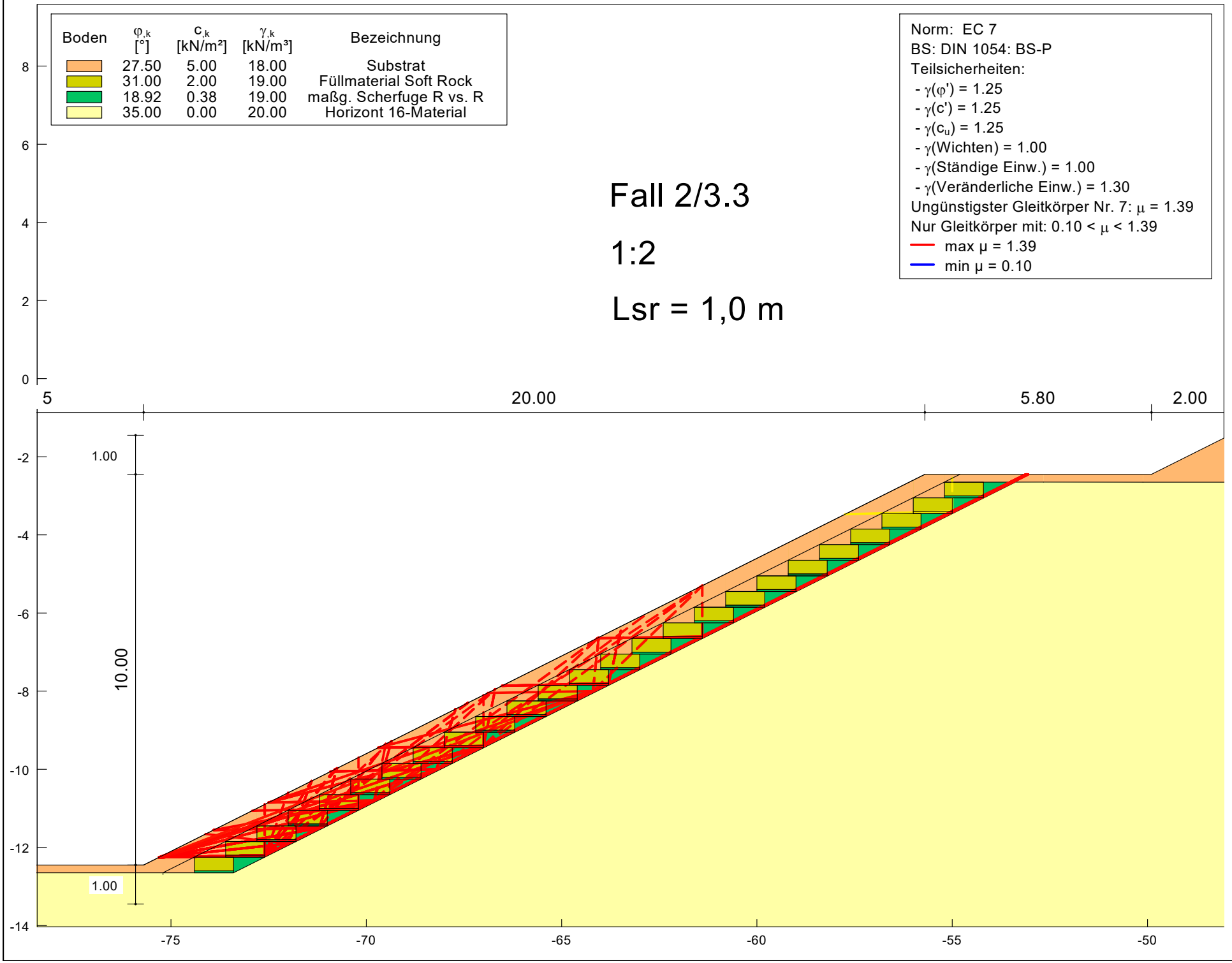
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

Ungünstigster Gleitkörper Nr. 7: $\mu = 1.39$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.39$
max $\mu = 1.39$
min $\mu = 0.10$

Fall 2/3.3

1:2

Lsr = 1,0 m



Maßstab

Revision: 01

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.02.2026

Kontrolliert: J. Pries

Anlage: 2.3.3.1

Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	18.92	0.38	19.00	maßg. Scherfuge R vs. R
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

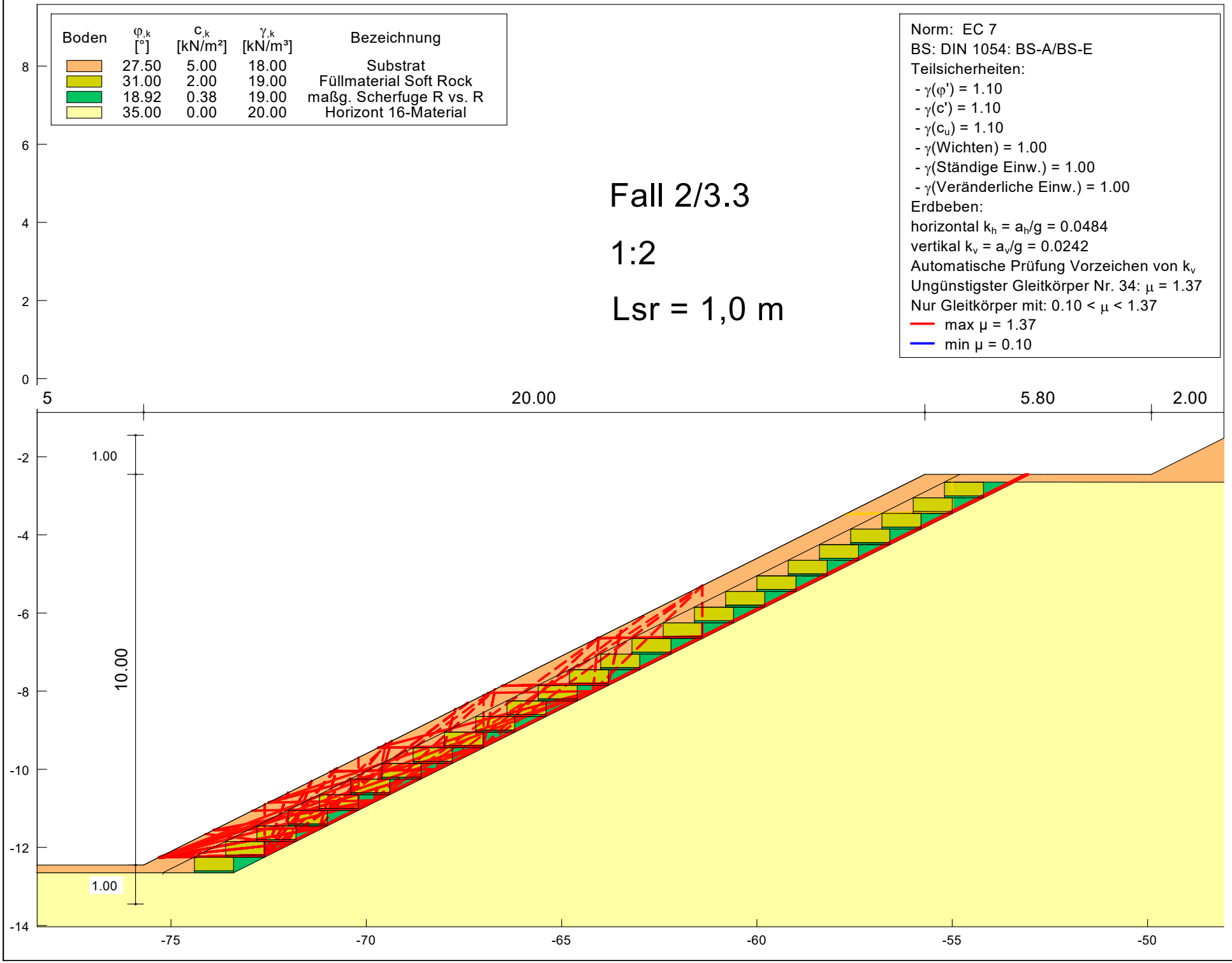
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0242$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Ungünstigster Gleitkörper Nr. 34: $\mu = 1.37$
Nur Gleitkörper mit: $0.10 < \mu < 1.37$
max $\mu = 1.37$
min $\mu = 0.10$

Fall 2/3.3

1:2

Lsr = 1,0 m



Maßstab

Revision: 01

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.02.2026

Kontrolliert: J. Pries

Anlage: 2.3.3.2

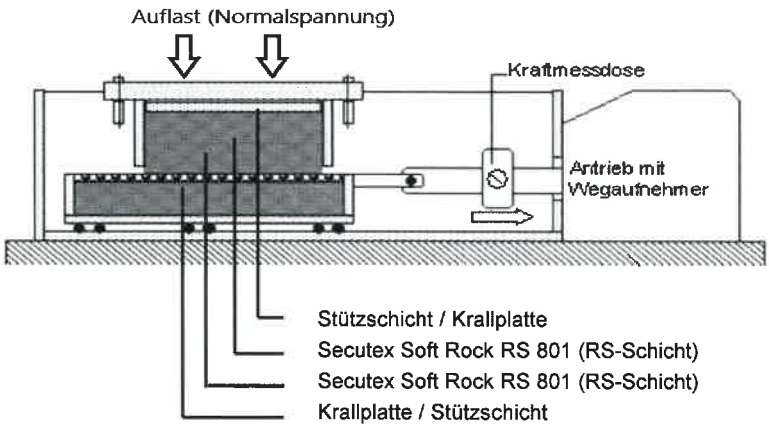
Reibungsversuch

S2-006-23 Secutex Soft Rock Datenblätter

Versuchsaufbau: Stützschicht / Krallplatte
Secutex Soft Rock RS 801 (RS-Schicht)
Secutex Soft Rock RS 801 (RS-Schicht)
Krallplatte / Stützschicht

Bemerkungen:

Das Reibungsverhalten im direkten Scherversuch wird mit einem Rahmenschergerät ermittelt. Das Probenpaket wird über einen Druckstempel mit der Auflast belastet.

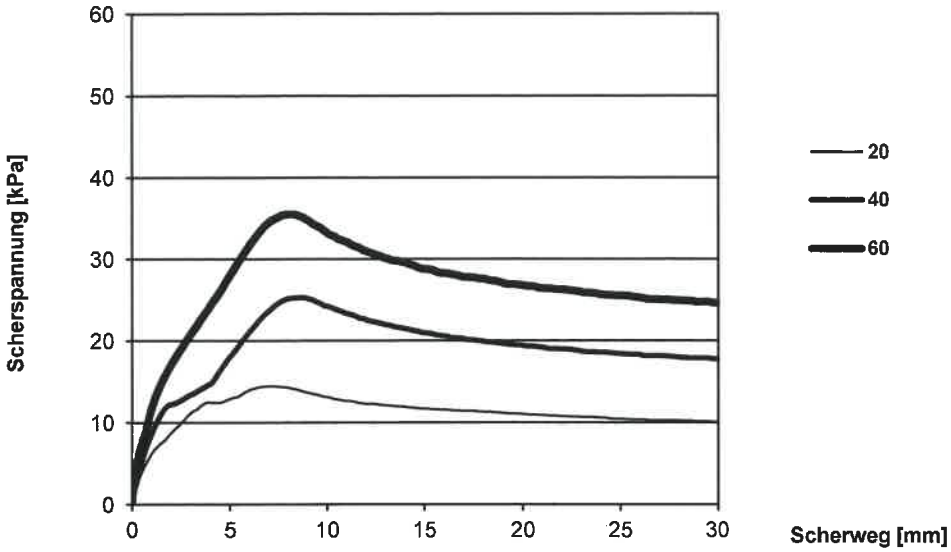


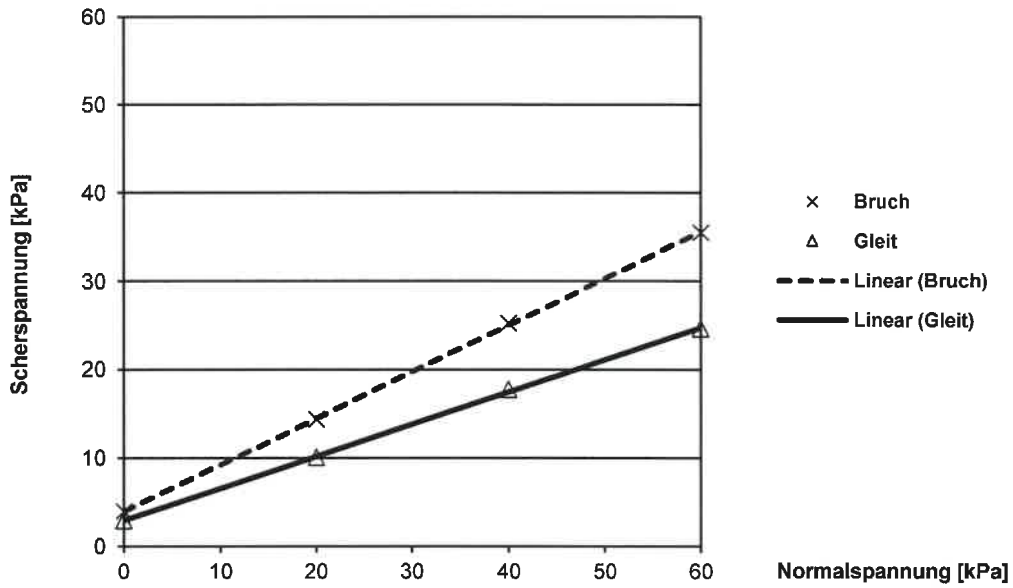
Der bewegliche, untere Behälter wird mit einer konstanten Schergeschwindigkeit verschoben. Es werden dabei die Zugkraft/Scherspannung und der Verschiebungsweg in Abhängigkeit zur Auflast/Normalspannung registriert.

Versuchsbedingungen:

Scherfugenbezeichnung:	Secutex Soft Rock RS vs. Secutex Soft Rock RS
Scherfläche [cm²]:	900
Schergeschwindigkeit [mm/h]:	10
Scherfuge:	unter Wasser
Konsolidierung:	ja, mit Wasser

Normalspannungen [kPa]	20	40	60
Konsolidierungspannung [kPa]	20	40	60
Konsolidierungszeit [h]	1	1	1





Regressionsgrade für τ_{Bruch}: 3,98 + σ * tan 27,77°
Regressionsgrade für τ_{Gleit}: 2,93 + σ * tan 19,98°

Die erdstatisch richtige Weiterverwendung der Ergebnisse bzw. die Überprüfung auf deren Vollständigkeit obliegt den vor Ort zuständigen Sachverständigen unter richtiger Würdigung und Interpretation aller Belange des geplanten Bauwerks und des Untergrundes.

Espelkamp 12.01.2023

A. Polzin

i.A. A. Polzin

Knost

i.A. K. Knost

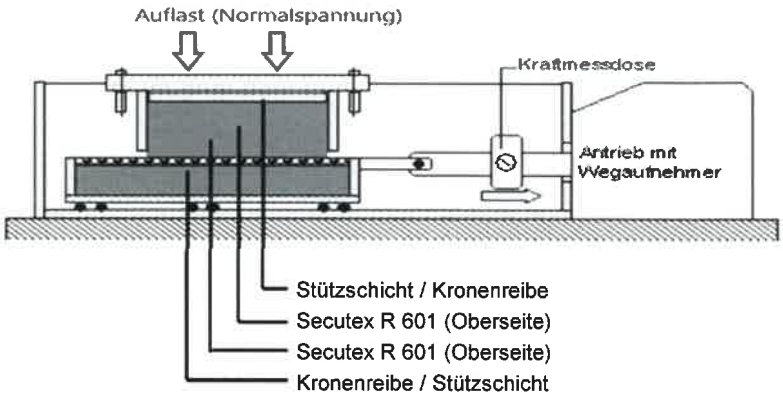
Reibungsversuch

S1-005-23 Secutex Soft Rock Datenblatt

Versuchsaufbau Stützschicht / Kronenreibe
Secutex R 601 (Oberseite)
Secutex R 601 (Oberseite)
Kronenreibe / Stützschicht

Bemerkung:

Das Reibungsverhalten im direkten Scherversuch wird mit einem Rahmenschergerät ermittelt. Das Probenpaket wird über einen Druckstempel mit der Auflast belastet.

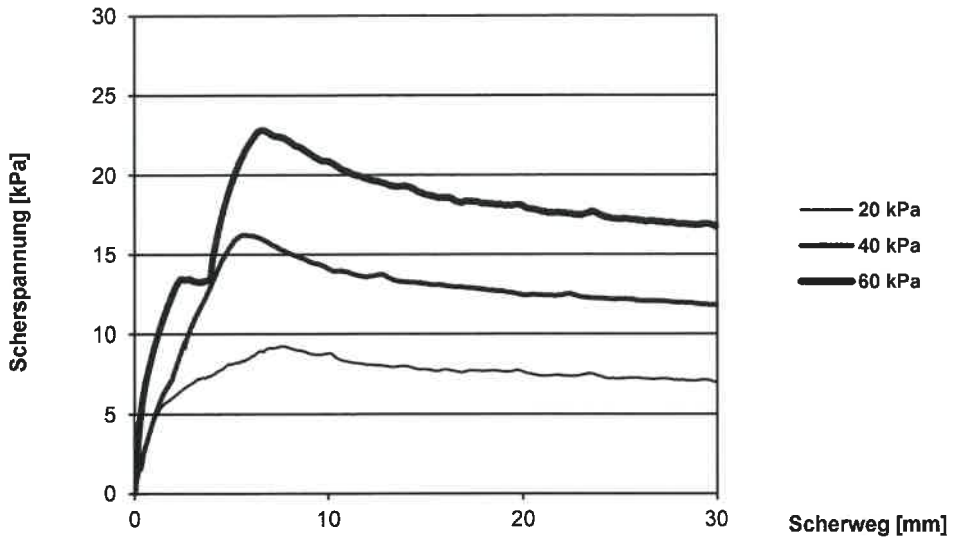


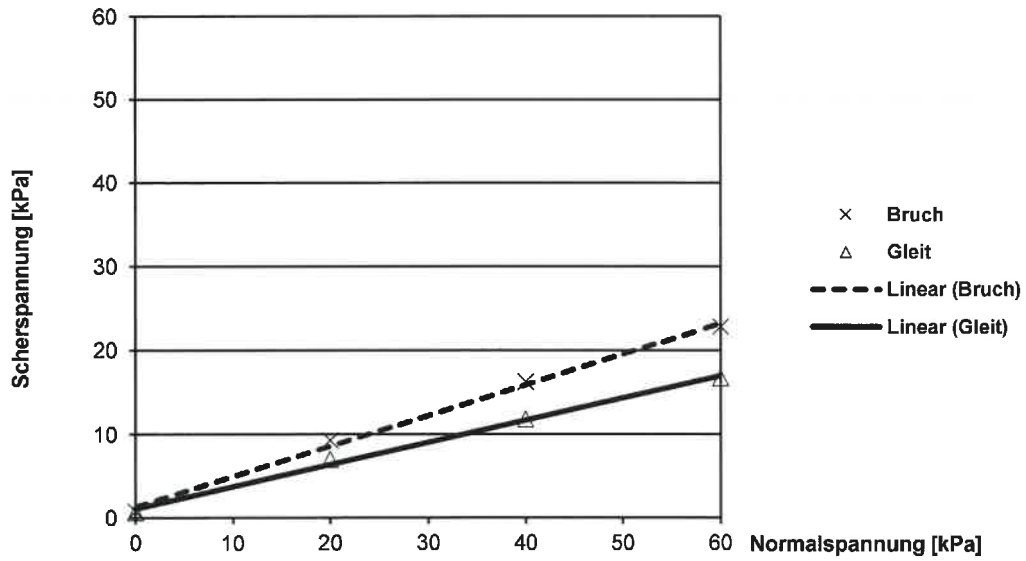
Der bewegliche, untere Behälter wird mit einer konstanten Schergeschwindigkeit verschoben. Es werden dabei die Zugkraft/Scherspannung und der Verschiebungsweg in Abhängigkeit zur Auflast/Normalspannung registriert.

Versuchsbedingungen:

Scherfugenbezeichnung:	Secutex Soft Rock vs. Secutex Soft Rock
Scherfläche [cm²]:	900
Schergeschwindigkeit [mm/h]:	10
Scherfuge:	unter Wasser
Konsolidierung:	Ja, mit Wasser

Normalspannung [kPa]	20	40	60
Konsolidierungsspannung [kPa]	20	40	60
Konsolidierungszeit [h]	1	1	1





Regressionsgrade für τ_{Bruch}: $0{,}76 + \sigma * \tan 20{,}66°$
Regressionsgrade für τ_{Gleit}: $0{,}63 + \sigma * \tan 15{,}39°$

Die erdstatisch richtige Weiterverwendung der Ergebnisse bzw. die Überprüfung auf deren Vollständigkeit obliegt den vor Ort zuständigen Sachverständigen unter richtiger Würdigung und Interpretation aller Belange des geplanten Bauwerks und des Untergrundes.

Espelkamp 13.01.2023

i.A. P. Kollmeier

i.A. K. Knost

Naue GmbH & Co. KG · Postfach 30 65 · 32332 Espelkamp

TRACTEBEL GMBH
Herr Robert Achatz
Gmunder Straße 53
81379 München
Deutschland

Dipl. -Ing. Waldemar Pauls
Engineering & Design Department

Tel. +49 5743 41-569
Mob. +49 172 529 7-963
E-Mail: wpauls@naue.com

8 Seiten + 2 Anlagen
2026-03-13

BV: DE Hambach - Tagebau Uferbefestigung

Hier: Gleitsicherheitsnachweis des Erosionsschutzsystems mit GSC – Rev03

naue.com

Sehr geehrter Herr Achatz,

hiermit erhalten Sie den Nachweis der Standsicherheit gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems mit Geotextilen Sandcontainern (GSC) auf einem Filtervliesstoff im o. g. Projekt unter Berücksichtigung der zu untersuchenden Böschungsgeometrien und Sandcontainergrößen.

Die Planungsarbeiten sind vom Kunden (bzw. Dritten) zu koordinieren und zu prüfen. Es liegt in der Verantwortung des Kunden (bzw. Dritten), sowohl in der Planungsphase als auch in der Ausführungsphase zu prüfen, ob alle gemäß den geltenden Regelwerken zu führenden Nachweisen vollständig erbracht sind. Ebenso liegt es in der Verantwortung des Kunden bzw. des Planers, dass für ggf. notwendige Arbeitsschutzmaßnahmen Sorge zu tragen ist und Bauzustände zu untersuchen sind.

Sachstand

Im o. g. Projekt ist im Rahmen der Herstellung eines Einleitbauwerks eine Ufersicherung gegen Erosion geplant. Die geplante Ufersicherung besteht aus einem System aus einem Filtervliesstoff auf dem verdichteten Erdkörper aus Horizont 16-Material, darüber gestapelten GSC und einer Oberboden Überdeckung.

Dabei ist der Nachweis gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems für unterschiedliche Bemessungsituationen zu führen.

Grundlagen zum Nachweis und Schrifttum

[U1] Planunterlagen (z. B. Schnitte und Details), übermittelt durch Herrn Stefan Göster und Herrn Robert Achatz (TRACTEBEL GMBH), 26. & 27. Januar 2026 und 10. März 2026

[U2] DIN 4084:2021-11: Gelände- und Böschungsbruchberechnungen

[U3] DIN 1054:2021-04: Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau

[U4] EBGEO – Empfehlungen für Bewehrungen aus Geokunststoffen. Hrsg.: Deutsche Gesellschaft für Geotechnik. Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2010

[U5] GRETT, H.-D. (1984): Das Reibungsverhalten von Geotextilien in bindigem und nichtbindigem Boden, Mitteilungen des Franzius-Instituts für Wasserbau und Küsteningenieurwesen der Universität Hannover, Heft 59/1984

[U6] E3-8 Reibungsverhalten von Geokunststoffen, GDA-Empfehlungen, 3. Auflage 1997 S.244, Bautechnik 9/1997, Bautechnik 9/2005, Überarbeitung 8/2015

[U7] E2-7 Nachweis der Gleitsicherheit von Abdichtungssystemen, GDA-Empfehlungen, 3. Auflage 1997 S.111, Bautechnik 9/1998, Bautechnik 9/2008, Überarbeitung 8/2015

[U8] FGSV: Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus, M Geok E, Ausgabe 2016

Böschungsgeometrie und Aufbau des Erosionsschutzsystems

In den Standsicherheitsberechnungen gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems werden unterschiedlichen Bemessungssituationen durchgerechnet.
Die zu untersuchende Böschungsgeometrie wird in den Berechnungen nach [U1] wie folgt berücksichtigt:

- Böschungshöhe: H_{max} = 10,0 m
- Böschungsneigungen 1:n = 1:2,0 (β = 26,56°)

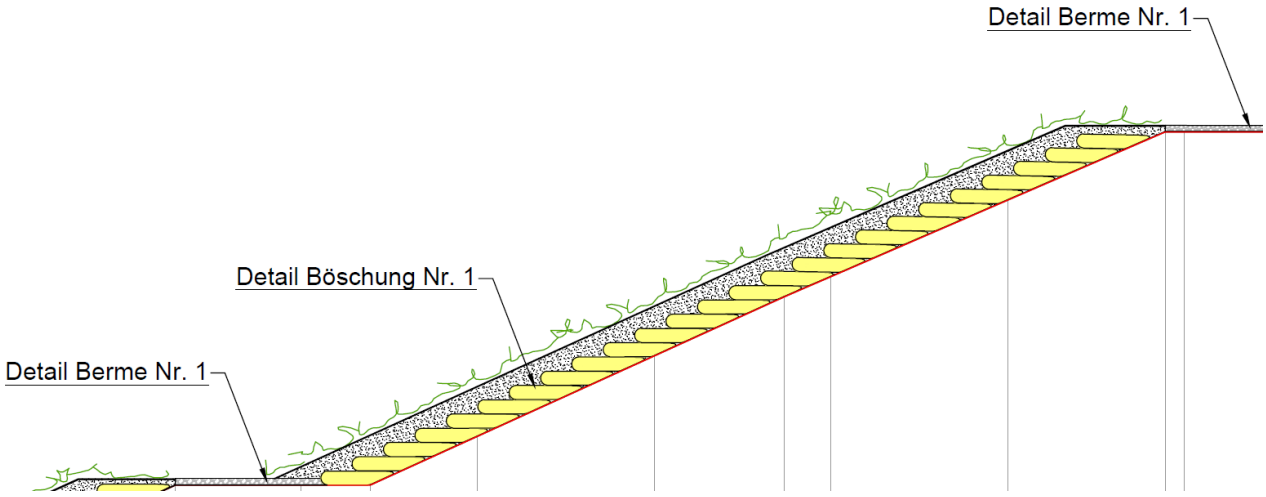


Abbildung 1: Maßgebender Querschnitt: Maximale Höhe = 10,0 m [U1]

Aufbau des gesamten Systems im Böschungsbereich (von oben nach unten) nach [U1]:

- 40 cm Oberboden,
- Sandcontainern Secutex Soft Rock **RS** Typen mit horizontalen Einbindelängen von:
  - 2,85 m
  - 2,05 m
  - 1,00 m
- Filtervliesstoff Secutex **RS** Type mit Grobfaserschicht nach oben orientiert.
- Verdichteter Untergrund

Lasten im Endzustand, in außergewöhnlichen Lastfall und bei Erbebeneinwirkung

In der ständigen Bemessungssituation (BS-P) wurden keine zusätzlichen Lasten aufgrund einer Böschungsbefahrung, Schneelast oder hydraulischen Einwirkungen berücksichtigt.

In der außergewöhnlichen Bemessungssituation (BS-A) wurden Verkehrslasten von 40 kN/m² und 10 kN/m² auf der Böschungsschulter, gemäß Lastbild EB 57-1, EAB 2021, berücksichtigt.

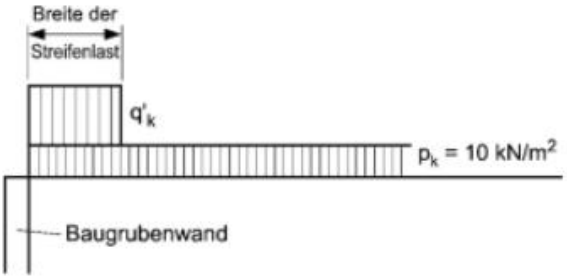


Bild EB 57-1 Ersatzlast für Bagger und Hebezeuge

Gesamtlast (Gesamtgewicht) des Gerätes	Zusätzliche Streifenlast q'_k		Breite der Streifenlast q'_k
	kein Abstand	Abstand 0,60 m	
100 kN (10 t)	50 kN/m²	20 kN/m²	1,50 m
300 kN (30 t)	110 kN/m²	40 kN/m²	2,00 m
500 kN (50 t)	140 kN/m²	50 kN/m²	2,50 m
700 kN (70 t)	150 kN/m²	60 kN/m²	3,00 m

Abbildung 2: Lastbild für Bagger und Hebezeuge, EB 57-1, EAB 2021 [U1]

In der außergewöhnlichen Bemessungssituation mit einer Erdbebeneinwirkung (BS-E) wurden gemäß [U1] folgende Erdbebenbeschleunigungen berücksichtigt:

- $K_h = 0{,}0484$
- $K_v = 0{,}3 * k_h = 0{,}0161$

Zusätzlich wurde eine zweite Berechnung für die außergewöhnlichen Bemessungssituation mit einer Erdbebeneinwirkung (BS-E) geführt, bei der ergänzend ein Teileinstau bis zur Hälfte der Böschungshöhe berücksichtigt wurde.

Standsicherheitsberechnung

Erläuterungen zum Nachweis

Gegenstand dieses Nachweises ist die Standsicherheit des Erosionsschutzsystems gegen Gleiten. Es wird der Lastfall BS-P nach [U2] im Teilsicherheitskonzept nach [U3] untersucht. Die Berechnung wurde nach DIN 1054:2021-04 bzw. GDA E2-7 (2015) (vgl. [U7]) für den Grenzzustand GEO-3 (GZ 1C – Grenzzustand der Gesamtstandsicherheit) geführt, dabei ist das Reibungsverhalten in den böschungsparallelen Schichtgrenzen des Systems maßgebend. Die Standsicherheit des Erosionsschutzsystems hängt dabei außerdem von den inneren Scherfestigkeiten des eingesetzten Bodenmaterials ab.

Die Basis für die Nachweisführung der Standsicherheit gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems bilden die vorliegenden Informationen und Randbedingungen aus [U1].

Die Gültigkeit der angesetzten Randbedingungen ist im Rahmen der Bauausführung durch die am Bau beteiligten Sachverständigen zu bestätigen.

Scherparameter

Im Rahmen der vorliegenden Berechnung sind die charakteristischen Kontaktreibungswinkel für die zu betrachtenden Scherfugen anzusetzen.

Üblicherweise werden zur Bewertung des Scherverhaltens zwischen Geokunststoffen und Böden bzw. Geokunststoffen und Geokunststoffen Reibungsversuche nach [U3] herangezogen. Nach GDA-Empfehlung E 2-7 [U7] sind die Laborwerte aus Scherversuchen entsprechend Gleichung (1a) bzw. (1b) abzumindern:

$$\tan \delta_k' = \tan \delta_0 / 1{,}1 \qquad (1a)$$

$$a_k = a_0 / 2{,}0 \qquad (1b)$$

Eine Abminderung der Kontaktreibungswinkel kann nach [U7] entfallen, wenn mehrere Versuchsergebnisse mit unterschiedlichen Proben vorliegen. Die Adhäsion ist auch bei mehreren Versuchsergebnissen mit dem Faktor 1,5 abzumindern.

Für die Scherfuge *geotextiler Sandcontainer Secutex® Soft Rock RS (RS Schicht) vs. Secutex® RS (RS Schicht)* wird nach empirischen Scherversuchen und Abminderung nach (1a) ein charakteristischer Kontaktreibungswinkel $\delta_k \geq 25{,}58°$ und eine gemäß (1b) abgeminderte Kohäsion von $a_k \geq 1{,}99$ kPa berücksichtigt.

In Ermangelung von konkreten Scherversuchsergebnissen mit den in-situ Böden können für den Nachweis der Standsicherheit gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems die Reibungsparameter für Scherfugen Boden vs. Geokunststoff mit dem Ansatz nach GRETT [U1] empirisch gemäß Formel (2) abgeschätzt werden. Die Abschätzung hat vorläufigen Charakter und ist im Rahmen der Bauausführung durch objektspezifische Scherversuche mit den vorgesehenen Böden zu verifizieren.

$$\text{Vliesstoff:} \quad \tan \delta_k' = \tan \varphi_k * 0{,}9 \qquad (2a)$$

$$\text{Gewebe:} \quad \tan \delta_k' = \tan \varphi_k * 0{,}8 \qquad (2b)$$

Für die Scherfuge *Secutex® H (US: Vliesstoff) vs. verdichteter Erdkörper aus Horizont 16-Material (Auflager)* wird nach (2a) ein charakteristischer Kontaktreibungswinkel $\delta_k \geq 32{,}2°$ berücksichtigt.

Die Kontaktreibungswinkel der zu betrachtenden Scherfugen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Für den Nachweis gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems ist die Scherfuge mit dem jeweils geringsten mobilisierbaren Scherwiderständen in der entsprechenden Berechnung anzusetzen. Die in den Scherversuchen festgestellten Adhäsionen werden gemäß [U6] mit dem maximalen Abminderungsfaktor $\gamma_a = 2{,}0$ abgemindert.

Tabelle 1: Übersicht der Scherfugen des Erosionsschutzsystems

	durch den Aufbau vorgegebene Scherfugen	φ_k [°]	δ_0 [°]	δ_k [°]	a_0 [kPa]	a_k [kPa]
1	Secutex® RS (US: Vliesstoff) vs. Erdbaustoff, Horizont 16, verdichtet	35,0	-	32,2[1]	-	-
2	Geotextiler Sandcontainer Secutex® Soft Rock RS 801 aus vernadeltem Vliesstoff vs. Secutex® RS (OS: RS)	-	≥27,77	25,58[2]	3,98	1,99

Die gemäß [U1] in der statischen Berechnung berücksichtigten Bodenkennwerte sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

[1] Nach GRETT
[2] Nach empirischen Reibungsversuchen

Tabelle 2: Im Standsicherheitsnachweis berücksichtigte Bodenkennwerte

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

Es muss sichergestellt sein, dass alle mineralischen Schichten eine für die vorgesehene Neigung der Böschung ausreichende, von den Mindestwerten nach Tabelle 1 ggf. nach oben abweichende, innere Scherfestigkeit aufweisen und damit selbst ausreichend standsicher sind, sowie die äußere Standsicherheit der Böschung gegeben ist.

Das Füllmaterial für die Soft Rocks hat an sich keine Kohäsion. Die angesetzte Kohäsion von 2 kPa ist nur eine scheinbare Kohäsion und ist darin begründet, dass das Füllmaterial in einem Geokunststoff mit einer definierten Zugfestigkeit eingekapselt ist. bei diesem Nachweis der Standsicherheit geht es darum, zu untersuchen ob die Reibkraft zwischen den Soft Rocks ausreichend hoch für eine ausreichende Lagesicherheit ist. Durch den Ansatz der Kohäsion für den Füllboden wird sichergestellt, dass die Gleitfuge durch die vordefinierte maßgebende Gleitschicht zwischen den Soft Rocks verläuft, wie in Abbildung 2 dargestellt.

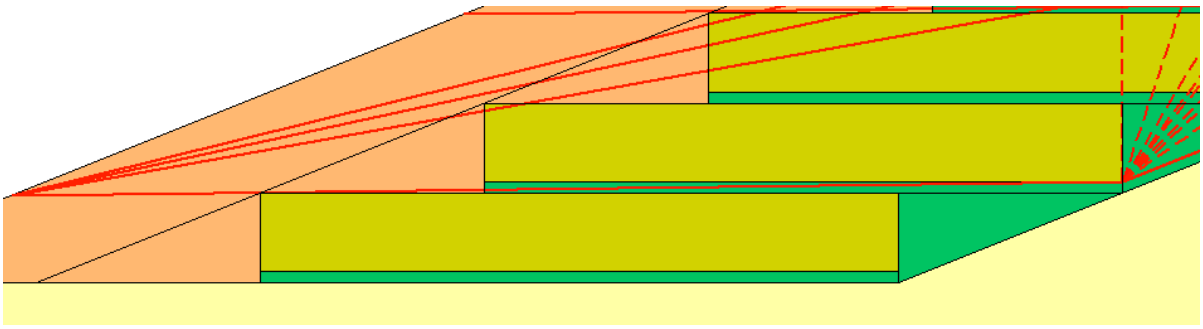


Abbildung 3: Darstellung der maßgebenden Gleitfuge

Die Nachweise gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems wurden mit Programm Stability 14.42 (GGU Braunschweig) durchgeführt. Untersucht werden Böschungsbruch- und Geländebruchmechanismen mit zusammengesetzten Bruchkörpern, wobei die Bruchlinien durchgehend durch die maßgebende Scherfuge verläuft.

In der Tabelle 2 werden die für den Endzustand im Teilsicherheitskonzept nach [U3] ermittelten Auslastungsgrade μ gezeigt. In allen Bemessungsfällen wurde eine ausreichende Standsicherheit nachgewiesen (alle Auslastungsgrade $\mu \leq 1{,}0$).

Ergebnisse

In Tabelle 3 sind die Berechnungsergebnisse für die unterschiedlichen Kombinationen zusammengestellt.

Tabelle 3: Übersicht der Scherfugen des Erosionsschutzsystems

BS	Anlage	Neigung Böschung	Horizontale Einbindelänge	Auslastung μ
P	A1.1.1	1 : 2,0	2,85m	0,93
A	A1.1.2			0,85
E	A1.1.3			0,92
E+W	A1.1.4			0,93
P	A1.2.1		2,05m	0,94
A	A1.2.2			0,86
E	A1.2.3			0,92
E+W	A1.2.4			0,92
P	A1.3.1		1,0m	0,92
A	A1.3.2			0,85
E	A1.3.3			0,91
E+W	A1.3.4			0,89

Die Prüfung der angesetzten Bodenkennwerte, Kontaktreibungsparameter und Übereinstimmung der geometrischen Randbedingungen mit der ausgeführten Geometrie obliegt den am Bau beteiligten Sachverständigen.

Zusammenfassung

Die Bemessungen haben gezeigt, dass bei Verwendung von Sandcontainern Secutex Soft Rock RS Typen auf einem Filtervliesstoff Secutex RS Type alle Bemessungsfälle eine ausreichende Standsicherheit erreichen.

Wir weisen darauf hin, dass für alle mineralischen Schichten selbst eine für die vorgesehene Neigung ausreichende Scherfestigkeit und somit ausreichende Standsicherheit nachgewiesen werden muss. Konsolidierungsprozesse im Untergrund sowie die Gesamtstandsicherheit der Böschung bleiben vorliegend unberücksichtigt und müssen gesondert untersucht werden.

Bitte beachten Sie, dass es sich in dieser Ausarbeitung um eine produktspezifische Nachweisführung handelt, die nicht auf andere Geokunststoffe übertragen werden kann. Sollten die in dieser Stellungnahme berücksichtigten Projektrandbedingungen nicht maßgebend sein bzw. nicht mit den tatsächlichen Randbedingungen vor Ort übereinstimmen, wird eine erneute Stellungnahme notwendig.

Für Rückfragen oder weitere Informationen stehen wir selbstverständlich gerne zur Verfügung.

Mit freundlichem Gruß aus Espelkamp

Naue GmbH & Co. KG

i. V. Dipl.-Ing. Janne Kristin Pries

i. V. Dipl.-Ing. Waldemar Pauls

Anlage

[A1] Standsicherheitsnachweis gegen Gleiten des Erosionsschutzsystems – RS vs. RS – Rev01

[A2] Scherversuch S2-006-23 – Secutex Soft Rock RS 801 vs. Secutex Soft rock RS 801

Die in diesem technischen Dokument enthaltenen Informationen, Annahmen und Ergebnisse entsprechen dem neusten technischen Wissen des Herausgebers; diese sind nicht auf andere Geokunststoffe übertragbar. Alle Rechte dieses technischen Dokumentes vorbehalten. Die spezialgrundbaulich / erdstatisch richtige Weiterverwendung bzw. die Überprüfung auf Vollständigkeit obliegt dem vor Ort zuständigen Sachverständigen unter richtiger Würdigung und Interpretation aller Belange des Bauwerks und des Untergrundes. Soweit die hier getroffenen technischen Empfehlungen außerhalb des Standes der Technik liegen (Erprobungsklausel), erklärt sich der Anwender mit dem hiermit erklärten Haftungsausschluss einverstanden. Anderenfalls ist dieses technische Dokument ohne weitere Nutzung an uns zurückzusenden. Das Copyright© liegt bei der Naue GmbH & Co. KG, Espelkamp.

Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls

Revision: 03

Kontrolliert: J. Pries

Datum: 13.03.2026

Maßstab

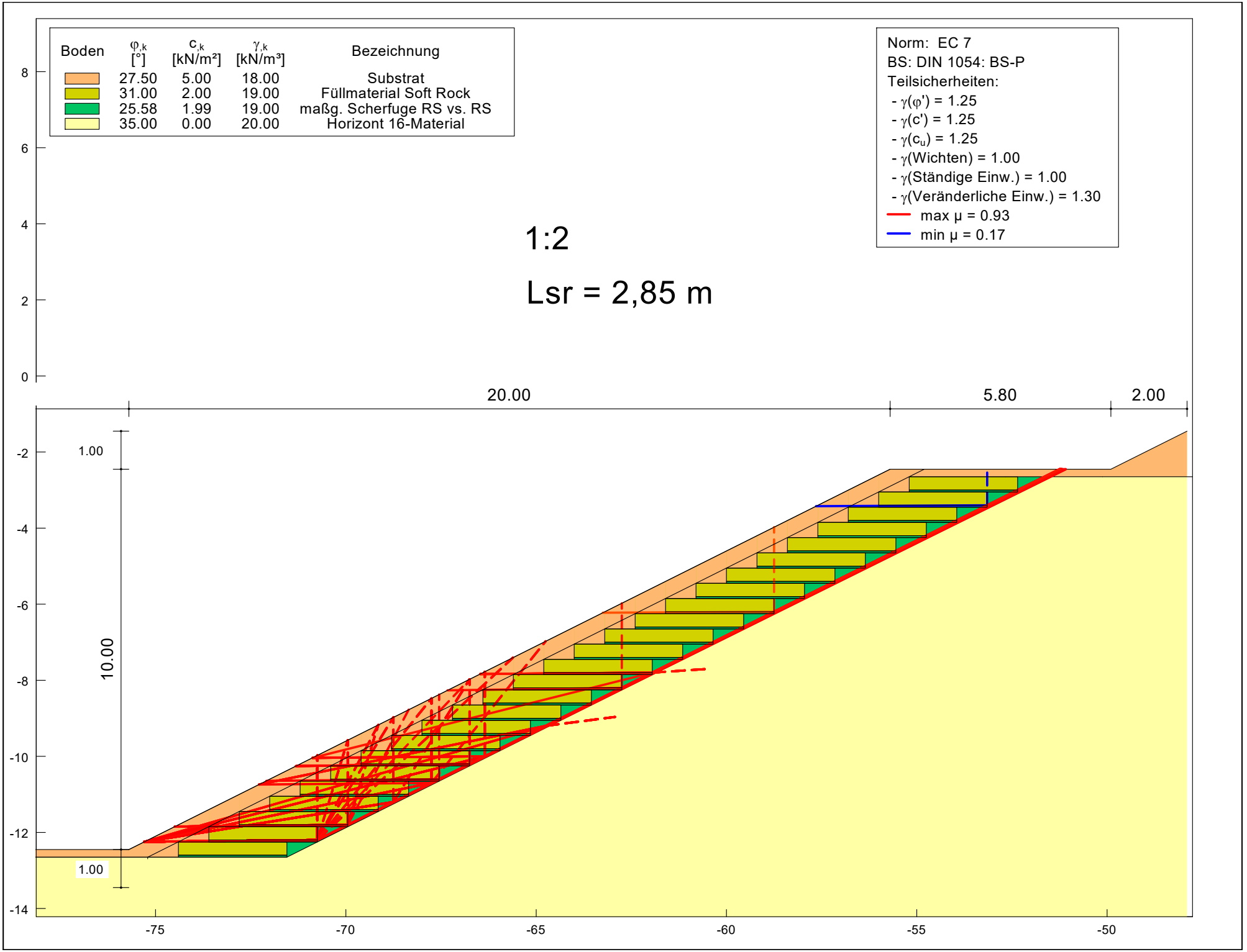
Anlage: 1.1.1

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30
- max μ = 0.93
- min μ = 0.17

1:2

Lsr = 2,85 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-A (außergewöhnlicher Lastfall)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls

Revision: 03

Kontrolliert: J. Pries

Datum: 13.03.2026

Maßstab

Anlage: 1.1.2

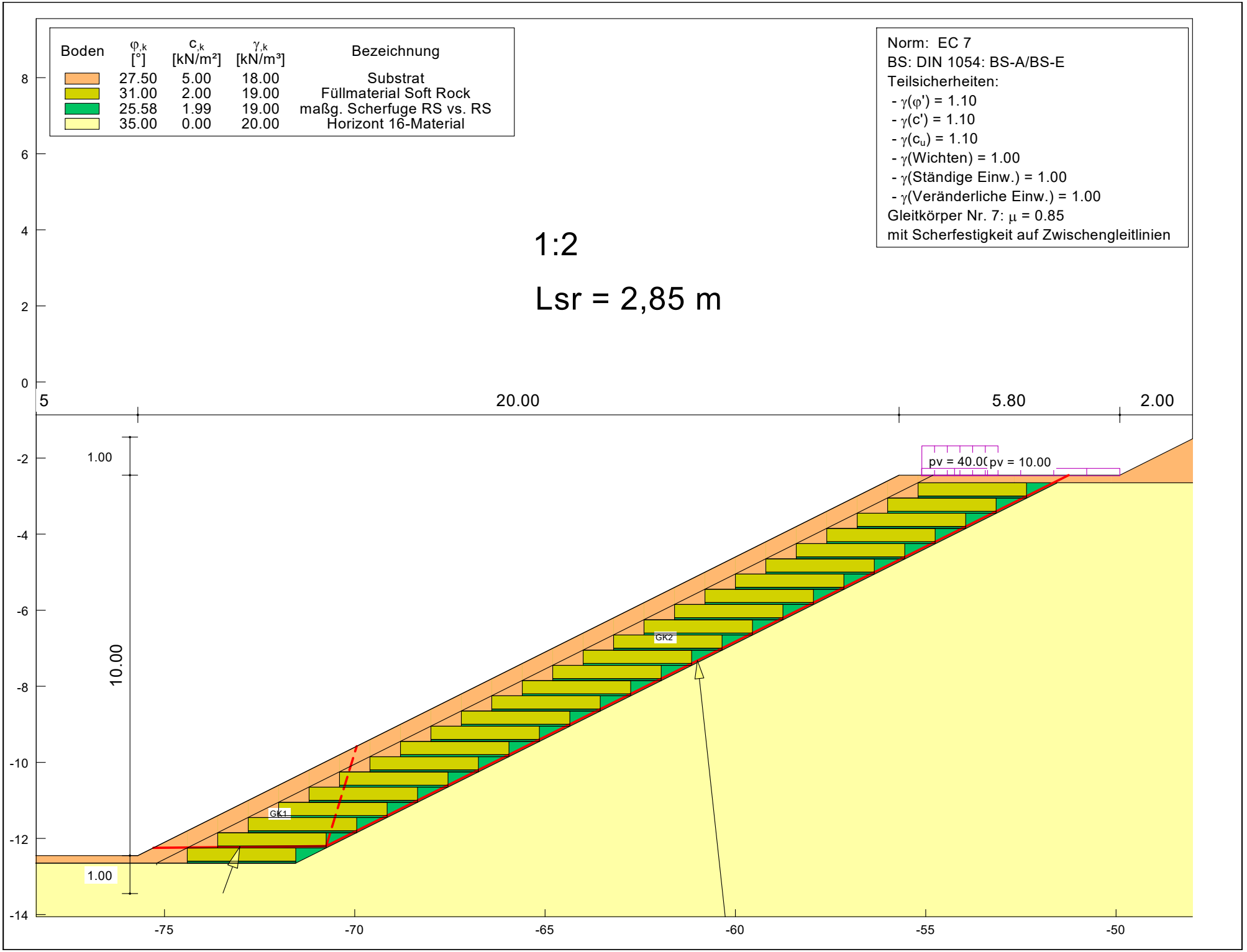
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Gleitkörper Nr. 7: $\mu = 0.85$
mit Scherfestigkeit auf Zwischengleitlinien

1:2

Lsr = 2,85 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

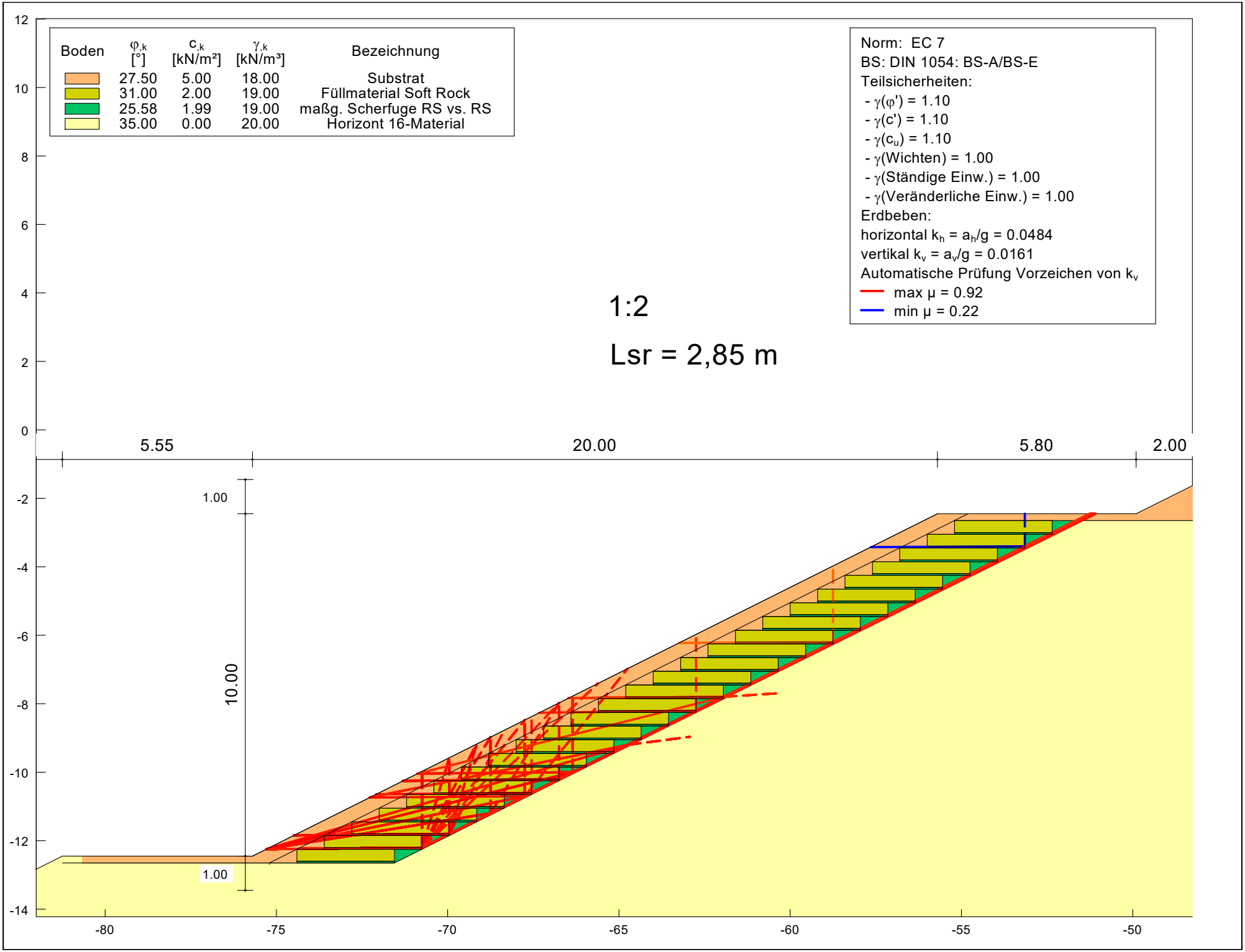
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0161$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
max μ = 0.92
min μ = 0.22

1:2

Lsr = 2,85 m



Maßstab

Revision: 03

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.03.2026

Kontrolliert: J. Pries

Anlage: 1.1.3

Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E mit Wasserlinie bei 0,5 der Böschungshöhe

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Maßstab

Revision: 03

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.03.2026

Kontrolliert: J. Pries

Anlage: 1.1.4

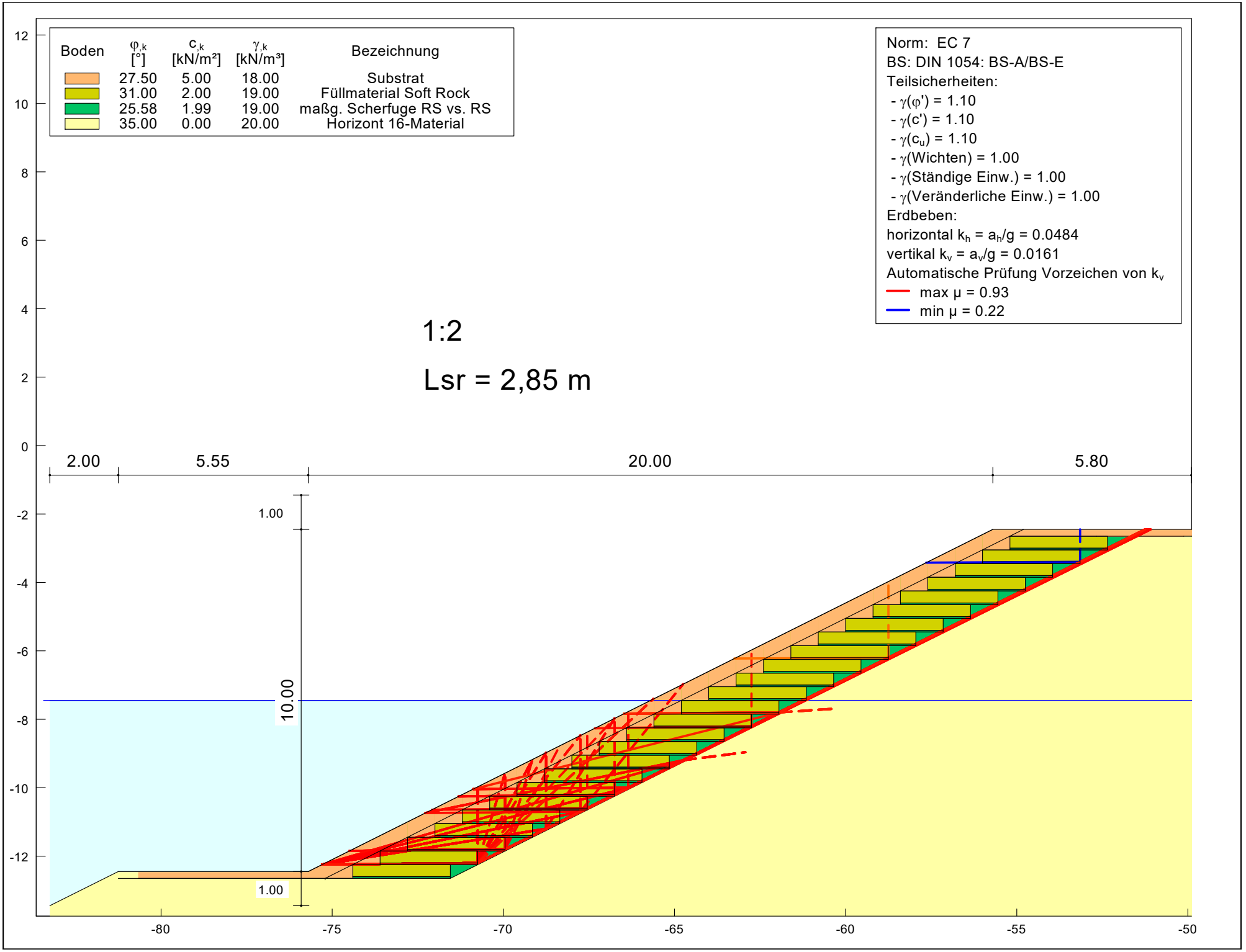
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0161$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
max μ = 0.93
min μ = 0.22

1:2

Lsr = 2,85 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Anlage: 1.2.1

Maßstab

Revision: 3

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.03.2026

Kontrolliert: J. Pries

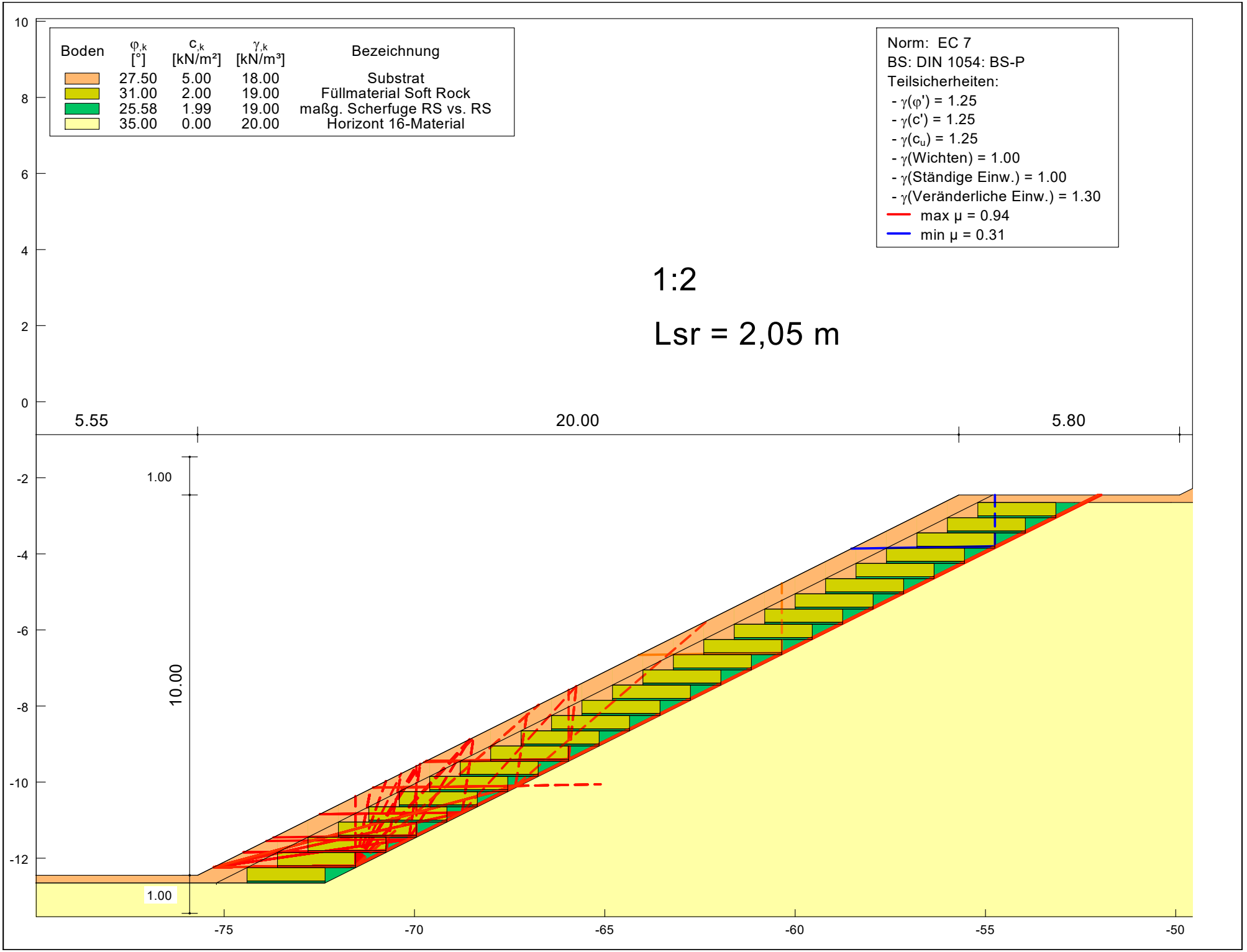
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.25$
- $\gamma(c') = 1.25$
- $\gamma(c_u) = 1.25$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

max μ = 0.94
min μ = 0.31

1:2

Lsr = 2,05 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-A (außergewöhnlicher Lastfall)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

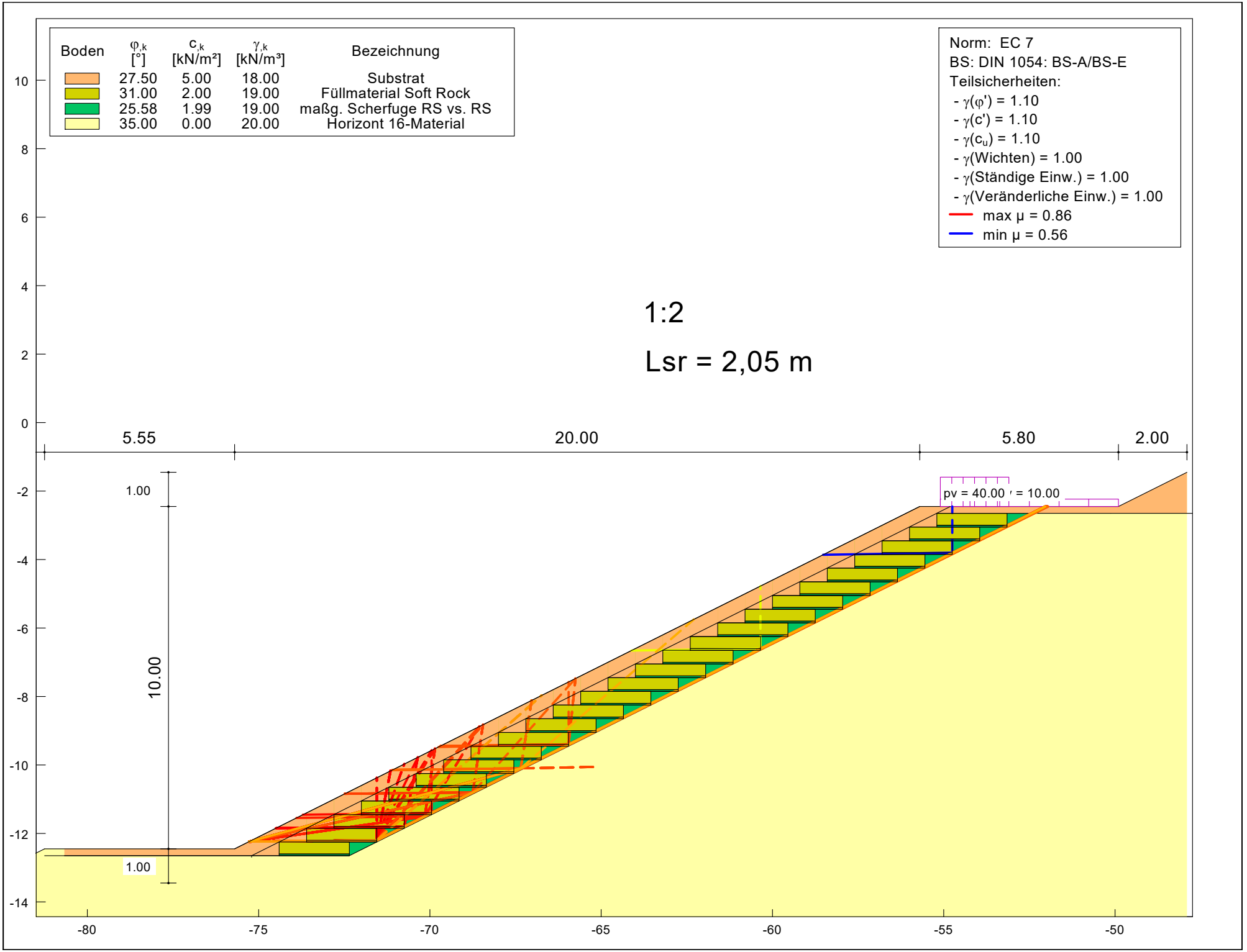
Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Ersteller: W. Pauls
Revision: 3
Maßstab
Kontrolleur: J. Pries
Datum: 13.03.2026
Anlage: 1.2.2

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.10
- $\gamma(c')$ = 1.10
- $\gamma(c_u)$ = 1.10
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

max μ = 0.86
min μ = 0.56



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

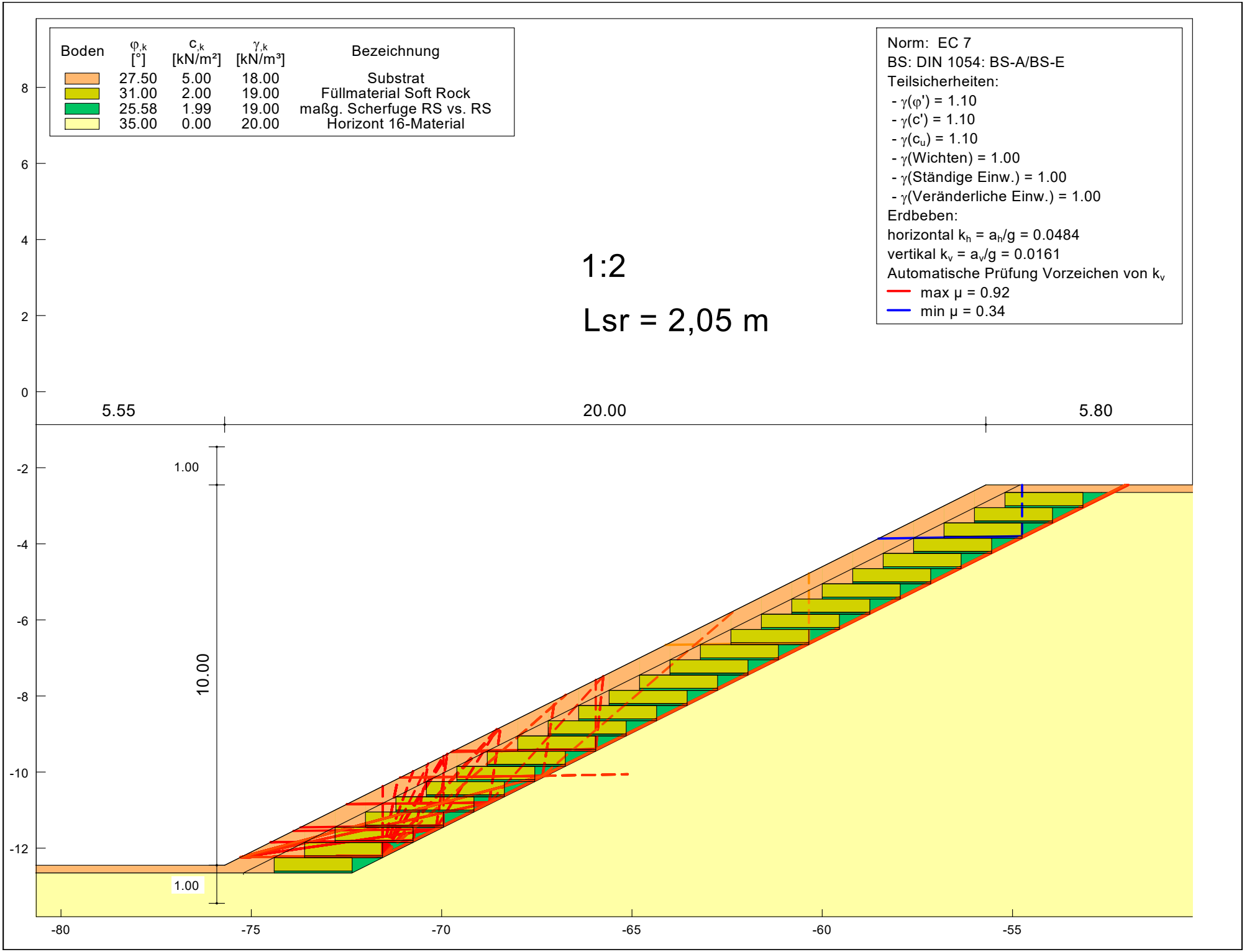
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0161$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
max μ = 0.92
min μ = 0.34

1:2

Lsr = 2,05 m



Maßstab

Anlage: 1.2.3

Revision: 03

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.03.2026

Kontrolliert: J. Pries

Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E mit Wasserlinie bei 0,5 der Böschungshöhe

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

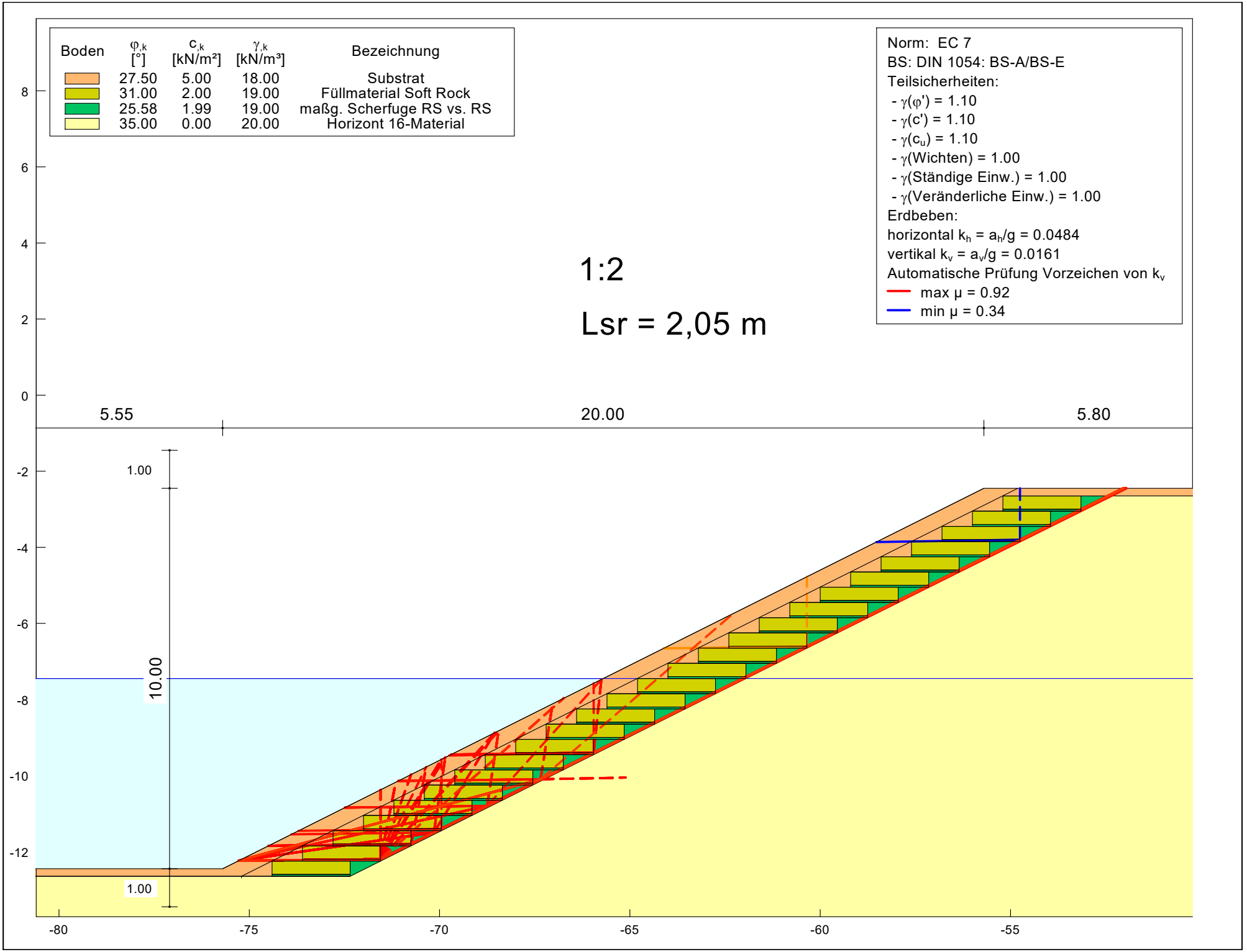
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0161$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
max μ = 0.92
min μ = 0.34

1:2

Lsr = 2,05 m



Maßstab

Anlage: 1.2.4

Revision: 03

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.03.2026

Kontrolliert: J. Pries

Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-P (Endzustand)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls
Revision: 03
Kontrolliert: J. Pries
Datum: 13.03.2026
Maßstab
Anlage: 1.3.1

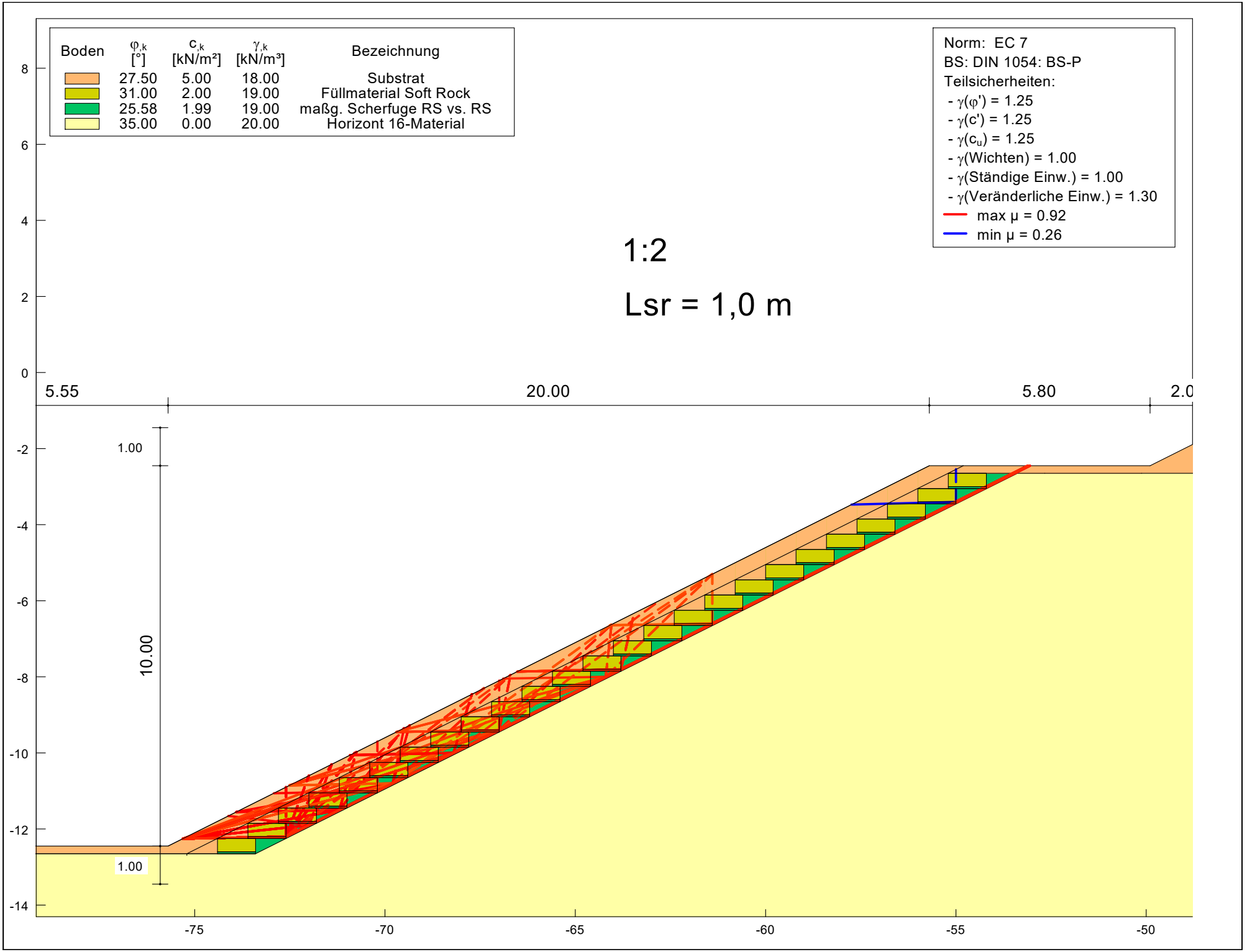
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.25
- $\gamma(c')$ = 1.25
- $\gamma(c_u)$ = 1.25
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30

max μ = 0.92
min μ = 0.26

1:2

Lsr = 1,0 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-A (außergewöhnlicher Lastfall)

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls
Kontrolliert: J. Pries
Revision: 03
Datum: 13.03.2026
Maßstab
Anlage: 1.3.2

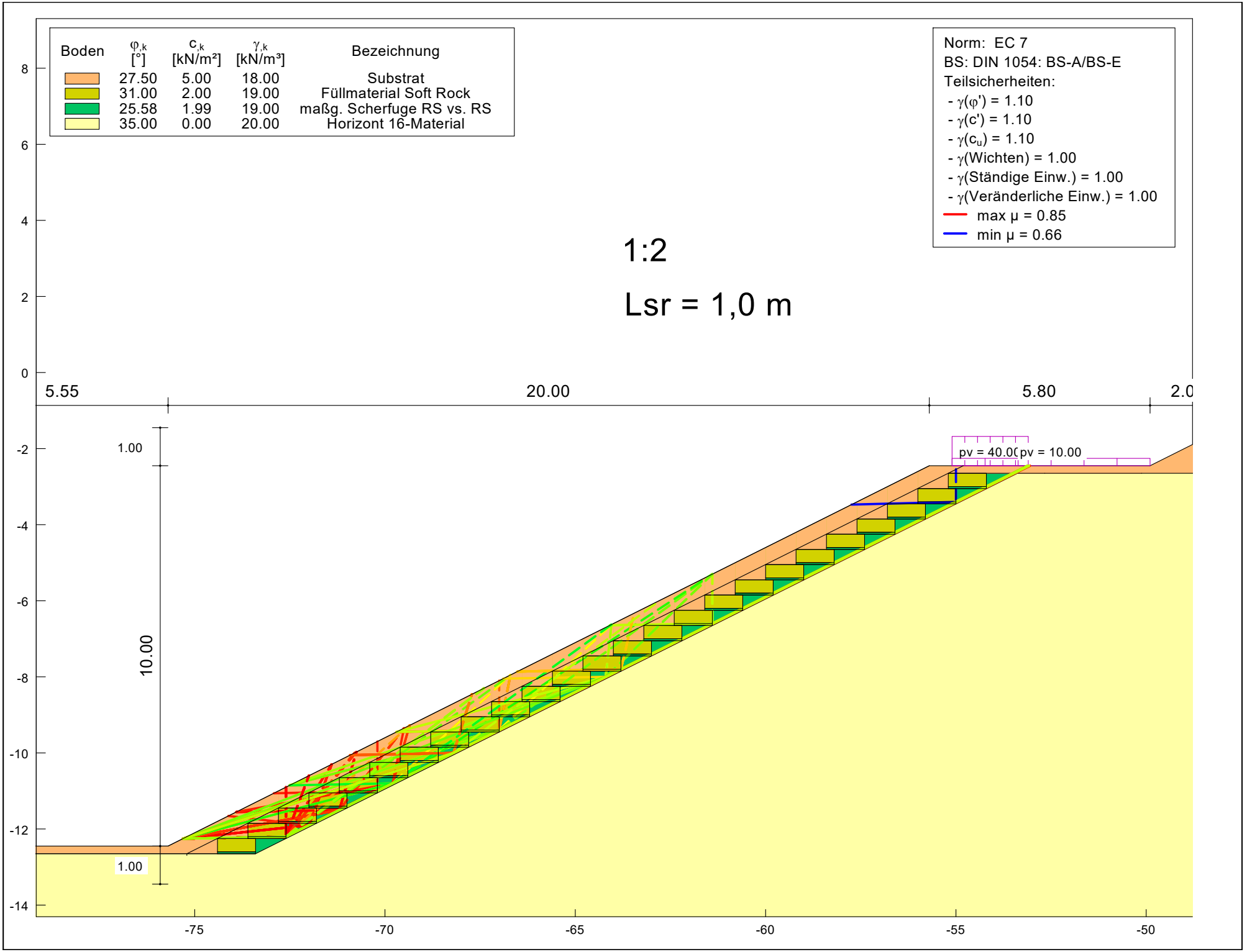
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.10
- $\gamma(c')$ = 1.10
- $\gamma(c_u)$ = 1.10
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

max μ = 0.85
min μ = 0.66

1:2

Lsr = 1,0 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

Erstellt: W. Pauls

Kontrolliert: J. Pries

Revision: 03

Datum: 13.03.2026

Maßstab

Anlage: 1.3.3

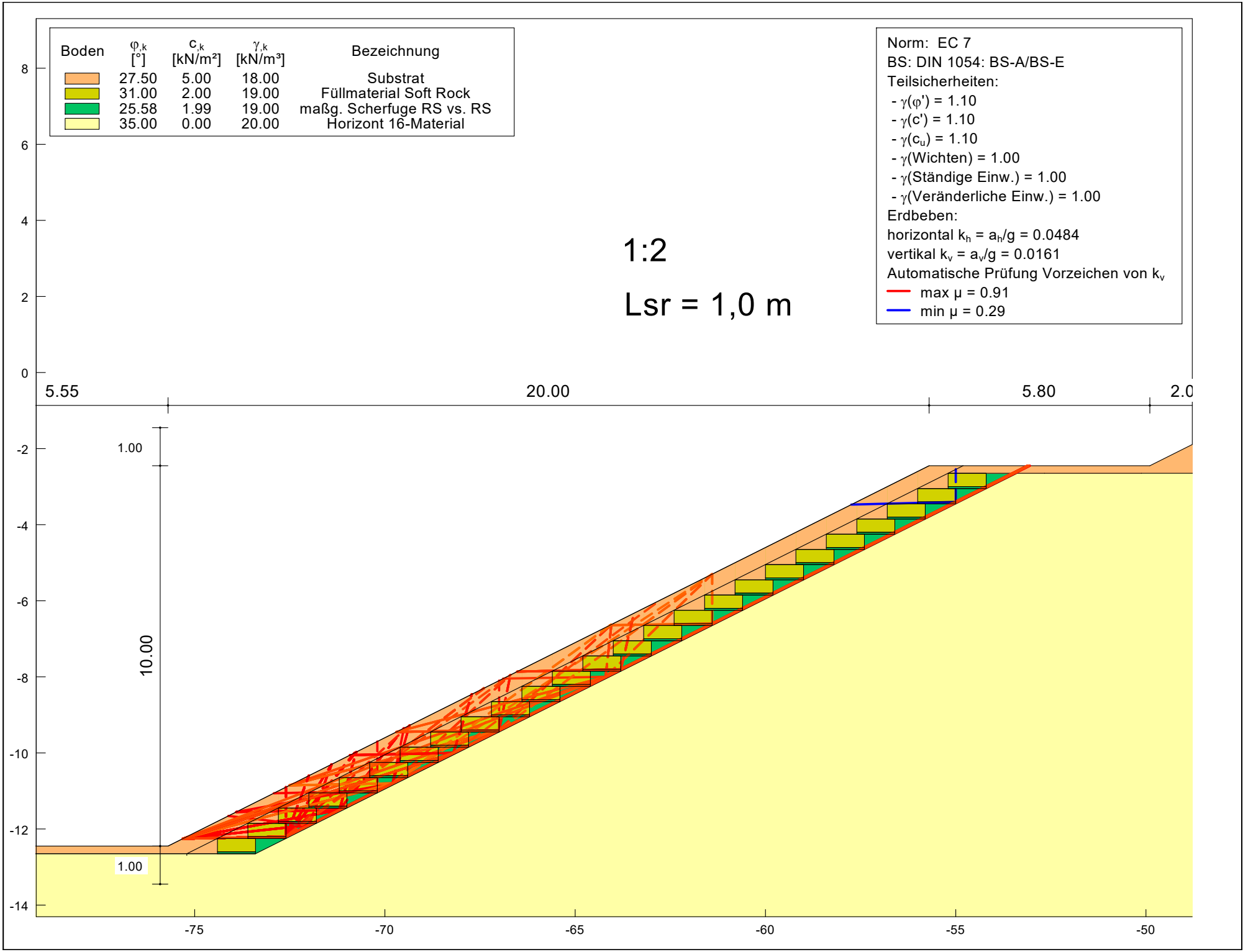
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi') = 1.10$
- $\gamma(c') = 1.10$
- $\gamma(c_u) = 1.10$
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g = 0.0484$
vertikal $k_v = a_v/g = 0.0161$
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
max μ = 0.91
min μ = 0.29

1:2

Lsr = 1,0 m



Berechnung: Böschungsbruch mit Zwischengleitkörpern - BS-E mit Wasserlinie bei 0,5 der Böschungshöhe

Detail: Schnitt 1+000.00: Mittlere Böschung - Linke Seite

Naue GmbH & Co. KG
Gewerbestraße 2
D-32339 Espelkamp - Germany
Telefon: +49 (0) 5743-93-205-60 Fax: +49 (0) 5743-93-205-66 E-mail: contact@bbtgeo.com

Projekt: DE Hambach
Tagebau Uferbefestigung

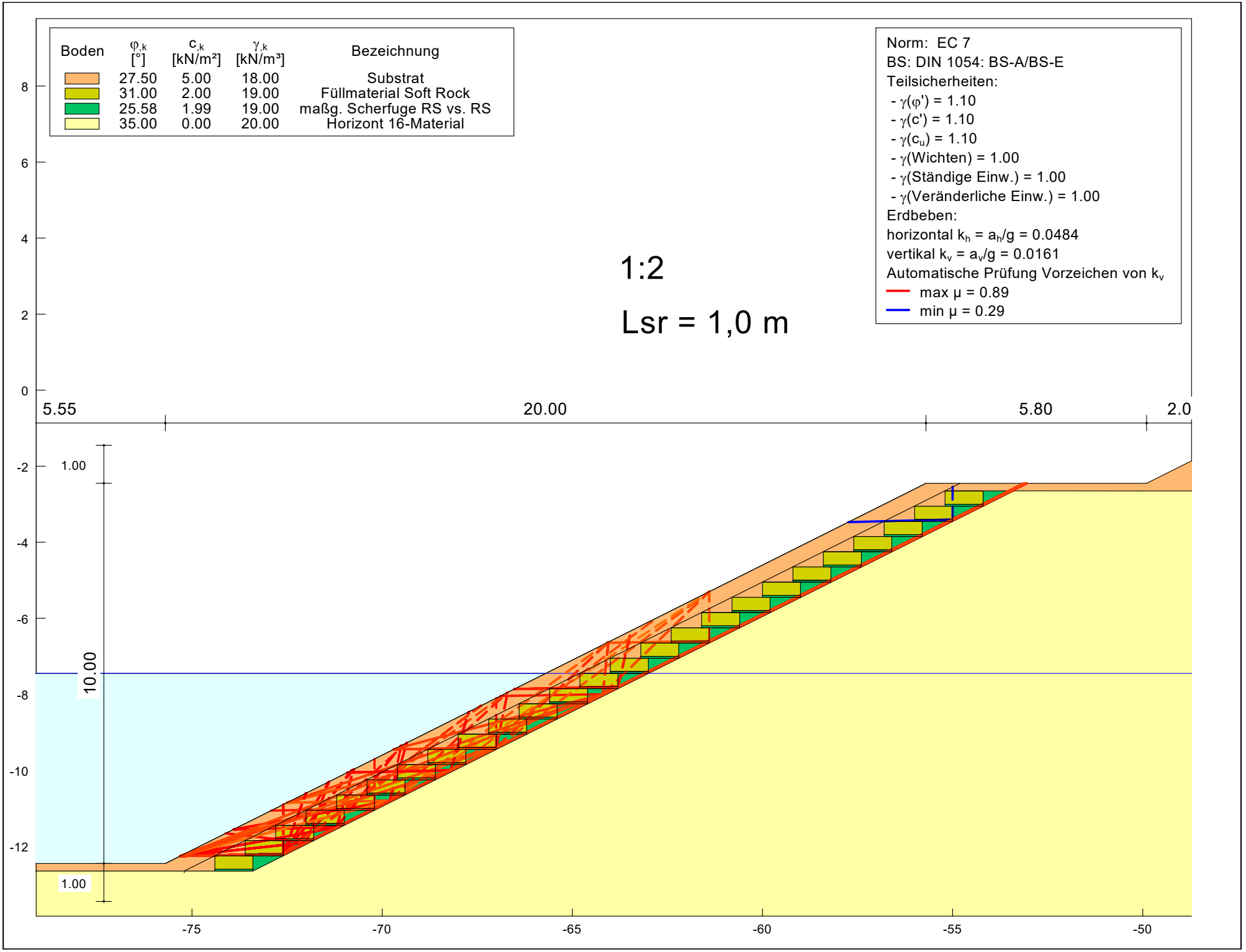
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	27.50	5.00	18.00	Substrat
	31.00	2.00	19.00	Füllmaterial Soft Rock
	25.58	1.99	19.00	maßg. Scherfuge RS vs. RS
	35.00	0.00	20.00	Horizont 16-Material

Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-A/BS-E
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.10
- $\gamma(c')$ = 1.10
- $\gamma(c_u)$ = 1.10
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g$ = 0.0484
vertikal $k_v = a_v/g$ = 0.0161
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
max μ = 0.89
min μ = 0.29

1:2

Lsr = 1,0 m



Maßstab

Revision: 03

Erstellt: W. Pauls

Datum: 13.03.2026

Kontrolliert: J. Pries

Anlage: 1.3.4

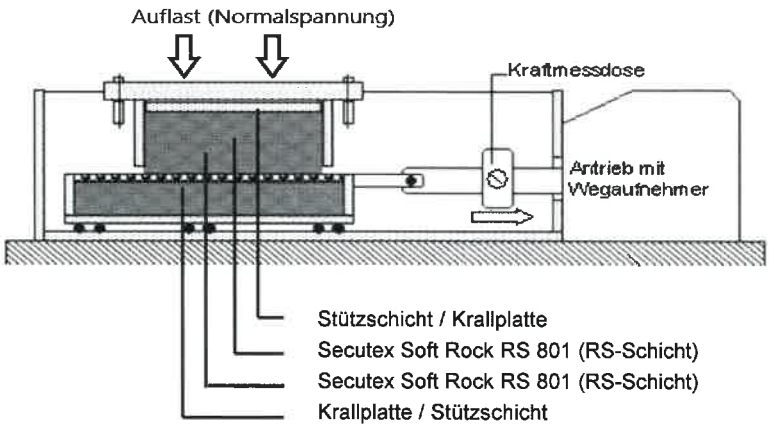
Reibungsversuch

S2-006-23 Secutex Soft Rock Datenblätter

Versuchsaufbau: Stützschicht / Krallplatte
Secutex Soft Rock RS 801 (RS-Schicht)
Secutex Soft Rock RS 801 (RS-Schicht)
Krallplatte / Stützschicht

Bemerkungen:

Das Reibungsverhalten im direkten Scherversuch wird mit einem Rahmenschergerät ermittelt. Das Probenpaket wird über einen Druckstempel mit der Auflast belastet.

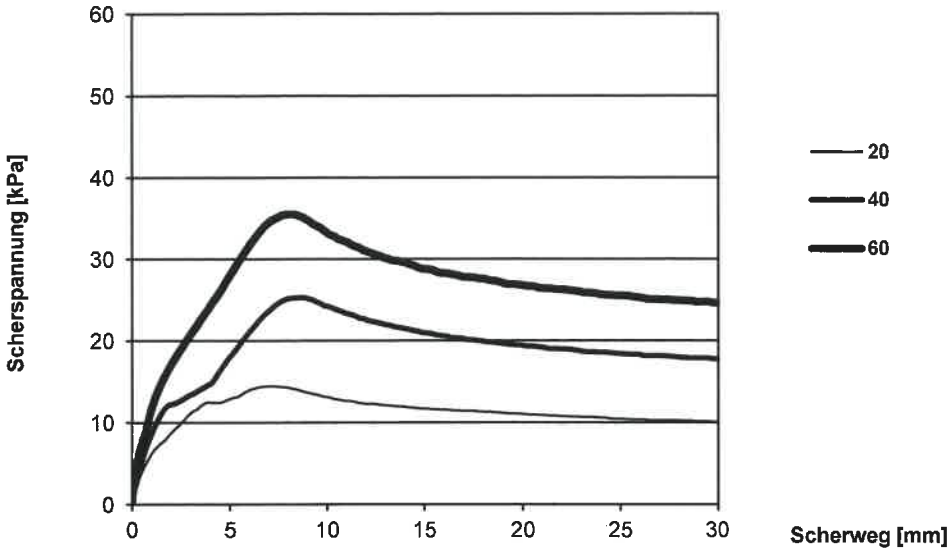


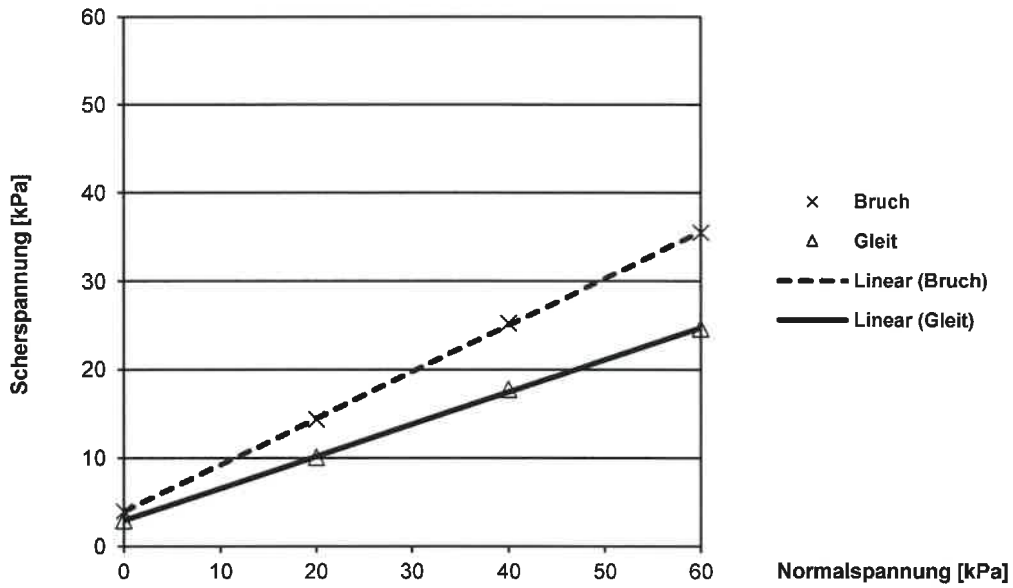
Der bewegliche, untere Behälter wird mit einer konstanten Schergeschwindigkeit verschoben. Es werden dabei die Zugkraft/Scherspannung und der Verschiebungsweg in Abhängigkeit zur Auflast/Normalspannung registriert.

Versuchsbedingungen:

Scherfugenbezeichnung:	Secutex Soft Rock RS vs. Secutex Soft Rock RS
Scherfläche [cm²]:	900
Schergeschwindigkeit [mm/h]:	10
Scherfuge:	unter Wasser
Konsolidierung:	ja, mit Wasser

Normalspannungen [kPa]	20	40	60
Konsolidierungspannung [kPa]	20	40	60
Konsolidierungszeit [h]	1	1	1





Regressionsgrade für τ_{Bruch}: 3,98 + σ * tan 27,77°
Regressionsgrade für τ_{Gleit}: 2,93 + σ * tan 19,98°

Die erdstatisch richtige Weiterverwendung der Ergebnisse bzw. die Überprüfung auf deren Vollständigkeit obliegt den vor Ort zuständigen Sachverständigen unter richtiger Würdigung und Interpretation aller Belange des geplanten Bauwerks und des Untergrundes.

Espelkamp 12.01.2023

A. Polzin

i.A. A. Polzin

Knost

i.A. K. Knost