



# STADT RECKLINGHAUSEN

- FACHBEREICH 62 - INGENIEURWESEN -

**Stadtentwicklungsgesellschaft  
Recklinghausen mbH**



**ISEK HILLERHEIDE  
– BAU DES HILLERSEES IN RECKLINGHAUSEN –**

**Heft 8:  
Antrag auf Planfeststellung nach § 68 WHG  
Bodenmechanische Untersuchung und Setzungsberechnung**



HPC AG  
Niederlassung Duisburg  
Neumarkt 7-11, 47119 Duisburg  
Telefon +49 203 80995-23  
Christian.Schwarz@hpc.ag

**Vorgang:**

Im Rahmen des Heftes 8, Bodenmechanische Untersuchung und Setzungsberechnung, zum Antrag auf Planfeststellung nach § 68 WHG zur Errichtung des geplanten Sees im Bereich des ehemaligen Trabrennbahnareals wurden im Auftrag der Stadtentwicklungsgesellschaft Recklinghausen mbH durch die HPC AG im Frühjahr 2020 Baugrunduntersuchungen im Bereich des geplanten Sees durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in dem angehängten Gutachten vom 08.06.2020 dokumentiert.

Ergänzt wurde dieses Gutachten durch die Auswertung durchgeführter Proctorversuche, welche im Bericht vom 18.06.2021 enthalten sind.

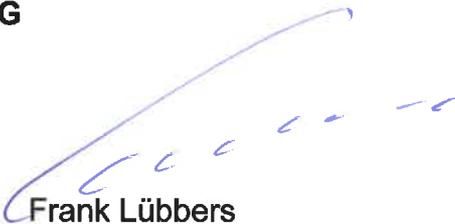
Aufgrund einer Betrachtung geänderter Gründungstiefen (flach und tief), war es erforderlich, im Mai 2021 zu den zu erwartenden Setzungen erneut Stellung zu nehmen.

Die Ergebnisse dieser erneuten Berechnung sind in der Stellungnahme vom 04.05.2021 dokumentiert.

Mit freundlichen Grüßen

**HPC AG**

ppa.

  
Frank Lübbers  
(Dipl.-Geophys.)

i.A.

  
Christian Schwarz  
(Dipl.-Ing.)

- Anhang 1: Baugrunduntersuchungen im Bereich des geplanten Sees vom 08.06.2021
- Anhang 2: Auswertung der Proctorversuche vom 18.06.2021
- Anhang 3: Stellungnahme zu geänderten Gründungstiefen der Uferwände vom 04.05.2021

# A n h a n g

# Anhang 1

---

Projekt-Nr.	<b>2181015</b>	Ausfertigungs-Nr.		Datum	<b>08.06.2020</b>
-------------	----------------	-------------------	--	-------	-------------------

---

**ISEK Hillerheide**  
**Entwicklung des ehemaligen**  
**Trabrennbahnareals Recklinghausen**  
**Baugrunduntersuchungen im Bereich des geplanten Sees**  
**- Baugrundgutachten -**

---

Auftraggeber

**Stadtentwicklungsgesellschaft Recklinghausen mbH**  
**Rathausplatz 3/4**  
**45657 Recklinghausen**

## Inhaltsverzeichnis

<b>Text</b>	<b>Seite</b>
1. Vorbemerkungen.....	3
1.1 Vorgang.....	3
1.2 Allgemeine Angaben .....	5
1.3 Verwendete Unterlagen.....	6
2. Örtliche Verhältnisse .....	8
2.1 Topographie und Hydrologie .....	8
2.2 Geologie und Hydrogeologie .....	8
2.3 Geotechnische Besonderheiten .....	9
2.3.1 Erdbeben .....	9
2.3.2 Kampfmittel .....	9
3. Untersuchungsumfang .....	10
3.1 Geländearbeiten.....	10
3.2 Laboruntersuchungen .....	11
4. Untersuchungsergebnisse.....	13
4.1 Vorgefundener Schichtaufbau .....	13
4.2 Grundwasser.....	14
4.3 Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen .....	15
4.3.1 Konsistenzgrenzenbestimmungen .....	15
4.3.2 Kombinierte Sieb- / Schlämmanalysen .....	15
4.3.3 Durchströmungsversuche .....	16
4.3.4 Proctordichtenbestimmung .....	17
5. Bodenklassifizierung.....	18
5.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke.....	18
5.2 Bodenkennwerte .....	19
6. Technische Auswertung der Baugrunduntersuchungen .....	20

6.1	Bauvorhaben.....	20
6.2	Baugrundbeurteilung.....	21
6.3	Gründungsempfehlungen Ortbetonwand.....	21
6.3.1	Nördlicher Halbkreis.....	21
6.3.2	Nördlicher Randstreifen.....	22
6.3.3	Südlicher Randstreifen.....	22
6.3.4	Südlicher Halbkreis.....	22
6.3.5	Berechnungen zum Nachweis der äußeren Tragfähigkeit.....	22
7.	Bautechnische Hinweise.....	24
7.1	Baugrubenanlage und Erdarbeiten.....	24
7.2	Wasserhaltung.....	25
7.3	Verfüllung von Arbeitsräumen und Baugruben.....	27
8.	Zusammenfassung.....	28

## Anhang

- 1 Schichtenverzeichnisse der Rammkernsondierungen
- 2 Protokolle der Rammsondierungen
- 3 Nivellementprotokoll
- 4 Laborprotokolle der bodenmechanischen Laborversuche
- 5 Geotechnische Berechnungen

## Anlage

- 1 Lageplan der Sondieransatzpunkte  
M.: 1 : 2.500
- 2 Bodenprofile RKS 1 - 5 und Rammdiagramme DPH 1 - 5  
M.d.H.: 1 : 100, M.d.L.: --

## 1. Vorbemerkungen

### 1.1 Vorgang

Die Stadtentwicklungsgesellschaft Recklinghausen mbH plant die Umsetzung des städtebaulichen Konzeptes „Wohnen am Wasser“ auf dem ca. 34 ha großen Gelände der ehemaligen Trabrennbahn im Stadtteil Recklinghausen-Hilkerheide. Vorgesehen ist die Entwicklung einer Wohnbebauung, die um einen zentralen See angeordnet ist. Der See soll im ehemaligen Geläuf entstehen. Die vorhandene Bebauung wird derzeit vollständig rückgebaut.



Abbildung 1: Grundriss des zukünftigen Sees und der darum vorgesehenen Wohnbebauung /13/

Zur Unterstützung der weiteren Seeplanung durch das Büro BCE Björnsen Beratende Ingenieure GmbH sollten zusätzliche Baugrunduntersuchungen im Seebereich und der geplanten umschließenden Ort betonwand vorgenommen werden.

Das unterzeichnende Büro wurde am 30.03.2020 von der Stadtentwicklungsgesellschaft Recklinghausen mbH auf Basis des Angebotes Nr. 1201227 vom 12.03.2020 mit der Durchführung von Baugrunduntersuchungen beauftragt.

Die Geländearbeiten kamen in der Zeit vom 21. - 22.04.2020 zur Ausführung.

Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen werden im vorliegenden Gutachten dokumentiert und bewertet.

## 1.2 Allgemeine Angaben

Projekt-Nr.: 2181015

Auftraggeber: Stadtentwicklungsgesellschaft  
Recklinghausen mbH  
Rathausplatz 3/4  
45657 Recklinghausen

Ort der Untersuchung: ehemaliges Trabrennbahnareal  
Recklinghausen, zukünftiger See

Ansprechpartner:

Stadtentwicklungsgesellschaft  
Recklinghausen mbH: Herr Wassermann  
Frau Zalkau

BCE  
Björnsen Beratende Ingenieure  
GmbH Herr Blase

HPC AG: Herr Schwarz  
Herr Slotta

### 1.3 Verwendete Unterlagen

- /1/ Ahlenberg Ingenieure GmbH:  
Ehemaliges Trabrennbahnareal in Recklinghausen, Allgemeine Bodenuntersuchung / Orientierende Gefährdungsabschätzung, 14.12.2016.
- /2/ Ahlenberg Ingenieure GmbH:  
Entwicklung Trabrennbahnareal Recklinghausen, Festigkeitsaufschlüsse zur Unterstützung der Seeplanung, 13.04.2017.
- /3/ DIN 4124: 2012-01:  
Baugruben und Gräben - Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten.
- /4/ DIN 18196: 2011-05:  
Erd- und Grundbau - Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke.
- /5/ DIN 18533-1: 2017-07:  
Abdichtung von erdberührten Bauteilen - Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze.
- /6/ DIN EN 1997-1: 2009-09:  
Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 1: Allgemeine Regeln.
- /7/ DIN EN 1997-2: 2010-10:  
Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds.
- /8/ DIN EN 1998-1/NA: 2011-01:  
Nationaler Anhang - National festgelegte Parameter - Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebenwirkungen und Regeln für Hochbau.
- /9/ FGSV, Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement:  
Richtlinie für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen (RStO 12), 2012.

- /10/ Geologischer Dienst NRW - Landesbetrieb -  
Bohrungen in NRW, Internet-Auskunftssystem, Stand: 05/2020.
- /11/ Geologischer Dienst NRW - Landesbetrieb -  
Gefährdungspotentiale des Untergrundes in Nordrhein-Westfalen, Inter-  
net-Auskunftssystem, Stand: 05/2020.
- /12/ Geologisches Landesamt NRW:  
Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen, C 4706 Düsseldorf-Essen,  
M.: 1 : 100.000, Krefeld, 1980.
- /13/ Ingenieurbüro H- Berg & Partner GmbH, BCE Björnßen Beratende Inge-  
nieure GmbH:  
ISEK Hillerheide, See- und Entwässerungsplanung, Erläuterungsbericht  
zur Leistungsphase 2, 04/2020.
- /14/ Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landschaft, Natur und Verbrau-  
cherschutz des Landes NRW:  
Online-Kartendienst, <http://www.uvo.de>, Stand: 07/2018.
- /15/ Stadt Recklinghausen, Bürger- und Ordnungsangelegenheiten,  
Feuerwehr:  
Entwicklung des ehemaligen Trabrennbahnareals, Kampfmittelauskunft,  
27.08.2015.

## **2. Örtliche Verhältnisse**

### **2.1 Topographie und Hydrologie**

Das Untersuchungsgebiet befindet sich auf dem aufgegebenen Trabrennbahnareal der Stadt Recklinghausen im Stadtteil Hillerheide.

Das Trabrennbahnareal befindet sich südöstlich des Stadtzentrums. Unmittelbar südlich davon verläuft die BAB 2. Im Norden grenzt die Blitzkuhlenstraße, östlich die Straße An der Rennbahn und westlich die Theodor-Esch-Straße an das Untersuchungsgebiet.

Dem digitalen Kartenwerk /14/ ist zu entnehmen, dass das Untersuchungsgebiet weder in einer Heilquellen- noch Trinkwasserschutzzone liegt.

Der Hellbach sowie der Obere Dürenbach stellen die nächsten Fließgewässer dar. Der Hellbach befindet sich ca. 800 m westlich des Untersuchungsgebietes, der Obere Dürenbach ca. 600 m östlich bzw. südöstlich des Untersuchungsgebietes. Ca. 3.000 m weiter südlich verlaufen die Emscher und der Rhein-Herne-Kanal mit einer von Ost nach West orientierten Fließrichtung.

### **2.2 Geologie und Hydrogeologie**

Das Untersuchungsgebiet liegt im Randbereich des Verbreitungsgebietes der Niederterrassenablagerungen der Emscher und ihrer Nebengewässer (Hellbach, Bärenbach). Im Liegenden folgt der Tonmergelstein des Emschermergels der Oberkreide /12/.

Der Tonmergelstein ist i.d.R. stark bindig verwittert und bildet dementsprechend einen grundwasserstauenden Horizont zwischen dem Quartär und der Kreide.

Der oberste Grundwasserleiter wird von den geringmächtigen Sanden / Schluffen des Quartärs gebildet (Porengrundwasserleiter). Das Grundwasser innerhalb der quartären Sande / Schluffe bewegt sich generell in südliche bis

südwestliche Richtung auf die als Vorfluter dienende Emscher zu. Der darunter folgende Grundwasserleiter wird vom Festgestein der Oberkreide bzw. Emschermergel aufgebaut (Kluftgrundwasserleiter). Dort fließt das Grundwasser vorwiegend entlang der geöffneten Spalten, Klüfte und Schichtfugen.

## **2.3 Geotechnische Besonderheiten**

### **2.3.1 Erdbeben**

Gemäß DIN EN 1998-1 /8/ liegt das Untersuchungsgebiet außerhalb verzeichneter Erdbebenzonen. Die horizontale Erdbeschleunigung entfällt, ebenso wie die Notwendigkeit zur Führung eines Standsicherheitsnachweis gegen Erdbebenversagen.

Der Baugrund gehört keiner gängigen Untergrundklasse (R, T, S) an.

### **2.3.2 Kampfmittel**

Gemäß der vorliegenden Kampfmittelauskunft /15/ gibt es konkrete Hinweise auf die Existenz von Kampfmitteln, u.a. vier Bombenblindgänger-Verdachtspunkte. An diesen ist nach erfolgter Untersuchung eine Öffnung erforderlich.

Des Weiteren hat eine Absuchung der zu bebauenden, ehemals bombardierten Flächen zu erfolgen.

### **3. Untersuchungsumfang**

#### **3.1 Geländearbeiten**

Zur Beurteilung der Untergrundverhältnisse für die weitere Seeplanung wurden insgesamt fünf Rammkernsondierungen (RKS 1 - 5) und fünf schwere Rammsondierungen (DPH 1 - 5) abgeteuft (s. Anlage 2). Die geplante Sondiertiefe von 10,00 m u. GOK ließ sich nur einmalig mit der schweren Rammsonde realisieren. Alle weiteren Sondierungen mussten vorher abgebrochen werden, da aufgrund des Mergelhorizontes kein Bohrfortschritt zu verzeichnen war. Die maximal erreichte Sondiertiefe der RKS betrug 6,60 m (RKS 4).

Weiterhin wurden drei Schürfe angelegt (siehe Anlage 1). An der Basis der Schürfe ließ sich ungestörtes Bodenprobenmaterial mittels Ausstechzylinder entnehmen. Das Material diente für labortechnische Durchströmungsversuche zur Ermittlung der Durchlässigkeitsbeiwerte des anstehenden Untergrundes.

Die Beprobung des Bohrguts aus den Rammkernsondierungen erfolgte je laufendem Bohrmeter bzw. bei Schichtwechsel. Die 40 entnommenen Bodenproben wurden in Weithalsgläsern (500 ml) verbracht und luftdicht verschlossen. Die Ergebnisse der Bodenansprachen finden sich als Schichtenverzeichnisse gemäß DIN EN ISO 14688-1 in den Anhängen. Ihre graphische Darstellung als Bodenprofile nach DIN 4023 ist in Anlage 2 beigefügt.

Anschließend fand eine Einmessung sämtliche Aufschlüsse nach Lage und Höhe statt. Als Bezugspunkt für das Nivellement dienten die Grundwassermessstellen GWM 2 und GWM 5. Die genaue Lage der Sondieransatzpunkte sowie der Grundwassermessstellen zeigt der beigefügte Lageplan in Anlage 1 auf. Anhang 3 enthält das Nivellementprotokoll.

### 3.2 Laboruntersuchungen

Folgende bodenmechanischen Versuche führte das Labor des Unternehmens Geotechnische Untersuchungen Gregor Kiczmer & Söhne GmbH mit Sitz in Recklinghausen durch:

- 8 x Konsistenzgrenzenbestimmung  
nach DIN EN ISO 17892-12
- 2 x kombinierte Sieb- / Schlämmanalyse  
nach DIN EN ISO 17892-4
- 3 x Durchströmungsversuche  
nach DIN EN ISO 17892-11

Tabelle 1 gibt Auskunft darüber, an welchem Material aus welcher Tiefe bzw. welchem Bereich die verschiedenen Versuche stattfanden.

Tabelle 1: Zusammenfassung des bodenmechanischen Untersuchungsumfangs an Bodenproben im Labor

Versuch	Probe	Tiefenband [m] u. GOK	Aufschluss-Art
Konsistenzgrenzenbestimmung	RKS 1/4	2,30 - 3,80	Rammkernsondierug
	RKS 2/5	2,80 - 3,60	
	RKS 2/6	3,60 - 4,40	
	RKS 3/4	2,50 - 3,60	
	RKS 4/5	2,50 - 3,20	
	RKS 4/6	3,20 - 4,30	
	RKS 5/5	2,70 - 3,20	
	RKS 5/7	3,80 - 4,20	
kombinierte Sieb- / Schlämmanalyse	RKS 1/3	1,40 - 2,30	Rammkernsondierung
	RKS 2/4	2,40 - 2,80	
Durchströmung	S 1	~3,00	Schurf
	S 2	~3,00	
	S 3	~3,00	

Die Prüfberichte zu den Konsistenzgrenzenbestimmungen, den kombinierten Sieb- / Schlämmanalysen sowie den Durchströmungsversuchen sind als Anhang 4 dem Bericht beigelegt.

Zusätzlich erfolgten Proctordichten-Bestimmungen an den Böden der Gruppe SU\* und TA mit zwei verschiedenen Bindemitteln und zwei variablen Zumischungsverhältnissen. Die Ergebnisse sollten Aussagen dazu ermöglichen, wie eine geeignete Bodenverbesserung bei hohen Feinkornanteilen aussehen könnte. Zusammengefasst kamen folgende acht Versuche hinzu:

- 1. + 2. Proctordichten-Bestimmung  
Bodengruppe : SU\*  
Bindemittel : Dorosol C50  
Zumischung :  $p_1 = 3 \text{ m-}\%$   
 $p_2 = 5 \text{ m-}\%$
- 3. + 4. Proctordichten-Bestimmung  
Bodengruppe : SU\*  
Bindemittel : Dorosol C70  
Zumischung :  $p_1 = 3 \text{ m-}\%$   
 $p_2 = 5 \text{ m-}\%$
- 5. + 6. Proctordichten-Bestimmung  
Bodengruppe : TA  
Bindemittel : Dorosol C50  
Zumischung :  $p_1 = 3 \text{ m-}\%$   
 $p_2 = 5 \text{ m-}\%$
- 7. + 8. Proctordichten-Bestimmung  
Bodengruppe : TA  
Bindemittel : Dorosol C70  
Zumischung :  $p_1 = 3 \text{ m-}\%$   
 $p_2 = 5 \text{ m-}\%$

Die Versuche zu der variablen Proctordichten-Bestimmungen laufen derzeit noch. Sobald die Ergebnisse bzw. Protokolle dazu vorliegen, werden sie nachgeliefert.

## 4. Untersuchungsergebnisse

### 4.1 Vorgefundener Schichtaufbau

Mit den auf dem Untersuchungsgelände bis 6,60 m u. GOK abgeteuften RKS ließ sich folgender Bodenaufbau nachweisen:

#### Auffüllungen

Zuoberst stehen Auffüllungen an, die sich überwiegend als Sand mit schluffigen Beimengungen sowie Fremdbestandteilen (Ziegelreste, Kohlereste) darstellen. Teilweise handelt es sich um rote Brandberge. Bereichsweise sind die Auffüllungen schwach organisch.

Die Basis der Auffüllungen liegt zwischen ca. 0,20 - 1,30 m u. GOK.

#### Terrassensedimente / Verw.-Lehme (Quartär)

Unterhalb der Auffüllungen folgen zumeist quartäre Feinsande (Terrassensedimente), die von Schluffen und Tonen (Verwitterungslehme) unterlagert werden. Die Feinsande sind stark schluffig und liegen in mitteldichter Lagerung vor. Die tonigen Schluffe und schluffigen Tone (Verwitterungslehme) weisen weiche bis steife Konsistenzen auf.

Die Basis der Feinsande landet auf ca. 2,20 - 2,80 m u. GOK. Die darunter folgenden Schluffe und Tone reichen bis in eine Tiefe von ungefähr 3,60 - 4,70 m u. GOK.

#### Mergel (Kreide)

Im Liegenden des Quartärs folgen die Mergel der Kreide, wobei der Mergelstein in stark bis mäßig zersetzter Form vorliegt.

Die Schichtenverzeichnisse sind in tabellarischer Form als Anhang 1 beigelegt. Die Ergebnisse der Aufschlusssondierungen sind graphisch als Bohrprofile und Rammdiagramme in Anlage 2 dargestellt.

## 4.2 Grundwasser

Seitens der Ahlenberg Ingenieure GmbH wurden während der allgemeinen Bodenuntersuchungen im Jahr 2016 insgesamt 13 Grundwassermessstellen errichtet /1/. Diese konnten teilweise bei Beginn der Rückbaumaßnahmen im Jahr 2019 wiedergefunden werden. Mittels Datenlogger werden die Grundwasserstände in den Grundwassermessstellen GWM 2, 5, 6, 7 und 9 seit 01/2020 täglich gemessen.

Aus den bisherigen Messungen ergeben sich folgende Mittel-, Maximal- und Minimalwasserstände:

Tabelle 2: Zusammenfassung der bisherigen Grundwasserstandsmessungen

GW-Messstation [-]	Lage [-]	Messzeitraum [-]	niedrigster GW-Stand [m NN]	mittlerer GW-Stand [m NN]	höchster GW-Stand [m NN]
GWM 2	N	17.01.2020 - 22.05.2020	59,00	59,59	60,28
GWM 5	SO		56,38	57,06	57,60
GWM 6	W		55,84	57,06	57,81
GWM 7	SW		55,12	55,70	56,30
GWM 9	SO	05.02.2020 - 22.05.2020	54,61	55,06	55,62
GWM 11	Zentrum	14.05.2020 - 22.05.2020	56,76	56,78	56,80
GWM 13	S		56,26	56,29	56,32

Lokal können u.U. gespannte Grundwasserverhältnisse vorliegen. In diesen Fällen verhindert die sehr schwach durchlässige Ton- / Schluffschicht, dass sich das Grundwasser frei entsprechend seinem Potential aus geodätischer Höhe und Druckhöhe ( $\Phi = z + u / \gamma_w$ ) einstellt. Das Potential läge nämlich sonst oberhalb der sehr schwach durchlässigen Schicht.

### 4.3 Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen

#### 4.3.1 Konsistenzgrenzenbestimmungen

An acht Bodenproben aus den Rammkernsondierungen fand die labor-technische Bestimmung der Konsistenzgrenzen statt. In Tabelle 3 sind diese Ergebnisse zusammengefasst.

Tabelle 3: Ergebnisse der Konsistenzgrenzenbestimmungen und Zuordnung in Boden-  
gruppen gemäß DIN 18196 /4/

RKS / Probe	Tiefen- band [m u GOK]	Wasser- gehalt w [%]	Fließ- grenze w <sub>L</sub> [%]	Ausroll- grenze w <sub>P</sub> [%]	Plastizi- tätszahl I <sub>P</sub> [%]	Konsis- tenzzahl I <sub>c</sub> [-]	Konsis- tenz	Boden- gruppe
1/4	2,3 - 3,8	27,8	41,7	21,5	20,2	0,69	weich	TM
2/5	2,8 - 3,6	29,5	48,9	19,9	29,0	0,67	weich	TM
2/6	3,6 - 4,4	22,7	41,6	19,5	22,1	0,86	steif	TM
3/4	2,5 - 3,6	29,8	54,8	23,7	31,1	0,80	steif	TA
4/5	2,5 - 3,2	42,0	72,3	23,9	48,4	0,63	weich	TA
4/6	3,2 - 4,3	37,5	56,2	23,4	32,8	0,57	weich	TA
5/5	2,7 - 3,2	37,5	50,8	24,0	26,8	0,49	breiig	TA
5/7	3,8 - 4,2	29,8	50,7	24,2	26,5	0,79	steif	TA

Entsprechend dem Plastizitätsdiagramm nach DIN 18196 liegen alle unter-  
suchten Bodenproben oberhalb der A-Linie. Die Proben der RKS 1 und 2 sind  
den mittelplastischen Tonen (TM) zuzuordnen und weisen eine weiche bis  
steife Konsistenz auf. Die Proben der RKS 3 - 5 sind den ausgeprägt plasti-  
schen Tonen (TA) zuzuordnen und weisen ebenfalls weiche bis steife Konsis-  
tenzen auf. Eine Ausnahme mit breiiger Konsistenz bilde RKS 5/5.

#### 4.3.2 Kombinierte Sieb- / Schlämmanalysen

An weiteren zwei Bodenproben wurden die Korngrößenverteilungen durch  
kombinierte Sieb- / Schlämmanalysen im Labor bestimmt. Hierbei kamen fol-  
gende Ergebnisse zustande:

Tabelle 4: Ergebnisse der Korngrößenverteilungen und Zuordnung der Bodenproben in Bodengruppen gemäß DIN 18196 /4/

RKS / Probe	Tiefenband [m u. GOK]	Ton [%]	Schluff [%]	Sand [%]	Kies [%]	Boden- gruppe
1/3	1,4 - 2,3	4,7	27,3	67,7	0,3	SU*
2/4	2,4 - 2,8	3,4	31,3	65,3	--	SU*

Bei den untersuchten Proben handelt es sich um Sand-Schluff-Gemische, welche gemäß DIN 18196 der Bodengruppe SU\* zuzuordnen sind.

### 4.3.3 Durchströmungsversuche

Die instationären Durchströmungsversuche an den ungestörten Proben aus den Schluffen aus 3,00 - 3,50 m u. GOK ergaben folgende  $k_f$ -Werte:

Tabelle 5: Ergebnisse der Durchströmungsversuche zur Quantifizierung von Durchlässigkeitsbeiwerten nach DIN EN ISO 17892-11 /4/

Schurf / Probe	Trocken- / Feuchtdichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Bodenart [-]	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]
S 1	1,405 / 1,865	U, fs, t'	$3,6 \times 10^{-10}$
S 2	1,449 / 1,869	U, fs, t'	$2,8 \times 10^{-9}$
S 3	1,501 / 1,928	U, fs, t'	$3,4 \times 10^{-10}$

Die untersuchten Proben gelten alle als sehr schwach durchlässig ( $\leq 1 \times 10^{-8}$  m/s). Die ungefähre Lage der Schürfe ist im Lageplan in Anlage 1 dargestellt.

/1/ gibt für die feinsandigen, schwach tonigen Schluff den  $k_f$ -Wertebereich von  $1,64 \times 10^{-5}$  m/s (RKS 25, nach Seelheim) bis  $3,96 \times 10^{-9}$  m/s (RKS 42, nach Mallet / Paquant) an. Diese enorme Spannweite mit einem Verhältniswert von umgerechnet ca. 1 : 4.100 kommt durch Anwendung unterschiedlicher empirischer Ansätze für die Kornverteilungslinie stark bindiger Böden zustande.

Die jetzt durchgeführten instationären Durchströmungsversuche erlauben eine genauere Quantifizierung der Werte. Demnach handelt es sich hier offenbar um sehr schwach durchlässige Böden ( $k_{f\emptyset} \approx 1 \times 10^{-9}$  m/s). Die Werte stimmen

relativ gut mit unseren allgemeinen Erfahrungswerten aus Tabelle 7 (vgl. Seite 19) überein.

#### **4.3.4 Proctordichtenbestimmung**

Zum Zeitpunkt der Berichtfertigstellung liefen noch die acht Laborversuche zu der optimalen Wassergehaltsermittlung der verschiedenen Böden mit unterschiedlichen Mischbindern und Massenanteilen.

Die Auswertung dauert vermutlich noch bis zur 2. Juni-Hälfte oder länger an. Sobald die Ergebnisse zur Verfügung stehen, senden wir eine Kurzzusammenfassung mit Auswertung inklusive der Prüfprotokolle als separate Anlage zu diesem Bericht nach.

## 5. Bodenklassifizierung

### 5.1 Klassifizierung für bautechnische Zwecke

Die angetroffenen Bodenarten lassen sich wie folgt klassifizieren:

Tabelle 6: Zuordnung von Bodenklassen und Homogenbereichen

Bodenart	Klassifizierung			Frostempfindlichkeit ZTV E-StB 17	Verdichtbarkeit <sup>***</sup> DIN 18196
	DIN 18196	DIN 18300 <sup>*)</sup>	DIN 18300 <sup>**)</sup>		
<b>Auffüllungen</b> locker - mitteldicht	[GW], [SW], [SU]	leicht lösbarer Boden  Klasse 3	Homogenbereich 1	nicht bis mäßig frostempfindlich  F 1 - F 2	gut verdichtbar  V 1
<b>Feinsande</b> locker - mitteldicht	SU*	mittelschwer lösbarer Boden  Klasse 4	Homogenbereich 2	sehr frostempfindlich  F 3	mäßig verdichtbar  V 2
<b>Schluffe / Tone</b> weich - steif	TM, TA	mittelschwer lösbarer Boden  Klasse 4	Homogenbereich 3	sehr frostempfindlich  F 3	schlecht verdichtbar  V 3
<b>Verwitterungshorizont (Mergel)</b> halbfest - fest	GU* (Zv)	mittelschwer lösbarer Boden  Klasse 4 - 5	Homogenbereich 4	sehr frostempfindlich  F 3	gut bis mäßig verdichtbar  V 1 - V 2
<b>Festgestein / Fels (Tonstein)</b> verwittert - unverwittert	Zv Z	verwitterter bis unverwitterter Fels  Klasse 6 - 7	Homogenbereich 5	--	--

\*) Einteilung gemäß Version 2012-09

\*\*\*) Die vor Ort tatsächlich erreichbaren Verdichtungen von anfallendem Material sind maßgeblich von der Witterungssituation zum Zeitpunkt der Erdarbeiten und der Art und Weise der Bodenbehandlung (Vor-Kopf-Aushub, Zwischenlagerung etc.) abhängig.

## 5.2 Bodenkennwerte

Auf Grundlage der vorliegenden Informationen sowie von Erfahrungswerten können die in Tabelle 7 ausgewiesenen bodenmechanischen Kennwerte angenommen werden:

Tabelle 7: Rechenwerte bodenmechanischer Kennwerte

Bodenart	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi'$ [°]	$c'/c_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$k_f$ [m/s]
<b>Auffüllungen</b>						
[GW], [SW], [SU]						
locker	18 - 19	10 - 11	30 - 32,5	--	20 - 40	10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>-5</sup>
mitteldicht	19 - 20	11 - 12	32,5 - 35	--	40 - 60	
<b>Feinsande</b>						
SU*						
locker	17 - 18	8 - 9	27,5	0 - 2 / 5	15 - 25	10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-8</sup>
mitteldicht	18 - 19	9 - 10	27,5 - 30	2 - 4 / 5	25 - 35	
<b>Schluffe / Tone</b>						
TM, TA						
weich	17 - 18	7 - 8	20 - 22,5	1 - 2 / 5	1 - 3	10 <sup>-9</sup> - 10 <sup>-11</sup>
steif	18 - 19	8 - 9	22,5 - 25	4 - 8 / 15	3 - 5	
<b>Verw.-Horizont (Mergel)</b>						
GU*						
mitteldicht	20 - 21	10 - 11	30 - 32,5	1 - 3 / 5	30 - 50	10 <sup>-6</sup> - 10 <sup>-8</sup>
dicht	21 - 22	11 - 12	35	2 - 5 / 5	50 - 70	
<b>Festgestein / Fels (Mergel)</b>						
Zv, Z						
verwittert -	21 - 22	11 - 12	35	10 - 15 / 40	50 - 100	(Kluftleiter)
unverwittert	22 - 23	12 - 13	35 - 37,5	15 - 30 / 80	100 - 200	

Erläuterungen:	$\gamma$	=	Wichte des erdfeuchten Bodens
	$\gamma'$	=	Wichte des Bodens unter Auftrieb
	$\varphi'$	=	Winkel der inneren Reibung
	$c'$	=	Kohäsion
	$E_s$	=	Steifemodul
	$k_f$	=	Durchlässigkeitsbeiwert

Für erdstatische Berechnungen sind die ungünstigsten Werte anzusetzen oder weitere Untersuchungen durchzuführen.

## 6. Technische Auswertung der Baugrunduntersuchungen

### 6.1 Bauvorhaben

Gemäß Vorzugsvariante der aktuellen Seeplanung /13/ aus 04/2020 ist eine Netto-Tiefe des Sees von 2,50 m ohne Abdichtung der Sohle vorgesehen. Die Ufereinfassung soll als harte Kante in Form einer Ortbetonwand mit einer Dicke von mindestens 50 cm ausgeführt werden.

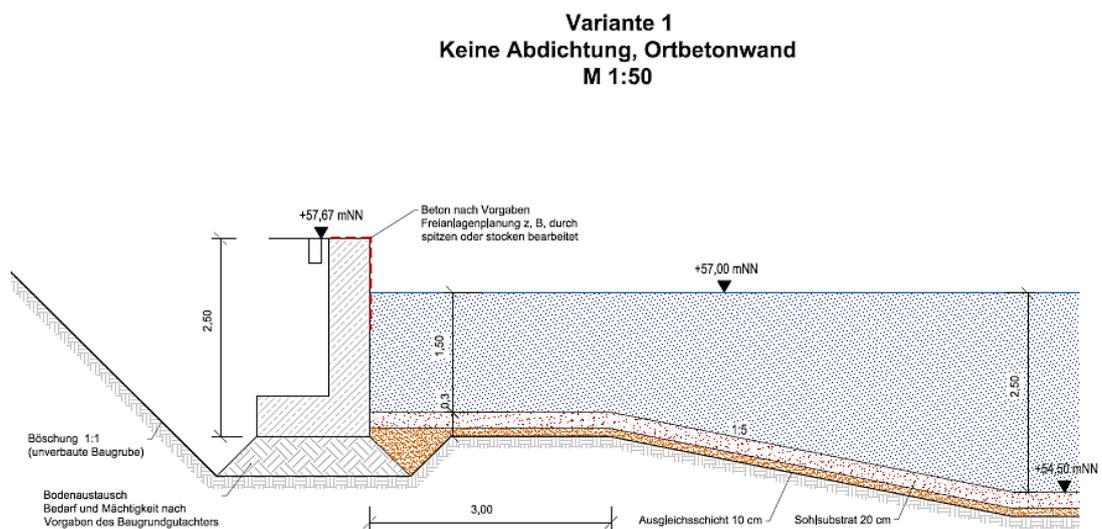


Abbildung 2: Vorzugsvariante der Seeplanung mit Querschnitt zur Ufereinfassung und des Sohlaufbaus /13/

Die Oberkante der Ufereinfassung liegt bei 57,67 m NN und der Wasserspiegel bei 57,00 m NN. Bedingt durch die Netto-Seetiefe von 2,50 m ergibt sich ein Sohlniveau von 54,50 m NN. Mit Ausnahme des nördlichen Seehalbkreises steigt die Sohle zum Seerand infolge einer unter der Neigung 1 : 5 angelegten Böschung ( $\sim 11,3^\circ$ ) auf bis zu 55,50 m NN an und verbleibt dort auf einem ca. 3,00 m breiten Streifen. Infolge konstruktiver Aufbauschichten (Sauberekeitsschicht, Sohlsubstrat) beträgt die finale Aushubtiefe des Sees 2,80 m.

Die Höhe der Ortbetonwand beläuft sich auf 2,50 m. Die Gründungstiefe liegt damit planmäßig bei 55,17 m NN. Im Norden des Sees steigt die Höhe der Ortbetonwand auf ca. 3,56 m an, da hier Berme und Böschung vor der Wand entfallen und die Gründung der Wand auf einem Sockel unterhalb des Niveaus der Seesohle erfolgt. Die Gründungstiefe ist bei ca. 53,70 m NN anzusetzen.

## 6.2 Baugrundbeurteilung

Nach Auswertung der durchgeführten Geländearbeiten und Laborversuche lassen sich die Baugrundverhältnisse des Untersuchungsgebietes durch nachfolgende, vereinfachte Darstellung zusammenfassen.

Unterhalb des humosen Oberbodens treten Auffüllung in Form von sandigen Kiesen bis kiesigen und ggf. schluffigen Sanden auf. Diese werden im Vorfeld aller Arbeiten zur Seeherstellung flächendeckend entfernt und sollen zur Aufschüttung des Lärmschutzwalls dienen. Darunter folgen schluffige Feinsande, die von tonigen Schluffen und schluffigen Tonen (Verwitterungslehmen) unterlagert werden. Die Basis der Schluffe und Tone liegt zwischen 3,60 - 4,70 m u. GOK. Im Liegenden der Schluffe und Tone grenzt der verwitterte Mergel, der in Tiefen ab ca. 7,00 - > 10,00 m u. GOK in den unverwitterten Zustand übergeht. Tendenziell fällt die Oberkante des Festgesteins von Norden nach Süden ab. Im gesamten Baufeld ist mit Grund- und Stauwasser zu rechnen.

Die Feinsande stellen einen tragfähigen Baugrund dar. Die Verwitterungslehme des Mergels (Schluffe und Tone) sind bei mindestens steifer Konsistenz als nur mäßig tragfähiger Baugrund einzustufen, in dem mit vergleichsweise größeren und zeitverzögerten Setzungen zu rechnen ist. Für den bindigen Boden wurde eine überwiegend weiche Konsistenz festgestellt. In diesem Fall weist der bindige Boden keine ausreichende Tragfähigkeit auf und bodenverbessernde Maßnahmen (z.B. Bodenaustausch) sind erforderlich.

Der unterlagernde verwitterte Mergel bildet einen gut tragfähigen Baugrund.

## 6.3 Gründungsempfehlungen Ortbetonwand

### 6.3.1 Nördlicher Halbkreis

(RKS 1) - Innerhalb des überwiegend unverwitterten Mergels auf der Gründungshöhe von 53,70 m NN sind keine Zusatzmaßnahmen zu ergreifen. Hier kann die Gründung der Ortbetonwand unter Zwischenschaltung einer Sauberkeitsschicht direkt hergestellt werden.

### 6.3.2 Nördlicher Randstreifen

(RKS 2) - Es gilt die gleiche Aussage wie für den nördlichen Halbkreis. Zwar liegt die Gründungsebene nun höher (55,17 statt 53,70 m NN). Jedoch befindet sie sich noch ~1,77 m innerhalb des Verwitterungshorizontes des Mergels.

### 6.3.3 Südlicher Randstreifen

(RKS 3, 5) - Von einer Verwendung der Schluffe und Tone als Gründungsebene raten wir aufgrund ihrer variablen, breit gestreuten Konsistenzen (breiig - fest), der ausgeprägt plastischen Eigenschaften und den daraus resultierenden Bodenkennwerten ab. Wir empfehlen, diese anstehenden Böden durch ein rolliges, gut verdichtbares und frostunempfindliches Materialgemisch (z.B. Bodengruppe GW, SW, Körnung 0/45 mm oder 0/32 mm) mit einer Mächtigkeit von  $\geq 0,80$  m zu ersetzen.

### 6.3.4 Südlicher Halbkreis

(RKS 4) - Die Situation gestaltet sich ähnlich wie für den südlichen Randstreifen. Die Schluffe und Tone zeigen hier nur geringfügig höhere Schlagzahlen aus der Rammsondierung, wobei sie als Gründungshorizont jedoch nicht zu bevorzugen sind. Stattdessen wäre wieder ein Materialgemisch, wie beschrieben, mit gleicher Mächtigkeit zu verwenden und fachgerecht einzubauen.

### 6.3.5 Berechnungen zum Nachweis der äußeren Tragfähigkeit

Es wurden orientierende Berechnungen für Streifenfundamente (auflagernde Ortbetonwandstreifen) mit Bodenaustausch durchgeführt (Anhang 5).

Die Berechnungen erfolgten nach EC 7. Dabei wurden die Teilsicherheitsbeiwerte für die ständige Bemessungssituation BS-P angesetzt. Die angegebenen Werte gelten für sich nicht gegenseitig beeinflussende Fundamente / Ortbetonwandstreifen mit lotrechtem und mittigem Lastangriff. Bei außermittigem Lastangriff ist die rechnerische Fundamentfläche nach DIN 1054 zu reduzieren (zwecks Ausschließung von Zugspannungen im Querschnitt).

In der folgenden Tabelle sind für ausgewählte Fundamentbreiten bzw. Ortbetonwandstreifen die zulässigen Bodenpressungen, die zulässige Last bis zum theoretischen Grundbruchversagen und die daraus resultierende Setzung dargestellt. Die Berechnungen erfolgten für die Gründung in einer Tiefe von 55,17 m NN und einem Bodenaustausch mit einer Stärke von 0,80 m.

Tabelle 8: Bemessungswerte für Streifenfundamente mit Gründungspolster

Fundamentbreite b [m]	Bemessungswert des Sohldrucks $\sigma_{Rd}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	zul. Vertikallast $V_d$ [kN]	Setzung $s_k$ [cm]
<b>Streifenfundament, a = 10,00 m, auf Bodenaustausch (d = 0,80 m)</b>			
0,80	~80	~64	~0,80
1,00	~80	~80	~0,95
1,20	~78	~94	~1,03
1,40	~97	~136	~1,40
1,60	~107	~170	~1,65
1,80	~115	~207	~1,90
2,00	~122	~244	~2,10

Die zulässigen Bemessungswerte im unverwitterten Mergel übertreffen die in der oben stehenden Tabelle um ein Vielfaches. Auf eine Berechnung mit Darstellung der Ergebnisse in tabellarischer Form wird deshalb verzichtet.

Die Werte aus Tabelle 8 ließen sich auch auf den Mergelstein übertragen, um so homogene Belastungsverhältnisse zu simulieren. Allerdings lägen sie damit im stark konservativen Bereich.

Als Austauschmaterial unterhalb der Fundamente empfehlen wir die Verwendung eines Splitt- / Schotter-Gemisches, z.B. der Lieferkörnung 0/45 mm oder zumindest 0/32 mm. Das Material ist lagenweise verdichtet mit maximalen Schichtstärken von 30 cm einzubauen. Der zu erreichende  $E_{v2}$ -Modul (Planum) beträgt 100 MN/m<sup>2</sup> (entspräche  $D_{Pr} = 100$  % für die Bodengruppen GW, GI). Vor dem Einbau der Tragschicht empfehlen wir die Auslegung eines Geotextils GRK 3.

Die Fundamentdiagramme sind als Anhang 5 beigelegt.

## **7. Bautechnische Hinweise**

### **7.1 Baugrubenanlage und Erdarbeiten**

Die Aushubtiefen für die Ortbetonwand schwanken je nach Geländehöhe und anstehenden Bodenverhältnissen zwischen ca. 3,56 m im Süden (RKS 5 inkl. 0,80 m Gründungspolster) und bis zu ca. 7,05 m im Norden (RKS 1). Für den Aushub bis zur Seesohle sind bis zu ca. 6,55 m Höhenversatz einzuplanen.

Baugruben können prinzipiell frei geböscht mit einem maximalen Böschungswinkel von 45° angelegt werden. Die Böschungen sind vor Witterungseinflüssen zu schützen. Innerhalb der hier anstehenden, stark plastischen und wassersensitiven bindigen Böden sind sehr wahrscheinlich nur Böschungswinkel von bis zu ca. 30° realisierbar.

Die Vorgaben der DIN 4124 /3/ sowie die einschlägigen Unfallverhütungsvorschriften (UVV) sind mit entsprechenden Aushubtiefen einzuhalten.

Die anstehenden bindigen Böden sind sehr witterungsempfindlich. Bereits geringe Änderungen der Wassergehalte können zu einer Änderung der Zustandsform führen. Deshalb sollten sie nicht zu lange der Witterung ausgesetzt werden. Zwischengelagerte Mieten sowie Baugrubenböschungen sind bei feuchter Witterung durch Folien zu schützen (Vermeidung zur Entstehung fließender Böden der Klasse 2).

Weiterhin ist zu beachten, dass das Bodengefüge dieser bindigen Bodenschichten durch Befahren zerstört wird. Um den Boden zu schützen und die Befahrbarkeit zu ermöglichen, sind für den Baustellenverkehr Baustraßen vorzusehen. Die Herstellung des Seeplanums sollte möglichst im Rückwärtsverfahren hergestellt werden. Der Einsatz zahnloser Baggerschaufeln ist dabei zu bevorzugen.

Ferner ist zu berücksichtigen, dass bei dynamischer Einwirkung Porenwasserüberdrücke in den bindigen Bodenschichten erzeugt werden können, die zu

einer Herabsetzung der Bodenstabilität führen. Der Einsatz dynamisch wirkender Verdichtungsgeräte sowie der Betrieb von Baugeräten im Leerlauf sollten daher vermieden werden.

Wir empfehlen, die Aushub- und Gründungssohlen gutachterlich überprüfen und abnehmen zu lassen.

Im Norden ist mit teils stark erschwerten Erdarbeiten für den Aushub und die Profilierung der Seesohle aufgrund des unverwitterten Mergels zu rechnen.

## 7.2 Wasserhaltung

Die bisher mittels Datenlogger gemessenen Grundwasserstände in den Grundwassermessstellen GWM 2, 5, 6, 7, 9, 11 und 13 ergaben mittlere Wasserstände zwischen 55,06 - 59,59 m NN (GWM 9, GWM 2). Die höchsten gemessenen Grundwasserstände lagen zwischen 55,62 - 60,28 m NN. Für die Bemessung der Wasserhaltung für den Seeaushub und den Bau der Ortbetonwand werden die Grundwassermessstellen GWM 2, 5 und 6 als maßgebend angesehen.

Zwischen den mittleren Grundwasserständen der GWM 2, GWM 5 und GWM 6 besteht eine Differenz von etwa 2,60 m. Wir empfehlen im Norden einen bauzeitlichen Bemessungswasserstand von ca. 59,95 m NN und im zentralen sowie südlichen Seebereich einen Bemessungswasserstand von ca. 57,35 m NN anzusetzen (mittlere Spannweite zwischen Maximalwert und arithmetischen Mittelwert).

Ausgehend von dem flächenhaft maßgeblichen Seeaushub mit der Gründungssohle auf 54,20 m NN wird eine Grundwasserabsenkung im Schwankungsbereich von  $\sim 59,10 - 54,20 + 0,50 \approx 5,40$  m (im nördlichen Abschnitt) bis  $\sim 57,35 - 54,20 + 0,50 \approx 3,65$  m (im Zentrum, grobes Mittel) erforderlich. Für die nördliche Ortbetonwand sind lokal begrenzt größere Absenkungen zur Herstellung des Sockels unterhalb des Seesohniveaus einzuplanen.

In Abhängigkeit der Durchlässigkeitsbeiwerte und Absenktiefen wurden grob anfallende Wasserzuflussraten abgeschätzt. Die nachfolgend angegebenen Werte beruhen auf dem Ansatz einer offenen Wasserhaltungsbemessung nach Davidenkoff mit gemittelten bzw. angenommenen Parameterwerten hinsichtlich „Abstand zum GW-Stauer“, „ $k_f$ -Wert“ (ausgelegt für eine durchströmte Schicht), „Baugrubenabmessungen“ etc. Im Wesentlichen findet eine Durchströmung des als TM / TA klassifizierten Bodens statt. Da allerdings das Sand-Schluff-Gemisch (SU\*,  $k_f \approx 1 \times 10^{-5}$  m/s) die Tone und Schluffe mehr oder minder überlagert, fließt dieses Szenario bei einer 50 : 50 Aufteilung der Mächtigkeiten und horizontaler Durchströmung ebenfalls in die Berechnung ein.

Tabelle 9: Abgeschätzte Wasserzuflussraten für die Bauwasserhaltung / -bemessung

Absenktiefe t [m]	Bodenart [-]	Durchlässigkeits- beiwert $k_f$ [m/s]	Wasserzuflussrate	
			q [l/s]	q [m <sup>3</sup> /h]
3,65	SU* mit TM / TA	$\sim 5 \times 10^{-6}$	2,54	9,14
	TM / TA	$\sim 1 \times 10^{-9}$	0,03	0,11
5,40	SU* mit TM / TA	$\sim 5 \times 10^{-6}$	3,46	12,44
	TM / TA	$\sim 1 \times 10^{-9}$	0,04	0,15

Aufgrund der teils sehr geringen Durchlässigkeiten der anstehenden Böden ist eine reine Schwerkraftentwässerung vermutlich nicht realisierbar. Daher empfehlen wir eine Kombination aus einer Schwerkraftentwässerung und Vakuum-lanzen oder das Einfräsen einer Tiefendrainage mit Kiesschüttung. Hierbei wird mit einer Drainagefräsmaschine ein bis zu 6,00 m tiefer und ca. 30 cm breiter Graben gefräst, auf dessen Grund im selben Arbeitsgang ein Drainage-schlauch (DN 80 - DN 160) verlegt wird, der anschließend an einer Vaku-umpumpe anschließt. Die Pumpe erzeugt ein Vakuum, welches durch die Drainage auf den Boden einwirkt, diesem das Wasser entzieht und das gefasste Wasser absaugt. Zusätzlich wird der Boden durch die Vakuumeinwirkung stabilisiert. Die Drainagen verbleiben nach Beendigung der Wasserhal-tungsmaßnahmen im Boden. Aufgrund der geringen Durchlässigkeiten des anstehenden Bodens empfehlen wir, zur Verbesserung der Entwässerung eine Kiesschüttung vorzusehen.

Bei der Kombination aus Schwerkraftentwässerung und Vakuumlansen ist das Prinzip im Grunde das gleiche. Eine Lanzengalerie würde zusätzlich zu Drainagegräben um den zu entwässernden Bereich gesetzt.

Für die temporären grundwasserabsenkenden Maßnahmen sowie für die Einleitung des geförderten Grundwassers ist im Vorfeld eine wasserrechtliche Genehmigung bei der zuständigen Behörde einzuholen.

### **7.3 Verfüllung von Arbeitsräumen und Baugruben**

Für die Verfüllung von Baugruben und Arbeitsräumen sollte ein gut verdichtbares, kornabgestuftes Mineralgemisch der Körnung 0/32 oder 0/45 mm zum Einsatz kommen. Die Verfüllung ist lagenweise unter optimaler Verdichtung gemäß den Vorgaben der ZTV E-StB 17 vorzunehmen.

Für einen Wiedereinbau bzw. eine Rückverfüllung sind die anfallenden Aushubböden aufgrund ihrer mengenmäßig hohen bindigen Anteile ungeeignet.

Für einen Bodenaustausch unterhalb den Ortbetonwände ist ein Mineralgemisch, z.B. ein Splitt- / Schottergemisch der Lieferkörnung 0/45 mm oder vergleichbares Material, zu verwenden. Weiterhin ist darauf zu achten, dass das Material frostsicher und raumbeständig sowie frei von Schadstoffen ist.

Der Einbau des Materials hat lagenweise mit Stärken von  $\leq 30$  cm gemäß den Vorgaben der ZTV E-StB 17 zu geschehen. Der zu erreichende Verdichtungsgrad für z.B. die Bodenklasse GW sollte bei  $D_{Pr} = 100\%$  liegen, was einem  $E_{v2}$ -Wert von  $100 \text{ MN/m}^2$  entspricht. Eine Kontrolle kann durch statische oder dynamische Lastplattendruckversuche erfolgen.

Hinsichtlich des Bodenpolstereinbaus muss der Lastabtragungswinkel von  $45^\circ$  gewährleistet sein. Konkret beläuft sich die Polsterbreite auf der UK auf mindestens 80 cm zuzüglich 80 cm je links- und rechtsseitig.

## 8. Zusammenfassung

Die Stadtentwicklung Recklinghausen GmbH plant die Umsetzung des städtebaulichen Konzeptes „Wohnen am Wasser“ auf dem ca. 34 ha großen Gelände der ehemaligen Trabrennbahn im Stadtteil Recklinghausen-Hillerheide. Vorgesehen ist die Entwicklung einer Wohnbebauung, die um einen zentralen See verläuft. Der See soll im ehemaligen Geläuf entstehen. Die vorhandene Bebauung wird vollständig rückgebaut.

Zur Unterstützung der weiteren Seeplanung sollten weitere Baugrunduntersuchungen vorgenommen werden. Den Auftrag hierzu erhielt das unterzeichnende Büro am 30.03.2020 von der Stadtentwicklungsgesellschaft Recklinghausen mbH auf Basis des Angebotes Nr. 1201227 vom 12.03.2020. Die erforderlichen Geländearbeiten kamen vom 21. - 22.04.2020 zur Ausführung.

Die Vorzugsvariante der Seeplanung sieht eine Uferbefestigung des Sees mit einer Ortbetonwand vor. Die Sohle des Sees soll nicht abgedichtet werden.

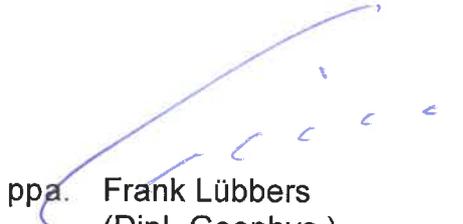
Die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen lassen sich wie folgt zusammenfassen und bewerten:

- Die Gründung der geplanten Ortbetonwand liegt größtenteils auf der Gründungstiefe von 55,17 m NN. Im nördlichen Abschnitt kommt es zu einer Vertiefungen auf ca. 53,70 m NN (Gründung auf Sockel).
- Entlang des nördlichen Halbkreises und Randstreifens lagert die Ortbetonwand direkt auf dem verwitterten bis unverwitterten Mergel auf. Der Fels gilt als sehr solide und tragfähig. Es ist lediglich eine Sauberkeitsschicht zur Gewährleistung einer homogenisierten Gründungsebene zu schaffen.
- Im südlichen Halbkreis sowie dem südlichen Randstreifen stehen unzureichend tragfähige Schluffe und Tone im Gründungshorizont an. Hier bedarf es eines Bodenaustauschs mit einer Mächtigkeit von 0,80 m. Vor dem Einbau der Tragschicht sollte ein Geotextil eingelegt werden.

- Auf Basis der vorliegenden Daten zu den Grundwasserständen empfehlen wir, im Norden einen bauzeitlichen Bemessungswasserstand auf Höhe der GOK und im zentralen / südlichen Seebereich von ca. 57,35 m NN bzw. darunter (bei tieferliegender GOK) anzusetzen.
- Für den Seeaushub sowie die Herstellung der Ort betonwand ist eine Grundwasserhaltung erforderlich. Hierfür muss im Vorfeld eine wasserrechtliche Genehmigung für die Förderung und Einleitung von Grundwasser vorliegen.
- Die anstehenden Böden weisen teils sehr geringe Durchlässigkeitsbeiwerte auf, so dass eine reine Schwerkraftentwässerung vermutlich nicht ausreichen wird. Daher empfehlen wir, eine Kombination aus Schwerkraft- und Vakuumentwässerung vorzusehen, z.B. über eine Tiefendrainage mit Kiesschüttung oder Drainagegräben in Kombination mit Vakuumlansen.
- Aufgrund der teilweise ausgeprägt plastischen Eigenschaften der anstehenden bindigen Böden und bei Durchnässung der Tendenz zum Fließen werden lokal vermutlich nur flache Böschungen (ca. 30°) realisierbar sein.
- Die anstehenden bindigen Böden sind sehr witterungsempfindlich. Zwischengelagerte Mieten sowie Baugrubenböschungen sind bei feuchter Witterung durch Folien zu schützen.
- Im Norden ist mit erschwerten Bohr- / Erdarbeiten aufgrund des in der Gründung anstehenden unverwitterten Mergels zu rechnen.
- Es sind Baustraßen anzulegen. Die Herstellung des Seeplanums sollte möglichst im Rückwärtsverfahren hergestellt werden.
- Die erreichte Verdichtung von eingebautem Fremdmaterial (Tragschichten etc.) ist in ausreichendem Maße gemäß den Vorgaben der ZTV E-StB entweder durch statische oder dynamische Lastplattendruckversuche zu prüfen und auszuwerten.

- Alle Aushub- und Gründungssohlen sollten durch einen geotechnischen Sachverständigen abgenommen werden.

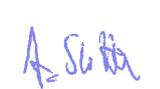
**HPC AG**



ppa. Frank Lübbers  
(Dipl.-Geophys.)



i.A. Christian Schwarz  
(Dipl.-Ing.)



i. A. Achim Slotta  
(M.Sc.)

# Anhang

# Anhang 1



**Schichtenverzeichnis**  
für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anhang: 1  
Bericht: 2181015  
AZ: 2191015\_P\_5

Bauvorhaben: Recklinghausen, Trabbrennbahn

Bohrung

Nr.: RKS 1 / Blatt 1

Datum: 21.04.2020

1	2			3		4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen <sup>1)</sup>					Art	Nr.	Tiefe in m Unter-kante
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung <sup>1)</sup>	h) <sup>1)</sup> Gruppe			i) Kalk-gehalt		
0,40	a) Auffüllung (Sportplatzasche)			erdfeucht		g	1	0,40
	b)							
	c) mitteldicht	d)	e) rotbraun					
	f) Auffüllung	g)	h)   i)					
1,40	a) Fein- bis Mittelsand, stark schluffig			feucht		g	2	1,40
	b)							
	c) mitteldicht	d)	e) hellbraungrau					
	f)	g)	h)   i)					
2,30	a) Fein- bis Mittelsand, stark schluffig			nass		g	3	2,30
	b)							
	c) mitteldicht	d)	e) hellgraubraun					
	f)	g)	h)   i)					
3,80	a) Schluff, tonig, sandig			erdfeucht		g	4	3,80
	b)							
	c) weich	d)	e) graubraun					
	f)	g)	h)   i)					
5,20	a) Mergel, sehr stark verwittert			erdfeucht		g	5	4,20
	b)							
	c) halbfest	d) schwer zu bohren	e) dunkelgrau			g	6	5,20
	f)	g)	h)   i)					
5,50	a) Mergel, stark verwittert			erdfeucht kein Bohrfortschritt		g	7	5,50
	b)							
	c) fest	d) sehr schwer zu bohren	e) dunkelgrau					
	f)	g)	h)   i)					

<sup>1)</sup> Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor



**Schichtenverzeichnis**  
für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anhang: 1  
Bericht: 2181015  
AZ: 2191015\_P\_5

Bauvorhaben: Recklinghausen, Trabbrennbahn

Bohrung

Nr.: RKS 2 / Blatt 1

Datum: 21.04.2020

1	2			3		4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen			Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen <sup>1)</sup>					Art	Nr.	Tiefe in m Unter- kante
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung <sup>1)</sup>	h) <sup>1)</sup> Gruppe			i) Kalk-gehalt		
0,50	a) Auffüllung (Sand, feinkiesig, schwach schluffig, Ziegelreste, organisch)			erdfeucht		g	1	0,50
	b)							
	c) mitteldicht	d)	e) dunkelbraun					
	f) Auffüllung	g)	h)   i)					
1,40	a) Fein- bis Mittelsand, stark schluffig, schwach organisch			feucht		g	2	1,40
	b)							
	c) mitteldicht	d)	e) hellbraungrau					
	f)	g)	h)   i)					
2,80	a) Fein- bis Mittelsand, stark schluffig			nass		g g	3 4	2,40 2,80
	b)							
	c) mitteldicht	d)	e) hellbraungrau					
	f)	g)	h)   i)					
3,60	a) Schluff, tonig, sandig, schwach feinkiesig			feucht		g	5	3,60
	b)							
	c) weich	d)	e) graubraun					
	f)	g)	h)   i)					
5,00	a) Mergel, sehr stark verwittert			erdfeucht		g g	6 7	4,40 5,00
	b)							
	c) halbfest	d)	e) dunkelgrau					
	f)	g)	h)   i)					
5,80	a) Mergel, stark verwittert			erdfeucht  kein Bohrfortschritt		g	8	5,80
	b)							
	c) fest	d) schwer zu bohren	e) dunkelgrau					
	f)	g)	h)   i)					

<sup>1)</sup> Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor



**Schichtenverzeichnis**  
für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anhang: 1  
Bericht: 2181015  
AZ: 2191015\_P\_3

Bauvorhaben: Recklinghausen, Trabbrennbahn

Bohrung Nr.: RKS 3 / Blatt 1	Datum: 21.04.2020
---------------------------------	-------------------

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust	Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkungen <sup>1)</sup>		Art	Nr.	Tiefe in m Unter- kante		
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut					d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe
	f) Übliche Benennung					g) Geologische Benennung <sup>1)</sup>	h) <sup>1)</sup> Gruppe
0,40	a) Auffüllung (Sand, schwach schluffig, Ziegelreste, Kohlereste, schwach organisch)	erdfeucht	g	1	0,40		
	b)						
	c) mitteldicht					d)	e) dunkelbraun - hellbraun
	f) Auffüllung					g)	h)
1,30	a) Auffüllung (Sand, schluffig, organisch, Ziegelreste)	feucht	g	2	1,30		
	b)						
	c) mitteldicht					d)	e) dunkelbraun
	f) Auffüllung ?					g)	h)
2,50	a) Ton, schluffig, schwach feinsandig	feucht	g	3	2,50		
	b)						
	c) weich					d)	e) graubraun
	f)					g)	h)
3,60	a) Schluff, tonig, schwach feinsandig, schwach kiesig	erdfeucht	g	4	3,60		
	b) Kiesanteil = Mergelstein						
	c) steif					d)	e) graubraun
	f)					g)	h)
5,40	a) Mergel, sehr stark verwittert	feucht	g g	5 6	4,60 5,40		
	b)						
	c) halbfest					d) schwer zu bohren	e) dunkelgrau
	f)					g)	h)
6,00	a) Mergel, stark verwittert	erdfeucht  kein Bohrfortschritt	g	7	6,00		
	b)						
	c) fest					d) sehr schwer zu bohren	e) dunkelgrau
	f)					g)	h)

<sup>1)</sup> Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor



**Schichtenverzeichnis**  
für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anhang: 1  
Bericht: 2181015  
AZ: 2191015\_P\_5

Bauvorhaben: Recklinghausen, Trabbrennbahn

Bohrung

Nr.: RKS 4 / Blatt 1

Datum: 21.04.2020

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust	Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkungen <sup>1)</sup>		Art	Nr.	Tiefe in m Unter- kante		
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut					d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe
	f) Übliche Benennung					g) Geologische Benennung <sup>1)</sup>	h) <sup>1)</sup> Gruppe
0,30	a) Auffüllung (Sand, feinkiesig, Ziegel, schwach schluffig, schwach organisch, Sportplatzasche)	erdfeucht	g	1	0,30		
	b)						
	c) mitteldicht					d)	e) dunkelbraunrot
	f) Auffüllung					g)	h)
1,00	a) Auffüllung (Sand, schluffig, organisch)	erdfeucht	g	2	1,00		
	b)						
	c) mitteldicht					d)	e) dunkelbraun - braun
	f) Auffüllung					g)	h)
1,70	a) Schluff, stark sandig, schwach tonig, stark organisch	feucht	g	3	1,70		
	b)						
	c) weich					d)	e) dunkelbraun
	f)					g)	h)
2,50	a) Fein- bis Mittelsand, schluffig	feucht	g	4	2,50		
	b)						
	c) mitteldicht					d)	e) hellbraungrau
	f)					g)	h)
3,20	a) Ton, schluffig, schwach feinsandig	feucht	g	5	3,20		
	b)						
	c) weich					d)	e) hellbraungrau
	f)					g)	h)
4,30	a) Schluff, tonig, sandig	feucht	g	6	4,30		
	b)						
	c) steif					d)	e) dunkelgrau
	f)					g)	h)

<sup>1)</sup> Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor



**Schichtenverzeichnis**  
für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anhang: 1  
Bericht: 2181015  
AZ: 2191015\_P\_5

Bauvorhaben: Recklinghausen, Trabbrennbahn

Bohrung  
Nr.: RKS 4 / Blatt 2

Datum: 21.04.2020

1	2	3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen <sup>1)</sup>				
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust		
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung <sup>1)</sup>			
		h) <sup>1)</sup> Gruppe			
4,70	a) Schluff, tonig, sandig	nass	g	7	4,70
	b)				
	c) steif	d)			
	f)	g)			
		e) dunkelgrau			
		h)			
		i)			
5,70	a) Mergel, sehr stark verwittert	feucht	g	8	5,70
	b)				
	c) halbfest	d) schwer zu bohren			
	f)	g)			
		e) dunkelgrau			
		h)			
		i)			
6,60	a) Mergel, stark verwittert	erdfeucht	g	9	6,60
	b)	kein Bohrfortschritt			
	c) fest	d) sehr schwer zu bohren			
	f)	g)			
		e) dunkelgrau			
		h)			
		i)			

<sup>1)</sup> Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor



**Schichtenverzeichnis**  
für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anhang: 1  
Bericht: 2181015  
AZ: 2191015\_P\_5

Bauvorhaben: Recklinghausen, Trabbrennbahn

Bohrung Nr.: RKS 5 / Blatt 1	Datum: 21.04.2020
---------------------------------	-------------------

1	2	3	4	5	6		
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen	Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust	Entnommene Proben				
	b) Ergänzende Bemerkungen <sup>1)</sup>		Art	Nr.	Tiefe in m Unter- kante		
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut					d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe
	f) Übliche Benennung					g) Geologische Benennung <sup>1)</sup>	h) <sup>1)</sup> Gruppe
0,20	a) Auffüllung (Sand, schluffig, Ziegelreste, organisch)	erdfeucht	g	1	0,20		
	b)						
	c) mitteldicht					d)	e) dunkelbraun
	f) Auffüllung					g)	h)
1,00	a) Fein- bis Mittelsand, schluffig, schwach organisch	feucht	g	2	1,00		
	b)						
	c) mitteldicht					d)	e) dunkelbraun - hellbraun
	f)					g)	h)
2,20	a) Fein- bis Mittelsand, schluffig, schwach organisch	feucht	g	3	2,20		
	b) mit Schluff, stark sandigen, schwach tonigen Linsen						
	c) mitteldicht					d)	e) rostbraun - dunkelbraun
	f)					g)	h)
2,70	a) Schluff, tonig, sandig	feucht	g	4	2,70		
	b) mit Sand-Linsen						
	c) weich					d)	e) hellbraun - grau
	f)					g)	h)
3,20	a) Schluff, tonig, sandig, schwach kiesig	feucht	g	5	3,20		
	b)						
	c) weich					d)	e) grau
	f)					g)	h)
3,80	a) Schluff, stark sandig, schwach tonig	nass  Kernverlust	g	6	3,80		
	b) mit Sand-Linsen						
	c) weich					d)	e) braungrau
	f)					g)	h)

<sup>1)</sup> Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor



**Schichtenverzeichnis**  
für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Anhang: 1  
Bericht: 2181015  
AZ: 2191015\_P\_5

Bauvorhaben: Recklinghausen, Trabbrennbahn

Bohrung  
Nr.: RKS 5 / Blatt 2

Datum: 21.04.2020

1	2	3	4	5	6			
Bis ... m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen		Entnommene Proben					
	b) Ergänzende Bemerkungen <sup>1)</sup>							
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung <sup>1)</sup>				e) Farbe	Art	Nr.
5,00	a) Mergel, sehr stark verwittert		feucht					
	b)							
	c) halbfest	d)				g	7	4,20
	f)	g)				g	8	5,00
5,30	a) Mergel, stark verwittert		erdfeucht  kein Bohrfortschritt					
	b)							
	c) halbfest	d)				g	9	5,30
	f)	g)				h)	i)	

<sup>1)</sup> Eintragung nimmt wissenschaftlicher Bearbeiter vor

## Anhang 2

Recklinghausen, Trabbrennbahn

21.04.2020

HPC-Du/S.Hammacher

**Sondierungsprotokoll**

DP H  
Spitze: 15 cm<sup>2</sup>

NR	3		4		5		1		2	
0.1	2	13	2	10	5	14	2	14	1	14
	6	12	5	18	4	20	2	14	1	27
	5	18	4	14	4	25	2	16	1	46
	4	14	7	11	8	21	2	17	2	42
0.5	4	14	7	14	4	19	2	19	2	29
	6	17	5	18	3	18	3	22	2	27
	7	16	5	11	3	20	3	21	1	33
	4	18	4	12	2	21	4	20	2	28
1.0	3	21	5	12	2	23	4	20	2	26
	3	16	5	17	1	24	4	21	3	34
1.5	4	14	6	20	2	21	4	22	3	28
	4	12	4	17	3	17	2	21	2	21
	4	10	3	17	3	17	2	33	2	49
	3	13	3	11	4	22	1	26	3	45
	4	16	4	12	5	23	1	29	3	24
	4	19	4	11	5	21	1	25	3	25
	5	22	3	11	6	26	1	15	5	26
	4	federt	2	12	5	24	1	15	5	28
2.0	3		2	12	4	18	2	16	5	32
	3		3	17	2	18	2	22	5	34
2.5	4		2	16	2	18	3	26	4	27
	3		1	17	1	49	3	21	3	19
	3		2	12	1	>100	2	23	3	18
	3		2	10	2		2	17	3	37
	2		2	11	2		1	11	3	34
	3		4	10	2		2	12	2	25
	3		4	10	2		2	35	1	25
	4		5	9	2		2	46	2	27
3.0	4		5	7	3		3	37	2	23
	5		6	10	4		3	33	2	21
3.5	5		6	17	3		4	27	2	25
	6		6	21	3		7	28	2	25
	6		5	15	4		6	34	3	30
	5		5	15	4		7	44	4	24
	6		4	15	6		8	41	4	20
	5		5	11	5		10	37	5	26
	7		6	15	6		10	21	5	32
	7		7	11	7		11	20	8	35
4.0	8		7	11	7		17	15	8	26
	8		6	10	8		18	12	8	17
4.5	9		7	9	8		20	17	10	10
	10		7	7	8		29	59	14	15
	9		6	11	18		23	>100	16	28
	10		6	22	13		21		13	32
	11		7	25	10		23		13	22
	13		7	22	10		24		11	22
	12		8	24	8		19		10	22
	13		9	21	10		14		14	56
5.0	14		9	17	12		12		15	>100
	13		10	22	12		13		15	

# Anhang 3





# Anhang 4



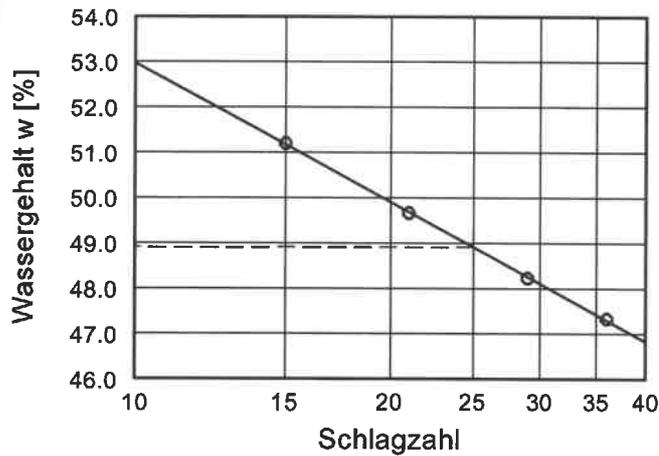
# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Recklinghausen  
 Trabrennbahn

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 06.05.2020

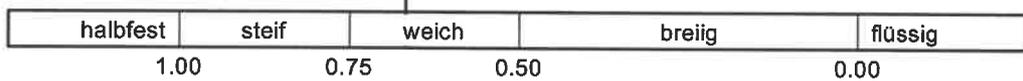
Aufschlussart u. Nr. RKS 2/5  
 Entnahmetiefe in m : 2,8 - 3,6  
 Entnahmedatum : 21.04.2020  
 Bodenart :  
 Versuch ausgeführt : Kiczmer



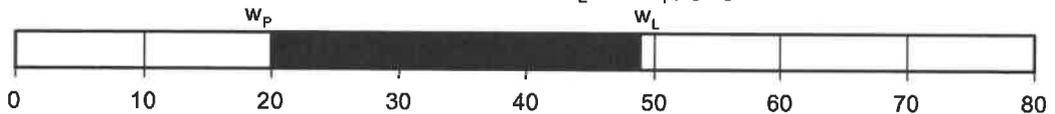
Wassergehalt w =	29.5 %
Fließgrenze $w_L$ =	48.9 %
Ausrollgrenze $w_p$ =	19.9 %
Plastizitätszahl $I_p$ =	29.0 %
Konsistenzzahl $I_c$ =	0.67

Zustandsform

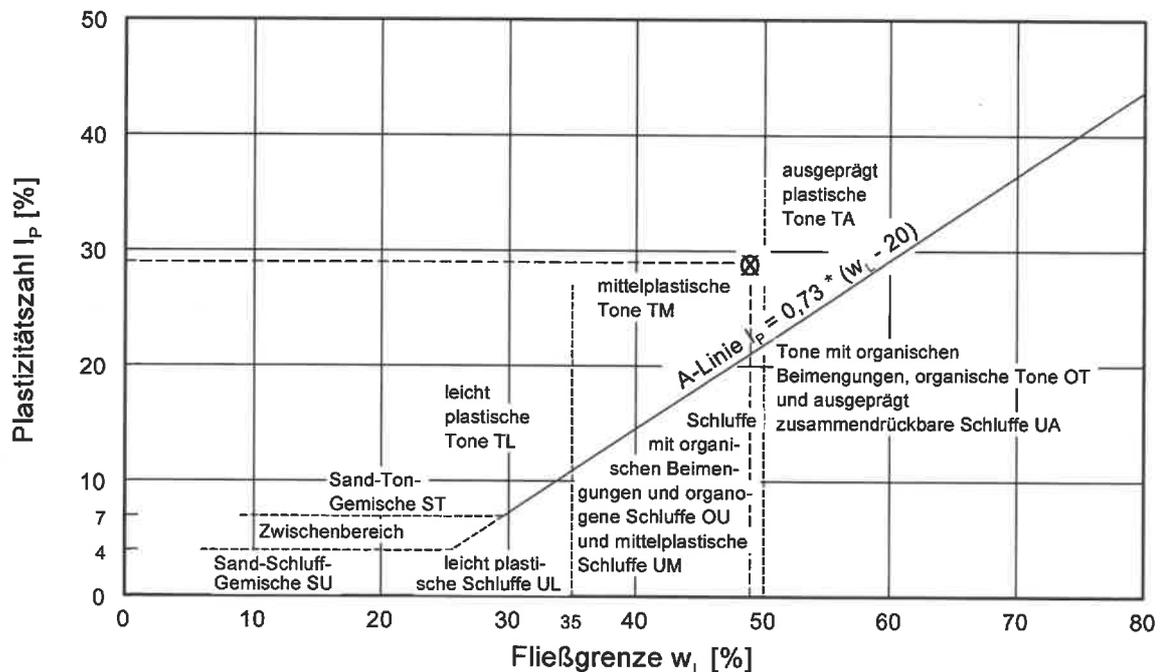
$I_c = 0.67$



Plastizitätsbereich ( $w_L$  bis  $w_p$ ) [%]



Plastizitätsdiagramm



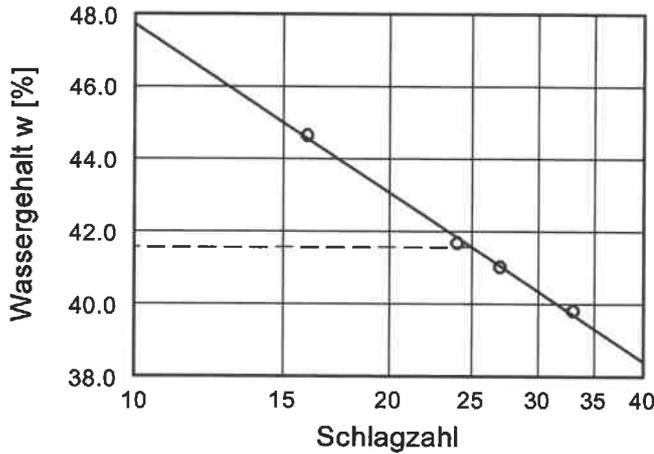
# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Recklinghausen  
 Trabrennbahn

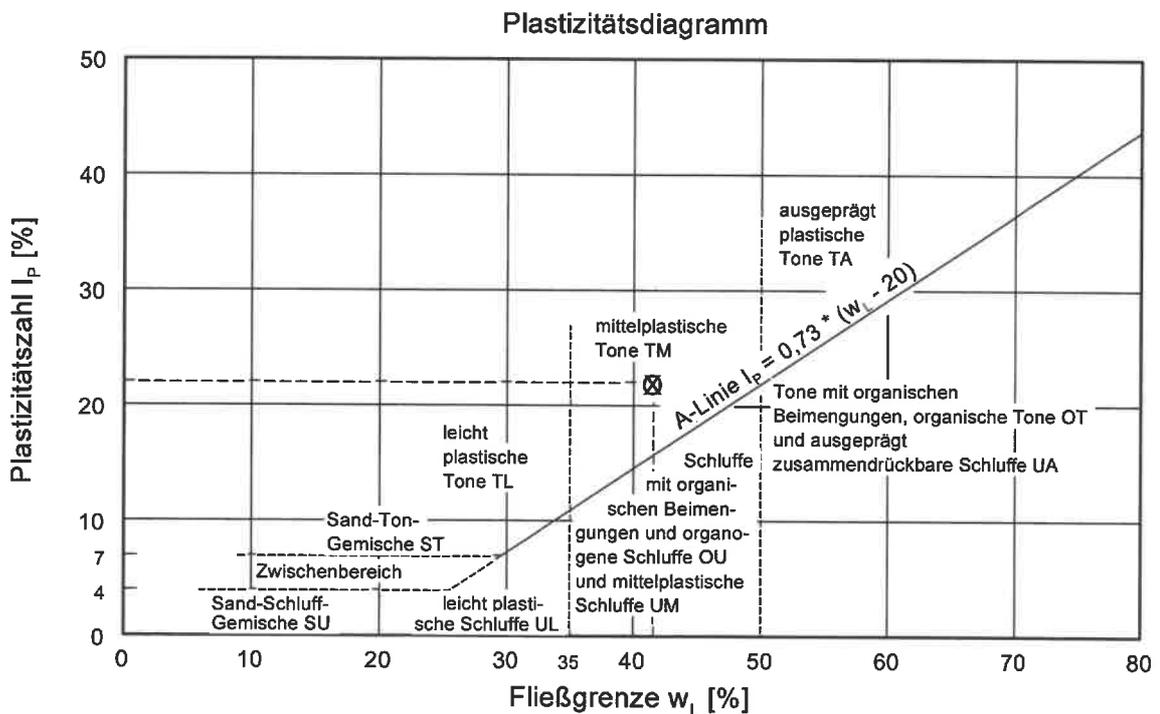
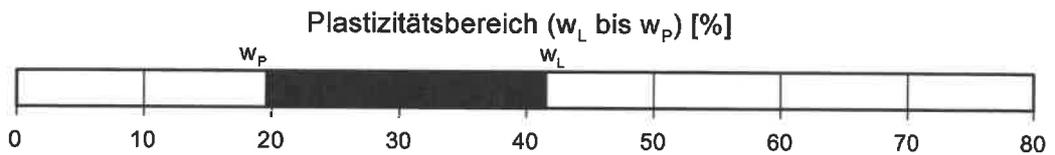
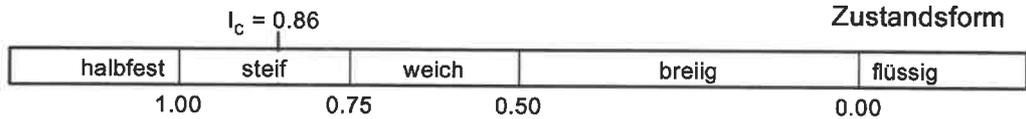
Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 06.05.2020

Aufschlussart u. Nr. RKS 2/6  
 Entnahmetiefe in m : 3,6 - 4,4  
 Entnahmedatum : 21.04.2020  
 Bodenart :  
 Versuch ausgeführt : Kiczmer



Wassergehalt w =	22.7 %
Fließgrenze $w_L$ =	41.6 %
Ausrollgrenze $w_p$ =	19.5 %
Plastizitätszahl $I_p$ =	22.1 %
Konsistenzzahl $I_c$ =	0.86



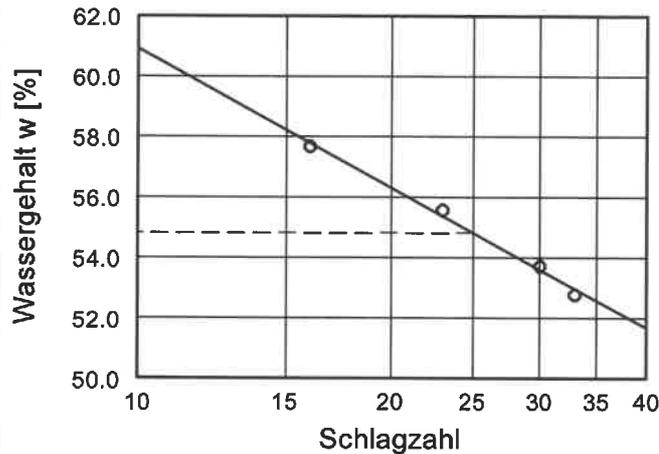
# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Recklinghausen  
 Trabrennbahn

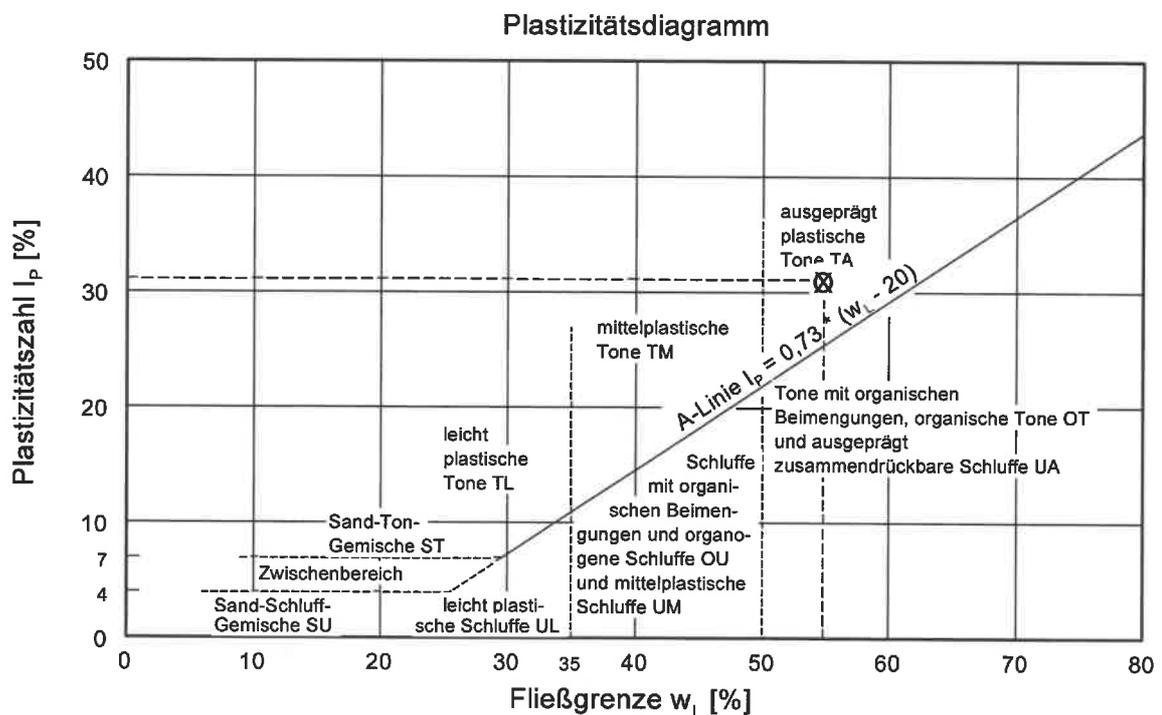
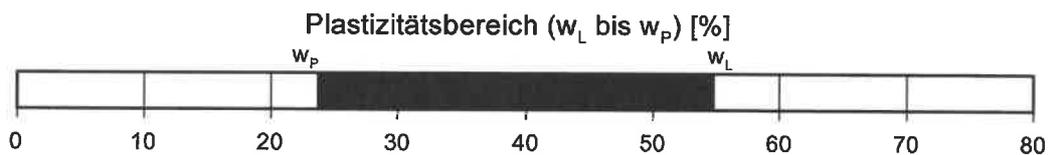
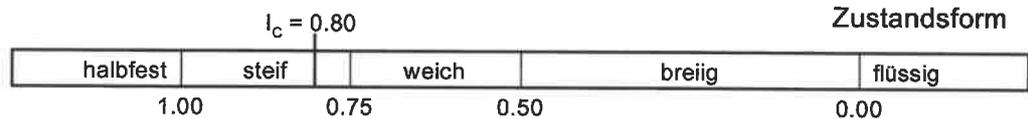
Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 28.01.2020

Aufschlussart u. Nr. RKS 3/4  
 Entnahmetiefe in m : 2,5 - 3,6  
 Entnahmedatum : 21.04.2020  
 Bodenart :  
 Versuch ausgeführt : Kiczmer



Wassergehalt $w =$	29.8 %
Fließgrenze $w_L =$	54.8 %
Ausrollgrenze $w_P =$	23.7 %
Plastizitätszahl $I_P =$	31.2 %
Konsistenzzahl $I_C =$	0.80



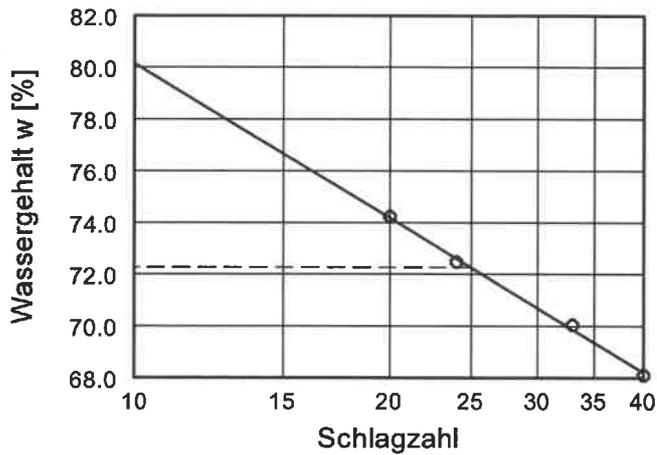
# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Recklinghausen  
 Trabrennbahn

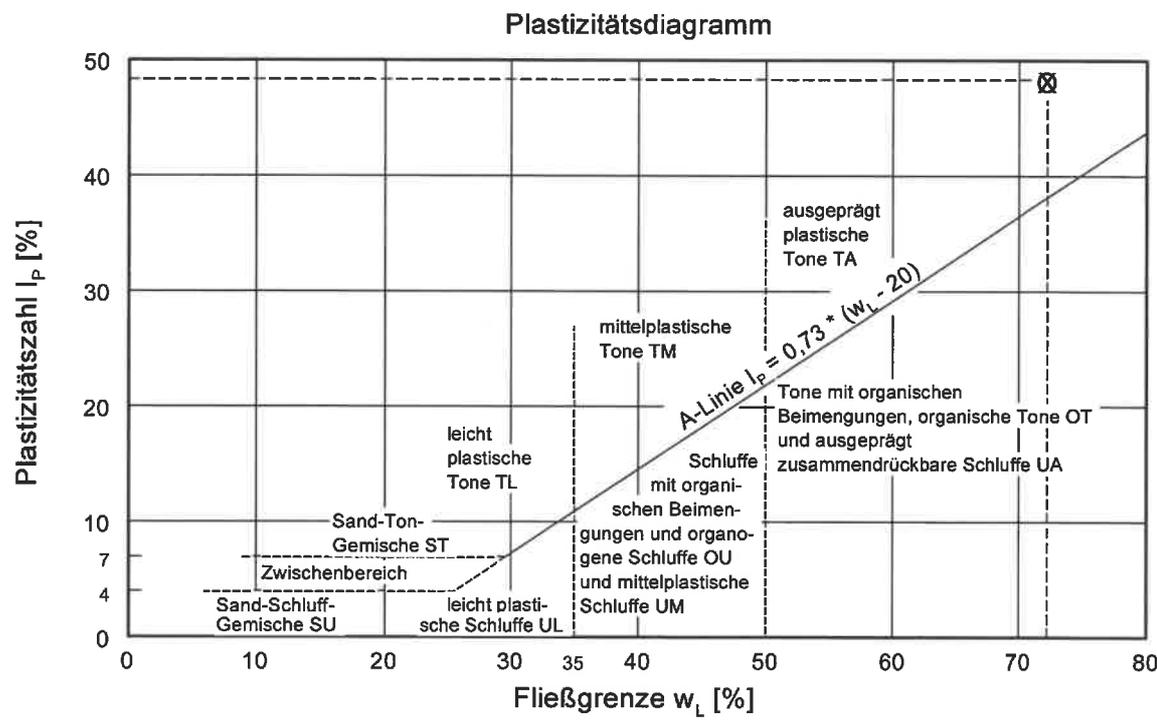
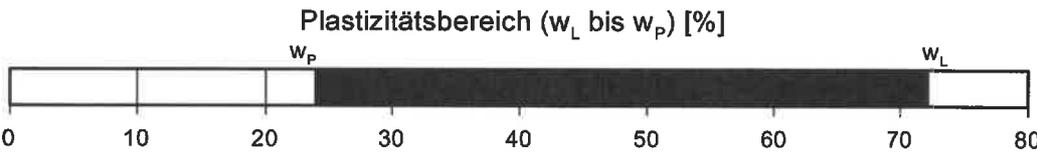
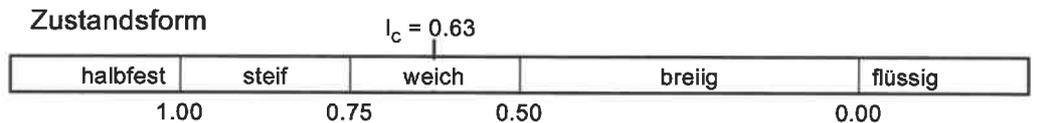
Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 06.05.2020

Aufschlussart u. Nr. RKS 4/5  
 Entnahmetiefe in m : 2,5 - 3,2  
 Entnahmedatum : 21.04.2020  
 Bodenart :  
 Versuch ausgeführt : Kiczmer



Wassergehalt w =	42.0 %
Fließgrenze $w_L$ =	72.3 %
Ausrollgrenze $w_p$ =	23.9 %
Plastizitätszahl $I_p$ =	48.3 %
Konsistenzzahl $I_c$ =	0.63



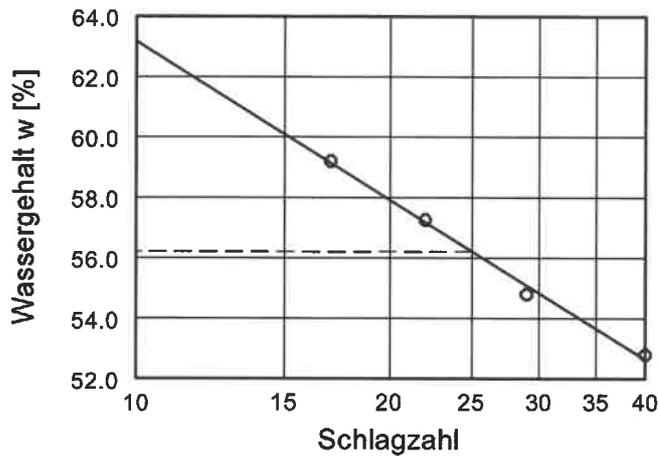
# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Recklinghausen  
 Trabrennbahn

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 11.05.2020

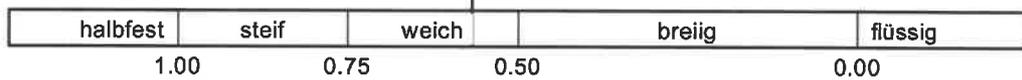
Aufschlussart u. Nr. RKS 4/6  
 Entnahmetiefe in m : 3,2 - 4,3  
 Entnahmedatum : 21.04.2020  
 Bodenart :  
 Versuch ausgeführt : Kiczmer



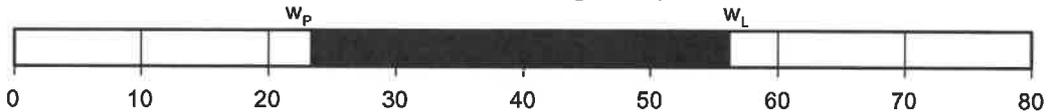
Wassergehalt w =	37.5 %
Fließgrenze $w_L$ =	56.2 %
Ausrollgrenze $w_p$ =	23.4 %
Plastizitätszahl $I_p$ =	32.9 %
Konsistenzzahl $I_c$ =	0.57

Zustandsform

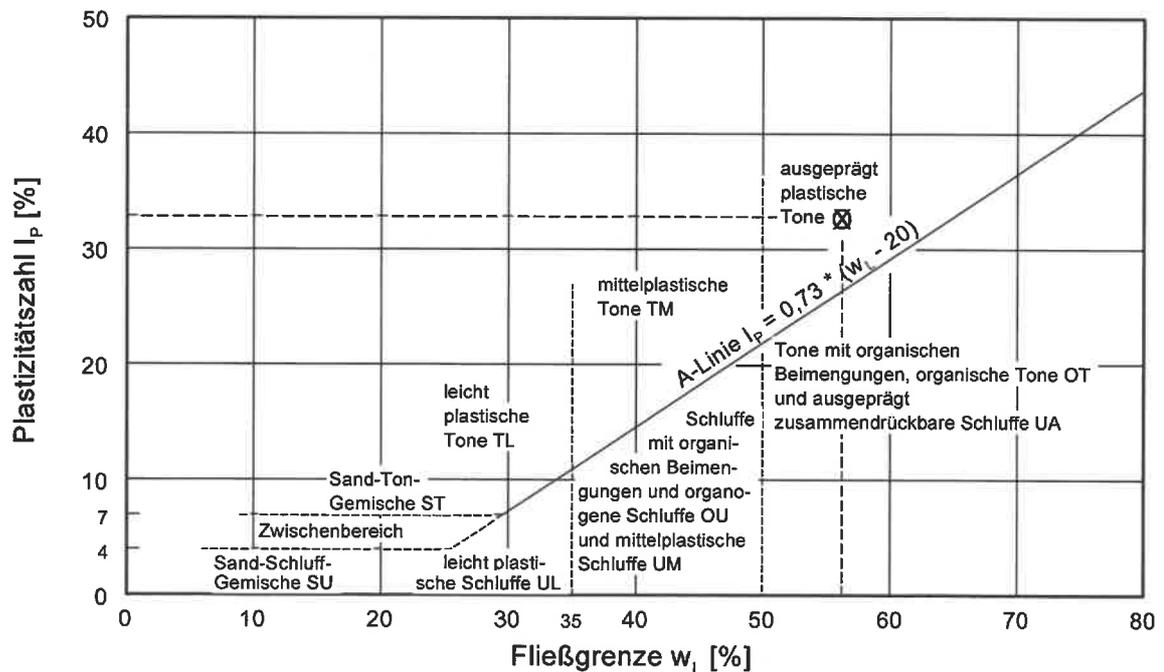
$I_c = 0.57$



Plastizitätsbereich ( $w_L$  bis  $w_p$ ) [%]



Plastizitätsdiagramm



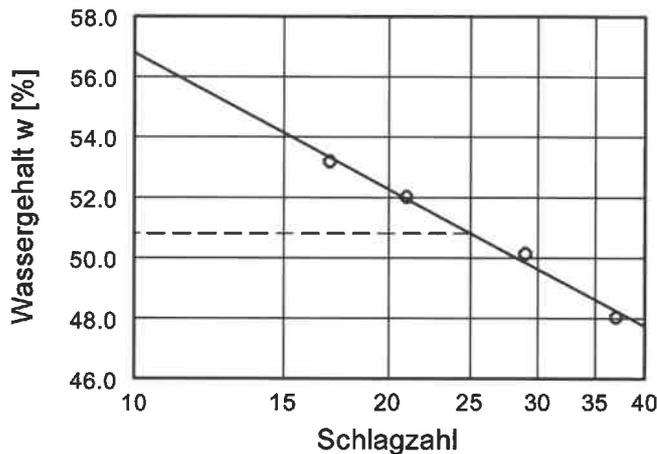
# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Recklinghausen  
 Trabrennbahn

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 11.05.2020

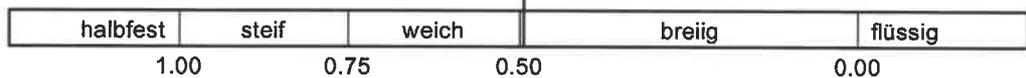
Aufschlussart u. Nr. RKS 5/5  
 Entnahmetiefe in m : 2,7 - 3,2  
 Entnahmedatum : 21.04.2020  
 Bodenart :  
 Versuch ausgeführt : Kiczmer



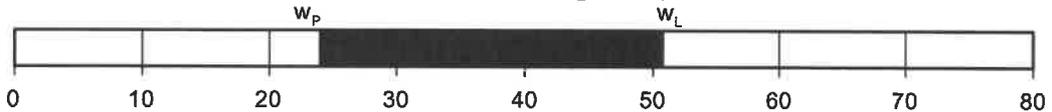
Wassergehalt w =	37.5 %
Fließgrenze $w_L$ =	50.8 %
Ausrollgrenze $w_p$ =	24.0 %
Plastizitätszahl $I_p$ =	26.8 %
Konsistenzzahl $I_c$ =	0.49

Zustandsform

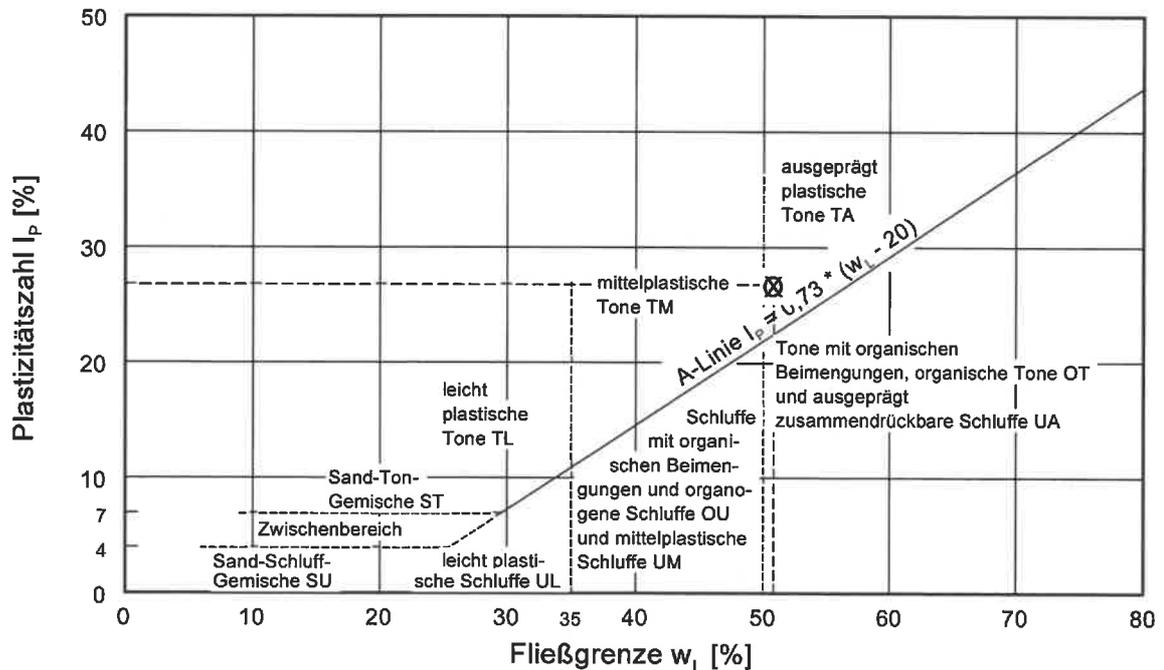
$I_c = 0.49$



Plastizitätsbereich ( $w_L$  bis  $w_p$ ) [%]



Plastizitätsdiagramm



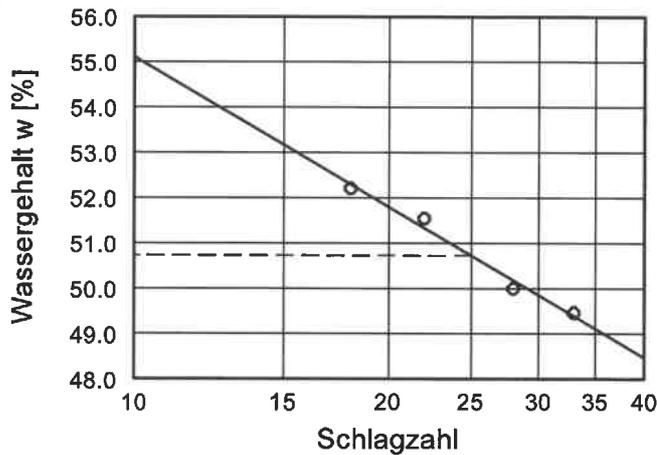
# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Recklinghausen  
 Trabrennbahn

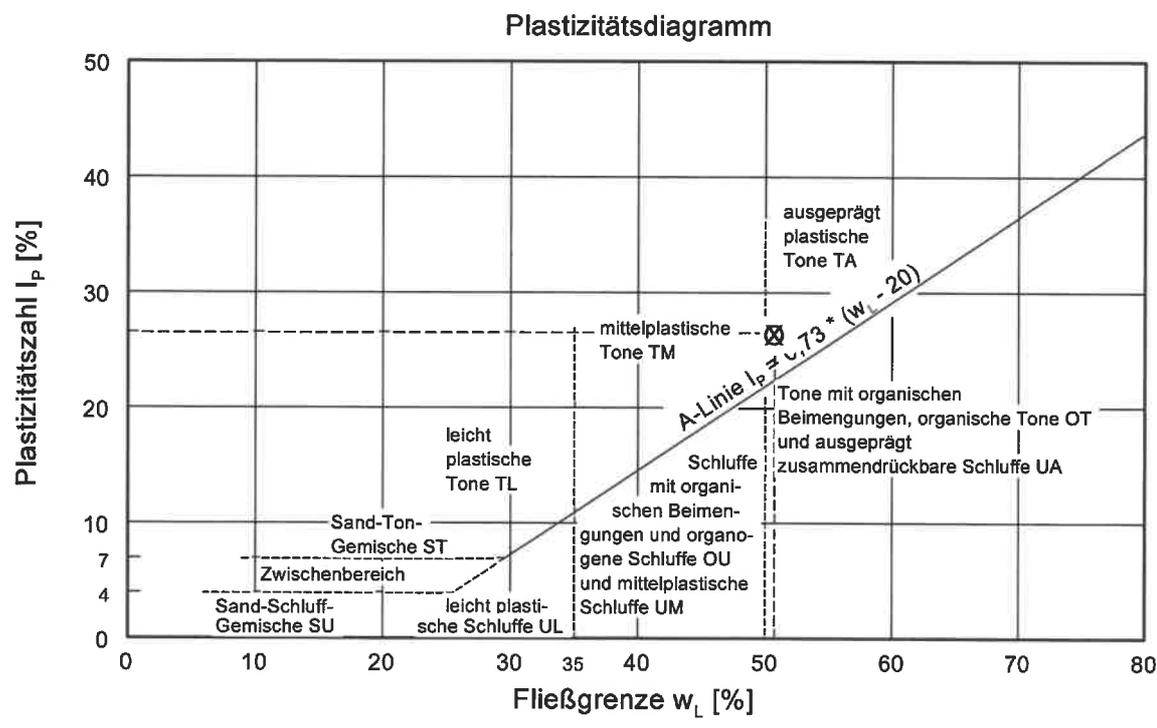
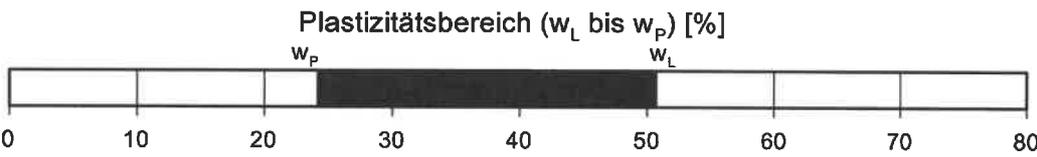
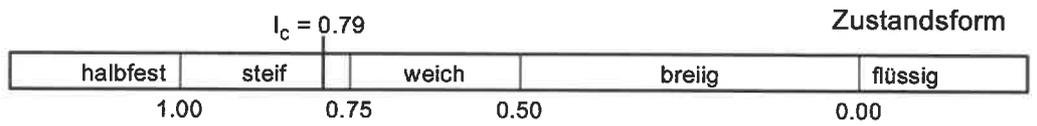
Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 11.05.2020

Aufschlussart u. Nr. RKS 5/7  
 Entnahmetiefe in m : 3,6 - 4,2  
 Entnahmedatum : 21.04.2020  
 Bodenart :  
 Versuch ausgeführt : Kiczmer



Wassergehalt $w =$	29.8 %
Fließgrenze $w_L =$	50.7 %
Ausrollgrenze $w_P =$	24.2 %
Plastizitätszahl $I_P =$	26.6 %
Konsistenzzahl $I_C =$	0.79



HPC AG  
Neumarkt 7-11  
47119 Duisburg

# Körnungslinie

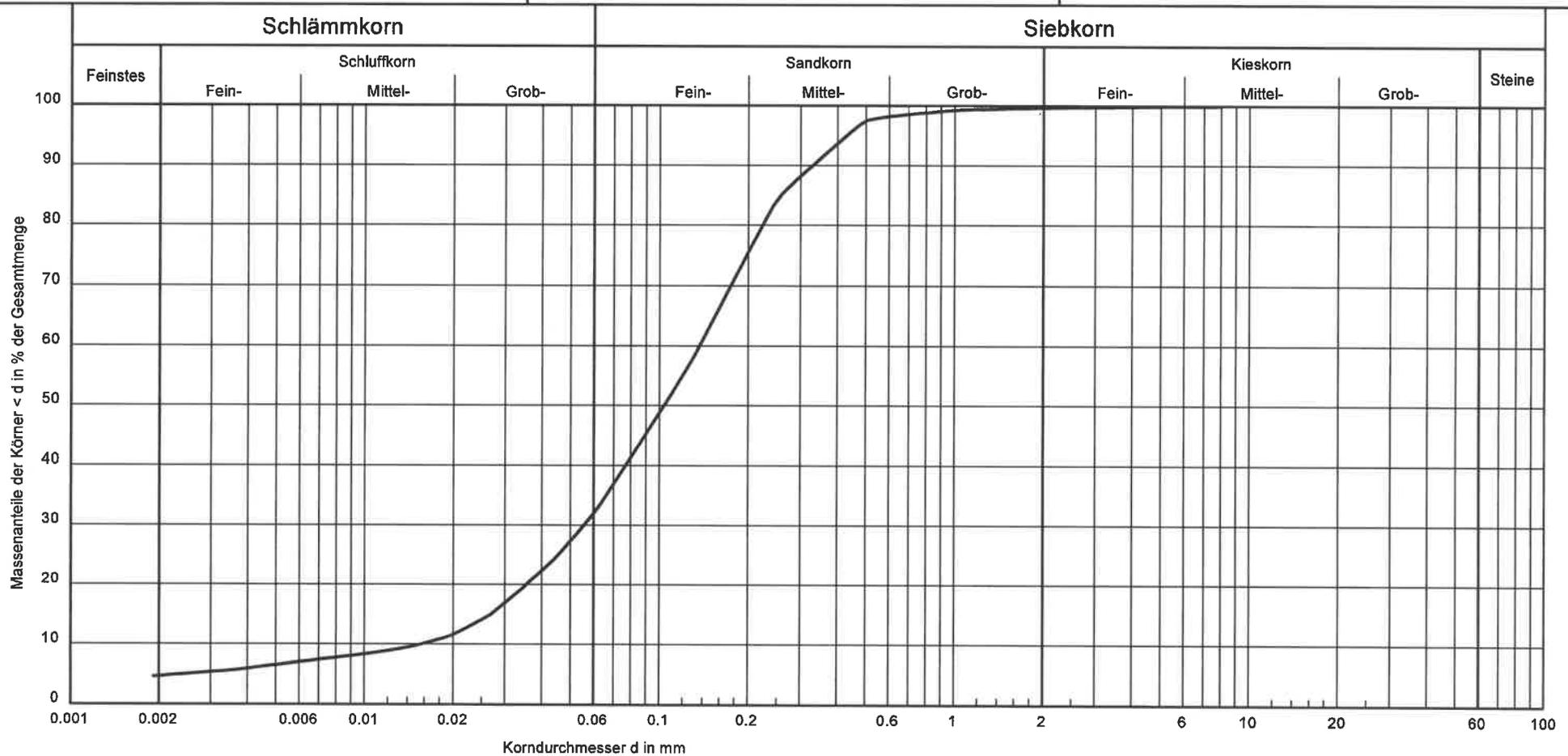
## Recklinghausen

### "Trabbrennbahn"

Proj. - Nr.:  
Probe entnommen am: 21.04.2020  
Art der Entnahme: gestört  
Arbeitsweise: komb. Sieb.- Schlämmanalyse

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 04.05.2020



Entnahmestelle:	RKS 1/3	Bemerkungen:	Anlage: Proj. - Nr.:
Tiefe:	1,4 - 2,3		
Bodenart:	f-mS,u		
T/U/S/G [%] :	4.7/27.3/67.7/0.3		

HPC AG  
Neumarkt 7-11  
47119 Duisburg

# Körnungslinie

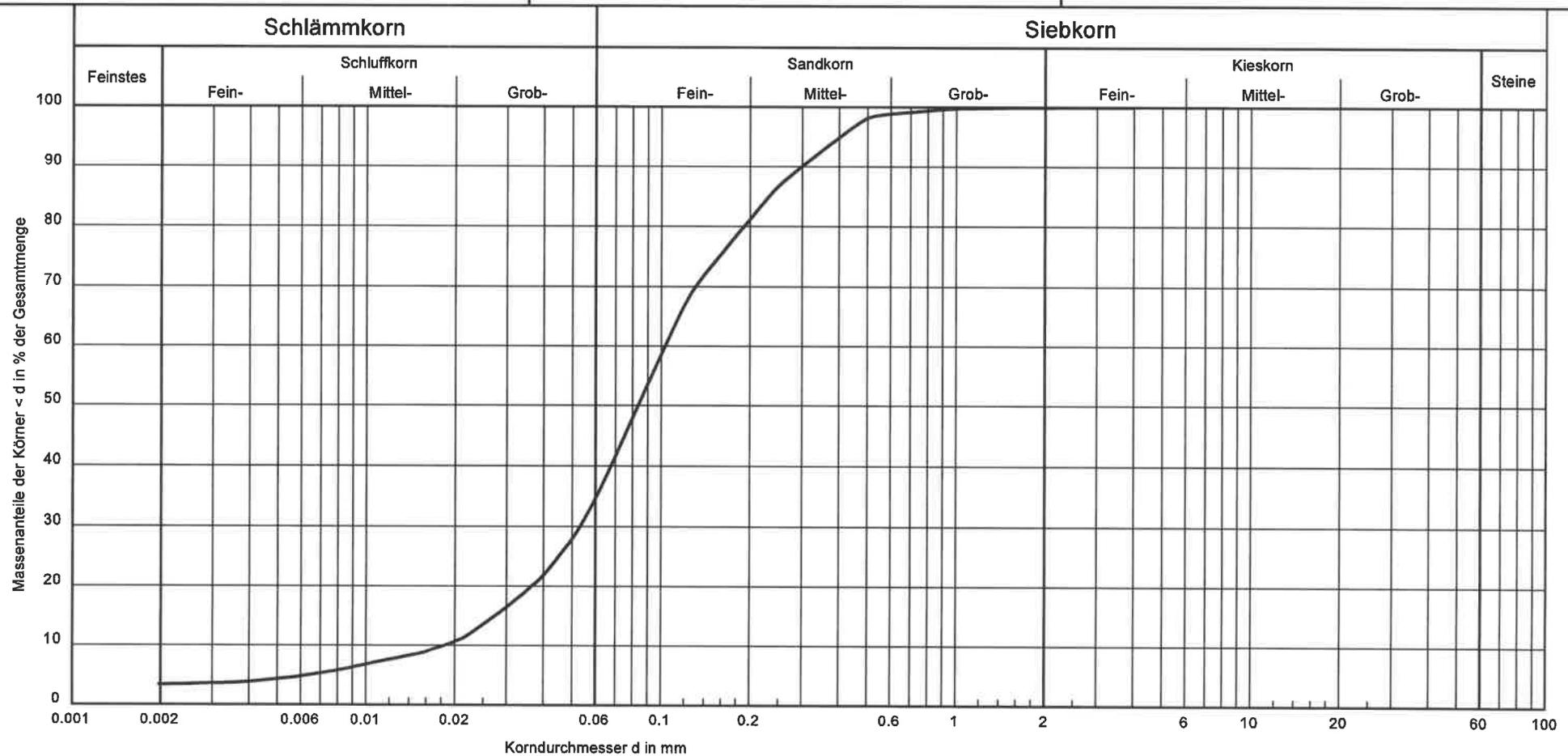
## Recklinghausen

### "Trabbrennbahn"

Proj. - Nr.:  
Probe entnommen am: 21.04.2020  
Art der Entnahme: gestört  
Arbeitsweise: komb. Sieb.- Schlämmanalyse

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 04.05.2020



Entnahmestelle:	RKS 2/4	Bemerkungen:	Anlage: Proj. - Nr.:
Tiefe:	2,4 - 2,8		
Bodenart:	t-mS,ū		
T/U/S/G [%] :	3.4/31.2/65.3/0.0		



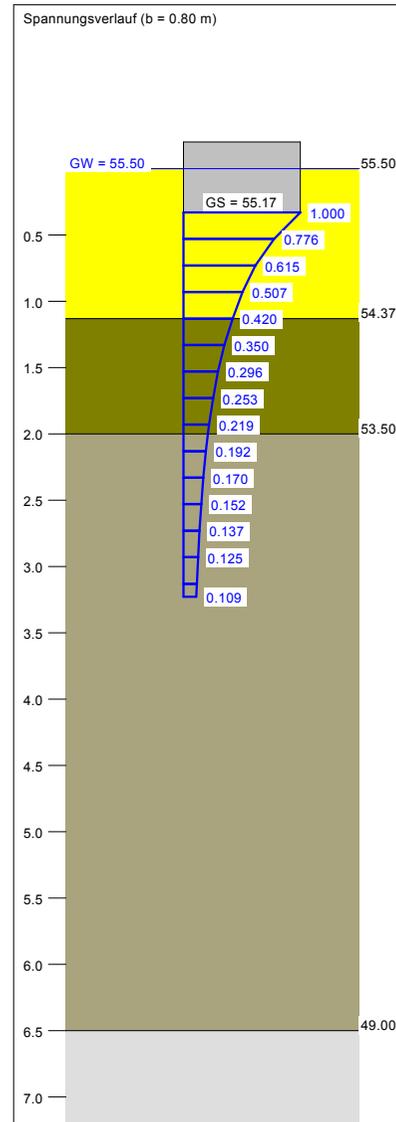
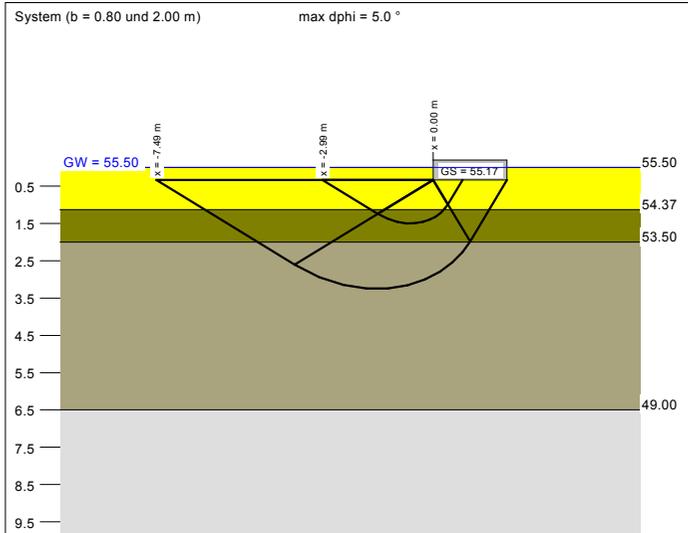




# Anhang 5

Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	10.0	35.0	0.0	60.0	0.00	Bodenaustausch
	18.0	8.0	22.5	1.0	2.0	0.00	Schluffe / Tone
	20.0	10.0	30.0	0.0	30.0	0.00	Verwitterungshorizont
	22.0	12.0	35.0	15.0	100.0	0.00	Mergelstein

## Gründung Ort betonwand Ufereinfassung

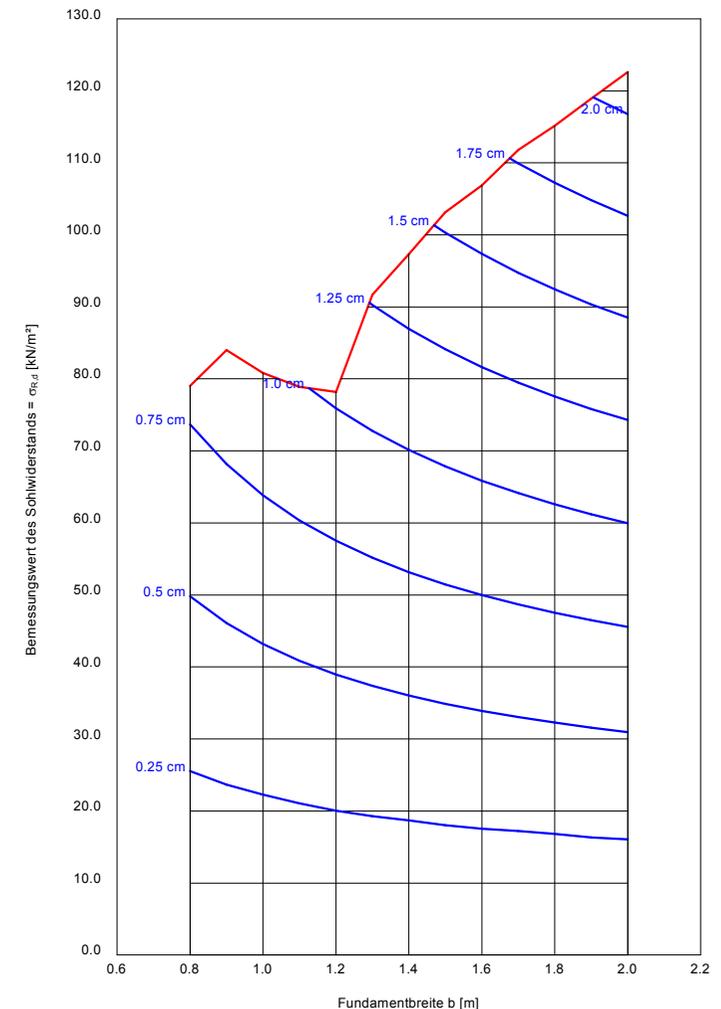


Berechnungsgrundlagen:  
 ISEK Hillerheide  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Streifenfundament (a = 5.00 m)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.400  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.400 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.400) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.410$   
 Oberkante Gelände = 55.50 m  
 Gründungssohle = 55.17 m  
 Grundwasser = 55.50 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %  
 Grenztiefe spannungsvariabel bestimmt  
 Datei: Streifen.gdg

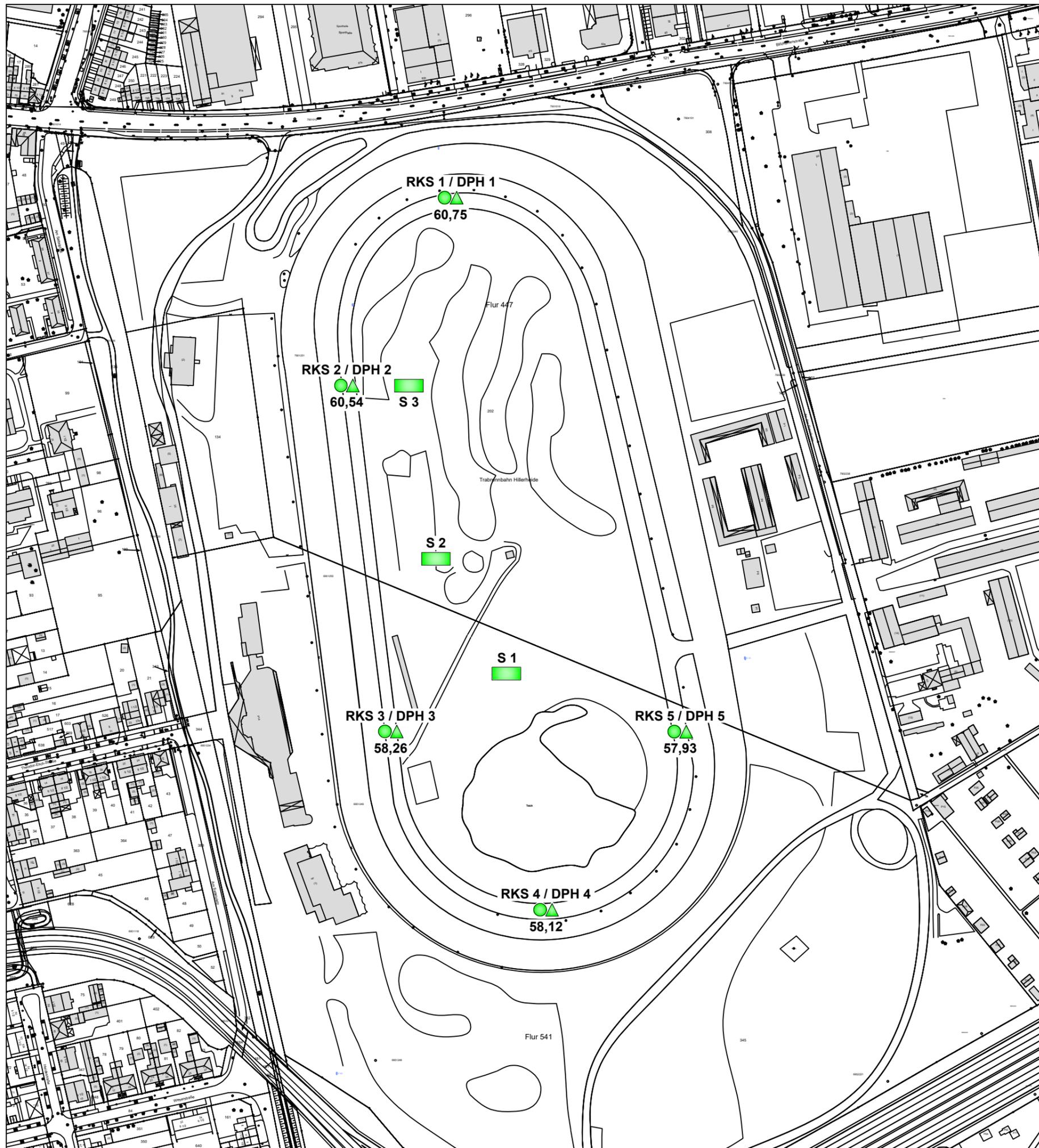
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	R <sub>n,d</sub> [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	s [cm]	cal $\varphi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_0$ [kN/m <sup>2</sup> ]	t <sub>g</sub> [m]	UK LS [m]
5.00	0.80	79.1	63.2	56.1	0.81	27.5 *	0.46	9.65	3.30	3.23	1.49
5.00	0.90	84.0	75.6	59.6	0.93	27.4 *	0.52	9.52	3.30	3.46	1.64
5.00	1.00	80.8	80.8	57.3	0.96	26.7 *	0.56	9.43	3.30	3.54	1.75
5.00	1.10	78.9	86.8	56.0	0.99	26.1 *	0.59	9.35	3.30	3.63	1.86
5.00	1.20	78.2	93.8	55.5	1.03	25.7 *	0.62	9.27	3.30	3.74	1.98
5.00	1.30	91.7	119.2	65.0	1.27	27.0 *	0.40	9.22	3.30	4.11	2.19
5.00	1.40	97.3	136.2	69.0	1.40	27.2 *	0.35	9.22	3.30	4.33	2.35
5.00	1.50	103.1	154.7	73.1	1.54	27.4 *	0.32	9.24	3.30	4.55	2.51
5.00	1.60	106.9	171.0	75.8	1.65	27.4 *	0.30	9.25	3.30	4.72	2.65
5.00	1.70	111.8	190.1	79.3	1.78	27.5 *	0.28	9.27	3.30	4.91	2.80
5.00	1.80	115.2	207.3	81.7	1.88	27.5 *	0.26	9.29	3.30	5.07	2.95
5.00	1.90	118.9	225.9	84.3	1.99	27.5 *	0.25	9.31	3.30	5.24	3.09
5.00	2.00	122.6	245.2	87.0	2.10	27.5 *	0.23	9.33	3.30	5.40	3.24

\* phi wegen 5° Bedingung abgemindert  
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{M,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{M,k} / (1.40 \cdot 1.41) = \sigma_{M,k} / 1.97$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.40



# Anlagen

# Anlage 1



### Zeichenerklärung

- RKS 4** Ansatzpunkt der Rammkernsondierung mit Angabe der Ansatzhöhe in m NHN
- DPH 4** Ansatzpunkt der schweren Rammsondierung mit Angabe der Ansatzhöhe in m NHN
- S 2** ungefähre Lage der Schürfe



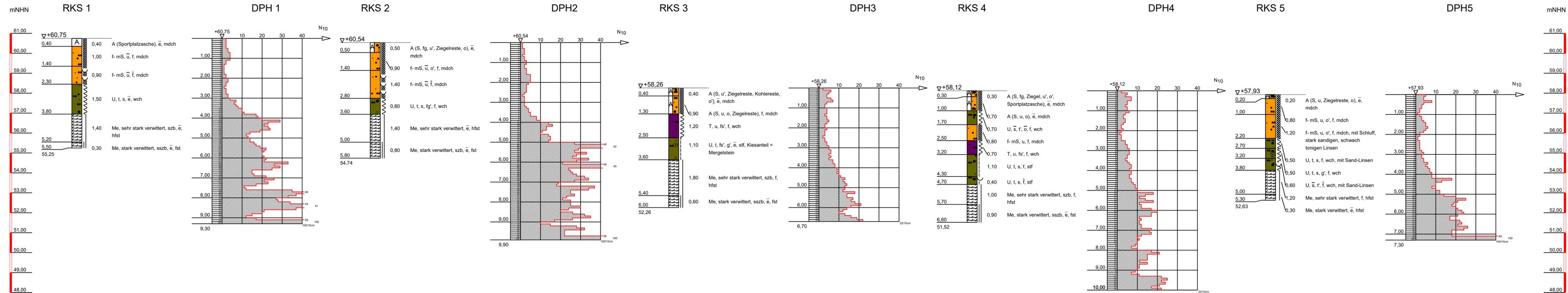
Projekt: Entwicklung des ehemaligen Trambrennbahnareals Recklinghausen  
 Baugrunduntersuchungen im Bereich des geplanten Sees  
 - Baugrundgutachten -

Darstellung:  Lageplan  Lage der Sondieransatzpunkte und Schürfe	Anlage:	1
	Maßstab:	1 : 2.500
	Zeichnungs-Nr.:	2191015_P_RKS
	Layout:	LP
	Stand:	19.05.2020 12:00:11
	gespeichert:	19.05.2020 12:00:11
Zeichner:	wb	
geprüft:		

Bauherr./Auftraggeber:  
  
**SER**  
 Stadtentwicklungsgesellschaft  
 Recklinghausen mbH  
  
 Rathausplatz 3/4  
 45657 Recklinghausen

Planverfasser:  
  
  
**HPC**  
 DAS INGENIEURUNTERNEHMEN  
  
 HPC AG  
 Neumarkt 7-11, 47119 Duisburg  
 Telefon 0203/80 99 5-0, Fax 0203/80 99 59 5

## Anlage 2



### ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

BODENARTEN		NEBENANTEILE	
Auffüllung	kiesig	A	schwach (< 15%)
Kies	organisch	G	stark (ca. 30-40%)
Mergel	sandig	M	sehr schwach, -
Mudde	schluffig	F	sehr stark
Sand	tonig	S	
Schluff		U	
Ton		T	

KONSISTENZ		FEUCHTIGKEIT	
wch	stf	f	feucht
hfst	fst	n	mass
mdch	fest	e	erdfeucht

RAMMSONDIERUNG NACH EN ISO 22476-2			
Spitzendurchmesser	DPL 10	3,57 cm	4,37 cm
Spitzenquerschnitt	DPM 10	10,00 cm <sup>2</sup>	15,00 cm <sup>2</sup>
Gestängedurchmesser	DPH 10	2,20 cm	3,20 cm
Rammblechgewicht	DPH 15	30,00 kg	50,00 kg
Fällhöhe	DPH 15	50,0 cm	50,00 cm

### ISEK Hillerheide Entwicklung des ehemaligen Trabrennbahnareals Baugrunderkundungen

Darstellung:	Anlage:	2
Bodenprofile RKS 1 bis RKS 5	Maßstab:	M.d.H.: 1 : 100 / M.d.L.: --
Rammdiagramme DPH 1 bis DPH 5	Zeichnung:	2181015sv
	Layout:	
	Stand:	21.04.2020
	gespeichert:	18.05.2020
	gezeichnet:	she
	geprüft:	18.05.2020

Bauherr/Auftraggeber	Planverfasser:
Stadtentwicklungsgesellschaft Recklinghausen mbH	<b>HPC</b> DAS INGENIEURUNTERNEHMEN
Rathausplatz 3/4 45657 Recklinghausen	HPC AG Neumarkt 7-11 47119 Duisburg Telefon 0203/80 99 5-0 Fax 0203/80 99 59 5

## **A n h a n g 2**

HPC AG  
Neumarkt 7-11  
47119 Duisburg

Tel. 02 03/80 99 5- 0, Fax 02 03/809 95 95

Stadtentwicklungsgesellschaft  
Recklinghausen mbH  
z. Hd. Herrn Wassermann  
Rathausplatz 3/4  
45657 Recklinghausen

Ihr Ansprechpartner  
Herr Slotta

Tel.-Durchwahl  
-37

Unsere Zeichen  
asl

Datum  
18.06.2020

## **ISEK Hillerheide**

### **Entwicklung des ehemaligen Trabrennbahnareals Recklinghausen**

#### **- Baugrunduntersuchungen im Bereich des geplanten Sees - Baugrundgutachten hier: Auswertung der Proctorversuche**

Sehr geehrter Herr Wassermann,

das auf den 08.06.2020 datierte Baugrundgutachten der HPC AG zum oben genannten Bauvorhaben erwähnt u.a. bodenmechanische Laborversuche zur Proctordichtenbestimmung verschiedener Mixturen aus Böden und Mischbinder. Ziel war es hierbei, den anfallenden Aushub für den geplanten See durch die Konditionierung mit Mischbindern baugrundtechnisch nutzbar zu machen. Mittlerweile liegen uns die Auswertungen sowie entsprechende Diagrammdarstellungen der Ergebnisse vor, welche wir Ihnen nachfolgend genauer erläutern.

Sämtliche Laborversuche führte das Unternehmen „Geotechnische Untersuchungen Gregor Kiczmer & Söhne GmbH“ mit Sitz in Recklinghausen in der Zeit von Ende 04/2020 bis Mitte 06/2020 durch. Die entsprechenden Ergebnisse in Form von Kornverteilungslinien und mehreren Proctorkurven sind dem Schreiben als Anhang 1 (für die Bodengruppe SU\*) und Anhang 2 (für die Bodengruppe TA) beigefügt.

## 1 Versuchsumfang

Insgesamt fanden acht verschiedene Proctordichten-Bestimmungen statt. Das erste Unterscheidungskriterium bildete hierbei die untersuchte Bodengruppe, nämlich ein stark bindiges Sand-Schluff-Gemisch (SU\*) und ein ausgeprägt plastischer Ton (TA).

Innerhalb der Bodengruppen selbst wurde die reguläre Proctordichte (zwecks Bildung einer Referenzkurve) und die von beigemischten Dorosol C50 bzw. C70 untersucht. C50 und C70 geben Auskunft über den jeweiligen prozentualen Kalkanteil im pulverförmigen Kalk-Zement-Bindemittel. Die Beimischungsanteile betragen je 3 m-% sowie 5 m-%. Eine strukturelle Übersicht zu den beiden betrachteten Versuchsreihen enthält Abbildung 1.

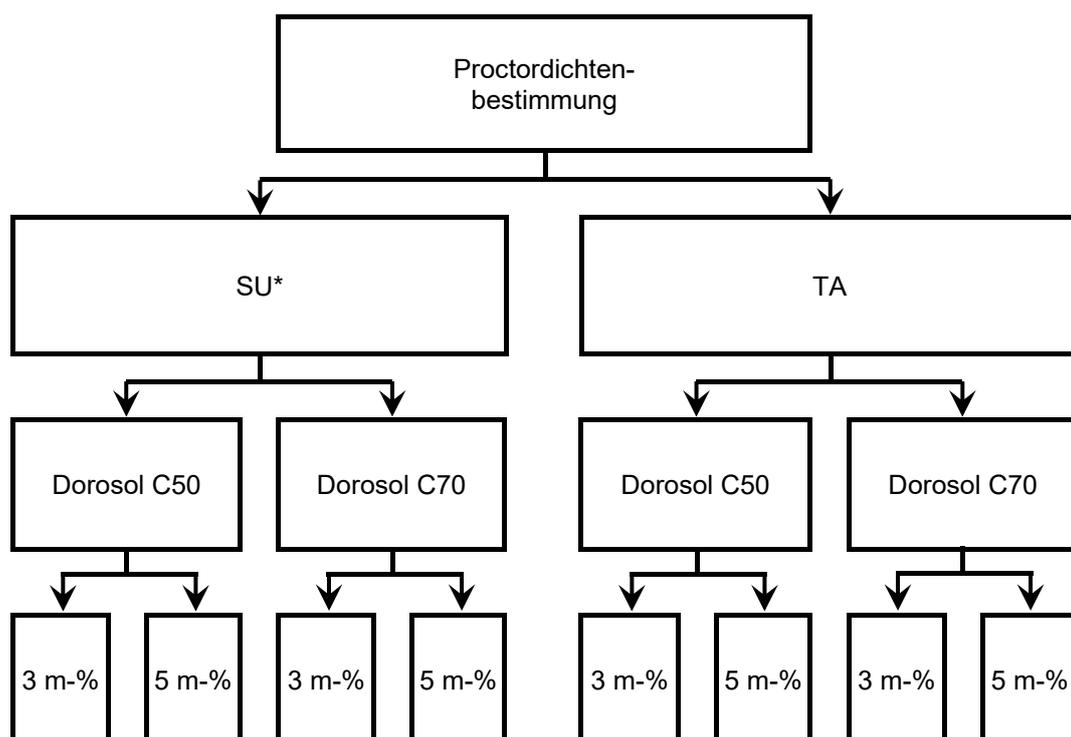


Abbildung 1: Schematische Gliederung der labortechnisch ausgewerteten Versuchsreihen

## 2 SU\*-Boden

Das aus den bis zu 3,00 m tief angelegten Schürfen entnommene Bodenmaterial entstammt den Terrassensedimenten. Trotz des höheren Feinkornanteils von ca. 46 % bei  $d \leq 0,063$  mm ordnen wir das Probenmaterial noch der Bodengruppe SU\* gemäß DIN 18196 zu. Denn die Korngrößenzusammensetzung inkl. Kornverteilungslinie weist sehr viele Übereinstimmungen zu denen der Proben aus dem Baugrundgutachten auf.

Es handelt sich hier um ein bodenmechanisch mäßig brauchbares Material, wobei bodenverbessernde Maßnahmen zu besseren Kennwerten führen (z.B. Scherfestigkeit, Verarbeitbarkeit etc.). Die durchgeführten Laborversuche zeigen, dass mit zunehmendem Kalkanteil im Bindemittel sowie zunehmenden Mischungsverhältnis die Proctordichten abnehmen und die optimalen Wassergehalte zunehmen. Infolge gleichzeitiger Reduzierung der Ausrollgrenze durch chemisch-physikalische Bindungsprozesse kommt es zu einer positiven Entwicklung von Scherfestigkeit, Plastizität und Verarbeitbarkeit.

Die nachfolgende Tabelle 1 spiegelt die Ergebnisse aus den durchgeführten Versuchen wider. Zu sehen sind die verschiedenen Proctordichten  $\rho_{Pr}$  und optimalen Wassergehalte  $w$  bei unterschiedlichen Verdichtungsgraden  $D_{Pr}$ , abgelesen aus den umgekehrten Parabeln in den Diagrammen aus Anlage \1\1. Für einen 100-prozentigen Verdichtungsgrad gibt es genau einen optimalen Wassergehalt, ausgedrückt über den Peak der Parabel. Von diesem verlaufen dann mehr oder weniger gleichmäßig auf der „trockenen“ und „nassen“ Seite (reduzierter bzw. erhöhter Wassergehalt) die  $w$ - $\rho_{Pr}$ -Kurven kontinuierlich abwärts. Das Ziel sollte darin bestehen, eine möglichst geringe Differenz zwischen natürlichem Wassergehalt des Bodens und optimalen Wassergehalt des Boden-Mischbinder-Gemisches zu erlangen. I.d.R. führen erhöhte Dosierungen an Mischbinder, neben einer Verschiebung der Parabel zur „nassen“ und unteren Seite (höherer optimaler Wassergehalt, reduzierte Proctordichte), zu dessen Streckung. Dadurch eröffnet sich ein „breiteres Fenster“ für die optimalen Wassergehalte im Bereich von  $D_{Pr} = 95 \dots 100$  % mit höherer Toleranz für mögliche Abweichungen innerhalb der Bodenverbesserungsprozesse.

Tabelle 1: Ergebnisse aus den Proctordichtenbestimmungen für die Bodengruppe SU\*

Bodengruppe DIN 18196 [-]	Bindemittel [-]	Bindemittelanteil [m-%]	Ergebnis-Auswertung		
			D <sub>Pr</sub> [%]	ρ <sub>Pr</sub> [g/cm <sup>3</sup> ]	w [%]
SU*	ohne	0	100	1,826	16,5
			97	1,771	-- 17,8
			95	1,735	-- 19,0
	C50	3	100	1,701	16,2
			97	1,650	-- 21,2
			95	1,616	-- --
		5	100	1,689	17,0
			97	1,638	-- 21,3
			95	1,605	-- --
	C70	3	100	1,639	19,7
			97	1,590	17,0 22,2
			95	1,557	16,0 23,3
		5	100	1,630	20,3
			97	1,581	-- --
			95	1,549	-- --

### 3 TA-Boden

Der Boden geht aus den unteren Bereichen der Schürfe hervor. Er ist gemäß Baugrundgutachten den Verwitterungslehmen des etwas tiefer anstehenden Mergels zuzuordnen. Der innerhalb der Kornverteilungslinie stark ausgeprägt kiesige Anteil entspricht vielmehr Mergelstücken, die relativ leicht zerbröseln und eigentlich zum Feinstkorn zählen. Trotz des höheren Schluff-Gehaltes gehört der Boden gemäß Konsistenzgrenzenbestimmung nach DIN EN ISO 17892-12 den ausgeprägt plastischen Tonen an.

Grundsätzlich stellen Böden der Gruppe TA keinen belastbaren Baugrund dar. Sie weisen bzgl. Scherfestigkeit, Steifigkeit, Verdichtbarkeit sowie Verarbeitbarkeit nur unzureichende Kennwerte / Eigenschaften auf. Für Verbesserungen der Bodeneigenschaften wurden auch am Ton verschiedene Proctordichten und Wassergehalte unter Zumischung von Dorosol bestimmt. Identisch zu der ersten Versuchsreihe kommt es zu

einer Reduzierung von  $\rho_{Pr}$  und Erhöhung von  $w$  bei steigendem Kalkgehalt und Mischungsverhältnis.

Tabelle 2: Ergebnisse aus den Proctordichtenbestimmungen für die Bodengruppe TA

Bodengruppe DIN 18196 [-]	Bindemittel [-]	Bindemittelanteil [m-%]	Ergebnis-Auswertung			
			$D_{Pr}$ [%]	$\rho_{Pr}$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$w$ [%]	
TA	ohne	0	100	1,586	24,1	
			97	1,538	20,7 26,7	
			95	1,507	19,7 --	
	C50	3	3	100	1,525	25,1
				97	1,479	23,6 28,0
				95	1,449	-- 29,3
		5	5	100	1,478	27,0
				97	1,434	-- --
				95	1,404	-- --
	C70	3	3	100	1,477	28,7
				97	1,433	-- 31,5
				95	1,403	-- --
5		5	100	1,459	29,5	
			97	1,415	27,2 32,0	
			95	1,386	24,7 --	

#### 4 Auswertung

Die im Baugrundgutachten nach DIN EN ISO 19782-12 untersuchten Bodenproben stellten sich als mittel- bis ausgeprägt plastische Tone (TM, TA) in überwiegend weicher, vereinzelt breiiger oder steifer Konsistenz dar. Die Wassergehalte lagen zwischen 22,7 % (RKS 2/6, 3,60 - 4,40 m) und 42,0 % (RKS 4/5, 2,50 - 3,20 m) und somit stets oberhalb der labortechnisch ermittelten. Eine Bodenverbesserung stellt somit eine logische Konsequenz zur Verwendung des Materials im Zuge von Geländeauffüllmaßnahmen dar.

Speziell für Böden der Gruppe TM - TA sind Mischbindemittel mit hohem Kalkanteil zwecks Bindung von Wasser infolge chemischer Umwandlung der Tonminerale zu kristallinen Verbindungen (puzzolanische Reaktion, Kationenaustausch, Brückenbildung)

zu bevorzugen. In bodenmechanischer Hinsicht findet eine Erhöhung der Ausrollgrenze und somit eine Verbesserung der Konsistenz statt. Mit der Bodenverfestigung einher gehen eine erhöhte Scherfestigkeit, größere Steifigkeit und Frost- / Wasserbeständigkeit.

Die durchgeführten Proctordichtenbestimmungen lassen eine kontinuierliche Verschiebung der umgekehrten  $w$ - $p_{Pr}$ -Parabel in den „nassen“, unteren Bereich bei höheren Kalk- und Beimischungsanteil erkennen. Diese Entwicklung erscheint deshalb erstrebenswert, weil das Ziel in einer Angleichung des optimalen Wassergehaltes zu dem natürlichen Wassergehalten besteht. Bei zu „trockenen“ Böden gibt es die Gefahr einer unzureichenden kristallinen Umwandlung von Tonmineralien (Zerbröselung des Materials).

Auf Grundlage der vorliegenden Datenbasis kommt der mit **Dorosol C70, 3 m-%** vermengte Boden bereits dem gesuchten Optimum für eine Bodenverbesserung der ausgeprägt plastischen Tone (**TA**) sehr nahe. Dieses Gemisch erachten wir daher als zielführend für das hier untersuchte Probenmaterial.

Stehen hingegen die stark bindigen Sand-Schluff-Gemische (**SU\***) an, so raten wir zu einer Verwendung von **Dorosol C50**, im Bereich von **3 - 5 m-%**. Im Gegensatz zum Ton greift bei dieser etwas grobkörnigeren Bodenart vielmehr die Verkittung zwischen den Körnern, welche ein höherer Zementgehalt besser bewerkstelligen kann. Hinsichtlich der Einteilung der Bodenarten vor Ort sollte es aufgrund der klar erkennbaren Erscheinungsformen und typischen Eigenschaften keine Schwierigkeiten geben.

## 5 Konstruktive Hinweise

Für eine fachgerechte und störungsfreie Bodenverbesserung sollten mehrere konstruktive Vorgaben Beachtung finden. Zu den wesentlichen Punkten gehören:

### Vorbereitung:

- Verwendung güteüberwachten Materials,  
hergestellt z.B. in industriellen Mischanlagen
- Anwendung des Mixed-Place-Verfahrens (Einfräsen vor Ort)
- Anlegung eines Gefälles von  $q \geq 2,5 \%$ ,  
zwecks Entwässerung bzw. Vermeidung von Staunässe

### Fräsung:

- ausreichende Einfrässtärke  
grundsätzlich von  $\geq 20$  cm  
bis 40 cm mit geeignetem Gerät realisierbar
- Zuschlagsmenge  
von Dorosol C70,  $m = 3 \%$   
für TA, mit z.B.  $\gamma_{TA} = 18 \text{ kN/m}^3$ ,  $d = 30 \text{ cm} \rightarrow z = 16,2 \text{ kg/m}^2$   
von Dorosol C50,  $m = 3 \%$   
für SU\*, mit z.B.  $\gamma_{SU^*} = 20 \text{ kN/m}^3$ ,  $d = 30 \text{ cm} \rightarrow z = 18,0 \text{ kg/m}^2$
- gleichmäßige Verdichtung,  
homogene Zumischung  
mehrere konstante Schichtstärken
- kurzmöglichste Zeitspannen für Verarbeitung,  
für  $T \leq 20^\circ\text{C}$ :  $t \leq 4,0 \text{ h}$   
für  $T > 20^\circ\text{C}$ :  $t \leq 3,0 \text{ h}$

Witterung:

- keine Arbeiten bei Bodenfrost oder Reif  
Hemmung der chemischen Umwandlungsprozesse  
Bodentemperatur  $T_{B0} \geq 5^\circ\text{C}$   
Boden-Bindemittel-Gemisch-Temperatur  $T_{Dor.,C70} \geq 5^\circ\text{C}$
- keine Arbeiten bei starkem Niederschlag,  
frühzeitige Verklumpung des aufgetragenen Gemisches möglich
- keine Arbeiten bei starkem Wind,  
Gefahr der Verwehung mit  
Störung des homogenen Einbaus, potentieller Gefährdung der Umwelt

**HPC AG**

  
i.A. Christian Schwarz  
(Dipl.-Ing.)

  
i.A. Achim Slotta  
(M.Sc.)

Anlagen:

\1\ Geotechnische Untersuchungen Gregor Kiczmer & Söhne GmbH:

- SU\* - Kornverteilungslinie
- SU\* - Proctordichte regulär
- SU\* - Proctordichten C50, 3 m-% und 5 m-%
- SU\* - Proctordichten C70, 3 m-% und 5 m-%

\2\ Geotechnische Untersuchungen Gregor Kiczmer & Söhne GmbH:

- TA - Kornverteilungslinie
- TA - Proctordichte regulär
- TA - Proctordichten C50, 3 m-% und 5 m-%
- TA - Proctordichten C70, 3 m-% und 5 m-%

# Anlagen

# Anlage 1

HPC AG  
Neumarkt 7-11  
47119 Duisburg

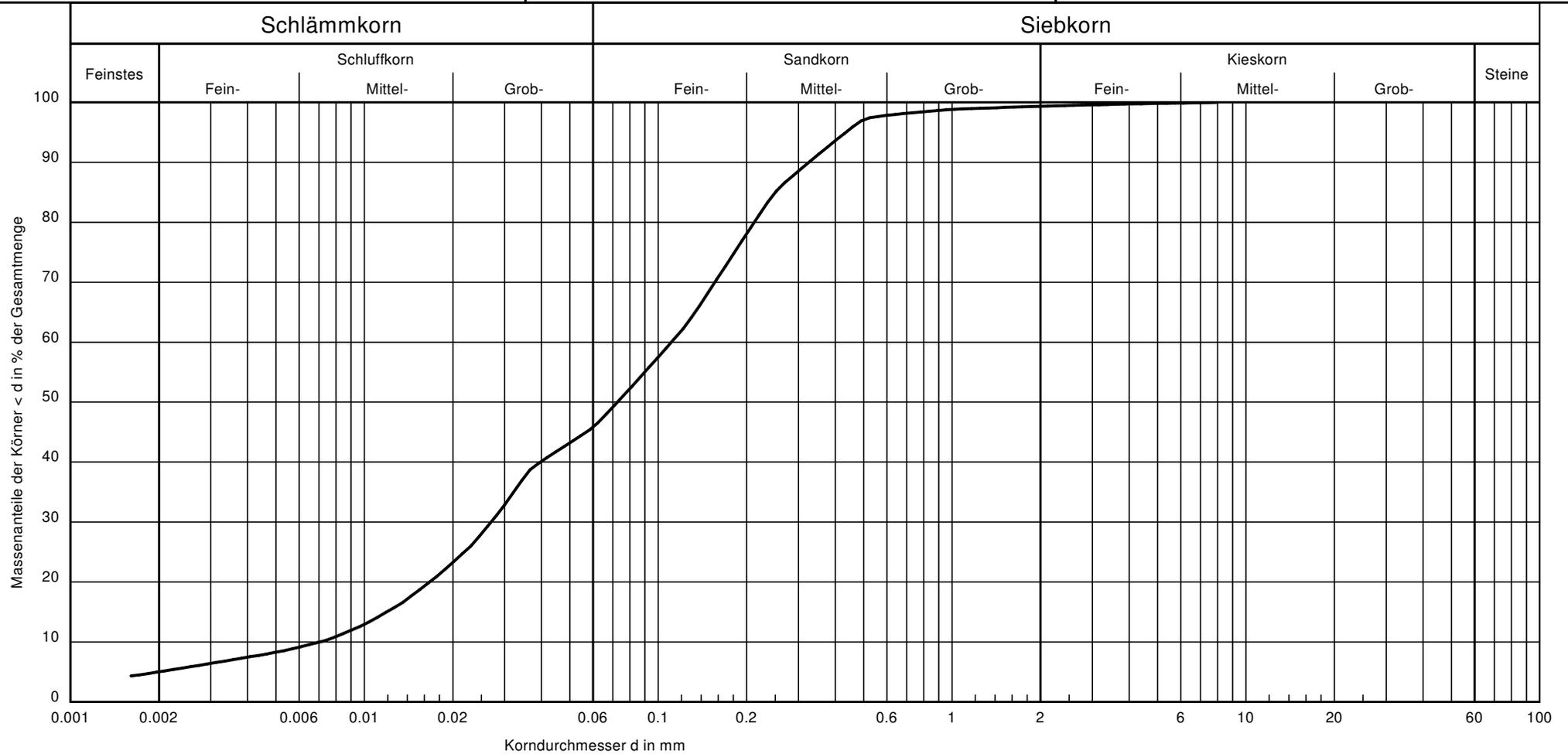
# Körnungslinie

Recklinghausen  
"Trabrennbahn"

Proj. - Nr.:  
Probe entnommen am: 21.04.2020  
Art der Entnahme: gestört  
Arbeitsweise: komb. Sieb.- Schlämmanalyse

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 04.05.2020



Entnahmestelle:	Schurf 1	Bemerkungen:	Anlage: Proj. - Nr.:
Tiefe:			
Bodenart:	U,s,t'		
T/U/S/G [%] :	5.0/40.8/53.5/0.6		

# Proctorkurve nach DIN 18 127

Recklinghausen  
 BV: "Trabrennbahn"

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 22.05.2020

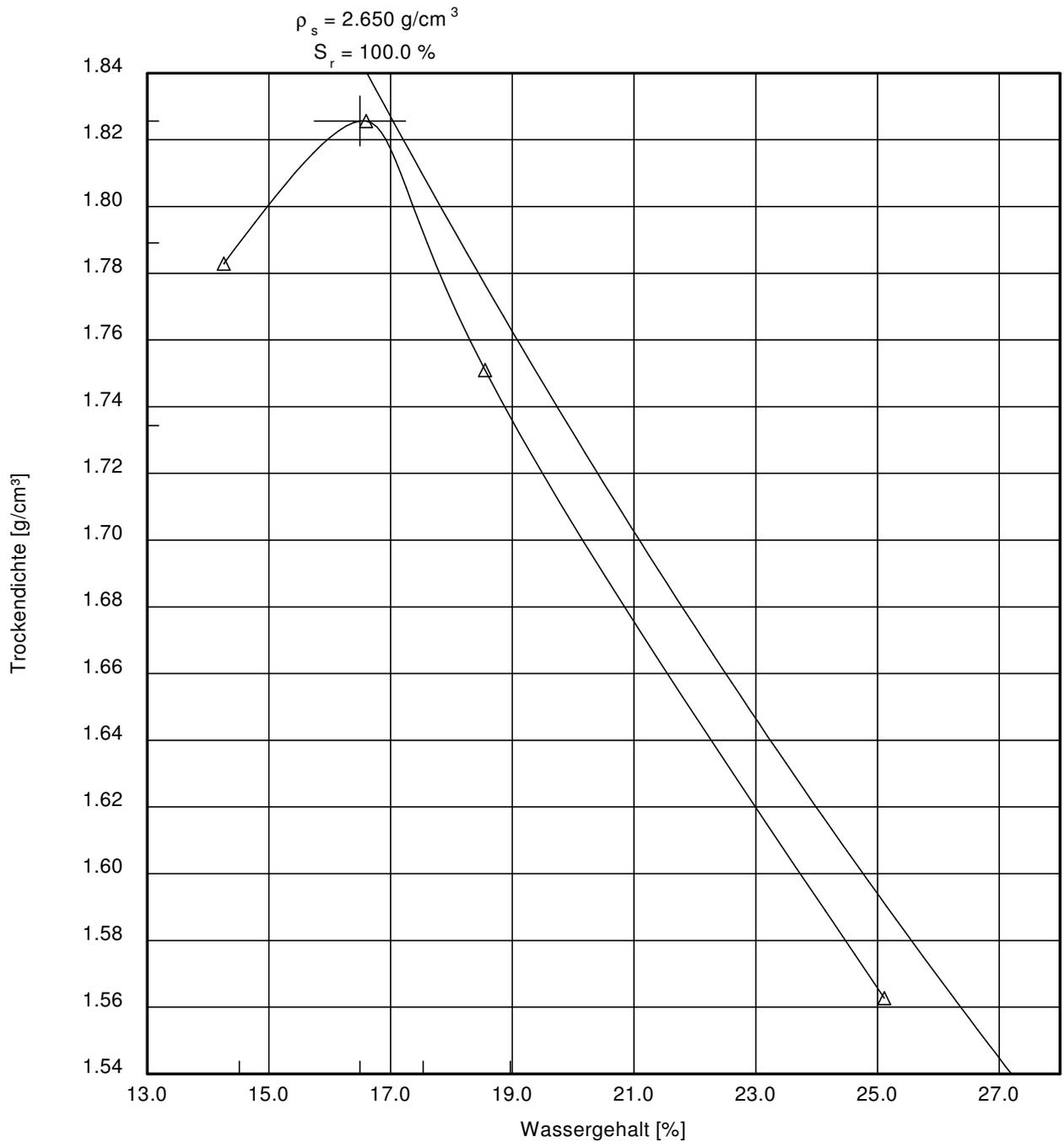
Material:

Entnahmestelle: MP Schurf 1

Bodenart: U,s,t'

Probenehmer: Hammacher

Probe entnommen am: 21.04.2020



100 % der Proctordichte  $\rho_{Pr} = 1.826 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{Pr} = 16.5 \%$

98.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.789 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = 14.5 / 17.5 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.734 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 19.0 \%$

HPC AG  
Neumarkt 7-11  
47119 Duisburg

Proj. - Nr.:  
Anlage:

# Proctorkurve nach DIN 18 127

Recklinghausen  
BV:"Trabrennbahn"

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 28.05.2020

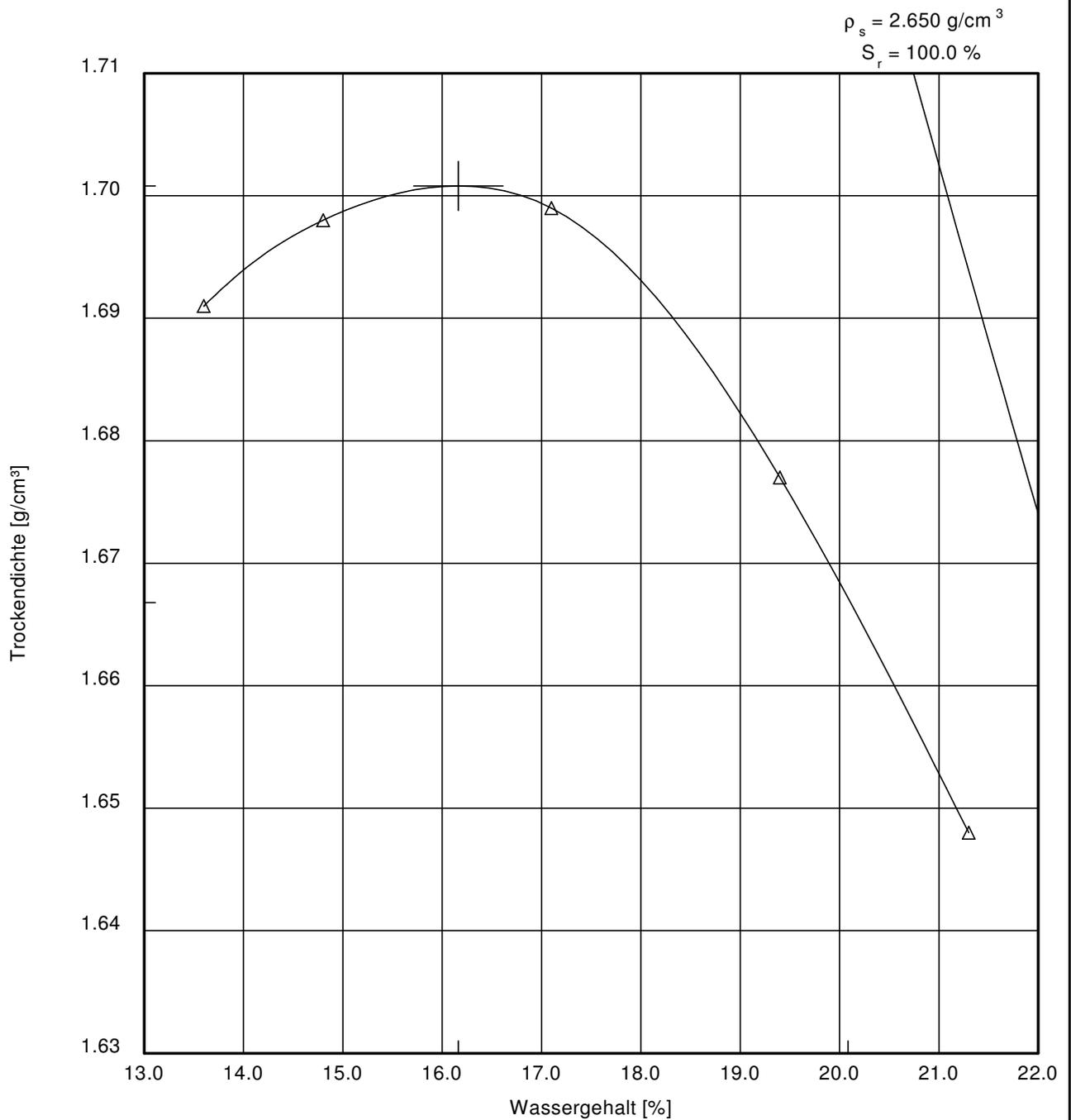
Material:

Entnahmestelle: MP Schurf 1

Bodenart: U, $\bar{s}$ ,t' +3% C50

Probenehmer: Hammacher

Probe entnommen am: 21.04.2020



100 % der Proctordichte  $\rho_{Pr} = 1.701 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{Pr} = 16.2 \%$

98.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.667 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 20.1 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.616 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / - \%$

# Proctorkurve nach DIN 18 127

Recklinghausen  
 BV:"Trabrennbahn"

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 28.05.2020

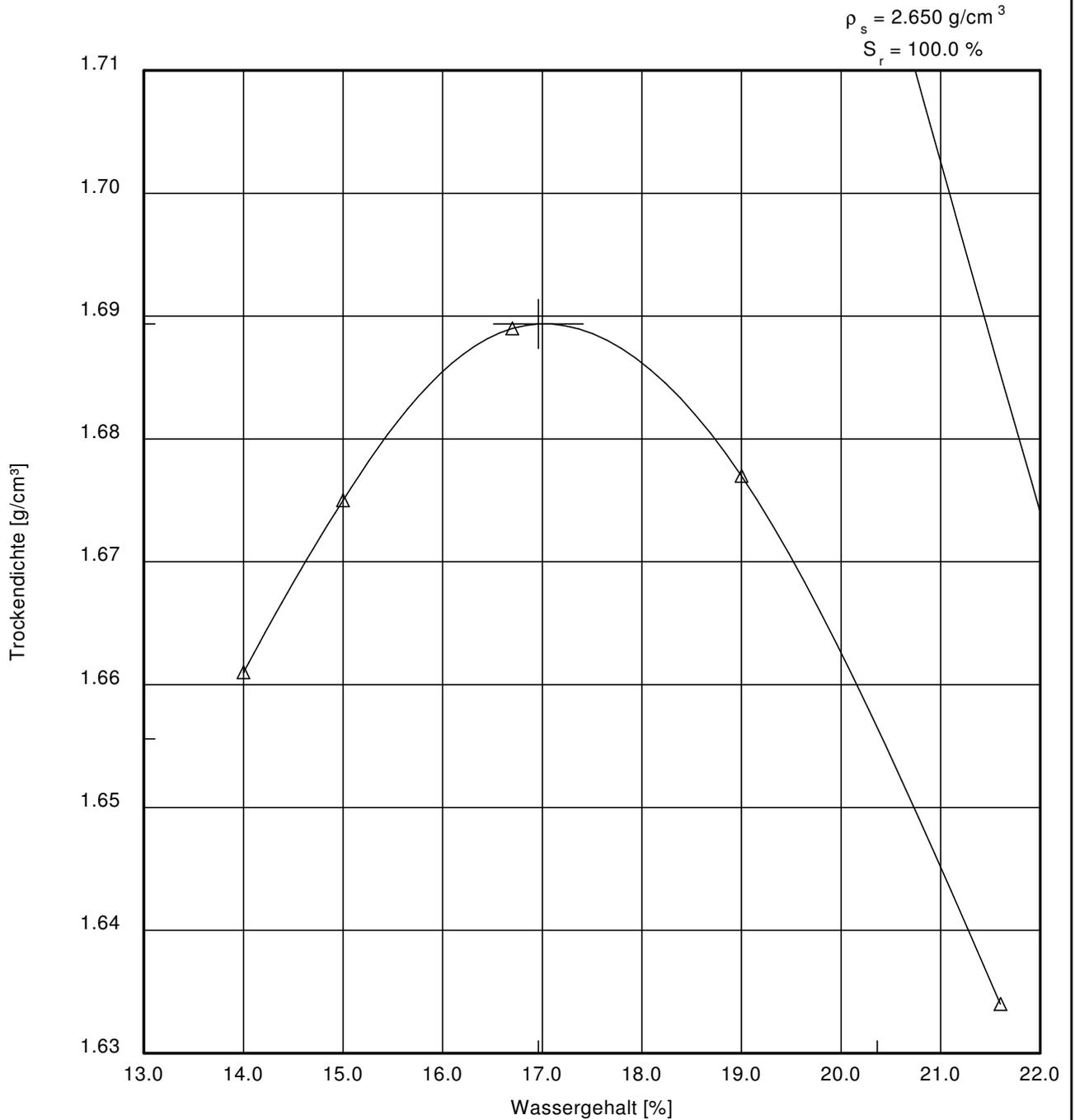
Material:

Entnahmestelle: MP Schurf 1

Bodenart: U, $\bar{s}$ ,t' +5% C50

Probenehmer: Hammacher

Probe entnommen am: 21.04.2020



100 % der Proctordichte  $\rho_{Pr} = 1.689 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{Pr} = 17.0 \%$

98.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.656 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 20.4 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.605 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / - \%$

# Proctorkurve nach DIN 18 127

Recklinghausen  
 BV:"Trabrennbahn"

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 28.05.2020

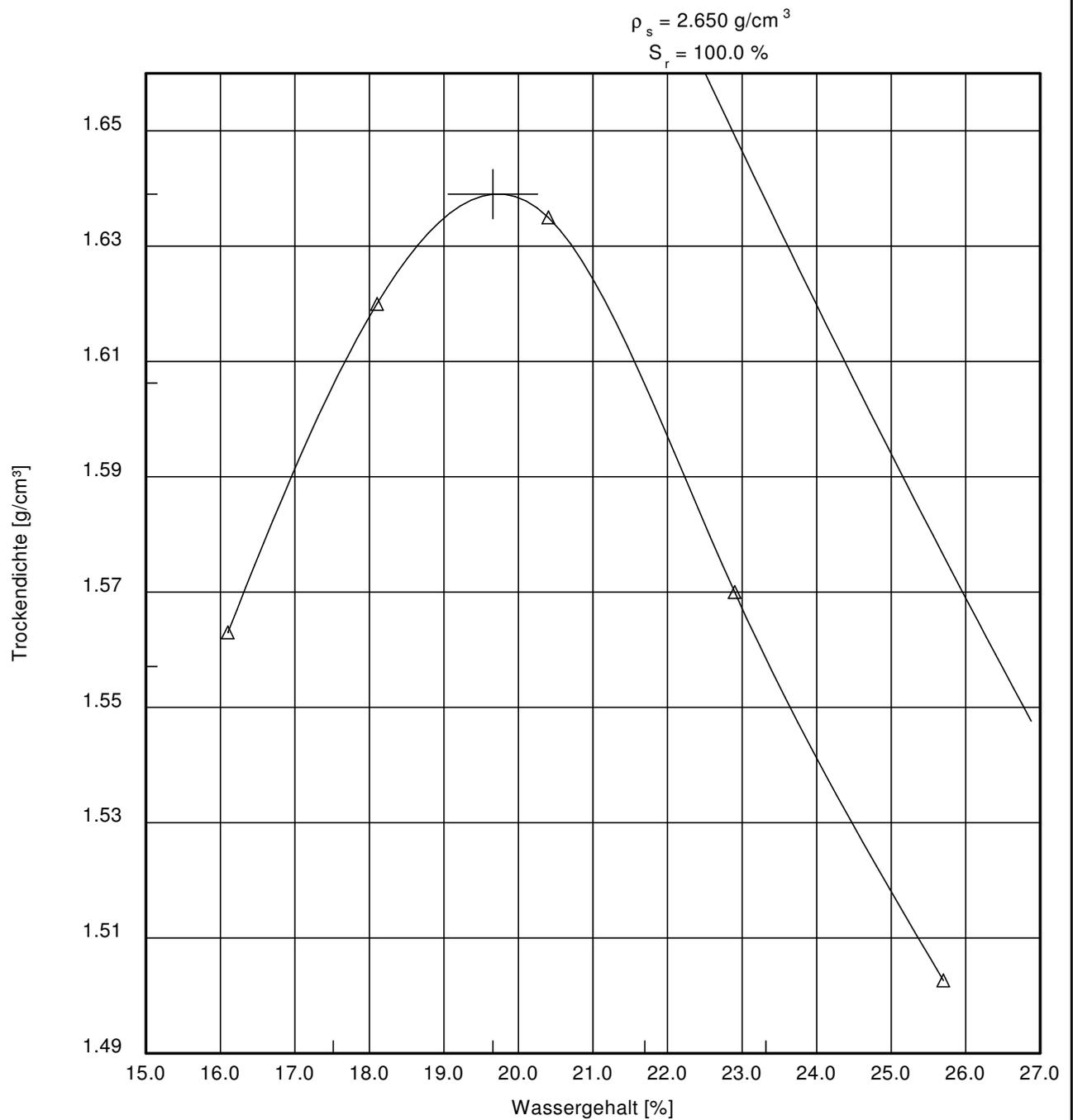
Material:

Entnahmestelle: MP Schurf 1

Bodenart: U,s,t' +3% C70

Probenehmer: Hammacher

Probe entnommen am: 21.04.2020



100 % der Proctordichte  $\rho_{Pr} = 1.639 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{Pr} = 19.7 \%$

98.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.606 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = 17.5 / 21.7 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.557 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 23.3 \%$

# Proctorkurve nach DIN 18 127

Recklinghausen  
 BV:"Trabrennbahn"

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 08.06.2020

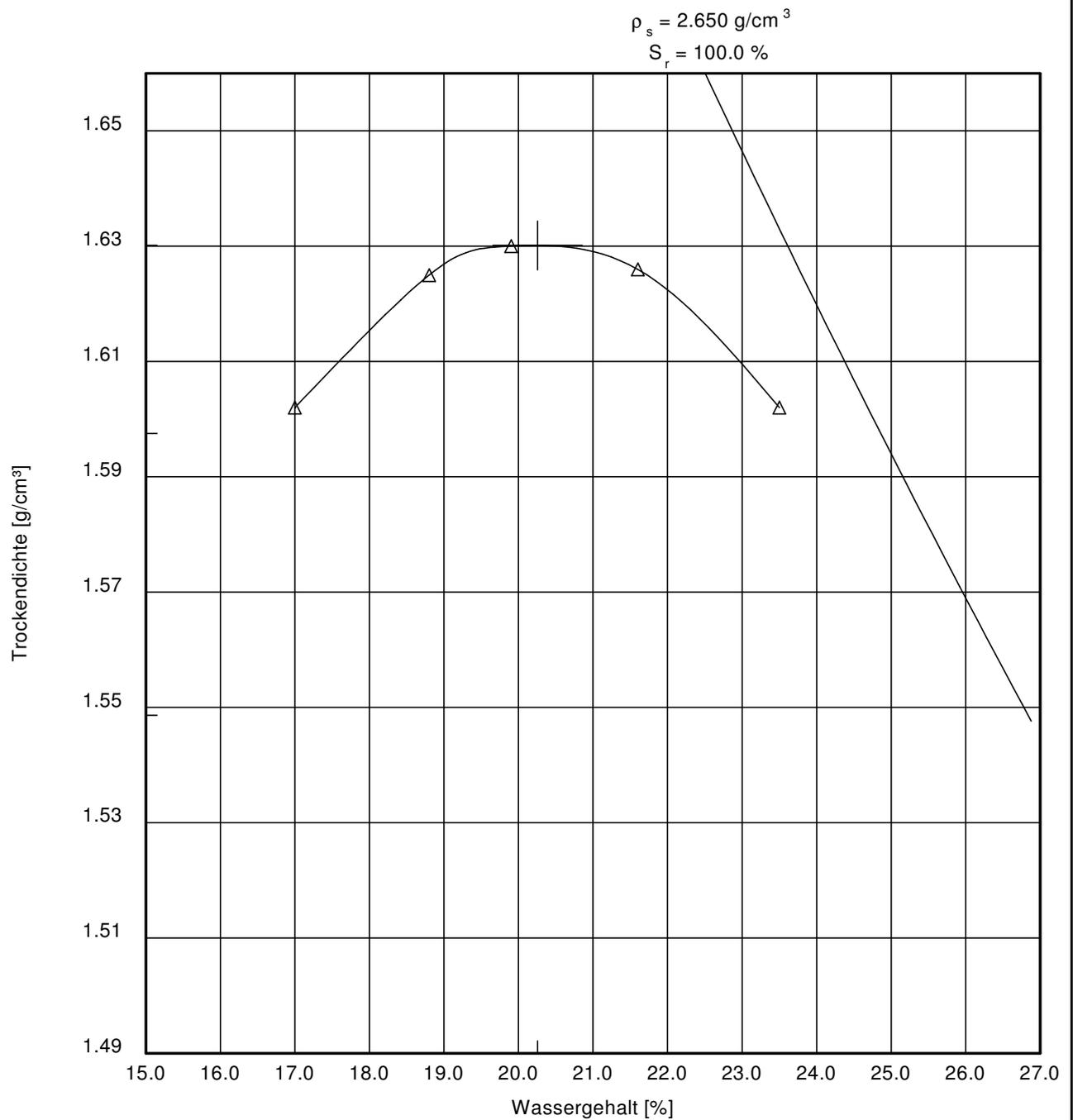
Material:

Entnahmestelle: MP Schurf 1

Bodenart: U, $\bar{s}$ ,t' +5% C70

Probenehmer: Hammacher

Probe entnommen am: 21.04.2020



100 % der Proctordichte  $\rho_{Pr} = 1.630 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{Pr} = 20.3 \%$

98.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.598 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / - \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.549 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / - \%$

# Anlage 2

HPC AG  
Neumarkt 7-11  
47119 Duisburg

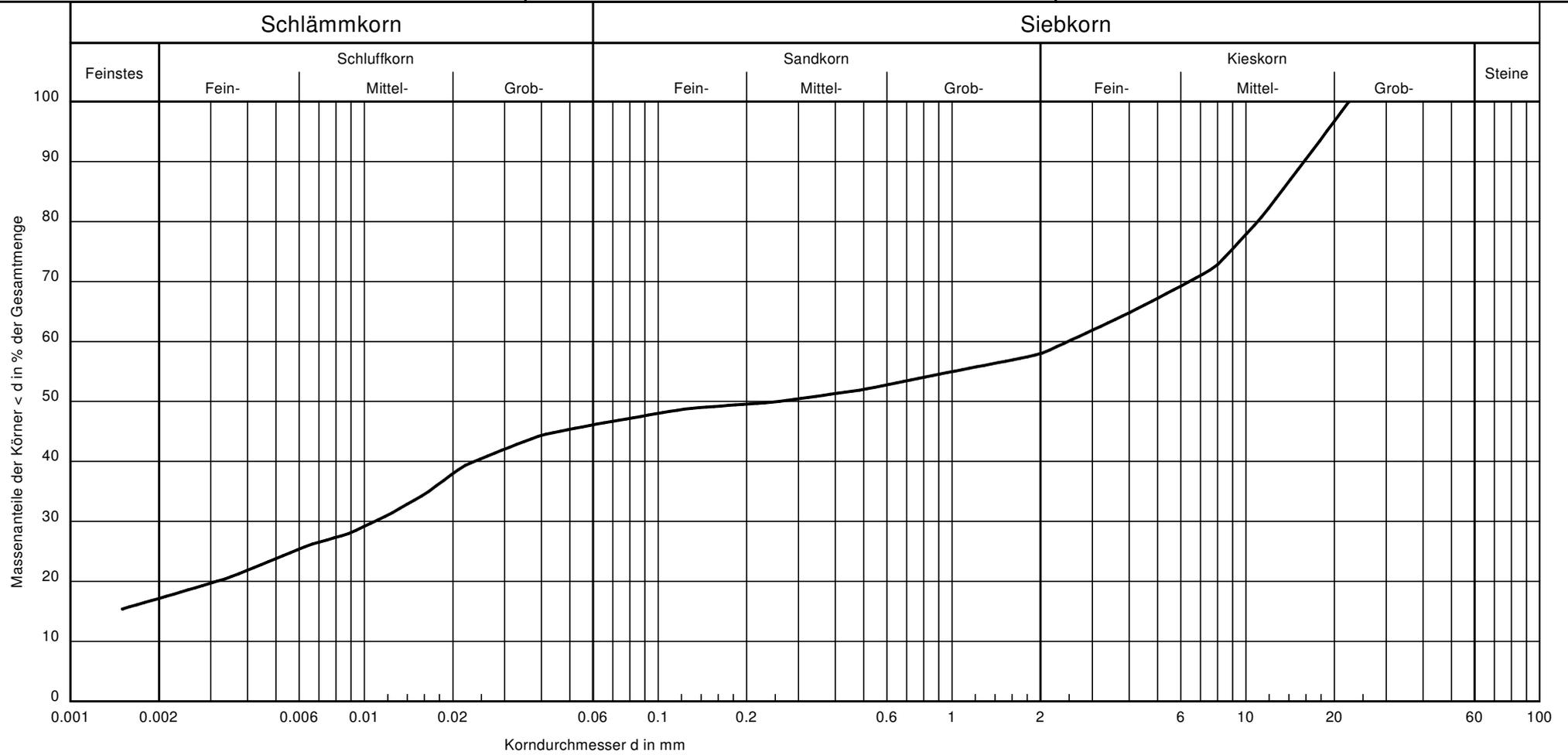
# Körnungslinie

Recklinghausen  
"Trabrennbahn"

Proj. - Nr.:  
Probe entnommen am: 21.04.2020  
Art der Entnahme: gestört  
Arbeitsweise: komb. Sieb.- Schlämmanalyse

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 04.05.2020



Entnahmestelle:	Schurf 2	Bemerkungen:	Anlage: Proj. - Nr.:
Bodenart:	U,t,s',ḡ (g=Mergelstücke)		
T/U/S/G [%] :	17.2/28.9/11.9/42.0		

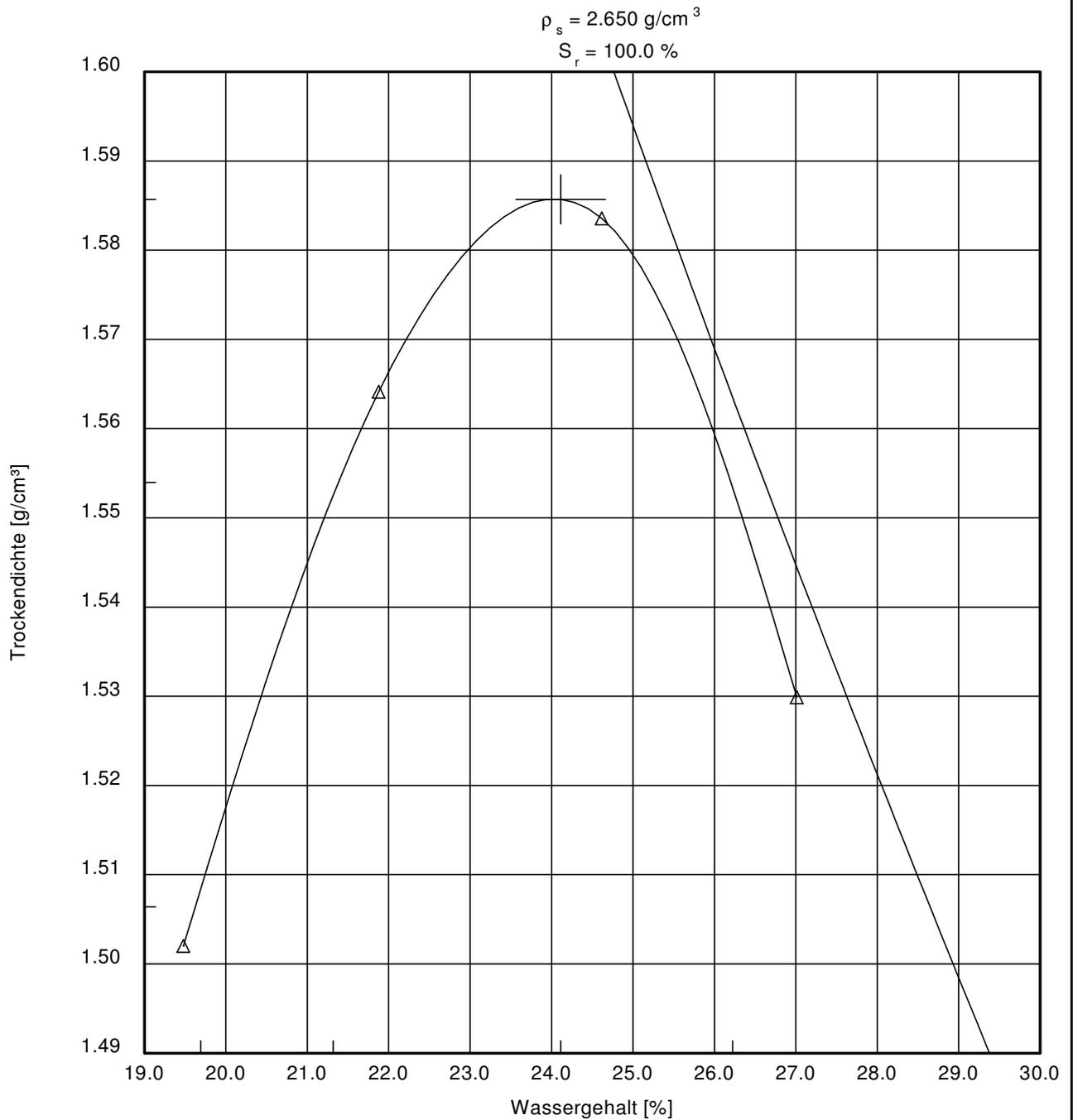
# Proctorkurve nach DIN 18 127

Recklinghausen  
BV:"Trabrennbahn"

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 22.05.2020

Material:  
Entnahmestelle: MP Schurf 2  
  
Bodenart:  
Probenehmer: Hammacher  
Probe entnommen am: 21.04.2020



100 % der Proctordichte  $\rho_{Pr} = 1.586 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{Pr} = 24.1 \%$

98.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.554 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = 21.3 / 26.2 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.506 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = 19.7 / - \%$

# Proctorkurve nach DIN 18 127

Recklinghausen  
BV:"Trabrennbahn"

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 22.05.2020

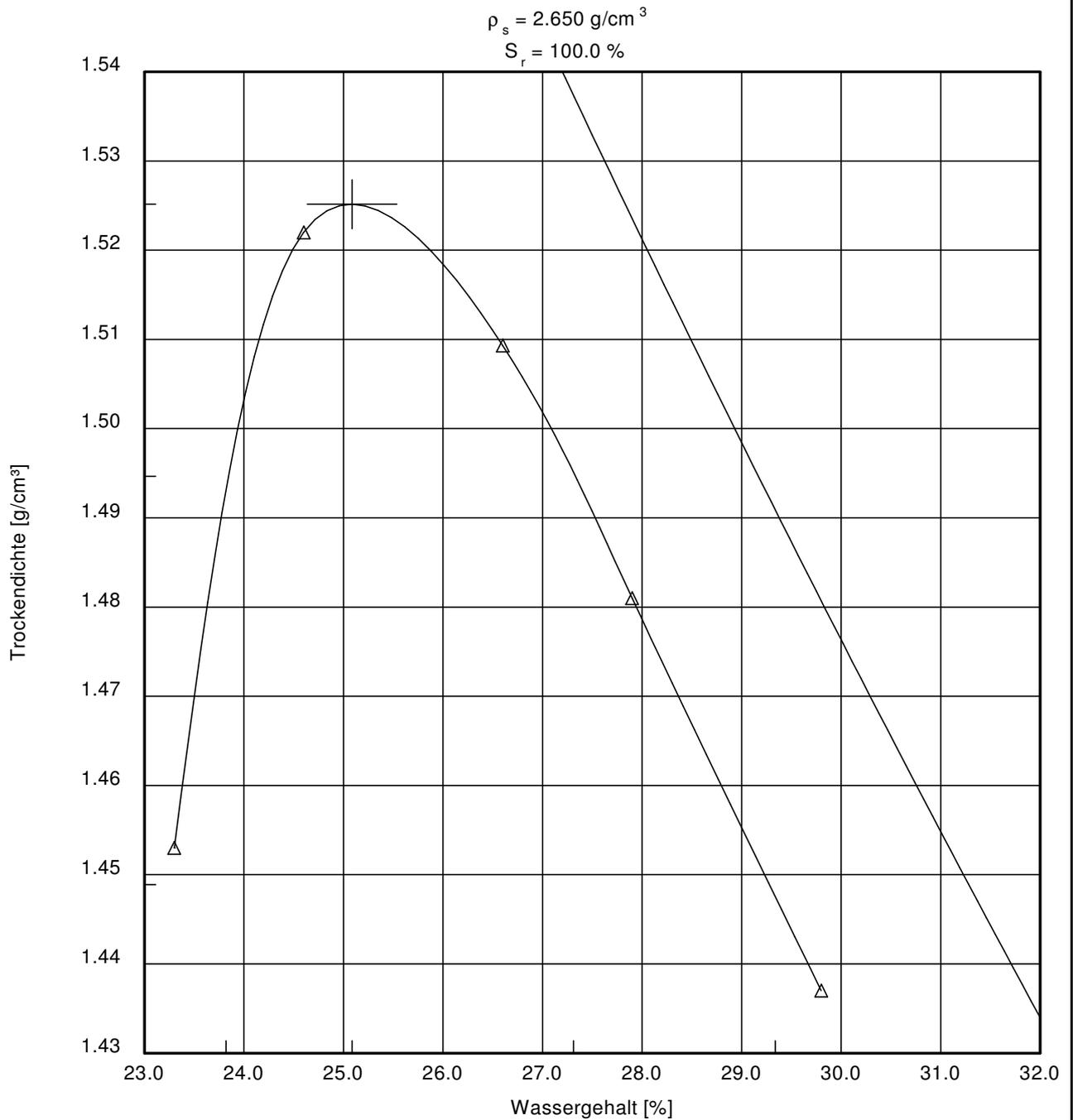
Material:

Entnahmestelle: MP Schurf 2

Bodenart: U,t,s' +3% C50

Probenehmer: Hammacher

Probe entnommen am: 21.04.2020



100 % der Proctordichte  $\rho_{Pr} = 1.525 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{Pr} = 25.1 \%$

98.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.495 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = 23.8 / 27.3 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.449 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 29.3 \%$

# Proctorkurve nach DIN 18 127

Recklinghausen  
 BV:"Trabrennbahn"

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 22.05.2020

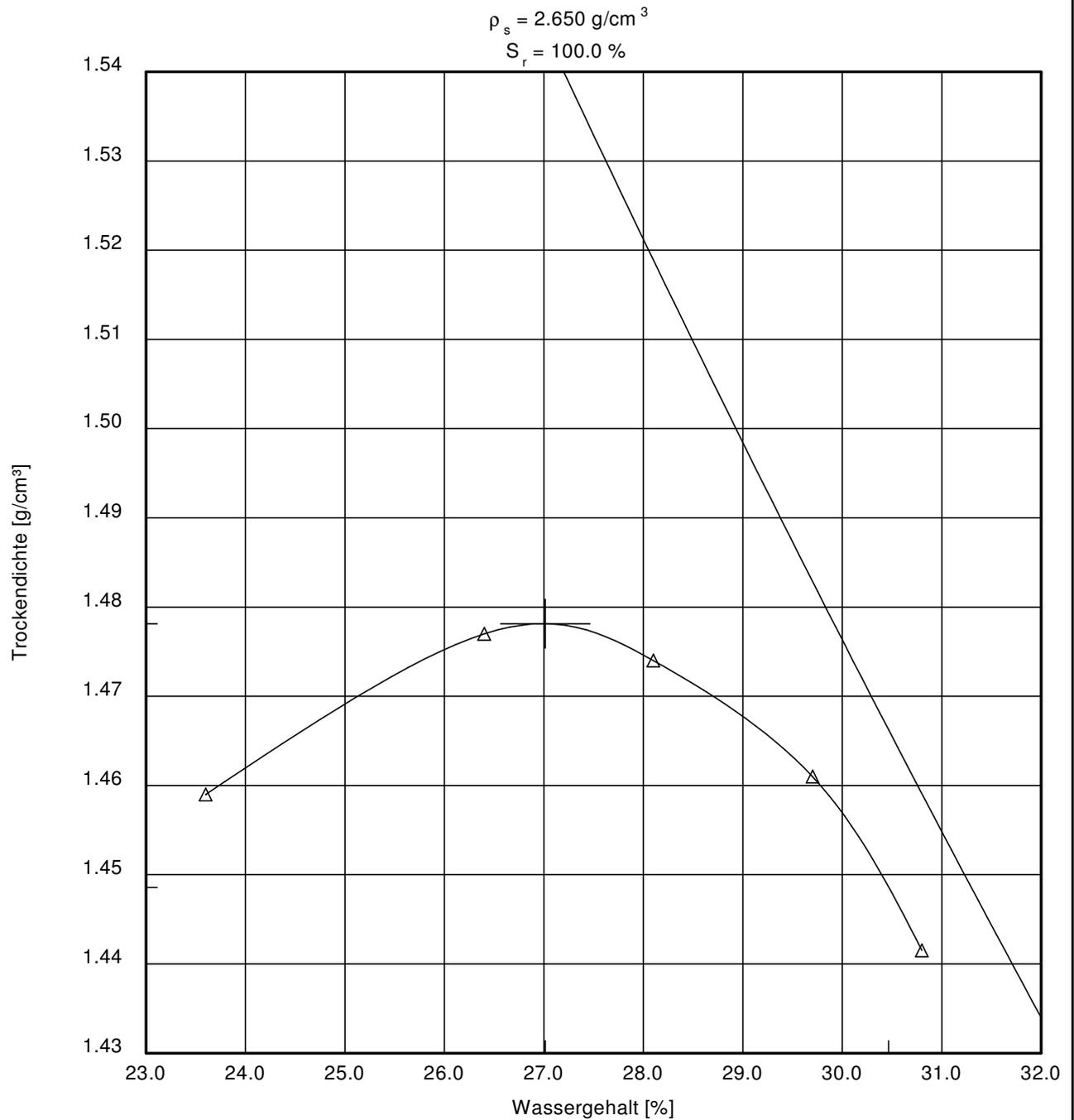
Material:

Entnahmestelle: MP Schurf 2

Bodenart: U,t,s' +5% C50

Probenehmer: Hammacher

Probe entnommen am: 21.04.2020



100 % der Proctordichte  $\rho_{Pr} = 1.478 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{Pr} = 27.0 \%$

98.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.449 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / 30.5 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.404 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / - \%$

# Proctorkurve nach DIN 18 127

Recklinghausen  
 BV:"Trabrennbahn"

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 22.05.2020

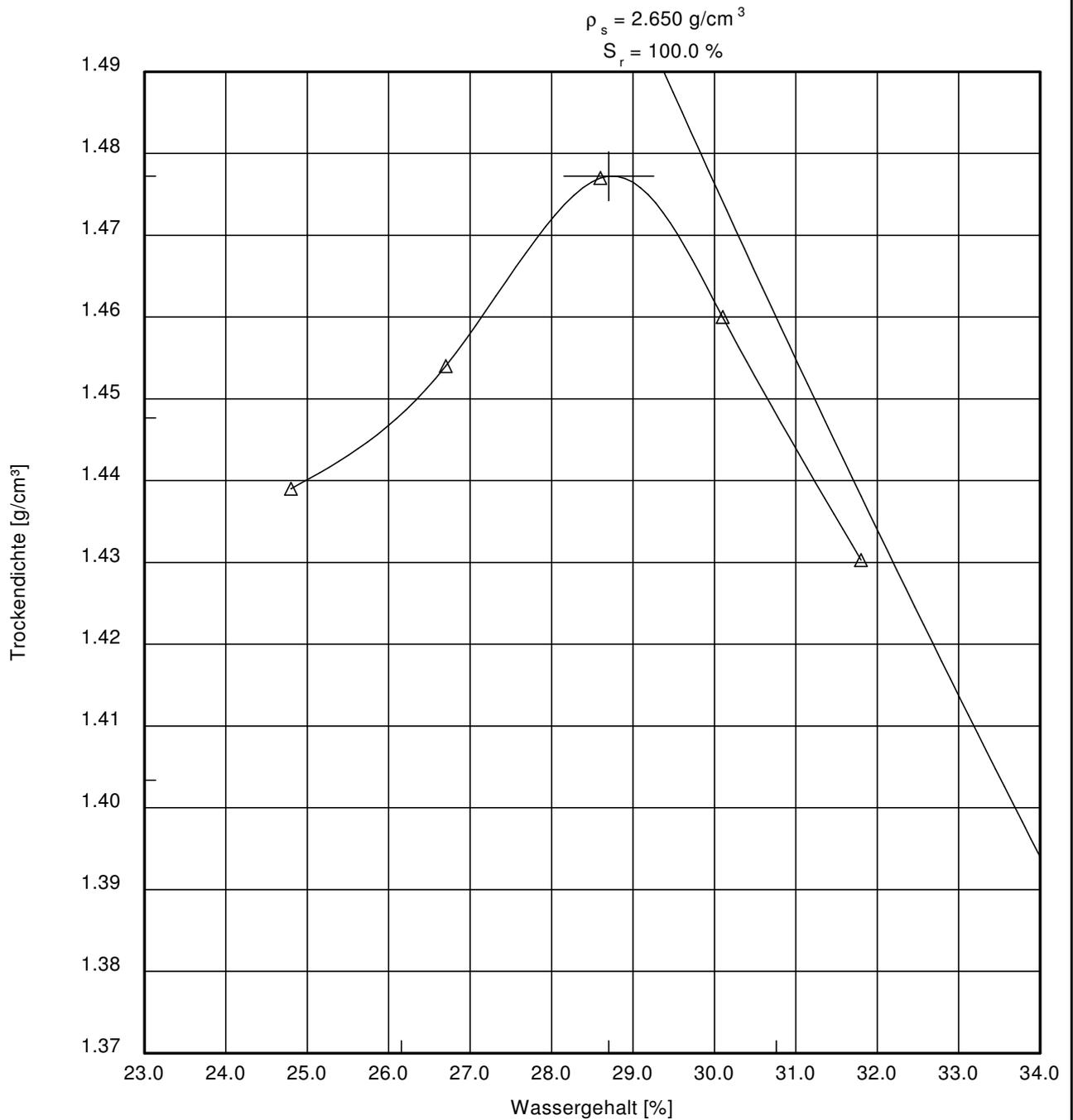
Material:

Entnahmestelle: MP Schurf 2

Bodenart: U,t,s' +3% C70

Probenehmer: Hammacher

Probe entnommen am: 21.04.2020



100 % der Proctordichte  $\rho_{Pr} = 1.477 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{Pr} = 28.7 \%$

98.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.448 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = 26.2 / 30.8 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.403 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = - / - \%$

# Proctorkurve nach DIN 18 127

Recklinghausen  
BV:"Trabrennbahn"

Bearbeiter: S. Hammacher

Datum: 22.05.2020

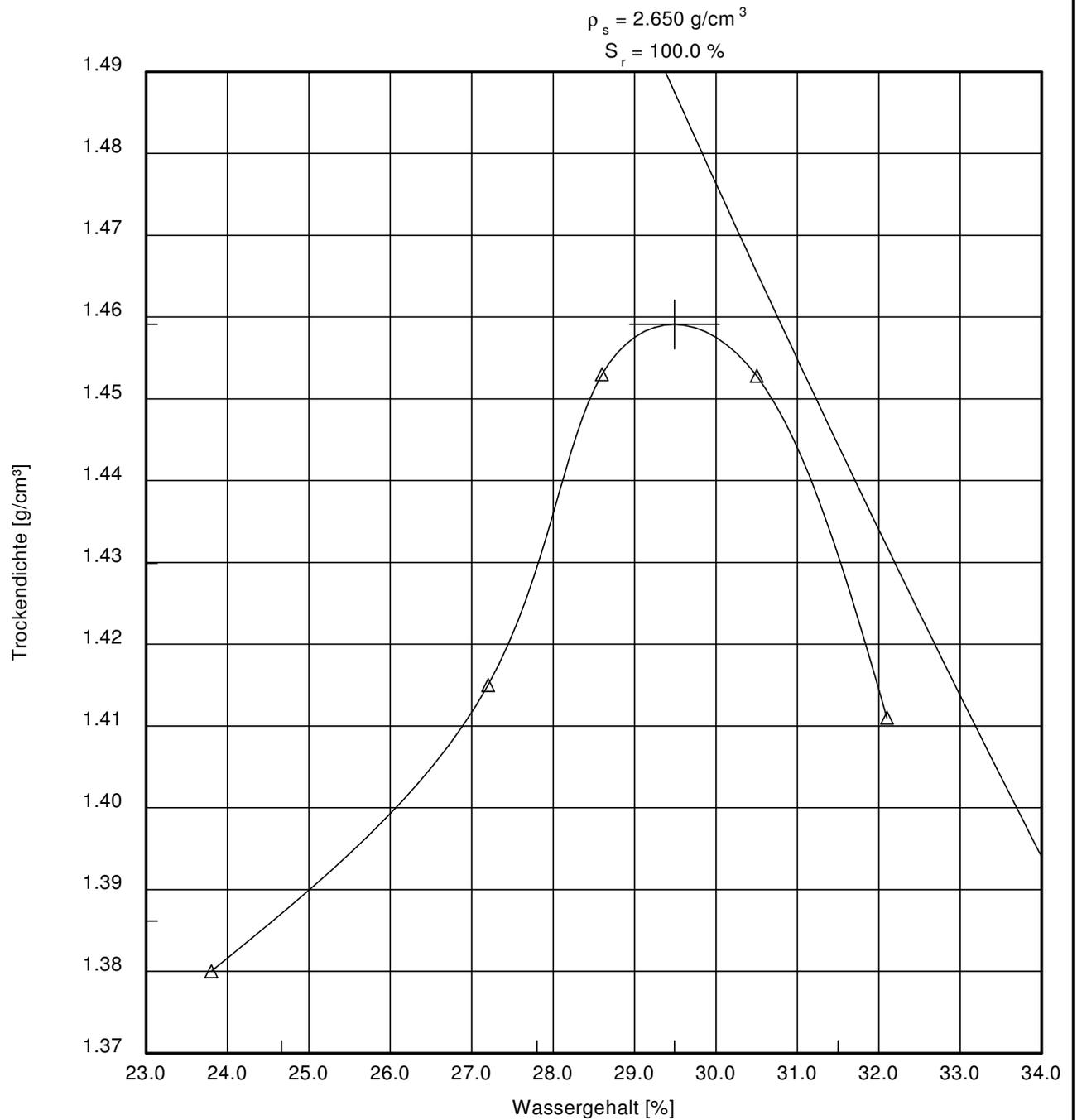
Material:

Entnahmestelle: MP Schurf 2

Bodenart: U,t,s' +5% C70

Probenehmer: Hammacher

Probe entnommen am: 21.04.2020



100 % der Proctordichte  $\rho_{Pr} = 1.459 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt  $w_{Pr} = 29.5 \%$

98.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.430 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = 27.8 / 31.5 \%$

95.0 % der Proctordichte  $\rho_d = 1.386 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt  $w = 24.7 / - \%$

# Anhang 3

HPC AG  
Neumarkt 7 – 11  
47119 Duisburg

Stadtentwicklungsgesellschaft Recklinghausen mbH  
Rathausplatz 3/4  
45657 Recklinghausen

Ihr Ansprechpartner	Tel./Fax-Durchwahl	E-Mail-Adresse	Datum
Frau Hammacher	0 203 / 80995-22 0 203 / 80995-95	sandra.hammacher@hpc.ag	04.05.2021

**Projekt-Nr.: 2181015**

**Betreff: ISEK Hillerheide, Trabrennbahnareal RE, Uferwand Süd Gründung**

Sehr geehrter Herr Wassermann,  
sehr geehrte Damen und Herren,

für die Planung des vorgesehenen Sees auf dem ehemaligen Trabrennbahnareal in Recklinghausen wurde mit Datum vom 08.06.2020 ein Baugrundgutachten vorgelegt. In diesem Gutachten ist die Gründungsempfehlung für die Uferwand, differenziert nach Süd- und Nordbereich, enthalten. Die Empfehlungen basieren auf einer Gründungstiefe für die Südseite bei 55,17 m NHN. Für die Gründung der Uferwand in diesem Bereich wurde ein Bodenaustausch mit einer Mindeststärke von 0,80 m empfohlen. Unter diesen Voraussetzungen ergaben sich prognostizierte Setzungen von ca. 2,00 cm.

Im Zuge der weiteren Planungen ergab sich nun die Anforderung, die Setzungen auf weniger als 1,00 cm, nach Möglichkeit sogar weniger als 0,50 cm, zu begrenzen. Es stehen zwei Gründungstiefen zur Diskussion, die als „Gründung flach“ und „Gründung tief“ betitelt sind. „Gründung flach“ sieht eine Gründung bei 56,50 m NHN vor; „Gründung tief“ bei 55,20 m NHN.

Die HPC AG wurde gebeten, für beide Varianten die Gründungsempfehlung zu überprüfen.

Es wurden Berechnungen für Streifenfundamente für beide Varianten durchgeführt. Folgende Randbedingungen wurden angesetzt / überprüft:

- „Gründung flach“ mit Bodenaustausch von mindestens 2,00 m
- „Gründung tief“ mit Bodenaustausch von 1,50 m
- „Gründung tief“ mit Bodenaustausch bis zum Mergel, d.h. mindestens 2,00 m

Seitens des Planers wurden für die Variante „Gründung flach“ ein mittlerer Sohldruck (design) von 45 kN/m<sup>2</sup> und Kantenpressungen von 55 kN/m<sup>2</sup> angegeben. Für die Variante „Gründung tief“ beträgt der mittlere Sohldruck 76 kN/m<sup>2</sup> und die Kantenpressung 100 kN/m<sup>2</sup>.

Die Berechnungen ergaben, dass bei einer flachen Gründung bei 56,50 m NHN und einem Bodenaustausch von mindestens 2,00 m die angegebenen Werte eingehalten werden. Bei einem Bemessungswert des Sohldrucks  $\sigma_{R,d} = 50 \text{ kN/m}^2$  (bzw. 60 kN/m<sup>2</sup>) ergeben sich Setzungen < 0,50 cm (bzw. ca. 0,70 cm).

Bei einer tieferen Gründung bei 55,20 m NHN mit einem Bemessungswert des Sohldrucks  $\sigma_{R,d} = 80 \text{ kN/m}^2$  (bzw. 100 kN/m<sup>2</sup>) würden bei einem Bodenaustausch von 1,5 m Mächtigkeit Setzungen < 1,00 cm eingehalten werden. Um Setzungen < 0,50 cm zu gewährleisten, ist ein Bodenaustausch bis zum Mergel erforderlich.

Für die Promenadenbefestigung empfiehlt sich ein Aufbau in Anlehnung an die RStO 12. Hierfür ist ein verbessertes Planum und frostsicherer Gesamtaufbau von mindestens 50 cm vorzusehen.

Mit freundlichen Grüßen

**HPC AG**

i.A.   
Christian Schwarz  
(Dipl.-Ing.)

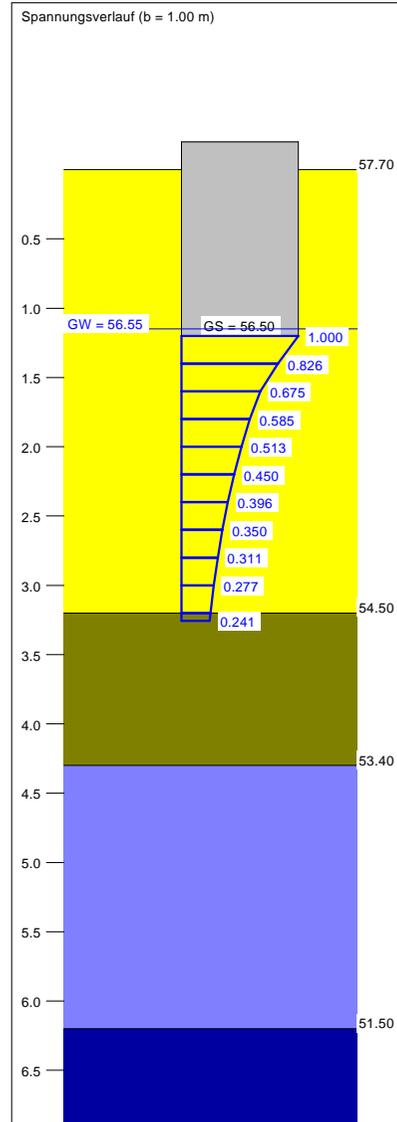
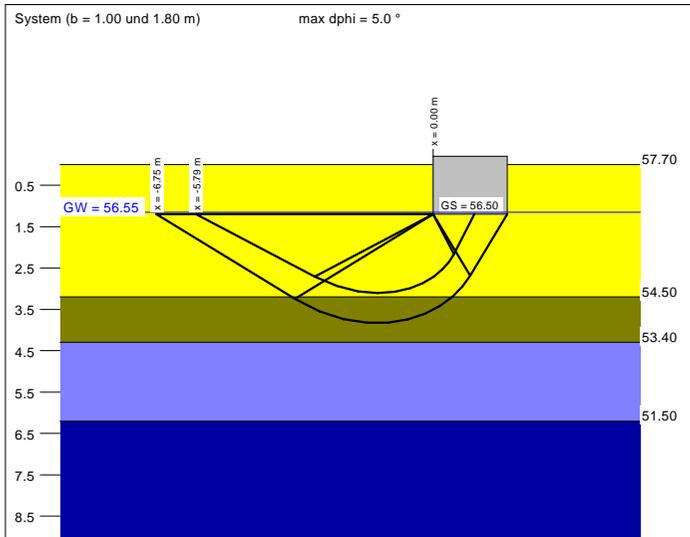
i.A.   
Sandra Hammacher  
(Dipl.-Ing.)

Anlagen: Fundamentdiagramme

# Anlagen

Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	10.0	35.0	0.0	60.0	0.00	Bodenaustausch
	18.0	8.0	22.5	1.0	2.0	0.00	Schluffe / Tone
	20.0	10.0	30.0	0.0	30.0	0.00	Verwitterungshorizont
	22.0	12.0	35.0	15.0	100.0	0.00	Mergelstein

Gründung Ortbetonwand Ufereinfassung Südseite  
Gründungssohle 56,5 m NHN; Bodenaustausch d = 2,0 m



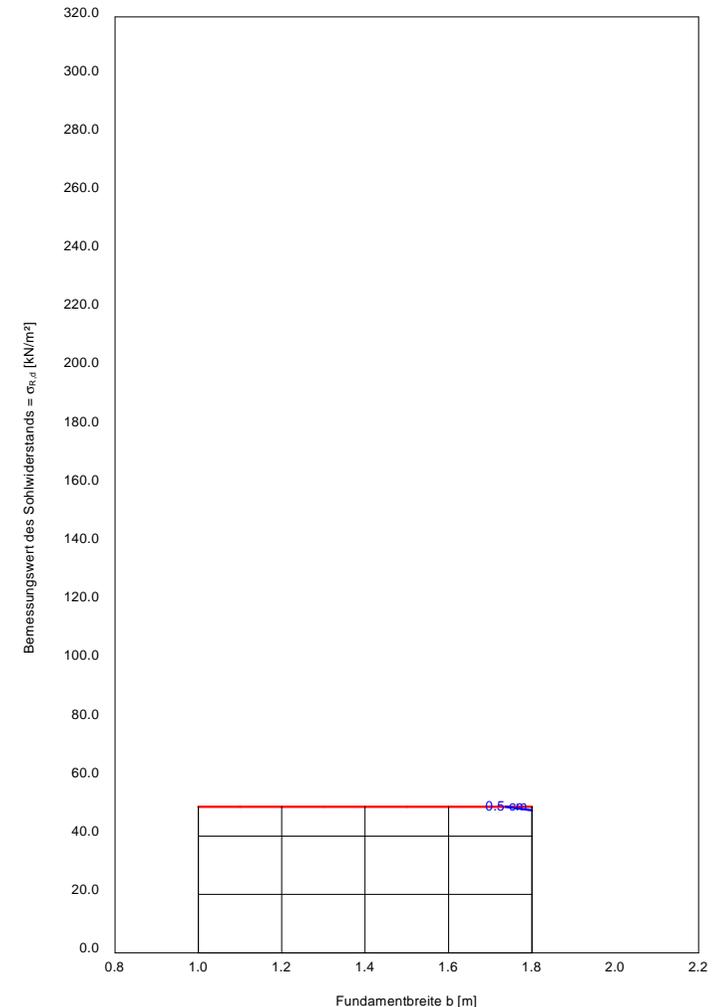
Berechnungsgrundlagen:  
 ISEK Hillerheide  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Streifenfundament (a = 10.00 m)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.400  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.400 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.400) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.410$   
 $\sigma_{R,d}$  auf 50.00 kN/m<sup>2</sup> begrenzt  
 Oberkante Gelände = 57.70 m  
 Gründungssohle = 56.50 m  
 Grundwasser = 56.55 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %  
 Grenziefen spannungsvariabel bestimmt  
 Datei: Streifen GS 56.5 d=2m.gdg

— Sohlruck  
 — Setzungen

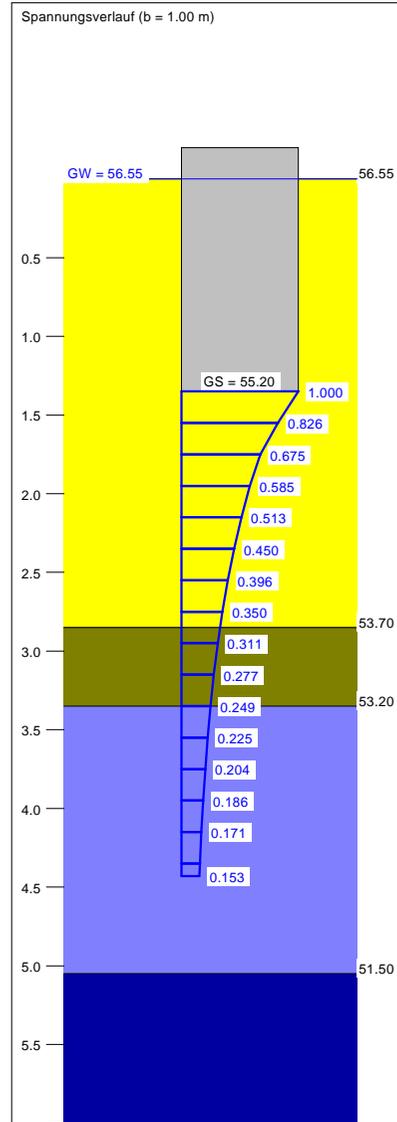
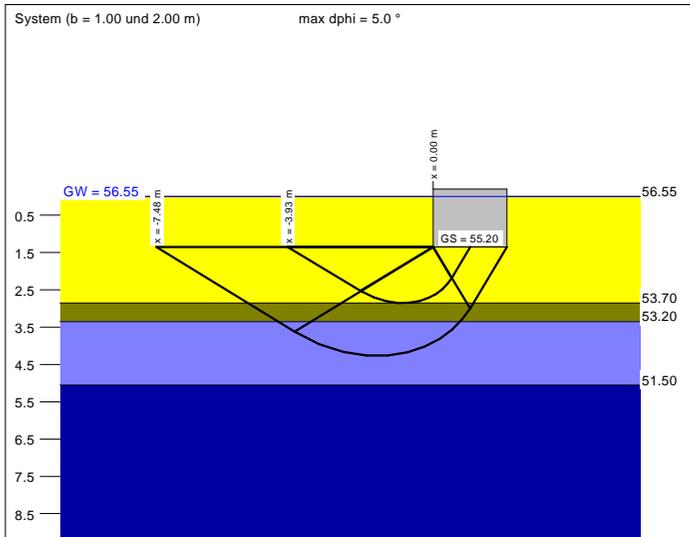
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	R <sub>n,d</sub> [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	s [cm]	cal $\phi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_0$ [kN/m <sup>2</sup> ]	t <sub>g</sub> [m]	UK LS [m]
10.00	1.00	50.0	50.0	35.5	0.08	35.0	0.00	10.00	22.35	3.26	3.11
10.00	1.10	50.0	55.0	35.5	0.14	33.7 *	0.00	10.00	22.35	3.37	3.20
10.00	1.20	50.0	60.0	35.5	0.20	31.4 *	0.00	10.00	22.35	3.48	3.20
10.00	1.30	50.0	65.0	35.5	0.25	29.1 *	0.00	10.00	22.35	3.58	3.20
10.00	1.40	50.0	70.0	35.5	0.31	27.4 *	0.10	9.99	22.35	3.67	3.24
10.00	1.50	50.0	75.0	35.5	0.37	27.5 *	0.23	9.95	22.35	3.76	3.38
10.00	1.60	50.0	80.0	35.5	0.42	27.5 *	0.30	9.89	22.35	3.85	3.52
10.00	1.70	50.0	85.0	35.5	0.48	27.4 *	0.36	9.83	22.35	3.93	3.67
10.00	1.80	50.0	90.0	35.5	0.54	27.5 *	0.40	9.77	22.35	4.01	3.82

\* phi wegen 5° Bedingung abgemindert  
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{M,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{M,k} / (1.40 \cdot 1.41) = \sigma_{M,k} / 1.97$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.40



Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	19.0	10.0	35.0	0.0	60.0	0.00	Bodenaustausch
	18.0	8.0	22.5	1.0	2.0	0.00	Schluffe / Tone
	20.0	10.0	30.0	0.0	30.0	0.00	Verwitterungshorizont
	22.0	12.0	35.0	15.0	100.0	0.00	Mergelstein

## Gründung Ortbetonwand Ufereinfassung Südseite Gründungssohle 55,20 m NHN; Bodenaustausch d = 1,5 m

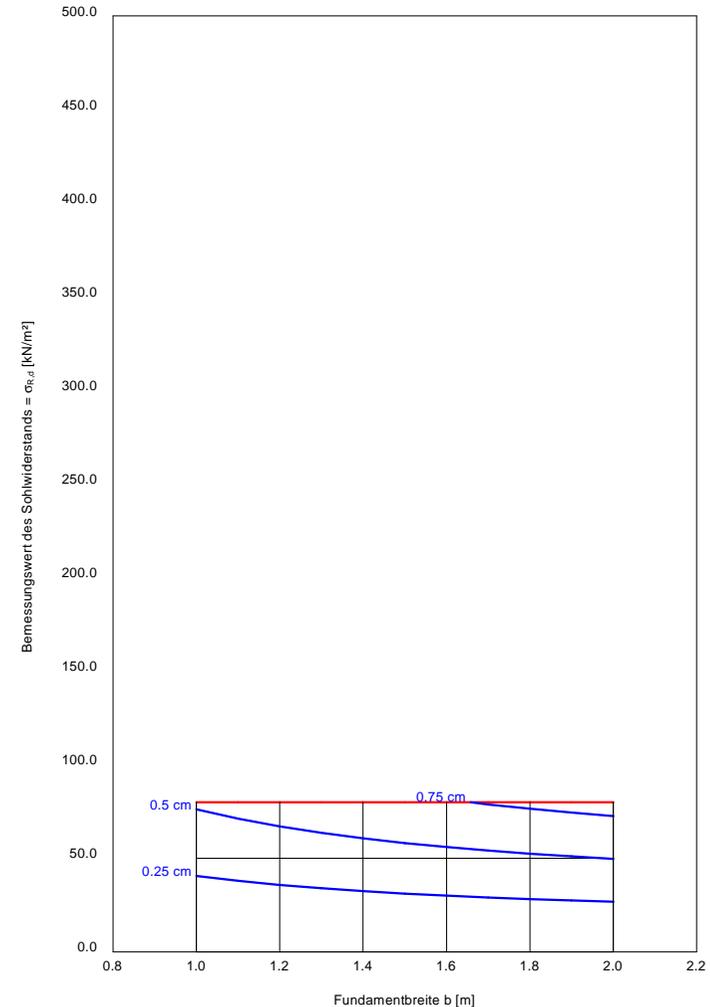


Berechnungsgrundlagen:  
 ISEK Hillerheide  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Streifenfundament (a = 10.00 m)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.400  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.400 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.400) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.410$   
 $\sigma_{R,d}$  auf 80.00 kN/m<sup>2</sup> begrenzt  
 Oberkante Gelände = 56.55 m  
 Gründungssohle = 55.20 m  
 Grundwasser = 56.55 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %  
 Grenziefen spannungsvariabel bestimmt  
 Datei: Streifen GS 55,2 d=1,5 m.gdg

— Sohlbruck  
 — Setzungen

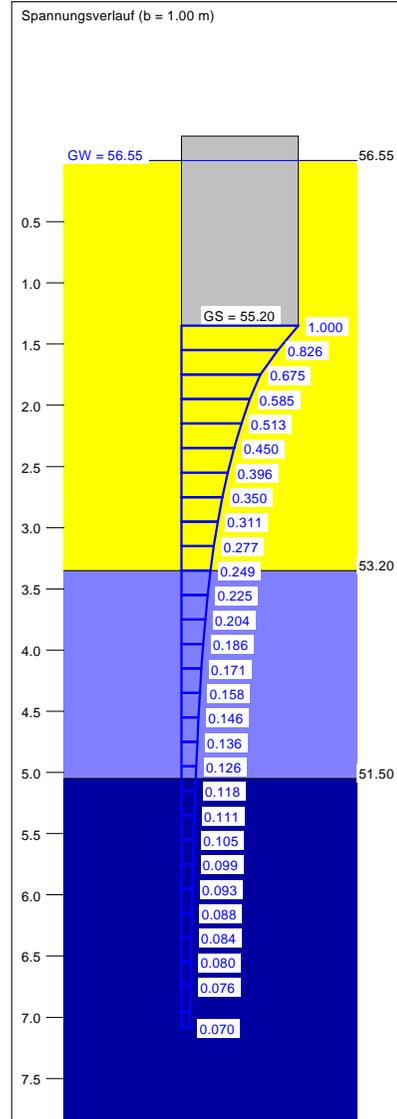
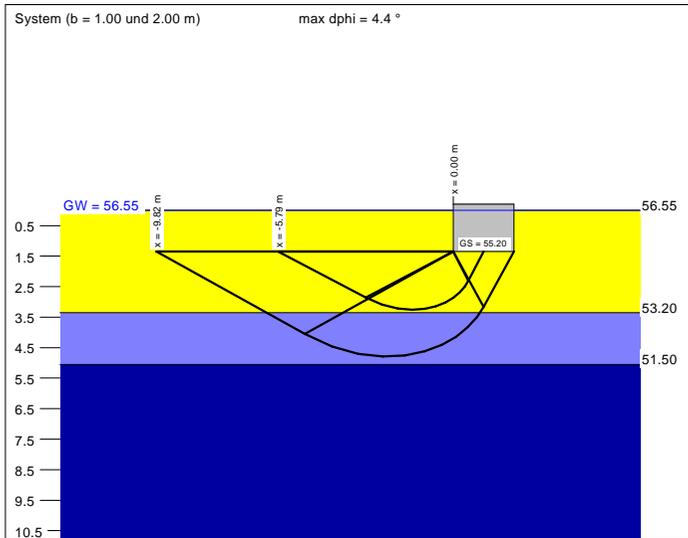
a	b	$\sigma_{R,d}$	$R_{n,d}$	$\sigma_{E,k}$	s	cal $\varphi$	cal c	$\gamma_2$	$\sigma'_0$	$t_g$	UK LS
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[cm]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]
10.00	1.00	80.0	80.0	56.7	0.53	28.4 *	0.00	10.00	13.50	4.43	2.85
10.00	1.10	80.0	88.0	56.7	0.57	27.4 *	0.20	9.97	13.50	4.57	2.95
10.00	1.20	80.0	96.0	56.7	0.61	27.5 *	0.30	9.89	13.50	4.71	3.09
10.00	1.30	80.0	104.0	56.7	0.64	27.5 *	0.37	9.81	13.50	4.84	3.24
10.00	1.40	80.0	112.0	56.7	0.68	27.4 *	0.32	9.74	13.50	4.96	3.38
10.00	1.50	80.0	120.0	56.7	0.71	27.4 *	0.23	9.70	13.50	5.07	3.53
10.00	1.60	80.0	128.0	56.7	0.74	27.5 *	0.19	9.69	13.50	5.17	3.68
10.00	1.70	80.0	136.0	56.7	0.76	27.5 *	0.17	9.68	13.50	5.27	3.82
10.00	1.80	80.0	144.0	56.7	0.79	27.5 *	0.16	9.68	13.50	5.36	3.97
10.00	1.90	80.0	152.0	56.7	0.81	27.5 *	0.15	9.68	13.50	5.45	4.11
10.00	2.00	80.0	160.0	56.7	0.83	27.5 *	0.14	9.68	13.50	5.54	4.26



\* phi wegen 5° Bedingung abgemindert  
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{M,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{M,k} / (1.40 \cdot 1.41) = \sigma_{M,k} / 1.97$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.40

Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	19.0	10.0	35.0	0.0	60.0	0.00	Bodenaustausch
	20.0	10.0	30.0	0.0	30.0	0.00	Verwitterungshorizont
	22.0	12.0	35.0	15.0	100.0	0.00	Mergelstein

## Gründung Ortbetonwand Ufereinfassung Südseite Gründungssohle 55,20 m NHN; Bodenaustausch bis zum Mergel



Berechnungsgrundlagen:  
 ISEK Hillerheide  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Streifenfundament (a = 10.00 m)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.400  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.400 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.400) \cdot \gamma_G$

$\gamma_{(G,Q)} = 1.410$   
 $\sigma_{R,d}$  auf 300.00 kN/m<sup>2</sup> begrenzt  
 Oberkante Gelände = 56.55 m  
 Gründungsohle = 55.20 m  
 Grundwasser = 56.55 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %  
 Grenziefen spannungsvariabel bestimmt  
 Datei: Streifen GS 55,2.gdg  
 Sohlbruck  
 Setzungen

a	b	$\sigma_{R,d}$	$R_{n,d}$	$\sigma_{E,k}$	s	cal $\phi$	cal c	$\gamma_2$	$\sigma_0$	$t_g$	UK LS
[m]	[m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[cm]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]
10.00	1.00	300.0	300.0	212.8	0.60	35.0	0.00	10.00	13.50	7.09	3.26
10.00	1.10	300.0	330.0	212.8	0.64	34.4	0.00	10.00	13.50	7.33	3.40
10.00	1.20	300.0	360.0	212.8	0.68	33.9	0.00	10.00	13.50	7.56	3.54
10.00	1.30	300.0	390.0	212.8	0.72	33.5	0.00	10.00	13.50	7.78	3.70
10.00	1.40	300.0	420.0	212.8	0.76	33.2	0.00	10.00	13.50	7.99	3.85
10.00	1.50	300.0	450.0	212.8	0.79	33.0	0.00	10.00	13.50	8.19	4.01
10.00	1.60	300.0	480.0	212.8	0.82	32.8	0.00	10.00	13.50	8.38	4.16
10.00	1.70	300.0	510.0	212.8	0.85	32.7	0.00	10.00	13.50	8.56	4.32
10.00	1.80	300.0	540.0	212.8	0.88	32.6	0.00	10.00	13.50	8.73	4.48
10.00	1.90	300.0	570.0	212.8	0.91	32.4	0.00	10.00	13.50	8.90	4.64
10.00	2.00	300.0	600.0	212.8	0.94	32.3	0.00	10.00	13.50	9.06	4.79

$\sigma_{E,k} = \sigma_{R,d} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,d} / (1.40 \cdot 1.41) = \sigma_{R,d} / 1.97$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.40

