

Vorhaben:



***Gleisanschluss der Fa. Sibelco Deutschland GmbH
Grube Pfeul in Niederahr;
Erweiterung des Gleisanschlusses für die
Andienung mit 12 Bahnwagen***

Unterlage 17 – Geotechnischer Bericht

<u>Unterlage</u>	<u>Bezeichnung</u>
------------------	--------------------

17.1	1. Geotechnischer Bericht vom 20.08.2020
------	--

- **Nur zur Information** -

Geotechnischer Bericht

zum
Projekt

Gleiserweiterung

Tongrube Pfeul

Niederahr

AZ.: 07 20 10

1. Bericht vom 20.08.2020

Erstattet von:

Institut für Geotechnik
Dr. Jochen Zirfas GmbH & Co. KG
Egerländer Straße 44
65556 Limburg
Tel.: 06431/2949-0
E-Mail: info@ifg.de



Auftraggeber:

Albert Weil AG
Albert-Weil-Straße 1
65555 Limburg



BAUNTERNEHMUNG

ALBERT WEIL AG

Auf Werte bauen





Inhaltsverzeichnis

1.0	Auftrag.....	6
2.0	Situation	7
3.0	Baugrund	9
3.1	Oberboden / Auffüllungen	11
3.2	Hangschutt	12
3.3	Trachyt, verwittert bis zersetzt	14
3.4	Tertiäre Sedimente.....	15
4.0	Bodenmechanische Laborversuche / Bodenkennwerte Lockergesteine.....	16
4.1	Oberboden / Auffüllung	17
4.1.1	Oberboden	17
4.1.2	Auffüllungen	17
4.2	Hangschutt	19
4.3	Trachyt, verwittert bis zersetzt	20
4.4	Tertiäre Sedimente.....	21
5.0	Wasserverhältnisse	22
6.0	Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	24
6.1	Baugrund- und Grundwassermodell	24
6.2	Bauwerksdaten.....	25
6.2.1	Stützkonstruktion Schnitt A-A bis F-F.....	25
6.2.2	Einschnitt Achse L-L bis I-I	26
6.3	Einschnitt Achse L-L bis I-I	27
6.3.1	Stand sicherheitsberechnung nach DIN 4084.....	27
6.3.2	Erdbautechnische Hinweise	28
6.4	Stützkonstruktion Achse A-A bis F-F	30
6.4.1	Baugrube / Wasserhaltung.....	30
6.4.2	Gründung.....	33
7.0	Geodynamik	35
8.0	Bodenklassen / Frostklassen / Homogenbereiche.....	36
9.0	Schlussbemerkungen	38



Anlagenverzeichnis

- 1 Lageplan der Aufschlusspunkte, Maßstab 1 : 1.000
- 2.1 Profilschnitt der Kleinbohrungen, Widerstandskennliniendiagramm, RKS 1, RKS 2, RKS 3, DPH 9, Maßstab 1 : 50
- 2.2 Profilschnitt der Kleinbohrungen, Widerstandskennliniendiagramme, RKS 4c, RKS 4a, RKS 4b, DPH 8, RKS/DPH 5, RKS/DPH 6, RKS/DPH 7, Maßstab 1 : 50
- 3.1.1 Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1
- 3.1.2 Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12
- 3.1.3 Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4
- 3.2 Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4
- 3.3.1 Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1
- 3.3.2 Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892-4
- 4.1 Standsicherheitsnachweis Einschnittsböschung, Baugrundmodell 1 – Hangschutt
- 4.2 Standsicherheitsnachweis Einschnittsböschung, Baugrundmodell 2 – tertiäre Sedimente (Ton)
- 4.3 Standsicherheitsnachweis Einschnittsböschung, Baugrundmodell 3 – Trachyt, vwt.- z.
- 5.1.1 Setzungsabschätzung U-Profil für Werksgleis, ständige Einwirkungen
- 5.1.2 Setzungsabschätzung U-Profil für Werksgleis, ständige Einwirkungen, Schnitt
- 5.1.3 Setzungsabschätzung U-Profil für Werksgleis, ständige Einwirkungen, Bettungsmodul
- 5.2.1 Setzungsabschätzung U-Profil für Werksgleis, ständige und veränderliche Einwirkungen



- 5.2.2 Setzungsabschätzung U-Profil für Werksgleis, ständige und veränderliche Einwirkungen, Schnitt
- 5.2.3 Setzungsabschätzung U-Profil für Werksgleis, ständige und veränderliche Einwirkungen, Bettungsmodul



Unterlagen

Mitgeltende Fremdunterlagen

- [FU 1] Lageplan 12W_20200501.pdf
- [FU 2] Höhenplan Gleis_20200501.pdf
- [FU 3] Höhenplan WWeg_20200501.pdf
- [FU 4] QP östl.Gleis_20200501.pdf
- [FU 5] QP westl.Gleis_20200501.pdf
- [FU 6] QP westl.Gleis_20200508.pdf
- [FU 7] QP westl.Gleis_20200513.pdf

Mitgeltende Unterlagen IfG

- [U 1] Prof. Dr.-Ing. habil. Claus Göbel, Prof. Dr.-Ing. Klaus Lieberenz;
Handbuch Erdbauwerke der Bahnen, Eurailpress Tetzlaff-Hestra
GmbH & Co. KG, 1. Auflage 2004, ISBN 3-7771-0317-9



1.0 Auftrag

Die Firma Albert Weil AG erteilte den Auftrag, Bodenuntersuchungen zu der geplanten Erweiterung eines Gleisanschlusses für die Grube Pfeul der Firma Sibelco Deutschland GmbH in Niederahr vorzunehmen.

Die Bodenverhältnisse im Bereich eines geplanten Geländeeinschnittes sowie im Bereich einer geplanten Stützkonstruktion im Verlauf des neuen Gleisanschlusses sind zu erkunden und in einem Geotechnischen Bericht zu beschreiben.

Für die Stützkonstruktion im Bereich der Schnitte A-A bis F-F sind Gründungsempfehlungen auszuarbeiten und allgemeine erdbautechnische Hinweise zu liefern.

Für den Einschnittsbereich sind ein Standsicherheitsnachweis für die geplanten Böschungen mit einem Steigmaß von 1 : 1,5 aufzustellen und ebenfalls allgemeine Empfehlungen zur Projektrealisierung zu erarbeiten.



2.0 Situation

Die Firma Sibelco Deutschland GmbH plant die Erweiterung des Gleisanschlusses der Tongrube Pfeul bei Niederahr. Die Planung der Baumaßnahme erfolgt über die KMN Beratung und Planung GbR aus Elz. Die Projektrealisierung soll durch die Albert Weil AG erfolgen. Zur geotechnischen Fachberatung wurde durch die Albert Weil AG in Abstimmung mit dem Fachplaner das IfG herangezogen.

Für die geplante Gleistrasse wurden Baugrunderkundungen für zwei Teilbereiche veranlasst. Es handelt sich einerseits um einen etwa 55 m langen Bereich, dessen Gradienten oberhalb des derzeitigen Geländes verläuft. Die Planung sieht vor, das Gleis beidseitig durch Stützwände einzufassen und es wurde dazu ein U-förmiger Trog geplant, der bis zum Gleisbett aufgefüllt wird.

Darüber hinaus ist ein Gleisabschnitt zu untersuchen, der im Einschnitt verlaufen soll.

Wesentliche Aufgabenstellungen der Baugrunderkundung sind die Beurteilung der Tragfähigkeit des Untergrundes für die geplanten Maßnahmen, eine Überprüfung der geplanten Böschungsneigungen, die je ein Steigmaß von 1 : 1,5 vorsehen sowie eine Angabe dazu, ob die Versickerung von Niederschlagswässern bei den vorliegenden Untergrundverhältnissen in Betracht kommt.

Die Gleiserweiterung für den Gleisanschluss der Tongrube Pfeul bei Niederahr erfolgt in unmittelbarer Nachbarschaft des DB-Gleises, Strecke 3747. Es handelt sich hierbei um die Bahnstrecke Erdbach-Montabaur in 1.435 mm Normalspur, die nur noch im Abschnitt zwischen Wallmerod und Montabaur für den Güterverkehr in Betrieb ist. Ansonsten sind in der Strecke sowohl der Personenverkehr als auch der Güterverkehr eingestellt worden.



Die geplanten Baumaßnahmen erfassen eine bestehende Werksstraße:



In diesem Bereich wird eine U-förmige Stützkonstruktion mit innenliegender Gleisanlage realisiert. Östlich der bestehenden Verladeanlage endet das Gleis derzeit in einem Einschnitt:



Dieser Einschnitt wird in östliche Richtung erweitert.



3.0 Baugrund

Um Aufschluss über die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse zu erhalten, wurden folgende Bodenaufschlüsse angelegt:

Rammkernsondierungen:	RKS 1, RKS 2, RKS 3, RKS 4a, RKS 4b, RKS 4c
Rammsondierungen:	DPH 8, DPH 9
Kombinierte Aufschlüsse:	RKS/DPH 5, RKS/DPH 6, RKS/DPH 7

Die Rammkernsondierungen wurden mit einem Durchmesser von 80/60/50 mm ausgeführt.

Die Rammsondierungen erfolgten nach DIN EN 22476-2 mit der Sonde Typ DPH. Der Spitzenquerschnitt der Sonde betrug 15 cm². Das Sondiergestänge wurde mit einer Fallgewichtskraft von 500 N in den Untergrund eingetrieben.

Die Ansatzpunkte der Bodenaufschlüsse ergeben sich aus dem Lageplan der Anlage 1 im Maßstab 1 : 1.000.

Die Aufzeichnungen der Bohrprofile aus den direkten Bodenaufschlüssen und die Widerstandskennliniendiagramme der Rammsondierungen sind in Schnitten in der Anlage 2 im Maßstab 1 : 50 aufgetragen.

Aus den durchgeführten Bodenaufschlüssen, einer detaillierten Geländeaufnahme sowie den allgemeinen geologischen Kartenunterlagen ergibt sich für den Projektstandort folgendes Bild der allgemeinen Baugrundsituation:

Die Basis des Geländes wird durch devonische Festgesteine eingenommen, denen tertiäre Lockersedimente, bestehend aus Tonen und Schluffen aufliegen. Teilweise



werden diese Beckensedimente durch Trachyt überlagert, welcher im Oligozän während des Vulkanismus im Rheinischen Schiefergebirge entstanden ist.

Der Trachyt ist an seiner Hangendgrenze aufgewittert bis zersetzt. Er wird nach den Ergebnissen der durchgeführten Baugrunderkundung bisweilen durch quartäre Lockersedimente abgedeckt, die auch im Hangenden der Beckensedimente des Miozäns nachgewiesen werden konnten. Geogenetisch können die quartären Lockersedimente als Hangschutt beschrieben werden. Die Abdeckung der Bodenabfolge zur Geländeoberkante wird durch Auffüllungen bzw. Oberboden gebildet.

Nachfolgend erfolgt die ausführliche Beschreibung der erkundeten Bodenschichten hinsichtlich Vorkommen, Schichtstärken, Farbe und bodenmechanischer Feldansprache.



3.1 Oberboden / Auffüllungen

Die natürliche Bodenabfolge ist bedingt durch die Anlage des Werksgeländes nur noch lokal erhalten. So wurde gewachsener Oberboden vorzugsweise im Bereich des Aufschlusses RKS/DPH 7 am Ostrand der geplanten Gleiserweiterung nachgewiesen. Die Oberbodenauflage setzt sich aus einem sandigen, kiesigen, schwach organischen Schluff von brauner Färbung zusammen.

Auch mit den Kleinbohrungen RKS 4a bis RKS 4c wurde in geringer Mächtigkeit Oberboden erkundet. Es dürfte sich hierbei allerdings unter Berücksichtigung der Geländemorphologie um künstlich angedeckten Oberboden im bestehenden Einschnitt des Werksgleises handeln.

In allen anderen Sondierungen wurde als oberstes Schichtglied künstliche Auffüllung erbohrt. Im Profil der Kleinbohrung RKS 1 und RKS 2 handelt es sich um die Schwarzdeckenbefestigung der Werksstraße, die in einer Mächtigkeit von 16 cm bis 17 cm erbohrt wurde. Darunter folgen gemischtkörnige Auffüllungen, die dem ungebundenen Oberbau bzw. den Planumsstabilisierungsschichten zugeordnet werden können. Diese Auffüllungen wurden in den vorgenannten Sondierungen bis 1,2 m bzw. 1,0 m unter GOK nachverfolgt. Das Liegende bilden dort die quartären Lockergesteine.

Mit der Kleinbohrung RKS 3 wurden insgesamt 0,7 m mächtige, bindige Auffüllungen erbohrt. Die heterogene braune bis graue Färbung deutet darauf hin, dass es sich hierbei um umgelagerte Böden handelt. Witterungsbedingt lag das Material in halbfester bis fester Zustandsform vor, wie auch durch die benachbarte Rammsondierung DPH 9 und die entsprechend hohen Schlagzahlen im Topbereich der Sondierung belegt ist.

Im Bereich des zukünftigen Einschnittes wurden Auffüllungen in geringer Mächtigkeit von bis zu etwa 0,3 m aus gemischtkörnigen Böden (verlehmter Schotter) nachgewiesen.



Diese Auffüllungen sind infolge des Aufwuchses und der bereits längeren Liegezeit zum Teil humos entwickelt.

3.2 Hangschutt

Im Liegenden der Auffüllungen setzt am Projektstandort zumeist quartärer Hangschutt ein. Lediglich im Bereich der Kleinbohrungen RKS 4a bis RKS 4c im bestehenden Bahneinschnitt und auch am Ostrand des zukünftigen Bahneinschnittes fehlt diese quartäre Lockergesteinsbedeckung.

Im überwiegenden Teil des neu aufzufahrenden Einschnittes liegt allerdings der quartäre Hangschutt vor und weist dort Mächtigkeiten zwischen etwa 2,0 m (DPH 8) und 3,2 m (RKS/DPH 6) auf. Die Liegendgrenze zeigt im Bereich des Einschnittes zunächst einen Abfall der Schichtunterkante von ca. 308,0 mNN auf 306,5 mNN, bevor dann im äußersten Osten der unterlagernde Trachyt bei RKS/DPH 7 bis zur Geländeoberkante aufsteigt und der Hangschutt auskeilt.

Im Bereich des durch eine Stützkonstruktion einzufassenden Gleisabschnittes bei RKS 1 bis RKS 3 liegt die Mächtigkeit des quartären Hangschuttes in Größenordnungen von etwa 0,9 m bis 3,9 m, wobei die Liegendgrenze zwischen etwa 2,1 m und 4,6 m unter Geländeoberfläche auf Ordinaten zwischen 301,6 mNN und 299,9 mNN verläuft.

Der quartäre Hangschutt besteht in der Regel aus einem Schluff mit tonigen, sandigen und kiesigen Beimengungen in wechselnden Massenanteilen. Die braune bis graubraune Schicht wurde bei den Erkundungsarbeiten im Bereich des zukünftigen Einschnittes vorzugsweise in halbfester bis fester Zustandsform, im westlichen Abschnitt bei RKS 1 bis RKS 3 unterhalb der Werksstraße in steifplastischer Zustandsform erkundet.



Im Bereich der Aufschlussposition RKS/DPH 6 liegt der Hangschutt in einem rd. 0,8 m mächtigen Topbereich als stark schluffiger, sandiger Kies vor.



3.3 Trachyt, verwittert bis zersetzt

Im östlichen Sektor des umzugestaltenden bzw. zu erweiternden Gleisanschlusses wurde im Liegenden der Oberbodenauflage (RKS/DPH 7) bzw. unterhalb der quartären Hangschuttabfolge verwitterter bis zersetzter Trachyt nachgewiesen. Er steht zudem an der Sohle des bestehenden Bahneinschnittes bei RKS 4a bis RKS 4c unter einer geringmächtigen Vegetationsschicht an.

Im Bereich seiner Hangendgrenze ist der Trachyt zu einem Lockergestein aufgewittert und im Kleinbohrverfahren sondierfähig. Der Verwitterungsschutt wurde bei RKS/DPH 7 in dichter Lagerungsdichte in der Korngröße eines schwach sandigen, schluffigen Kiesel aufgeschlossen. Im Aufschluss RKS/DPH 5 ist der Trachyt zu einem kiesigen, schluffigen Sand zersetzt. Im Profil der RKS/DPH 6 wurde ein Gesteinsmehl aus Schluff mit Beimengungen der Ton-, Sand- und Kiesfraktion in fester Konsistenz erbohrt. Die Beschaffenheit der Zersetzprodukte variiert demnach stärker.

Bei den Sondierungen RKS/DPH 6 und RKS/DPH 7 wurde im direkten Aufschlussverfahren mit Flurabständen zwischen etwa 2,7 m und 4,0 m die Geräteauslastung erreicht. Auch im indirekten Aufschlussverfahren konnten die geplanten Endteufen von 8,0 m unter GOK nicht erreicht werden, was erwarten lässt, dass an der Sohle des Einschnittes stellenweise der Übergang vom zersetzten Trachyt, der keine Festgesteinseigenschaften mehr aufweist, zum verwitterten Fels erfolgen kann.

Die Gesteins- und Gebirgsverhältnisse unterhalb der erreichten Aufschlusstiefe können vom IfG nicht beurteilt werden. Sofern dazu Informationen benötigt werden, sind vertiefende Erkundungen im Kernbohrverfahren zu veranlassen.

Für Standsicherheitsbetrachtungen ist es aus geotechnischer Sicht nicht erforderlich, eine vertiefende Erkundung zu realisieren, wenn der Trachyt in Festgesteinsqualität mit den bodenmechanischen Kenndaten des zersetzten Trachyts ersatzweise beschrieben wird.



3.4 Tertiäre Sedimente

Im westlichen Trassenabschnitt, der mit den Sondierungen RKS 1 bis RKS 3 sowie dem indirekten Aufschluss DPH 9 erfasst wird, setzt unterhalb des quartären Hangschutts das sedimentäre Tertiär ein.

Es handelt sich um Sedimente, die aus einem halbfesten Ton mit schluffigen und sandigen Beimengungen bestehen. Untergeordnet wurde das Material in RKS 3 als schwach toniger, stark feinsandiger Schluff, allerdings ebenfalls in halbfester Zustandsform nachgewiesen. Der indirekte Aufschluss DPH 9 bestätigt mit den unterhalb von ca. 300 mNN aufgezeichneten Eindringwiderständen ebenfalls eine halbfeste Zustandsform der Tertiärsedimente mit Tendenz zur festen Konsistenz.

Es ist zu erwarten, dass auch unterhalb der Trachyte im östlichen Teil des geplanten Gebietes die Beckensedimente einsetzen. Allerdings ist es unter Berücksichtigung der Sondierergebnisse wenig wahrscheinlich, dass die Trachytdecke bei den Einschnittsarbeiten durchbrochen wird. Da die Sondierungen teilweise oberhalb der geplanten Einschnittssohle enden, kann dies allerdings nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Das IfG wird die Standsicherheitsbetrachtungen für die Einschnitte so durchführen, dass auch für den Fall der Präsenz der sedimentären Tertiärformationen eine Aussage getroffen werden kann.



4.0 Bodenmechanische Laborversuche / Bodenkenwerte Lockergesteine

Zur Festlegung der maßgebenden bodenmechanischen Rechenwerte wurden Laborversuche durchgeführt. Die einzelnen Prüfdaten sind der Anlage 3 zu entnehmen.

Es wurden im Einzelnen die folgenden Bodenkenwerte ermittelt bzw. Bodenkenwertzuordnungen in Anlehnung an DIN 1055/EAU/EAB sowie auf Grundlage von labortechnisch abgesicherten Erfahrungswerten vorgenommen:

γ_k	= Feuchtwichte (kN/m^3)
γ'_k	= Feuchtwichte unter Auftrieb (kN/m^3)
φ'_k	= Reibungswinkel ($^\circ$)
φ^*_k	= Ersatzreibungswinkel ($^\circ$)
c'_k	= Kohäsion (kN/m^2)
c_{uk}	= Kohäsion, undränert (kN/m^2)
$E_{s,k(1)}$	= Steifemodul (MN/m^2) – Erstbelastung
$E_{s,k(2)}$	= Steifemodul (MN/m^2) - Wiederbelastung
k_f	= Durchlässigkeit (m/s)



4.1 Oberboden / Auffüllung

4.1.1 Oberboden

Nach DIN 18196 ergibt sich die Einstufung OH.

Für erdstatische Berechnungen gelten folgende bodenmechanische Kenndaten:

$$\gamma_k = 18,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma'_k = 8,0 \text{ kN/m}^3$$

4.1.2 Auffüllungen

Nach DIN 18196 ergibt sich die Einstufung A.

Für erdstatische Berechnungen gelten folgende bodenmechanische Kenndaten:

a) Oberbodenartige Auffüllung

$$\gamma_k = 18,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma'_k = 8,0 \text{ kN/m}^3$$



b) Gemischtkörnige Auffüllungen

Für erdstatische Berechnungen gelten folgende bodenmechanische Kenndaten:

$$\gamma_k = 20,0 - 21,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma'_k = 10,0 - 12,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi^*_k = 30^\circ \text{ bis } 35^\circ$$

$$c'_k = 0 - 2,0 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{s,k} = - \text{MN/m}^2$$

$$k_f = 10^{-4} - 10^{-6} \text{ m/s}$$

c) Feinkörnige Auffüllungen

Für erdstatische Berechnungen gelten folgende bodenmechanische Kenndaten:

$$\gamma_k = 19,5 - 20,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma'_k = 9,5 - 10,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi^*_k = 27,5^\circ$$

$$c'_k = 10,0 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{s,k} = - \text{MN/m}^2$$

$$k_f = 10^{-6} - 10^{-8} \text{ m/s}$$



4.2 Hangschutt

Nach DIN 18196 ergibt sich die Einstufung TM/TL, untergeordnet GÜ, SÜ.

Für erdstatische Berechnungen gelten folgende bodenmechanische Kenndaten:

$$\gamma_k = 20,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma'_k = 10,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi'_k = 27,5^\circ$$

$$c'_k = 10,0 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{s,k(1)} = 12,0 \text{ MN/m}^2$$

$$E_{s,k(2)} = 30,0 \text{ MN/m}^2$$

$$k_f = 10^{-6} - 10^{-8} \text{ m/s}$$



4.3 Trachyt, verwittert bis zersetzt

Nach DIN 18196 ergibt sich die Einstufung SU/SÜ, GU/GÜ (VZ), untergeordnet TL.

Für erdstatische Berechnungen gelten folgende bodenmechanische Kenndaten:

$$\gamma_k = 21,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma'_k = 12,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\varphi'_k = 37,5^\circ$$

$$c'_k = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

$$E_{s,k(1)} = 40,0 - 60,0 \text{ MN/m}^2$$

$$E_{s,k(2)} = 80,0 - 120,0 \text{ MN/m}^2$$

$$k_f = 10^{-5} - 10^{-7} \text{ m/s}$$



4.4 Tertiäre Sedimente

Nach DIN 18196 ergibt sich die Einstufung TM/TL/TA, untergeordnet $S\bar{T}$.

Für erdstatische Berechnungen gelten folgende bodenmechanische Kenndaten:

$$\begin{aligned}\gamma_k &= 20,5 \text{ kN/m}^3 \\ \gamma'_k &= 10,5 \text{ kN/m}^3 \\ \varphi'_k &= 22,5^\circ \\ c'_k &= 15,0 \text{ kN/m}^2 \\ E_{s,k(1)} &= 15,0 \text{ MN/m}^2 \\ E_{s,k(2)} &= 37,5 \text{ MN/m}^2 \\ k_f &= 10^{-8} - 10^{-10} \text{ m/s}\end{aligned}$$



5.0 Wasserverhältnisse

Zum Zeitpunkt der Erkundungsarbeiten am 16.07.2020 (Aufschlüsse 3 – 7) bzw. 01.08.2020 (Aufschlüsse 1 und 2) wurde im erkundeten Profilabschnitt kein Grund-, Schicht- und Stauwasser festgestellt.

Ein zusammenhängender Grundwasserhorizont ist erst in den im Liegenden der miozänen Beckensedimente entwickelten Festgesteine des Devons zu erwarten. Mit diesem Kluftwasser zeigt das geplante Bauvorhaben keine Wechselwirkungen.

Die anstehenden Böden sind durch eine nur geringe Durchlässigkeit gekennzeichnet, sodass mit der Ausbildung von aufstauendem Sickerwasser ab derzeitiger Geländeoberkante gerechnet werden muss.

Für die gezielte Infiltration von Niederschlagswasser in den Untergrund sind die erkundeten Böden des quartären Schichtkomplexes und auch der tertiären Beckensedimente nicht geeignet. Ihre Durchlässigkeit liegt zumeist deutlich unterhalb des unteren Grenzwertes für den entwässerungstechnisch relevanten Bereich nach dem Arbeitsblatt DWA-A 138.

Die Verwitterungsprodukte des Trachytes können partiell eine Durchlässigkeit aufweisen, welche im Bereich des unteren Grenzwertes nach DWA-A 138 liegt. Aufgrund der wechselhaften Zusammensetzung wird allerdings von einer Versickerung in diesen Verwitterungs- und Zersetzprodukten abgeraten.

Sofern abweichend hiervon dennoch Versickerungsanlagen geplant und ausgeführt werden, ist die Leistungsfähigkeit dieser Anlagen im Großversuch bzw. Probetrieb zu testen und ggf. das Speichervolumen ergebnisabhängig anzupassen. Eine konservative Bemessung in Bezug auf den Ansatz der Durchlässigkeit ist anzuraten.



Aus geotechnischer Sicht sind Regenwasserbewirtschaftungskonzepte zu präferieren, die auf eine Ableitung in eine geeignete Vorflut, ggf. mit vorgeschalteter Drosselung, ausgerichtet sind.



6.0 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

6.1 Baugrund- und Grundwassermodell

Die ausgewerteten Bodenaufschlüsse sowie die bodenmechanische Bewertung infolge der Feldansprache ergeben folgendes Baugrundmodell mit Tragfähigkeitszuordnung:

Schicht	Schichtunterkante [m unter GOK]	Tragfähigkeit
Oberboden	0,1 bis 0,3	keine
Auffüllung	0,3 bis 1,2	oberbodenartige: keine gemischtkörnige: gut feinkörnige: mittel
Hangschutt	2,1 bis 4,6*	mittel
Trachyt**	nicht erreicht	gut bis sehr gut
Tertiäre Sedimente	nicht erreicht	mittel bis gut

* Schichtausfälle im bestehenden Einschnitt bzw. im Osten des neuen Einschnittes

** Schicht nur im östlichen Teil des Projektareals (Einschnitt) vorhanden

Grundwasser in geschlossener Form wurde bis zur maximalen Erkundungstiefe von 8 m unter Geländeoberfläche nicht festgestellt und ist erst in den devonischen Festgesteinen als Kluftwasser zu erwarten.

In den anstehenden Böden ist mit der lokalen und periodischen Ausbildung von aufstauendem Sickerwasser ab derzeitiger Geländeoberfläche zu rechnen.



6.2 Bauwerksdaten

6.2.1 Stützkonstruktion Schnitt A-A bis F-F

Die wesentlichen Angaben zu den Abmessungen der Höhenstellung und den abgeschätzten Bauwerkslasten für die U-förmige Stützkonstruktion sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt:

Schnitt	Breite [m]	Höhe* [m]	$\sigma_{E,k(g)}$ [kN/m ²]	$\sigma_{E,k(q)}$ [kN/m ²]	UK Bauwerk [mNN]
A-A	4,94	3,72	81,75	29,71	301,71
B-B	5,25	3,35	73,75	29,71	302,07
C-C	5,25	2,72	60,13	29,71	302,70
D-D	5,37	2,95	58,28	29,71	302,83
E-E	5,25	2,19	48,68	29,71	303,23
F-F	5,25	1,98	44,14	29,71	303,43

* H = Abstand UK Stützkonstruktion bis OK Stützkonstruktion Trogbauenteil

Der Sohldruck aus den ständigen Einwirkungen wurde aus dem Konstruktionsgewicht der Stahlbetonwanne unter Ansatz eines Raumgewichtes $\gamma_b = 25 \text{ kN/m}^3$ in Verbindung mit einer Vollfüllung bis Oberkante der Wandschenkel mit Boden mit $\gamma = 21 \text{ kN/m}^3$ ermittelt, wobei vereinfachend eine einheitliche Breite von 5,25 m angesetzt wurde. Der Sohldruck $\sigma_{E,k}$ aus veränderlichen Einwirkungen wurde unter Ansatz des vereinfachten Lastbildes UIC 71 mit 60 kN/m^2 auf 2,6 m Breite auf die Bauwerkssohle mit $b = 5,25 \text{ m}$ verteilt.

Unter Ansatz der vorstehenden Spannungen erfolgt eine Setzungsvorabschätzung zur Beurteilung der Gründungsverhältnisse.

Die Gründungssohle (Unterkante Trog) liegt im Bereich der Schnitte A-A bis F-F auf Ordinaten zwischen 301,71 mNN und 303,43 mNN.



Das IfG wird ersatzweise von einer horizontalen Gründungssohle ausgehen und den Schichtgrenzverlauf ab planmäßiger Gründungssohle in den geotechnischen Modellen abbilden.

Das Objekt ist in die Geotechnische Kategorie GK 2 einzuordnen.

6.2.2 Einschnitt Achse L-L bis I-I

Die Bemusterung der Einschnitte hat ergeben, dass die größte Standhöhe im Schnitt K-K erreicht wird. Die Standsicherheitsnachweise werden daher für diesen maßgebenden Schnitt geführt.

Die Abbildung der Einwirkungen aus dem Schienenverkehr auf dem DB-Gleis 3747 erfolgt wiederum durch den vereinfachten Ansatz des Lastbildes UIC 71 mit einer Ersatzflächenlast von 60 kN/m^2 als veränderliche Einwirkung auf 2,6 m Breite. Als Belastungsebene ist nach den einschlägigen Regeln [U 1] die Schwellenunterkante in Ansatz zu bringen. Da sich die Art der Schiene und Art der Schwelle aus den übergebenen Unterlagen nicht erschließen, wurde dazu eine Annahme getroffen. Als Schiene wurde ein Profil UIC 60 mit 172 mm Konstruktionshöhe und eine Schwelle B 70 mit 214 mm Konstruktionshöhe gewählt.

Der geplante Einschnitt an einer Bahnlinie ist in die Geotechnische Kategorie GK 2 einzuordnen.



6.3 Einschnitt Achse L-L bis I-I

6.3.1 Standsicherheitsberechnung nach DIN 4084

Für den geplanten Einschnitt wurde ein Standsicherheitsnachweis nach DIN 4084 angefertigt. Als maßgebendes Profil hat sich in Bezug auf die Böschungsstandhöhe das Profil K-K erwiesen. Dieser Einschnitt wurde vom IfG hinsichtlich Form und Abmessungen detailgetreu nachgebildet. Vereinfachend wurde lediglich die Gleisanlage der DB-Linie 3747 horizontal liegend angesetzt.

Da die Baugrundsichtung im geplanten Einschnitt Unterschiede aufweist, wurden Einschichtmodelle untersucht. Dabei wurde unterstellt, dass das Böschungsprofil und auch der unterhalb des Einschnittes liegende Boden vollständig vom Hangschutt bzw. vollständig vom Trachyt eingenommen werden kann.

Da nicht ausgeschlossen werden kann, dass im äußersten Osten gegebenenfalls der Trachyt auch durchbrochen und die tertiären Lockersedimente angeschnitten werden, erfolgte zusätzlich ein Berechnungsdurchlauf unter Ansatz der charakteristischen Kenngrößen für die miozänen Beckensedimente.

Für alle drei Bodenarten konnten Auslastungsgrade $\mu_{\max} < 1,0$ nachgewiesen werden (siehe Anlage 4).

Es ist daher aus geotechnischer Sicht gerechtfertigt, die Böschungen mit einem Steigmaß 1 : 1,5 anzulegen. Eine steilere Neigung sollte hingegen nicht gewählt werden, da die vorhandenen Auslastungsgrade bereits in Größenordnungen von 90 % liegen.

Der Vollständigkeit halber wird dokumentiert, dass Einflüsse aus Erdbeben unter Berücksichtigung der Lage des Projektareals in Erdbebenzone 0 (siehe Kapitel 7.0) nicht zu berücksichtigen waren.



6.3.2 Erdbautechnische Hinweise

Der Bahneinschnitt verläuft vorzugsweise im quartären Hangschutt bzw. verwitterten bis zersetzten Trachyt. Der Trachyt ist nach Stand der Erkundung soweit aufgewittert bis zersetzt, dass keine Festgesteinseigenschaften mehr vorliegen. Im äußersten Osten ist allerdings zu erwarten, dass Trachyt mit Festgesteinscharakter bis über die Einschnittssohle auftaucht. Dementsprechend ist hier mit einem erhöhten Lösewiderstand der Gesteine zu rechnen und voraussichtlich der Einsatz von Lösehilfen (Reißzahn) erforderlich.

Die Einschnittssohle wird im Vergleich mit den Bodenaufschlüssen überwiegend im zersetzten Trachyt verlaufen, der als mehr oder weniger wasseranfälliges Lockergestein erkundet wurde. Im äußersten Osten ist voraussichtlich Fels in der Sohle vorherrschend, wobei, wie bereits erläutert wurde, auch das Durchbrechen der vulkanischen Gesteinsdecken bis in die miozänen Beckensedimente nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann.

Das IfG empfiehlt, zur Gewährleistung eines ausreichend tragfähigen Planums eine Stabilisierungsschicht von $d = 0,25$ m aus Schotter der Körnung 0/32-56 einzuplanen. Mit diesem Material sind die witterungsanfälligen Zersatzdecken gegenüber Sekundäraufweichungen zu schützen. Im Verbreitungsgebiet des Festgesteins bzw. gegebenenfalls der miozänen Schluffe und Tone dient diese Schicht wahlweise als Planumsstabilisierungsschicht bzw. dem Felsreliefausgleich.

Auf der Oberkante der verdichteten Schicht gilt ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45$ MN/m². Darauf ist dann das Gleisbett nach Maßgabe der Fachplanung für das Werksgleis aufzulagern.



Die Dauerböschungen des Bahneinschnittes sind kurzfristig ingenieurbologisch wirksam zu bepflanzen. Darüber hinaus sind Maßnahmen zur dauerhaften Entwässerung des Einschnittes (periodischer Schicht- und Stauwasseranfall) vorzusehen.



6.4 Stützkonstruktion Achse A-A bis F-F

6.4.1 Baugrube / Wasserhaltung

Am Westrand ist die geplante Erweiterung der Gleisanlagen im Schutz einer Stützkonstruktion geplant. Diese Konstruktion besteht aus einem im Querschnitt U-förmig ausgebildeten Stahlbetontrog, der bis auf die erforderliche Höhe geführt, verfüllt und mit dem Gleisoberbau ausgestattet wird.

Ausweislich der zur Verfügung gestellten Planunterlagen grenzt der Trog an das bestehende DB-Gleis 3747 an. Bei dem nur geringen seitlichen Abstand zum Bahnkörper ist eine Baugrubensicherung durch ein vorgeseztes Verbausystem erforderlich. Dazu sind mit dem Eigentümer der Bahnanlagen entsprechende Abstimmungen in Bezug auf die Anforderungen zu treffen. Insbesondere ist zu klären, ob ein besonders verformungsarmes Verbausystem verwendet werden muss.

Folgende Lösungsansätze kommen in Betracht:

- frei eingespannte Trägerbohlwand (nicht besonders verformungsarm)
- frei eingespannte Pfahlwand (besonders verformungsarm)

Aufgrund der relativ geringen Baugrubentiefe ist aus geotechnischer Sicht eine Rückverankerung entbehrlich. Diese Annahme ist bei der Auslegungsberechnung der Verbausysteme zu überprüfen. Sofern sich abweichend von den Erwartungen des IfG eine Rückverankerung als erforderlich erweist, um die Wandverformungen zu limitieren, sind dazu ergänzende Empfehlungen beim IfG einzuholen.

Erfolgt die Sicherung der Baugrube durch eine frei eingespannte Trägerbohlwand, sollten die Träger in vorgebohrte Löcher eingestellt und einbetoniert werden. Von einem Einrütteln oder Einvibrieren der Träger wird abgeraten, da schädliche



Wechselwirkungen mit den bestehenden Gleisen (Setzungen / Sackungen) nicht ausgeschlossen werden können.

Im Schutz der Verbaukonstruktion ist die Baugrube auszuheben, die auf der dem DB-Gleis abgewandten Seite mit folgenden Böschungswinkeln abgeböschert werden kann:

Auffüllung, gemischtkörnig: $\beta \leq 45^\circ$

Auffüllung, feinkörnig: $\beta \leq 60^\circ$

Hangschutt: $\beta \leq 60^\circ$

Tertiäre Sedimente: $\beta \leq 60^\circ$

Bis zu einer freien Böschungshöhe von 5 m, die nicht zur Ausführung kommen, können die Böschungen ohne gesonderten Standsicherheitsnachweis hergestellt werden, sofern die Vorgaben der DIN 4124 eingehalten werden.

Aufgrund von austretendem Schichtwasser innerhalb der Böschung ist es möglich, dass sich lokale Böschungsausbrüche einstellen. In diesem Fall ist das anstehende Material prismenförmig herauszuholen und durch Grobschottermaterial der Körnung 0/150 in einer Stärke von mindestens 50 cm am Fußpunkt zu ersetzen.

Alle Böschungsflächen sind zum Schutz gegen Witterungseinflüsse dauerhaft durch eine witterungsbeständige Folie zu sichern, welche sowohl im Kopf- als auch im Fußbereich zu befestigen ist.

Der abschließende Aushub der Baugrube bis zur Baugrubensohle ist grundsätzlich rückschreitend mit einem Tieflöffelbagger auszuführen. Ein Befahren des Bauplanums mit schwerem Arbeitsgerät ist nicht zulässig. Ansonsten besteht die Gefahr, dass durch die dynamische Fahrzeugbeanspruchung das Bodenwasser mobilisiert wird und die bindigen Erdstoffe verbreiten.



Die freigelegten Gründungssohlen sind sorgfältig abzuschälen und dann mit einer Sauberkeitsschicht aus Beton der Güte C 12/15 zu versiegeln.

Sollten lokal nicht tragfähige Zonen angetroffen werden, sind diese ebenfalls gegen Füllbeton der Güte C 12/15 zu ersetzen.

Vor dem Aufbringen des Sauberkeitsbetons sollten die Gründungsflächen dem IfG zur Begutachtung und Abnahme vorgestellt werden.

Bei Schichtwasserzutritt aus Baugrubenböschungen und Baugrubensohlen ist ein geregelter Abfluss des anfallenden Wassers über eine offene Wasserhaltung mit Baudränagen zu gewährleisten.



6.4.2 Gründung

Für den Stahlbetontrog kann eine Flächengründung gewählt werden. Sie Seitenwände sind dabei in die Sohlplatte einzuspannen.

Inwieweit zur Limitierung der Einspannmomente ein wandkopfnahes Zugband sinnvoll ist, ist im Verlauf der baulichen Durchbildung der Konstruktion vom Entwurfsverfasser zu klären.

Vom IfG wurde als Grundlage der Bodenplattenbemessung eine Setzungsvorabschätzung durchgeführt. Dazu wurden die im Kapitel 6.2.1 ausgewiesenen, mittleren Sohldrücke aus ständigen und veränderlichen Einwirkungen berücksichtigt. Die Ergebnisse sind in Anlage 5 zusammengestellt.

Anlage 5.1 weist die Setzungen aus ständigen Einwirkungen aus, welche sich in Abhängigkeit der Spannungen im Spektrum von etwa 0,5 cm am Rand und bis 2,0 cm im Zentrum ergeben.

Bei Mitberücksichtigung der veränderlichen Einwirkungen in die Setzungsanalyse mit dem Lastbild UIC 71 steigen die Setzungen rechnerisch auf Größenordnungen von etwa 1,1 cm bis 3,3 cm an.

Im Nachweis der Sohlplatte gegenüber Materialversagen nach dem Bettungsmodulverfahren ergibt sich aus Anlage 5.2.3 der Ansatz

$$k_s \approx 5 \text{ MN/m}^3.$$

Der Einfluss einer anteiligen Wiederbelastungssituation in einer Größenordnung von etwa 20 kN/m² (ca. 1 m Einbindung) wurde bei der Setzungsvorabschätzung und den daraus abgeleiteten Bemessungsansätzen für die Bodenplattenbemessung berücksichtigt.



Die Vertikalverschiebungen des Gründungssystems aus ständigen Einwirkungen werden in jedem Fall auftreten. Die Setzungen aus veränderlichen Einwirkungen dürften infolge der nicht dauerhaften Einwirkungszeit nicht vollständig auftreten. Als realistischer Erwartungswert für das Endmaß der Vertikalverschiebungen ist daher eine Größenordnung von 0,5 cm (Rand) bis 2,5 cm (Zentrum) zu nennen.

Die Setzungen werden darüber hinaus über Jahre andauern, da die anstehenden Böden mit einem entsprechenden Konsolidierungsverzögerung reagieren.

Die Tragfähigkeit des Untergrundes ist zur Aufnahme der zu erwartenden Einwirkungen aus der Konstruktion aus geotechnischer Sicht gewährleistet und Sondergründungsmaßnahmen, die über einen Austausch lokaler Schwäche zonen im Gründungshorizont hinausgehen, sind nicht erforderlich.



7.0 Geodynamik

Nach DIN 4149 gilt für den Projektstandort Niederahr folgende Einstufung:

- Erdbebenzone: 0
- Untergrundklasse: R
- Baugrundklasse: C



8.0 Bodenklassen / Frostklassen / Homogenbereiche

Nach DIN 18300 (Erdarbeiten) ergibt sich folgende Bodenklassifikation:

Bodenarten	Bodenklassen nach DIN 18300	Homogenbereich nach DIN 18300
Oberboden	1	O
Auffüllung, oberbodenartig	1	O
Auffüllung, gemischtkörnig	3 – 4	A
Auffüllung, feinkörnig	4 – 6*	A
Hangschutt	4	B
Trachyt, verwittert bis zersetzt	3 – 6**	B
Trachyt, kompakt	7***	B + Zulage Reißzahn
Tertiäre Sedimente	4 - 5	B

* feste Konsistenz

** Lockergestein mit fester Konsistenz bzw. Fels mit Verwitterungsgrad VZ

*** nicht aufgeschlossen

Wie aus vorstehender Empfehlung hervorgeht, wird vorgeschlagen, die gewachsenen Böden zu einem Homogenbereich zusammenzufassen. Dies begründet sich darin, dass auch die feinkörnigen Lockergesteine bisweilen durch einen hohen Lösewiderstand infolge einer festen Konsistenz gekennzeichnet sind.

Für schwer löslichen Trachyt, der im Kleinbohrverfahren nicht aufgeschlossen wurde, wird vorgeschlagen, diesen ebenfalls in den Homogenbereich B einzuordnen und eine Zulage für den Einsatz von Lösehilfen (Reißzahn) und die geringere Geräteleistung zu vereinbaren, welche dann bei Erreichen der Leistungsgrenze im klassischen Aushub Anwendung finden. Die Zulage sollte bei der Budgetbildung vorsorglich für etwa 5 % des Aushubvolumens im Einschnitt berücksichtigt werden.



Die im Baubereich anstehenden Böden sind nach ZTVE-StB 17 hinsichtlich der Frostempfindlichkeit wie folgt einzustufen:

Bodenarten	Frostempfindlichkeitsklassen nach ZTVE StB 17
Oberboden	-
Auffüllung, oberbodenartig	-
Auffüllung, gemischtkörnig	F 3
Auffüllung, feinkörnig	F 3
Hangschutt	F 3
Trachyt, verwittert bis zersetzt	F 3
Tertiäre Sedimente	F 3

F1 - nicht frostempfindlich

F2 - gering bis mittel frostempfindlich

F3 - sehr frostempfindlich

Insbesondere bei Winterbaustellen sind die entsprechenden Zusatzmaßnahmen zur Sicherung der Planums- und Gründungsflächen zu beachten.



9.0 Schlussbemerkungen

Der vorliegende Geotechnische Bericht enthält die Beschreibung der Baugrund- und Grundwassersituation am Projektstandort des Gleisanschlusses der Tongrube Pfeul bei Niederahr.

Aus der vorliegenden Baugrunderkundung, den durchgeführten bodenmechanischen Laborprüfungen und der Feststellung der Grundwasserverhältnisse ergibt sich in Abstimmung mit den Planvorgaben die Einstufung in die geotechnische Kategorie GK-2.

Folgerichtig ist nach den Vorgaben des Eurocode 7 in Verbindung mit nationalem Anhang und DIN 1054:2010-12 der Geotechnische Entwurfsbericht zur Fortschreibung zu bringen. Grundlagen hierfür sind die weiteren Planvorlagen sowie tragwerksplanerische Vorgaben.

Erst nach deren endgültigen Abstimmung mit den geotechnischen Vorgaben und der Erstellung des Geotechnischen Entwurfsberichts wird die baureife Grundlage geschaffen.

Ergänzend wird bereits jetzt darauf hingewiesen, dass die Bodenverhältnisse, welche aus punktuellen Bodenaufschlüssen abgeleitet wurden, durch den geotechnischen Berater im Zuge der Bauausführung zu überprüfen und die Gründungssohlen abnehmen zu lassen sind.



Der vorliegende Bericht ist nur in seiner Gesamtheit verbindlich und fortzuschreiben.

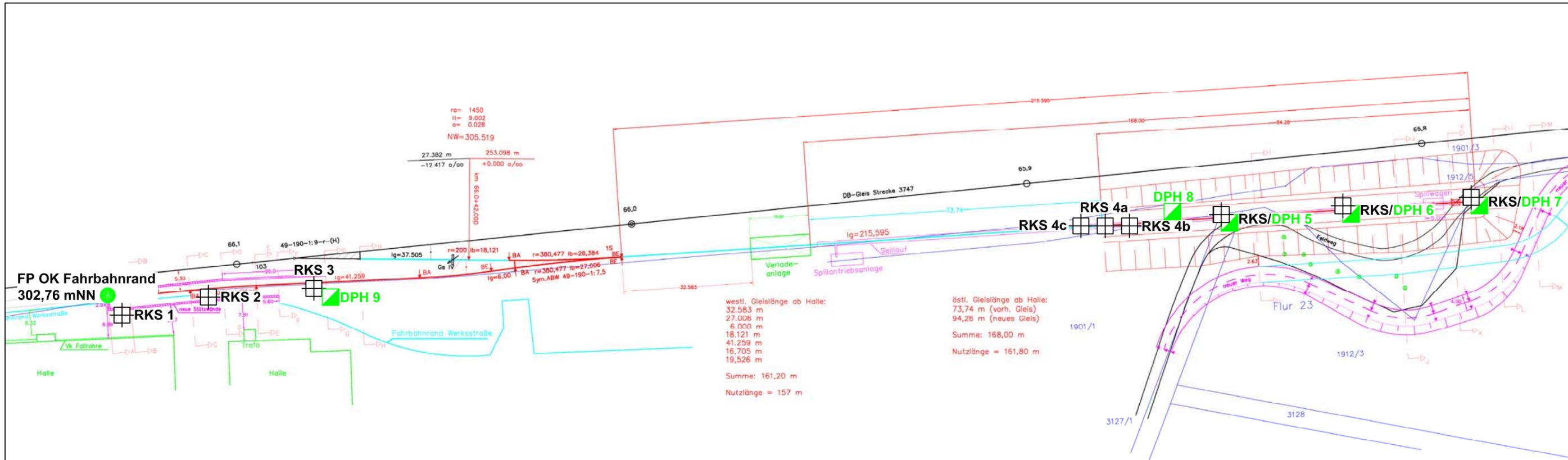
Limburg, den 20.08.2020/sh

Bearbeiter:
Jochen Stegemann
(Dipl.-Ing. FH)

Ralph Schäffer
(Dipl.-Ing.)

Christian Zirfas
(Bachelor of Engineering)
(M.A. European Business)

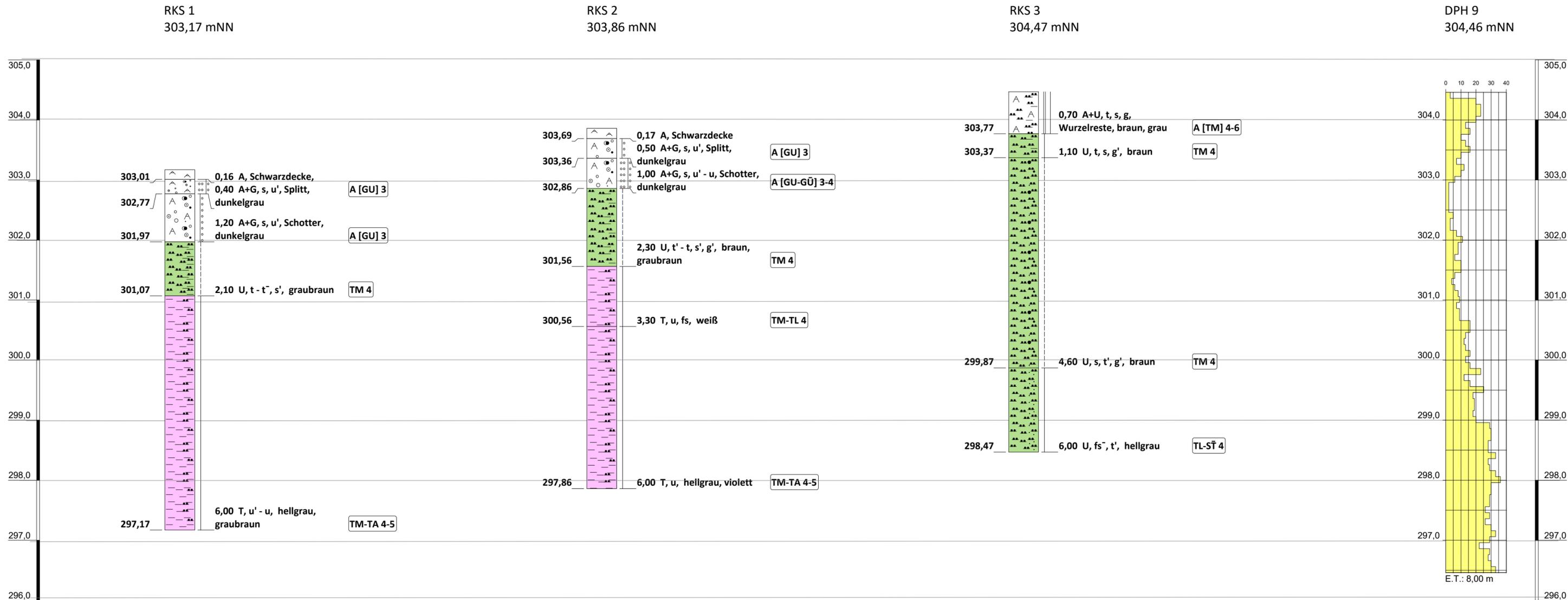
Institut für Geotechnik Dr. Jochen Zirfas
GmbH & Co. KG



- Höhenbezugspunkt
- Kleinbohrung / Rammsondierung (RKS / DPH)
- ▣ Rammsondierung (DPH)

Zeichenerklärung / Legende

Projekt: Gleiserweiterung, Tongrube Pfeul N I E D E R A H R		
Planbezeichnung/Maßstab: Lageplan der Aufschlusspunkte 1:1.000		
Anlage: 1	Projekt-Nr.: 07 20 10	
Blattgröße: A 3	Datei: Anlage 1	
<b style="color: green;">Institut für Geotechnik <b style="color: green;">Dr. Jochen Zirfas GmbH & Co. KG Egerländer Straße 44 <b style="color: green;">65556 Limburg Telefon: 06431/29490 Telefax: 06431/294944	Bearbeiter: ste	Datum:
	Gezeichnet: sba	06.08.2020
	Geändert1:	
	Geändert2:	
	Geändert3:	
	Gesehen1: ste-rs	06.08.2020
	Gesehen2:	
	Gesehen3:	
Gesehen4:		



Rammsondierung nach DIN EN 22476-2

ET Endtiefe
M Mächtigkeit der DPH

	DPL	DPM	DPH
Spitzendurchmesser	3.57 cm	4.37 cm	4.37 cm
Spitzenquerschnitt	10.00 cm ²	15.00 cm ²	15.00 cm ²
Gestängedurchmesser	2.20 cm	3.20 cm	3.20 cm
Rammbürgewicht	10.00 kg	30.00 kg	50.00 kg
Fallhöhe	50.00 cm	50.00 cm	50.00 cm

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe

Hauptbodenarten:

- breiig
- weich
- steif
- halbfest
- fest
- locker
- mitteldicht
- dicht

Auffüllung (A)

Schluff (U)

Ton (T)

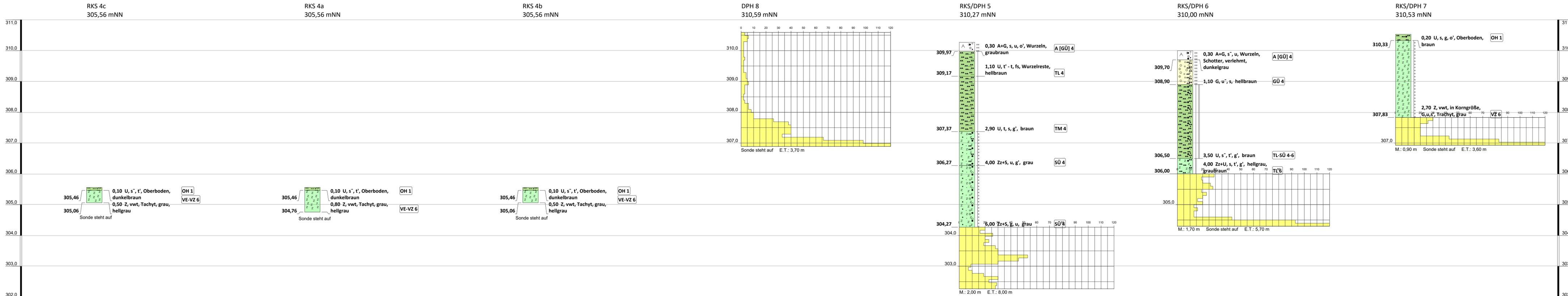
INSTITUT FÜR GEOTECHNIK
DR. JOCHEN ZIRFAS
GMBH & CO. KG

EGERLÄNDER STRASSE 44
65556 LIMBURG
TEL: 06431/2949-0
E-MAIL: IFG@IFG.DE

Projekt: Gleiserweiterung, Tongrube Pfeul NIEDER AHR

Planbezeichnung: Profilschnitt der Kleinbohrungen, Widerstandskennliniendiagramm RKS 1, RKS 2, RKS 3, DPH 9

Aktenzeichen:	07 20 10	Sachbearbeiter:	STE
Anlagen Nr.:	2.1	Zeichner:	SBA
Plan Nr.:	1/2	Gezeichnet am:	07.08.2020
Maßstab (H/L):	1:50/---	Geprüft am:	07.08.2020



Rammsondierung nach DIN EN 22476-2

Schlagzahlen für 10 cm Eindringtiefe

ET Endtiefe		M Mächtigkeit der DPH	
	DPL	DPM	DPH
Spitzendurchmesser	3.57 cm	4.37 cm	4.37 cm
Spitzenquerschnitt	10.00 cm ²	15.00 cm ²	15.00 cm ²
Gestängedurchmesser	2.20 cm	3.20 cm	3.20 cm
Rambbürgewicht	10.00 kg	30.00 kg	50.00 kg
Fallhöhe	50.00 cm	50.00 cm	50.00 cm



Hauptbodenarten:

- breiig
- weich
- steif
- halbfest
- fest
- locker
- mitteldicht
- dicht

Auffüllung (A)

Schluff (U)

Kies (G)

Fels, Felsersatz (Z, Zz)

INSTITUT FÜR GEOTECHNIK
DR. JOCHEN ZIRFAS
GMBH & CO. KG

EGERLÄNDER STRASSE 44
 65556 LIMBURG
 TEL: 06431/2949-0
 E-MAIL: ifg@ifg.de

Projekt: Gleiserweiterung, Tongrube Pfeul
 N I E D E R A H R

Planbezeichnung: Profilschnitt der Kleinbohrungen, Widerstandskennliniendiagramme
 RKS 4c, RKS 4a, RKS 4b, DPH 8, RKS/DPH 5, RKS/DPH 6, RKS/DPH 7

Aktenzeichen:	07 20 10	Sachbearbeiter:	STE
Anlagen Nr.:	2.2	Zeichner:	SBA
Plan Nr.:	2/2	Gezeichnet am:	07.08.2020
Maßstab (H/L):	1:50/---	Geprüft am:	07.08.2020

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Gleiserweiterung Tongrube Pfeul

Niederahr

Bearbeiter: mm

Datum: 20.07.2020

Prüfungsnummer: 072010_1

Bodenart: Hangschutt

Art der Entnahme: GP

Probe entnommen am: 16.07.2020

Probenbezeichnung:	3/2	3/3
Entnahmestell:	RKS 3	RKS 3
Entnahmestiefe:	0,7 m - 1,1 m	1,1 m - 2,0 m
Feuchte Probe + Behälter [g]:	1744.60	983.50
Trockene Probe + Behälter [g]:	1574.07	882.39
Behälter [g]:	342.60	332.20
Porenwasser [g]:	170.53	101.11
Trockene Probe [g]:	1231.47	550.19
Wassergehalt [%]:	13.85	18.38

Probenbezeichnung:	3/4	3/5
Entnahmestell:	RKS 3	RKS 3
Entnahmestiefe:	2,0 m - 3,0 m	3,0 m - 4,0 m
Feuchte Probe + Behälter [g]:	274.96	222.93
Trockene Probe + Behälter [g]:	254.40	206.62
Behälter [g]:	161.26	132.96
Porenwasser [g]:	20.56	16.31
Trockene Probe [g]:	93.14	73.66
Wassergehalt [%]:	22.07	22.14

Probenbezeichnung:	3/6	
Entnahmestell:	RKS 3	
Entnahmestiefe:	4,0 m - 4,4 m	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	259.16	
Trockene Probe + Behälter [g]:	237.09	
Behälter [g]:	139.15	
Porenwasser [g]:	22.07	
Trockene Probe [g]:	97.94	
Wassergehalt [%]:	22.53	

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892 - 12 (Casagrande)

Gleiserweiterung

Tongrube Pfeul
 Niederahr

Prüfungsnummer: 072010_1

Probenbezeichnung: 3/4

Tiefe: 2,0 m - 3,0 m

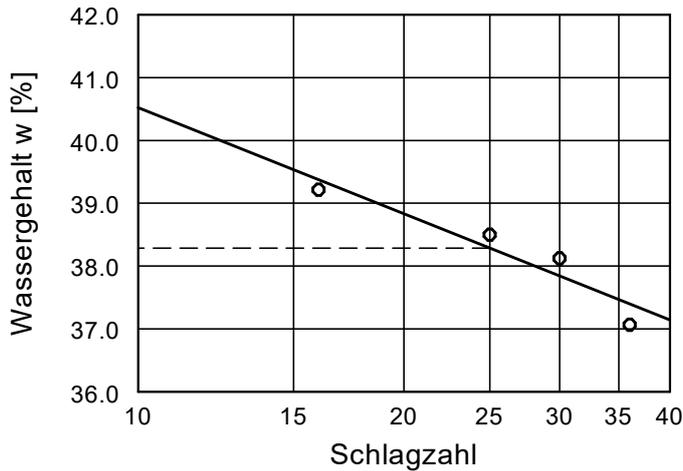
Art der Entnahme: GP

Bodenart (Plastizitätsdiagramm nach DIN 18122): Hangschutt

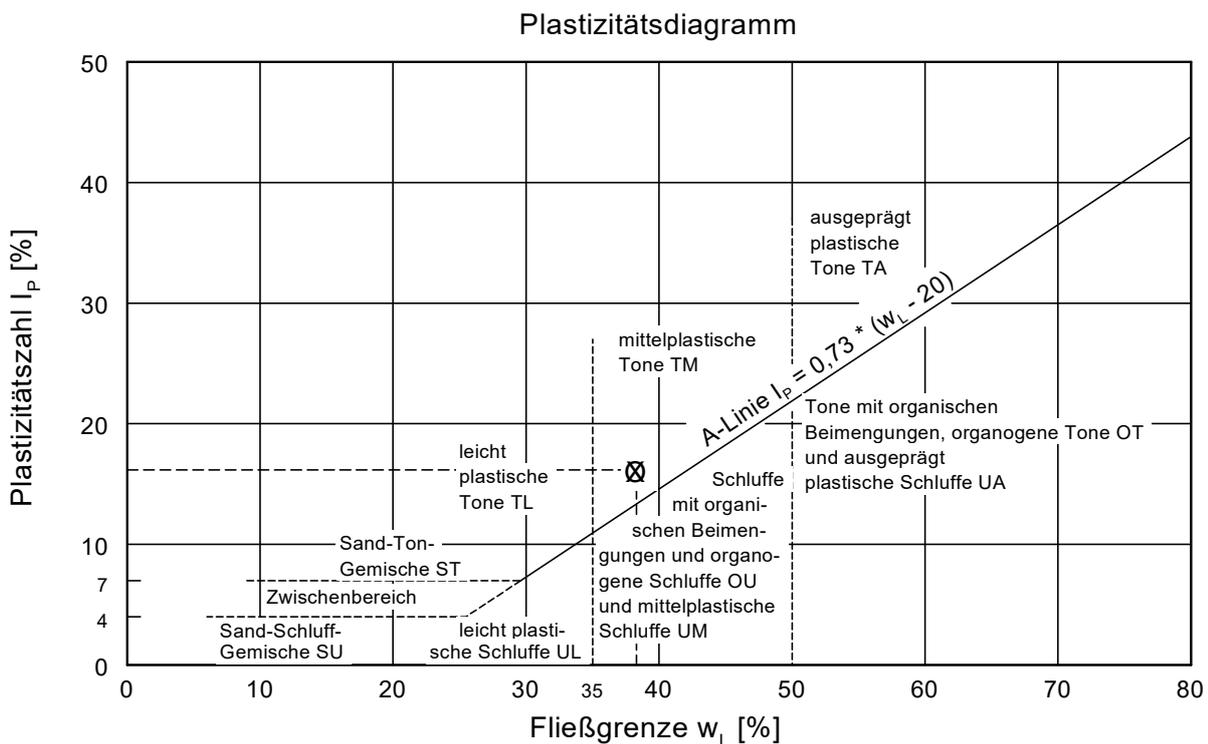
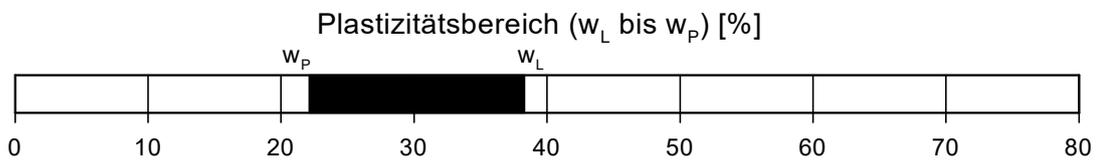
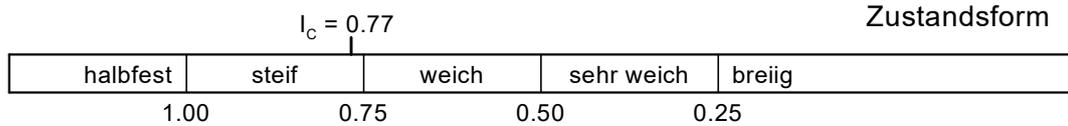
Probe entnommen am: 16.07.2020

Bearbeiter: mm

Datum: 16.07.2020



Wassergehalt $w = 22.1 \%$
 Fließgrenze $w_L = 38.3 \%$
 Ausrollgrenze $w_P = 22.1 \%$
 Plastizitätszahl $I_P = 16.2 \%$
 Konsistenzzahl $I_C = 0.77$
 Anteil Überkorn $\ddot{u} = 15.9 \%$
 Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}} = 2.0 \%$
 Korr. Wassergehalt = 25.9%



Institut für Geotechnik
 Dr. Jochen Zirfas GmbH & Co. KG
 Egerländer Strasse 44
 65556 Limburg/Lahn

Bearbeiter: mm

Datum: 21.07.2020

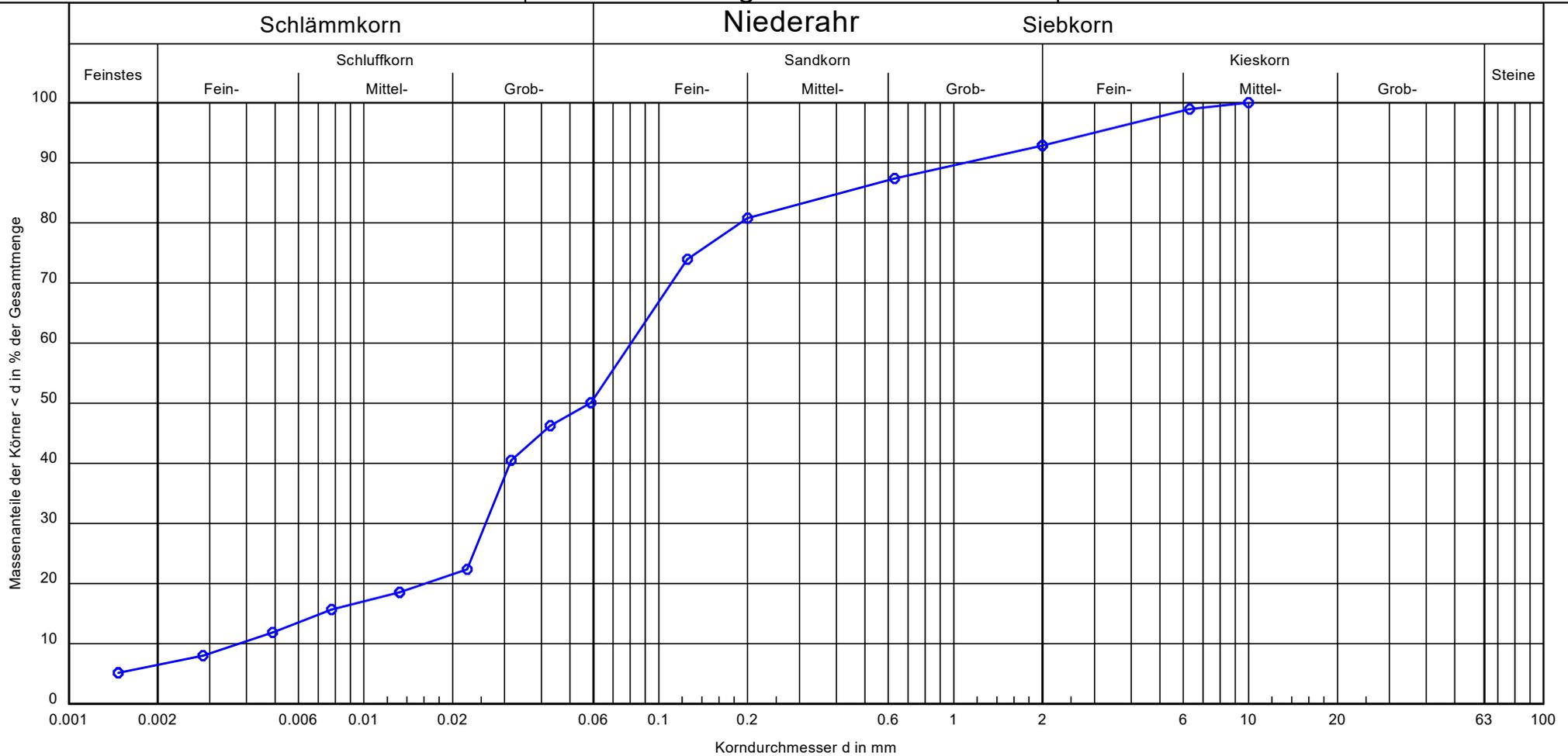
Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892 - 4
 Gleiserweiterung
 Tongrube Pfeul

Prüfungsnummer: 072010_1

Probe entnommen am: 16.07.2020

Art der Entnahme: GP

Arbeitsweise: Sedimentation



Probebezeichnung:	3/5	Bemerkungen:	Bericht: 07 20 10 Anlage: 3.1.3
Entnahmestelle:	RKS 3		
Tiefe:	3,0 m - 4,0 m		
Bodenart:	U, fs, t', ms', gs', fg'		
k - Wert [m/s] (Hazen):	-		
U/Cc	21.3/2.2		
T/U/S/G [%]:	6.3/45.3/41.3/7.1		

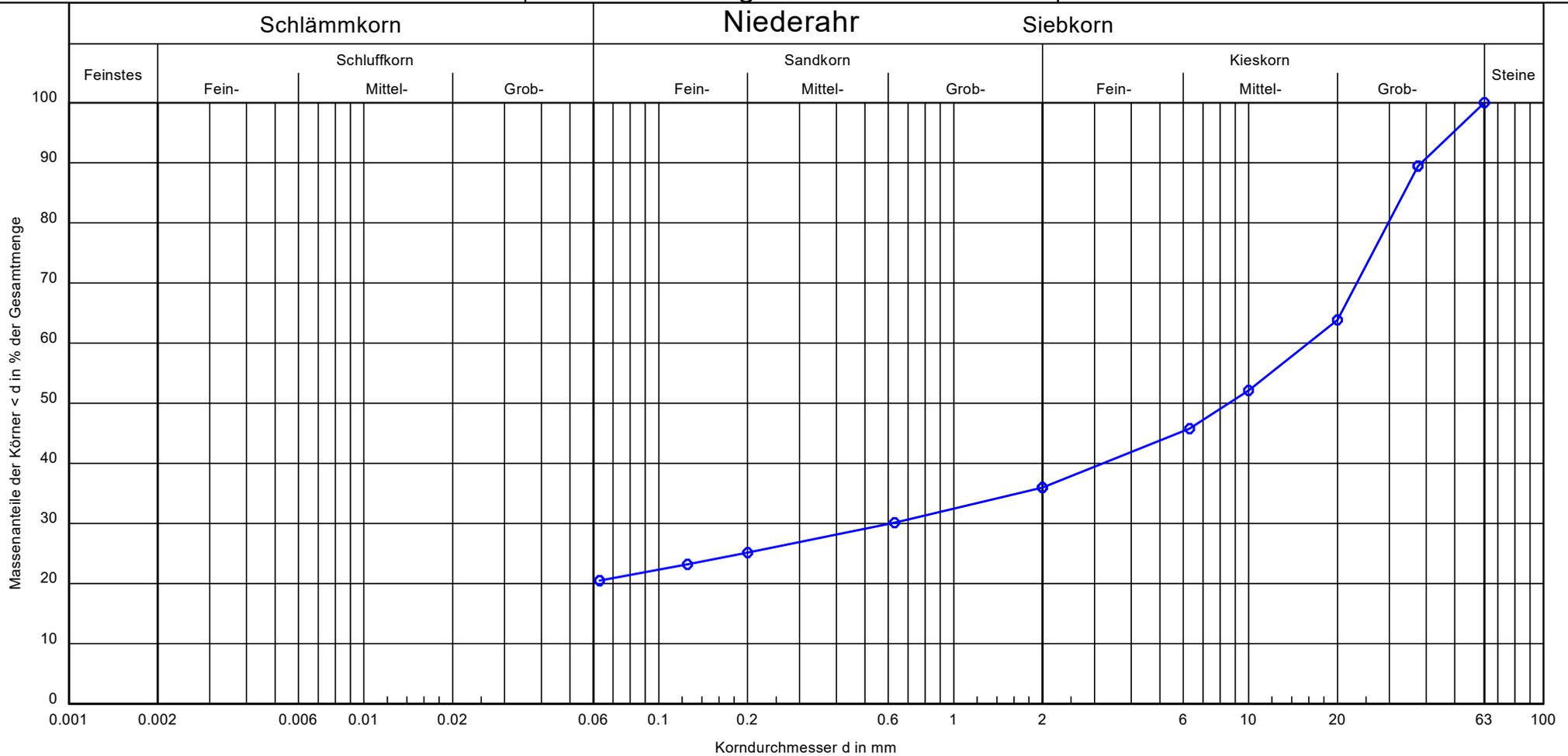
Institut für Geotechnik
 Dr. Jochen Zirfas GmbH & Co. KG
 Egerländer Strasse 44
 65556 Limburg/Lahn

Bearbeiter: mm

Datum: 21.07.2020

Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892 - 4
 Gleiserweiterung
 Tongrube Pfeul

Prüfungsnummer: 072010_1
 Probe entnommen am: 16.07.2020
 Art der Entnahme: GP
 Arbeitsweise: Siebung und Abschlämung



Probebezeichnung:	7/2 + 7/3 + 7/4	Bemerkungen: < 0,063 mm = 20,5 %	Bericht: 07 20 10 Anlage: 3.2
Entnahmestelle:	RKS 7		
Tiefe:	0,2 m - 2,7 m		
Bodenart:	G, u, gs'		
k - Wert [m/s] (Hazen):	-		
U/Cc	-/-		
T/U/S/G [%]:	- /20.5/15.5/64.0		

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Gleiserweiterung Tongrube Pfeul

Niederahr

Bearbeiter: mm

Datum: 20.07.2020

Prüfungsnummer: 072010_2

Bodenart: tertiäre Sedimente

Art der Entnahme: GP

Probe entnommen am: 16.07.2020

Probenbezeichnung:	3/7
Entnahmestelle:	RKS 3
Entnahmetiefe:	4,6 m - 5,0 m
Feuchte Probe + Behälter [g]:	237.12
Trockene Probe + Behälter [g]:	226.96
Behälter [g]:	161.15
Porenwasser [g]:	10.16
Trockene Probe [g]:	65.81
Wassergehalt [%]:	15.44

Probenbezeichnung:	3/8
Entnahmestelle:	RKS 3
Entnahmetiefe:	5,0 m - 6,0 m
Feuchte Probe + Behälter [g]:	236.06
Trockene Probe + Behälter [g]:	223.78
Behälter [g]:	139.45
Porenwasser [g]:	12.28
Trockene Probe [g]:	84.33
Wassergehalt [%]:	14.56

Institut für Geotechnik
 Dr. Jochen Zirfas GmbH & Co. KG
 Egerländer Strasse 44
 65556 Limburg/Lahn

Bearbeiter: mm

Datum: 21.07.2020

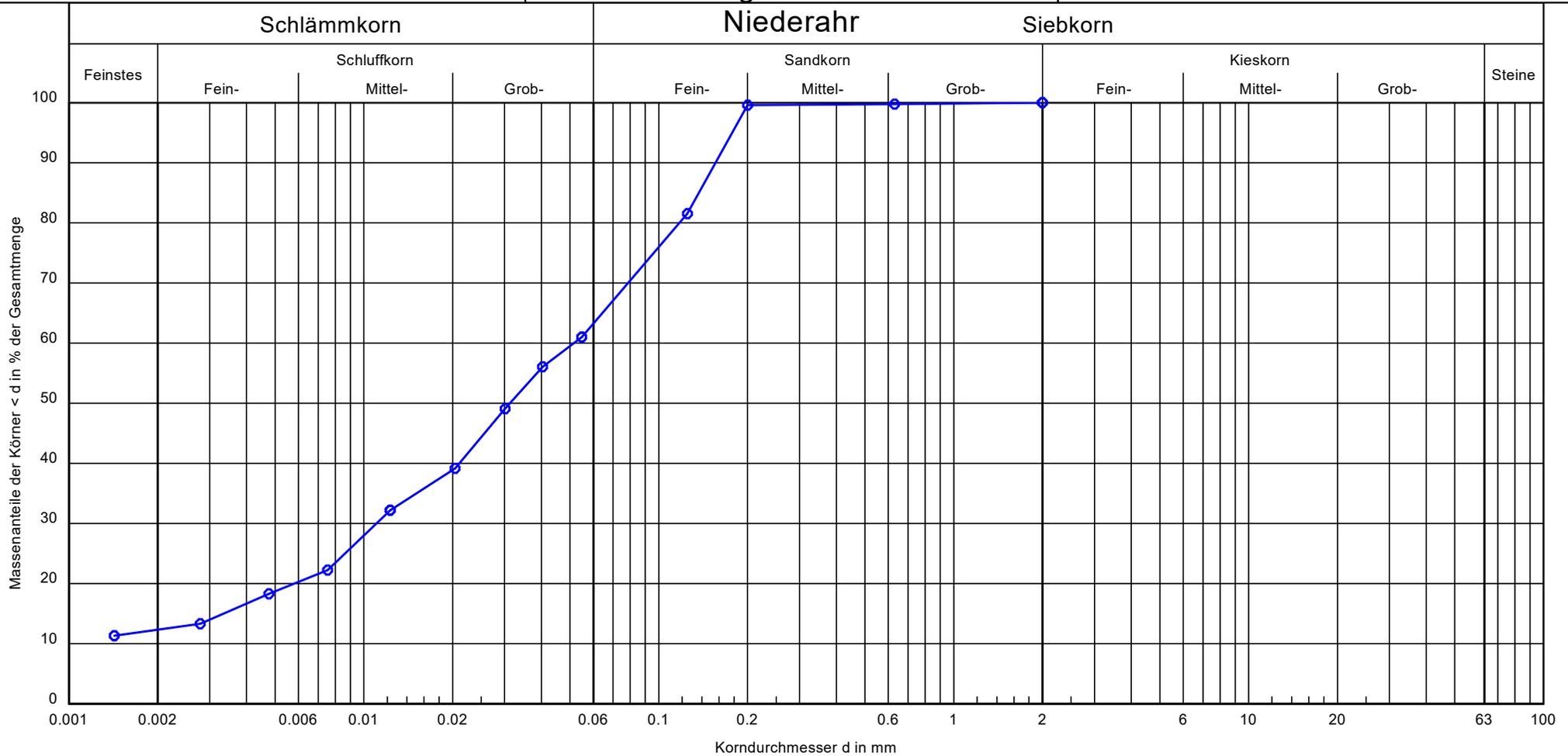
Körnungslinie nach DIN EN ISO 17892 - 4
 Gleiserweiterung
 Tongrube Pfeul

Prüfungsnummer: 072010_2

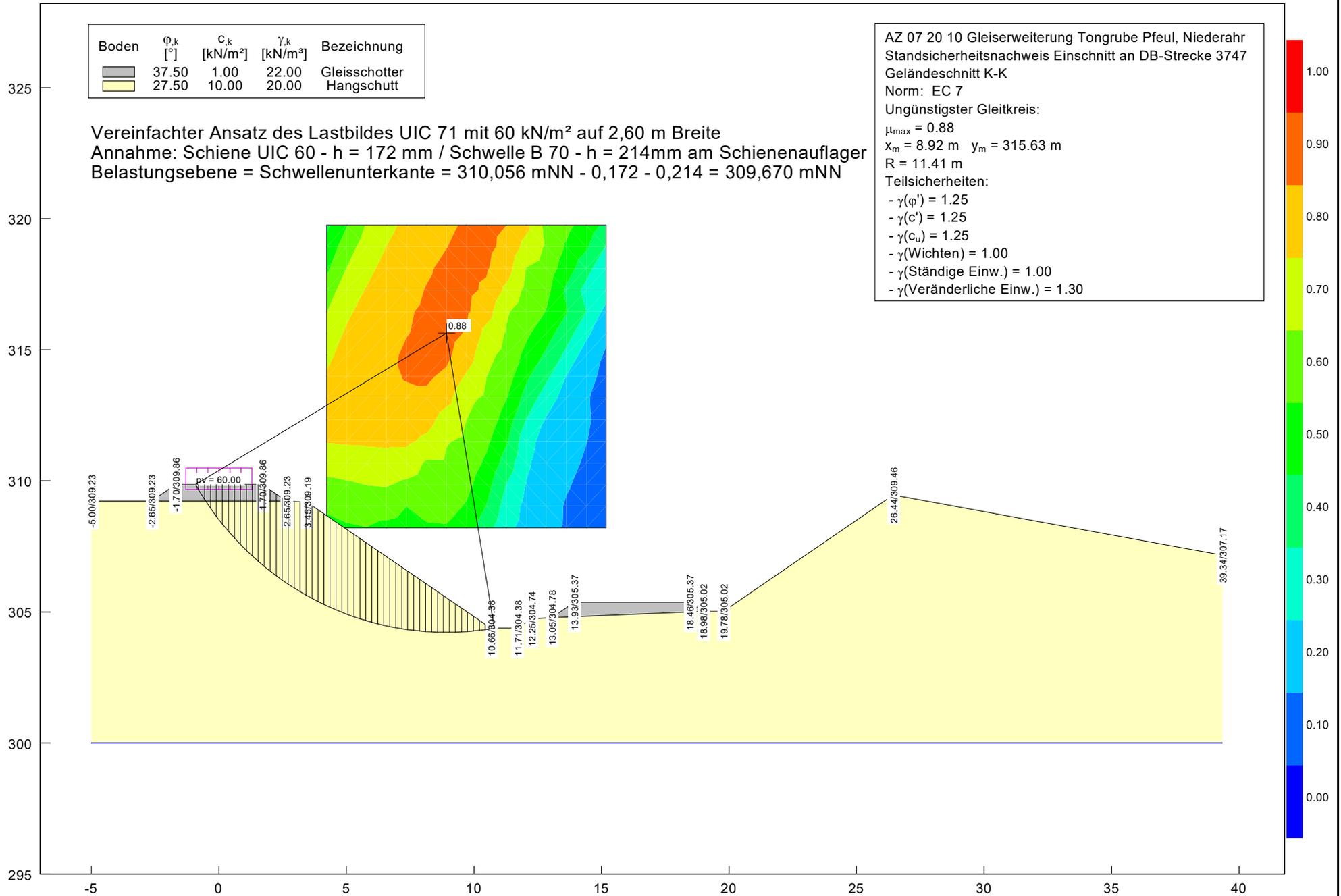
Probe entnommen am: 16.07.2020

Art der Entnahme: GP

Arbeitsweise: Sedimentation



Probebezeichnung:	3/8	Bemerkungen:	Bericht: 07 20 10 Anlage: 3.3.2
Entnahmestelle:	RKS 3		
Tiefe:	5,0 m - 6,0 m		
Bodenart:	U, f _s , t'		
k - Wert [m/s] (Hazen):	-		
U/Cc	-/-		
T/U/S/G [%]:	12.2/51.3/36.6/-		



Institut für Geotechnik
 Dr. Jochen Zirfas GmbH & Co. KG
 Egerländer Straße 46
 65556 Limburg-Staffel
 Tel.: 06431/2949-0

Protokoll zu Anlage 4.1

Böschungsberechnung nach EC 7
 mit Kreisgleitflächen

AZ 07 20 10 Gleiserweiterung Tongrube Pfeul, Niederahr
 Standsicherheitsnachweis Einschnitt an DB-Strecke 3747
 Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel
 c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 μ [-] = Ausnutzungsgrad
 x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
 rad [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.25$
- $\gamma_m(c') = 1.25$
- $\gamma_m(c_u) = 1.25$
- $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y												
[-]	[m]	[m]												
1	-5.000	309.226	2	-2.645	309.226	3	-1.700	309.856	4	1.700	309.856	5	2.645	309.226
6	3.450	309.186	7	10.660	304.379	8	11.710	304.379	9	12.252	304.740	10	13.050	304.782
11	13.930	305.367	12	18.460	305.367	13	18.982	305.019	14	19.780	305.019	15	26.440	309.459
16	39.340	307.165												

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	$\varphi_{,k}$	$c_{,k}$	$\gamma_{,k}$	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	37.50	1.00	22.00	Gleisschotter
2	27.50	10.00	20.00	Hangschutt

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	$\varphi_{,d}$	$c_{,d}$	$\gamma_{,d}$	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	31.54	0.80	22.00	Gleisschotter
2	22.61	8.00	20.00	Hangschutt

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	-2.645	309.226	2.645	309.226	1
2	13.050	304.782	18.982	305.019	1
3	-5.000	300.000	39.340	300.000	2

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Institut für Geotechnik
 Dr. Jochen Zirfas GmbH & Co. KG
 Egerländer Straße 46
 65556 Limburg-Staffel
 Tel.: 06431/2949-0

Protokoll zu Anlage 4.1

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-5.000	300.000	2	39.340	300.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	60.00	60.00	-1.30	1.30	309.67

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00
 Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 0.00

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Horizontale Tangenten

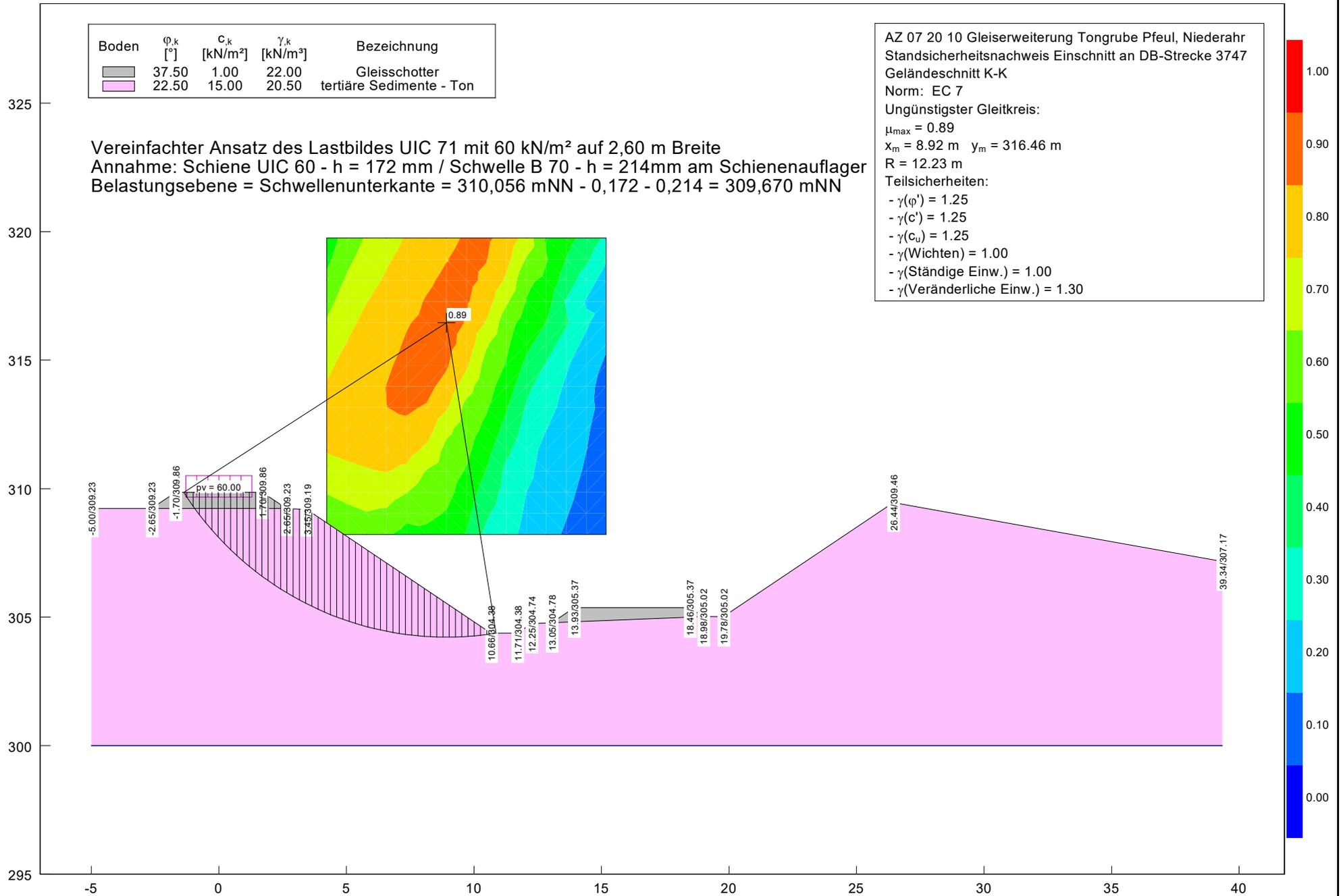
x / y (Anfang): 17.1700 300.0000

x / y (Ende): 17.1700 309.8560

Anzahl Radian = 49

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	μ	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(R)	M(Gi)	M(S)
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]
96	8.9228	315.6318	11.4078	50	0.8832	3881.380	4394.791	4394.8	0.0	3881.4	0.0



Institut für Geotechnik
 Dr. Jochen Zirfas GmbH & Co. KG
 Egerländer Straße 46
 65556 Limburg-Staffel
 Tel.: 06431/2949-0

Protokoll zu Anlage 4.2

Böschungsberechnung nach EC 7
 mit Kreisgleitflächen

AZ 07 20 10 Gleiserweiterung Tongrube Pfeul, Niederahr
 Standsicherheitsnachweis Einschnitt an DB-Strecke 3747
 Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel
 c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 μ [-] = Ausnutzungsgrad
 x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
 rad [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.25$
- $\gamma_m(c') = 1.25$
- $\gamma_m(c_u) = 1.25$
- $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y												
[-]	[m]	[m]												
1	-5.000	309.226	2	-2.645	309.226	3	-1.700	309.856	4	1.700	309.856	5	2.645	309.226
6	3.450	309.186	7	10.660	304.379	8	11.710	304.379	9	12.252	304.740	10	13.050	304.782
11	13.930	305.367	12	18.460	305.367	13	18.982	305.019	14	19.780	305.019	15	26.440	309.459
16	39.340	307.165												

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	37.50	1.00	22.00	Gleisschotter
2	22.50	15.00	20.50	tertiäre Sedimente - Ton

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	31.54	0.80	22.00	Gleisschotter
2	18.33	12.00	20.50	tertiäre Sedimente - Ton

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	-2.645	309.226	2.645	309.226	1
2	13.050	304.782	18.982	305.019	1
3	-5.000	300.000	39.340	300.000	2

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Institut für Geotechnik
 Dr. Jochen Zirfas GmbH & Co. KG
 Egerländer Straße 46
 65556 Limburg-Staffel
 Tel.: 06431/2949-0

Protokoll zu Anlage 4.2

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-5.000	300.000	2	39.340	300.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	60.00	60.00	-1.30	1.30	309.67

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00
 Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 0.00

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Horizontale Tangenten

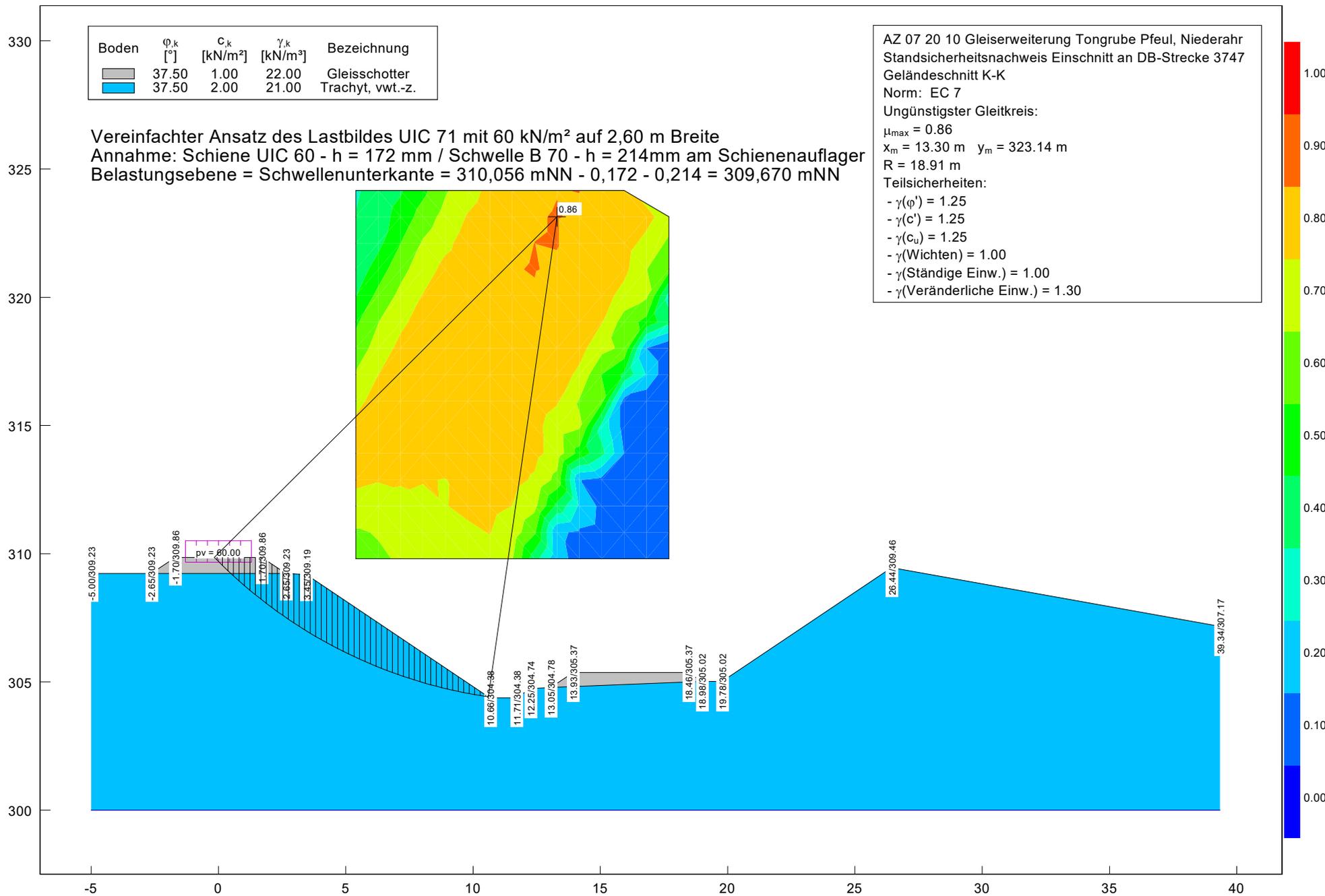
x / y (Anfang): 17.1700 300.0000

x / y (Ende): 17.1700 309.8560

Anzahl Radian = 49

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	μ	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(R)	M(Gi)	M(S)
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]
95	8.9228	316.4559	12.2319	50	0.8906	4506.607	5060.331	5060.3	0.0	4506.6	0.0



Institut für Geotechnik
 Dr. Jochen Zirfas GmbH & Co. KG
 Egerländer Straße 46
 65556 Limburg-Staffel
 Tel.: 06431/2949-0

Protokoll zu Anlage 4.3

Böschungsberechnung nach EC 7
 mit Kreisgleitflächen

AZ 07 20 10 Gleiserweiterung Tongrube Pfeul, Niederahr
 Standsicherheitsnachweis Einschnitt an DB-Strecke 3747
 Parameterliste

φ [°] = Reibungswinkel
 c [kN/m²] = Kohäsion
 γ [kN/m³] = Wichte
 μ [-] = Ausnutzungsgrad
 x_m, y_m [m] = x,y-Wert des Gleitkreismittelpunktes
 rad [m] = Radius des Gleitkreises

Teilsicherheiten: (GEO-3)

- $\gamma_m(\varphi) = 1.25$
- $\gamma_m(c') = 1.25$
- $\gamma_m(c_u) = 1.25$
- $\gamma_m(\text{Wichten}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Ständige Einw.}) = 1.00$
- $\gamma_m(\text{Veränderliche Einw.}) = 1.30$

Bewegungsrichtung des Gleitkörpers nach rechts

Koordinaten der Geländepunkte

Nr.	x	y												
[-]	[m]	[m]												
1	-5.000	309.226	2	-2.645	309.226	3	-1.700	309.856	4	1.700	309.856	5	2.645	309.226
6	3.450	309.186	7	10.660	304.379	8	11.710	304.379	9	12.252	304.740	10	13.050	304.782
11	13.930	305.367	12	18.460	305.367	13	18.982	305.019	14	19.780	305.019	15	26.440	309.459
16	39.340	307.165												

Charakteristische Bodenkennwerte

Boden	φ_k	c_k	γ_k	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	37.50	1.00	22.00	Gleisschotter
2	37.50	2.00	21.00	Trachyt, vwt.-z.

Bemessungs-Bodenkennwerte

Boden	φ_d	c_d	γ_d	Bezeichnung
[-]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	
1	31.54	0.80	22.00	Gleisschotter
2	31.54	1.60	21.00	Trachyt, vwt.-z.

Koordinaten der Schichten und Bodennummern

Nr.	x(links)	y(links)	x(rechts)	y(rechts)	Boden-Nr.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	-2.645	309.226	2.645	309.226	1
2	13.050	304.782	18.982	305.019	1
3	-5.000	300.000	39.340	300.000	2

Koordinaten des Porenwasserdruck-Polygonzuges

Institut für Geotechnik
 Dr. Jochen Zirfas GmbH & Co. KG
 Egerländer Straße 46
 65556 Limburg-Staffel
 Tel.: 06431/2949-0

Protokoll zu Anlage 4.3

Nr.	x	y	Nr.	x	y
[-]	[m]	[m]	[-]	[m]	[m]
1	-5.000	300.000	2	39.340	300.000

Verkehrslasten

Nr.	Größe(links)	Größe(rechts)	x(links)	x(rechts)	y
[-]	[kN/m ²]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[m]
1	60.00	60.00	-1.30	1.30	309.67

Wasserstand vor der Böschung links [m] = 0.00
 Wasserstand vor der Böschung rechts [m] = 0.00

γ Wasser [kN/m³] = 10.000

Berechnung mit Berücksichtigung des passiven Erddruckkeils

Ergebnisse

Suchbereich

Art Suchradius

Horizontale Tangenten

x / y (Anfang): 17.1700 300.0000

x / y (Ende): 17.1700 309.8560

Anzahl Radian = 49

Ungünstigster Gleitkreis

Nr	xm	ym	Radius	Lamellen	μ	Zähler	Nenner	M(Ti)	M(R)	M(Gi)	M(S)
[-]	[m]	[m]	[m]	[-]	[-]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]	[kN*m/m]
137	13.3006	323.1385	18.9145	50	0.8557	3865.466	4517.207	4517.2	0.0	3865.5	0.0

