ENGINEERING FOR A BETTER TOMORROW

M&P
INGENIEURGESELLSCHAFT

BV Plangebiet Rondorf Nord-West

- Geotechnischer Entwurfsbericht -
- Böschungsstandsicherheit Galgenbergsee -

Standsicherheitsuntersuchung
Version 1.1

Bauherr:
Amelis Projektentwicklung GmbH & Co. KG
Oskar-Jäger-Str. 173
50825 Köln

Entwurfsverfasser:
Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH
Widdersdorfer Straße 190
50825 Köln

Köln, 21.08.2020

Projekt	**BV Plangebiet Rondorf Nord-West**
Bericht	**Geotechnischer Entwurfsbericht Böschungsstandsicherheit Galgenbergsee Bericht V 1.1**
Interne Projektnummer	170875
Bearbeitung	Dr.-Ing. G. Kollmann
Umfang	25 Seiten zzgl. Anhänge gemäß Verzeichnis
Auftraggeber	Amelis Projektentwicklung GmbH & Co. KG Oskar-Jäger-Str. 173 50825 Köln
Auftragnehmer	Mull & Partner Ingenieurgesellschaft mbH Widdersdorfer Straße 190 50825 Köln Telefon: 0 221 170 917 0 Telefax: 0 221 170 917 99 Kontakt: koeln@mullundpartner.de Internet: http://www.mullundpartner.de

Köln, den 21.08.2020

Dr. Jürgen Margane
(Geschäftsführer)

REVISIONEN

Datum	Version	Änderungen	Bemerkung
28.05.2020	0.0	Abgabe	
04.06.2020	0.1	Abgabe	Fehlerkorrektur
15.07.2020	1.0	Abgabe	Ergänzung Lärmschutzwall
21.08.2020	1.1	Abgabe	Korrektur Abbildung

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

1 ALLGEMEINES 6
1.1 Vorgang, Veranlassung 6
1.2 Verwendete Unterlagen 6

2 PLANGEBIET 7
2.1 Bestehende Situation 7
2.2 Planung 9
2.3 Allgemeine geologische und hydrogeologische Einordnung 10
2.4 Allgemeine Gefährdungspotentiale des Untergrunds 11

3 BAUGRUNDERKUNDUNG 11
3.1 Felduntersuchungen 11
3.2 Grundwasserstände 12
3.3 Bodenmechanische Laborversuche 13

4 BAUGRUNDBESCHREIBUNG 13
4.1 Bodenschichten 13
4.2 Bodenmechanische Rechenwerte und bautechnische Klassifizierung 14
4.3 Bemessungs-Grundwasserstände 15
4.4 Umwelttechnische Einstufung der Böden 15

5 BEMESSUNGSGRUNDLAGEN 15
5.1 Strömungsrandbedingungen 15
5.2 Bodenmechanische Kennwerte Abgrabungsbereiche 16
5.3 Bodenmechanische Kennwerte Verfüllbereiche 18
5.4 Berechnungsmodell, Software 18
5.5 Bemessungsschnitte 19
5.6 Verkehrslastansatz 19
5.7 Bebauung 19
5.8 Erdbeben 20
5.9 Teilsicherheitsbeiwerte und Standsicherheit 20
5.10 Entwurfsgrundsätze 21
5.10.1 Böschung 21

5.10.2 Setzungsfließen 21

6 ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN 21
6.1 Profil 3B (Böschungsbruch Süd, Gebäude) 22
6.2 Profil 4 (Böschungsbruch Süd) 22
6.3 Profil 5 23
6.4 Profil 3A (Böschungsbruch Nord, Lärmschutzwall) 23
6.5 Gesamtergebnis und weiteres Vorgehen 24

7 ABSCHLIEßENDE HINWEISE 24

ANLAGENVERZEICHNIS

Anlage I Abbildungen
Anlage I.1. Übersichtslageplan
Anlage I.2. Lageplan der Aufschlusspunkte
Anlage I.3. Lageplan der Neuplanung
Anlage I.4. Anhang_2_Profile_Blatt1_20200312
Anlage I.5. Anhang_2_Profile_Blatt2_20200603

Anlage II Felduntersuchungen
Anlage II.1. Übersichtstabelle der Bodenaufschlüsse
Anlage II.2. Bohrprofile

Anlage III Bodenmechanische Laborversuche
Anlage III.1. Übersichtstabelle
Anlage III.2. Versuchsprotokolle

Anlage IV Berechnungen
Anlage IV.1. Schnitt 3B, BS-P - Endzustand
Anlage IV.2. Schnitt 3B, BS-E - Erdbeben
Anlage IV.3. Schnitt 3B, BS-T- Bauzustand
Anlage IV.4. Schnitt 4, BS-P - Endzustand
Anlage IV.5. Schnitt 4, BS-E - Erdbeben
Anlage IV.6. Schnitt 4, BS-T - Bauzustand
Anlage IV.7. Schnitt 5, BS-P - Endzustand
Anlage IV.8. Schnitt 5, BS-E – Erdbeben
Anlage IV.9. Schnitt 3A, BS-P - Endzustand
Anlage IV.10. Schnitt 3A, BS-E - Erdbeben

TABELLENVERZEICHNIS

Seite

Tabelle 1: Kenndaten des Grundstückes 8
Tabelle 2: Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen, Beanspruchungen und geotechnische Kenngrößen....20
Tabelle 3: Ausnutzungsgrad Profil 3B (x/y= Gebäude/Böschung, BST: keine Gebäude) 22
Tabelle 4: Ausnutzungsgrad Profil 4 (x/y= Gebäude/Böschung, BST: keine Gebäude)....22
Tabelle 5: Ausnutzungsgrad Profil 5 (x/y= Straße/Böschung, kein BST) 23
Tabelle 6: Ausnutzungsgrad Profil 3A (x/y= Lärmschutzwall/Böschung; kein BST) 23

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Seite

Abbildung 1: Plangebiet Ist-Zustand (Quelle: [1]) 7
Abbildung 2: Plangebiet zukünftiger Zustand (Quelle: [2])....9
Abbildung 3: Plangebiet Überlagerung Bestandssee und Planungssee (Quelle:[3])....9
Abbildung 4: Ausschnitt geologische Karte (Quelle: BGR, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe)....10
Abbildung 5: Seequerschnitt mit Wasserständen 12

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

GOK	Geländeoberfläche
KRB	Kleinrammbohrung
ET	Endteufe
UK	Unterkante
UKF	Unterkante Fundamente / Gründungssohle
UW-Schüttung	unter Wasser Schüttung

1 ALLGEMEINES

1.1 Vorgang, Veranlassung

In dem Plangebiet Rondorf Nord-West soll der bestehende Galgenbergsee teilverlagert werden. Dies geschieht durch eine teilweise Abgrabung im Westen und eine Verfüllung im Osten.

Die Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH erhielt mit Datum vom 24.03.2020 den Auftrag zur Durchführung der Feld- und Laboruntersuchungen sowie der Erarbeitung des Geotechnischen Entwurfsberichts und die Standsicherheitsberechnung für die Seeverlagerung nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN 4084.

1.2 Verwendete Unterlagen

Für die Bearbeitung lagen die folgenden Unterlagen vor:

Planungsunterlagen

[1] 180504_KRO_KD_15254-02_Rondorf_Gesamtplan_1-2000_2018-05-04.pdf (Bestandsplan)
[2] Amelis Projektentwicklungs GmbH & Co. KG, Oskar-Jäger-Str. 173, 50825 Köln; Maßstab 1:2.000; Stand: 09.05.2019;190509_KRO_W8_Städtebaulicher Entwurf (Neugestaltung)
[3] PB Koenzen, Januar 2020: Anhang_2_Profile_Blatt1_20200312: Lageplan
[4] PB Koenzen, Juni 2020: Anhang_2_Profile_Blatt2_20200603: Schnitte
[5] PB Koenzen, März 2020: Anhang_1_Massenbewegung_20200309
[6] Erftverband per mail vom 14.11.2018: Angaben zu Grundwasserständen

Regelwerke, Literatur mit besonderem Projektbezug

[7] DIN EN 1997-1 in Verbindung mit DIN 1054 (aktuelle Fassung)
[8] DIN 4084 (aktuelle Fassung)
[9] DIN-Fachbericht 130: Wechselwirkung Boden-Bauwerk bei Flachgründungen
[10] DIN EN 1992
[11] DIN 4019 – 2014-01 worauf in DIN 1055-3,6.3.1,73.1 und 8 Bezug genommen wird
[12] DIN 1072 (veraltet, wird äquivalent zur Lastermittlung angesetzt)
[13] Bezirksregierung Köln: Geodatenportal TIM-Online (Webdienst)
[14] Eurocode 7 (aktuelle Fassung)
[15] DIN 4020 (aktuelle Fassung)
[16] DIN EN 1998-1 und 5 (aktuelle Fassung)
[17] Bundesanstalt für Wasserbau: Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen (GBB), Karlsruhe, 2010

[18] Bundesanstalt für Wasserbau: Standsicherheit von Dämmen an Bundeswasserstraßen (MSD), Karlsruhe, 2011
[19] Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen"; EAU (aktuelle Fassung)
[20] R. Floss ZTVE-StB, Kommentar und Leitlinien (aktuelle Fassung)
[21] G. Gudehus, J. Keßler, B. Lucke 2015: "Setzungsfließen" in Geotechnik 38, Heft 4, 2015

Eigene Berichte

[22] Nutzungs- und Planungsorientierte Gefährdungsabschätzung für die Altlastenverdachtsflächen im Plangebiet Rondorf Nord-West Orientierende Phase; MuP Köln; November 2018

2 PLANGEBIET

2.1 Bestehende Situation

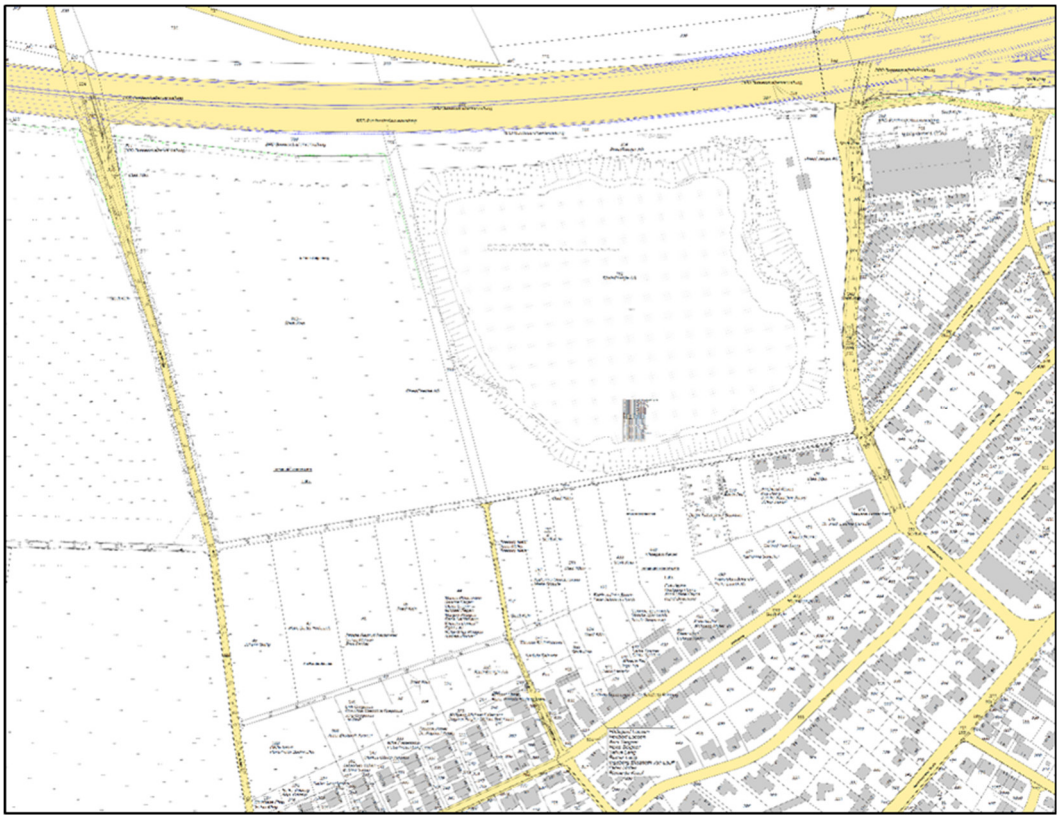


Abbildung 1: Plangebiet Ist-Zustand (Quelle: [1])

Das Plangebiet liegt im linksrheinischen Kölner Stadtteil Rondorf, ca. 3 km südwestlich des Rheins. Im Norden begrenzt die Autobahn A4 das Gebiet, im Osten der Weißdornweg. Nach Süden reicht

das Gebiet bis zur bereits vorhandenen Bebauung, im Westen bis zur Husarenstraße und der Straße Auf dem Schneeberg.

Das gegenständliche Gutachten betrachtet die Flurstücke 312, 313 und 162 der Flur 7, Gemarkung Rondorf-Land. Die Geländearbeiten wurden in Bereich der Flurstücke 312 und 313 durchgeführt.

In der folgenden Tabelle 1 sind die Kenndaten der Untersuchungsflächen aufgeführt.

Tabelle 1: Kenndaten des Grundstückes

Flächenzustand	unversiegelt und unbebaut	
Adresse	Am Höfchen / Weißdornweg, 50997 Köln	
Bundesland	Nordrhein-Westfalen	
Stadt/Stadtteil	Köln-Rondorf	
Gemarkung	Rondorf-Land	
Flur	7	
	Erweiterungsfläche See	bestehender See mit Randbereich
Flurstücke	312, 313	162
mittlere Geländehöhe	51,4 m NHN	ca. 40 m NHN (Oberfläche See) bis 52 m NHN
Grundstücksgröße	ca. 69.000 m²	ca. 80.000 m² (davon ca. 51.000 m² See)

Die Gesamtgröße der zu betrachtenden Flächen beträgt ca. 15 ha. Davon umfasst der See etwa 5 ha.

Das Gelände der für die potenzielle See-Erweiterung vorgesehenen Fläche weist eine mittlere Geländehöhe von 51,4 m NHN auf. Im Bereich des Flurstücks 162 fällt das Gelände zum See hin ein. Die Neigung der Böschung beträgt dabei stellenweise mehr als 60°. Der Wasserspiegel des Sees liegt bei 38,7 bis 39,6 m NHN, der Böschungskopf erreicht bis zu 52 m NHN.

2.2 Planung

Abbildung 2: Plangebiet zukünftiger Zustand (Quelle: [2])

Die Überlagerung der beiden Flächen sieht dann folgendermaßen aus:

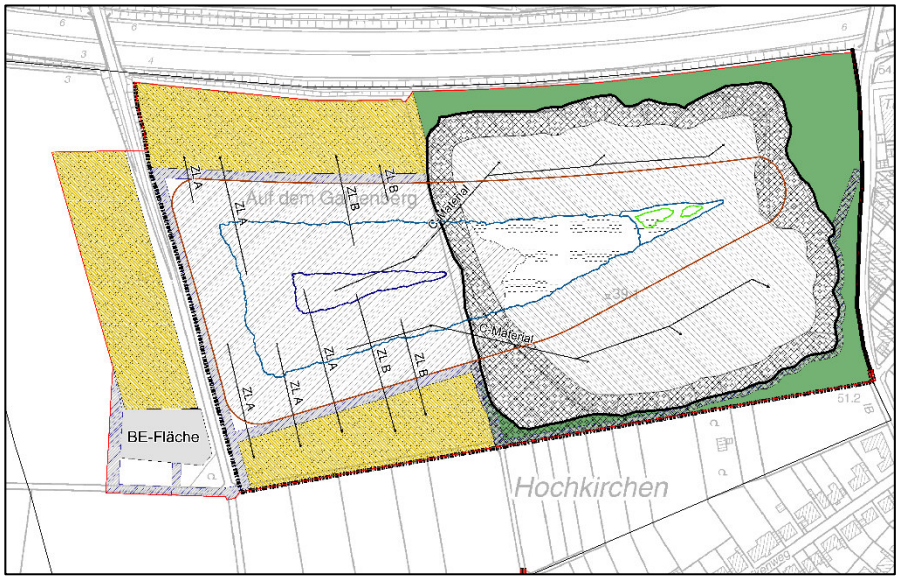


Abbildung 3: Plangebiet Überlagerung Bestandssee und Planungssee (Quelle:[5])

2.3 Allgemeine geologische und hydrogeologische Einordnung

Regionalgeologisch befindet sich das Grundstück am Südrand der Niederrheinischen Bucht. Der geogene Untergrund wird von kiesig-sandigen Terrassenablagerungen der Niederterrasse des Rheins mit Gesamtmächtigkeiten von ca. 20 - 25 m aufgebaut, die von bis zu wenigen Meter mächtigen lehmigen Hochflutsedimenten überlagert sind. Im Liegenden der quartären Sedimente folgen tertiäre Feinsande und Schluffe.

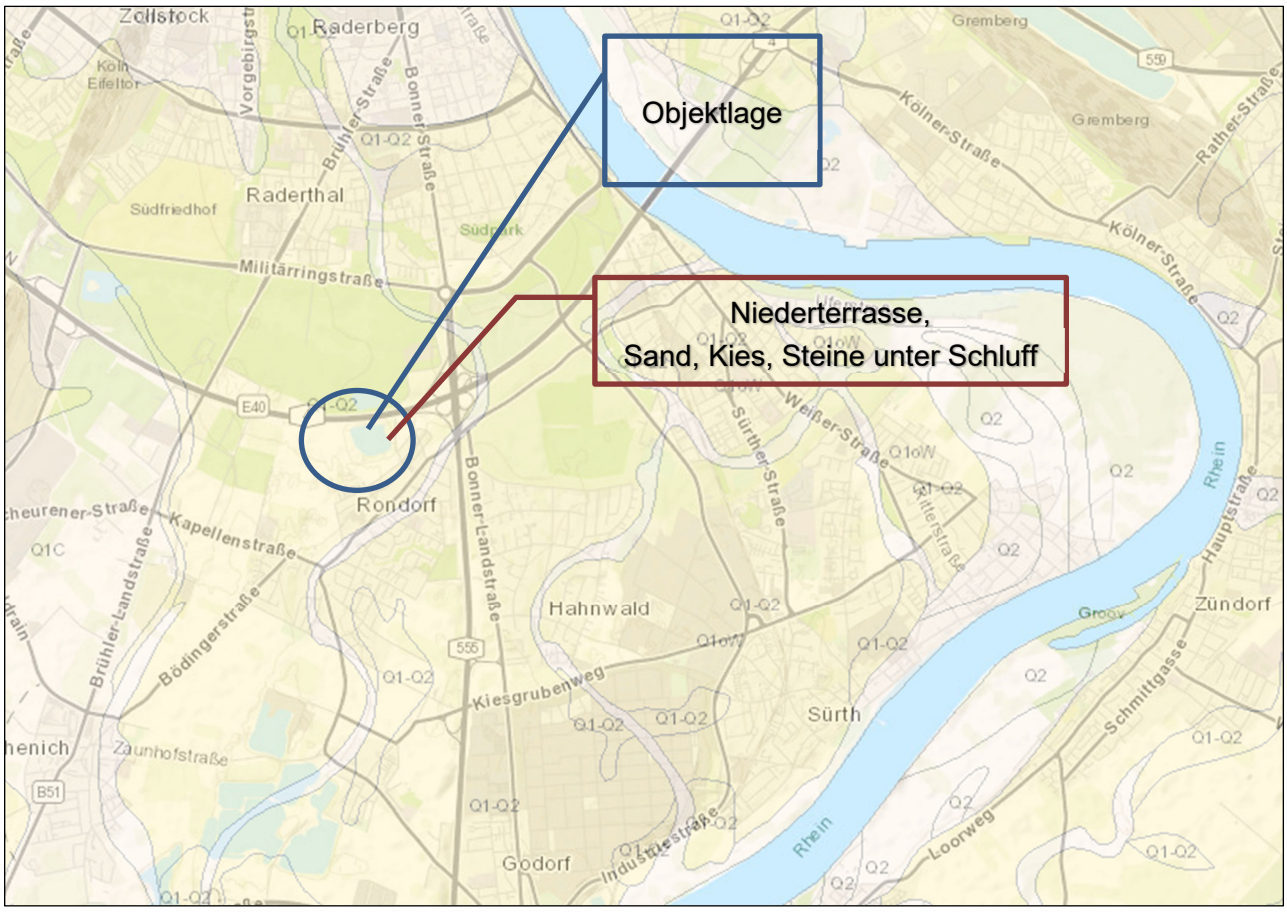


Abbildung 4: Ausschnitt geologische Karte (Quelle: BGR, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe)

Die untersuchte Fläche weist im Bereich des Sees eine anthropogene Überprägung in Form von Auffüllungen aus umgelagerten Terrassensedimenten auf. Der Oberboden des angrenzenden Ackers ist durch Pflugarbeiten geprägt und weist vereinzelt geringe Mengen anthropogener Beimengungen auf. Die geogenen Hochflutlehmablagerungen wurden im Zuge der historischen Auskiesung im Bereich des Sees ausgeräumt, sodass im Liegenden der Auffüllung die Kiese und Sande der Terrassensedimente folgen.

Im Bereich des Ausläufers der Altablagerung „Auf der Heidekaul 3-5“ (Nr. 20407) steht ein humoser Oberboden an, der keine anthropogene Beeinflussung zeigt und von Hochflutlehm gefolgt von Terrassensedimenten unterlagert wird.

Die kiesig-sandigen Terrassenablagerungen bilden den obersten Grundwasserleiter mit freier Grundwasseroberfläche und guten Durchlässigkeiten (kf -Wert ca. 10^{-4} m/s). Die Tertiäroberfläche fungiert als Grundwassergeringleiter bis -stauer.

Es herrscht eine übergeordnet nach Nordosten bis Osten zum Vorfluter Rhein bzw. zum ca. 650 m entfernten Wasserwerk Hochkirchen gerichtete Grundwasserfließrichtung.

Das Untersuchungsgelände befindet sich in der Wasserschutzzone III (Hochkirchen). Unmittelbar nördlich der ehem. Kiesgrube beginnt die Wasserschutzzone II des Einzugsgebietes Wasserwerk Hochkirchen.

2.4 Allgemeine Gefährdungspotentiale des Untergrunds

Erdbeben:

Für das Baufeld gilt nach [16] folgende Zuordnung

- Erdbebenzone: 1
- Untergrundklasse: T
- Baugrundklasse: B

3 BAUGRUNDERKUNDUNG

3.1 Felduntersuchungen

Im Rahmen der aktuellen Baugrunduntersuchung wurden im März 2020 die folgenden Untersuchungen durchgeführt:

4 Stck	Hohlbohr-Schneckenbohrungen (B), ∅ 210 mm, nach DIN EN ISO 22475 zur Feststellung der Bodenarten und Entnahme von Bodenproben, erreichte Endtiefen von 18,0 bis 20,0 m u. GOK; Bezeichnung B 1 bis B 4.

Der Aufschluss B1 mussten vor Erreichen der geplanten Endtiefe abgebrochen werden, da die Bodenwiderstände keine weitere Vertiefung zuließen, vgl. Anlage II.2.

Je laufenden Meter bzw. bei organoleptischer Auffälligkeit sowie bei Schichtwechseln wurden gestörte Bodenproben (75 Stück) in luftdichte Behälter abgefüllt und zur Beweissicherung inventarisiert.

Das mit den Bohrungen erbohrte Bodenmaterial wurde vor Ort durch den bearbeitenden Diplom-Geologen gemäß DIN EN ISO 14688 nach organoleptischen und ingenieurgeologischen Kriterien angesprochen und in den Schichtenverzeichnissen nach DIN 4023 bezeichnet.

Die Höhe der Bohransatzpunkte wurde mit einem Nivelliergerät eingemessen.

Die Lage der Bohrungen ist in Anlage I.2 dargestellt. Die Kenndaten der Bohrungen sind tabellarisch in der Anlage II.1 zusammengestellt. Die Schichtenprofile der Bohrungen sind in der Anlage II.2 zusammengestellt.

3.2 Grundwasserstände

Im Rahmen der Geländearbeiten wurde bei ca. 15 m u. GOK = ca. 35,8 – 37,8 m NHN die grundwasserführende Schicht angetroffen.

Nach den Angaben des Erftverbandes [6] liegen die relvanten Grundwasserstände bei:

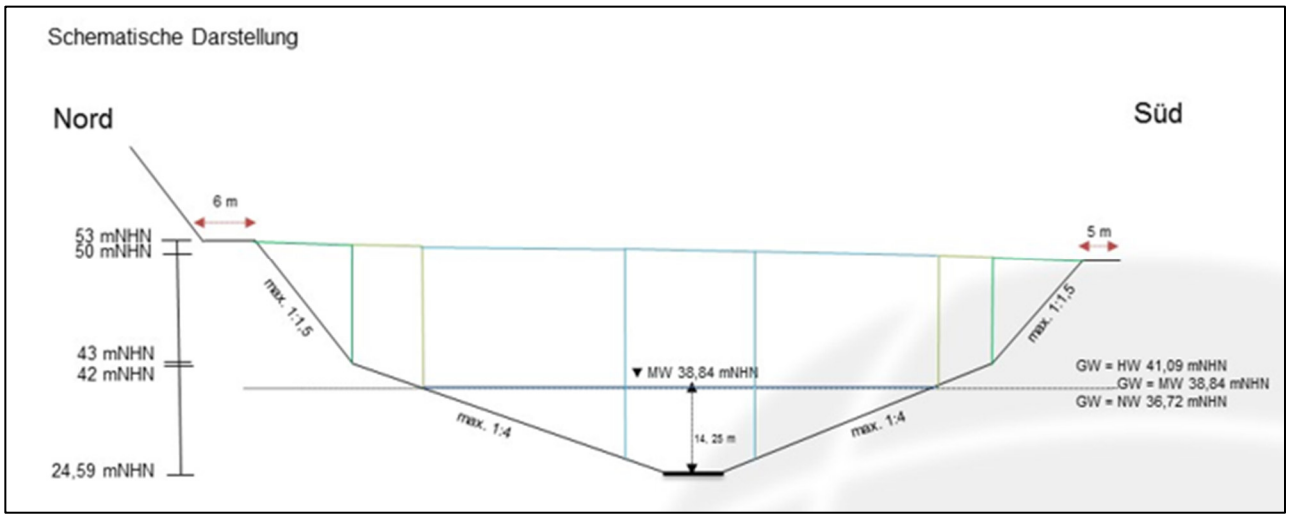


Abbildung 5: Seequerschnitt mit Wasserständen

höchster GW-Stand / HW:	41,09 m NHN
mittlerer GW-Stand / MW:	38,84 m NHN
niedrigster GW-Stand / NW:	36,72 m NHN

3.3 Bodenmechanische Laborversuche

An exemplarischen Bodenproben wurden bodenmechanische Laborversuche zur Klassifikation der Böden im Baugrundlabor der Fa. Albotec, Mühlheim durchgeführt:

10 Stck	Bestimmung des Wassergehalts nach DIN EN ISO 17892-1
10 Stck	Bestimmung der Kornverteilung nach DIN EN ISO 17892-4
2 Stck	Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN EN ISO 17892-12
2 Stck	Bestimmung der dichtesten und lockersten Lagerung nach DIN 18126

Eine Übersicht der Versuchsergebnisse ist als Anlage III.1 beigefügt. Die vollständigen Versuchsprotokolle können der Anlage III.2 entnommen werden.

4 BAUGRUNDBESCHREIBUNG

4.1 Bodenschichten

Die erkundeten Bodenarten können auf Basis der Erkundungsergebnisse, der allgemeinen Geologie und der in Bezug genommenen Planung mit dem folgenden ingenieurmäßigen Schichtenmodell idealisiert werden:

Schicht 1: humoser Oberboden

Ab der Geländeoberfläche stehen im Bereich der rechten Nische zunächst Oberböden an.

Die Schichtmächtigkeit liegt bei ca. 0,4 m.

Schicht 2: Hochflutlehm

Unterhalb der Auffüllung stehen tonige, schwach feinsandige Schluffe an.

Die Schichtunterkante wurde bei ca. 2,60 m bis 6,00 m u. GOK erreicht, was einem Niveau von ca. 49,52 m bis 45,77 m NHN entspricht.

Schicht 3: Terrassensedimente

Unterhalb des Hochflutlehms stehen schluffige bis stark schluffige, fein- bis grobkiesige Sande bis Kiese an.

Die Schichtmächtigkeit variiert zwischen ca. 14,0 bis 17,0 m. Ihre Schichtunterkante wurde nicht durchteuft.

Schicht 4: Tertiär

Die Schicht 4 folgt unterhalb der Terrassensedimente und wurde nicht erbohrt. Es handelt sich tertiäre Feinsande. Zur Feststellung der Teufe wurde die Messstelle 957783 des Erftverbandes herangezogen. Demnach liegt die Oberkante des Tertiärs bei ca. 24,50 m u. GOK = ca. 27,70 m NHN.

4.2 Bodenmechanische Rechenwerte und bautechnische Klassifizierung

Zur Durchführung bodenmechanischer Berechnungen nach DIN EN 1997-1 bzw. DIN 1054 können für die idealisierte Schichteneinteilung und die hier behandelte Bauaufgabe die nachfolgenden charakteristischen bodenmechanischen Kennwerte angesetzt werden.

Schicht 1: Oberboden

Bodenarten:		U, s'-s, h + fS, u'-u*, h, (g') Fremdstoffe: Wurzelreste, Ziegelbruch
Bodenklasse	DIN 18196	OU, OH

Schicht 2: Hochflutlehm

Bodenarten:		U, t, fs'
Wichte	γ / γ'	18,5 – 20,5 / 9– 10 kN/m³
Scherfestigkeit	φ_s / c_k	25,0° - 27,5° / 4 - 6 kN/m²
Steifigkeit	E_s	4 bis 7 MN/m²
Wasserdurchlässigkeit	k_f	$<10^{-5}$ m/s
Bodenklasse	DIN 18196	SU*, TL, ST*
Frostsicherheit	ZTVE-StB	F3
Bodengruppe	DWA	G3-G4
Verdichtbarkeitsklasse	ZTV-StB	V2 - V3

Schicht 3: Terrassensedimente

Bodenarten:		S-G, u-u*, fg-mg
Wichte	γ / γ'	18 bis 20 / 9 bis 11 kN/m³
Scherfestigkeit	φ_k / c_k	32,5° - 35° / 0 kN/m²
Steifigkeit	E_s	60 bis 80 MN/m² bei 1 UG (42,0 m NHN)
Steifigkeit	E_s	80 bis 100 MN/m² (< 42,0 m NHN)
Wasserdurchlässigkeit	k_f	$> 10^{-5}$ m/s

Bodenklasse	DIN 18196	SE, SU, SU*,GU, GU*
Frostsicherheit	ZTVE-StB	F1, F2, F3
Bodengruppe	DWA	G1, G2, G3
Verdichtbarkeitsklasse	ZTV A	V1-V2

Schicht 4: Tertiär

Bodenarten:		S
Wichte	γ / γ'	18 bis 20 / 10 bis 11 kN/m³
Scherfestigkeit	φ_k / c_k	30,0 – 32,5° / 0 kN/m²
Steifigkeit	E_s	60 bis 100 MN/m²
Wasserdurchlässigkeit	k_f	10^{-4} - 10^{-5} m/s
Bodenklasse	DIN 18196	SE, SW
Frostsicherheit	ZTVE-StB	F1
Bodengruppe	DWA	G1
Verdichtbarkeitsklasse	ZTV A	V1

4.3 Bemessungs-Grundwasserstände

Für die Baumaßnahme werden die folgenden charakteristischen Wasserstände zur Berücksichtigung in der Planung empfohlen:

höchster GW-Stand / HW:	41,09 m NHN
mittlerer GW-Stand / MW:	38,84 m NHN
niedrigster GW-Stand / NW:	36,72 m NHN

4.4 Umwelttechnische Einstufung der Böden

In einem separaten Gutachten wurde die Umwelttechnische Einstufung der Böden [22] für das Bauvorhaben (Mull & Partner Ingenieurgesellschaft mbH, 2018) erarbeitet.

5 BEMESSUNGSGRUNDLAGEN

5.1 Strömungsrandbedingungen

Aufgrund der relativ guten Durchlässigkeit der Terrassensedimente ist eine starke Durchströmung des Untergrundes infolge eines möglichen Potentialausgleichs zwischen dem HW (41,09 m NHN) und dem NW (36,72 m NHN) nicht möglich, da der Potentialunterschied immer mit geringer Druckdifferenz ausgeglichen wird.

Aus Wasserströmung erzeugte Versagenszustände (Durchströmung, Filterstabilität) sind damit für die Standsicherheit untergeordnet. Es wird daher nur ein Potentialunterschied zwischen HW (41,09 m NHN) und MW (38,84 m NHN) angesetzt. Es wird ebenfalls angenommen, dass der Potentialabbau 5 m hinter der Böschung beginnt.

Man kann davon ausgehen, dass der Wasserspiegel der Dupuit-Gleichung genügt. Die Reichweite des Potentialabbau kann daher durch die Gleichung

$$R = 3000\ x\ s\ x\ \sqrt{k}\ \ [\text{m}]$$

beschrieben werden.

Mit:

s = 41,09 m NHN - 38,84 m NHN = 2,25 m
k_f = 1,0 x 10^{-5} m/s

$$R = 3000\ x\ 2{,}25\ x\ \sqrt{1{,}5\ x\ 10^{-5}} = \underline{21{,}3\ \text{m}}$$

Demnach liegt die Annahme von 5 m auf der sicheren Seite, da hierdurch mit höherem Porenwasserdruck gerechnet wird.

5.2 Bodenmechanische Kennwerte Abgrabungsbereiche

Der Oberboden (Schicht 1) darf zur Umlagerung nicht genutzt werden. Er unterliegt besonderen Schutzvorschriften und ist vor Beginn der Bauarbeiten abzuschieben oder zu sichern.

Die Böden der Schicht 2 erreichen geringe Tragfähigkeiten bzw. erzeugen unter zusätzlichen Belastungen erhöhte Setzungsmaße, insbesondere in durchfeuchtetem Zustand. Sie sind daher für die Umlagerung nicht geeignet.

Grundsätzlich empfiehlt die BAW Bundesanstalt für Wasserbau in den Grundlagen zur Bemessung von Böschungs- und Sohlensicherungen an Binnenwasserstraßen (GBB) [17], für Böschungswinkel bei Grundwasseraustritt an ungeschützten Böschungen unter Wasser:

$$\tan\beta \le \frac{\gamma'}{\gamma_W + \gamma'} \tan\varphi' \qquad (7\text{-}32)$$

mit

β Böschungswinkel oberhalb des abgesenkten Wasserspiegels [°]

γ' Wichte des Bodens unter Auftrieb [kN/m^3]

γ_W Wichte des Wassers [kN/m^3]

φ' effektiver Reibungswinkel des Bodens [°]

bzw, vereinfacht: $\beta \le \varphi'/2$,

ebenso in [18]

Bei Dämmen aus nichtbindigem Dammmaterial wird eine ausreichende Sicherheit eingehalten, wenn gilt:

$\tan\beta \le \tan\varphi'_d$ oberhalb der Sickerlinie

$\tan\beta \le ½ \cdot \tan\varphi'_d$ unterhalb der Sickerlinie

Hierbei ist φ_d der Bemessungswert des Reibungswinkels $\tan\varphi'_d = \tan\varphi'_k / \gamma_\varphi$ und β der Böschungswinkel des Dammes.

Der Ansatz der Bemessungswert des Reibungswinkel ist demnach gerechtfertigt:

Auf der Basis der in Kapitel 4.2 genannten Spannweiten werden für die Terrassensedimente die folgenden bodenmechanischen Rechenwerte in Ansatz gebracht:

<u>Schicht 3: Terrassensediment, Abgrabungsbereiche</u>

Wichte	γ / γ'	19 / 10,5 kN/m³
Scherfestigkeit	φ_k / c_k	32,5° / 0 kN/m²

Diese Werte gelten jedoch nur für Abgrabungsbereiche.

<u>Schicht 4: Tertiär</u>

Wichte	γ / γ'	19 / 10,5 kN/m³
Scherfestigkeit	φ_k / c_k	30,5° / 0 kN/m²

5.3 Bodenmechanische Kennwerte Verfüllbereiche

Für die Schichten 1 und 2 gelten in 5.2 beschriebenen Verhältnisse.

Im Bereich der Wiederverfüllung unter Wasser kommt es beim Schüttvorgang zu einer Auflockerung und zu einem Fließverhalten der Terrassensedimente, die sich in einer abweichenden Dichte und in einem abweichendem Reibungswinkel darstellen. Unter Wasser kann die Lagerungsdichte auch nur eingeschränkt verbessert werden.

Gemäß EAU, E 175 [19] wird bei Schüttungen unter Wasser bei Mittelsanden orientierend eine Lagerungsdichte zwischen D = 0,15 bis 0,35 erreicht, was einer lockeren Lagerung entspricht. Dies wirkt sich auf den Reibungswinkel und die Dichte aus:

Schicht 3: Terrassensediment, Verfüllbereiche **unter** Wasser

Wichte	γ / γ'	17 / 10,5 kN/m³
Scherfestigkeit	φ_k / c_k	30,5° / 0 kN/m²

Falls Gebäudebereiche im Bereich der Unterwasserschüttung liegen, ist dies bei Setzungsberechnungen zu berücksichtigen. Ggf. kann die Lagerungsdichte unter Wasser mittels Tiefenrüttelverfahren verbessert werden.

Anmerkung: Zur Vereinfachung des Modells wurden die Bodenparameter für die UW-Schüttung auch für die Auftragsbereich unterhalb der Sickerlinie verwendet. Das Modell liegt damit auf der sicheren Seite.

Schicht 3: Terrassensediment, Verfüllbereiche **über** Wasser

Wichte	γ / γ'	19 / 10,5 kN/m³
Scherfestigkeit	φ_k / c_k	32,5° / 0 kN/m²

Schicht 4: Tertiär

Wichte	γ / γ'	19 / 10,5 kN/m³
Scherfestigkeit	φ_k / c_k	30,5° / 0 kN/m²

5.4 Berechnungsmodell, Software

Für den Nachweis der Standsicherheit erfolgt die Berechnung der Böschungsbruchsicherheit nach DIN 4084.

Hierzu wird das folgende EDV-Programm eingesetzt

- GGU-STABILITY (Böschungsbruchberechnung nach Bishop)

5.5 Bemessungsschnitte

Für die Berechnung erscheinen die in Anlage I.4 und Anlage I.5 dargestellten Schnitte 3, 4 und 5 maßgebend.

Für die Abgrabung wird Schnitt 5 angesetzt, für die Wiederverfüllung die Schnitte 3 und 4. Im Schnitt 3 wird im Süden die Bebauung und im Norden der Lärmschutzwall untersucht.

Für den Schnitt 5 wird der ungünstige Aufschluss der B 4 als maßgebendes Bemessungsprofil verwendet.

Für die Bemessungsschnitte wird die Geländegeometrie gemäß [4] genutzt.

5.6 Verkehrslastansatz

Zum Einbau (Bauzustand) wird als größte Last ein Dumper mit ca. 25 to Eigengewicht und 30 to Nutzlast angenommen. Die 55 Tonnen werden über 6 Räder verteilt und in den Untergrund eingeleitet. Hieraus ergibt sich die folgende charakteristische Verkehrslasteinwirkung:

55 to / 6 Räder = 9 to/Rad ≈ 90 kN/Rad

Die einwirkende Last ist gemäß [12] äquivalent zu der Radlast des Lastenschemas (SLW 60) für Regelklassen für Straßen- und Wegebrücken. Folglich erscheint die Annahme der Ersatzflächenlast gemäß [12] von p‘ = 33,3 kN/m² auf einer Breite von b= 3,0 m für den Bemessungsansatz als angemessen.

Für die Straßen (Endzustand) wird ebenfalls das Lastschema SLE 60 verwendet.

5.7 Bebauung

Gemäß dem städtebaulichen Plan ist die erste zu berücksichtigende Häuserreihe mit 4 Geschossen zzgl. Unterkellerung, geplant. Daraus ergibt sich nachfolgende Lastabschätzung, die auch für die zweite Gebäudereihe angesetzt wird:

25 kN/m² x 5 Etagen = 125 kN/m²

5.8 Erdbeben

Das Gelände befindet sich in der Erdbebenzone 1, Untergrundklasse T, Baugrundklasse B.

Es ergeben sich folgende Erddruckbeiwerte:

$kh = a(g) / 9{,}81 \times S/r$

mit:
$a(g) = \gamma_{(I)} \times a(gR) = 1{,}2 \times 0{,}4 = 0{,}48$ [-]

$kh = 0{,}48 / 9{,}81 \times 1{,}00 / 1 = \underline{0{,}044}$ [-]
$kv = 0{,}33 \times kh = 0{,}33 \times 0{,}049 = \underline{0{,}016}$ [-]

5.9 Teilsicherheitsbeiwerte und Standsicherheit

Die Standsicherheitsuntersuchungen wurden gemäß DIN 4084 geführt. Hierbei handelt es sich um die Untersuchung des Böschungs- und Geländebruchs. Dies ist ein Versagen des Gesamtsystems. Der zugehörige Nachweis der Tragfähigkeit wird als Grenzzustand des Versagens durch Verlust der Gesamtstandsicherheit (GEO-3) bezeichnet.

Für Endböschungen werden die Teilsicherheitsbeiwerte nach Bemessungssituation BS-P des EC 7 gewählt. Für Zwischenstände bei Einbau oder Gewinnung wird die Bemessungssituation BS-T, als zeitlich begrenzte Situationen angesetzt. Für den Erdbebenzustand wird die Bemessungssituation BS-E angesetzt (vgl. Tabelle 2).

Tabelle 2: Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen, Beanspruchungen und geotechnische Kenngrößen

Einwirkung bzw. Beanspruchung	BS - P	BS-T	BS-E
Ständige Einwirkungen (Eigengewicht)	1,0	1,0	1,0
Ungünstige veränderliche Einwirkungen (Verkehrslast)	1,3	1,2	1,0
Bodenkenngröße	BS - P	BS-T	
Reibungsbeiwert tan φ' des dränierten Bodens und Reibungsbeiwert tan φ_u des undränierten Bodens	1,25	1,15	1,0
Kohäsion c' des dränierten Bodens und Scherfestigkeit c_u des undränierten Bodens	1,25	1,15	1,0

Für die Erbringung des Nachweises, muss die Summe der Einwirkungen kleiner / gleich der Summe der Widerstände sein:

$$E_d \leq R_d$$

bzw. der Ausnutzungsgrad μ ergibt sich zu $\mu = E_d / R_d \leq 1$.

5.10 Entwurfsgrundsätze

5.10.1 Böschung

Grundsätzlich ist die Uferböschung unter Wasser mit einem Gefälle von $\beta \leq \varphi'/2 = \beta \leq 30°/2 \leq 15°$ = 1:3,7 anzulegen (s. Kapitel 5.2).

Das ist bei der gewählten Neigung von 1:4 = 14° < 15° gegeben.

5.10.2 Setzungsfließen

Bei locker gelagerten, feinkörnigen Sanden, die in Seen / Uferbereichen verfüllt werden, tritt unter ungünstigen Umständen ein sogenanntes Setzungsfließen ein. Das entwickelt sich insbesondere, wenn das Grundwasser ansteigt und sich der Boden allmählich mit Wasser sättigt. Da bei diesem Vorgang das Wasser wie ein Gleitmittel wirkt und der statische Auftrieb die Adhäsionskräfte der Bodenteilchen stark verringert bekommt der Boden eine breiartige Substanz. Hier reichen schon kleine Auslöser, damit sich größere Erdmassen verflüssigen und abrutschen.

Wesentlich für die Entstehung sind nachfolgende Kriterien:

- Lagerungsdichte
- Kornform und -verteilung
- Wassergehalt

Bei der geplanten Verfüllung wird unter Wasser verfüllt, so dass ein langsamer Wasseranstieg hier keine Rolle spielt. Die Kornverteilung liegt auch im Schwerpunkt nicht bei Feinsanden, für die das Phänomen im Ostdeutschen Braunkohlenrevier häufig nachgewiesen wurde.

Insgesamt wird die Gefahr des Setzungsfließens für den Standort als gering eingeschätzt. Es wird jedoch empfohlen die Lagerungsdichte der UW-Verfüllung zu prüfen und ggf. mittels Rütteldruck- oder Rüttelstopfverdichtung die Lagerungsdichte unter Wasser auf mindestens 95% D_{Pr} zu erhöhen.

6 ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN

Die Standsicherheiten der Böschungen (Ausnutzungsgrad) beziehen sich dabei auf die geplante Baugrundsituation.

6.1 Profil 3B (Böschungsbruch Süd, Gebäude)

Nachfolgend werden die Ergebnisse aus der Böschungsbruchberechnung zusammenfassend für das Profil 3B dokumentiert. Hierbei wird der Fall betrachtet, wie auch für alle anderen Schnitte, dass ein Versagen der Böschung in Richtung des Sees eintritt. Im Profil 3B endet die eingebaute Bodenmasse vor der Neubebauung.

In den Anlage IV.1 bis Anlage IV.2 sind die untersuchten Gleitkreise dargestellt. Bei der Betrachtung mehrerer Versagensmechanismen wurde beim ungünstigsten Gleitkreis im End- und im Bauzustand ein Ausnutzungsgrad von $\mu_{max} \leq 1{,}0$ erreicht. Folglich ist die Böschung gemäß des gültigen Sicherheitskonzeptes mit Ansatz der Verkehrslast und Gebäudelasten **standsicher**.

Tabelle 3: Ausnutzungsgrad Profil 3B (x/y= Gebäude/Böschung, BST: keine Gebäude)

Ausnutzungsgrad μ_{max}	Anlage	BS – P	BS-T	BS-E
Endzustand Verfüllung und Bebauung	IV.1	0,50 / 0,75		
Endzustand Verfüllung und Bebauung, Erdbeben	IV.2			0,51 / 0,70
Bauzustand, Verfüllung 1 m über HGW	IV.3		0,81	

Im Erdbebenfall liegen die Ausnutzungsgrade $\mu_{max} \leq 1{,}0$ (vgl. Anlage IV.2). Auch hier ist das gültige Sicherheitskonzept eingehalten.

6.2 Profil 4 (Böschungsbruch Süd)

Nachfolgend werden die Ergebnisse aus der Böschungsbruchberechnung zusammenfassend für das Profil 4 dokumentiert. Im Profil 4 ist die maximal eingebaute Bodenmasse repräsentiert, die bis unter die Neubebauung reicht.

In Anlage IV.4 bis Anlage IV.5 sind die untersuchten Gleitkreise dargestellt. Bei der Betrachtung mehrerer Versagensmechanismen wurde beim ungünstigsten Gleitkreis im End- und im Bauzustand ein Ausnutzungsgrad von $\mu_{max} \leq 1{,}0$ erreicht. Folglich ist die Böschung gemäß des gültigen Sicherheitskonzeptes mit Ansatz der Verkehrslast und Gebäudelasten **standsicher**.

Tabelle 4: Ausnutzungsgrad Profil 4 (x/y= Gebäude/Böschung, BST: keine Gebäude)

Ausnutzungsgrad μ_{max}	Anlage	BS - P	BS-T	BS-E
Endzustand Verfüllung und Bebauung	IV.4	0,51 / 0,54		
Endzustand Verfüllung und Bebauung, Erdbeben	IV.5			0,44 / 0,57
Bauzustand, Verfüllung 1 m über HGW	IV.6		0,58	

Im Erdbebenfall liegen die Ausnutzungsgrade $\mu_{max} \leq 1{,}0$ (vgl. Anlage IV.5). Auch hier ist das gültige Sicherheitskonzept eingehalten.

6.3 Profil 5

Nachfolgend werden die Ergebnisse aus der Böschungsbruchberechnung zusammenfassend für das Profil 5 dokumentiert.

In der Anlage IV.7 bis Anlage IV.8 sind die untersuchten Gleitkreise dargestellt. Bei der Betrachtung mehrerer Versagensmechanismen wurde beim ungünstigsten Gleitkreis im Ende- und im Bauzustand ein Ausnutzungsgrad ≤ 1,0 erreicht. Folglich ist die Böschung gemäß des gültigen Sicherheitskonzeptes mit Ansatz der Verkehrslast **standsicher**.

Tabelle 5: Ausnutzungsgrad Profil 5 (x/y= Straße/Böschung, kein BST)

Ausnutzungsgrad μ_{max}	Anlage	BS - P	BS-T	BS-E
Endzustand Abgrabung und Verkehrsfläche	IV.7	0,98 / 0,83		
Endzustand Abgrabung und Verkehrsfläche, Erdbeben	IV.8			0,86 / 0,68

Im Erdbebenfall liegen die Ausnutzungsgrade $\mu_{max} \leq 1{,}0$ (vgl. Anlage IV.8). Auch hier ist das gültige Sicherheitskonzept eingehalten.

6.4 Profil 3A (Böschungsbruch Nord, Lärmschutzwall)

Nachfolgend werden die Ergebnisse aus der Böschungsbruchberechnung zusammenfassend für das Profil 3A dokumentiert.

In den Anlage IV.9 bis Anlage IV.10 sind die untersuchten Gleitkreise dargestellt. Bei der Betrachtung mehrerer Versagensmechanismen wurde beim ungünstigsten Gleitkreis im Endzustand ein Ausnutzungsgrad von $\mu_{max} \leq 1{,}0$ erreicht. Der Bauzustand ist mit dem Profil 3B (Süd) weitgehend identisch und wurde daher nicht untersucht.

Folglich ist die Böschung gemäß des gültigen Sicherheitskonzeptes mit Ansatz der Last durch den Lärmschutzwall **standsicher**.

Tabelle 6: Ausnutzungsgrad Profil 3A (x/y= Lärmschutzwall/Böschung; kein BST)

Ausnutzungsgrad μ_{max}	Anlage	BS – P	BS-T	BS-E
Endzustand Verfüllung und Lärmschutzwall	IV.9	0,83 / 0,92		
Endzustand Verfüllung und Lärmschutzwall, Erdbeben	IV.10			0,90 / 0,82

Im Erdbebenfall liegen die Ausnutzungsgrade $\mu_{max} \leq 1{,}0$ (vgl. Anlage IV.10). Auch hier ist das gültige Sicherheitskonzept eingehalten. Im Erdbebenfall kommt es zu Abrutschungen an der Oberfläche des Lärmschutzwalls.

6.5 Gesamtergebnis und weiteres Vorgehen

Die Böschungsbruchsicherheit ist im End- und Bauzustand gegeben.

Im Erdbebenfall wird es im Unterwasserbereich zu oberflächennahen Bodenumlagerungen kommen. Ausweislich der berechneten Gleitkreise sind davon die Verkehrsflächen und Gebäudebereiche nicht betroffen

Zur Vermeidung von Gefahren durch Setzungsfließen, empfehlen wir folgende Maßnahmen:

- Tiefenverdichtung mittels Rüttelstopf- oder Rütteldruckverdichtung der Unterwasserschüttung auf mind. 95% D_{Pr}.

7 ABSCHLIEßENDE HINWEISE

Baugrundaufschlussuntersuchungen basieren zwangsläufig auf punktförmigen Aufschlüssen, sodass Abweichungen von den vorstehend beschriebenen Verhältnissen nicht völlig ausgeschlossen werden können. Bei Abweichungen von den beschriebenen Verhältnissen behält sich die Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH gegebenenfalls eine Anpassung der Ausführungshinweise vor.

Der Bericht gilt für das benannte Objekt im Zusammenhang mit den Projektdaten. Eine Übertragung der Untersuchungsergebnisse auf andere Projekte ist ohne Zustimmung der Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH nicht zulässig.

Sämtliche im Bericht genannten Höhen und Höhenbezüge sind im Zuge der Baumaßnahme in der Örtlichkeit zu prüfen. Bei Unstimmigkeiten mit dem Baugrundbericht bittet die Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH um unverzügliche Benachrichtigung.

Die gewonnenen Bodenproben werden routinemäßig für 3 Monate eingelagert und hiernach ohne weitere Rücksprache entsorgt.

Die Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH übernimmt keine Haftung gegenüber Dritten, die Kenntnisse aus diesem Bericht für eigene Zwecke weiterverwenden.

Dr.-Ing. C. Loreck
- Leiter Baugrund / Geotechnik-

i.A. Dr.-Ing. G. Kollmann
- Gutachter –

Dr. J. Margane
- Geschäftsführer -

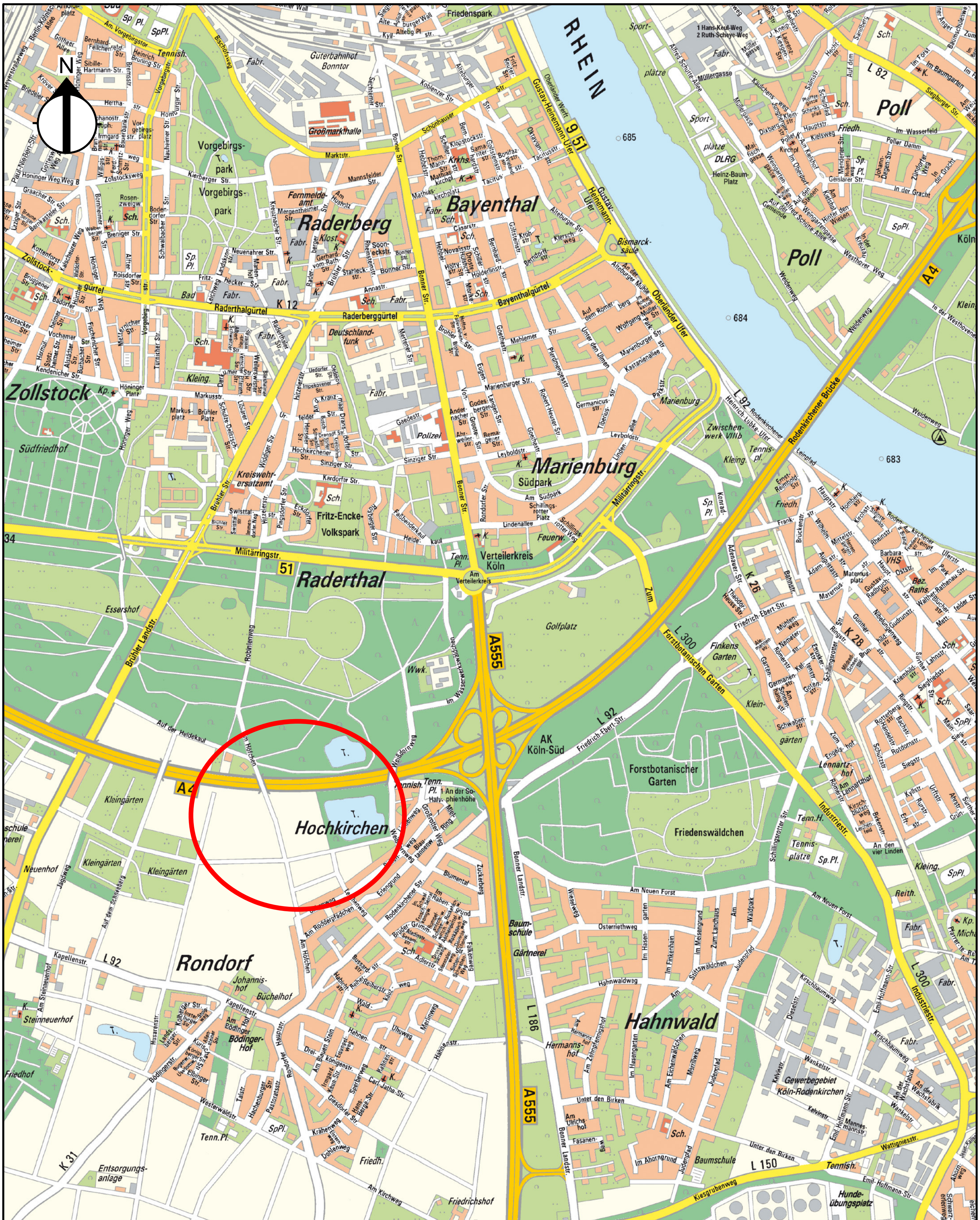
M&P
INGENIEURGESELLSCHAFT

Anlagen

M&P
INGENIEURGESELLSCHAFT

Anlage I

Abbildungen



Legende

Lage des Objektes

Quelle:
Kölner Stadtkarten, 4. Auflage
© Kartengrundlage und Daten: Stadt Köln

Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH
Hauptniederlassung Köln
Widdersdorfer Straße 190
50825 Köln
Tel.: 0221/170917-0 Fax.: 0221/170917-99

M&P INGENIEURGESELLSCHAFT

Index	erstellt/geändert	Datum	Bearb.	Gutachter
-	-	30.10.18	bat	C. Schneider

Auftraggeber
AMELIS Projektentwicklungs GmbH & Co. KG, Köln

Maßstab 1 : 25.000

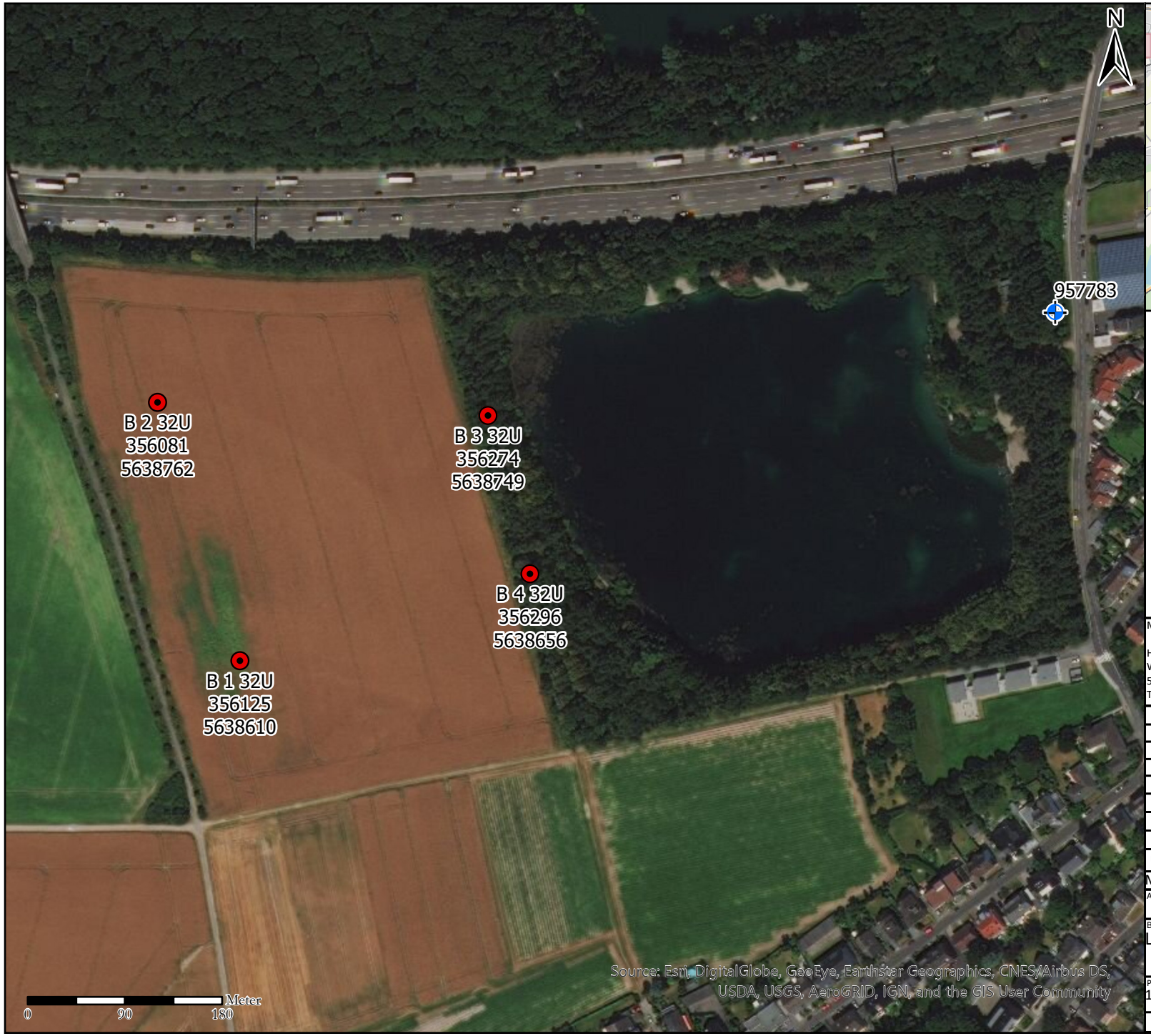
Benennung
Lage Im Stadtgebiet von Köln

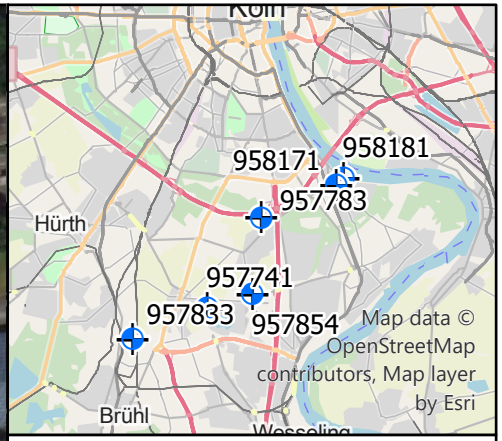
Anlage I

Abbildung 01

Projekt
BV Rondorf-Nordwest, Köln
- Standsicherheitsuntersuchung Galgenbergsee -

J:\projekte\2017\bis170900\170875\1810_Orientierende_Phase\a01\a17087501.dgn





Legende

- Bohransatzpunkte
- GWMS

Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH

Hauptniederlassung Köln
Widdersdorfer Straße 190
50825 Köln
Tel.: 0221/170917-0 Fax.: 0221/170917-99

M&P INGENIEURGESELLSCHAFT

	Datum	Name
Bearb.	29.04.2020	M. Weber
Gepr.		
Gutachter		G. Kollmann

Auftraggeber
Amelis Projektentwicklungs GmbH & Co.KG

Index	Änderung	Datum	Name
		Datum	Name

Maßstab: 1:5.000

Anlage 1

Abbildung 2

Benennung
Lageplan der Anschlusspunkte

Projekt
170875-BV Am Höfchen in Köln-Rondorf

Blatt-Nr.
-

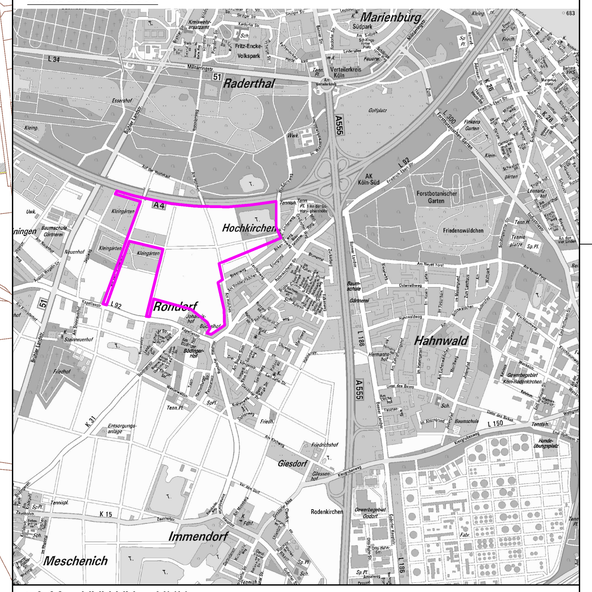
Projektpfad: K:\projekte\2017\bis170900\170875\60_Gelaendearbeiten

Legende

Neubaubereich

Übersichtslageplan

Maßstab 1 : 25.000



± 0,00 = XXX,XX m NHN

Index :	Änderungen :	Datum :	Gez.:

Grundlageplan :
KDS Vermessungsingenieure - Amtlicher Lageplan - Köln-Rondorf

Als Grundlage der vorhandenen Pläne dienen recherchierte bzw. überlassene Planunterlagen. In den Plänen werden die untersuchungsrelevanten Bereiche und die örtlichen Gegebenheiten schematisch dargestellt.
Die Mull & Partner Ingenieurgesellschaft mbH übernimmt keine Haftung für Fehler in diesen Planunterlagen.

Auftraggeber
AMELIS Projektentwicklungs GmbH & Co. KG, Köln

PRÜFUNG / FREIGABE :
(durch den Bauherrn)

DATUM :

Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH
Hauptniederlassung Köln
Widdersdorfer Straße 190
50825 Köln
Tel.: 0221/170917-0 Fax.: 0221/170917-99
Internet: www.mullundpartner.de

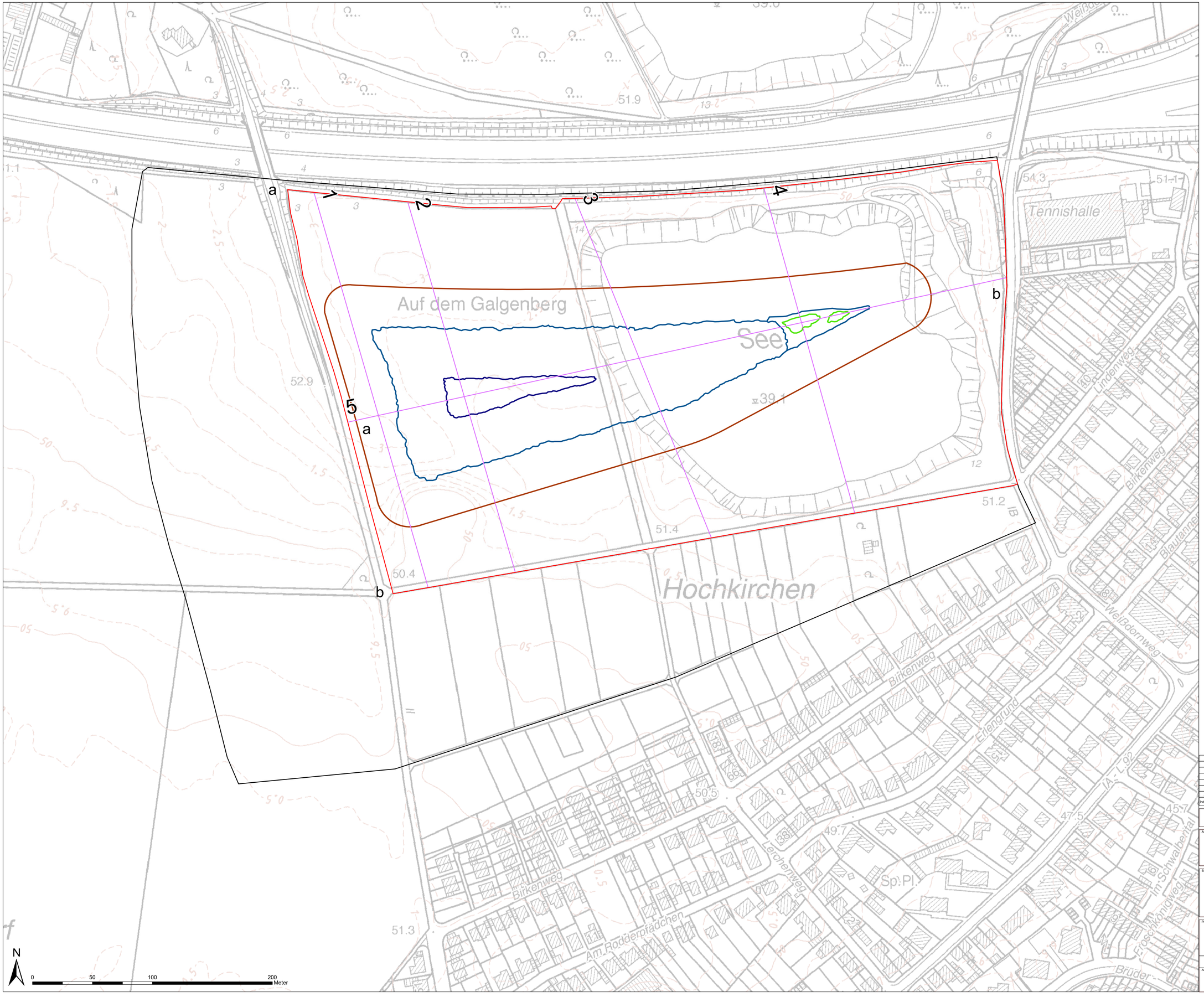
M&P INGENIEURGESELLSCHAFT

Projekt: BV Rondorf Nord-West, Köln
- Standsicherheitsuntersuchung Galgenbergsee -

Planinhalt: Lageplan Neubau

Maßstab: 1 : 5.000	Gez.:	N. Batyreva	02.06.20	Projektnummer:	170875
	Bearb.:	G. Kollmann	02.06.20	Anlage:	I
Blattgröße: 841 x 594 mm	Gepr.:	G. Kollmann	02.06.20	Abb.:	3

J:\projekte\2017\bis170900\170875\2005_Standsicherheitsuntersuchung Galgenbergsee\ai03\a170875003.dgn



Zeichenerklärung

Untersuchungsgebiete

- Untersuchungsgebietsgrenze UVP-Bericht
- Untersuchungsgebietsgrenze LBP

Planmorphometrie Galgenbergsee

- Böschungsoberkante Galgenbergsee
- Uferlinie bei MGW (38,84 mNHN)
- Tiefenzone bei MGW (> 10m uh WSP)
- Kleinstgewässer

Verortung der Profile

- Profile 1-5

Index	Datum	Name	Art der Änderung

Verortung der Profile

Auftraggeber

Amelis

AMELIS Projektentwicklungs GmbH & Co. KG
Oskar-Jäger-Straße 173 Tel.: 02102 / 92 86 - 0
50825 Köln Fax: 02102 / 92 86 - 369

Köln, den _____ _____ Unterschrift

Entwurfsverfasser

Planungsbüro Koenzen
Wasser und Landschaft

Schulstraße 37 | 40721 Hilden
Telefon: +49 (0) 2103 - 90884-0
E-Mail: info@planungsbuero-koenzen.de
Internet: www.planungsbuero-koenzen.de

Hilden, den _____ _____ Unterschrift

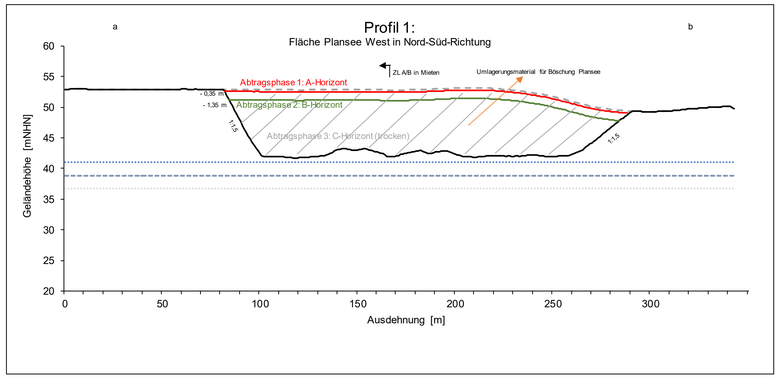
Projektnummer	18_19
bearbeitet	Jan
gezeichnet	Jan
geprüft	Haa

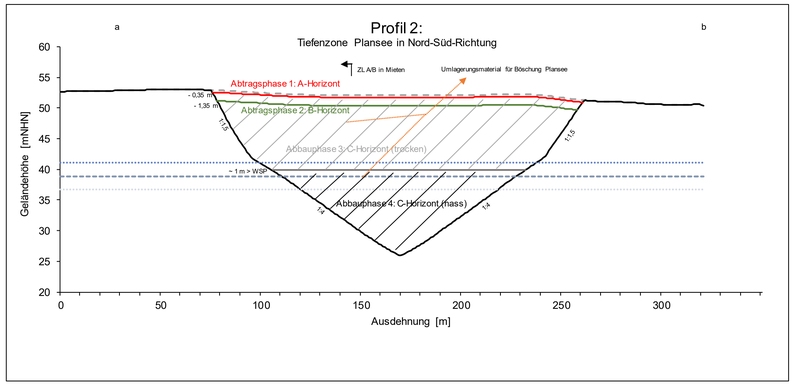
Projekt/Planbezeichnung

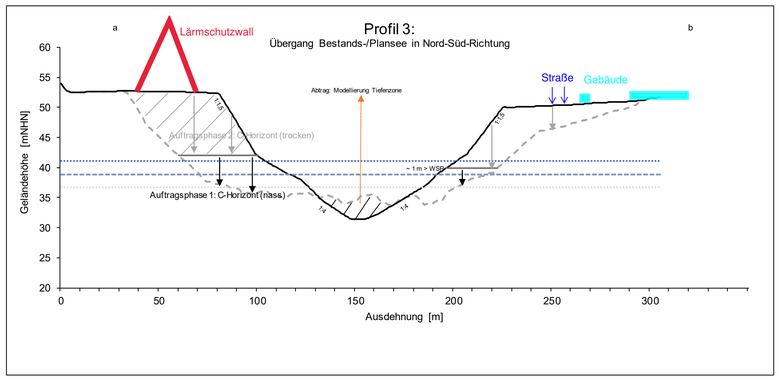
Teilverlegung Galgenbergsee in Köln
Rondorf Nordwest
Heft 2 - Technische Planung
ENTWURF

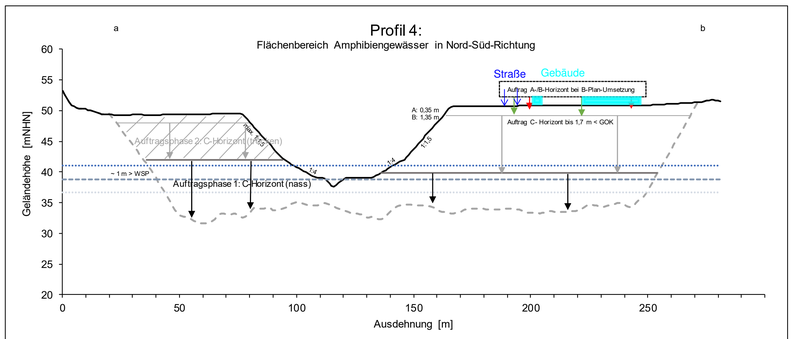
Plannummer	TP - 2/1
Maßstab	i.O. 1 : 1000
Erstellungsdatum	März 2020

Amtsleiter	Abteilungsleiter	Gruppenleiter	

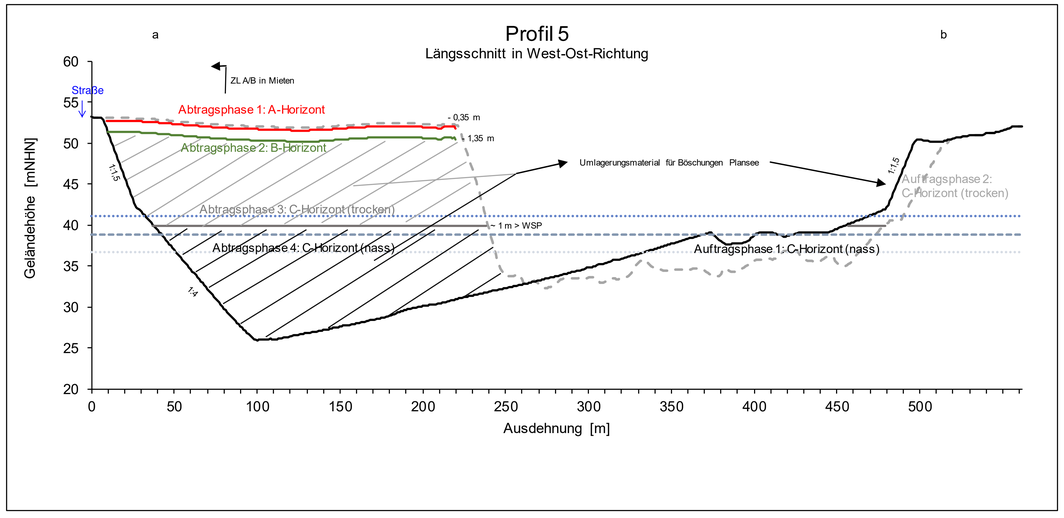








Die schraffierten Flächen in Profil 3 und 4 werden temporär bis 1 Meter über maximalem Grundwasserstand verfüllt und
mit Bodenmaterial aus der späteren Baufläche des städtebaulichen Entwurfs "Köln-Rondorf Nordwest" vom 26.02.2020 aufgefüllt



Zeichenerklärung

- Geländeoberfläche Bestandssee
- Geländeoberfläche Plansee
- niedriger Grundwasserstand (36,72 mNHN, Angaben EV)
- mittlerer Grundwasserstand (38,84 mNHN, Angaben EV)
- hoher Grundwasserstand (41,09 mNHN, Angaben EV)

Anmerkung: Darstellung der Profile 1:4 überhöht

Index	Datum	Name	Art der Änderung

Profile Vergleich Bestands-/ Plansee

Auftraggeber

Amelis

AMELIS Projektentwicklungs GmbH & Co. KG
Oskar-Jäger-Straße 173 Tel.: 02102 / 92 86 - 0
50825 Köln Fax: 02102 / 92 86 - 369

Köln, den _____ Unterschrift

Entwurfsverfasser

Planungsbüro Koenzen
Wasser und Landschaft

Schulstraße 37 | 40721 Hilden
Telefon: +49 (0) 2103 - 90884-0
E-Mail: info@planungsbuero-koenzen.de
Internet: www.planungsbuero-koenzen.de

Hilden, den _____ Unterschrift

Projektnummer	18_19
bearbeitet	Jan
gezeichnet	Jan
geprüft	Haa

Projekt/Planbezeichnung
Teilverlegung Galgenbergsee in Köln
Rondorf Nordwest
Heft 2 - Technische Planung
ENTWURF

Plannummer	TP - 2/2
Maßstab	i.O. 1 : 1000
Erstellungsdatum	März 2020

Amtsleiter	Abteilungsleiter	Gruppenleiter	

M&P
INGENIEURGESELLSCHAFT

Anlage II

Felduntersuchungen

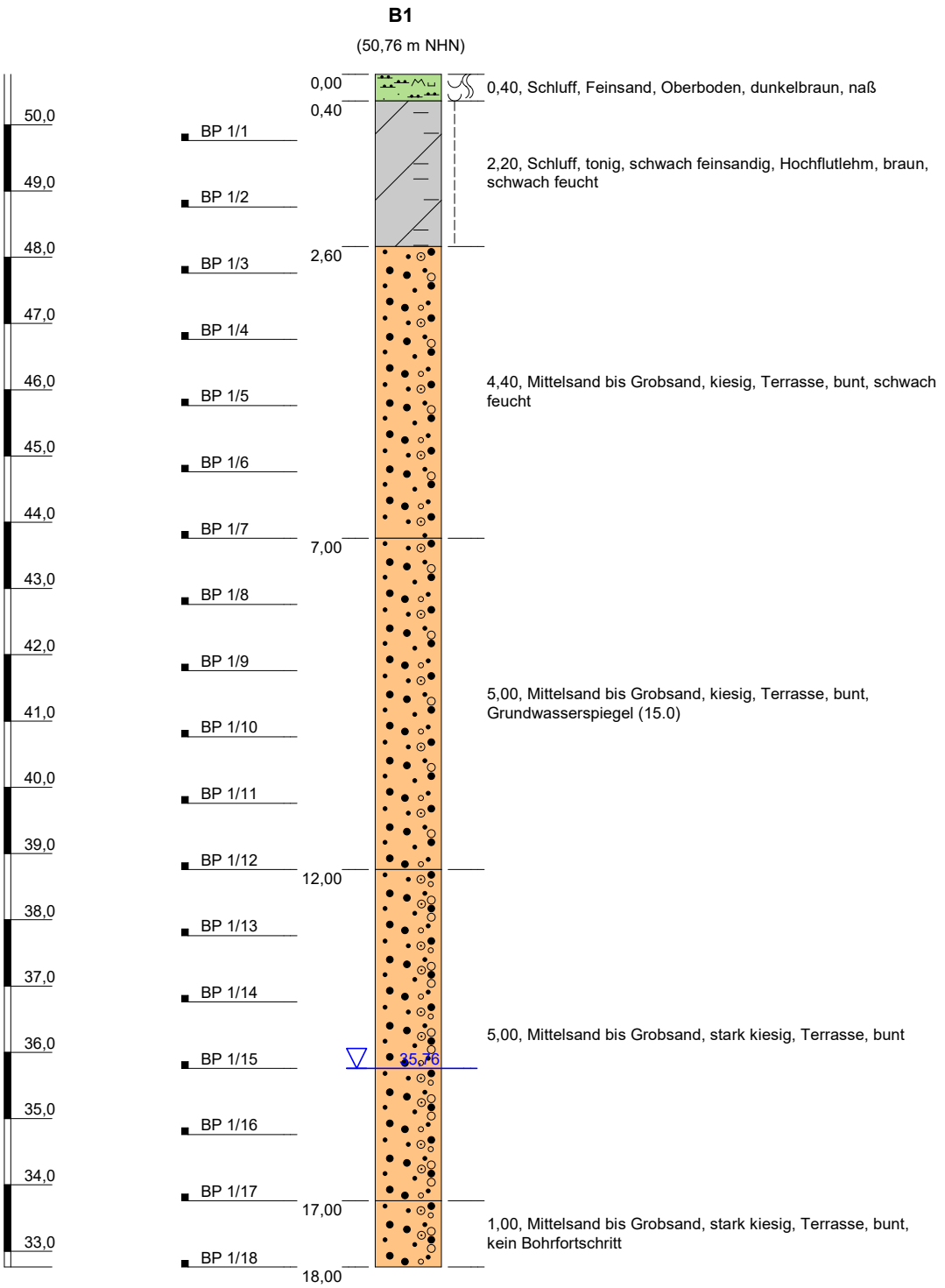
Projekt: **Galgenbergsee**
Bericht: **Standsicherheitsnachweis Böschungen**
Projekt-Nr: **170875**
AG: **Amelis Projektentwicklung GmbH & Co. KG**
Datum **08.05.2020**

M&P INGENIEURGESELLSCHAFT

Kenndaten der Bodenaufschlüsse

Anlage II.1

Punkt-Nr	Ansatz-höhe	Proben-anzahl	BK		CPT		KRB		DPH		Grundwasser		Bemerkung
			Tiefe	ET	Tiefe	ET	Tiefe	ET	Tiefe	ET	Tiefe	Niveau	
	[mNHN]	[Stck]	[m]	[mNHN]	[m]	[mNHN]	[m]	[mNHN]	[m]	[mNHN]	[m]	[mNHN]	
B1	50,76	18					18,00	*32,76*			15,00	*35,76*	
B2	52,86	19					20,00	*32,86*			15,00	*37,86*	
B3	52,32	19					20,00	*32,32*			15,00	*37,32*	
B4	51,77	19					20,00	*31,77*			15,00	*36,77*	
Anzahl [Stck]	4	75	0		0		4		0				Tiefe in **Fettdruck** = kein Bohr- oder Sondierfortschritt
Min [m]	50,76		0,0	0,0	0,0	0,0	18,0	31,8	0,0	0,0		35,8	
Max [m]	52,86		0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	32,9	0,0	0,0		37,9	
Summe [m]		75	0,0		0,0		78,0		0,0				

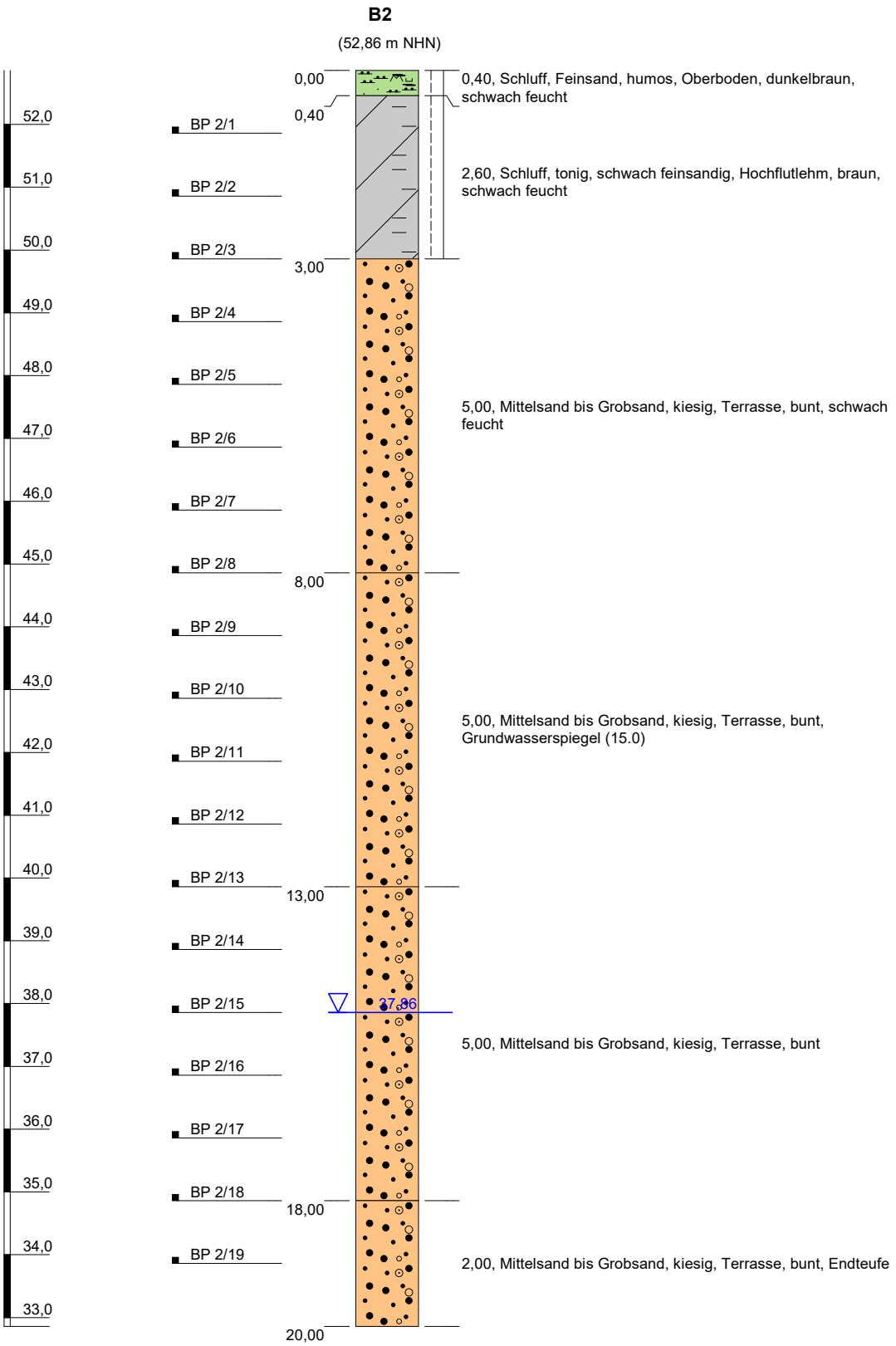


Höhenmaßstab: 1:100

Blatt 1 von 1

Projekt:	**Galgenbergsee Köln-Rondorf**			
Bohrung:	**B1**			
Auftraggeber:	Amelis Projektentwicklung GmbH & Co. KG		Hochwert:	5638610,0
Bohrfirma:	G.A.S. GmbH		Rechtswert:	32356125,0
Bearbeiter:	-		Ansatzhöhe:	50,76 mNHN
Datum:	02.03.2020	170875	Endtiefe:	18,00 m

M&P INGENIEURGESELLSCHAFT

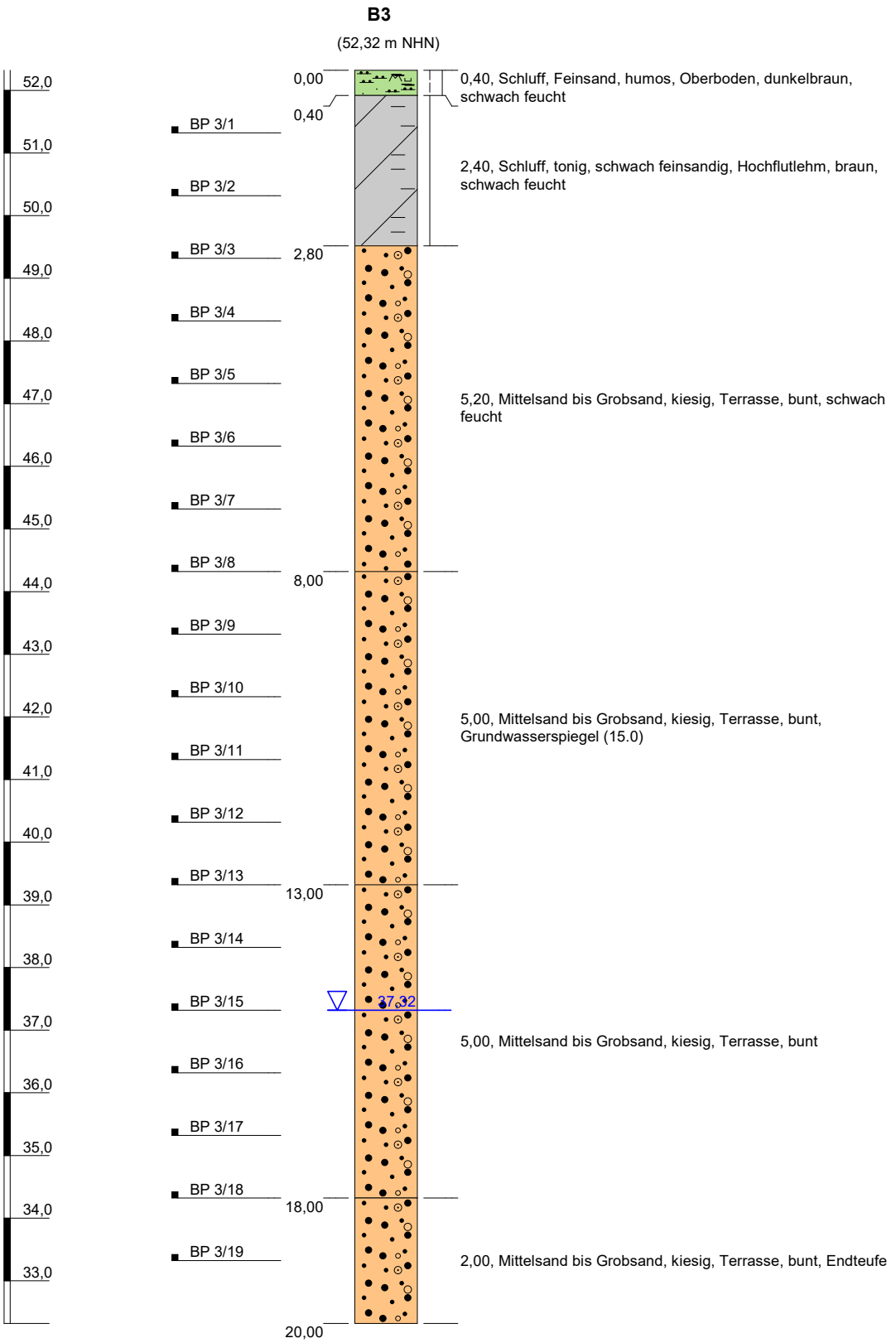


Höhenmaßstab: 1:100

Blatt 1 von 1

Projekt:	**Galgenbergsee Köln-Rondorf**			
Bohrung:	**B2**			
Auftraggeber:	Amelis Projektentwicklung GmbH & Co. KG		Hochwert:	5638762,0
Bohrfirma:	G.A.S. GmbH		Rechtswert:	32356081,0
Bearbeiter:	-		Ansatzhöhe:	52,86 mNHN
Datum:	23.03.2020	170875	Endtiefe:	20,00 m

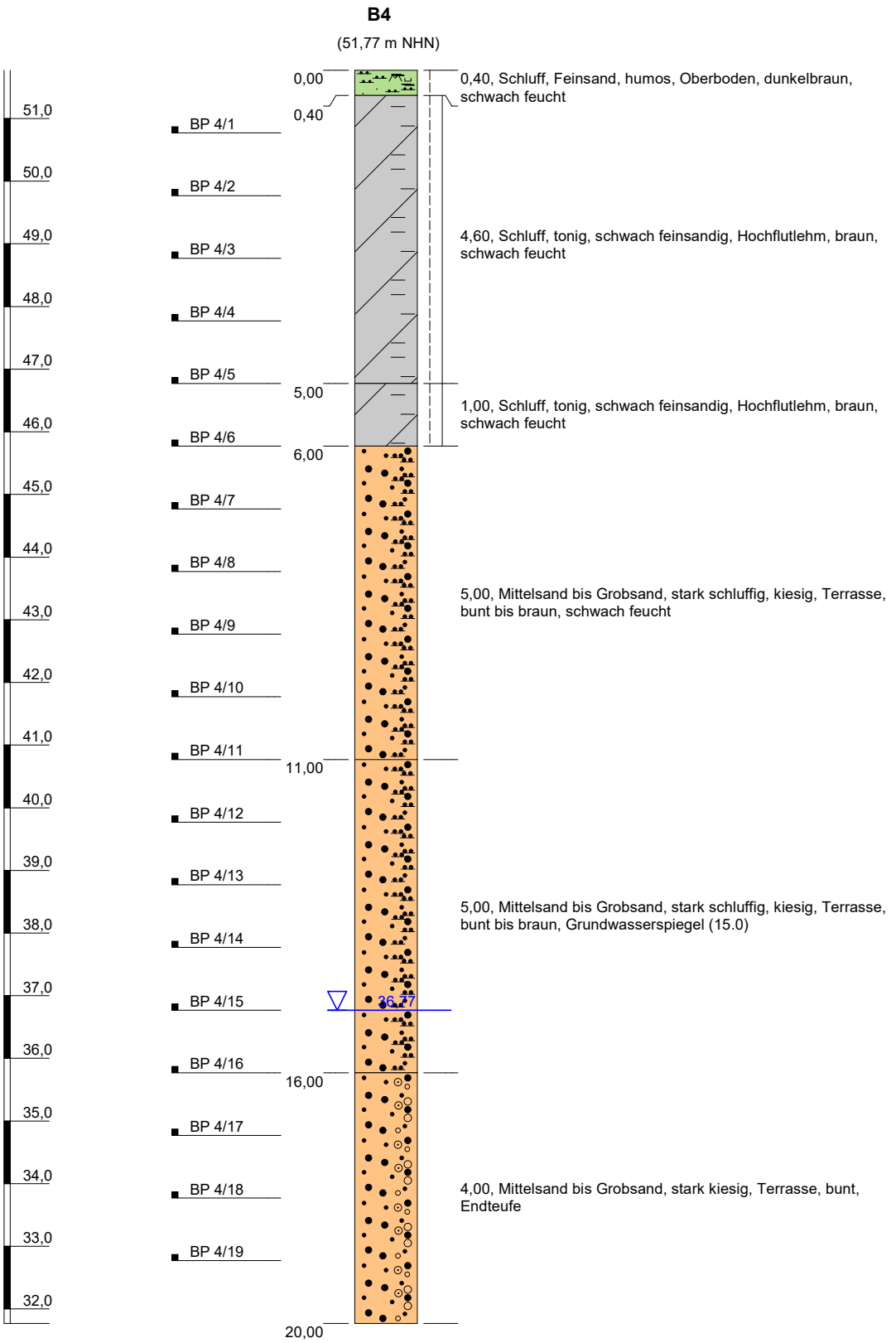
M&P INGENIEURGESELLSCHAFT



Höhenmaßstab: 1:100

Projekt:	**Galgenbergsee Köln-Rondorf**			
Bohrung:	**B3**			
Auftraggeber:	Amelis Projektentwicklung GmbH & Co. KG		Hochwert:	5638749,0
Bohrfirma:	G.A.S. GmbH		Rechtswert:	32356274,0
Bearbeiter:	-		Ansatzhöhe:	52,32 mNHN
Datum:	24.03.2020	170875	Endtiefe:	20,00 m

M&P INGENIEURGESELLSCHAFT



Höhenmaßstab: 1:100

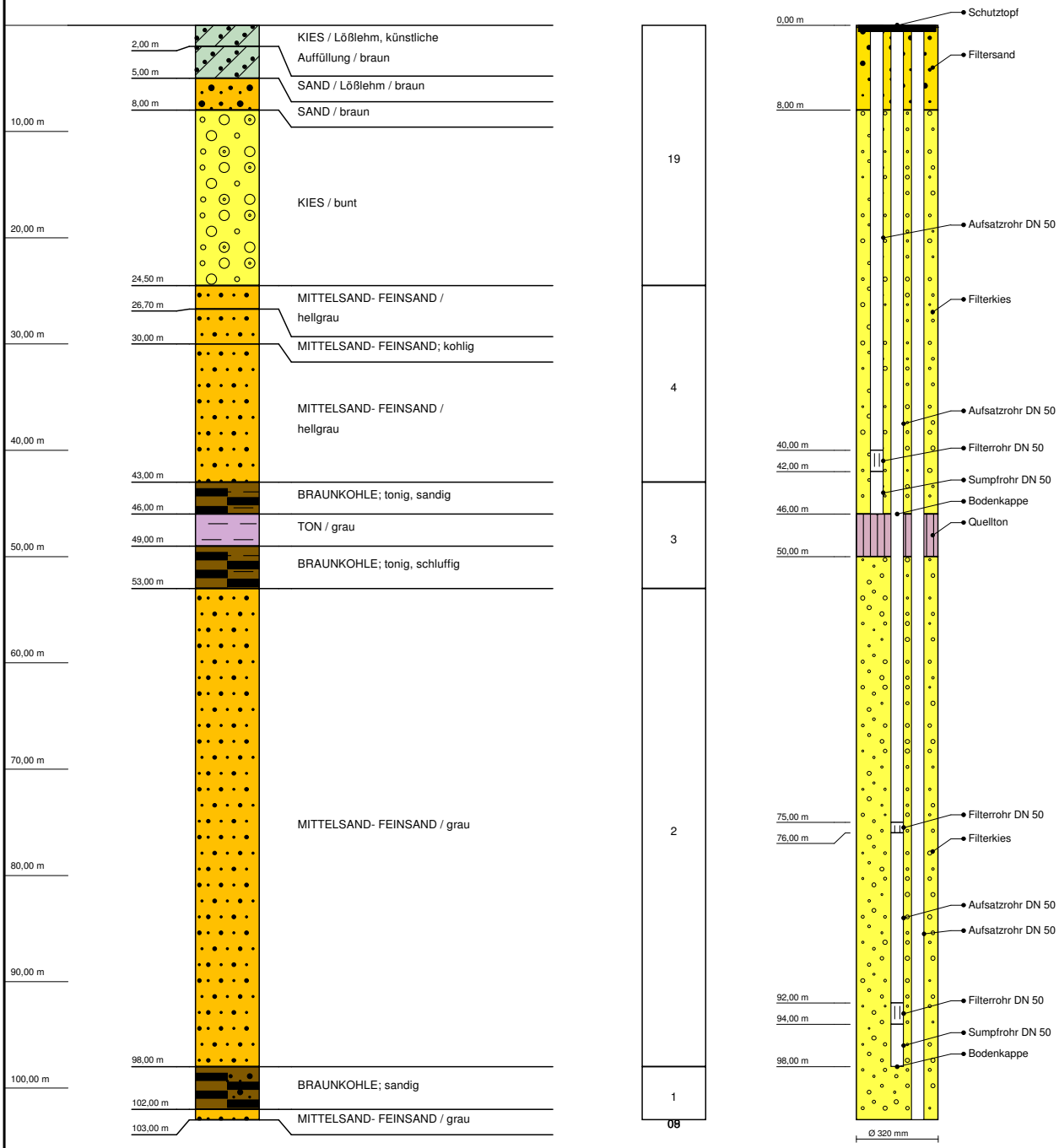
Blatt 1 von 1

Projekt:	**Galgenbergsee Köln-Rondorf**			
Bohrung:	**B4**			
Auftraggeber:	Amelis Projektentwicklung GmbH & Co. KG		Hochwert:	5638656,0
Bohrfirma:	G.A.S. GmbH		Rechtswert:	32356296,0
Bearbeiter:	-		Ansatzhöhe:	51,77 mNHN
Datum:	24.03.2020	170875	Endtiefe:	20,00 m

M&P INGENIEURGESELLSCHAFT

957783

(GOK: 51,73 m NN)

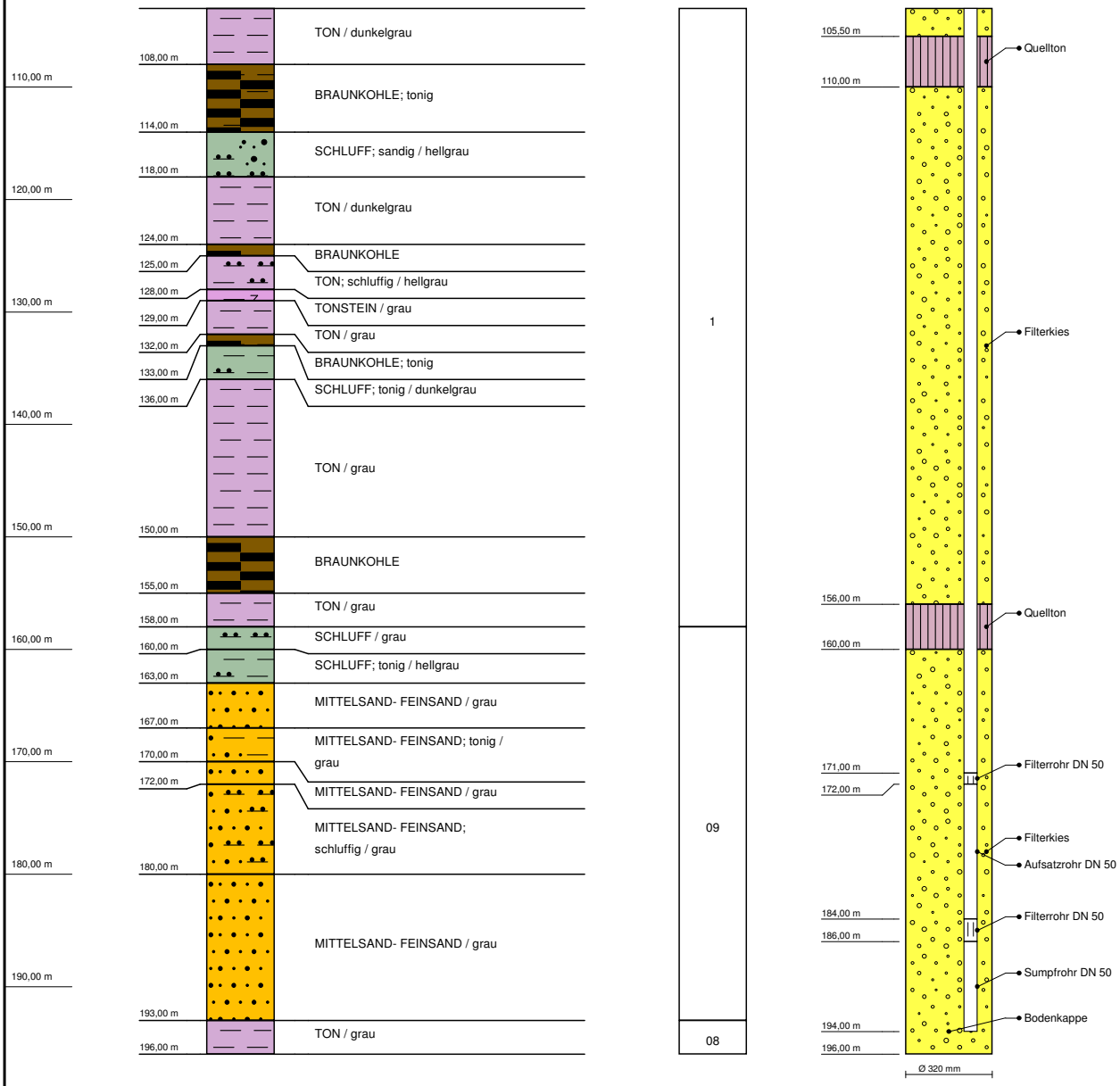


Fortsetzung auf Seite 2

957783		**RW: 2567710,00** **HW: 5639080,00**	
Ort d. Bohrg.	**: Hochkirchen**	**Anlage:**	
Auftraggeber	**: Erftverband**	**Seite: 1 von 2**	
Bohrfirma	**: A. Göttker**	**Maßstab: 1:600**	
Bearbeiter	**:**	**Datum:**	

Erft Verband

Fortsetzung von Seite 1



957783		**RW: 2567710,00** **HW: 5639080,00**	
Ort d. Bohrg.	**: Hochkirchen**	**Anlage:**	
Auftraggeber	**: Erftverband**	**Seite: 2 von 2**	
Bohrfirma	**: A. Göttker**	**Maßstab: 1:600**	
Bearbeiter	**:**	**Datum:**	

Erft Verband

M&P
INGENIEURGESELLSCHAFT

Anlage III

Bodenmechanische Laborversuche

Projekt: **Galgenbergsee**
Bericht: **Standsicherheitsnachweis Böschungen**
Projekt-Nr: **170875**
AG: **Amelis Projektentwicklung GmbH & Co. KG**
Datum **08.05.2020**

M&P INGENIEURGESELLSCHAFT

Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Anlage III.1

Bohrung	Probe	Tiefe		Schicht-Nr.	Boden-gruppe	w_n	Glüh-verlust	Durchlässigkeit	Wichte	Kornverteilung					Konsistenz				lo/di Lagerung		Druck-festigkeit
		von	bis		DIN 18196			kf	γ_d	T	U	S	G	X	w_L	w_P	I_P	I_C	locker	dicht	q_u
		[m]	[m]			[%]	[%]	[m/s]	ergehalts na	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]		[g/cm³]	[g/cm³]	[MN/m²]
B1	MP 01	2,6	12,0		SU*	7,6		6,90E-06			19,7	67,9	12,4								
B1	MP 02	12,0	18,0		SU*	6,0		1,50E-05			17,2	54,4	28,4								
B2	MP 03	0,4	3,0	3	SE	6,1		3,80E-04			5	94,3	0,7								
B2	MP 04	3,0	13,0		SU	6,0		2,90E-05			13,5	51,5	35,5								
B2	MP 05	13,0	20,0		GU	4,5		5,20E-05			9,7	45,8	44,2								
B3	MP 06	2,8	13,0	3	GU	5,5		1,50E-04			9,3	31,8	58,9						1,469	2,123	
B3	MP 07	13,0	20,0	3	GU	4,5		1,00E-04			10,1	47,8	42,2						1,458	2,117	
B4	MP 08	0,4	6,0	3	TL	15,5		1,30E-08		13,2	42	44,4	0,4		25,7	15,5	10,2	1			
B4	MP 09	6,0	16,0	3	SU*	11,5		5,80E-08		11,8	27,6	50,6	10		25,1	14,4	10,27	1,27			
B4	MP 10	16,0	20,0		GU*	5,4		-			24,1	27,7	48,2								
Anzahl	0					10	0	9	0	2	10	10	10	0	2	2	2	2	2	2	0

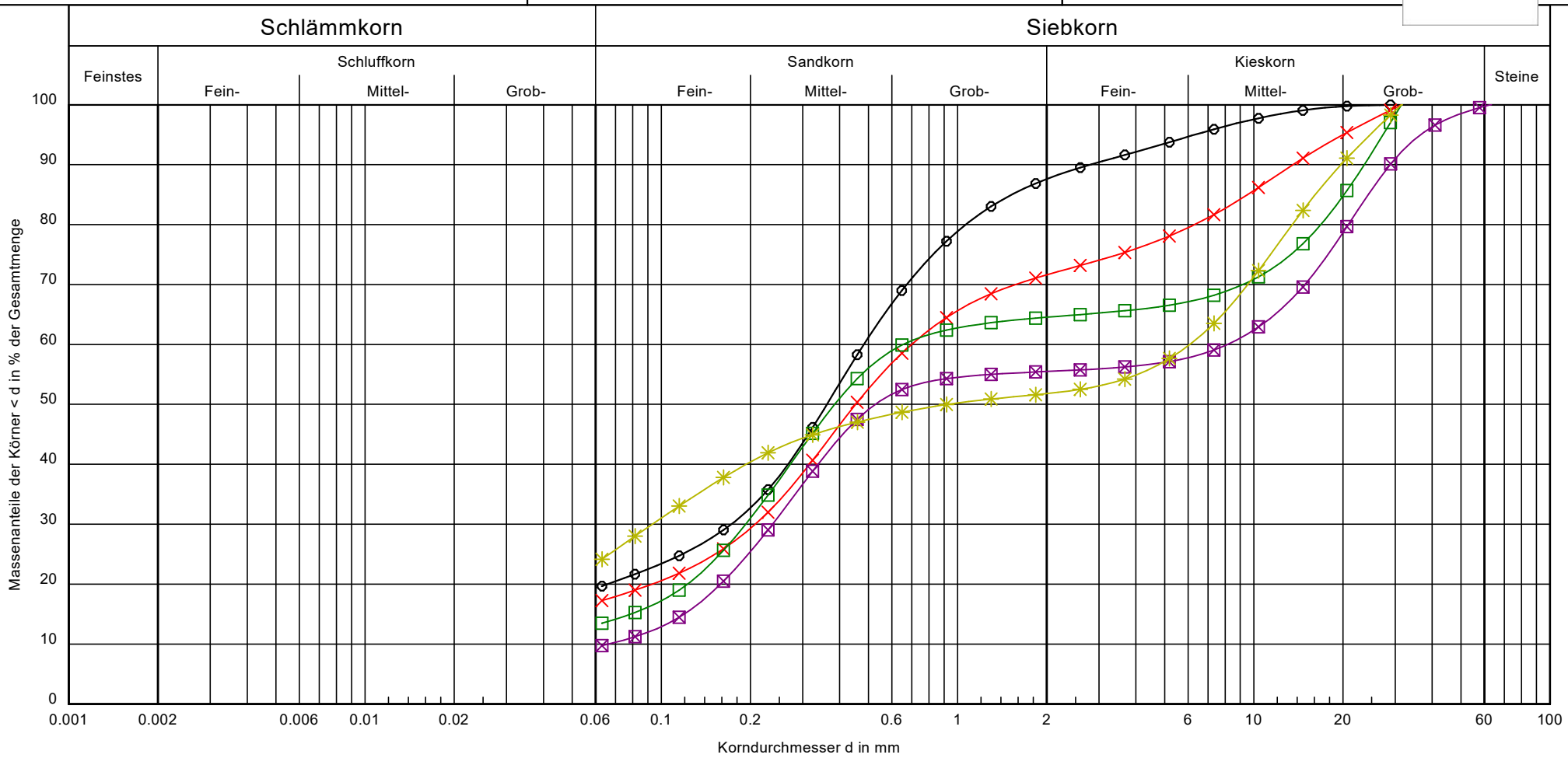
Mull & Partner Ingenieurgesellschaft
Umweltberatung Planung Bauleitung
Widdersdorfer Straße 190
50825 Köln

Bearbeiter: D. Kehr Datum: 30.04.2020

Körnungslinie

BV Galgenbergsee

Projektnr.: 170875
Probennr.: MP_01
Material: S, u, fg', mg'
Probennahme: 02.03.2020



Bezeichnung:	MP 01	MP 02	MP 04	MP 05	MP 10
Entnahmestelle:	B1	B1	B2	B2	B4
Bodenart:	S, u, fg', mg'	S, u, mg, fg'	S, mg, gg, u'	S, G, u'	G, u, fs, ms'
T/U/S/G [%]:	- /19.7/67.9/12.4	- /17.2/54.4/28.4	- /13.5/51.1/35.5	- /9.7/45.8/44.2	- /24.1/27.7/48.2
Bodenklassifikation:	SU*	SU*	SU	GU	GU*
Reibungswinkel:	34.8	35.0	34.9	35.3	34.3
k Wert nach USBR:	$6.9 \cdot 10^{-6}$	$1.5 \cdot 10^{-5}$	$2.9 \cdot 10^{-5}$	$5.2 \cdot 10^{-5}$	-
Tiefe	7,0-11,0m	12,0-18,0m	7,0-10,0m	13,0-20,0m	17,0-19,0m
Wassergehalt m[%]	7,6	6,0	6,0	4,5	5,4
Cu/Cc	-/-	-/-	-/-	122.7/0.1	-/-

Bemerkungen:

Prüfung nach DIN EN ISO 17892-4

Bericht: 170875

Wassergehalt nach DIN 18 121

Probe entnommen am: 02.03.2020

Bearbeiter: C. Raschke

Datum: 06.05.2020

Probenbezeichnung:	MP 01	MP 02	MP 04	MP 05	MP 10
Feuchte Probe + Behälter [g]:	4224.50	5952.00	6376.00	7552.00	5720.00
Trockene Probe + Behälter [g]:	3984.50	5661.50	6063.00	7264.50	5449.50
Behälter [g]:	843.50	839.50	848.16	844.00	473.00
Porenwasser [g]:	240.00	290.50	313.00	287.50	270.50
Trockene Probe [g]:	3141.00	4822.00	5214.84	6420.50	4976.50
Wassergehalt [%]	7.64	6.02	6.00	4.48	5.44
Tiefe [m]	7.0-11.0	12.0-18.0	7.0-10.0	13.0-20.0	17.0-19.0
Entnahmestelle	B1	B1	B2	B2	B4

ALBO-tec

Technologiezentrum für
Analytik und Bodenmechanik GmbH

Auftraggeber:
Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH
Köln

Bericht: 20043284
Anlage:

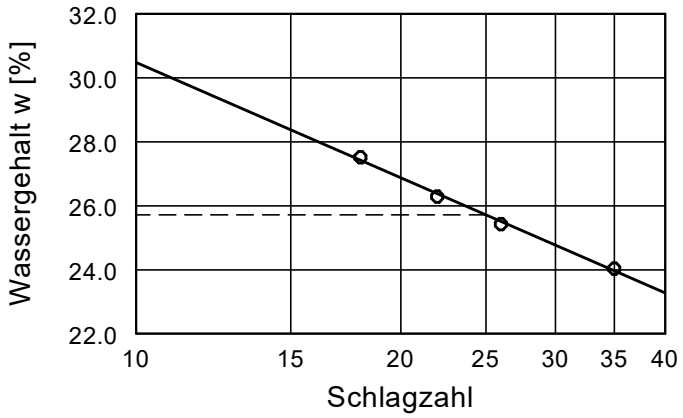
Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

170875

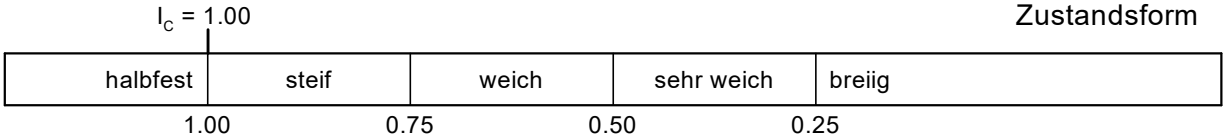
Galgenbergsee

Bearbeiter: Weßelburg, Ke. Datum: 29.04.2020

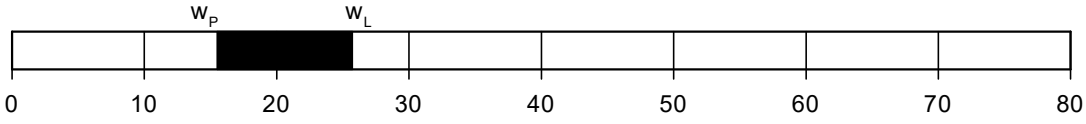
Prüfungsnummer: 20043284-04
Bezeichnung: B4 - MP 08
Tiefe [m]: 3,0-4,0
Bodenart: S,U,t-
Probe entn. am/durch: 15.04.2020/ AG



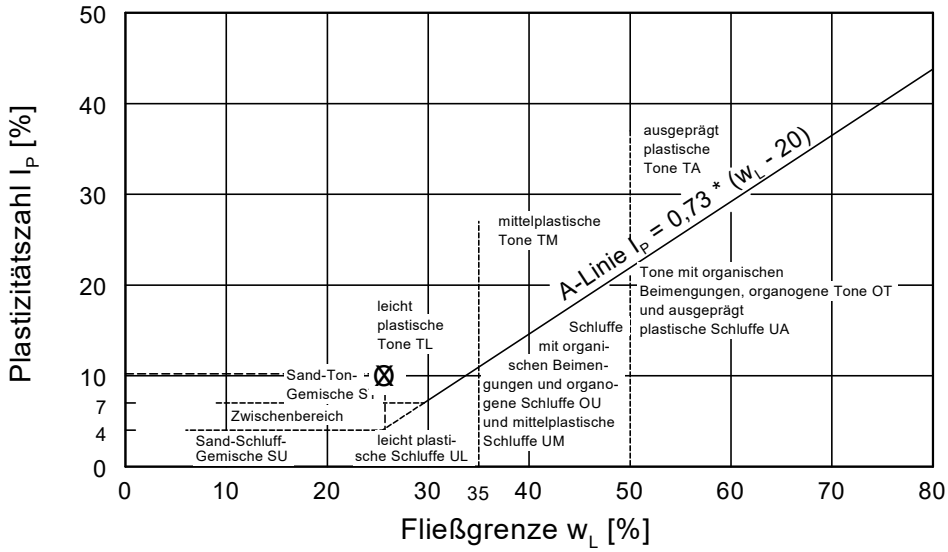
Wassergehalt w =	15.5 %
Fließgrenze w_L =	25.7 %
Ausrollgrenze w_P =	15.5 %
Plastizitätszahl I_P =	10.2 %
Konsistenzzahl I_C =	1.00



Plastizitätsbereich (w_L bis w_P) [%]



Plastizitätsdiagramm



ALBO-tec

Technologiezentrum für
Analytik und Bodenmechanik GmbH

Auftraggeber:
Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH
Köln

Bericht: 20043284

Anlage:

Zustandsgrenzen nach DIN EN ISO 17892-12

170875

Galgenbergsee

Bearbeiter: Weßelburg, Ke.

Datum: 29.04.2020

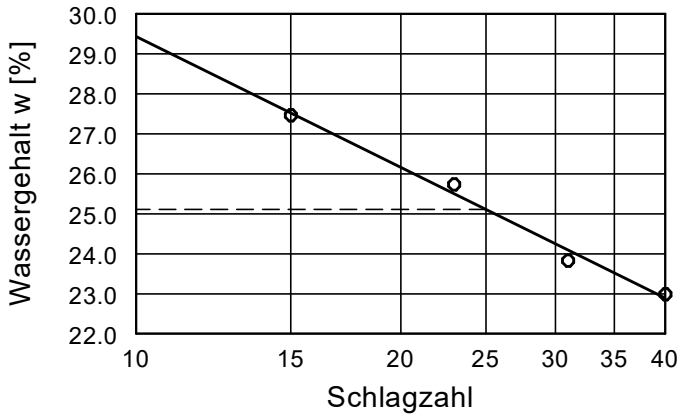
Prüfungsnummer: 20043284-05

Bezeichnung: B4 - MP 09

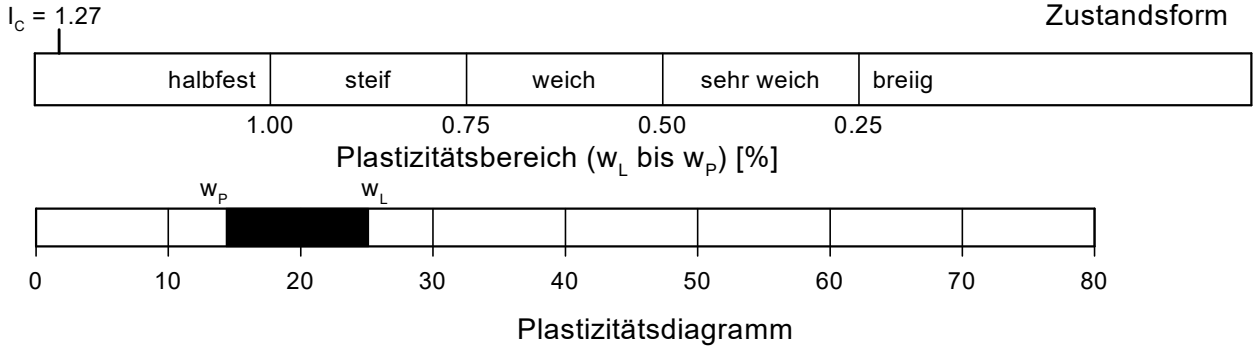
Tiefe [m]: 11,0-12,0

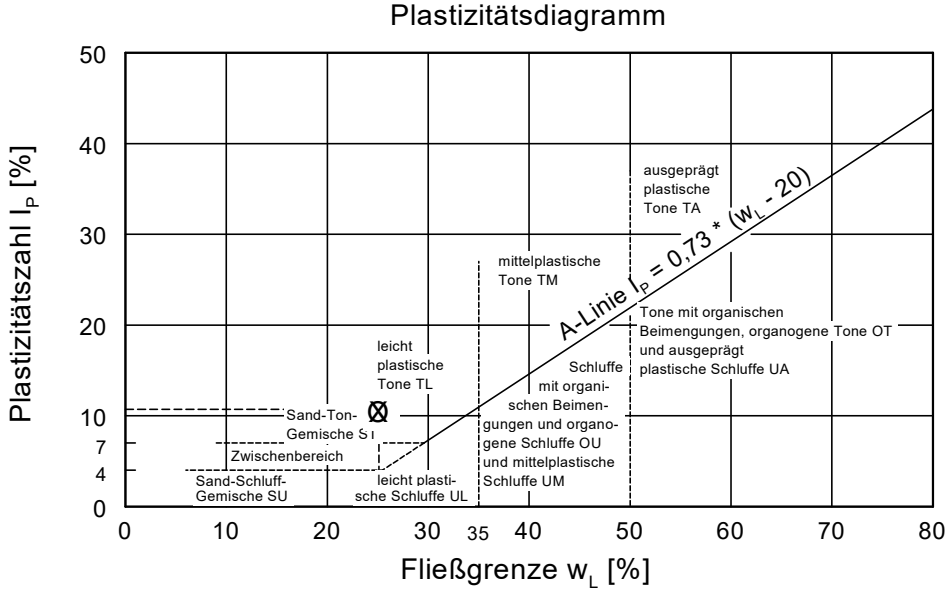
Bodenart: S,u,t',g'

Probe entn. am/durch: 15.04.2020/ AG



Wassergehalt w =	11.5 %
Fließgrenze w_L =	25.1 %
Ausrollgrenze w_P =	14.4 %
Plastizitätszahl I_P =	10.7 %
Konsistenzzahl I_C =	1.27





Auftraggeber:
Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH
Köln

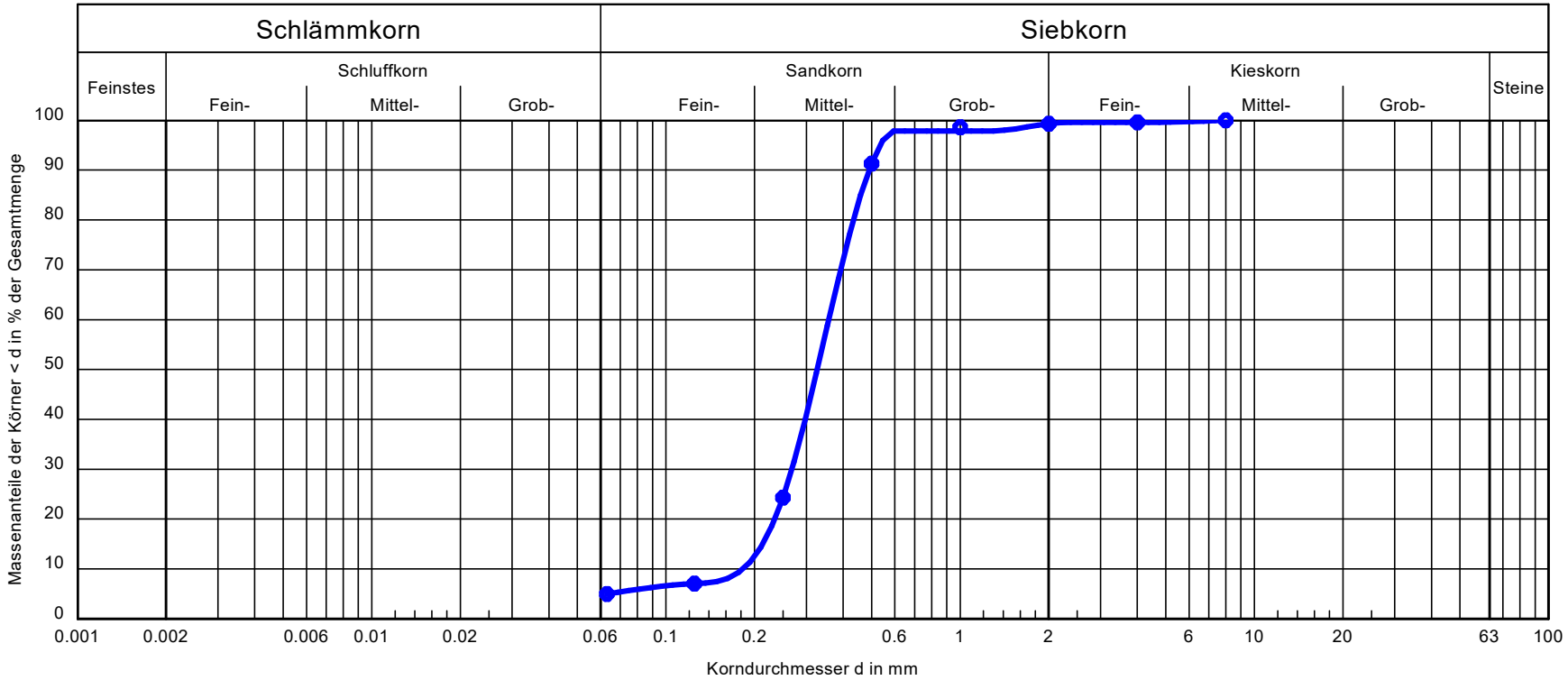
Bearbeiter: Weßelburg, K. Datum: 29.04.2020

Korngrößenverteilung DIN EN ISO 17892-4

170875

Galgenbergsee

Prüfungsnummer: 20043284
Probe entnommen am: 15.04.2020
Art der Entnahme: KRB
Probenehmer: Auftraggeber



Bezeichnung:	MP 03
Entnahmestelle:	B2
Tiefe [m]:	1,0 - 2,0
Bodenart:	S
Bodengruppe:	SE
Cu/Cc	2.0/1.1
T/U/S/G [%]:	- /5.0/94.3/0.7
Wassergehalt [M%]	6,1
Wasserdurchlässigkeit [m/s]:	$3.8 \cdot 10^{-4}$
näherungsweise	k nach Hazen

Bemerkungen:

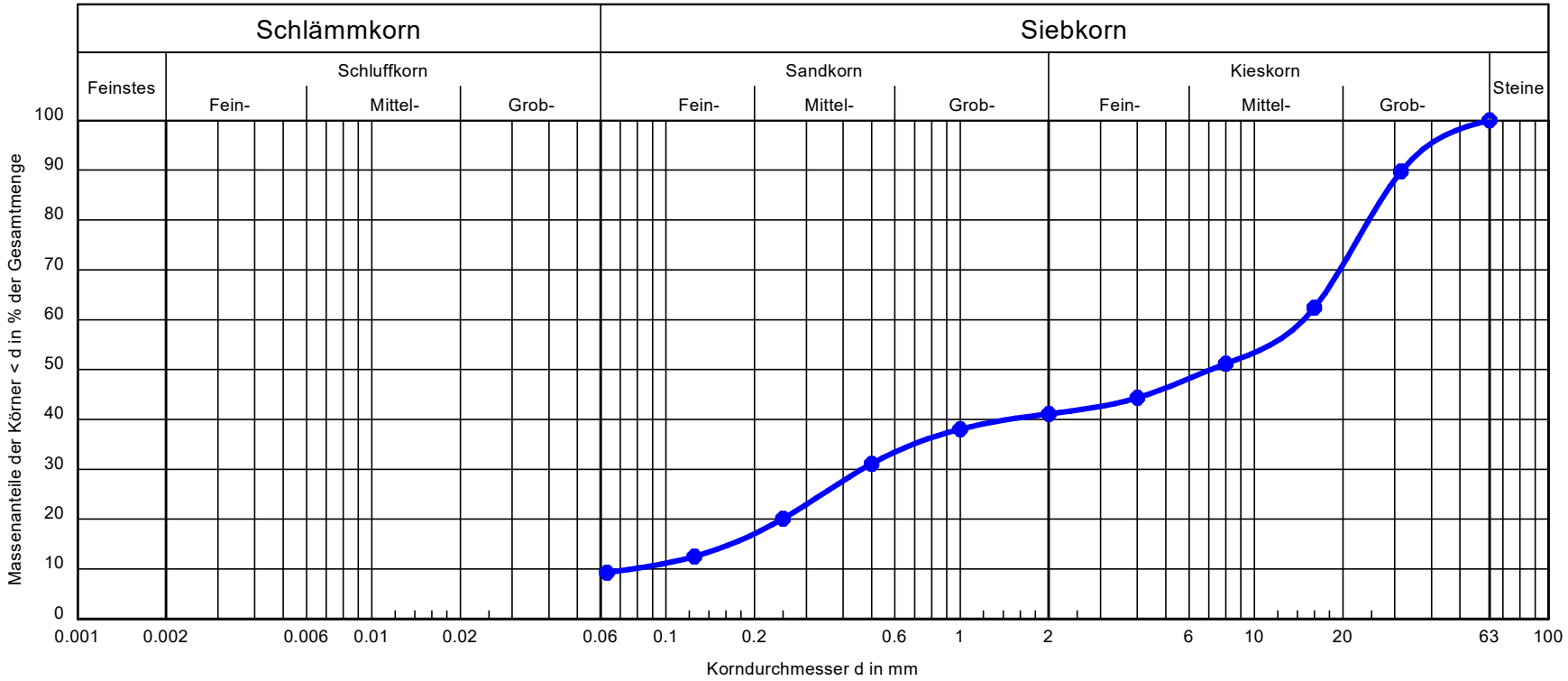
ALBO-tec
Technologiezentrum für Analytik und Bodenmechanik GmbH

Auftraggeber:
Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH
Köln

Bearbeiter: Weßelburg, K. Datum: 29.04.2020

Korngrößenverteilung DIN EN ISO 17892-4
170875
Galgenbergsee

Prüfungsnummer: 20043284
Probe entnommen am: 15.04.2020
Art der Entnahme: KRB
Probenehmer: Auftraggeber



Bezeichnung:	MP 06
Entnahmestelle:	B3
Tiefe [m]:	8,0-9,0
Bodenart:	G, $\bar{s}$, u'
Bodengruppe:	GU
Cu/Cc	191.3/0.2
T/U/S/G [%]:	- /9.3/31.8/58.9
Wassergehalt [M%]	5,5
Wasserdurchlässigkeit [m/s]:	$1.5 \cdot 10^{-4}$
näherungsweise	k nach USBR

Bemerkungen:

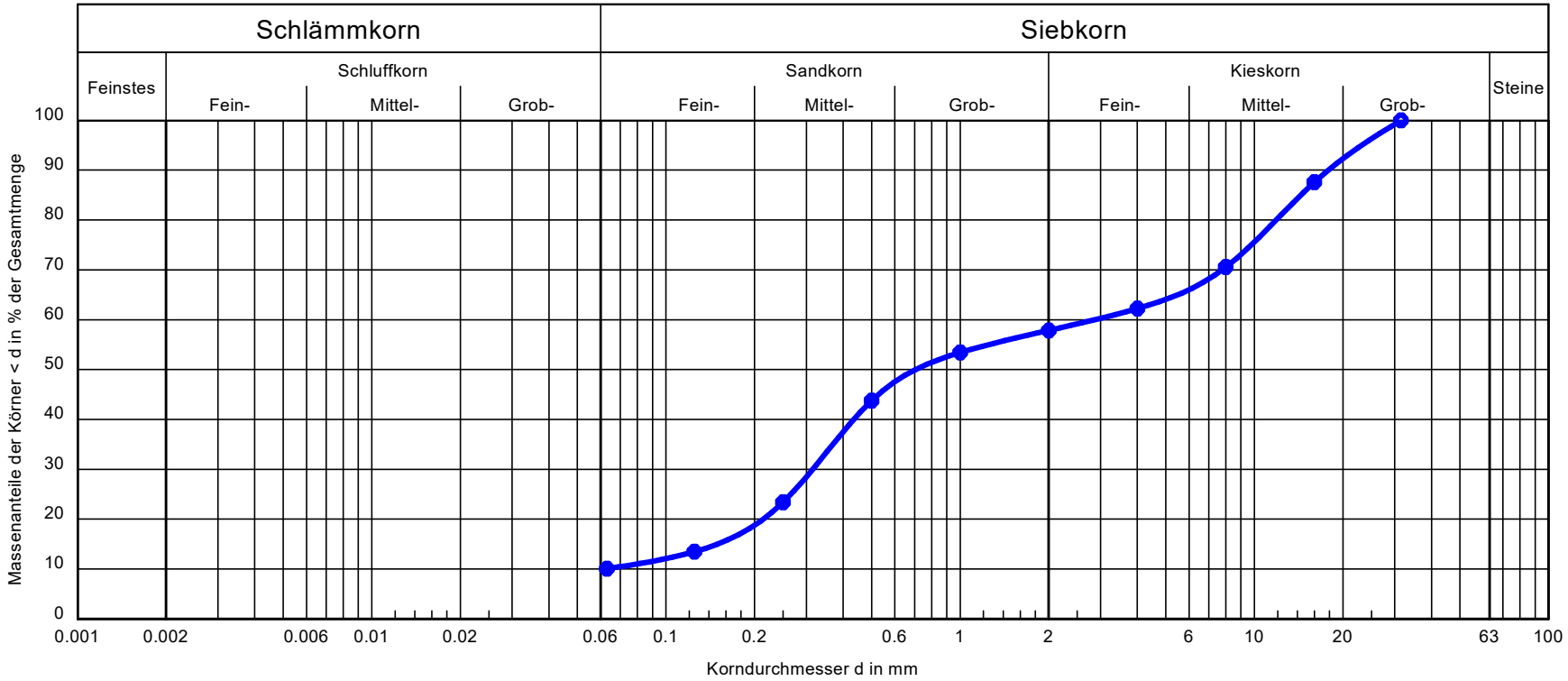
ALBO-tec
Technologiezentrum für Analytik und Bodenmechanik GmbH

Auftraggeber:
Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH
Köln

Bearbeiter: Weßelburg, K. Datum: 29.04.2020

Korngrößenverteilung DIN EN ISO 17892-4
170875
Galgenbergsee

Prüfungsnummer: 20043284
Probe entnommen am: 15.04.2020
Art der Entnahme: KRB
Probenehmer: Auftraggeber



Bezeichnung:	MP 07
Entnahmestelle:	B3
Tiefe [m]:	16,0-17,0
Bodenart:	S, G, u'
Bodengruppe:	GU
Cu/Cc	-/-
T/U/S/G [%]:	- /10.1/47.8/42.2
Wassergehalt [M%]	4,5
Wasserdurchlässigkeit [m/s]:	$1.0 \cdot 10^{-4}$
näherungsweise	k nach USBR

Bemerkungen:

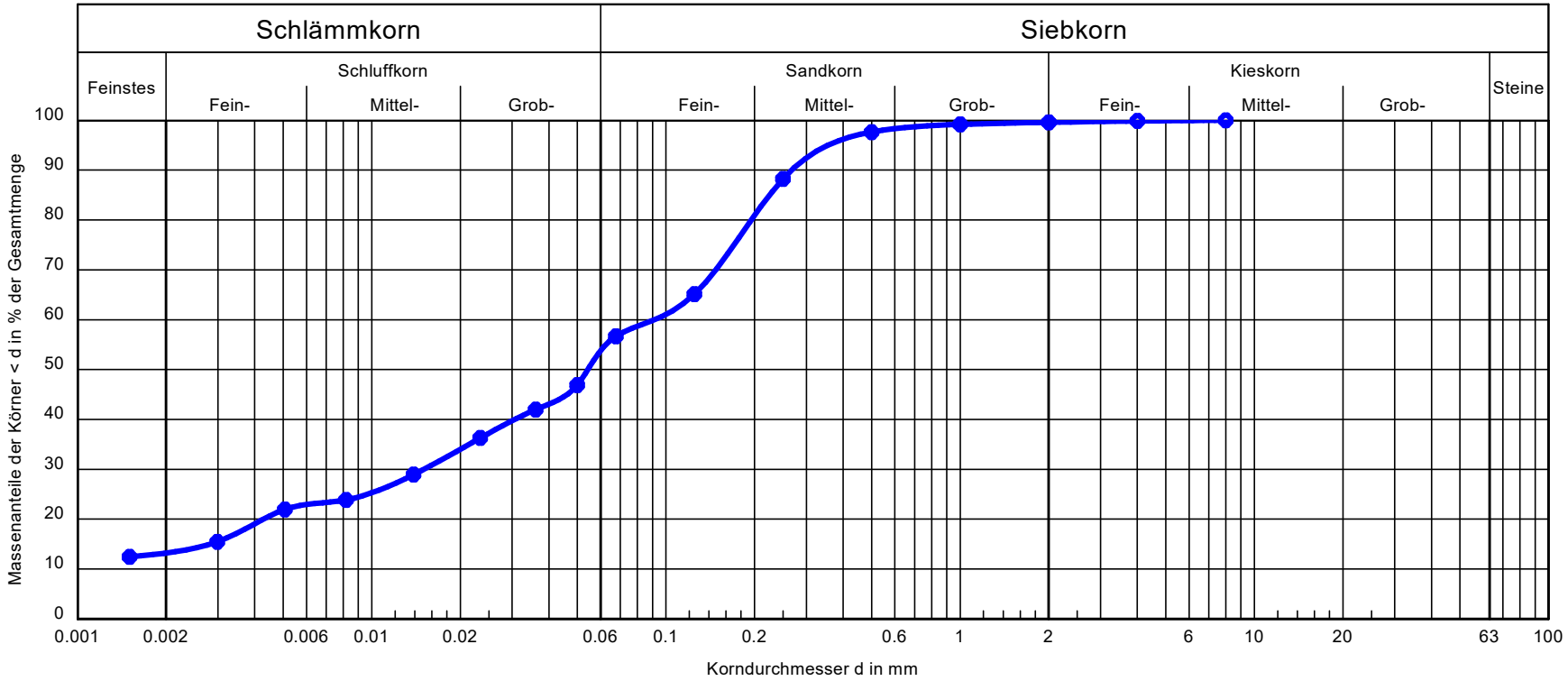
ALBO-tec
Technologiezentrum für Analytik und Bodenmechanik GmbH

Auftraggeber:
Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH
Köln

Bearbeiter: Weßelburg, K. Datum: 29.04.2020

Korngrößenverteilung DIN EN ISO 17892-4
170875
Galgenbergsee

Prüfungsnummer: 20043284
Probe entnommen am: 15.04.2020
Art der Entnahme: KRB
Probenehmer: Auftraggeber



Bezeichnung:	MP 08
Entnahmestelle:	B4
Tiefe [m]:	3,0-4,0
Bodenart:	S, U, t'
Bodengruppe:	TL
Cu/Cc	-/-
T/U/S/G [%]:	13.2/42.0/44.4/0.4
Wassergehalt [M%]	15,5
Wasserdurchlässigkeit [m/s]:	$1.3 \cdot 10^{-8}$
näherungsweise	k nach USBR

Bemerkungen:

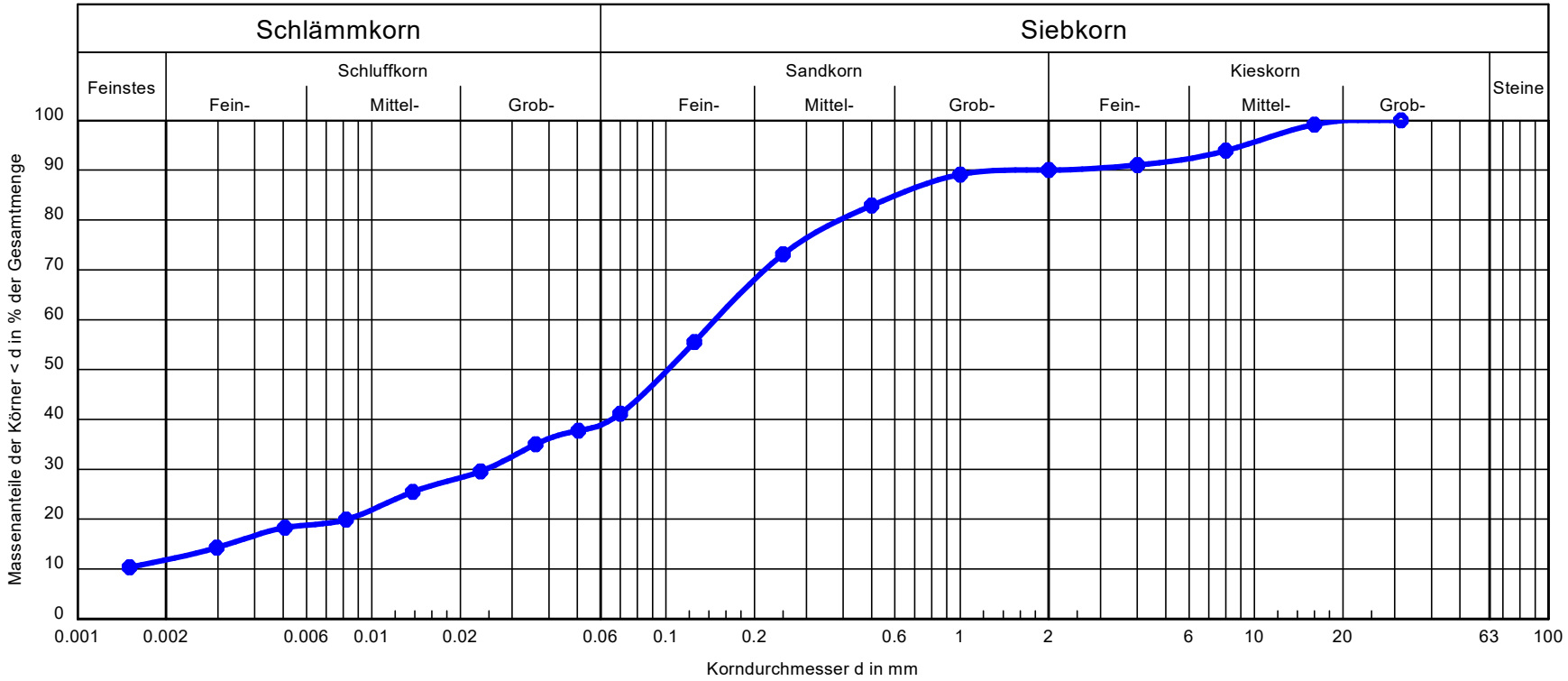
ALBO-tec
Technologiezentrum für Analytik und Bodenmechanik GmbH

Auftraggeber:
Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH
Köln

Bearbeiter: Weßelburg, K. Datum: 29.04.2020

Korngrößenverteilung DIN EN ISO 17892-4
170875
Galgenbergsee

Prüfungsnummer: 20043284
Probe entnommen am: 15.04.2020
Art der Entnahme: KRB
Probenehmer: Auftraggeber



Bezeichnung:	MP 09
Entnahmestelle:	B4
Tiefe [m]:	11,0-12,0
Bodenart:	S, u, t', g'
Bodengruppe:	SU*
Cu/Cc	-/-
T/U/S/G [%]:	11.8/27.6/50.6/10.0
Wassergehalt [M%]	11,5
Wasserdurchlässigkeit [m/s]:	$5.8 \cdot 10^{-8}$
näherungsweise	k nach USBR

Bemerkungen:

ALBO-tec
Technologiezentrum für Analytik und Bodenmechanik GmbH

ALBO-tec
Technologiezentrum für
Analytik und Bodenmechanik GmbH

Probe

Labor- Nr.	**20043284-02**
Bezeichnung	**B3 - MP 06**
Bodenart	**GU**
entnommen am/durch	AG

Bestimmung der Dichte bei lockerster Lagerung

Zylindervolumen [cm³] 999,3 cm³

Versuch [-]	Trockenmasse [g]	Trockendichte [g/cm³]
1	1469,7	1,471
2	1468,4	1,469
3	1466,6	1,468
Mittelwert min ρ_d		**1,469**

Bestimmung der Dichte bei dichtester Lagerung
Rütteltischversuch

Volumen des Versuchszylinders			738,43 cm³	738,43 cm³
Durchmesser			10 cm	10 cm
Dicke der Kopfplatte			1,0 cm	1,0 cm
Probenmasse			1312,5 g	1317,2 g
Setzung	Versuch 1	s_1	0,51 cm	0,52 cm
	Versuch 2	s_2	0,53 cm	0,51 cm
	Versuch 3	s_3	0,55 cm	0,48 cm
Mittelwert Setzung + Dicke der Kopfplatte			1,53 cm	1,50 cm
Volumen der Probe [cm³]			618,26 cm³	620,36 cm³
max ρ d			2,123 g/cm³	2,123 g/cm³

Mittelwert max ρ_d	**[g/cm³]**	**2,123**

Bauherr / Auftraggeber: Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH Köln

Projekt: 170875 Galgenbergsee

Bestimmung der Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung nach DIN 18126

Laborant:	Projekt-Nr.:	Anlage:
JF	20043284	
Bearbeiter:	Datum:	
KeWe	29/04/2020	

ALBO-tec
Technologiezentrum für
Analytik und Bodenmechanik GmbH

Probe

Labor- Nr.	**20043284-03**
Bezeichnung	**B3 - MP 07**
Bodenart	**GU**
entnommen am/durch	AG

Bestimmung der Dichte bei lockerster Lagerung

Zylindervolumen [cm³] 999,3 cm³

Versuch [-]	Trockenmasse [g]	Trockendichte [g/cm³]
1	1455,3	1,456
2	1459,4	1,460
3	1456,0	1,457
Mittelwert min ρ_d		**1,458**

Bestimmung der Dichte bei dichtester Lagerung
Rütteltischversuch

Volumen des Versuchszylinders		738,43 cm³	738,43 cm³
Durchmesser		10 cm	10 cm
Dicke der Kopfplatte		1,0 cm	1,0 cm
Probenmasse		1304,1 g	1315,3 g
Setzung	Versuch 1 s_1	0,54 cm	0,50 cm
	Versuch 2 s_2	0,53 cm	0,53 cm
	Versuch 3 s_3	0,51 cm	0,54 cm
Mittelwert Setzung + Dicke der Kopfplatte		1,53 cm	1,52 cm
Volumen der Probe [cm³]		618,53 cm³	618,79 cm³
max ρ d		2,108 g/cm³	2,126 g/cm³

Mittelwert max ρ_d	**[g/cm³]**	**2,117**

Bauherr / Auftraggeber: Mull und Partner Ingenieurgesellschaft mbH Köln

Projekt: 170875 Galgenbergsee

Bestimmung der Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung nach DIN 18126

Laborant:	Projekt-Nr.:	Anlage:
JF	20043284	
Bearbeiter:	Datum:	
KeWe	29/04/2020	

M&P
INGENIEURGESELLSCHAFT

Anlage IV

Berechnungen

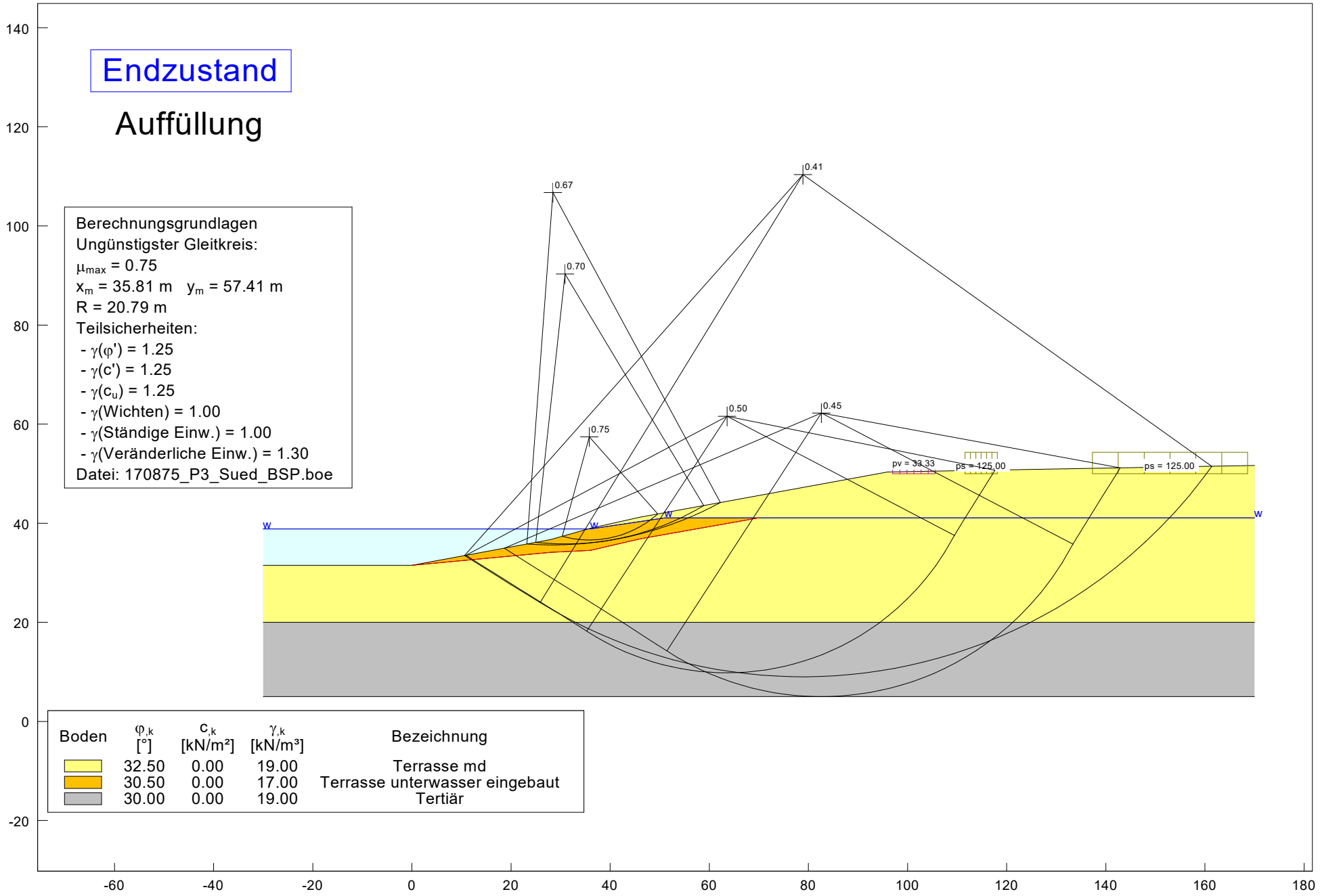
	M&P Ingenieurges. mbH Widdersdorfer Str. 190 50825 Köln Tel.: 0221 / 170917 -0	Böschungsbruchberechnung Endzustand - BS-P Galgenbergsee - Profil 3 Süd	Anlage: IV.1 Proj.-Nr.: 170875

Endzustand

Auffüllung

Berechnungsgrundlagen
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.75
x_m = 35.81 m y_m = 57.41 m
R = 20.79 m
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

Datei: 170875_P3_Sued_BSP.boe

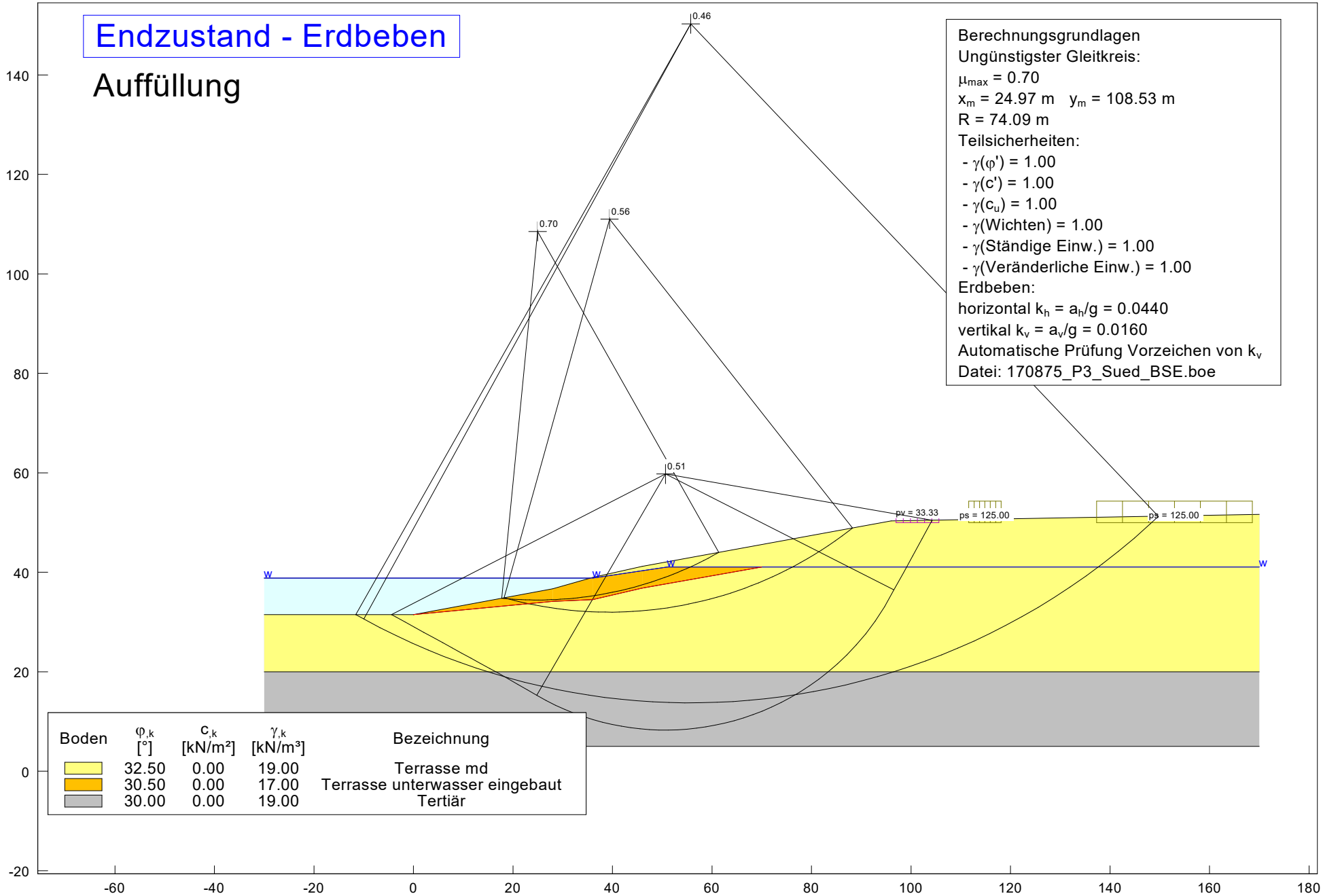


Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.00	Terrasse md
	30.50	0.00	17.00	Terrasse unterwasser eingebaut
	30.00	0.00	19.00	Tertiär

	M&P Ingenieurges. mbH Widdersdorfer Str. 190 50825 Köln Tel.: 0221 / 170917 -0	Böschungsbruchberechnung Endzustand - BS-E Galgenbergsee - Profil 3 Süd	Anlage: IV.2 Proj.-Nr.: 170875

Endzustand - Erdbeben

Auffüllung



Berechnungsgrundlagen
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.70
x_m = 24.97 m y_m = 108.53 m
R = 74.09 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.00
- $\gamma(c')$ = 1.00
- $\gamma(c_u)$ = 1.00
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

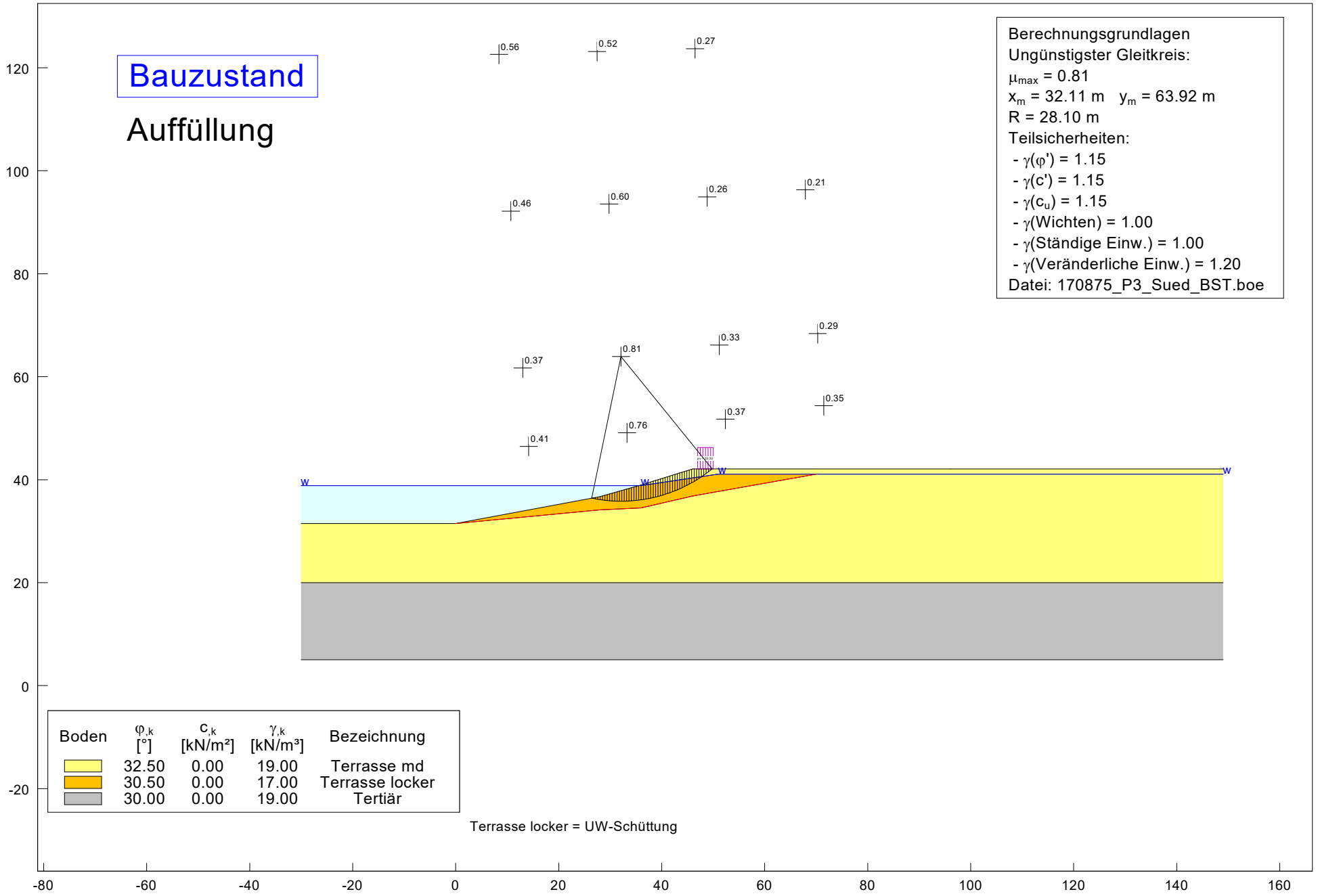
Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g$ = 0.0440
vertikal $k_v = a_v/g$ = 0.0160
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Datei: 170875_P3_Sued_BSE.boe

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.00	Terrasse md
	30.50	0.00	17.00	Terrasse unterwasser eingebaut
	30.00	0.00	19.00	Tertiär

	M&P Ingenieurges. mbH Widdersdorfer Str. 190 50825 Köln Tel.: 0221 / 170917 -0	Böschungsbruchberechnung Bauzustand - BS-T Galgenbergsee - Profil 3 Süd	Anlage:	IV.3
			Proj.-Nr.:	170875

Bauzustand

Auffüllung



Berechnungsgrundlagen
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.81
x_m = 32.11 m y_m = 63.92 m
R = 28.10 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20

Datei: 170875_P3_Sued_BST.boe

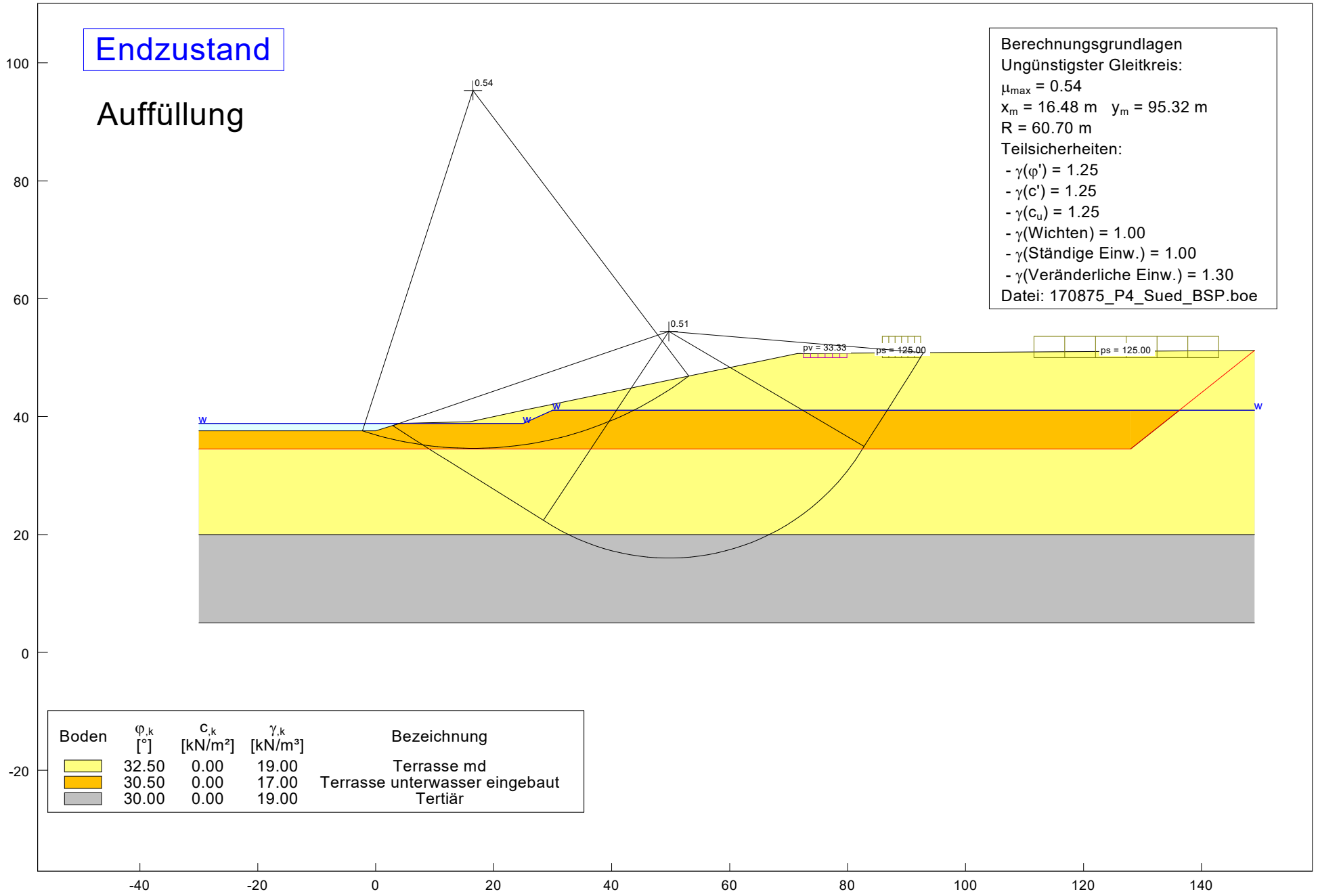
Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.00	Terrasse md
	30.50	0.00	17.00	Terrasse locker
	30.00	0.00	19.00	Tertiär

Terrasse locker = UW-Schüttung

	M&P Ingenieurges. mbH Widdersdorfer Str. 190 50825 Köln Tel.: 0221 / 170917 -0	Böschungsbruchberechnung Endzustand - BS-P Galgenbergsee - Profil 4 Süd	Anlage: IV.4 Proj.-Nr.: 170875

Endzustand

Auffüllung



Berechnungsgrundlagen
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.54
x_m = 16.48 m y_m = 95.32 m
R = 60.70 m
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

Datei: 170875_P4_Sued_BSP.boe

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.00	Terrasse md
	30.50	0.00	17.00	Terrasse unterwasser eingebaut
	30.00	0.00	19.00	Tertiär

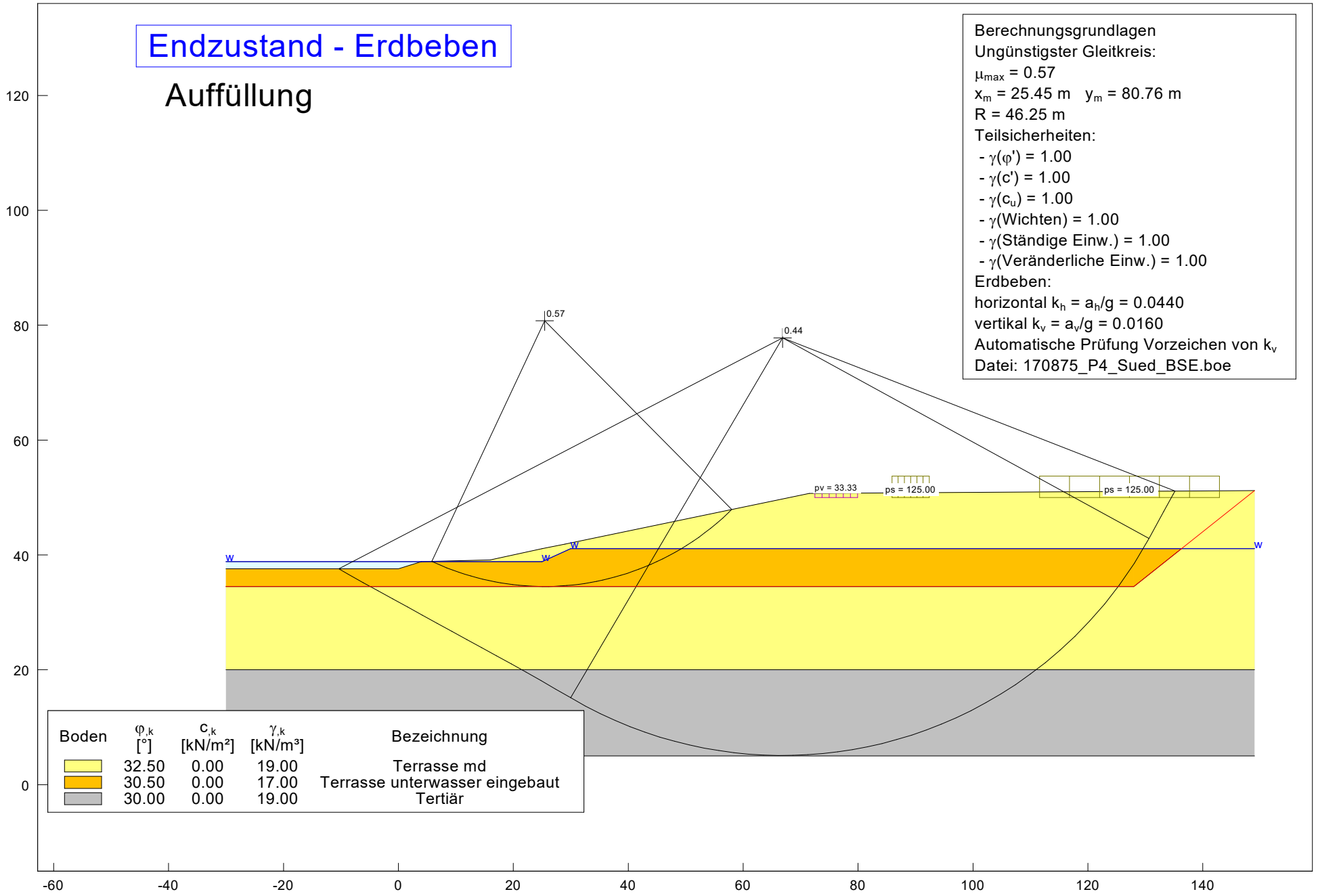
	M&P Ingenieurges. mbH Widdersdorfer Str. 190 50825 Köln Tel.: 0221 / 170917 -0	Böschungsbruchberechnung Endzustand - BS-E Galgenbergsee - Profil 4 Süd	Anlage: IV.5 Proj.-Nr.: 170875

Endzustand - Erdbeben

Auffüllung

Berechnungsgrundlagen
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.57
x_m = 25.45 m y_m = 80.76 m
R = 46.25 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.00
- $\gamma(c')$ = 1.00
- $\gamma(c_u)$ = 1.00
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g$ = 0.0440
vertikal $k_v = a_v/g$ = 0.0160
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Datei: 170875_P4_Sued_BSE.boe



Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.00	Terrasse md
	30.50	0.00	17.00	Terrasse unterwasser eingebaut
	30.00	0.00	19.00	Tertiär

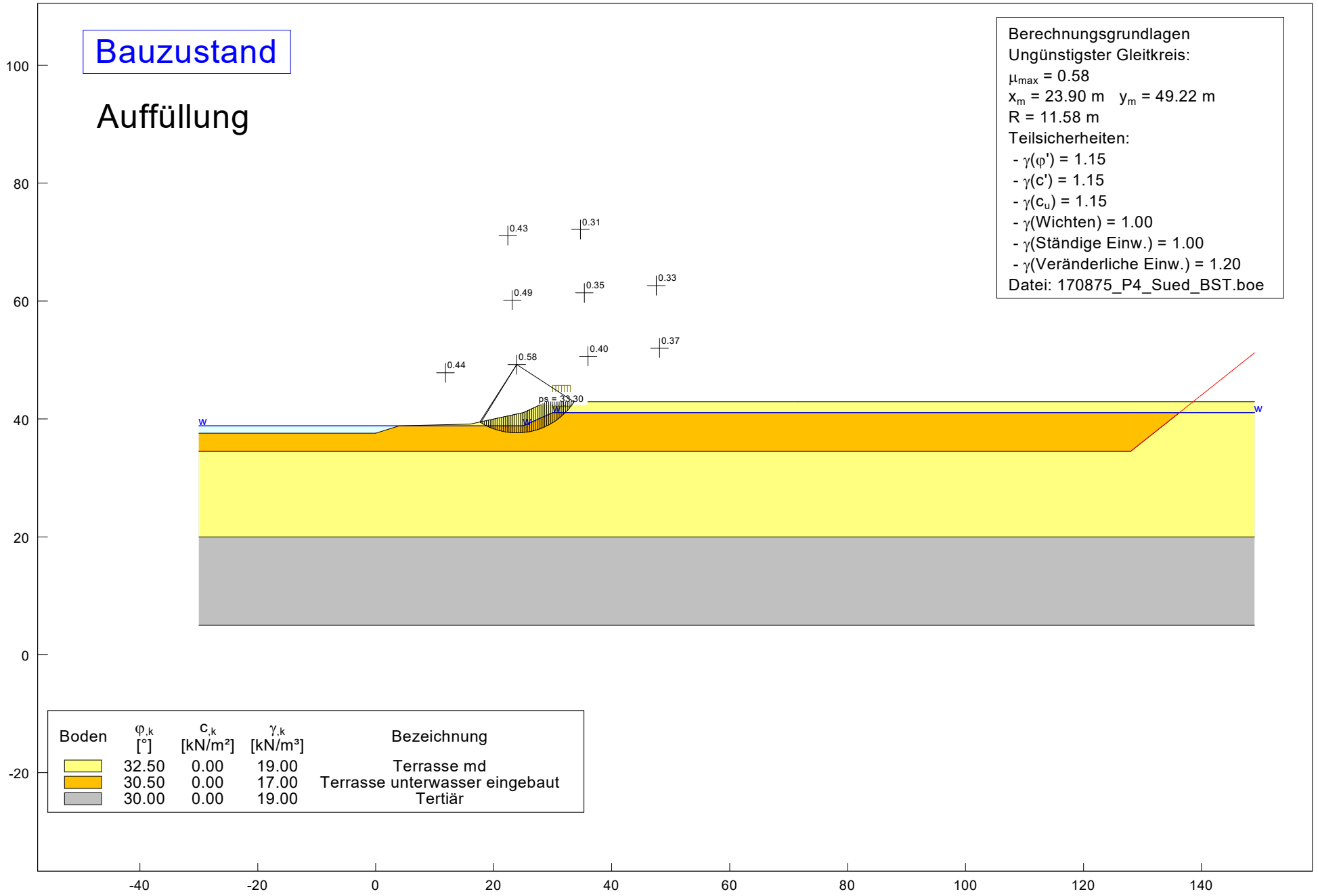
	M&P Ingenieurges. mbH Widdersdorfer Str. 190 50825 Köln Tel.: 0221 / 170917 -0	Böschungsbruchberechnung Bauzustand - BS-PT Galgenbergsee - Profil 4 Süd	Anlage: IV.6 Proj.-Nr.: 170875

Bauzustand

Auffüllung

Berechnungsgrundlagen
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.58
x_m = 23.90 m y_m = 49.22 m
R = 11.58 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.15
- $\gamma(c')$ = 1.15
- $\gamma(c_u)$ = 1.15
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.20

Datei: 170875_P4_Sued_BST.boe

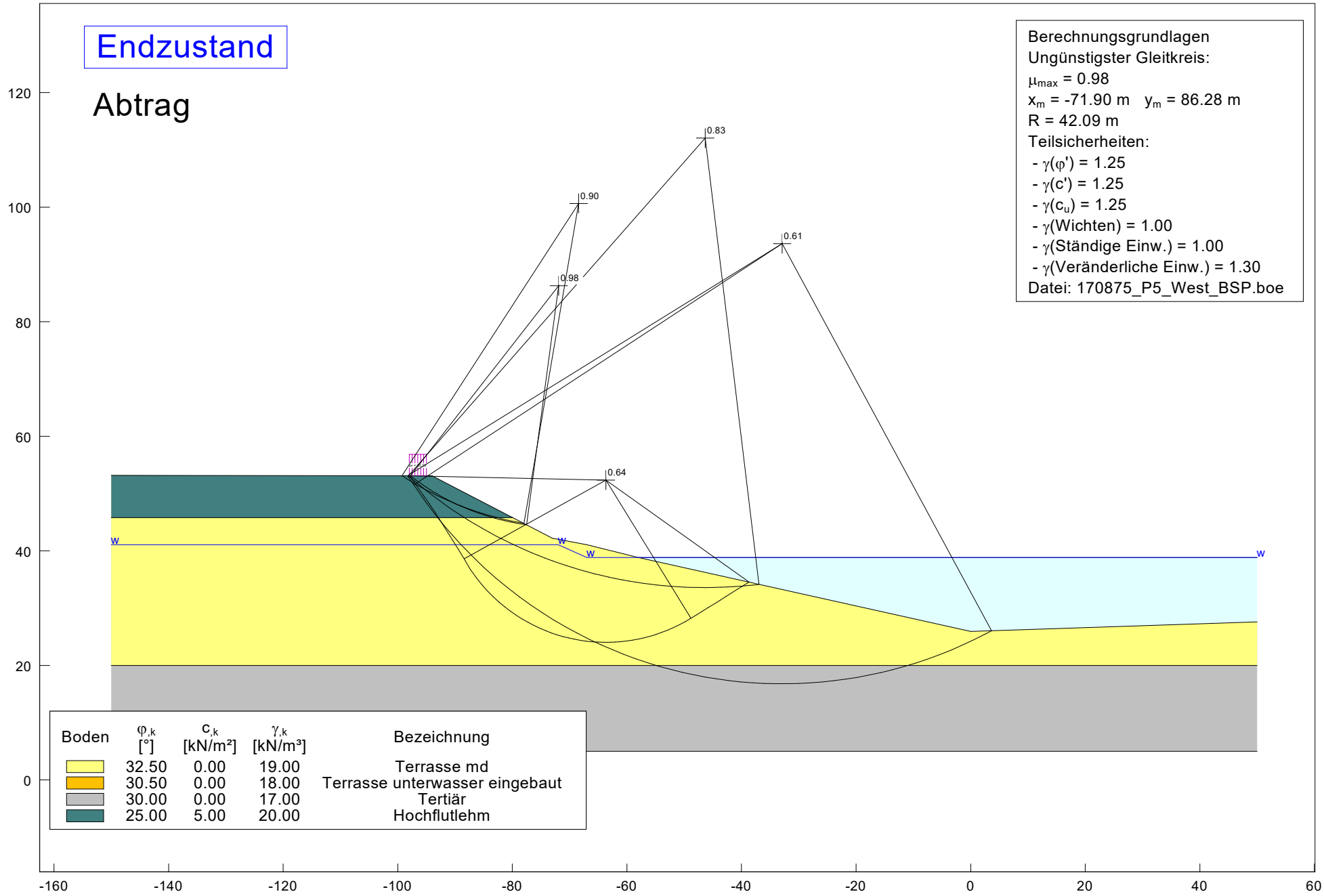


Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.00	Terrasse md
	30.50	0.00	17.00	Terrasse unterwasser eingebaut
	30.00	0.00	19.00	Tertiär

	M&P Ingenieurges. mbH Widdersdorfer Str. 190 50825 Köln Tel.: 0221 / 170917 -0	Böschungsbruchberechnung Endzustand - BS-P Galgenbergsee - Profil 5 West	Anlage: IV.7 Proj.-Nr.: 170875

Endzustand

Abtrag



Berechnungsgrundlagen
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.98
x_m = -71.90 m y_m = 86.28 m
R = 42.09 m
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

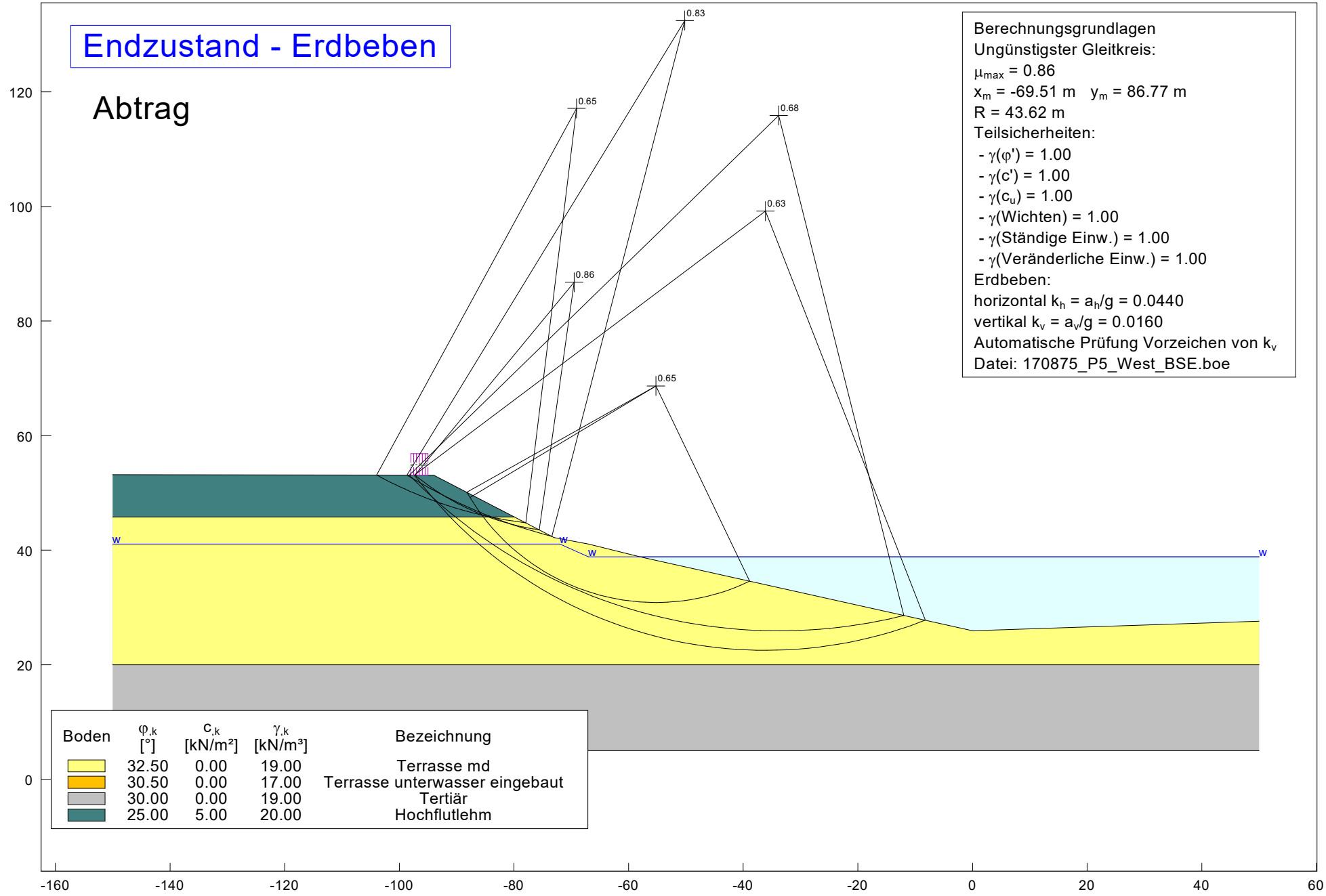
Datei: 170875_P5_West_BSP.boe

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.00	Terrasse md
	30.50	0.00	18.00	Terrasse unterwasser eingebaut
	30.00	0.00	17.00	Tertiär
	25.00	5.00	20.00	Hochflutlehm

	M&P Ingenieurges. mbH Widdersdorfer Str. 190 50825 Köln Tel.: 0221 / 170917 -0	Böschungsbruchberechnung Endzustand - BS-E Galgenbergsee - Profil 5 West	Anlage: IV.8 Proj.-Nr.: 170875

Endzustand - Erdbeben

Abtrag

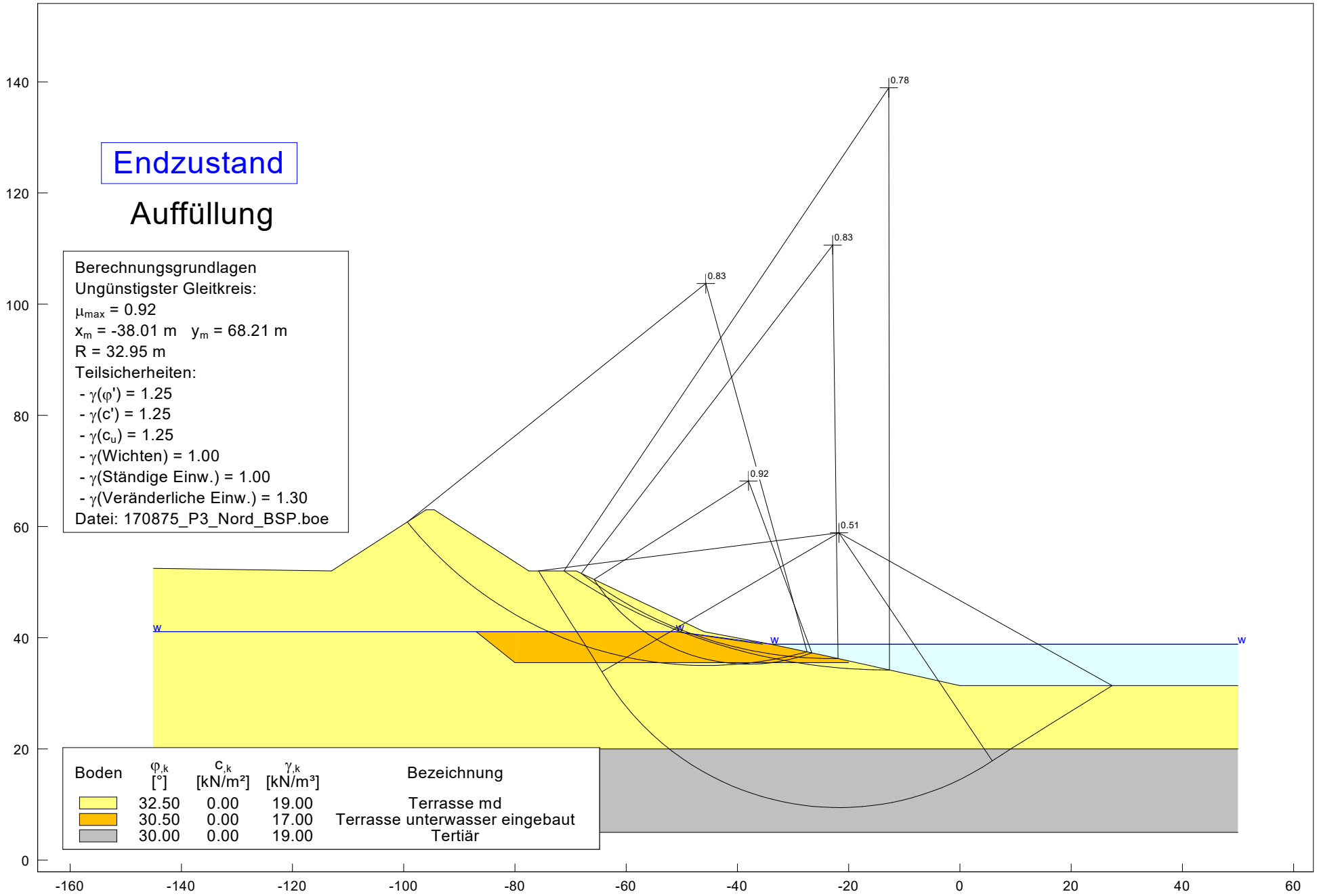


Berechnungsgrundlagen
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.86
x_m = -69.51 m y_m = 86.77 m
R = 43.62 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.00
- $\gamma(c')$ = 1.00
- $\gamma(c_u)$ = 1.00
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g$ = 0.0440
vertikal $k_v = a_v/g$ = 0.0160
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Datei: 170875_P5_West_BSE.boe

Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.00	Terrasse md
	30.50	0.00	17.00	Terrasse unterwasser eingebaut
	30.00	0.00	19.00	Tertiär
	25.00	5.00	20.00	Hochflutlehm

	M&P Ingenieurges. mbH Widdersdorfer Str. 190 50825 Köln Tel.: 0221 / 170917 -0	Böschungsbruchberechnung Endzustand - BS-P Galgenbergsee - Profil 3 Nord	Anlage: IV.9 Proj.-Nr.: 170875



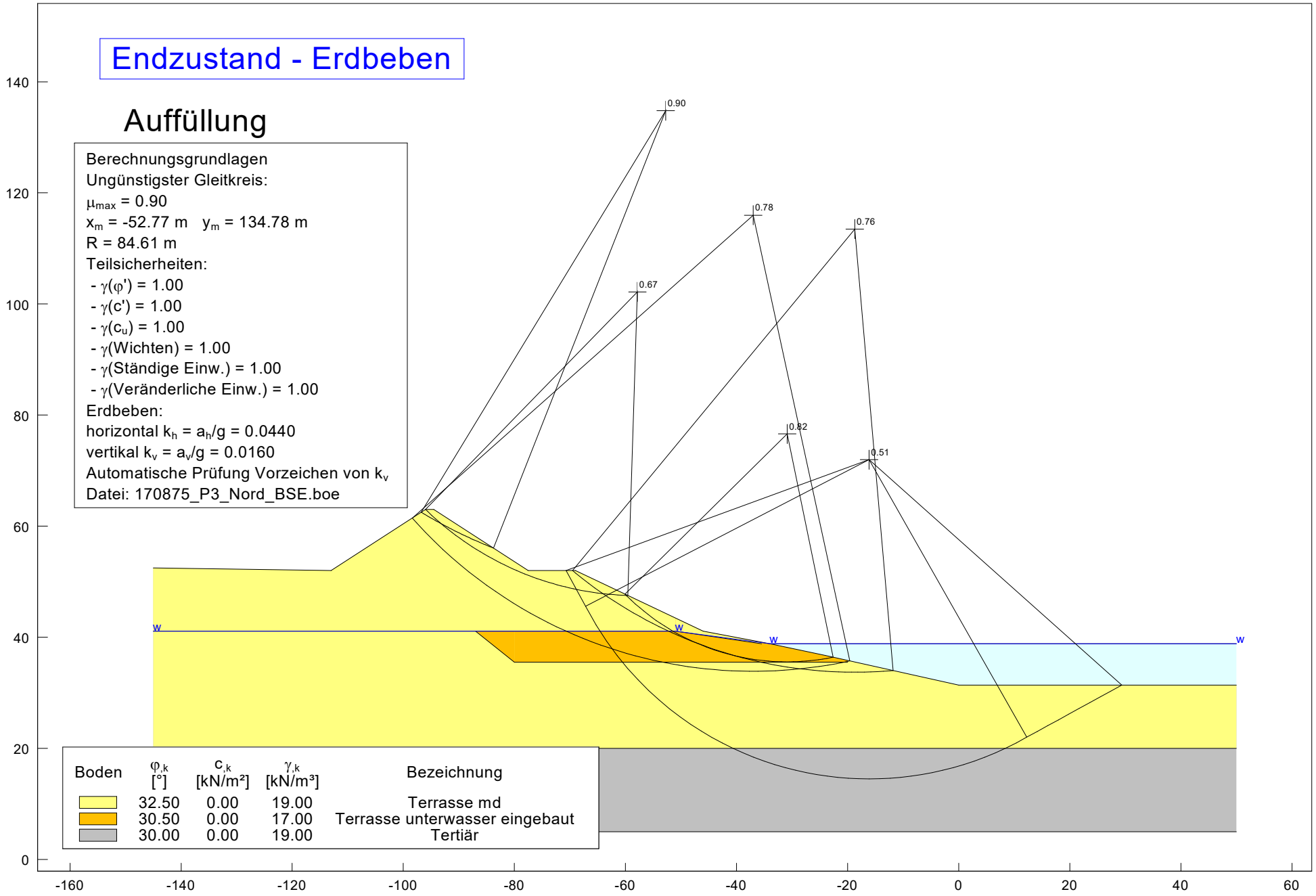
	M&P Ingenieurges. mbH Widdersdorfer Str. 190 50825 Köln Tel.: 0221 / 170917 -0	Böschungsbruchberechnung Endzustand - BS-E Galgenbergsee - Profil 3 Nord	Anlage: IV.10 Proj.-Nr.: 170875

Endzustand - Erdbeben

Auffüllung

Berechnungsgrundlagen
Ungünstigster Gleitkreis:
μ_{max} = 0.90
x_m = -52.77 m y_m = 134.78 m
R = 84.61 m
Teilsicherheiten:
- $\gamma(\varphi')$ = 1.00
- $\gamma(c')$ = 1.00
- $\gamma(c_u)$ = 1.00
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.00

Erdbeben:
horizontal $k_h = a_h/g$ = 0.0440
vertikal $k_v = a_v/g$ = 0.0160
Automatische Prüfung Vorzeichen von k_v
Datei: 170875_P3_Nord_BSE.boe



Boden	$\varphi_{,k}$ [°]	$c_{,k}$ [kN/m²]	$\gamma_{,k}$ [kN/m³]	Bezeichnung
	32.50	0.00	19.00	Terrasse md
	30.50	0.00	17.00	Terrasse unterwasser eingebaut
	30.00	0.00	19.00	Tertiär