



**Gesellschaft für Grundbau
und Umweltechnik mbH**

GGU mbH • In den Ungleichen 3 • 39171 Osterweddingen

Hessische Landesbahn GmbH
Erlenstraße 2

60325 Frankfurt am Main

Magdeburg

Telefon +49 (0)39205/4538-0

Telefax +49 (0)39205/4538-11

www.ggu.de

post-md@ggu.de

Baugrund

Grundwasser

Umwelttechnik / Altlasten

Damm- und Deichbau

Straßen- und Erdbau

Spezialtiefbau

Deponiebau

Kunststofftechnik

Software-Entwicklung

Butzbach
Neubau Wartungseinrichtung
Geotechnischer Bericht

19.12.2022

Baugrunderkundung

Feldmesstechnik

Prüflabore für Boden

Prüflabor für Kunststoff

Inspektionsstelle

Braunschweig

Magdeburg

Öhringen

Schwerin

Bericht: 5625 / 22

Verteiler: HLB, Frankfurt am Main

3-fach

Bearbeiter: Dr.-Ing. Peter Grubert
M. Eng. R. Slotta

Beratende Ingenieure VBI,
BDB, DWA, DGGT, ITVA, BWK

Sachverständige für

Erd- und Grundbau

Vereidigte Sachverständige

Amtsgericht Braunschweig

HRB 9354

Geschäftsführer:

Prof. Dr.-Ing. Johann Buß,

Dr.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing.

Peter Grubert, M.Sc.,

Dr.-Ing. Carl Stoewahse

Dipl.-Ing. Birk Kröber

Dipl.-Ing. Axel Seilkopf

Inhalt

1	Einleitung	5
2	Unterlagen	6
3	Untersuchungen	8
3.1	Geologische Verhältnisse	8
3.2	Erkundung	8
3.3	Vermessung.....	10
3.4	Verkehrsflächen.....	13
3.5	Direkte Aufschlüsse, Schichtung (BK und KRB).....	14
3.6	Baggerschürfe in Auffüllung.....	16
3.7	Drucksondierungen.....	17
3.8	Rammsondierung	17
3.9	Bodenmechanisches Labor	18
3.10	Grund- und Schichtwasser	22
3.11	Bodenkennwerte	26
4	Homogenbereiche	28
5	Grundbautechnische Bewertung	31
5.1	Baumaßnahmen	31
5.2	Hochbau	31
5.2.1	Allgemeines	31
5.2.2	Gründungskonzept	32
5.2.3	Bemessung.....	33
5.3	Straßen-/Verkehrsflächen.....	36
5.4	Gleisanlage.....	39
5.5	Stützkonstruktionen	40
5.6	Böschungen.....	42
5.7	Maßnahmen.....	42
5.8	Regenwasserversickerung	47
6	Zusammenfassung	47

Tabellen

Tabelle 1:	Koordinatenliste Bohrungen BK	10
Tabelle 2:	Koordinatenliste Kleinrammbohrung KRB	11
Tabelle 3:	Koordinatenliste Baggerschürfe S	12
Tabelle 4:	Koordinatenliste Drucksondierungen CPT	12
Tabelle 5:	Koordinatenliste Rammsondierungen DPH.....	13
Tabelle 6:	Kernbohrungen KB, Mächtigkeit.....	13
Tabelle 7:	Verwitterungshorizont, Benennung (Schicht 3)	19
Tabelle 8:	Verwitterungshorizont, Zustandsgrenzen (Schicht 3).....	20
Tabelle 9:	Verwitterungshorizont, Oedometerversuch (Schicht 3)	21
Tabelle 10:	Wasserstände.....	22
Tabelle 11:	Grundwassermessstellen	24
Tabelle 12:	Ableitung der Bemessungswasserstände	25
Tabelle 13:	Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09	29
Tabelle 14:	Homogenbereiche nach DIN 18304:2019-09	29
Tabelle 15:	Homogenbereiche nach DIN 18320:2019-09	30
Tabelle 16:	Fundament-Bemessungen, Einzelfundamente	34
Tabelle 17:	Fundament-Bemessungen, Bodenplatte	35
Tabelle 18:	Mächtigkeit der Schutzschicht nach [22]	39
Tabelle 19:	Abdichtung nach DIN 18533-1:2017-07	46

Abbildungen

Abbildung 1:	Lage und Umgebung des Standortes.....	5
Abbildung 2:	Aufnahme Baggerschurf H1	16
Abbildung 3:	Körnungsband Verwitterungshorizont (Schicht 3)	20
Abbildung 4:	Lage GWMS	23
Abbildung 5:	Übersichtslageplan mit Gebäuden, Gleisen und Verkehrsflächen	31
Abbildung 6:	Auszug aus [21], Karte der Frosteinwirkungszonen in Deutschland .	37
Abbildung 7:	Anordnung von Stützkonstruktionen.....	40

Anlagen

Anlage 1	Lageplan
Anlage 1.1	Lageplan Bohrungen
Anlage 1.2	Lageplan Kleinrammbohrungen
Anlage 1.3	Lageplan Baggerschürfe
Anlage 2	Baugrundschnitte
Anlage 2.1	Baugrundschnitte – Bohrungen im Bereich Wartungseinrichtung, Betriebsgebäude und URD-Anlage
Anlage 2.2	Baugrundschnitte – Kleinrammbohrung im Bereich Gleisanlage
Anlage 2.3	Baugrundschnitte – Baggerschürfe im Bereich Wartungseinrichtung
Anlage 3	Ergebnisse bodenmechanisches Labor
Anlage 3.1	Wassergehalt
Anlage 3.2	Korngrößenverteilung
Anlage 3.3	Konsistenzgrenzen
Anlage 3.4	Kompressionsversuch
Anlage 3.5	Kalkgehalt
Anlage 4	Ergebnisse Grundwasseruntersuchung
Anlage 5	Ergebnisse grundbautechnische Berechnungen
Anlage 5.1	Fundamentdiagramme Einzelfundamente
Anlage 5.1.1	Untergrund nach BK B/3
Anlage 5.1.2	Untergrund nach BK A/1
Anlage 5.2	Fundamentdiagramme Bodenplatte
Anlage 5.2.1	Untergrund nach BK B/3
Anlage 5.2.2	Untergrund nach BK A/1
Anlage 5.3	Stützwände Umfahrung Osten und Süden
Anlage 5.3.1	Variante 1 mit Aussteifung durch Betonplatte
Anlage 5.3.2	Variante 1 Bauzustand mit temporärer Aussteifung
Anlage 5.3.3	Variante 2 mit Verpressanker

1 Einleitung

Die HLB – Hessische Landesbahn GmbH (nachfolgend Auftraggeber) plant auf einem etwa 73.000 m² großen Grundstück im Gewerbegebiet Nord II der Stadt Butzbach, Zum Oberwerk, den Neubau einer Wartungseinrichtung als Schienenfahrzeugwerkstatt mit Verwaltungsgebäude und Nebenwerkstätten. Weiterhin ist der Neubau einer Unterflur-Radsatzdrehmaschine sowie die Errichtung von Gleisanlagen für elektrisch- / brennkraftbetriebene Triebfahrzeuge vorgesehen.

Das geplante Werkstattgebäude mit anliegendem Betriebsgebäude hat Abmessungen von etwa 82 x 198 m. Weiterhin ist die Errichtung eines Kombigebäudes mit Abmessungen von 18 x 36 m sowie mehreren Lagergebäuden mit Abmessungen von etwa 17 x 72 m (Lagergebäude I) bzw. 26,5 x 47,0 m (Lagergebäude II, III, IV) vorgesehen.

Der nachfolgenden Abbildung kann die Lage und die Umgebung des Standortes entnommen werden.



Abbildung 1: Lage und Umgebung des Standortes

Für die weiteren Planungen wurde die Planungsgemeinschaft IBL GmbH / GGU mbH beauftragt. Im Aufgabenbereich der GGU mbH lag die Beschreibung der Untergrundverhältnisse über entsprechende Baugrunduntersuchungen und die Erarbeitung eines Gründungskonzeptes für das Werkstattgebäude, Betriebsgebäude, die Nebengebäude, Stützbauwerke sowie der Gründung der Gleisanlage in dem vorliegenden Geotechnischen Bericht.

Detaillierte Gründungsdimensionierungen und weitere erdstatische Nachweise werden nach Vorliegen entsprechender Planungen in einem gesonderten Geotechnischen Entwurfsbericht dargestellt.

Im Zuge der Baumaßnahme werden auch erdbautechnische Maßnahmen erforderlich, bei denen umwelttechnische Belange berührt werden. Diese werden in einem Folgebericht „Abfall- und Bodenschutzrechtliche Standorterkundung, Ergebnisbericht und Verwertungskonzept“ behandelt und sind nicht Bestandteil des vorliegenden Geotechnischen Berichtes.

2 Unterlagen

Für die Bearbeitung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- [1] Geologische Übersichtskarte, GÜK 300; Geologie Viewer des Landes Hessen
- [2] Neubau Schienenfahrzeugwerkstatt, Zum Oberwerk, 35510 Butzbach, Gemeinde Butzbach, Gemarkung Butzbach, Flur 4, Flurstück 51/8; 125/3; 125/4 (Machbarkeitsstudie); Geotechnischer Bericht; Aktenzeichen: 66220; geo:contor, Butzbach; 05.10.2020
- [3] Neubau einer Wartungseinrichtung in Butzbach; Projekt-Nr.: 21017; Ansichten, Grundrisse und Schnitte, Planverfasser: IBL GmbH, Magdeburg; 09.09.2022
- [4] Neubau einer Wartungseinrichtung in Butzbach; Projekt-Nr.: 21017; Ansichten, Grundrisse und Schnitte Kombigebäude, Planverfasser: IBL GmbH, Magdeburg; 09.09.2022
- [5] Neubau einer Wartungseinrichtung in Butzbach; Projekt-Nr.: 21017; Ansichten, Grundrisse und Schnitte Lagergebäude I, Planverfasser: IBL GmbH, Magdeburg; 08.09.2022
- [6] Neubau einer Wartungseinrichtung in Butzbach; Projekt-Nr.: 21017; Ansichten, Grundrisse und Schnitte Lagergebäude II, III und IV, Planverfasser: IBL GmbH, Magdeburg; 08.09.2022
- [7] Neubau Wartungseinrichtung in Butzbach, Gleislageplan, Querschnitt 1, Querschnitt 2, Planverfasser: Planung Bauüberwachung Vermessung für Infrastruktur GmbH, Berlin, 09/22
- [8] Neubau einer Wartungseinrichtung für Schienenfahrzeuge in Butzbach, Straßenbau, Querschnitt 3, Querschnitt 4, Querschnitt 5, Querschnitt 6, Querschnitt 7, Planverfasser: Planung Bauüberwachung Vermessung für Infrastruktur GmbH, Berlin, 08/22
- [9] Neubau einer Wartungseinrichtung in Butzbach; Projekt-Nr.: 21017; Fundamentplan mit vorläufigen Lastangaben, Planverfasser: ARGE Butzbach IBL GmbH - GGU GmbH, Magdeburg; 11.04.2022

- [10] Butzbach, Neubau Wartungseinrichtung, Abfall- und Bodenschutzrechtliche Standorterkundung, Ergebnisbericht und Verwertungskonzept, Bericht 5625.2 / 22 der GGU mbH, Magdeburg

Normen und Richtlinien

- [11] DIN 18300: 2019-09
Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) Erdarbeiten
- [12] DIN 4020: 2010-12
Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke, Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2
- [13] DIN EN ISO 14688-1:2018-05
Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden
- [14] DIN EN ISO 14688-2:2018-05
Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden
- [15] DIN EN ISO 22475-1:2007-01
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen - Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung
- [16] DIN EN ISO 22476-1:2013-10
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 1: Drucksondierungen mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck
- [17] DIN EN ISO 22476-2:2012-03
Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 2: Rammsondierungen
- [18] DIN EN 1997-2: 2010-08
Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik - Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrundes
- [19] DIN 18196:2006-06
Erd- und Grundbau – Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
- [20] DIN 18533:2017-06
Abdichtung von erdberührten Bauteilen – Teil 1: Anforderungen, Planungs- und Ausführungsgrundsätze
- [21] RStO12 – Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen; FGSV – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen e.V., Köln; Arbeitsgruppe Infrastrukturmanagement; Ausgabe 2012
- [22] Ril 836.4101 – Erdbauwerke und sonstige Bauwerke; Planung (Technische Bearbeitung); Deutsche Bahn AG; Gültig ab 01.02.2013

3 Untersuchungen

3.1 Geologische Verhältnisse

Der Untersuchungsbereich liegt aus regionalgeologischer Sicht im nördlichen Siedlungsgebiet der Stadt Butzbach. Dieses Gebiet liegt am nordöstlichen Übergang des Mittelgebirges Taunus zum Landschaftsgebiet Wetterau, welche zum Rhein-Main-Tiefland gezählt wird.

Entsprechend der GÜK 300 (Unterlage [1]) werden im Untersuchungsbereich neben pleistozäner Fließerde aus Ton, Schluff, oft mit Steinen, Grus und Sand in ungegliederter Form auch Böden des Ober Emsium / Oberes Unterdevon als Tonschiefer, Flaserschiefer, Sandstein, Grauwacke, Kalkstein und Quarzit ausgewiesen. Diese Böden werden in den obersten Bereichen in verschiedenen Verwitterungsstufen vorliegen.

Aufgrund der unterschiedlichsten gewerblichen und militärischen Vornutzungen des Grundstücks ist mit anthropogenen Ablagerungen und Beeinflussungen der oberflächennah anstehenden Böden zu rechnen.

Weiträumig betrachtet ist ein Geländeabfall von Nordosten in Richtung Südwesten von etwa 218,00 m NHN auf 207,00 mNHN zu verzeichnen. Im Norden, Osten und Südosten grenzen landwirtschaftlich genutzte Flächen an den Untersuchungsbereich. Im Westen liegen u. a. das Anschlussgleis der HLB sowie weitere Gleise und Produktionshallen der Fa. Voestalpine Turnout Technology Germany GmbH.

Angaben zu den hydrogeologischen Verhältnissen gehen aus dem Kartenwerk nicht hervor.

3.2 Erkundung

Ergebnisse einer ersten geotechnischen Erkundung aus 2020 liegen mit [2] vor. Der Untersuchungsbereich wurde gewerblich und militärisch genutzt. Es besteht eine als Teststrecke genutzte Umfahrung. Im Innenbereich dieser Umfahrung werden aufgrund der vorangegangenen Erkundungen anthropogene Auffüllungen mit Ablagerungen von Boden und Bauschutt erwartet.

Aufbauend auf den Voruntersuchungen wurden zur ergänzenden Erkundung der Grundverhältnisse im Zeitraum Februar bis April 2022 folgende direkte und indirekte Baugrundaufschlüsse im Untersuchungsbereich ausgeführt:

Bereich Wartungseinrichtung

- Herstellen von 33 Bohrungen mit durchgehender Gewinnung nicht gekernter Proben (BK) nach DIN EN ISO 22475-1:2007-01 mit einem Durchmesser von rd. 200 mm; Tiefe zwischen 11,00 und 15,00 m uGOK
- Herstellen von 13 Drucksondierungen (CPT) nach DIN EN ISO 22476-1:2013-10; Tiefe bis 15,00 m uGOK

Bereich Gleisanlage

- Herstellen von 44 Kleinrammbohrungen (KRB) nach DIN EN ISO 22475-1:2007-01; Tiefe zwischen 5,00 und 8,00 m uGOK
- Herstellen von 11 schweren Rammsondierungen (DPH) nach DIN EN ISO 22476-2:2012-03; Tiefe bis 8,00 m uGOK

Bereich Auffüllungen (Innenbereich der Umfahrung)

- Herstellen von 35 Baggerschürfe (S), Tiefe zwischen 0,60 und 3,40 m uGOK

Eine geotechnische Begleitung erfolgte durch die GGU mbH. Die erkundeten Bodenschichten wurden zunächst vor Ort angesprochen. Es wurden gestörte Bodenproben, welche meterweise in Kernkisten ausgelegt wurden und ungestörte Sonderproben gewonnen. Weiterhin wurden gestörte Becherproben genommen. Die Bodenproben wurden in das Labor der GGU mbH geliefert, wo weitere Untersuchungen stattfanden.

An ausgewählten Bodenproben wurden nachfolgende bodenmechanische Laboruntersuchungen wie folgt ausgeführt:

- 30 St. Bestimmung des natürlichen Wassergehaltes (w_n) nach DIN EN ISO 17 892-1
- 37 St. Bestimmung der Korngrößenverteilung mittels kombinierter Sieb-/Schlammanalyse (KVS) nach DIN EN ISO 17 892-4
- 18 St. Bestimmung der Zustandsgrenze nach Atterberg (z_{td}) gemäß DIN 18 122
- 10 St. Bestimmung des Steifemoduls mittels Kompressionsversuch nach DIN EN ISO 17 892-5
- 4 St. Bestimmung des Kalkgehaltes (klk) nach DIN 18 129

Die Lage der Ansatzpunkte ist in Anlage 1 dargestellt. Dabei wird unterteilt in einen Lageplan der Bohrungen und Drucksondierungen (Anlage 1.1 – Werkstattgebäude mit anliegendem Betriebsgebäude), einen Lageplan der Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen (Anlage 1.2 – Gleisanlage) und einen Lageplan der Schürfe (Anlage 1.3 – Werkstattgebäude mit anliegendem Betriebsgebäude).

Die Ergebnisse der Erkundungen sind in den Baugrundschnitten (Anlage 2) dargestellt. Dabei wird unterteilt in einen Baugrundschnitt der Bohrungen und Drucksondierungen (Anlage 2.1 – Werkstattgebäude mit anliegendem Betriebsgebäude), einen Baugrundschnitt der Kleinrammbohrungen und Rammsondierungen (Anlage 2.2 – Gleisanlage) und einen Baugrundschnitt der Schürfe (Anlage 2.3 – Werkstattgebäude mit anliegendem Betriebsgebäude). Die Ergebnisse der bodenmechanischen Laborergebnisse liegen in der Anlage 3 bei.

3.3 Vermessung

Die Ansatzpunkte der Aufschlüsse wurden mittels GPS im System UTM Zone 32U, Bezugssystem ETRS89 eingemessen. Die Koordinaten sind in den nachfolgenden Tabellen dokumentiert.

Tabelle 1: Koordinatenliste Bohrungen BK

Bohrpunkt	Rechtswert	Hochwert	Höhe [mNHN]	Endteufe [m uGOK]	Sohle [mNHN]
BK A/1	3476 555,95	5589 886,70	211,43	14,00	197,43
BK A/2	3476 566,31	5589 897,49	211,91	13,00	198,91
BK A/3	3476 592,01	5589 918,35	215,44	14,00	201,44
BK A/4	3476 611,86	5589 931,26	215,56	13,00	202,56
BK B/1	3476 565,68	5589 866,19	211,04	13,00	198,04
BK B/2	3476 582,72	5589 875,99	214,44	14,00	200,44
BK B/3	3476 608,92	5589 898,28	215,48	13,00	202,48
BK B/4	3476 630,16	5589 910,60	213,53	13,00	200,53
BK C/1	3476 580,23	5589 846,92	211,36	14,00	197,36
BK C/2	3476 602,71	5589 861,42	213,51	13,00	200,51
BK C/3	3476 626,70	5589 874,55	213,35	14,00	199,35
BK C/4	3476 645,29	5589 893,37	213,48	13,00	200,48
BK D/1	3476 590,05	5589 827,33	211,58	13,00	198,58
BK D/2	3476 612,77	5589 841,37	213,27	14,00	199,27
BK D/3	3476 637,80	5589 860,19	213,38	14,00	199,38
BK D/4	3476 658,56	5589 874,54	213,27	14,00	199,27
BK E/1	3476 610,87	5589 814,19	212,45	14,00	198,45
BK E/2	3476 626,04	5589 824,25	212,64	13,00	199,64
BK E/3	3476 650,43	5589 842,21	212,85	14,00	198,85
BK E/4	3476 669,04	5589 856,40	213,19	13,00	200,19
BK F/1	3476 623,04	5589 788,92	211,75	14,00	197,75
BK F/2	3476 640,36	5589 803,28	212,33	13,00	199,33
BK F/3	3476 666,69	5589 821,04	212,67	13,00	199,67
BK F/4	3476 685,73	5589 835,15	213,78	15,00	198,78
BK G/1	3476 636,95	5589 768,73	210,45	14,00	196,45
BK G/2	3476 654,93	5589 783,38	211,55	14,00	197,55
BK G/3	3476 673,32	5589 796,21	212,00	14,00	198,00
BK H/1	3476 650,00	5589 755,39	210,46	13,00	197,46
BK H/2	3476 667,20	5589 770,97	211,31	13,00	198,31
BK H/3	3476 690,78	5589 781,68	211,57	13,00	198,57
BK I/1	3476 663,61	5589 730,12	209,66	11,00	198,66
BK I/2	3476 681,93	5589 746,73	210,47	11,00	199,47
BK I/3	3476 696,92	5589 763,31	211,99	11,00	200,99

Tabelle 2: Koordinatenliste Kleinrammbohrung KRB

Bohrpunkt	Rechtswert	Hochwert	Höhe	Endteufe [m uGOK]	Sohle [mNHN]
KRB 1	3476 415,12	5590 070,16	217,94	4,80	213,14
KRB 2	3476 437,68	5590 043,89	216,39	4,40	211,99
KRB 3/3a	3476 455,92	5590 058,64	216,88	0,45	216,43
KRB 4	3476 432,56	5590 024,99	216,38	1,60	214,78
KRB 5	3476 454,61	5590 021,21	215,62	3,80	211,82
KRB 6/6a	3476 472,41	5590 034,56	215,98	4,50	211,48
KRB 7	3476 493,85	5590 050,28	216,31	4,50	211,81
KRB 8	3476 470,08	5590 002,46	215,02	4,40	210,62
KRB 9	3476 489,14	5590 015,46	215,08	2,65	212,43
KRB 10	3476 507,33	5590 030,49	214,18	5,10	209,08
KRB 11	3476 524,72	5590 042,43	215,16	5,80	209,36
KRB 12	3476 464,18	5589 984,64	213,39	4,20	209,19
KRB 13	3476 485,49	5589 980,43	213,16	4,80	208,36
KRB 14	3476 503,28	5589 993,75	213,80	5,80	208,00
KRB 15	3476 543,31	5590 028,19	214,76	4,40	210,36
KRB 16	3476 564,79	5590 031,17	215,61	5,90	209,71
KRB 17	3476 498,58	5589 964,98	212,71	4,60	208,11
KRB 18	3476 516,64	5589 978,56	211,71	3,20	208,51
KRB 19	3476 536,26	5589 994,02	213,12	3,70	209,42
KRB 20	3476 559,80	5590 011,79	215,22	4,60	210,62
KRB 21	3476 497,78	5589 940,77	212,22	4,60	207,62
KRB 22	3476 594,28	5590 022,20	215,45	4,80	210,65
KRB 23	3476 516,88	5589 939,38	210,46	4,70	205,76
KRB 24	3476 535,73	5589 953,19	211,68	5,50	206,18
KRB 25	3476 555,62	5589 969,15	213,56	4,80	208,76
KRB 26	3476 578,40	5589 985,11	216,74	7,20	209,54
KRB 27	3476 590,41	5590 004,75	215,40	4,60	210,80
KRB 29	3476 622,09	5589 996,10	214,38	3,10	211,28
KRB 30/30a	3476 526,80	5589 909,11	210,09	0,40	209,69
KRB 31	3476 537,30	5589 913,41	210,67	4,50	206,17
KRB 32	3476 555,61	5589 927,27	212,54	4,40	208,14
KRB 33	3476 576,84	5589 943,24	215,58	4,65	210,93
KRB 34	3476 598,27	5589 960,25	215,34	5,70	209,64
KRB 35	3476 536,43	5589 878,84	211,18	5,10	206,08
KRB 36	3476 544,64	5589 857,95	209,54	3,80	205,74
KRB 37	3476 551,57	5589 839,15	209,18	3,50	205,68
KRB 38	3476 566,24	5589 814,76	209,83	6,80	203,03
KRB 39	3476 557,92	5589 796,70	208,18	4,20	203,98
KRB 40	3476 578,40	5589 797,87	210,03	4,80	205,23
KRB 41	3476 562,63	5589 775,48	207,85	3,40	204,45
KRB 42	3476 590,08	5589 778,47	210,14	6,10	204,04
KRB 43	3476 605,21	5589 751,71	209,23	3,10	206,13
KRB 44	3476 588,07	5589 738,15	207,51	3,40	204,11
KRB 45	3476 602,27	5589 717,62	207,55	3,30	204,25

Tabelle 3: Koordinatenliste Baggerschürfe S

Schurf	Rechtswert	Hochwert	Höhe	Endteufe [m uGOK]	Sohle [mNHN]
S A1	3476 573,50	5589 989,65	216,93	3,30	213,63
S A2	3476 590,26	5590 005,48	215,53	1,20	214,33
S A3	3476 600,04	5589 999,99	214,91	2,30	212,61
S B1	3476 576,84	5589 974,62	216,40	3,40	213,00
S B2	3476 594,55	5589 979,77	216,38	3,30	213,08
S B3	3476 614,02	5589 982,91	214,30	0,90	213,40
S C1	3476 582,31	5589 960,35	215,98	3,20	212,78
S C2	3476 601,43	5589 961,16	215,31	3,20	212,18
S C3	3476 620,42	5589 966,97	214,35	1,20	213,15
S D1	3476 582,95	5589 942,78	215,69	3,30	212,39
S D2	3476 605,46	5589 942,90	215,69	2,50	213,19
S D3	3476 622,25	5589 947,94	214,72	2,20	212,52
S E1	3476 592,48	5589 914,26	215,55	2,00	213,55
S E2	3476 613,39	5589 920,95	215,72	2,00	213,72
S E3	3476 631,75	5589 927,76	213,72	1,70	212,02
S F1	3476 599,01	5589 896,21	215,32	3,00	212,32
S F2	3476 619,91	5589 901,12	215,56	2,20	213,36
S F3	3476 633,17	5589 911,29	213,47	0,60	212,87
S G1	3476 602,57	5589 883,84	214,81	2,00	212,81
S G2	3476 629,91	5589 865,92	213,56	1,50	212,06
S H1	3476 611,89	5589 853,43	213,57	1,80	211,77
S H2	3476 632,94	5589 860,13	213,52	1,60	211,92
S H3	3476 639,19	5589 874,89	213,48	0,80	212,68
S I1	3476 616,43	5589 836,06	213,16	1,80	211,36
S I2	3476 635,13	5589 841,32	213,06	1,40	211,66
S I3	3476 658,66	5589 845,44	213,07	0,80	212,27
S J1	3476 617,54	5589 814,81	212,47	2,30	210,17
S J2	3476 640,87	5589 821,05	212,72	1,20	211,52
S J3	3476 658,51	5589 828,09	212,85	0,90	211,95
S K1	3476 630,75	5589 798,95	212,06	2,00	210,06
S K2	3476 647,45	5589 799,21	212,39	1,70	210,69
S K3	3476 665,39	5589 807,70	212,49	1,70	210,79

Tabelle 4: Koordinatenliste Drucksondierungen CPT

Drucksondierung	Rechtswert	Hochwert	Höhe	Endteufe [m uGOK]	Sohle [mNHN]
CPT 1	3476 556,77	5589 876,53	211,07	15,00	196,07
CPT 2	3476 581,36	5589 909,23	215,50	14,84	200,66
CPT 3c	3476 620,74	5589 925,04	214,96	15,00	199,96
CPT 4	3476 608,20	5589 874,40	215,92	2,94	212,98
CPT 5	3476 587,41	5589 837,54	211,78	15,00	196,78
CPT 6	3476 651,72	5589 885,39	213,39	14,22	199,17
CPT 7	3476 632,34	5589 842,89	213,28	1,07	212,21
CPT 8	3476 615,57	5589 798,65	211,94	0,92	211,02
CPT 9a	3476 652,74	5589 812,09	212,46	2,14	210,32
CPT 10a	3476 679,10	5589 846,08	213,83	13,17	200,66
CPT 11a	3476 643,01	5589 760,55	210,40	15,00	195,40
CPT 12	3476 683,35	5589 784,82	211,21	15,00	196,21
CPT 13	3476 675,32	5589 753,70	209,99	15,00	194,99

Tabelle 5: Koordinatenliste Rammsondierungen DPH

Rammsondierung	Rechtswert	Hochwert	Höhe	Endteufe [m uGOK]	Sohle [mNHN]
DPH 1	3476 608,38	5590 010,03	214,80	7,00	207,80
DPH 2	3476 576,29	5590 017,43	215,22	8,00	207,22
DPH 3	3476 545,24	5590 017,62	215,15	8,00	207,15
DPH 4	3476 488,50	5590 036,12	215,93	8,00	207,93
DPH 5	3476 481,35	5589 998,07	213,94	8,00	205,94
DPH 6	3476 539,05	5589 982,70	212,82	8,00	204,82
DPH 7	3476 504,50	5589 956,87	212,56	8,00	204,56
DPH 8	3476 525,39	5589 926,08	210,54	8,00	202,54
DPH 9	3476 562,41	5589 949,67	212,99	8,00	204,99
DPH 10	3476 557,06	5589 825,10	208,80	8,00	200,80
DPH 11	3476 578,35	5589 778,11	209,52	8,00	201,52

3.4 Verkehrsflächen

Die als Teststrecke genutzte Umfahrung in Asphaltbauweise weist eine Gesamtlänge von etwa 870 m auf. Nordwestlich der Umfahrung ist weiterhin eine Stichstraße aus Stahl-Betonplatten und Asphalt vorhanden. Im Zuge der geplanten Baumaßnahme sind alle vorhandenen Verkehrsflächen vollständig rückzubauen.

Entlang der Umfahrung wurden zur Feststellung der vorhandenen Oberbau-Mächtigkeiten insgesamt 14 Kernbohrungen (nachfolgend KB) in einem Rasterabstand von etwa 65 bis 75 m hergestellt. Im Bereich der Stichstraße wurden 4 Kernbohrungen hergestellt. Hierbei wurde folgender Aufbau festgestellt:

Tabelle 6: Kernbohrungen KB, Mächtigkeit

Kernbohrung	Material	Mächtigkeit [m]
KB 1	Asphalt	0,30
KB 2	Asphalt	0,25
KB 3	Asphalt	0,22
KB 4	Asphalt	0,20
KB 5	Asphalt	0,17
KB 6	Asphalt	0,22
KB 8	Asphalt	0,20
KB 9	Asphalt	0,25
KB 10	Asphalt	0,20
KB 11	Asphalt	0,25
KB 12	Asphalt	0,30
KB 13	Asphalt	0,25
KB 14	Asphalt	0,30
KB 15	Beton	0,14
KB 16	Asphalt	0,17
KB 17	Asphalt	0,17
KB 18	Beton	0,18

3.5 Direkte Aufschlüsse, Schichtung (BK und KRB)

Im Bereich der geplanten Werkstatt wurden Bohrungen mit durchgehender Gewinnung nicht gekernter Proben (BK) mit Endteufen zwischen 11,00 und 15,00 m hergestellt. Für die neu zu errichtenden Gleisanlagen wurden Kleinrammbohrungen (KRB) zwischen 5,00 und 8,00 m abgeteuft. Alle Aufschlussbohrungen weisen oberflächennah neben

Mutterboden (Schicht 1)

*meist aus organischen Schluffen
mit feinsandigen und tonigen Bestandteilen
in weicher bis weich-steifer Konsistenz*

ebenfalls

Auffüllungen (Schicht 2)

*aus Schluff-Sand-Kies-Gemischen
mit anthropogenen Beimengungen unterschiedlichster Form
in lockerer bis mitteldichter Lagerung bzw.
in weicher bis hin zur steif-halbfesten Konsistenz*

auf. Der Mutterboden wurde überwiegend im südlichen Planungsbereich und dabei außerhalb der Umfahrungsstrecke vorgefunden. Die Auffüllungen wurden im Untersuchungsbe-
reich insbesondere innerhalb der Umfahrung und im Norden vorgefunden.

Der Mutterboden (Schicht 1) ist dabei dunkelbraun – lokal schwarz – gefärbt. Die Mächtigkeit des Mutterbodens schwankt zwischen 0,15 und 0,70 m. Im Mittel liegt die Mächtigkeit bei etwa 0,32 m.

Innerhalb der Umfahrung sowie im Norden des Untersuchungsbereiches stehen die Auffüllungen (Schicht 2) bereits ab der Geländeoberkannte an. Hierbei können die obersten Dezimeter lokal von Resten des Mutterbodens abgedeckt bzw. durch Rückstände beeinflusst sein.

Die Mächtigkeit der Auffüllungen schwankt zwischen 0,10 und 3,60 m, im Mittel 1,40 m. Hierbei wurden, wie aufgrund der Voruntersuchungen erwartet, die größten Mächtigkeiten innerhalb der Umfahrungsstrecke festgestellt. Es handelt sich offensichtlich um eine Ablagerungsfläche von Boden- und Bauschuttabfällen. Gegen Norden – Nordwesten nimmt die Mächtigkeit der Auffüllungen tendenziell ab. Lokal wurden in diesem Bereich dennoch Mächtigkeiten von 2,00 bis 2,65 m festgestellt.

Die Auffüllungen weisen unterschiedlichste Färbungen auf. Diese Färbungen sind teilweise stark von den vorhandenen anthropogenen Beeinflussungen abhängig. Innerhalb der Auffüllungen wurden dabei mineralische und nicht mineralische Fremdbestandteile in Form von Beton (z.T. Fundamentreste), Ziegel, Keramik, Eisen, Folie, etc. vorgefunden. Eine Festlegung des prozentualen Volumenanteils dieser Fremdbestandteile ist nicht möglich, da diese bereichsweise sehr stark schwanken können.

Einige Kleinrammbohrungen mussten aufgrund größerer Hindernisse innerhalb der Auffüllungen kleinräumig versetzt werden. Bereichsweise konnten die Auffüllungen trotz des Versetzens der Kleinrammbohrung nicht durchfahren werden. Diese mussten somit bereits in geringerer Tiefe abgebrochen werden.

Im Liegenden des Mutterbodens und den Auffüllungen wurde der gemäß Abschnitt 3.1 sowie der Geologischen Übersichtskarte (Unterlage [1]) erwartete

zersetzte Ton-/Schluffstein /Tonschiefer (Schicht 3)

(nachfolgend als Verwitterungsschicht bezeichnet)

aus einem Schluff-Ton-Gemisch

mit geringen sandigen sowie kiesigen Bestandteilen

in lokal steifer und überwiegend halbfester Konsistenz

erbohrt. In Unterlage [2] wurden bereichsweise (überwiegend im nördlichen Untersuchungsbereich) oberhalb dieser Verwitterungsschicht auch Decklehme ausgewiesen. Diese weisen ähnliche bodenphysikalische Eigenschaften wie die Verwitterungsschicht auf und unterscheiden sich jedoch nur in ihrer Färbung und tendenziell geringeren Konsistenz. Der Schichtübergang ist fließend, sodass die Decklehme in der weiteren bodenmechanischen Betrachtung der Schicht 3 zugeordnet werden.

Die Verwitterungsschicht (Schicht 3) ist überwiegend hellbraun, gelbbraun, ocker – lokal rötlich hellbraun bis braun und olivebraun – gefärbt. Dieser Schicht zugeordnete, oberflächennahe Decklehme sind nach [2] braun-gelbbraun gefärbt. Die Verwitterungsschicht wurde in den Bohrungen (BK) bis zur Endteufe zwischen 11,00 und 15,00 m nicht durchfahren.

Die Konsistenz dieser Böden wurde vor Ort als steif-halbfest bis halbfest-fest beschrieben. Derartige Konsistenzen werden ebenfalls durch die bodenmechanischen Laborergebnisse (siehe Abschnitt 3.9) bestätigt. Lokal sind jedoch geringmächtige Horizonte festgestellt worden, in denen die Konsistenz als weich zu beschreiben ist. Aufgrund der geringen Mächtigkeiten dieser weicheren Horizonte zwischen etwa 0,30 und 0,50 m wurden diese innerhalb der Baugrundschnitte (siehe Anlage 2) nicht gesondert dargestellt. Weiterhin weist diese

lokal abweichende Konsistenz auf eine Schichtenwasserführung innerhalb dieses Horizontes hin.

Mit zunehmender Tiefe wurden innerhalb dieser Schicht bereits geringe Mengen an Gesteinsfragmenten (Tonstein-/ Schluffsteinstücke, lokal Sandsteinstücke) kleinerer Körnung vorgefunden. Eine Gewinnung durchgehender Kerne konnte nicht erfolgen, da das vorhandene Bodenmaterial in Abhängigkeit des natürlichen Wassergehalts bereits zum starken Zerfall neigt. An einigen größeren Bodenproben lässt sich eine geschichtete, schwach geschieferte Struktur nachweisen.

3.6 Baggerschürfe in Auffüllung

Im Bereich der Ablagerungsfläche im Innenbereich der Umfahrung wurden zur genaueren Erkundung der Auffüllungen und insbesondere zur Feststellung von mineralischen und nicht mineralischen Fremdbestandteilen Baggerschürfe bis zum Anschnitt des gewachsenen Baugrundes hergestellt.

Im Zuge der Herstellung der Baggerschürfe wurden Mächtigkeiten der Auffüllungen zwischen 0,10 und > 3,40 m nachgewiesen. Hierbei wurde die größte Mächtigkeit im Baggerschurf S B1 festgestellt. Gegen Osten/Südosten nehmen die Mächtigkeit der Auffüllungen zum Teil sehr stark ab.

Innerhalb der Auffüllungen wurden neben Ziegel- und Betonresten (bis 70 cm groß) ebenfalls Abfälle in Form von Folie, Asche, Keramik, Eisen, etc. vorgefunden. Aufgrund der Größe der Baggerschürfe konnten neben den genannten Fremdbestandteilen auch größere Fundament- und Mauerwerksreste (siehe Abbildung 2) nachgewiesen werden.



Abbildung 2: Aufnahme Baggerschurf H1

Eine Festlegung des prozentualen Volumenanteils dieser Fremdbestandteile ist nicht möglich, da diese bereichsweise sehr stark schwanken können. Somit sind im Untersuchungsbereich Abschnitte vorhanden, in denen der Anteil mineralischer und nicht mineralischer Fremdbestandteile $< / > 10$ Vol.-% beträgt.

Weitere Angaben zur abfall- und umwelttechnischen Bewertung der Auffüllungen können der Unterlage [10] entnommen werden.

3.7 Drucksondierungen

Im Bereich der geplanten Werkstatt wurden neben den Aufschlussbohrungen (BK) zur Bestimmung von Spitzenwiderständen insgesamt 13 Drucksondierungen (CPT gemäß DIN EN ISO 22476-1) mit Endteufen von bis zu 15,00 m hergestellt.

Dabei wurden oberflächennah im Tiefenbereich bis 1,00 – 2,00 m uGOK meist Spitzenwiderstände von $q_c < 3$ MN/m² ermittelt. Eine Ausnahme bildet die Drucksondierung CPT 2, in der die Spitzenwiderstände $q_c < 3$ MN/m² bis in ein Tiefenbereich von etwa 6,30 m uGOK reichen. Derartige Spitzenwiderstände lassen die Interpretation einer weichen bis steifen Konsistenz bzw. lockeren Lagerung zu. Lokale geringmächtige Ausreißer im Spitzenwiderstand lassen auf Hindernisse im Untergrund schließen.

Die Drucksondierungen CPT 4, CPT 7, CPT 8 und CPT 9a wurden bereits im Tiefenbereich bis zu 3,00 m uGOK aufgrund größerer Hindernisse (vermutlich Fundamentreste, größere Steine / Blöcke) abgebrochen.

Nachfolgend erreichen die Spitzenwiderstände überwiegend Werte bei $q_c \approx 5$ MN/m², welche eine zumeist halbfeste Konsistenz für den Tiefenbereich ab etwa 3,00 m uGOK ausweisen. Lokale Ausreißer nach oben sind in tieferen Horizonten ebenfalls vorhanden, sodass hier bereits von einer lokal begrenzten höheren Verfestigung des Verwitterungshorizontes auszugehen ist.

3.8 Rammsondierung

Im Bereich der geplanten Gleisanlagen wurden neben den Kleinrammbohrungen (KRB) zur Bestimmung von Lagerungsdichten bzw. der Interpretation von Konsistenzen insgesamt 11 schwere Rammsondierungen (DPH gemäß DIN EN ISO 22476-2) mit Endteufen bis 8,00 m hergestellt.

Dabei wurden für den Bereich der Auffüllungen Schlagzahlen von n_{10} zwischen 1 und 20 Schläge je 10 cm Eindringung gemessen. Dieser starke Schwankungsbereich bestätigt die

heterogene Beschaffenheit der Auffüllungen. Die Auffüllungen weisen eine überwiegend lockere Lagerung bzw. weiche bis steife Konsistenzen aus. Höhere Schlagzahlen deuten auf Hindernisse (mineralische und nicht mineralische Fremdbestandteile) hin.

In den oberen Bereichen des Verwitterungshorizontes werden zum Teil geringe Schlagzahlen von $n_{10} \approx 2$ Schläge je 10 cm Eindringung ausgewiesen. Diese Bereiche können bis in Tiefen von etwa 4,20 m (Bsp. DPH 9) reichen.

Nachfolgend werden Schlagzahlen von $n_{10} > 5$ Schläge je 10 cm Eindringung gemessen, welche auf überwiegend mitteldichte Lagerungen schließen lassen. Da es sich in diesem Bereich jedoch um bindigere Böden handelt, sind die Ergebnisse der schweren Rammsondierung in Hinblick auf mögliche Konsistenzen zu beurteilen. Die Ergebnisse der ermittelten Schlagzahlen bestätigen überwiegend die im Feld festgestellte halbfeste Konsistenz.

Eine weitere Zunahme der Schlagzahlen kann auf geringeren Konsistenzen beruhen. Geringere Konsistenzen können dagegen aufgrund möglicher Verkittung am Gestänge zu höheren Mantelreibungen führen, sodass die Ergebnisse der Rammsondierungen leicht verfälscht werden.

3.9 Bodenmechanisches Labor

Bodenmechanische Laborversuche wurden ausschließlich an den Böden des Verwitterungshorizontes (Schicht 3) ausgeführt, da diese neben einer bereichsweise herzustellenden Geländeregulierung als gründungsrelevant für das Bauvorhaben einzustufen sind. Zur genaueren Bestimmung wurden nachfolgende Laborversuche durchgeführt:

- 30 St. Bestimmung des natürlichen Wassergehaltes (w_n) nach DIN EN ISO 17 892-1
- 37 St. Bestimmung der Korngrößenverteilung mittels kombinierter Sieb-/Schlammanalyse (KVS) nach DIN EN ISO 17 892-4
- 18 St. Bestimmung der Zustandsgrenze nach Atterberg (z_{td}) gemäß DIN 18 122
- 10 St. Bestimmung des Steifemoduls mittels Kompressionsversuch nach DIN EN ISO 17 892-5
- 4 St. Bestimmung des Kalkgehaltes (klk) nach DIN 18 129

Der natürliche Wassergehalt wurde an den untersuchten Proben zwischen $w_n = 11,6$ und $26,7$ % bestimmt (Anlage 3.1). Die Korngrößenverteilung und abgeleitete Bodenart und Bodengruppe wurde an den untersuchten Proben wie folgt ermittelt (Anlage 3.2):

Tabelle 7: Verwitterungshorizont, Benennung (Schicht 3)

Aufschluss	Entnahmetiefe [m uGOK]	Verhältnis T/U/S/G [%]	Bodenart [DIN 4022]	Bodenart [EN ISO 14 688-1]	Boden- gruppe [DIN 18 196]
BK A/1 ^{*1}	9,50 – 9,75	22,1/39,8/29,3/8,8	U, t, s, fg'	fgr'msa'csa'f'sa'clSi	UL
BK A/1 ^{*2}	12,70 – 12,90	30,7/45,6/17,9/5,7	U, t*, g', ms', gs'	csa'msa'cl*Si	UM
BK A/4 ^{*3}	5,60	15,1/30,4/26,7/27,7	U, t, mg, s, fg'	fgr'samgrclSi	UL
BK A/4 ^{*3}	9,60	15,8/71,4/12,8/0,1	U, t, fs'	f'sa'clSi	UL
BK B/1 ^{*2}	9,50 – 9,75	22,1/55,2/15,3/7,3	U, t, g', fs', gs'	f'sa'clSi	TM
BK B/2 ^{*3}	5,80	23,9/45,9/24,2/6,0	U, t, g', s	csa'msa'f'sa'clSi	TL
BK B/2 ^{*3}	9,80	16,8/62,0/20,6/0,6	U, t, fs', ms', gs'	csa'f'sa'msa'clSi	UM
BK B/2 ^{*2}	12,00 – 12,30	20,8/43,7/32,5/2,9	U, t, fs, ms', gs'	msa'f'sa'clSi	TL
BK B/3 ^{*3}	8,70	19,6/71,5/8,9/0,0	U, t, fs'	f'sa'clSi	UL
BK B/4 ^{*2}	3,50 – 4,50	22,5/69,9/6,4/1,2	U, t, s'	clSi	TL
BK B/4 ^{*2}	9,50 – 10,50	35,4/55,6/7,6	T, u, s'	si*Cl	TL
BK C/1 ^{*2}	10,50 – 10,70	14,1/52,3/32,0/1,6	U, t, fs', ms', gs'	csa'msa'f'sa'clSi	UL
BK C/1 ^{*2}	13,80 – 14,00	11,3/58,0/28,6/2,1	U, fs, t, ms'	msa'clf'saSi	UL
BK C/2 ^{*2}	6,50 – 7,50	14,1/49,7/32,0/4,2	U, t, fs', ms', gs'	csa'msa'f'sa'clSi	UL
BK C/3 ^{*2}	2,50 – 3,50	22,3/55,8/15,1/6,8	U, t, g', fs'	f'sa'clSi	UL
BK C/3 ^{*1}	12,70 – 13,00	11,2/28,0/55,7/5,2	S, u, t, g'	csi'f'si'msi'clSa	ST*
BK C/4 ^{*2}	8,80 – 9,80	20,5/71,2/7,2/1,1	U, t, s'	clSi	UL
BK D/1 ^{*3}	5,10	18,3/55,4/18,9/7,4	U, t, g', s	msa'f'sa'csa'clSi	UL
BK D/1 ^{*3}	10,10	8,6/32,2/39,4/19,8	U, s*, t', fg', mg'	mgr'cl'fgr'sa*Si	TL
BK D/2 ^{*1}	4,00 – 4,25	11,7/35,8/44,3/8,2	U, s*, t', g'	cl'sa*Si	UL
BK D/2 ^{*1}	8,80 – 9,00	12,2/32,1/54,9/0,8	U, s*, t'	cl'sa*Si	TL
BK D/3 ^{*2}	7,85 – 8,85	23,3/46,6/26,5/3,5	U, t, fs', ms', gs'	csa'msa'f'sa'clSi	TL
BK E/1 ^{*1}	10,80 – 11,00	29,0/43,3/19,3/8,4	T, u, g', s	fgr'msa'csa'f'sa'siCl	TM
BK E/3 ^{*1}	10,50 – 10,70	27,8/56,8/13,1/2,4	T, u, fs'	f'sa'siCl	TM
BK E/4 ^{*3}	3,40	19,1/51,2/26,8/2,9	U, t, fs', ms', gs'	csa'msa'f'sa'clSi	UL
BK F/1 ^{*2}	10,80 – 11,00	10,3/36,9/29,7/23,1	U, t, s, fg', mg'	mgr'csa'fgr'clSi	TL
BK F/1 ^{*3}	11,20	32,7/46,4/18,4/2,5	T, u, fs', ms', gs'	csa'msa'f'sa'siCl	TL
BK F/2 ^{*3}	7,30	16,5/67,0/14,4/2,1	U, t, fs'	f'sa'clSi	UL
BK F/3 ^{*3}	2,40	17,8/41,8/14,1/26,4	U, t, gs', fg', mg'	csa'mgr'fgr'clSi	UL
BK F/3 ^{*3}	9,40	16,0/52,0/17,2/14,8	U, t, s, fg', mg'	mgr'f'sa'csa'fgr'clSi	UL
BK G/1 ^{*3}	5,70	6,3/16,5/32,9/44,3	G, u, t', s'	f'si'cl'msi'sa'Gr	GU*
BK G/3 ^{*3}	4,20	13,9/34,5/29,1/22,5	U, t', s, g'	U, t', fs', ms', gs', g'	TL
BK H/1 ^{*3}	6,80	29,6/59,4/9,9/1,0	U, t, s'	clSi	UM
BK H/2 ^{*3}	6,20	8,0/12,0/27,3/52,7	G, t', u', s'	cl'msa'csa'f'sa'Gr	GU*
BK H/2 ^{*3}	9,30 + 10,30	24,8/36,4/20,6/18,2	U, t, s, fg', mg'	mgr'fgr'sa'clSi	UM
BK I/2 ^{*3}	5,80	24,3/55,1/7,3/13,4	U, t, s', mg'	mgr'clSi	UL
BK I/3 ^{*3}	4,80	21,7/49,6/18,5/10,3	U, t, s, fg'	msa'csa'fgr'f'sa'clSi	UL

*1) Sonderprobe – Stutzen

*2) Probe aus Kernkiste

*3) Becherprobe

Aus den Korngrößenverteilungen kann für die Schicht 3 rechnerisch zunächst eine Wasserdurchlässigkeit von $k_f \leq 10^{-8}$ m/s abgeleitet werden. Hierbei ist der genannte Durchlässigkeitsbeiwert als oberster Grenzwert zu betrachten. Das Körnungsband ergibt sich nach Auswertung der Korngrößenverteilungen wie folgt:

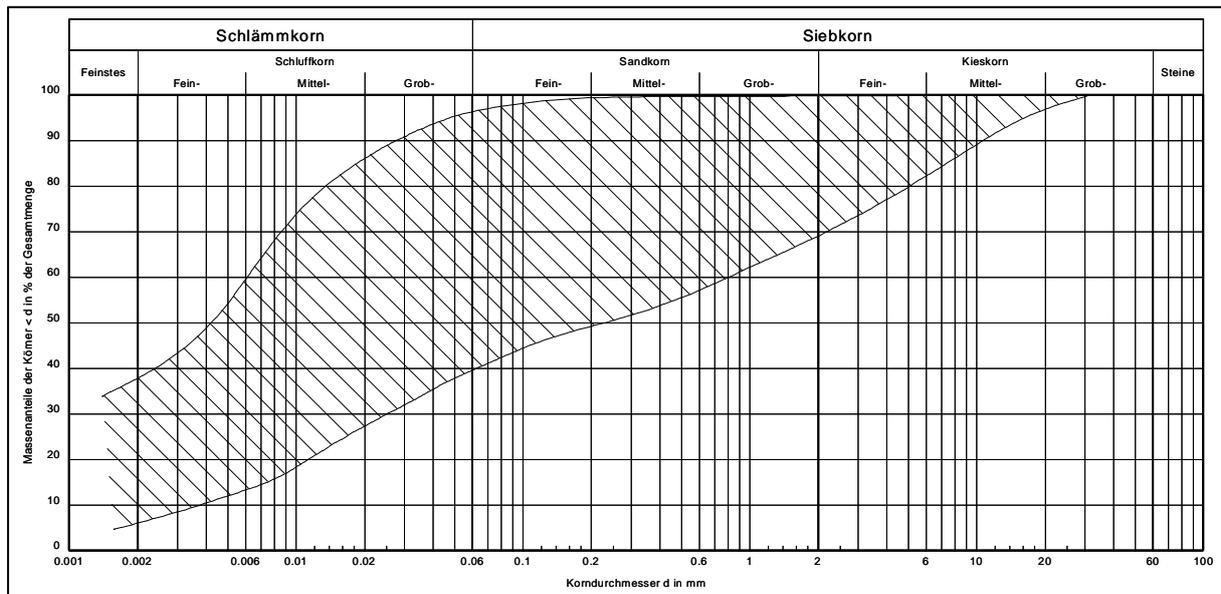


Abbildung 3: Körnungsband Verwitterungshorizont (Schicht 3)

Zur gesicherten Bestimmung der Konsistenz wurden ergänzend die Zustandsgrenzen nach ATTERBERG bestimmt (Anlage 3.3). Nachfolgend sind die Ergebnisse tabellarisch zusammengefasst:

Tabelle 8: Verwitterungshorizont, Zustandsgrenzen (Schicht 3)

Aufschluss	Entnahmetiefe [m uGOK]	Wassergehalt w [%]	Fließgrenze w_L [%]	Ausrollgrenze w_P [%]	Plastizitätszahl I_P [%]	Konsistenzzahl I_c
BK A/1	12,70 – 12,90	26,7	38,4	25,4	13,0	0,90 (steif)
BK A/4	5,60	15,2	33,9	24,2	9,7	1,93 (halbfest)
BK B/1	9,50 – 9,75	20,9	38,0	24,0	14,0	1,22 (halbfest)
BK B/2	9,80	16,4	36,6	25,2	11,4	1,77 (halbfest)
BK B/2	12,00 – 12,30	26,1	32,4	22,1	10,3	0,61 (weich)
BK C/3	12,70 – 13,00	14,7	25,8	18,7	7,1	1,56 (halbfest)
BK D/1	10,10	15,5	30,4	20,8	9,6	1,55 (halbfest)
BK D/2	4,00 – 4,25	14,4	27,4	22,1	5,3	2,45 (halbfest-fest)
BK D/2	8,80 – 9,00	16,8	29,0	21,0	8,0	1,54 (halbfest)
BK E/1	10,80 – 11,00	26,3	37,7	22,6	15,1	0,76 (weich-steif)
BK E/3	10,50 – 10,70	26,9	42,4	25,6	16,8	0,92 (steif)
BK F/1	10,80 – 11,00	14,2	29,4	20,2	9,2	1,64 (halbfest)
BK F/2	7,30	18,9	34,2	27,1	7,1	2,15 (halbfest-fest)
BK F/3	9,40	17,7	30,1	24,2	5,9	2,09 (halbfest-fest)
BK G/3	4,20	14,3	28,2	19,1	9,1	1,53 (halbfest)
BK H/1	6,80	18,9	39,2	26,8	12,4	1,64 (halbfest)
BK H/2	9,30 + 10,30	16,3	36,4	24,5	11,9	1,70 (halbfest)
BK I/2	5,80	16,1	34,7	24,0	10,7	1,75 (halbfest)

Die ermittelten Konsistenzzahlen schwanken zwischen $I_c = 0,6$ und $2,1$ und weisen somit weiche bis hin zu festen Konsistenzen aus. Hierbei wurden weichere Horizonte lediglich lokal und in geringen Mächtigkeiten < 15 cm vorgefunden.

Die Proben liegen im Plastizitätsdiagramm über und unter der A-Linie im Bereich der leicht plastischen Tone und Schluffe (Bodengruppe TL und UL) sowie der mittelplastischen Tone und Schluffe (Bodengruppe TM und UM). Im Ergebnis der Untersuchungen sind die Böden der Schicht 3 jedoch überwiegend den leicht plastischen Tonen (Bodengruppe TL) zuzuordnen.

Zur Abschätzung des Steifemoduls E_s wurden an verschiedenen ungestörten Proben aus der Schicht 3 Oedometerversuche durchgeführt (Anlage 3.4). Für die Bestimmung des Steifemoduls ist die Zweitbelastungsphase ausschlaggebend. Im ausschlaggebenden Lastbereich der Zweitbelastung von 400 bis 600 kN/m² wurden die nachfolgend tabellarisch zusammengefassten Ergebnisse ermittelt:

Tabelle 9: Verwitterungshorizont, Oedometerversuch (Schicht 3)

Aufschluss	Entnahmetiefe [m uGOK]	Wassergehalt w (vor/nach Versuch) [%]	Einbaudichte, feucht [g/cm ³]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
BK A/2	3,50 – 3,75	15,70/16,55	2,149	23,3
BK B/1	3,50 – 3,75	17,32/17,97	2,096	21,8
BK B/2	8,00 – 8,25	18,25/18,81	2,114	20,6
BK E/1	6,50 – 6,75	22,20/20,02	2,096	19,9
BK E/3	4,75 – 5,00	21,72/22,85	2,095	16,4
BK E/4	3,00 – 3,25	18,85/21,45	2,052	18,1
BK F/2	4,00 – 4,25	19,51/22,01	1,928	20,4
BK G/1	5,00 – 5,25	20,26/20,13	2,078	17,2
BK H/1	7,00 – 7,25	16,23/17,84	2,078	25,5
BK I/3	7,00 – 7,25	15,64/17,69	2,123	23,3

Es wurde ein Schwankungsbereich des Steifemoduls $E_s = 16,4$ bis $25,5$ MN/m² ermittelt.

Zusätzlich wurden Festigkeitsuntersuchungen mit dem Taschenpenetrometer an Bodenproben aus den Kernkisten, Becherproben und Sonderproben durchgeführt, welche Angaben zur undrännierten Kohäsion erlauben. Im Ergebnis dieser Messungen wurden undrännierte Kohäsionen von $c_u = 29,4$ bis > 440 kN/m², im Mittel $c_u \approx 390$ kN/m². Hierbei wurde die geringste undrännierte Kohäsion ($c_u = 29,4$ kN/m²) in dem Aufschluss BK B/2, Tiefe 12,00 m, festgestellt. Die nächstkleinere undrännierte Scherfestigkeit wurde zu $c_u = 98,07$ kN/m² im Aufschluss BK E/1 in einer Tiefe von 11,00 m uGOK bestimmt.

3.10 Grund- und Schichtwasser

Im Zuge der Baugrunderkundungen wurde in den Aufschlüssen Wasser wie folgt angetroffen:

Tabelle 10: Wasserstände

Aufschluss	Datum	Wasseranschnitt		Ruhewasserstand	
		m uGOK	mNHN	m uGOK	mNHN
BK A/1	16.03.2022	6,20	205,23	2,97	208,46
BK A/2	21.03.2022	6,20	205,71	3,11	208,80
BK A/3	22.03.2022	8,20	207,24	6,51	208,93
BK A/4	23.03.2022	9,50	206,06	8,51	207,05
BK B/1	15.03.2022	5,60	205,44	2,11	208,93
BK B/2	25.03.2022	9,80	204,64	9,41	205,03
BK B/3	24.03.2022	7,50	207,98	7,21	207,27
BK B/4	07.04.2022	8,20	205,33	4,35	209,18
BK C/1	14.03.2022	5,10	206,26	2,33	209,03
BK C/2	04.04.2022	7,60	205,91	4,30	209,21
BK C/3	05.04.2022	7,60	205,75	4,04	209,31
BK C/4	06.04.2022	8,60	204,88	4,28	209,20
BK D/1	10.03.2022	6,20	205,38	2,91	208,67
BK D/2	31.03.2022	7,70	205,57	5,30	207,97
BK D/3	11.04.2022	7,10	206,28	3,90	209,48
BK D/4	03.03.2022	4,40	208,87	3,61	209,66
BK E/1	29.03.2022	4,40	208,05	3,82	208,63
BK E/2	30.03.2022	4,80	207,84	3,40	209,24
BK E/3	28.03.2022	7,70	205,15	5,90	206,95
BK E/4	02.03.2022	3,90	209,29	3,75	209,44
BK F/1	09.03.2022	7,50	204,25	4,93	206,82
BK F/2	08.03.2022	6,50	205,83	2,61	209,72
BK F/3	07.03.2022	4,43	208,24	2,81	209,86
BK F/4	01.03.2022	3,80	209,98	3,63	210,15
BK G/1	23.02.2022	5,40	205,05	4,91	205,54
BK G/2	24.02.2022	3,23	208,32	3,20	208,35
BK G/3	28.02.2022	6,00	206,00	5,78	206,22
BK H/1	22.02.2022	7,40	203,06	3,31	207,15
BK H/2	21.02.2022	4,40	206,91	4,21	207,10
BK H/3	17.02.2022	7,50	204,07	4,31	207,26
BK I/1	17.02.2022	5,20	204,46	5,11	204,55
BK I/3	15.02.2022	5,80	206,19	4,01	207,98
KRB 7	02.03.2022	3,10	213,21	--	--
KRB 15	02.03.2022	3,30	211,46	3,10	211,66
KRB 22	02.03.2022	3,35	212,10	3,00	212,45
KRB 23	15.03.2022	3,20	207,26	3,10	207,26

Hierbei handelt es sich um Schichtenwasser, welches sich großflächig innerhalb grobkörniger Bereiche bzw. schwach ausgebildeter Klüfte im Verwitterungshorizontes (Schicht 3) ausgebildet hat und in die Bohrlöcher entwässert.

In den Bohrungen wurde der Schichtwasseranschnitt zwischen 209,98 und 203,06 mNHN festgestellt. Ruhewasserstände wurden zwischen 210,15 und 204,55 mNHN gemessen.

Nur in sehr wenigen Kleinrammbohrungen wurden Sichtwasseranschnitte und tendenziell höhere Ruhewasserstände gemessen, was in diesem Bereich auf einen weiteren Schichtwasserhorizont hindeutet.

Der Vergleich von Anschnitt und Ruhewasserstand zeigt, dass das Schichtenwasser weitgehend gespannt vorliegt. Es wurden Anstiege von bis zu 3,89 m ermittelt. Die durch Anstieg resultierenden Ruhewasserstände pegeln sich auf einen vergleichsweise einheitlichen Horizont ein, der unter Berücksichtigung eines Sicherheitszuschlags auf einen sinnvollen Bemessungswasserstand hindeutet (siehe Tabelle 12).

Im weiteren Umfeld des Planungsbereiches sind Grundwassermessstellen (nachfolgend GWMS) auf dem westlichen Nachbargrundstück der Voestalpine GmbH vorhanden. Die Lage der GWMS kann der nachfolgenden Abbildung entnommen werden.

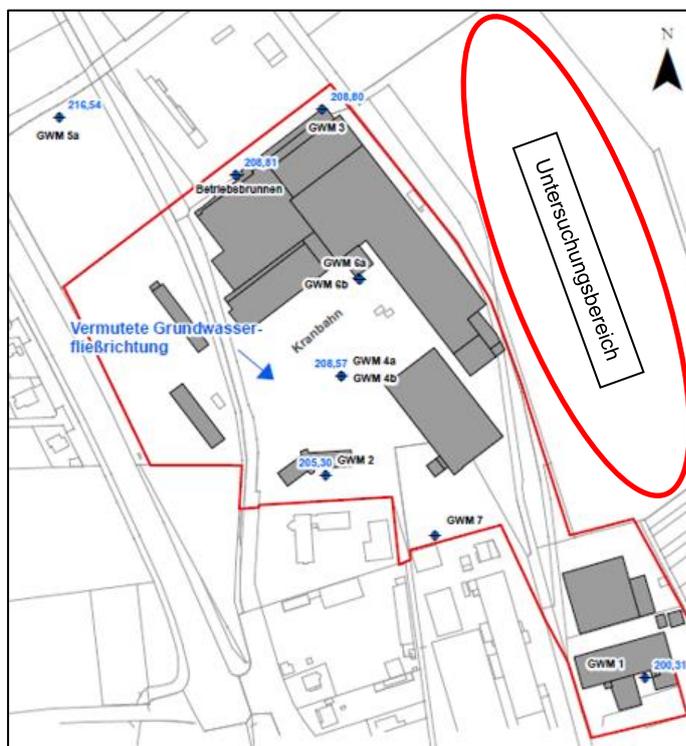


Abbildung 4: Lage GWMS

Folgende Daten liegen zu den GWMS vor:

Tabelle 11: Grundwassermessstellen

Bezeichnung	Höhe POK	Tiefe der Messstelle	Durchmesser	Filterstrecke	RW	GW	RW	GW
	[m üNN]	[m uPOK]	[Zoll]	[m uGOK]	[m uPOK]	[m üNN]	[m uPOK]	[m üNN]
					06./07.05.2021		11.04.2022	
Betriebsbrunnen	210,41	> 60,00	ca. 25	unbek.	1,60	208,81	n.a.	
GWM 1	203,01	6,00	5	2,50 - 5,50	2,70	200,31	n.m.	
GWM 2	209,22	8,30	5	3,50 - 7,40	3,92	205,30	3,91	205,31
GWM 3	210,05	3,20	5	1,20 - 3,10	1,25	208,80	1,27	208,78
GWM 4a	unbek.	25,50	5	unbek.	0,97	unbek.	n.a.	
GWM 4b	210,06	6,50	2	unbek.	1,49	208,57	1,49	208,57
GWM 5a	218,89	16,00	5	8,00 - 16,00	2,35	216,54	n.m.	
GWM 6a	unbek.	30,00	2	unbek.	0,02	--	0,1 ^{*1}	--
GWM 6b	unbek.	7,65	2	unbek.	1,78	--	1,74	--
GWM 7	unbek.	8,60	2	unbek.	3,63	--	0,77 ^{*1}	--

POK Pegeloberkante
 RW Ruhewasserstand
 GW Grundwasserspiegelhöhe
 n.a. nicht auffindbar
 n.m. nicht messbar
 *1) Ansatzpunkt der Messung abweichend

Die Einmessung der Grundwassermessstellen (Tabelle 11) erfolgt über Normalnull (NN) im Deutschen Haupthöhennetz (DHHN). Im Zuge der Einmessung der Aufschlusspunkte wurden Höhenmessungen im Normalhöhennull (NHN) ermittelt. Hieraus kann eine Abweichung von ± 4 cm erfolgen. Diese geringe Differenz kann jedoch für die weitere Betrachtung vernachlässigt werden.

Die Dokumentation der Messstellen ist teilweise sehr unzureichend. Insbesondere bleibt angesichts fehlender Angaben zur Filterstrecke unklar, ob und welcher Aquifer damit erfasst wird. Es zeigt sich allerdings auch, dass tendenziell ein Nord-Süd-Gefälle vorliegt und auch sehr hohe Wasserstände in Geländenähe (GWM 6a – Pegeloberkante bei etwa GOK) vorliegen.

Einen Vorfluter bildet der von Nordwesten nach Südosten fließende, teilweise verrohrte Kleinbach, der das Grundstück nach Süden in Richtung der Ortschaft Butzbach entwässert. Das im Osten liegende Nachbargelände weist ein auf den Planungsbereich gerichtetes Gefälle auf. Anfallendes Niederschlagswasser wird an der Grundstücksgrenze gefasst und verrohrt zur westlichen Grundstücksgrenze abgeleitet.

Grundwasserwasserstände unterliegen im Regelfall jahreszeitlichen und klimatischen Schwankungen. Bei Schichtwasserständen werden Schwankungen weitgehend von Niederschlägen und der Vorflutsituation und dem Geländeverlauf beeinflusst. Dies trifft auf den Planungsbereich zu. Eine gesicherte mit Eintrittswahrscheinlichkeiten versehene Prognose ist nicht möglich. Im vorliegenden Fall wird für die Prognose von Bemessungswasserständen ein Sicherheitsaufschlag von 1,50 m auf die gemessenen Ruhewasserstände gewählt.

Somit ergeben sich folgende Werte:

Tabelle 12: Ableitung der Bemessungswasserstände

Aufschluss	Datum	Ruhewasserstand		Bemessungswasserstand	
		m uGOK	mNHN	m uGOK	mNHN
BK A/1	16.03.2022	2,97	208,46	1,47	209,96
BK A/2	21.03.2022	3,11	208,80	1,61	210,30
BK A/3	22.03.2022	6,51	208,93	5,01	210,43
BK A/4	23.03.2022	8,51	207,05	7,01	208,55
BK B/1	15.03.2022	2,11	208,93	0,61	210,43
BK B/2	25.03.2022	9,41	205,03	7,91	206,53
BK B/3	24.03.2022	7,21	207,27	5,71	208,77
BK B/4	07.04.2022	4,35	209,18	2,85	210,68
BK C/1	14.03.2022	2,33	209,03	0,83	210,53
BK C/2	04.04.2022	4,30	209,21	2,80	210,71
BK C/3	05.04.2022	4,04	209,31	2,54	210,81
BK C/4	06.04.2022	4,28	209,20	2,78	210,70
BK D/1	10.03.2022	2,91	208,67	1,41	210,17
BK D/2	31.03.2022	5,30	207,97	3,80	209,47
BK D/3	11.04.2022	3,90	209,48	2,40	210,98
BK D/4	03.03.2022	3,61	209,66	2,11	211,16
BK E/1	29.03.2022	3,82	208,63	2,32	210,13
BK E/2	30.03.2022	3,40	209,24	1,90	210,74
BK E/3	28.03.2022	5,90	206,95	4,40	208,45
BK E/4	02.03.2022	3,75	209,44	2,25	210,94
BK F/1	09.03.2022	4,93	206,82	3,43	208,32
BK F/2	08.03.2022	2,61	209,72	1,11	211,22
BK F/3	07.03.2022	2,81	209,86	1,31	211,36
BK F/4	01.03.2022	3,63	210,15	2,13	211,65
BK G/1	23.02.2022	4,91	205,54	3,41	207,04
BK G/2	24.02.2022	3,20	208,35	1,70	209,85
BK G/3	28.02.2022	5,78	206,22	4,28	207,72
BK H/1	22.02.2022	3,31	207,15	1,81	208,65
BK H/2	21.02.2022	4,21	207,10	2,71	208,60
BK H/3	17.02.2022	4,31	207,26	2,81	208,76
BK I/1	17.02.2022	5,11	204,55	3,61	206,05
BK I/3	15.02.2022	4,01	207,98	2,51	209,48

Aufschluss	Datum	Ruhewasserstand		Bemessungswasserstand	
		m uGOK	mNHN	m uGOK	mNHN
KRB 15	02.03.2022	3,10	211,66	1,60	213,16
KRB 22	02.03.2022	3,00	212,45	1,50	213,95
KRB 23	15.03.2022	3,10	207,26	1,60	208,76

Die genannten Bemessungswasserstände erlauben nicht, einen einheitlichen Bemessungswasserstand für das Gesamt-Bauvorhaben zu nennen. Aus baupraktischer Sicht wird empfohlen, zunächst einen Bemessungswasserstand bei 1,50 m uGOK anzusetzen und abhängig von der Bemessungsaufgabe auf der Grundlage der Angaben in Tabelle 12 zu bewerten.

Zusätzlich ist aufgrund der im Untersuchungsbereich vorhandenen geringdurchlässigen Böden oberflächennah mit der Ausbildung von Staunässe zu rechnen.

Aus den Aufschlussbohrungen BK A/4 und BK D/3 wurde jeweils eine Wasserprobe entnommen und hinsichtlich ihrer beton- und stahlangreifenden Wirkung untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen liegen in der Anlage 4 bei. Demnach ist das Wasser der Expositions-klasse X 0 zuzuordnen.

3.11 Bodenkennwerte

Die für die Baumaßnahme relevanten Böden werden nach der

- DIN 18196 Erdbau, Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke
- DIN 1055, T2 Lastannahmen für Bauten, Bodenkenngrößen
- ZTVE-StB 09 Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Erdarbeiten im Straßenbau
- ATV A 127 Richtlinie für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen

sowie den durchgeführten Laboruntersuchungen wie folgt klassifiziert:

Schicht 1	Mutterboden	
Bodengruppe nach DIN 18196	OU	(organische Schluffe)
Bodenklasse nach DIN 18300:2012-09		
nur informativ	1	(Oberboden)
Frostempfindlichkeit	F3	(stark frostempfindlich)
Wichte	γ_k	= 17,0/7,0 kN/m ³
Reibungswinkel	φ_k'	= 20,0°
Kohäsion	c_k'	= 2,0 bis 5,0 kN/m ²
Steifemodul	cal E _s	≤ 7,0 MN/m ²
Durchlässigkeit	k _f	≈ 10 ⁻⁹ m/s

Schicht 2

Bodengruppe nach DIN 18196

untergeordnet:

Bodenklasse nach DIN 18300:2012-09

nur informativ

Frostempfindlichkeit

Wichte

Reibungswinkel

Kohäsion

Steifemodul

Durchlässigkeit

Auffüllungen

[UL]	(leicht plastischer Schluff, aufgefüllt)
[UM]	(mittelplastischer Schluff, aufgefüllt)
[TL]	(leicht plastischer Ton, aufgefüllt)
[SU*]	(stark schluffige Sande, aufgefüllt)
[ST*]	(stark tonig Sande, aufgefüllt)
[GU*]	(stark schluffige Kiese, aufgefüllt)

4	(mittelschwer lösbar)
F3	(stark frostempfindlich)
γ_k	= 19,0/10,0 kN/m ³
φ_k'	= 22,5°
c_k'	= 1,0 bis 6,0 kN/m ²
cal E_s	= 10,0 bis 20,0 MN/m ²
k_f	≈ 10 ⁻⁶ bis 10 ⁻⁹ m/s

Schicht 3

Bodengruppe nach DIN 18196

Bodenklasse nach DIN 18300:2012-09

nur informativ

Bei $I_c \leq 0,5$

Frostempfindlichkeit

Wichte

Reibungswinkel

Kohäsion

Kohäsion

Steifemodul

Durchlässigkeit

Verwitterungsschicht Tonschiefer

UL/TL	(leicht plastischer Schluff / Ton)
UM/TM	(mittelplastischer Schluff / Ton)

4	(mittelschwer lösbar)
2	(fließende Bodenart)
F3	(stark frostempfindlich)
γ_k	= 20,0/11,0 kN/m ³
φ_k'	= 25°
c_k'	= 10,0 bis 15,0 kN/m ²
$c_{u,k}'$	= 100 kN/m ²
cal E_s	= 16,0 bis 24,0 MN/m ²
k_f	≤ 10 ⁻⁸ m/s

4 Homogenbereiche

Gemäß der VOB C, Ergänzungsband 2015 sind Boden und Fels entsprechend ihrem Zustand vor dem Lösen in Homogenbereiche einzuteilen. Der Homogenbereich ist ein Bereich, bestehend aus einzelnen oder mehreren Boden- oder Felsschichten, der für einsetzbare Erdbaugeräte vergleichbare Eigenschaften aufweist. Derartige Homogenbereiche sind für alle maßgebenden Bauverfahren zu definieren. Im vorliegenden Fall werden

- Erdarbeiten nach DIN 18300
- Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten nach DIN 18304

relevant. Der Mutterboden stellt einen separaten Homogenbereich nach DIN 18320 dar und wird somit gesondert dargestellt.

Mit der Einteilung dieser Homogenbereiche entfallen dann z.B. die Angaben von Boden- bzw. Felsklassen gemäß DIN 18300:2012-09. Angaben zur Korngrößenverteilung, Konsistenz etc. der Homogenbereiche sind dem Abschnitt 3.9 zu entnehmen. Für abweichende Bautechnologien und-verfahren sind ergänzende Einteilungen in entsprechende Homogenbereiche erforderlich. Diese sind in dem Fall ergänzend mit dem geotechnischen Sachverständigen abzustimmen.

Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09 (Erdarbeiten)

Zur Festlegung von Homogenbereichen ist zwingend die Kenntnis der geplanten Bautechnologie sowie -geräte erforderlich. Diese liegt derzeit nicht vor. Zur vorläufigen Festlegung von Homogenbereichen wird daher die Verwendung von mittleren Baggern unterstellt. Eine endgültige Festlegung der Homogenbereiche wird im geotechnischen Entwurfsbericht erfolgen. Mit den derzeitigen Annahmen können folgende vorläufige Homogenbereiche eingeteilt werden:

Tabelle 13: Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09

Eigenschaft / Kennwerte	Normen	Homogenbereich	
		HB-E-1	HB-E-2
Schicht		2	3
Benennung		Auffüllungen	Verwitterungsschicht
Massenanteile			
Steine [%]	DIN EN ISO 14688-1	< 60	< 6
Blöcke [%]		< 40	< 3
große Blöcke [%]		< 20	< 2
Feuchtdichte [g/cm ³]	DIN 18125-2	1,8 – 2,4	2,0 – 2,6
undrÄnierte Scherfestigkeit [kN/m ²]	DIN EN ISO 17892-7	30 – 100	30 – >440
Wassergehalt [%]	DIN EN ISO 17892-1	≤ 20	11,0 – 27,0
Plastizitätszahl	DIN EN ISO 17892-12	5,0 – 15,0	5,0 – 17,0
Konsistenzzahl	DIN EN ISO 17892-12	0,60 – 0,90	0,60 – 2,50
Bezogene Lagerungsdichte	DIN 18126	0,2 bis 0,4	--
		locker bis mitteldicht	--
Organischer Anteil	DIN 18128	≤ 10	< 5
Bodengruppe	DIN 18196	[UL], [UM], [TL], [SU*], [ST*], [GU*]	UL, UM, TL, TM

Homogenbereiche nach DIN 18304:2019-09 (Ramm-, Rüttel- und Pressarbeiten)

Mit den derzeitigen Annahmen können folgende vorläufige Homogenbereiche eingeteilt werden:

Tabelle 14: Homogenbereiche nach DIN 18304:2019-09

Eigenschaft / Kennwerte	Normen	Homogenbereich	
		HB-RRP-1	HB-RRP-2
Schicht		2	3
Benennung		Auffüllungen	Verwitterungsschicht
Massenanteile			
Steine [%]	DIN EN ISO 14688-1	< 60	< 6
Blöcke [%]		< 40	< 3
große Blöcke [%]		< 20	< 2
Wassergehalt [%]	DIN EN ISO 17892-1	≤ 20	11,0 – 27,0
Plastizitätszahl	DIN EN ISO 17892-12	5,0 – 15,0	5,0 – 17,0
Konsistenzzahl	DIN EN ISO 17892-12	0,60 – 0,90	0,60 – 2,50
Bezogene Lagerungsdichte	DIN 18126	0,2 bis 0,4	--
		locker bis mitteldicht	--
Bodengruppe	DIN 18169	[UL], [UM], [TL], [SU*], [ST*], [GU*]	UL, UM, TL, TM

Homogenbereiche nach DIN 18320:2019-09 (Landschaftsbauarbeiten)

Mit den derzeitigen Annahmen können folgende vorläufige Homogenbereiche eingeteilt werden:

Tabelle 15: Homogenbereiche nach DIN 18320:2019-09

Eigenschaft / Kennwerte	Normen	Homogenbereich HB-LB-1
Schicht		1
Benennung		Mutterboden
Bodengruppe	DIN 18196	OU
Massenanteile		
Steine [%]	DIN EN ISO 14688-1	< 10
Blöcke [%]		< 3
große Blöcke [%]		< 1

5 Grundbautechnische Bewertung

5.1 Baumaßnahmen

Die relevanten Baumaßnahmen auf dem Grundstück sind in der nachfolgenden Abbildung 5 skizziert. Hier ist der Neubau eines Werkstattgebäudes (gelb) sowie eines Verwaltungsgebäudes (hellgrün) und eines Kombigebäudes (gelb) vorgesehen. Weiterhin sind Straßen-/Verkehrsflächen mit Umfahrung (hellblau) und Gleisanlagen (blau, hellgelb und rot) geplant.

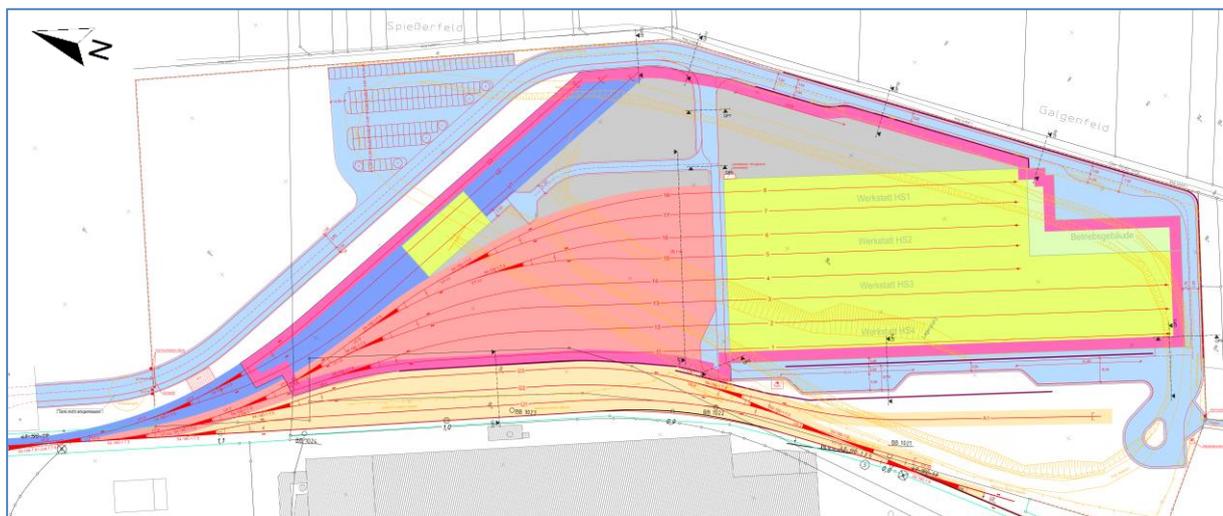


Abbildung 5: Übersichtslageplan mit Gebäuden, Gleisen und Verkehrsflächen

5.2 Hochbau

5.2.1 Allgemeines

Die geplante Werkstatt soll Abmessungen von etwa 82 x 198 m aufweisen. Hierbei soll das Tragwerk der nördlichen Haupthalle über Stützen mit angeformten Fundamenten (nachfolgend als Einzelfundamente bezeichnet) gegründet werden. Der südliche Hallenneubau soll ein tieferliegendes Drehgestell-Lager erhalten, welches flach über eine lastverteilende Bodenplatte gegründet werden soll. Eine Flachgründung über eine lastverteilende Bodenplatte ist ebenfalls für den Bereich der unterkellerten Verwaltungsräumlichkeiten des Betriebsgebäudes vorgesehen. Gleiches gilt für ein gesondert nördlich angeordnetes Kombigebäude.

Die Außenanlagen bestehen aus Verkehrsflächen für den Straßenverkehr und Gleisanlagen. Die aktuelle Planung zu den Gebäuden wurde aus [3] und die Planung zu den Gleisanlagen und Straßen wurde aus [4] und [8] entnommen.

Im Untersuchungsbereich steht lokal – besonders im südlichen Planungsbereich – oberflächennah Mutterboden (Schicht 1) aus organischen Schluffen an, welcher zum Abtrag von Bauwerkslasten ungeeignet und dementsprechend vollständig rückzubauen ist.

Im Großteil des Planungsbereiches stehen ab der Geländeoberkante Auffüllungen (Schicht 2), meist als Schluff-Sand-Kies-Gemische mit einer weitgespannten Korngrößenverteilung, an. Innerhalb der Auffüllungen wurde ebenfalls ein stark schwankender Volumenanteil mineralischer und nicht mineralische Fremdbestandteile festgestellt. Dieser sorgt zusätzlich für eine sehr heterogene Zusammensetzung der Auffüllungen. Weiterhin wurden die Auffüllungen in einer meist lockeren Lagerung bzw. weichen bis weich-steifen Konsistenz nachgewiesen, sodass die Auffüllungen aus geotechnischer Sicht ohne weitere Verbesserungsmaßnahmen für den Abtrag von Bauwerkslasten als ungeeignet einzustufen sind.

Der nachfolgende Verwitterungshorizont (Tonschiefer, Zersatz – Schicht 3) wurde den Bodengruppen UL/UM und TL/TM zugeordnet. Diese Böden weisen in Abhängigkeit der vorhandenen Konsistenz eine hohe Tragfähigkeit auf und stellen damit einen geeigneten Baugrund zum Abtrag von Bauwerkslasten dar. Oberflächennah mögliche geringe Konsistenzen erfordern Austauschmaßnahmen. Innerhalb dieser Schicht werden lastabhängige Setzungen erwartet, welche über einen längeren Zeitraum verlaufen können.

5.2.2 Gründungskonzept

Angaben zu den geplanten Unterkanten Gründungselemente wurden den Planunterlagen [3] wie folgt entnommen:

- | | |
|---|--------------------------|
| • UK Tragwerk, Einzelfundamente | ca. 211,80 mNHN |
| • UK Bodenplatte, Keller / Verwaltung | ca. 209,25 mNHN |
| • UK Bodenplatte, Drehgestell Lager | ca. 207,67 mNHN |
| • UK Bodenplatte, Werkstatt, Kombigebäude | ca. 212,20 – 214,60 mNHN |

Die Fundamente und Bodenplatten sollten auf ein Gründungspolster abgesetzt werden, mit dem einerseits eine sichere Arbeitsebene, aber auch eine Dränschicht zur Fassung ggf. zulaufenden Schichtwassers sowie ein Austausch ggf. aufgeweichter Böden erreicht wird.

Diese Maßnahmen können sinnvollerweise erst nach dem Freilegen genauer definiert werden. Für die weitere Vorbemessung wird zunächst von einem im Mittel 50 cm mächtigen Gründungspolster ausgegangen. Damit ergeben sich die folgenden Aushubsohlen:

- | | |
|---|--------------------------|
| • Gründungsebene Tragwerk, Einzelfundamente | ca. 211,30 mNHN |
| • Gründungsebene Bodenplatte, Keller / Verwaltung | ca. 208,75 mNHN |
| • Gründungsebene Bodenplatte, Drehgestelllager | ca. 207,17 mNHN |
| • UK Bodenplatte, Werkstatt, Kombigebäude | ca. 211,70 – 214,10 mNHN |

Diese Höhenangaben sind in den Baugrundprofilen der Anlage 2.1 eingetragen.

Die Gründungssole des Tragwerks bzw. die Aushubsole liegt somit teilweise in den Auffüllungen (Schicht 2) sowie ansonsten grundsätzlich im Verwitterungshorizont des Tonschiefers (Schicht 3). Die Gründung der Bodenplatten erfolgt vollständig im Verwitterungshorizont (Schicht 3).

Die Auffüllungen (Schicht 2) sind für die Gründung ungeeignet. Sie sind unter Gründungssohlen auszutauschen. Ansonsten wird der Verwitterungshorizont des Tonschiefers (Schicht 3) als ein für die Gründung geeigneter Baugrund eingestuft. Lokal können die obersten Bereiche des Verwitterungshorizontes des Tonschiefers vereinzelt in einer geringen, weichen Konsistenz vorliegen, sodass diese Bereiche ebenfalls auszutauschen sind. Im nord-nordwestlichen Planungsbereich kann sich aufgrund der Höhenverhältnisse die Notwendigkeit einer Geländeauffüllung ergeben.

Die umlaufende Frostschutzschürzen sind frostsicher bei mindestens 1,00 m uGOK abzusetzen. Unterhalb der Frostschutzschürzen sind ebenfalls Polster mit einer Mächtigkeit von $d \geq 0,50$ m vorzusehen.

Diese zunächst für Vorbemessungen vorgeschlagenen Gründungs-Maßnahmen müssen bei der weiteren Planung im Geotechnischen Entwurfsbericht genauer definiert und ansonsten baubegleitend nach dem Freilegen gegebenenfalls optimiert werden.

5.2.3 Bemessung

Die mögliche Flachgründung wurde grundbautechnisch bemessen. Hierzu wurden Grundbruch- und Setzungsberechnungen nach DIN 4019 bzw. DIN 4017 durchgeführt. Die Ergebnisse sind in der Anlage 5 in Form von Fundamentdiagrammen beigelegt. Diese enthalten die Bemessungswerte der Sohlwiderstände $\sigma_{R,d}$ für Fundamente unterschiedlicher Breite sowie die aus der jeweiligen Belastung resultierende Setzung.

Zur Ermittlung von zulässigen charakteristischen Sohlrücken $\sigma_{E,k}$ sind Angaben zum Anteil veränderlicher Lasten erforderlich. Diese wurden zunächst zu 50 % geschätzt. Die sich so dann ergebenden Werte charakteristischen Sohlrücken $\sigma_{E,k}$ sind im Fundamentdiagramm auf der rechten Y-Achse dargestellt.

Unterhalb der Gründungselemente ist ein Polster (ggfs. ein Geländeausgleich) vorzusehen. Für das Polster / Geländeausgleich werden zunächst folgende Bodenkennwerte angesetzt:

Schicht 4	Polster / Geländeausgleich	
Wichte	γ_k	= 20,0/10,0 kN/m ³
Reibungswinkel	φ_k'	= 35°
Kohäsion	c_k'	= 0,0 kN/m ²
Steifemodul	cal E_s	= 50,0 MN/m ²

Diese Kennwerte bzw. der Nachweis dieser Kennwerte sind sodann als Anforderung in die weitere Planung zu übernehmen.

Folgende Situationen wurden bemessen:

- Gründung über Einzelfundamente (Anlage 5.1)
- Gründung über Bodenplatte (Anlage 5.2)

Gründung auf lastverteilender Einzelfundamente

Es wurden Berechnungen für die Bodenschichtung nach Bohrungen BK A/1 und nach BK B/3 aufgestellt, sodass relevante Baugrundsichtungen erfasst werden. Für die Berechnungen wurde entsprechend [3] eine UK Einzelfundament bei 211,80 mNHN und bei einer Baugrundsichtung nach BK B/3 ein Polster mit $d \geq 0,50$ m direkt auf der Verwitterungsschicht angesetzt. Bei einer Baugrundsichtung nach BK A/1 wäre zusätzlich ein Bodenaustausch der weichen Bereiche des Verwitterungshorizontes erforderlich. Dementsprechend wurden folgende Modelle betrachtet:

Modell 1: Gründung über Polster in Verwitterungsschicht nach BK B/3 (Anlage 5.1.1)

Modell 2: Gründung über Polster und Geländeauffüllung in Verwitterungsschicht nach BK A/1 (Anlage 5.1.2)

Eine Auswertung für Einzelfundamente ergibt sich exemplarisch folgendes:

Tabelle 16: Fundament-Bemessungen, Einzelfundamente

Modell	Breite a = b [m]	Bemessungs- sohlrücke $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	Charakteristische Sohldrücke $\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	Setzungen [cm]
Modell 1 (Gründung über Polster)	3,00	450	316	≈ 1,5
	4,00	320	220	≈ 2,5
Modell 2 (Gründung über Polster und Geländeauffüllung)	3,00	450	316	≈ 1,3
	4,00	450	316	≈ 2,1

Mit den bisher vorliegenden vorläufigen Stützenlasten von maximal $G_K = 750 \text{ kN}$ und $Q_K = 400 \text{ kN}$ ergeben sich Bemessungswerte der Fundamentlasten $V_d = 1643 \text{ kN}$ und Sohldrücke von $\sigma_d = 180 \text{ kN/m}^2$ bei einer Fundamentgröße $a = b = 3,00 \text{ m}$. Größere Setzungsdifferenzen werden bei diesen Lasten zwischen den verschiedenen Untergrundmodellen grundsätzlich nicht erwartet.

Die Wahl geeigneter Fundamentgrößen muss im Rahmen der weiteren Bemessungen unter Berücksichtigung der tatsächlichen Lasten und verträglicher Setzungsdifferenzen im Rahmen der Tragwerksplanung erfolgen. Entsprechende Nachweisführungen werden im Rahmen eines noch folgenden Geotechnischen Entwurfsberichtes vorgelegt.

Gründung auf Bodenplatte (Anlage 5.2)

Für die Berechnungen der Bodenplatten wurden die Untergrundprofile nach BK A/1 und G/3 herangezogen, sodass ebenfalls relevante Baugrundsichtungen erfasst werden. Unterhalb der Bodenplatte ist eine Tragschicht mit $d \geq 0,50 \text{ m}$ herzustellen.

Für die Bodenplatten wurden exemplarisch folgende Bereiche betrachtet:

Modell 1: Bodenplatte im Bereich Keller, Verwaltung
 UK Bodenplatte bei 209,25 mNHN
 Gründung über Polster in Verwitterungsschicht nach BK G/3 (Anlage 5.2.1)

Modell 2: Bodenplatte im Bereich Werkstatthalle
 UK Bodenplatte bei 214,63 mNHN
 Gründung über Polster und Geländeauffüllung in Verwitterungsschicht nach BK A/1 (Anlage 5.2.2)

Die Bemessung einer Bodenplatte kann unter Ansatz von „ideellen Streifenfundamenten“ erfolgen. Hierbei werden sich mittragende Breiten von etwa 1,00 m ergeben. Eine Auswertung ergibt exemplarisch folgendes:

Tabelle 17: Fundament-Bemessungen, Bodenplatte

Modell	Breite [m]	Bemessungssohldrücke $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	Charakteristische Sohldrücke $\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	Setzungen [cm]
Modell 1 (Gründung über Polster)	1,00	333	234	≈ 1,6
Modell 2 (Gründung über Polster und Geländeauffüllung)	1,00	527	370	≈ 0,7

Damit können bei unterschiedlichen Untergrundverhältnissen und bei Ausnutzung zulässiger Sohldrücke Setzungsdifferenzen von $\Delta s \approx 1$ cm resultieren, welche aus geotechnischer Sicht unbedenklich sind. Die endgültige Bemessung muss unter Berücksichtigung der tatsächlichen Lasten und verträglicher Setzungsdifferenzen im Rahmen der Tragwerksplanung erfolgen. Optimierungen sind durch Anpassung der Tragschichtmächtigkeit möglich. Entsprechende Nachweisführungen werden im Rahmen eines noch folgenden Geotechnischen Entwurfsberichtes vorgelegt.

Durch den Tragwerksplaner ist letztlich die Setzungsverträglichkeit unterschiedlicher Gründungselemente in unterschiedlichen Gründungsebenen zu überprüfen. Gegebenenfalls sind Raumfugen einzuplanen. Weiterhin sind Gründungselemente im direkten Absatzbereich unterschiedlicher Gründungsebenen gegen einen zusätzlichen Lasteintrag aus höherliegenden Gründungen zu sichern. Hierzu muss beispielsweise eine Abtreppe zwischen unterschiedlichen Gründungsebenen oder eine Hinterfüllung mittels Magerbeton erfolgen.

Aus den genannten Angaben kann für die Bodenplatte im Bereich BK G/3 ein mittlerer Bettungsmodul von $k_s \approx 15$ MN/m³ abgeleitet werden. Es wird darauf verwiesen, dass der Bettungsmodul last- und geometrieabhängig ist. Nach Vorlage der statischen Berechnung ist dieser erneut zu prüfen.

Eine detaillierte Bemessung der Gebrauchstauglichkeit erfolgt nach Vorlage der endgültigen Lasten im Geotechnischen Entwurfsbericht.

5.3 Straßen-/Verkehrsflächen

Bemessung nach RStO 12

Im Untersuchungsbereich werden Straßen-/Verkehrsflächen errichtet. Planungen liegen mit [8] vor. Danach ist ein Aufbau der Verkehrsflächen entsprechend der RStO 12 (Unterlage [21]), Tafel 1, Zeile 5, Belastungsklasse BK3,2 vorgesehen. Die Gesamtmächtigkeit soll dabei 0,75 m betragen. Danach würde das Planum bei etwa 214,25 mNHN liegen.

Grundsätzlich ist der Mutterboden (Schicht 1) vollständig rückzubauen und wird daher nicht in die nachfolgende Prüfung eingebunden. Im potenziellen Planum können Böden der Schicht 2 (Auffüllungen) und Schicht 3 (Verwitterungshorizont des Tonschiefers) anstehen. Beide Horizonte wurden aufgrund ihrer Korngrößenverteilung der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zugeordnet. Dementsprechend ergibt sich eine Mindestdicke für den frostsicheren Oberbau (Belastungsklasse BK3,2; Frostempfindlichkeitsklasse F3) von 60 cm.

Gemäß [21] (siehe nachfolgende Abb.) liegt der Planungsbereich in der Frosteinwirkungszone I. Somit sind keine Zuschläge für die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus erforderlich.

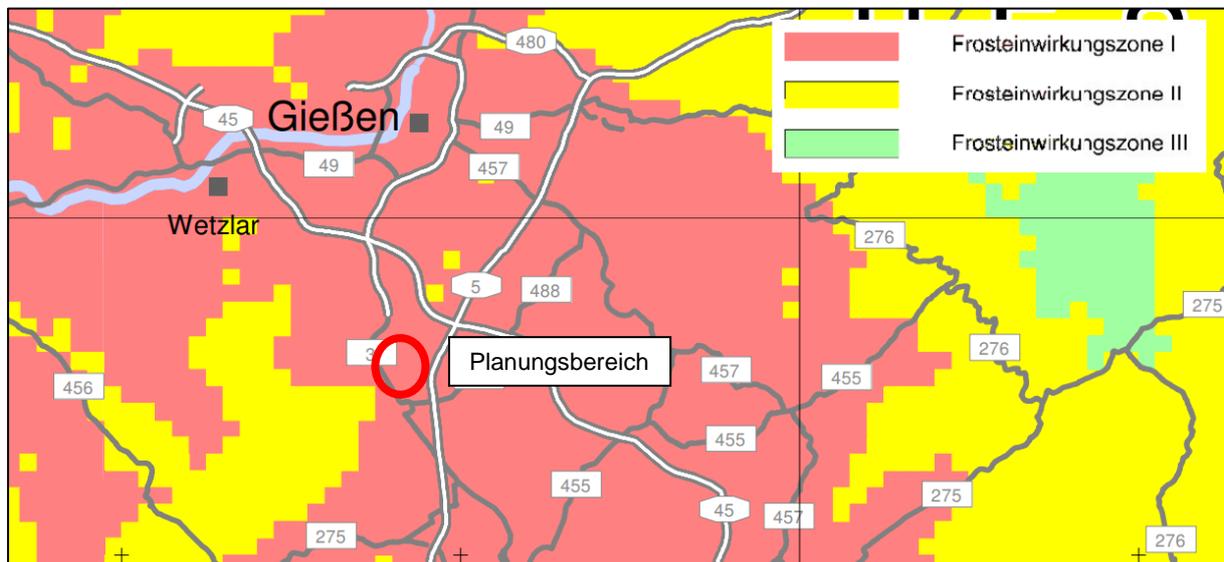


Abbildung 6: Auszug aus [21], Karte der Frosteinwirkungszone in Deutschland

Klimaunterschiede

Für den Planungsbereich liegen keine besonderen Klimaeinflüsse vor.

Wasserverhältnisse

Steht Grund- oder Schichtenwasser ständig oder auch nur zeitweise im Bereich bis 1,50 m unter Planum an, sind bei vorhandener Frostbeanspruchung die Wasserverhältnisse als ungünstig anzusehen.

Aufgrund der im Planungsbereich anstehenden feinkörnigen Böden ist in hydrogeologisch ungünstigen Zeiten oberflächennah mit der Ausbildung von Staunässe zu rechnen. Somit werden die Wasserverhältnisse als ungünstig eingestuft. Dementsprechend erhöht sich die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus um +5 cm auf 65 cm.

Lage der Gradiente

Genauere Höhenangaben zur Gradiente der Verkehrsfläche können der Unterlage [8] entnommen werden. Hieraus geht im nördlichen Bereich eine etwa geländegleiche Gradiente hervor (Erhöhung des frostsicheren Oberbaus um ± 0 cm). Im südwestlichen Bereich sollen Verkehrsflächen zum Teil im Einschnitt verlaufen. Hieraus ergibt sich eine Erhöhung des frostsicheren Oberbaus um +5 cm auf 70 cm.

Fahrbahntwässerung

Eine Entwässerung der Fahrbahn und Randbereiche über Rinnen bzw. Abläufe und Rohrleitungen geht aus der Unterlage [8] nicht hervor. Dementsprechend kann keine Abminderung des frostsicheren Oberbaus erfolgen.

Ergebnis der Betrachtung nach RStO 12

Im Ergebnis der Betrachtung ergibt sich eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 70 cm. Die Planung sieht einen frostsicheren Oberbau mit einer Dicke von 75 cm vor, welcher somit aus geotechnischer Sicht bestätigt werden kann. Diese Mindestdicke erfordert jedoch eine Mindesttragfähigkeit von $E_{V2} \geq 45$ MPa im Erdplanum.

Planumtragfähigkeit

Im Planum sind Tragfähigkeiten von $E_{V2} \geq 45$ MPa nachzuweisen. Zur Beurteilung der möglichen vorhandenen Tragfähigkeiten im Bereich der Verkehrsflächen sind die Ergebnisse der im Gleis- und Hallenbereich durchgeführten Feldversuche (Rammsondierungen, Drucksondierungen) zu werten.

Innerhalb der Auffüllungen wurden heterogene Verhältnisse in der Kornstruktur wie auch den Lagerungsdichten und Konsistenzen festgestellt und nachgewiesen. Dementsprechend ist davon auszugehen, dass die Mindestanforderung an die Tragfähigkeit in Bereichen mit Auffüllungen nicht erfüllt werden.

Im Bereich des Verwitterungshorizontes des Tonschiefers wurden überwiegend halb feste Konsistenzen festgestellt. Aufgrund der nachgewiesenen Korngrößenverteilung dieses Horizontes ist trotz halbfester Konsistenzen davon auszugehen, dass Tragfähigkeiten von lediglich $E_{V2} \approx 45$ MPa erreichbar sein werden. Höhere Tragfähigkeiten werden in diesem Horizont nicht erwartet. In Abhängigkeit von der Lage des Erdplanums ist jedoch auch innerhalb dieses Horizontes lokal mit Mindertragfähigkeiten zu rechnen.

Aus geotechnischer Sicht wird für die weitere Planung im gesamten Bereich der Verkehrsflächen ein Bodenaustausch mit einer Mächtigkeit von $d \geq 0,20$ m empfohlen. Für diesen Bodenaustausch kann ein weitgestuftes Sand-Kies-Gemisch, ein gleichwertiges Recyclingmaterial oder die Erhöhung der Schichtmächtigkeit aus frostunempfindlichem Material erfolgen.

Eine weitere Alternative kann die Herstellung einer Bodenverbesserung im Erdplanum bilden. Hierzu werden in Abschnitt 5.7 weitere Hinweise erläutert.

Hinweise zur Bauausführung

Die potenziellen Planumsböden sind als wasserempfindlich einzustufen. Diese Böden neigen bei Wasserzufuhr zum Verlust der Tragfähigkeit. Dementsprechend sollte das Planum so spät wie möglich freigelegt und ansonsten während und nach der Baumaßnahme durch geeignete Maßnahmen (kurze Bauabschnitte, ggf. Abdecken, Querneigung etc.) vor Feuchtigkeit geschützt werden. Zur Herstellung des Planums wird der Einsatz einer glatten Baggerschaufel empfohlen. Das Befahren des ungeschützten Planums mit gummibereiften Fahrzeugen ist zu vermeiden. Aushubbedingte Auflockerungen in der Baugrubensohle sind zu beseitigen. Werden in der Aushubsohle Aufweichungen bzw. Vernässungen festgestellt, sind diese auszusetzen.

5.4 Gleisanlage

Bemessung nach Ril 836.4101

Die Planung des Gleisneubaus sieht zunächst einen Regelaufbau der Schutzschichten entsprechend der Ril 836.4101 (Unterlage [22]), Tabelle 1; Einstufung 1.1.1 bzw. 1.2.1 für eine Geschwindigkeit ≤ 80 km/h vor.

Frostempfindlichkeit

Die im Planum anstehenden Böden wurden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 zugewiesen (siehe Abschnitt 5.3). Dementsprechend ergibt sich neben einer Gleisschottermächtigkeit von 0,30 m, eine Schutzschichtmächtigkeit wie folgt:

Tabelle 18: Mächtigkeit der Schutzschicht nach [22]

Einstufung	1.1.1	1.2.1
Schutzschicht Mächtigkeit [cm]	30	25
Dicke frostsicherer Aufbau [cm]	50	60

Planumstragfähigkeit

Angaben zur Planumstragfähigkeit wurden im Abschnitt 5.3 bereits erläutert. Dementsprechend wird bei einer Lage des Erdplanums im Bereich der Auffüllungen und des Verwitterungshorizontes mit geringen Konsistenzen der Einbau eines zusätzlichen Bodenaustausches erforderlich. Dieser Bodenaustausch sollte für die weitere Planung zunächst mit einer Mächtigkeit von mindestens $d \geq 0,20$ m vorgesehen werden.

Liegt das Erdplanum im Bereich einer Geländeauffüllung, so ist bei einer fachgerechten Herstellung von ausreichenden Tragfähigkeiten auszugehen. In diesen Bereichen sind somit keine tragfähigkeitserhöhenden Maßnahmen erforderlich.

Wasserverhältnisse

Die Wasserverhältnisse wurden als ungünstig eingestuft (siehe Abschnitt 5.3).

Gemäß Ril 836.4101 A03 ist bei einem nicht oder schlecht versickerungsfähigen, wasserempfindlichen Untergrund sowie eines bindemittelbehandelten Untergrundes eine Schutzschichtmächtigkeit mit $d > 30$ cm vorzusehen. Eine weitere Erhöhung der Schutzschichtmächtigkeit ist infolge der Herstellung eines Bodenaustauschs bzw. im Bereich der Geländeauffüllung nicht erforderlich.

5.5 Stützkonstruktionen

Stützkonstruktionen sind im Umfeld des Werkstatt- und Betriebsgebäudes erforderlich. Planungen liegen dazu mit [8] vor. Die verschiedenen Bereiche sind nachfolgend dargestellt (Abbildung 7):

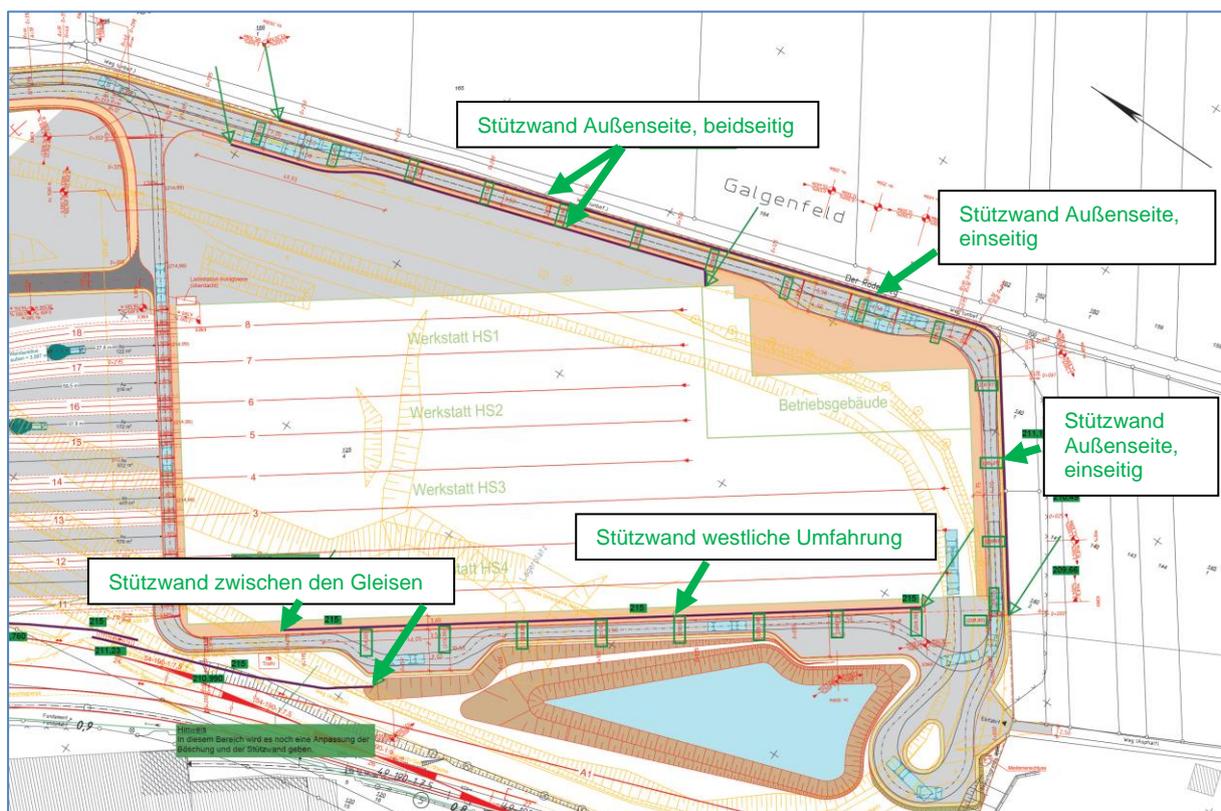


Abbildung 7: Anordnung von Stützkonstruktionen

Stützwand Osten und Süden

Im Bereich der östlichen und südlichen Umfahrung sind Stützwandkonstruktionen aufgrund der vorhandenen Geländesituation und der geplanten Bebauung in Grundstücksgrenznähe erforderlich. Für die Ausführung werden derzeit zwei Varianten wie folgt in Betracht gezogen:

Variante 1: Herstellung einer Betonplatte (unter der eigentlichen Fahrbahn) mit einer Mächtigkeit von etwa 0,50 m als dauerhafte Aussteifung zwischen den parallel verlaufenden Spundwänden (zweiseitige Stützkonstruktion) bzw. zwischen Spundwand und Gebäude. Während der Bauzeit wird im oberen Bereich eine temporäre Kopfaussteifung vorgesehen. Eine Vorbemessung ist in Anlage 5.3.1 (Endzustand) und Anlage 5.3.2 (Bauzustand) beigelegt.

Variante 2: Herstellung von Spundwänden mit dauerhafter Rückverankerung. Hierbei haben überschlägliche Berechnungen eine Gesamtlänge der Anker von etwa 10,00 m bei einer Neigung von 15° ergeben. Unter diesen Voraussetzungen würden die Anker im Bereich der Nachbargrundstücke abgesetzt werden. Demnach sind Abstimmungen und das Einholen von Genehmigungen mit den Nachbargrundstückseigentümern erforderlich. Eine Vorbemessung ist in Anlage 5.3.3 (Bauzustand) beigelegt.

Stützwand Westseite

Die im westlichen Bauwerksbereich geplante Stützwand der Westumfahrung muss einen Höhensprung von der Ebene Erdgeschoß des Werkstattgebäudes und der Umfahrung an der Westseite überbrücken. Hier wird im ungünstigsten Querschnitt eine Höhendifferenz von etwa 6,60 m zu überbrücken sein. Dabei ist die Lage der Stützwand etwa 2,50 m von der Westseite der Neubauhalle entfernt. Für diesen Abschnitt ist zunächst folgende Variante in Betracht zu ziehen:

Variante 3: Herstellung einer Stützwand als Betonwand oder in Spundwandbauweise mit dauerhafter Rückverankerung. Diese Rückverankerung erfolgt über Zuganker am neu zu errichtenden Bauwerk. Der Zwischenraum wird lagenweise verdichtet verfüllt. Eine Vorbemessung kann nach Vorliegen der weiteren Planung im Geotechnischen Entwurfsbericht vorgelegt werden.

Stützwand zwischen Gleisen

Im Nordwesten des Untersuchungsbereiches sind Stützwände zur Überbrückung der Höhendifferenz zwischen den Überführungsgleisen Ü1 bis Ü3 zu den Halleneinfahrtsgleisen 11 bis 18 zu errichten. Die in diesem Bereich vorgesehenen Stützwände werden Höhendifferenzen

zwischen 1,14 m im Norden bis hin zu 4,00 m gegen Süden überbrücken. Hierfür wird derzeit folgende Variante verfolgt:

Variante 4: Herstellung einer Winkelstützwand aus Betonfertigteilen.

Bei dieser Variante sind jedoch mögliche Beeinflussungen der Stützkonstruktion (Setzung, Verschiebung, Verdrehung, Verkipfung) in Folge der dynamischen Verkehrsbelastung zu beachten. Eine Vorbemessung kann nach Vorliegen der Planung im Geotechnischen Entwurfsbericht vorgelegt werden.

5.6 Böschungen

Im Bereich der südlichen und östlichen Umfahrung sind zwischen GOK Urgelände und GOK geplante Verkehrsfläche Höhendifferenzen vorhanden. Diese Höhendifferenzen können neben den in Abschnitt 5.5 beschriebenen Stützwandkonstruktionen auch über Böschungen überbrückt werden. Dazu wären aber zusätzliche Flächen (teilweise außerhalb des bestehenden Grundstückes) erforderlich.

Grundsätzlich sind Böschungen mit einem Böschungswinkel von 1 : 2 oder flacher aus geotechnischer Sicht als standsicher anzusehen. Standsicherheitsnachweise nach DIN EN 1997-1:2014-07 (EC 7-1) zu auf der Grundlage der geplanten Geometrien und Einwirkungen zu führen. Diese können nach Vorlage der Planung im Rahmen des noch folgenden Geotechnischen Entwurfsberichtes vorgelegt werden.

5.7 Maßnahmen

Baugruben

Zur Herstellung von Baugruben sind die Angaben der DIN 4124 zu berücksichtigen.

Dementsprechend können Baugruben $\leq 1,25$ m senkrecht, bei Tiefen $\geq 1,25$ m gebösch, hergestellt werden. Hierbei sind Böschungswinkel von max. 45° bei nichtbindigen / weichen Böden bzw. 60° bei mindestens steifen Böden einzuhalten. Bedingung hierfür ist ein ausreichend breiter lastfreier Streifen sowie Grundwasserfreiheit.

In Bereichen mit bedingten Platzverhältnissen können Baugruben ggfs. verbaut werden. Eine Vorbemessung von Verbauwänden kann nach Vorliegen der Planung im Geotechnischen Entwurfsbericht vorgelegt werden.

Schichtwasser

Im Untersuchungsbereich wurde in den Aufschlüssen vereinzelt Schichtenwasser festgestellt. Es ist zu erwarten, dass dieses im Zuge der Baumaßnahme lokal angeschnitten wird.

Ein Aquifer und damit ein einheitlicher Grundwasserspiegel wurde im Bereich der vorgesehenen Eingriffe nicht erkundet. Insofern ist keine Grundwasserabsenkung oder Grundwasserhaltung bzw. Entnahme von Grundwasser vorgesehen. Die angetroffenen Schichtwasserbereiche werden mit der Beseitigung der Auffüllungen bzw. beim Herstellen der Arbeitsebenen abgetragen.

Tritt dennoch Schichtwasser an Aushubkanten auf, wird dieses gesammelt, beprobt und nach Erreichen einer Maximalmenge von 500 l mit Tankwagen abgefahren. Die Entsorgung erfolgt auf geeignete Weise entsprechend der festgestellten Belastung und der Einleit- und Annahmekriterien nach Wahl des Auftragnehmers. Der Entsorgungsweg wird nachvollziehbar belegt.

Niederschlagswasser

Anfallendes Niederschlagswasser fällt auf der Oberfläche als Tagwasser an und wird umgehend und geeignet gefasst und abgeleitet. Dies kann an Aushubsohlen im Regelfall über eine fachgerecht betriebene Flächendrainage realisiert werden. Die unterhalb der Gebäude / Gründungselemente herzustellenden Polster mit einer empfohlenen Dicke von $d \geq 0,50$ m, können bei entsprechender feinkornfreier Körnung ebenso als Dränlage angerechnet werden. Es ist im Regelfall von einer geringen Wassermenge auszugehen. Bei einem Bemessungsregel kann es zu einer abzuleitenden Wassermenge von bis zu 3 l/s kommen, das über die bestehende Grundstücksentwässerung abgeleitet wird.

Erdplanum und Polster

Zum Schutz des Erdplanums wurde unterhalb der Gründungselemente der Aufbau eines Polsters mit $d \geq 0,50$ m und unterhalb der Verkehrs- und Gleisanlagen ein Bodenaustausch mit $d \geq 0,20$ m empfohlen.

Im Erdplanum sind mindestens steife Konsistenzen nachzuweisen. Bei Auftreten von Aufweichungen sind Maßnahmen erforderlich. Im Regelfall sollte ein Austausch der Aufweichungsbereiche mit Polster-Material erfolgen.

Das Polster bzw. der Bodenaustausch muss lagenweise verdichtet aufgebaut werden. Die jeweilige Lagenstärke sollte dabei $d \leq 0,50$ m nicht überschreiten. Bei der Verdichtung der ersten Lage sind dynamische Anregungen (Aktivierung des Porenwassers) aufgrund der mit sich führenden Aufweichungen des Erdplanums zu vermeiden.

Bei der Verdichtung der ggf. erforderlichen weiteren Lagen ist die Verdichtungsenergie dennoch auf den empfindlichen Untergrund abzustimmen.

Für den Aufbau des Polsters kann ein weitgestuftes Sand-Kies-Gemisch (Feinkornanteil $d_{0,063\text{mm}} \leq 5$ Gew.-%) oder ein gleichwertiges RC-Material herangezogen werden. Wird das Polster bauzeitlich als Bau- und Montagefläche genutzt, sind entsprechende Maßnahmen zum Schutz vor Verunreinigungen vorzusehen. Vor dem Überbauen ist in diesem Fall stichpunktartig eine ausreichende Materialqualität nachzuweisen.

Auf der OK Bodenaustausch (Verkehrs- / Gleisanlage) sind Tragfähigkeiten von $E_{VD} \geq 25$ MPa und auf der OK Polster (Gründungsbereich Bauwerk) von $E_{VD} \geq 40$ MPa nachzuweisen. Je Gründungskörper sollte hierzu ein dynamischer Plattendruckversuch durchgeführt werden.

Geländeauffüllung

Bereichsweise ist nach dem Rückbau der Auffüllungen und der weicheren Deckschichten des Verwitterungshorizontes ein Höhenausgleich / Geländeauffüllung herzustellen. Für die Geländeauffüllung kann analog zum Bodenaustausch / Polster ein weitgestuftes Sand-Kies-Gemisch herangezogen werden. Dieses ist lagenweise verdichtet (Lagenstärke $d \leq 0,50$ m) aufzubauen.

Verwertung von Aushubmaterial

Für Auffüllungen kann alternativ Aushubmaterial aus den anthropogenen Auffüllungen und gegebenenfalls anfallender Aushub aus dem Verwitterungshorizont herangezogen werden. Dazu ist ein Erdbaukonzept zu erstellen und die abfalltechnische Verwertung von Auffüllungen muss durch entsprechende umwelttechnische Eignungsuntersuchungen nachgewiesen werden. Darauf wird in dem Erdbau- und Verwertungskonzept (siehe Bericht [10]) eingegangen. Für die erdbautechnische Eignung können Maßnahmen zur Bodenverbesserung mit Mischbinder erforderlich werden. Dazu wird eine projektbezogene Eignungsuntersuchung zur Festlegung der Dosierung empfohlen. Insbesondere bei den Auffüllungen sind zudem Fremdbestandteile mit einem Korndurchmesser $d > 32$ mm abzusieben.

Verwertung Aushubmaterial

Anfallende Aushubböden aus den Auffüllungen und dem Verwitterungshorizont, die im Zuge der Baumaßnahme nicht verwendet oder verwertet werden, müssen fachgerecht entsorgt werden.

Schutz vor Feuchte

Gemäß DIN 18533-1:2017-07 darf eine Abdichtung gegen Bodenfeuchte und nicht aufstauendes Sickerwasser nur vorgesehen werden, wenn

„der Baugrund bis zu einer ausreichenden Tiefe unterhalb der Abdichtungsebene wie auch das Verfüllmaterial der Arbeitsräume aus stark durchlässigen Böden ($k > 10^{-4}$ m/s nach DIN 18130-1) bestehen und die Unterkante der Abdichtungsebene mindestens 50 cm oberhalb des Bemessungswasserstandes liegt. Eine ausreichende Tiefe der starkdurchlässigen Bodenschichten liegt vor, wenn in Abhängigkeit von der Wasserdurchlässigkeit der unterlagerten Bodenschichten und der Menge des in den verfüllten Arbeitsraum eindringende Oberflächen- und Sickerwassers eine die erdberührten Bauteile beanspruchende Stauwasserbildung sicher vermieden wird.

Bei wenig durchlässigen Böden (mit $k \leq 10^{-4}$ m/s nach DIN 18130-1) muss damit gerechnet werden, dass in den verfüllten Arbeitsraum eindringendes Wasser vor den Bauteilen zeitweise aufstaut und als drückendes Wasser einwirkt. Wird die Einwirkung durch eine auf Dauer funktionsfähige Drainung nach DIN 4095 verhindert, tritt auch bei wenig durchlässigem Baugrund nur nicht drückendes Wasser und an Bodenplatten nur Bodenfeuchte auf“

Schichtenwasser wurde innerhalb des Verwitterungshorizontes vorgefunden. Dieses liegt derzeit bereits gespannt vor. In hydrogeologisch ungünstigen Zeiten ist neben erhöhten hydrostatischen Druckhöhen des Schichtenwassers ebenfalls mit der Ausbildung von Staunässe zu rechnen. Grund hierfür sind die Untersuchungsbereich anstehenden geringdurchlässigen Böden des zersetzten Tonschiefers (Verwitterungshorizont).

Die Bereiche des geplanten Kellergeschosses der Verwaltung, wie auch der Bereich Drehgestelllager, werden flach über ein Gründungspolster ($d \geq 0,50$ m) direkt im Verwitterungshorizont abgesetzt. Dementsprechend werden aus geotechnischer Sicht zunächst folgende Maßnahmen nach DIN 18533-1:2017-07 (Unterlage [20]) zum Schutz vor Feuchtigkeit empfohlen:

Tabelle 19: Abdichtung nach DIN 18533-1:2017-07

Nr.	1	2	6
	Klasse	Art der Wassereinwirkung	Abdichtung nach
1	W1-E	Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser	DIN 18533-1:2017-07, Abschnitt 8.5
2	W1.1-E	Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden	DIN 18533-1:2017-07, Abschnitt 8.5.1
3	W1.2-E	Bodenfeuchte und nichtdrückendes Wasser bei Bodenplatten und erdberührten Wänden mit Drainung	DIN 18533-1:2017-07, Abschnitt 8.5.1
4	W2-E	Drückendes Wasser	DIN 18533-1:2017-07, Abschnitt 8.6
5	W2.1-E	Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe	DIN 18533-1:2017-07, Abschnitt 8.6.1
6	W2.2-E	Hohe Einwirkung von drückendem Wasser > 3 m Eintauchtiefe	DIN 18533-1:2017-07, Abschnitt 8.6.2

Im Ergebnis kann das Bauvorhaben zunächst den Wassereinwirkungsklassen W1.2-E oder W2.1-E zugeordnet werden. Dementsprechend können Abdichtungsbauarten nach DIN 18533-1:2017-07, Abschnitt 8.5.1 bzw. 8.6.1 herangezogen werden.

Für die endgültige Wahl der zu verwendenden Abdichtungsbauart sind gemäß DIN 18533-1:2017-07, Abschnitt 8.4 folgende Kriterien ausschlaggebend:

- Rissklasse
- Rissüberbrückungsklasse
- Raumnutzung
- Zuverlässigkeitsanforderung

Diese sind durch den Fachplaner zu bestimmen.

Geotechnische Begleitung der Planung

Im Zuge der weiteren Planung sind nach Vorlage der endgültigen Lasten und Fundamentabmessungen detaillierte Bemessung der Gebrauchstauglichkeit des Bauwerkes aufzustellen. Die Ergebnisdarstellung erfolgt in einem separaten Geotechnischen Entwurfsbericht.

Weiterhin können bei einer möglichen Wiederverwertung vorhandener Aushubmassen, unter Berücksichtigung baugrundverbessernder Maßnahmen (Baugrundverbesserung mittels Mischbinder), Prüfkörper zur Ermittlung möglicher Mischungsverhältnisse hergestellt werden.

Geotechnische Begleitung der Ausführung

Im Zuge der Tiefbauarbeiten wird die Ausführung einer Geotechnischen Begleitung zur Abnahme des Erdplanum, der Polsterschichten und der Ausführung der Geländeauffüllung sowie deren Prüfung durch einen geotechnischen Sachverständigen empfohlen.

Monitoring

Die zu erwartenden Setzungen müssen im Rahmen eines Monitorings überwacht werden. Es wird empfohlen, spätestens nach Setzen jeder Stütze dort Setzungsmarken anzulegen und Anfangsmessungen sowie regelmäßige Folgemessungen (nach Laständerungen, ansonsten alle 2 Wochen) durchzuführen und zu dokumentieren.

5.8 Regenwasserversickerung

Die Bedingungen für eine Versickerung von Niederschlagswasser werden im Merkblatt ATV-DVWK-A 138 (Planung, Bau und Bemessung von Anlagen zur Versickerung von Regenwasser) genannt. Folgende Voraussetzungen müssen erfüllt werden:

- Durchlässigkeit der anstehenden Böden im Bereich zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s
- Abstand zwischen Versickerungselement und Bemessungswasserstand MHGW (Mittlerer Höchster Grundwasserstand) mindestens 1,00 m

Weiterhin ist die Abflussbelastung des Regenwassers hinsichtlich gegebenenfalls erforderlicher Behandlungsmaßnahmen nach ATV-DVWK-M 153 zu prüfen.

Im Untersuchungsbereich wurden durchgehend feinkörnige Böden der Schicht 3 nachgewiesen. Diese Böden wurden den Bodengruppen UL/UM und TL/TM zugeordnet. Aus den Ergebnissen der Korngrößenverteilung wurde für diese Böden rechnerisch eine Wasserdurchlässigkeit von $k_f \leq 10^{-8}$ m/s abgeleitet, sodass die Bedingung hinsichtlich der Wasserdurchlässigkeit nicht gegeben ist. Aus geotechnischer Sicht ist somit eine ATV-gerechte Versickerung am Standort nicht möglich.

6 Zusammenfassung

Durch die GGU mbH wurden für die Baumaßnahme „Butzbach, Neubau Werkstatt“ eine Baugrunduntersuchung durchgeführt. Die anstehenden Böden wurden durch direkte Aufschlussbohrungen in Form von Bohrungen und Kleinrammbohrungen sowie indirekter Aufschlussverfahren in Form von Drucksondierungen und schweren Rammsondierungen erkundet. Aus den Bohrungen wurden Boden- und Grundwasserproben entnommen und anschließend bodenmechanisch wie auch bodenchemisch untersucht.

Demnach wurden oberflächennah neben Mutterboden aus organischen Schluffen, Auffüllungen aus Schluff-Sand-Kies-Gemischen mit einer Vielfalt von Fremdbestandteilen und Bau-schutt vorgefunden. Die Auffüllungen wiesen dabei Mächtigkeiten bis zu 3,60 m auf. Im Lie-genden wurde Ton-Schluffstein / Tonschiefer als Verwitterungshorizont bis zur Endteufe von max. 15,00 m uGOK erkundet. Diese Böden liegen überwiegend in einer halbfesten Konsis-tenz vor. Lokal wurden geringmächtige, weiche Horizonte vorgefunden.

Grundwasser wurde als Schichtenwasser innerhalb des Verwitterungshorizontes festgestellt. Dieses Schichtenwasser liegt bereits gespannt vor. Daher würden sich mögliche Bemessungswasserstände in Form von erhöhten hydrostatischen Druckhöhen ausbilden. In ge-ohydrologisch ungünstigen Zeiten kann sich aufgrund der anstehenden Böden oberflächennah Staunässe ausbilden. Hinsichtlich der beton-/stahlangreifende Wirkung ist das Wasser der Expositions-klasse X 0 zuzuordnen.

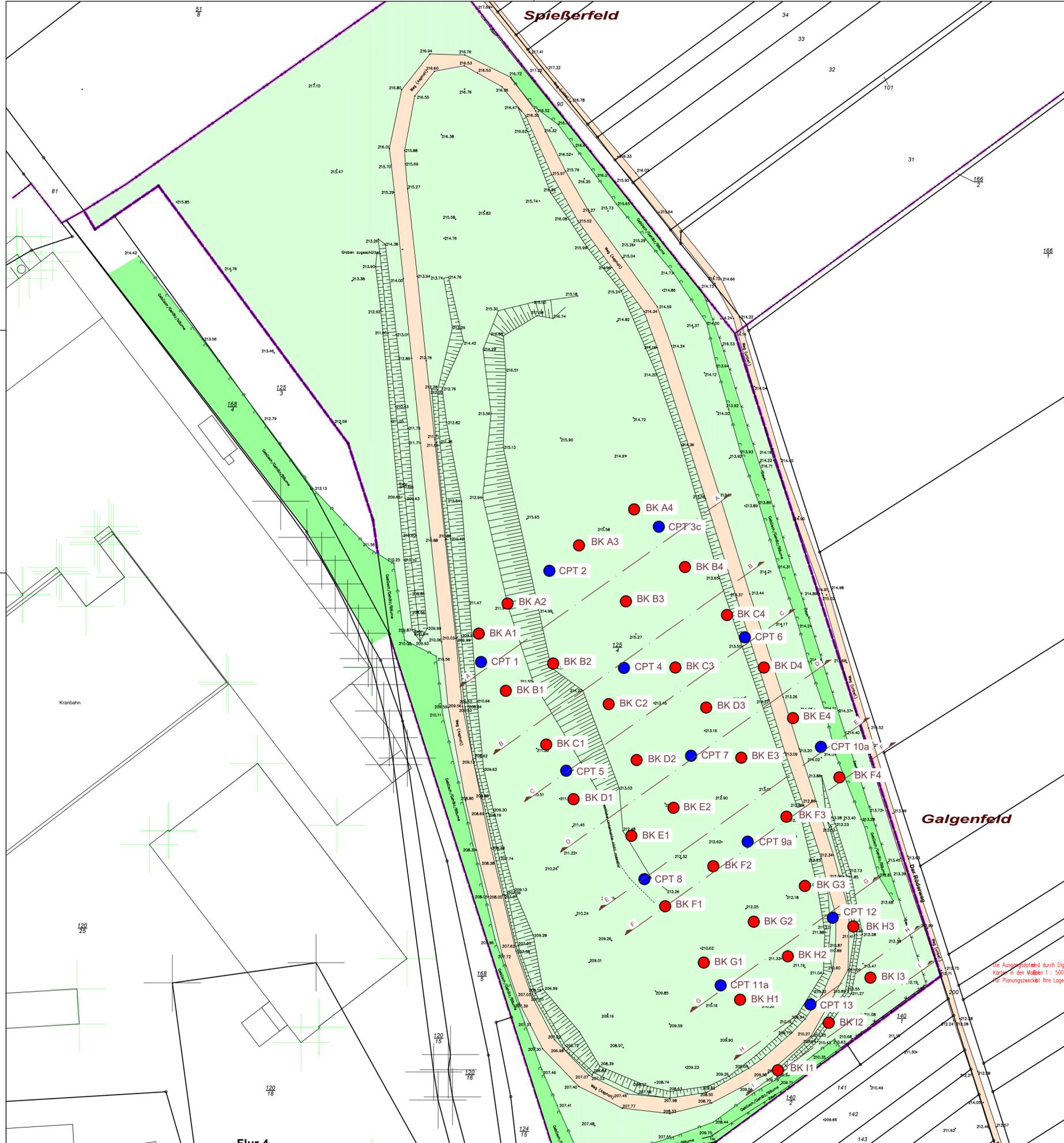
Die Baugrundverhältnisse wurden beschrieben und bewertet. Die Gründung des Bauwerkes kann flach über Einzelfundamente und Bodenplatten erfolgen. Dazu sind die Auffüllungen und die weicheren Deckschichten des Verwitterungshorizontes auszuheben. Nach Herstel-lung des Erdplanums kann der Aufbau der Geländeauffüllung, des Bodenaustauschs (Be-reich Verkehrs- und Gleisanlage) und des Polsters (Bereich Gründungselemente) erfolgen.

Aushub aus den Auffüllungen und dem Überschussmaterial des Verwitterungshorizontes können bei einer Aufbereitung (absieben und verbessern) für die Herstellung der Gelän-deauffüllung herangezogen werden. Dazu wird ein Erdbau und Verwertungskonzept erstellt und in einem gesonderten Bericht vorgelegt.


Dr.-Ing. P. Grubert




M. Eng. R. Slotta



Legende:

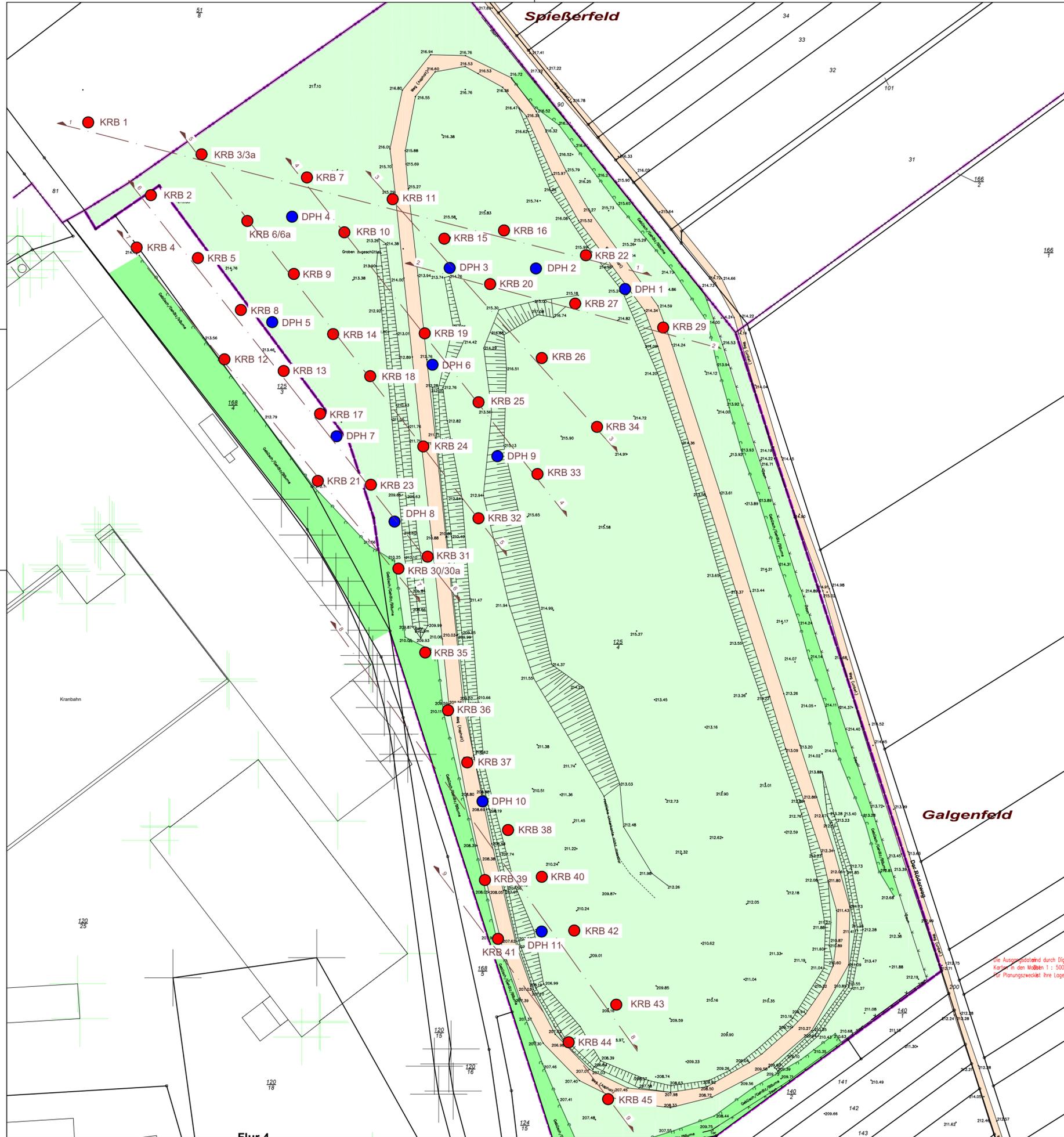
- BK = Bohrung DN 186 gemäß DIN EN ISO 22475-1
- CPT = Drucksondierung gemäß DIN EN ISO 22476-1 - Es liegen derzeit keine Vermessungsdaten vor
- ▲ A ▲ A Schnitt

Auftraggeber	Hessische Landesbahn GmbH Erlenstraße 2 60325 Frankfurt am Main Tel.: 0800 44 33 700 Fax:
--------------	---

Auftragnehmer	GGU mbH In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0 Fax: 039 205 / 45 38 - 11
---------------	--

Lagebezug:	-	Höhenbezug:	-
Landkreis:	Wetteraukreis	Gemeinde:	Butzbach
Gemarkung:	diverse	Flurstück:	diverse

	Datum	Name	Unterschrift	Butzbach, Neubau Werkstatt			
Gez.	04/2022	Kühne		Geotechnischer Bericht			
Bearb.	04/2022	Kühne		Lageplan mit Baugrundaufschlüssen BK und CPT			
Gepr.	04/2022	Kröber		Plan-Nr.:	1	Blattgröße:	420 x 594
Projekt-Nr.:	5625 / 22	Ers. f.:	-	Maßstab (m):	1 : 1.000	Blatt:	1
Anlage :	1.1					Blät.	1

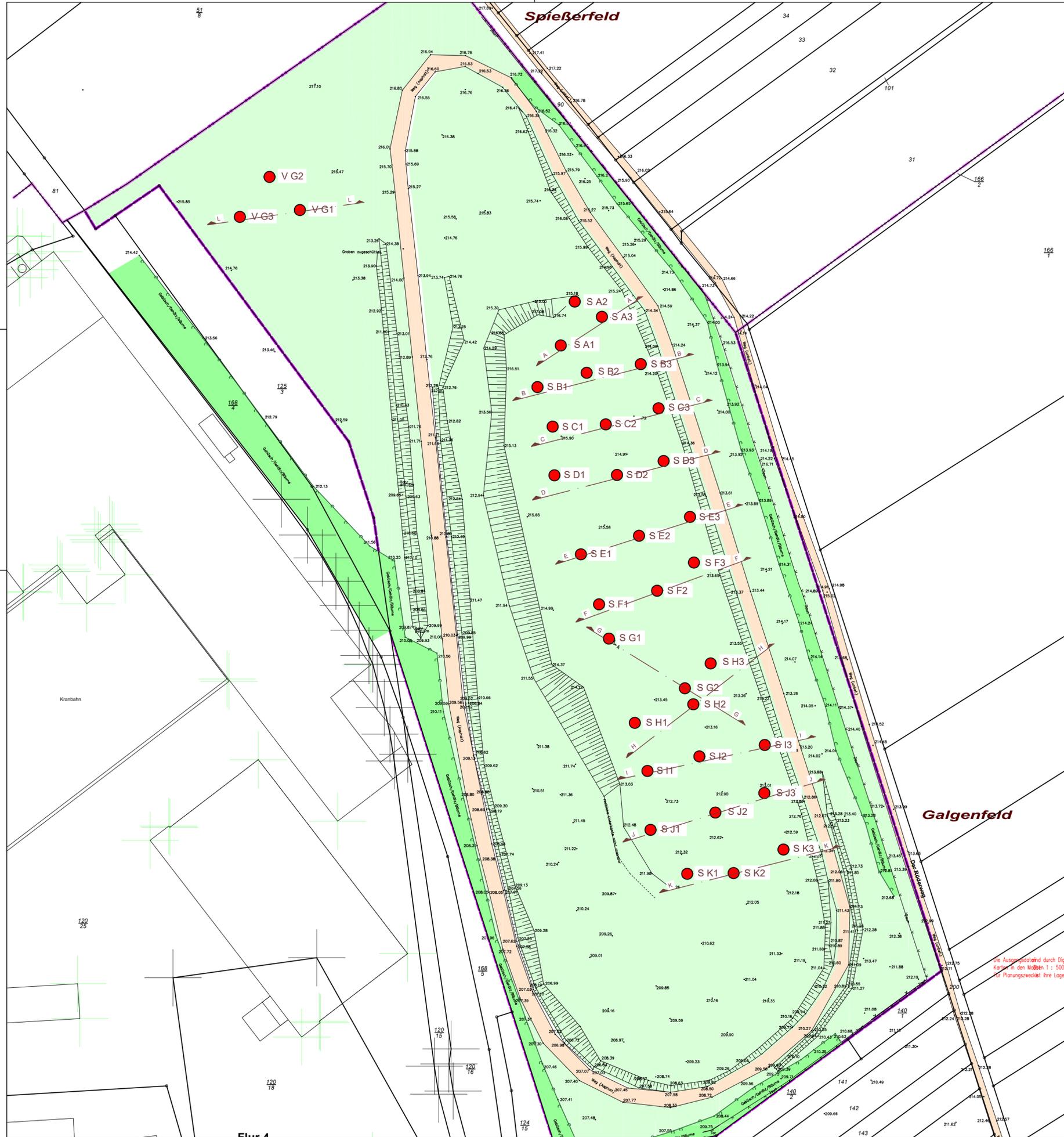


Legende:

- KRB = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
- DPH = Schwere Rammsondierung gemäß DIN EN ISO 22476-2 - Es liegt derzeit keine Vermessung vor

1:1 Schnitt

Auftraggeber		Hessische Landesbahn GmbH Erlenstraße 2 60325 Frankfurt am Main Tel.: 0800 44 33 700 Fax:			
Auftragnehmer		GGU mbH In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0 Fax: 039 205 / 45 38 - 11			
Lagebezug:		-		Höhenbezug: -	
Landkreis:		Wetteraukreis		Gemeinde: Butzbach	
Gemarkung:		diverse		Flurstück: diverse	
	Datum	Name	Unterschrift	Butzbach,	
Gez.	04/2022	Kühne		Neubau Werkstatt	
Bearb.	04/2022	Kühne		Geotechnischer Bericht	
Gepr.	04/2022	Kröber		Lageplan mit Baugrundaufschlüssen KRB und DPH	
Projekt-Nr.:	5625 / 22	Plan-Nr.:	1	Blattgröße:	420 x 594
Anlage :	1.2	Ers. f.:	-	Maßstab (m):	1 : 1.000
				Blatt:	1
				Blät.	1



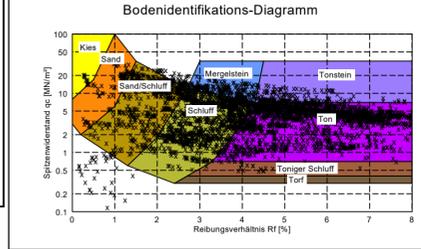
Planherkunft: Gelände Höhenplan 16-0575-A0-HP

- Legende:**
- S = Baggergrübe
 - ▲ A A Schnitt

Auftraggeber		Hessische Landesbahn GmbH Erlenstraße 2 60325 Frankfurt am Main Tel.: 0800 44 33 700 Fax:			
Auftragnehmer		 GGU mbH In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0 Fax: 039 205 / 45 38 - 11			
Lagebezug:		-		Höhenbezug: -	
Landkreis:		Wetteraukreis		Gemeinde: Butzbach	
Gemarkung:		diverse		Flurstück: diverse	
	Datum	Name	Unterschrift	Butzbach,	
Gez.	04/2022	Kühne		Neubau Werkstatt	
Bearb.	04/2022	Kühne		Geotechnischer Bericht	
Gepr.	04/2022	Kröber		Lageplan mit Baugrundaufschlüssen Baggergrübe	
Projekt-Nr.:	5625 / 22	Plan-Nr.:	1	Blattgröße:	420 x 594
Anlage :	1.3	Ers. f.:	-	Maßstab (m):	1 : 1.000
				Blatt:	1 Blät.

Die Ausgabedatei durch Digital Kartier in den Modellen 1 : 500 bis für Planungsweckel Ihre Logee

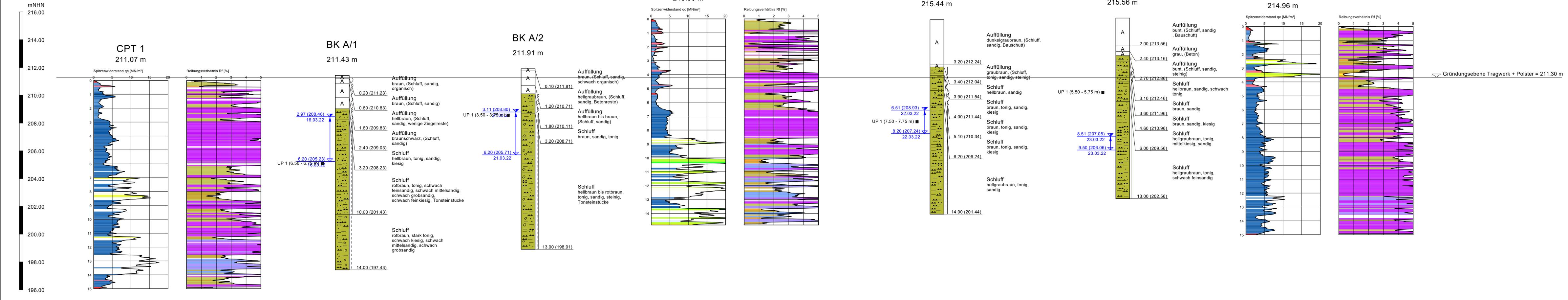
- Konsistenzen:
- halbfest
 - steif - halbfest
 - steif
 - weich - steif
 - weich



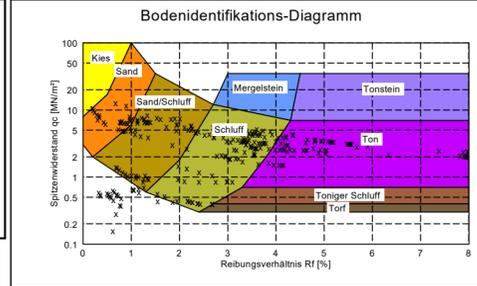
- Legende Spitzenwiderstand
- sehr locker
 - locker
 - mitteldicht
 - dicht
 - sehr dicht
 - breiig
 - weich
 - steif
 - halbfest

Mächtigkeit Gründungspolster d = 0.50 m

Baugrundschnitt 1 - Achse A
 BK = Rammkernbohrung
 CPT = Drucksondierung gemäß DIN EN ISO 22476-1
 Maßstab d. H.: 1 : 100



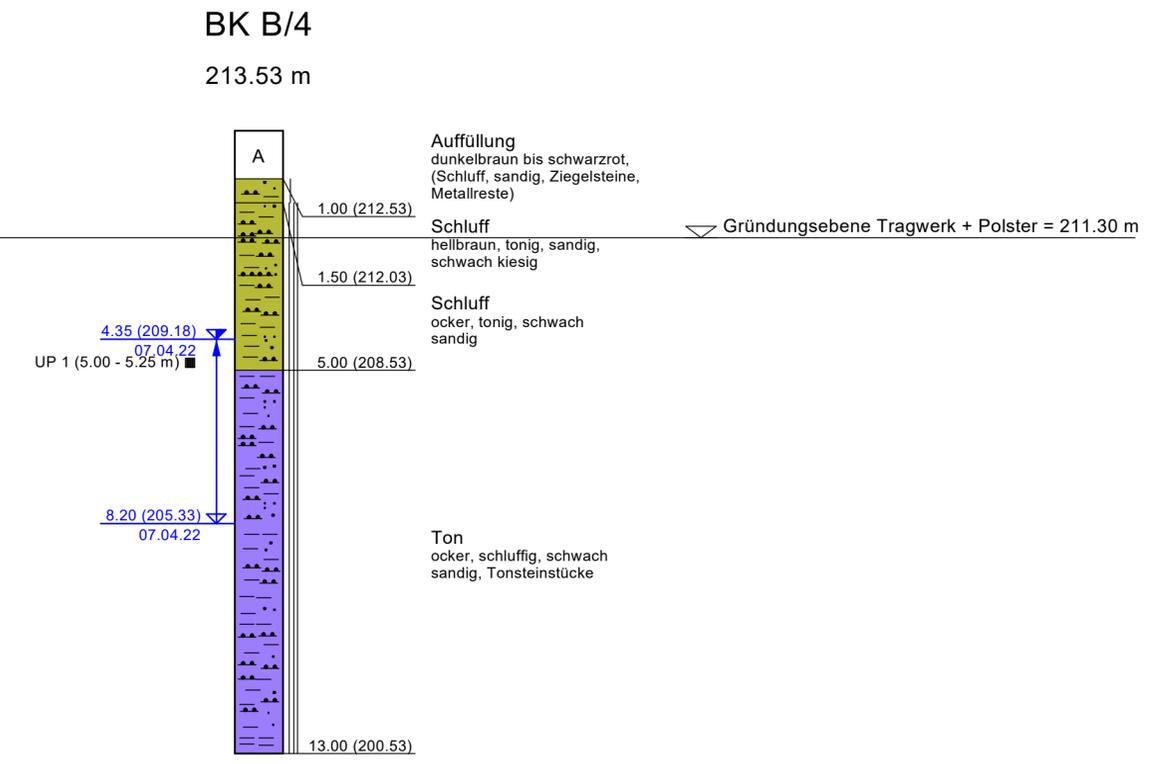
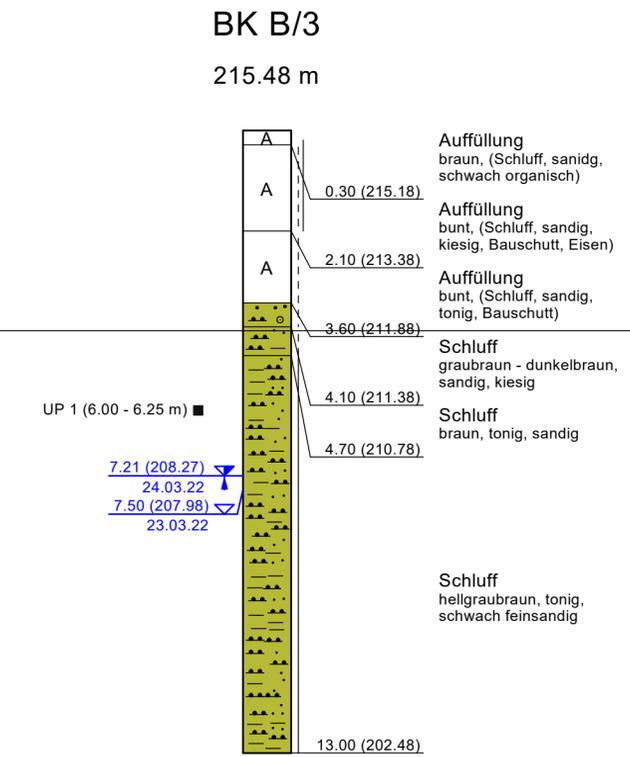
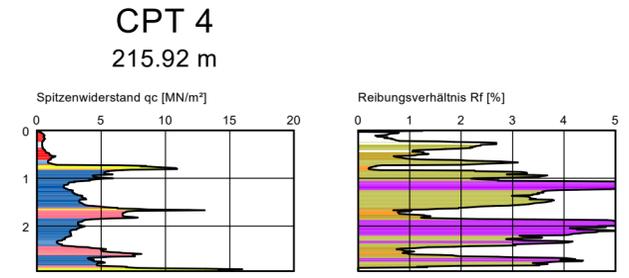
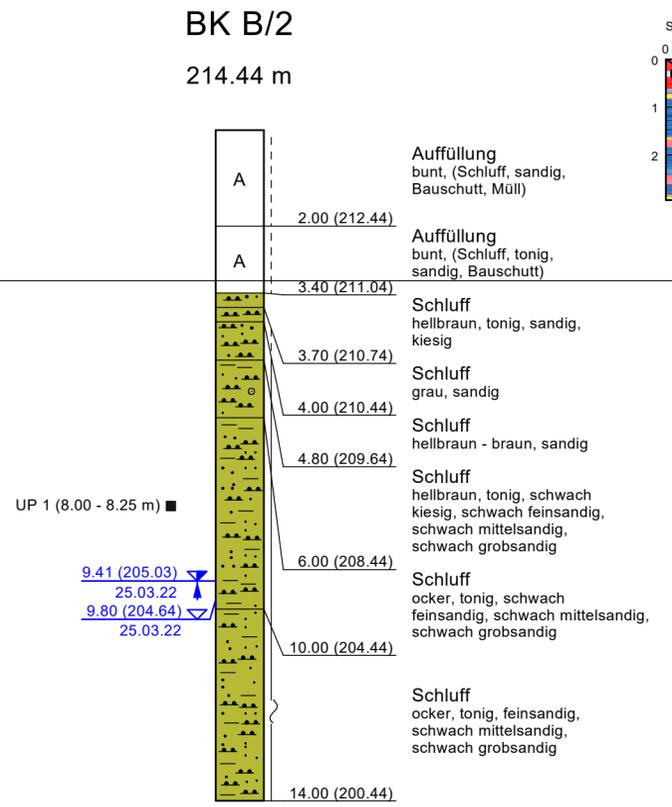
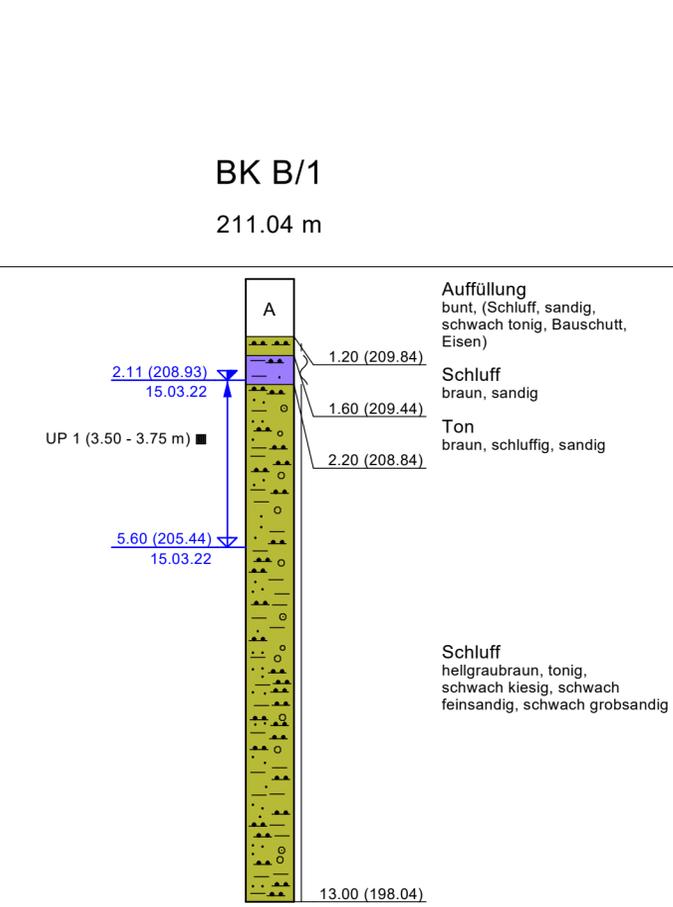
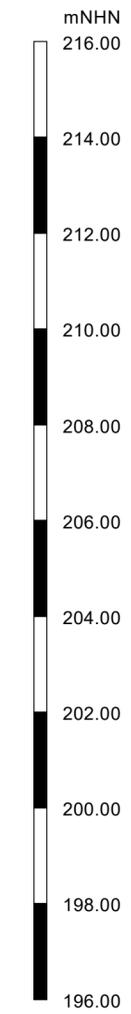
- Konsistenzen:
- halbfest - fest
 - halbfest
 - steif - halbfest
 - steif
 - weich



- Legende Spitzwiderstand
- sehr locker
 - locker
 - mitteldicht
 - dicht
 - sehr dicht
 - breiig
 - weich
 - steif
 - halbfest

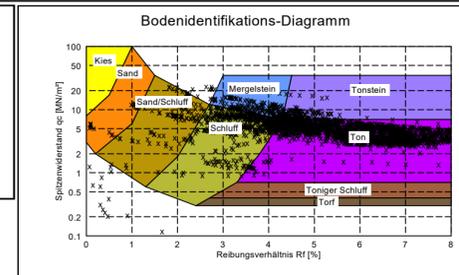
Mächtigkeit Gründungspolster d = 0.50 m

Baugrundschnitt 2 - Achse B
 BK = Rammkernbohrung
 CPT = Drucksondierung gemäß DIN EN ISO 22476-1
 Maßstab d. H.: 1 : 100



Konsistenzen:

	halbfest - fest
	halbfest
	steif - halbfest
	steif



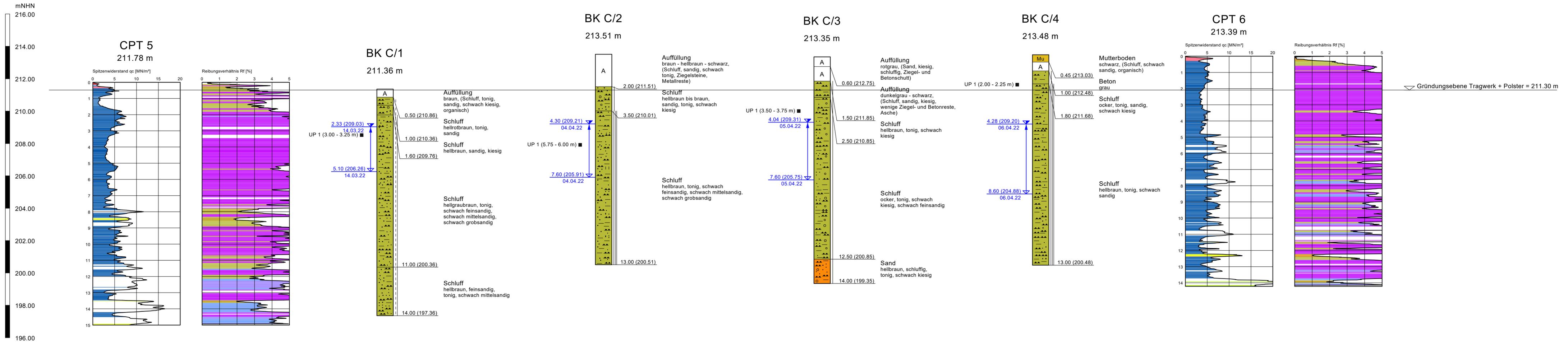
Legende Spitzwiderstand

Red	sehr locker
Yellow	locker
Orange	mitteldicht
Green	dicht
Light Blue	sehr dicht
Blue	breiig
Dark Blue	weich
Very Dark Blue	steif
Black	halbfest

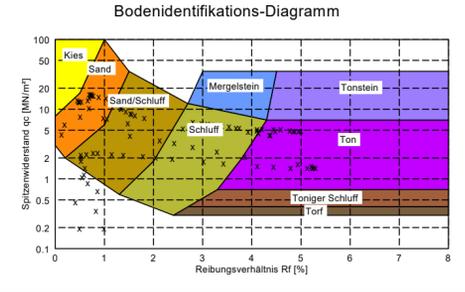
Mächtigkeit Gründungspolster $d = 0.50$ m

GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Butzbach NB Werkstatt Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 5625 / 22
		Anlage Nr. 2.1.3

Baugrundschnitt 3 - Achse C
 BK = Rammkernbohrung
 CPT = Drucksondierung gemäß DIN EN ISO 22476-1
 Maßstab d. H.: 1 : 100



- Konsistenzen:
- fest
 - halbfest - fest
 - halbfest
 - steif - halbfest
 - steif
 - weich

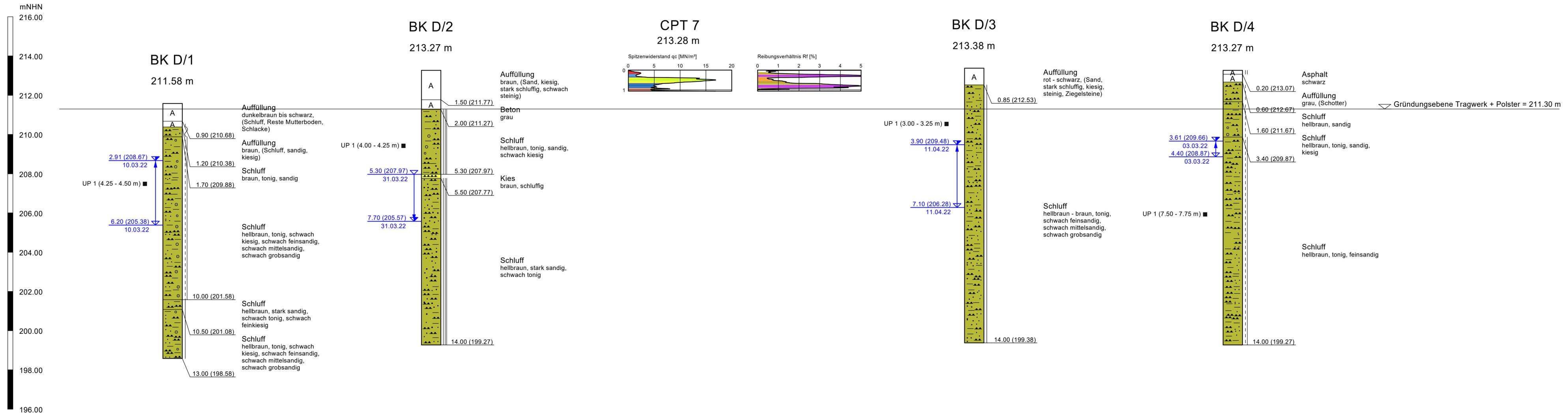


- Legende Spitzenwiderstand
- sehr locker
 - locker
 - mitteldicht
 - dicht
 - sehr dicht
 - breiig
 - weich
 - steif
 - halbfest

Annahme - Dicke Fundament Tragwerk $d = 0.50$ m; Mächtigkeit Gründungspolster $d = 0.50$ m

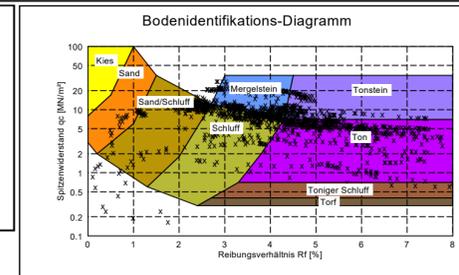
Baugrundschnitt 4 - Achse D

BK = Rammkernbohrung
CPT = Drucksondierung gemäß DIN EN ISO 22476-1
Maßstab d. H.: 1 : 100



Konsistenzen:

	halbfest - fest
	steif - halbfest
	steif
	weich - steif
	weich

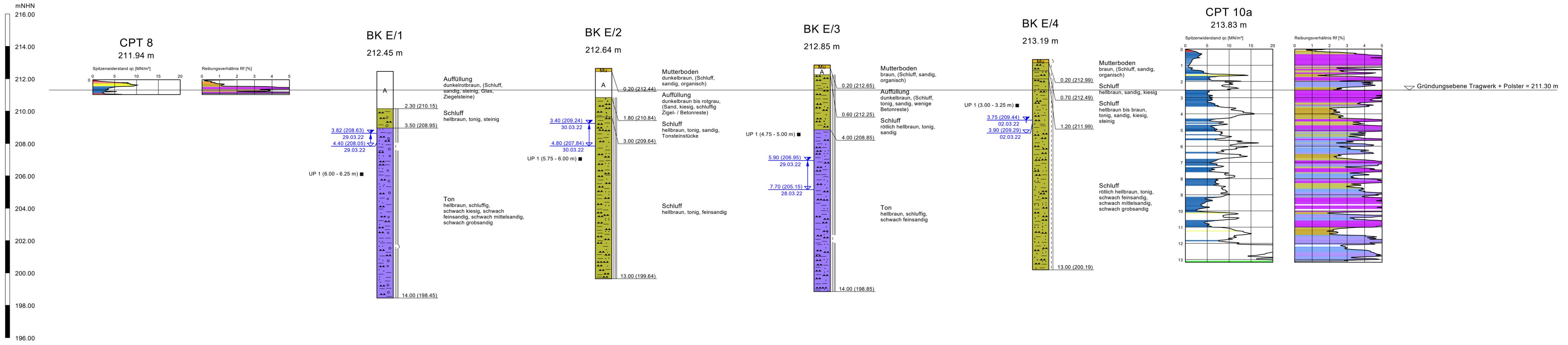


Legende Spitzwiderstand

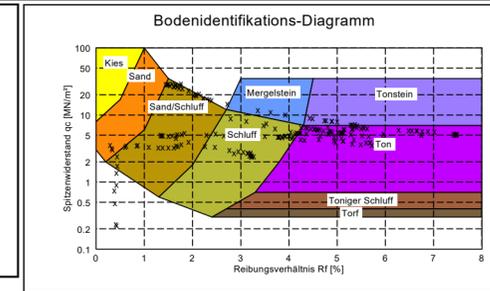
	sehr locker
	locker
	mitteldicht
	dicht
	sehr dicht
	breiig
	weich
	steif
	halbfest

Mächtigkeit Gründungspolster $d = 0.50$ m

Baugrundschnitt 5 - Achse E
 BK = Rammkernbohrung
 CPT = Drucksondierung gemäß DIN EN ISO 22476-1
 Maßstab d. H.: 1 : 100



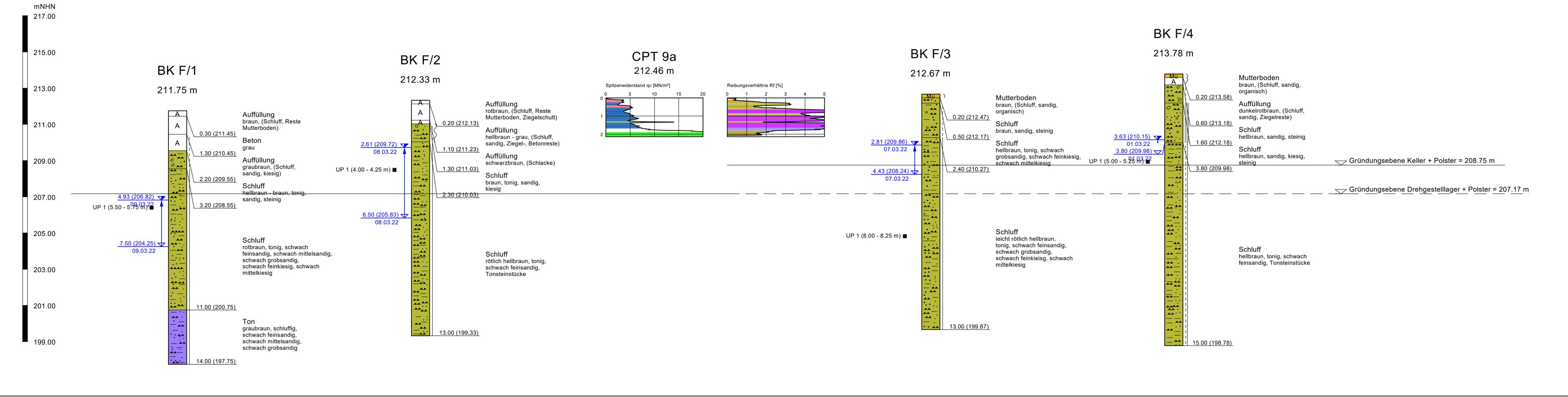
- Konsistenzen:
- ▬ halbfest - fest
 - ▬ halbfest
 - ▬ steif - halbfest
 - ▬ steif
 - ▬ weich - steif
 - ▬ weich



- Legende Spitzenwiderstand
- sehr locker
 - locker
 - mitteldicht
 - dicht
 - sehr dicht
 - breiig
 - weich
 - steif
 - halbfest

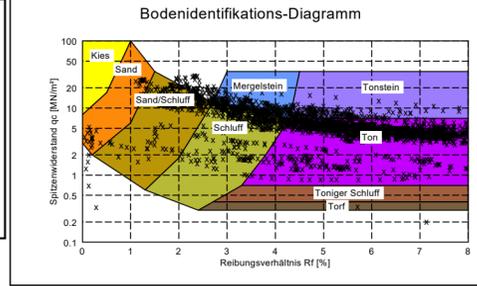
Mächtigkeit Gründungspolster $d = 0.50$ m

Baugrundschnitt 6 - Achse F
 BK = Rammkernbohrung
 CPT = Drucksondierung gemäß DIN EN ISO 22476-1
 Maßstab d. H.: 1 : 100



Konsistenzen:

- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich



Legende Spitzenwiderstand

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

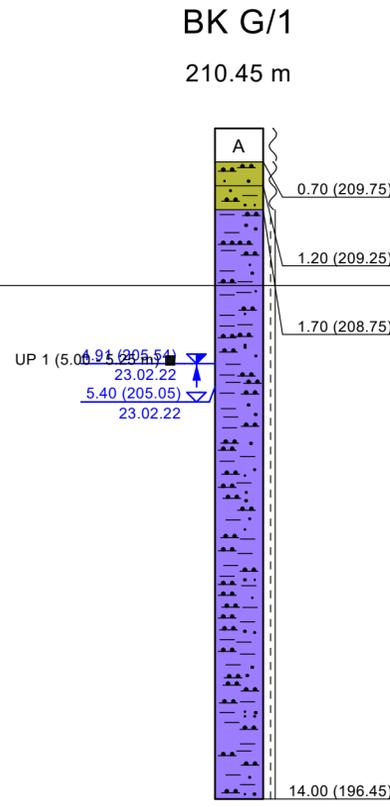
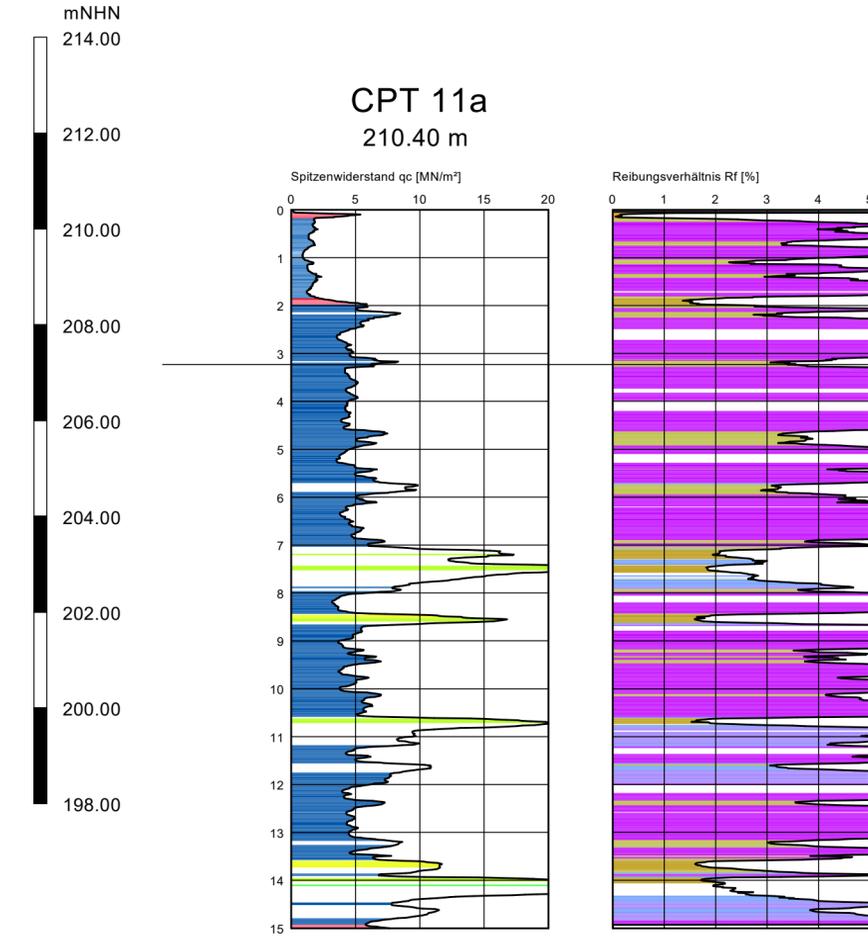
Mächtigkeit Gründungspolster d = 0.50 m

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5625 / 22
Anlage Nr. 2.1.7

Baugrundschnitt 7 - Achse G
BK = Rammkernbohrung
CPT = Drucksondierung gemäß DIN EN ISO 22476-1
Maßstab d. H.: 1 : 100



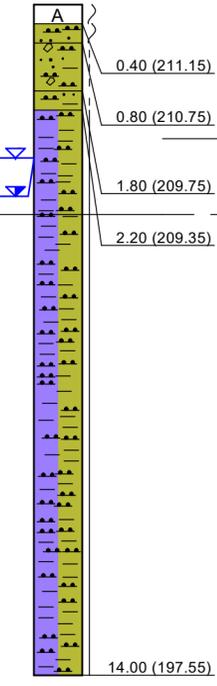
Auffüllung dunkelrotbraun, (Schluff, sandig, Ziegelschutt)

Schluff braun, sandig, schwach organisch

Schluff hellbraun bis braun, sandig, tonig

Ton rötlich hellbraun, stark schluffig, sandig, Tonsteinstücke

BK G/2
211.55 m



Auffüllung dunkelbraun, (Schluff, kiesig, Betonreste)

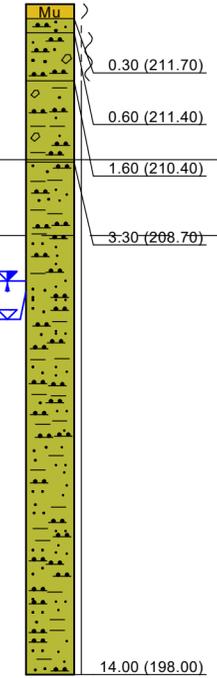
Schluff braun, sandig

Schluff hellbraun - schwarz, sandig, tonig, steinig

Schluff hellbraun, tonig, sandig

Ton + Schluff rotgraubraun - violettbraun, sandig, Tonsteinstücke, bei 7.90 m Kiesschicht < 5 cm

BK G/3
212.00 m



Mutterboden braun, (Schluff, sandig, organisch)

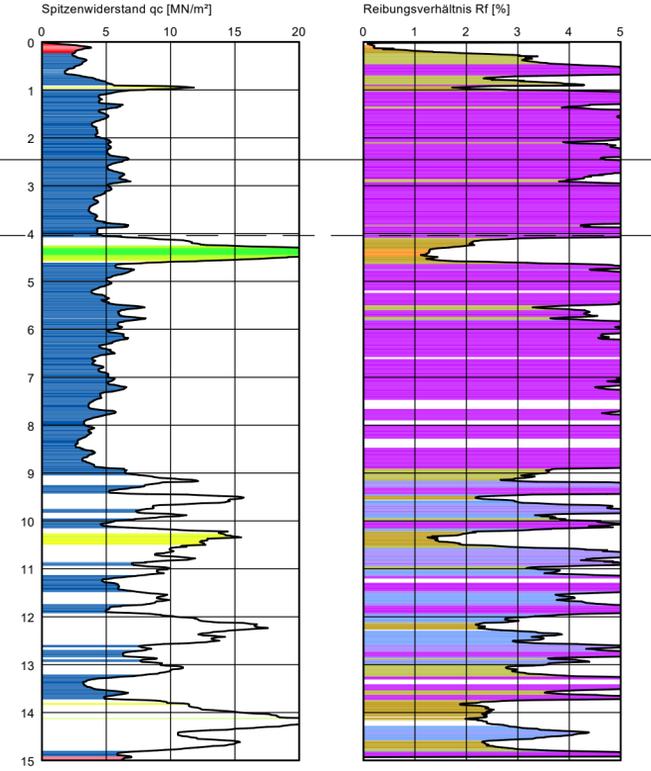
Schluff braun, sandig

Schluff braun, sandig, steinig

Schluff hellbraun bis rotbraun, tonig, sandig, steinig

Schluff graubraun - hellgrau - violettbraun, schwach tonig, schwach feinsandig, schwach mittelsandig, schwach grobsandig, schwach kiesig

CPT 12
211.21 m

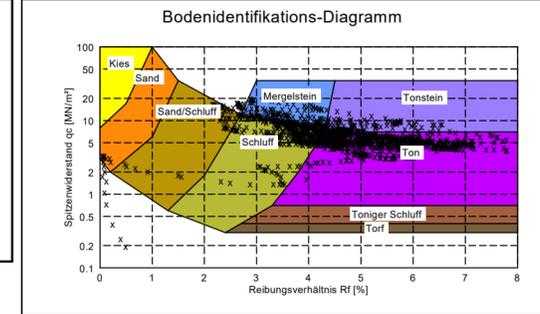


Gründungsebene Keller + Polster = 208.75 m

Gründungsebene Drehgestelllager + Polster = 207.17 m

Konsistenzen:

	halbfest - fest
	halbfest
	steif
	weich - steif
	weich

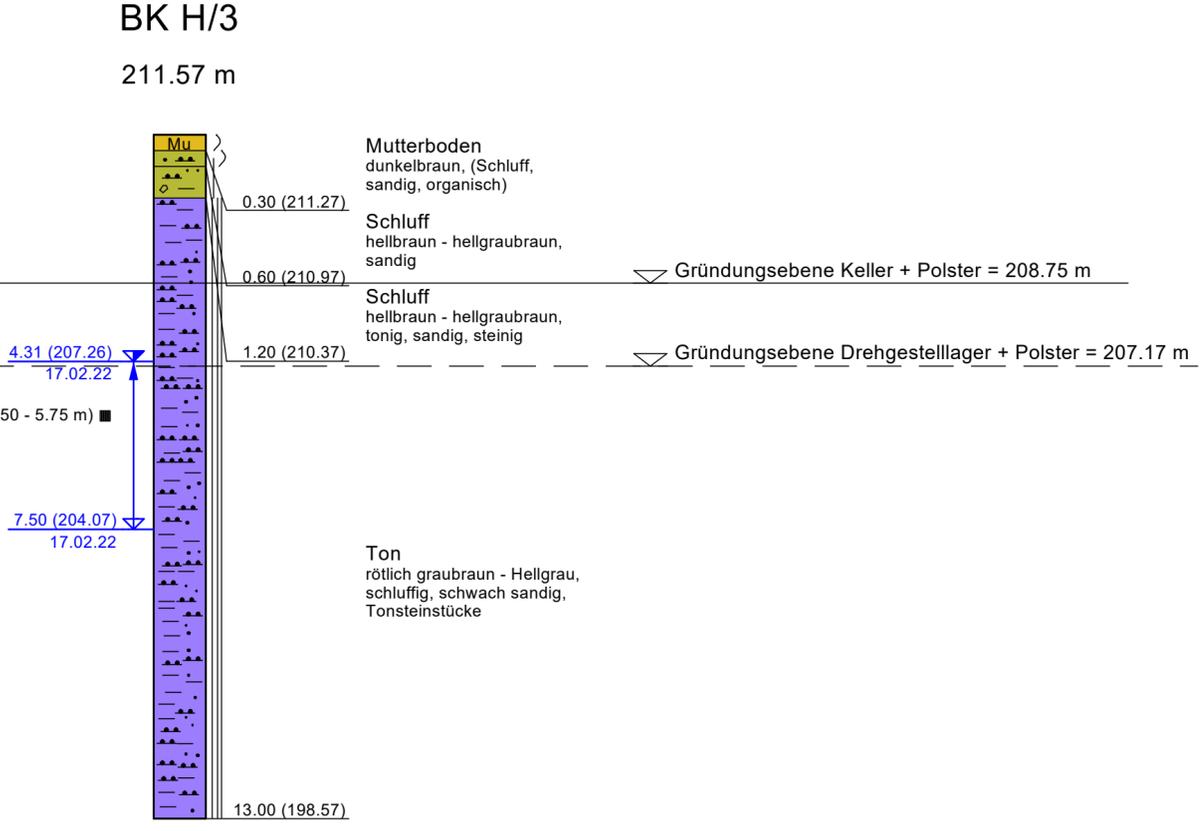
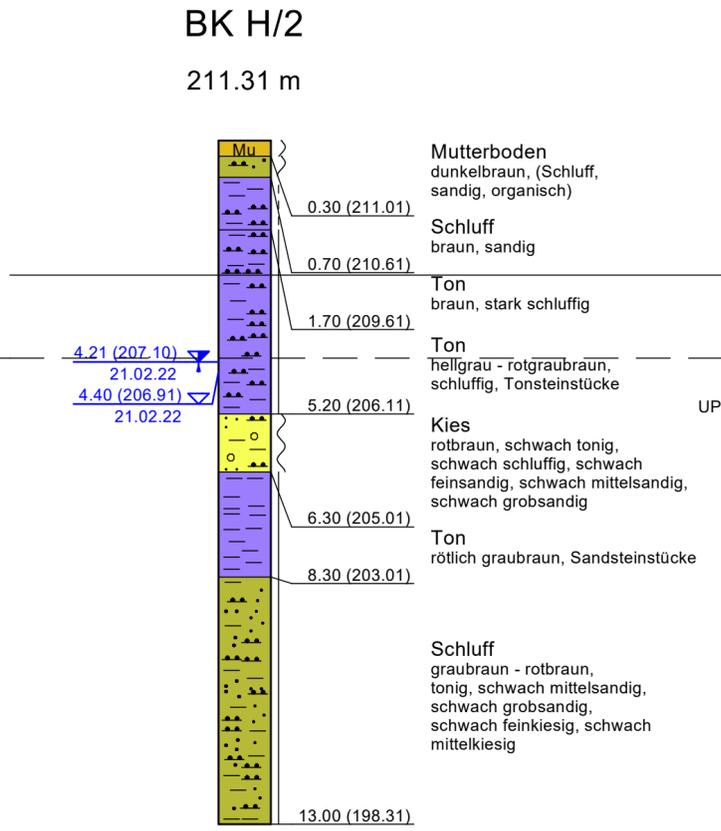
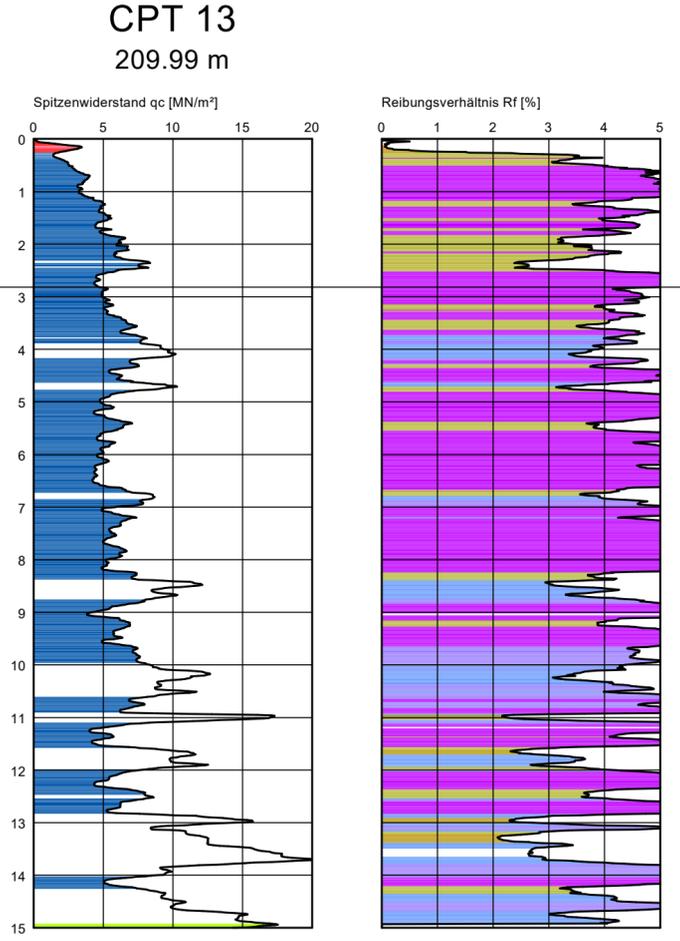
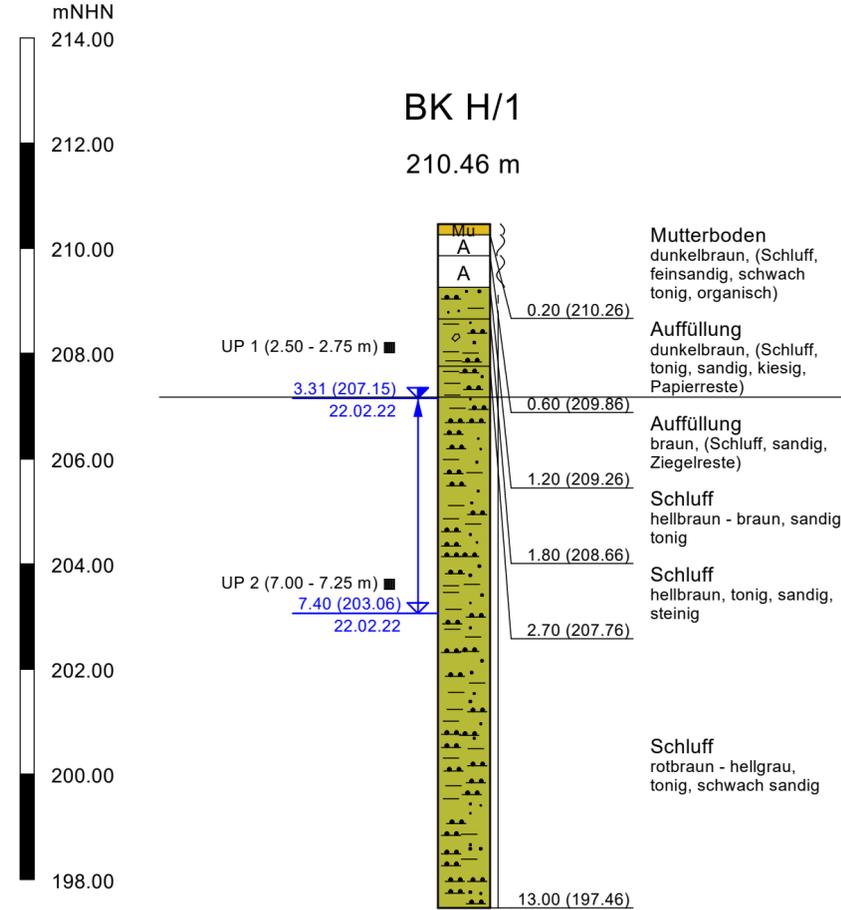


Legende Spitzenwiderstand

Red	sehr locker
Light Red	locker
Yellow	mitteldicht
Light Green	dicht
Green	sehr dicht
Light Blue	breiig
Blue	weich
Dark Blue	steif
Very Dark Blue	halbfest

Mächtigkeit Gründungspolster d = 0.50 m

Baugrundschnitt 8 - Achse H
 BK = Rammkernbohrung
 CPT = Drucksondierung gemäß DIN EN ISO 22476-1
 Maßstab d. H.: 1 : 100



- Konsistenzen:
-  halbfest - fest
 -  halbfest
 -  steif - halbfest
 -  steif
 -  weich - steif

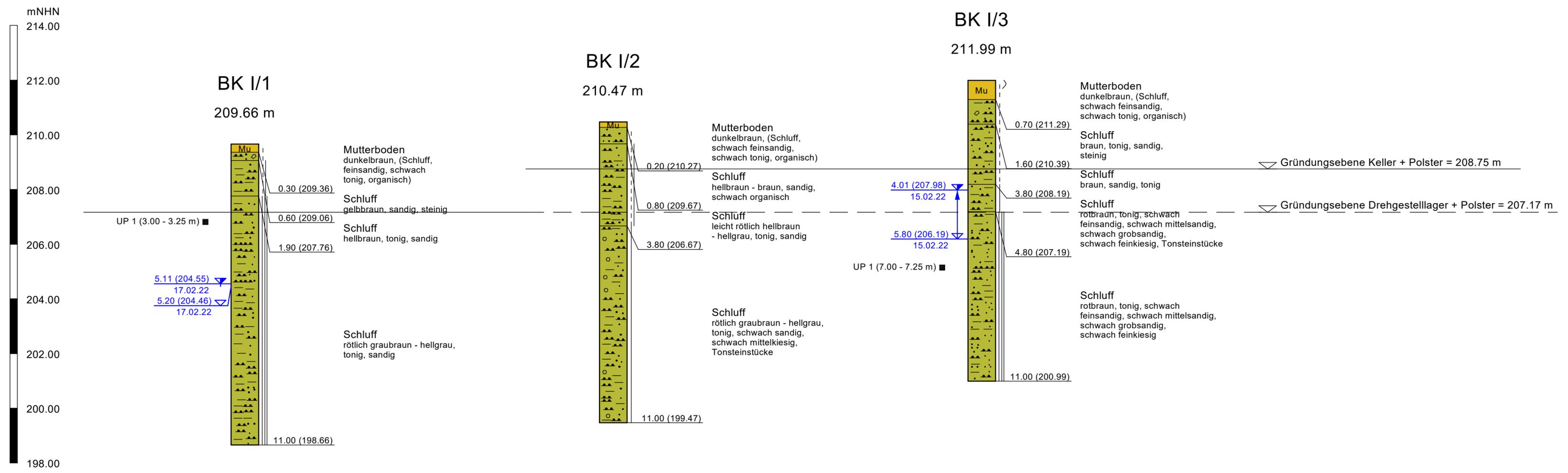
Mächtigkeit Gründungspolster d = 0.50 m

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

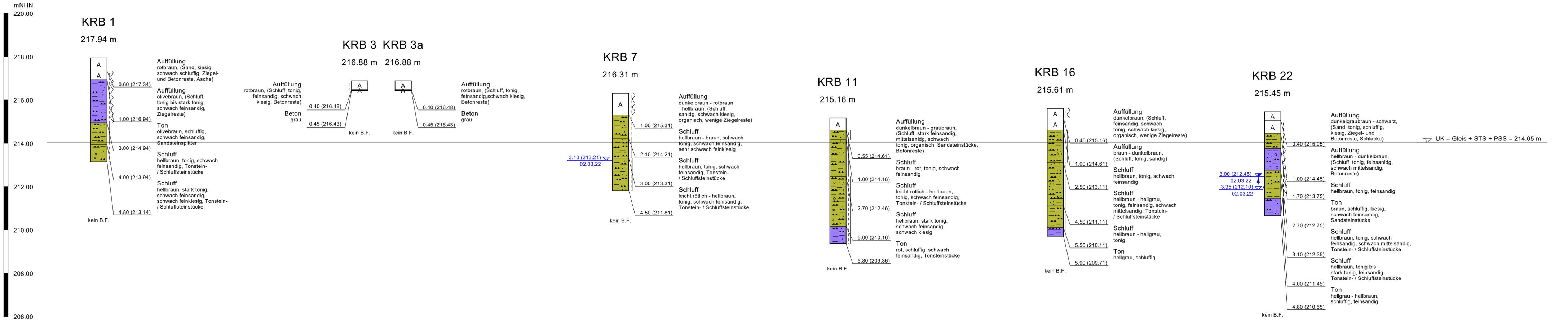
Bericht Nr. 5625 / 22
Anlage Nr. 2.1.9

Baugrundschnitt 9 - Achse I
BK = Rammkernbohrung
Maßstab d. H.: 1 : 100



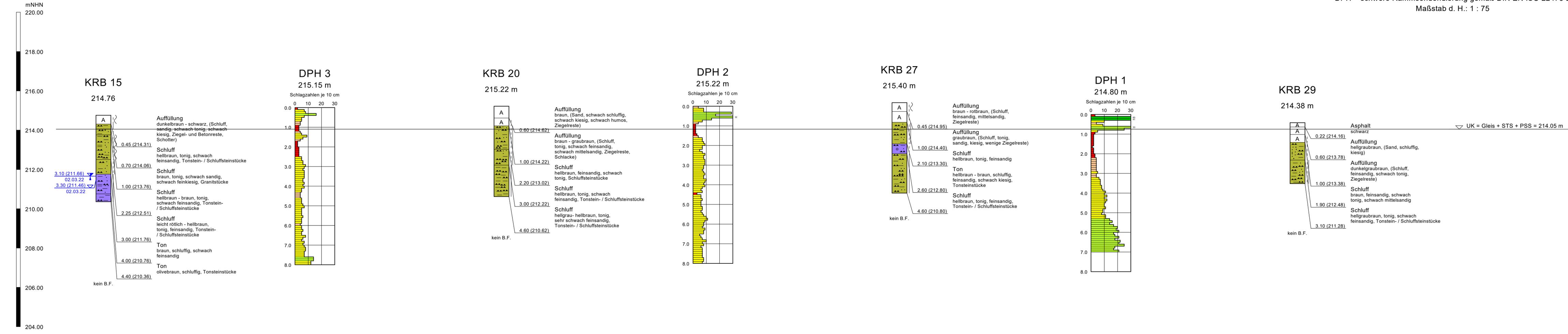
Konsistenzen:	Lagerungsdichte DPH
halbfest steif - halbfest steif weich - steif weich	sehr locker locker mitteldicht dicht sehr dicht

Baugrundschnitt - Achse 1
 KRB = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
 DPH = schwere Rammsondondierung gemäß DIN EN ISO 22476-2
 Maßstab d. H.: 1 : 75



Konsistenzen:	Lagerungsdichte DPH
halbfest steif - halbfest steif weich - steif	sehr locker locker mitteldicht dicht sehr dicht

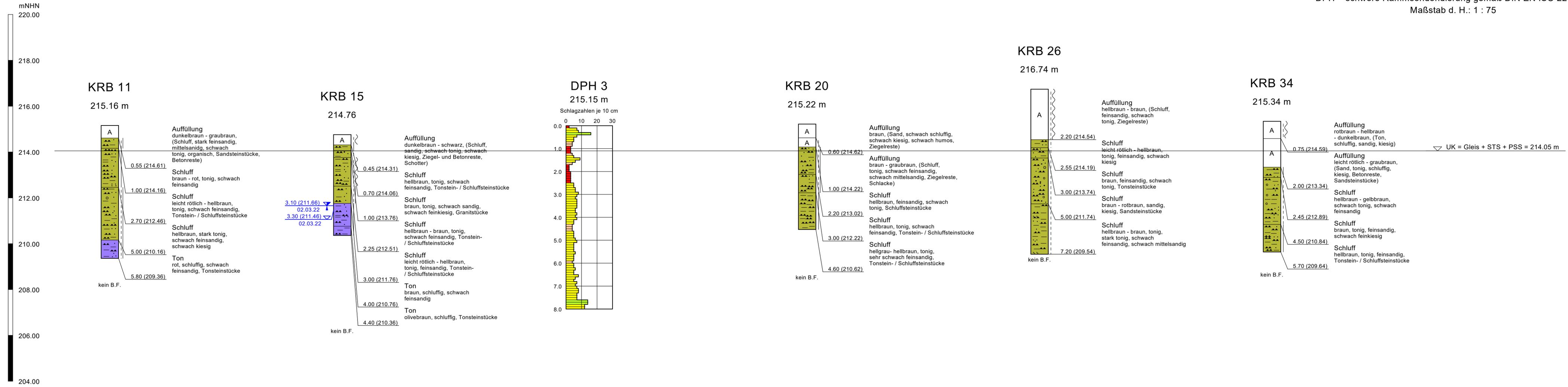
Baugrundschnitt - Achse 2
 KRB = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
 DPH = schwere Rammsondondierung gemäß DIN EN ISO 22476-2
 Maßstab d. H.: 1 : 75



Konsistenzen:	Lagerungsdichte DPH
halbfest	sehr locker
steif - halbfest	locker
steif	mitteldicht
weich - steif	dicht
	sehr dicht

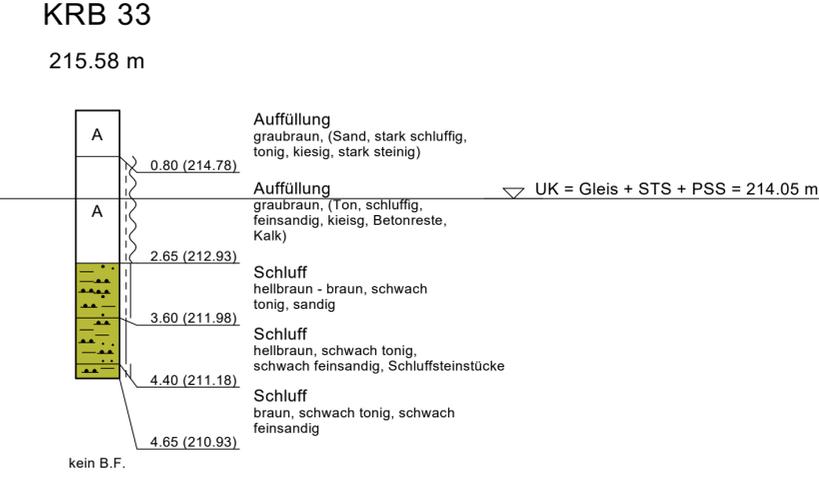
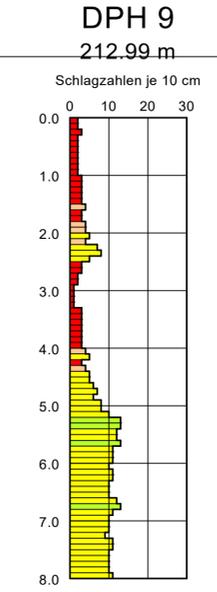
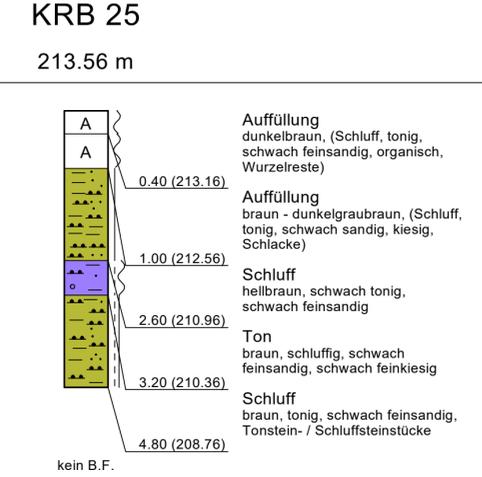
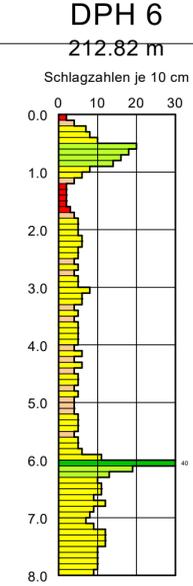
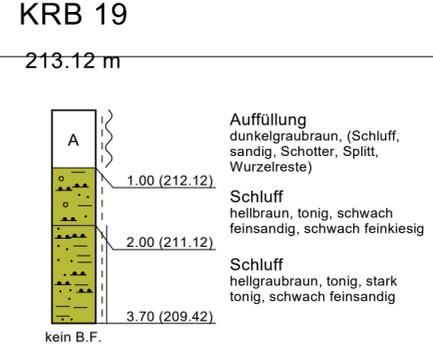
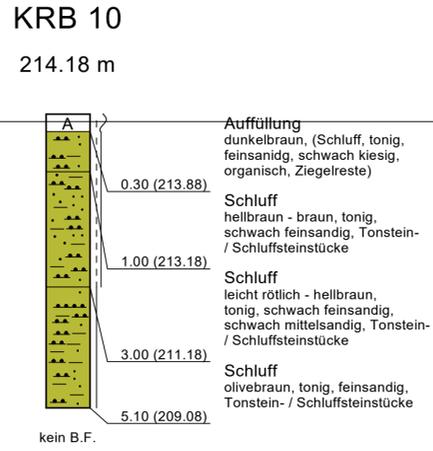
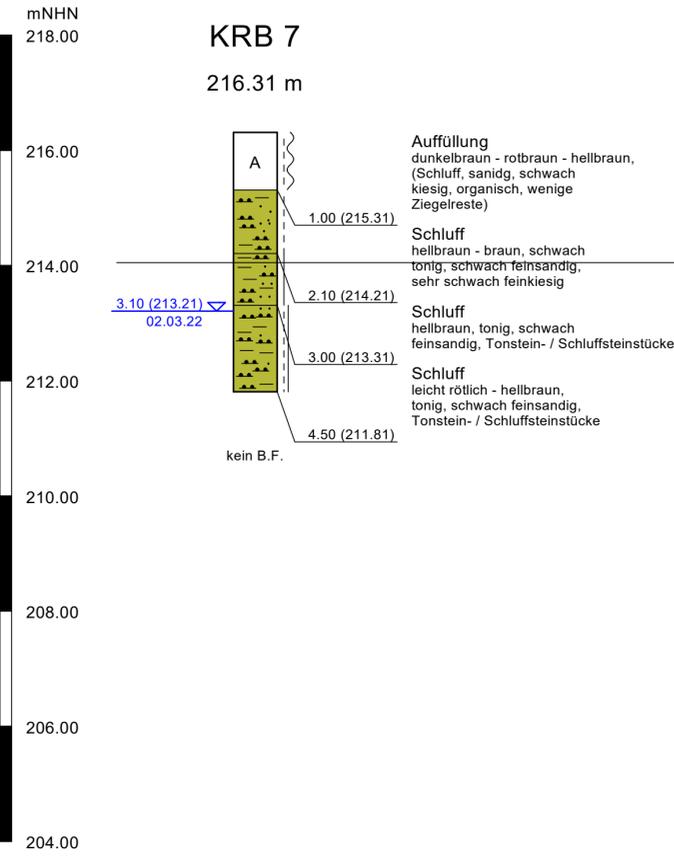
GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Butzbach NB Werkstatt Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 5625 / 22 Anlage Nr. 2.2.3
---	--	---

Baugrundschnitt - Achse 3
 KRB = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
 DPH = schwere Rammsondondierung gemäß DIN EN ISO 22476-2
 Maßstab d. H.: 1 : 75



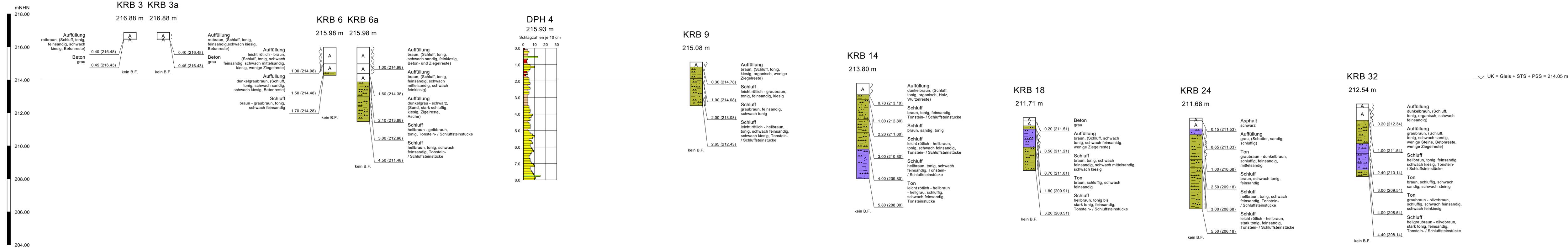
Konsistenzen:	Lagerungsdichte DPH
halbfest steif - halbfest steif weich - steif weich	sehr locker locker mitteldicht dicht sehr dicht

Baugrundschnitt - Achse 4
 KRB = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
 DPH = schwere Rammsondondierung gemäß DIN EN ISO 22476-2
 Maßstab d. H.: 1 : 75



Baugrundschnitt - Achse 5
 KRB = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
 DPH = schwere Rammsondondierung gemäß DIN EN ISO 22476-2
 Maßstab d. H.: 1 : 75

Konsistenzen:	Lagerungsdichte DPH
halbfest steif - halbfest steif weich - steif weich	sehr locker locker mitteldicht dicht sehr dicht



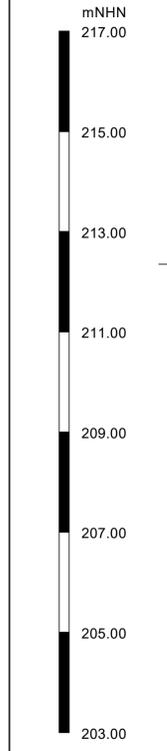
Baugrundschnitt - Achse 6
 KRB = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
 DPH = schwere Rammsondondierung gemäß DIN EN ISO 22476-2
 Maßstab d. H.: 1 : 75

Konsistenzen:

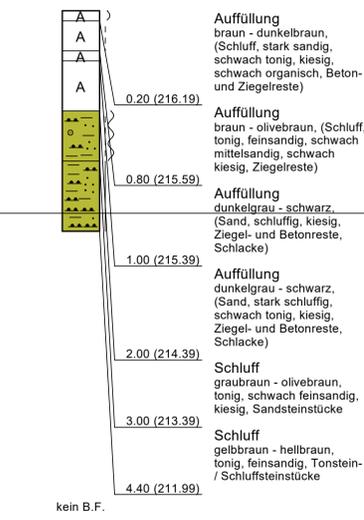
	halbfest
	steif - halbfest
	steif
	weich - steif
	weich

Lagerungsdichte DPH

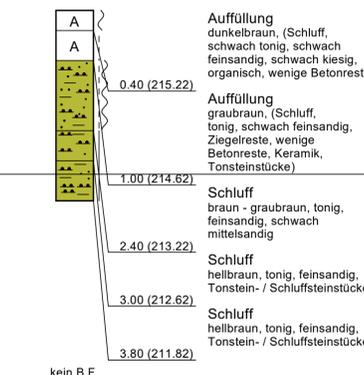
■	sehr locker
■	locker
■	mitteldicht
■	dicht
■	sehr dicht



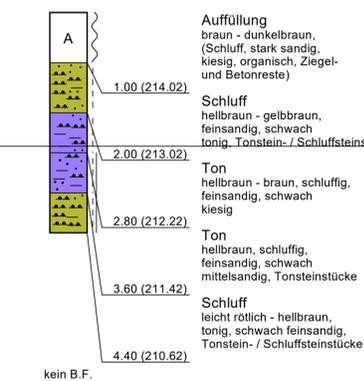
KRB 2
216.39 m



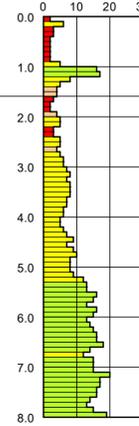
KRB 5
215.62 m



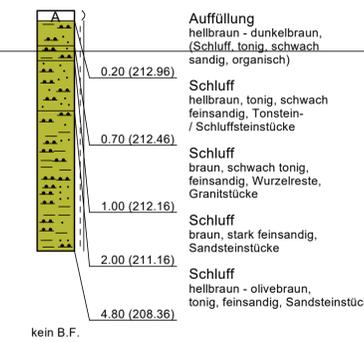
KRB 8
215.02 m



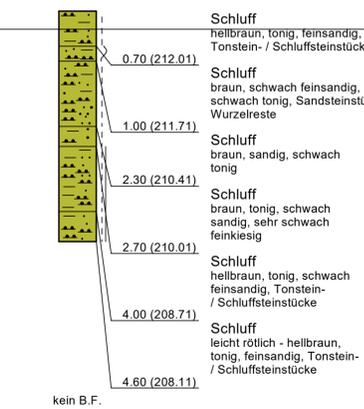
DPH 5
213.94 m



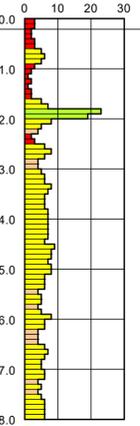
KRB 13
213.16 m



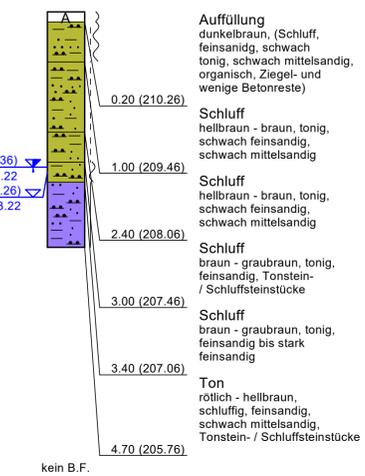
KRB 17
212.71 m



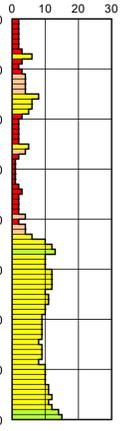
DPH 7
212.56 m



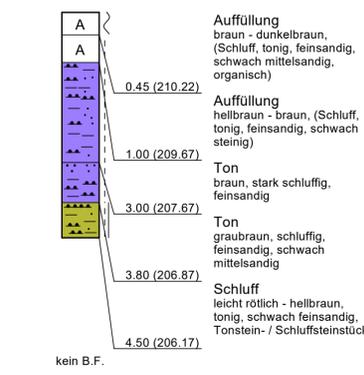
KRB 23
210.46 m



DPH 8
210.54 m



KRB 31
210.67 m



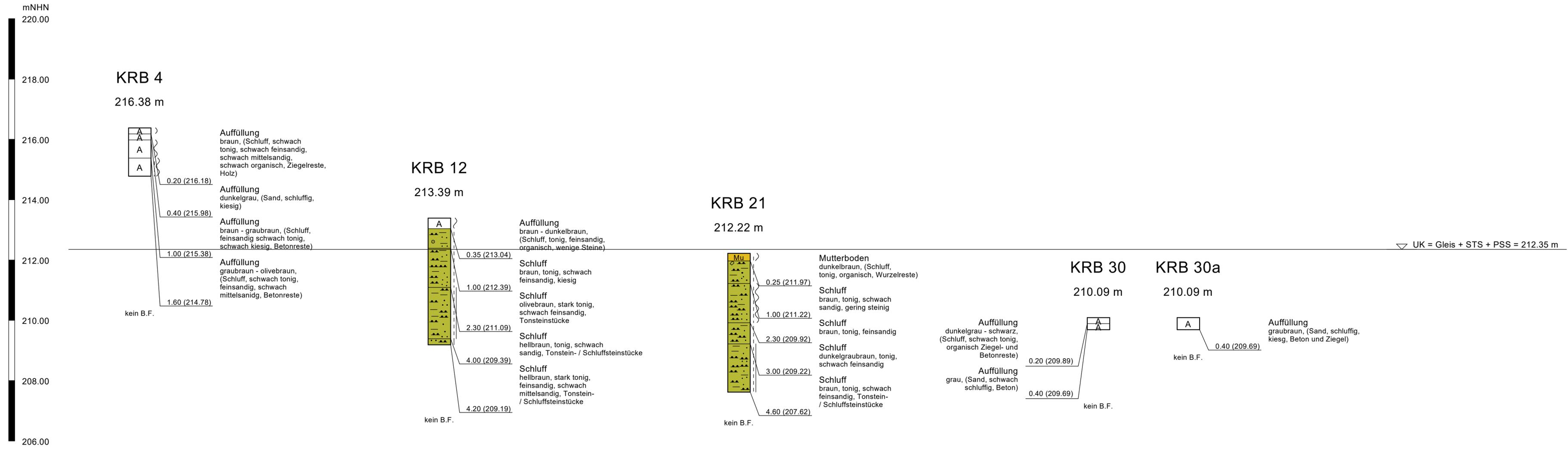
UK = Gleis + STS + PSS = 212.35 m

Konsistenzen:

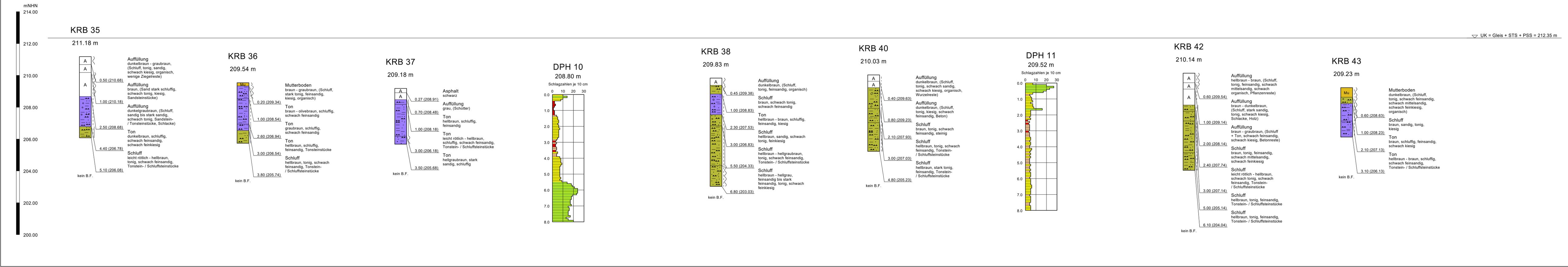
	halbfest
	steif - halbfest
	steif
	weich - steif
	weich

GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Butzbach NB Werkstatt Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 5625 / 22 Anlage Nr. 2.2.7
---	--	---

Baugrundschnitt - Achse 7
KRB = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
Maßstab d. H.: 1 : 75



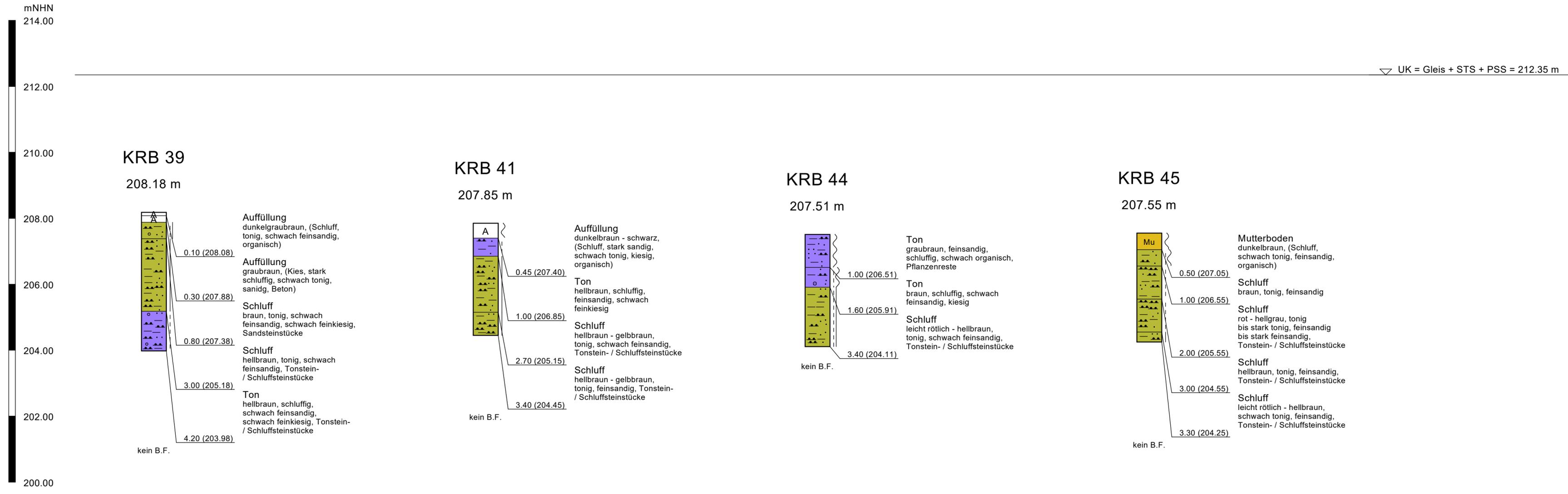
Baugrundschnitt - Achse 8
 KRB = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
 DPH = schwere Rammsondondierung gemäß DIN EN ISO 22476-2
 Maßstab d. H.: 1 : 75



Konsistenzen:	
	halbfest
	steif - halbfest
	steif
	weich - steif
	weich

GGU In den Ungleichen 3 39171 Osterweddingen Tel.: 039 205 / 45 38 - 0	Butzbach NB Werkstatt Geotechnischer Bericht	Bericht Nr. 5625 / 22 Anlage Nr. 2.2.9
---	--	---

Baugrundschnitt - Achse 9
KRB = Kleinrammbohrung gemäß DIN EN ISO 22475-1
Maßstab d. H.: 1 : 75



Konsistenzen:

 weich - steif

gestörte Probe

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5625 / 22

Anlage Nr. 2.3.1

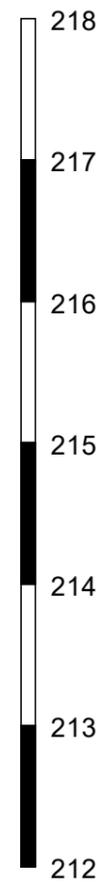
Schürfe Achse A

S = Baggerschurf

Maßstab d. H.: 1 : 50



mNHN

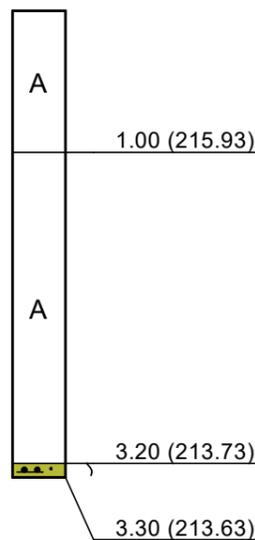


S A1

216.93 m

Probe A1/1
Z 2

Probe A1/2
Z 2



Auffüllung
dunkelbraun, (Sand, Bauschutt-
und Ziegelreste)

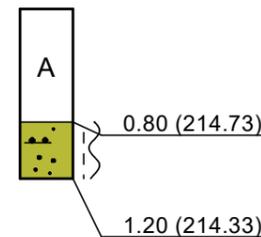
Auffüllung
dunkelgrau, braun, (Sand,
Steine, Bauschutt- und
Ziegelreste)

Schluff
gelbbraun, braun, feinsandig

S A2

215.53 m

Probe A2/1
Z 2



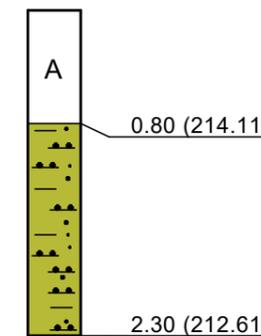
Auffüllung
dunkelbraun, (Sand, schwach
schluffig, Steine, Bauschutt-
und Ziegelreste)

Schluff
gelbbraun, braun, sandig,
schwach tonig

S A3

214.91 m

Probe A3/1
Z 2



Auffüllung
braun, (Sand, schluffig,
Steine, Bauschutt- und
Ziegelreste)

Schluff
gelbbraun, braun, tonig,
sandig

Konsistenzen:

 weich - steif

gestörte Probe

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

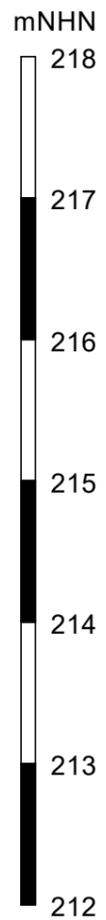
Bericht Nr. 5625 / 22

Anlage Nr. 2.3.2

Schürfe Achse B

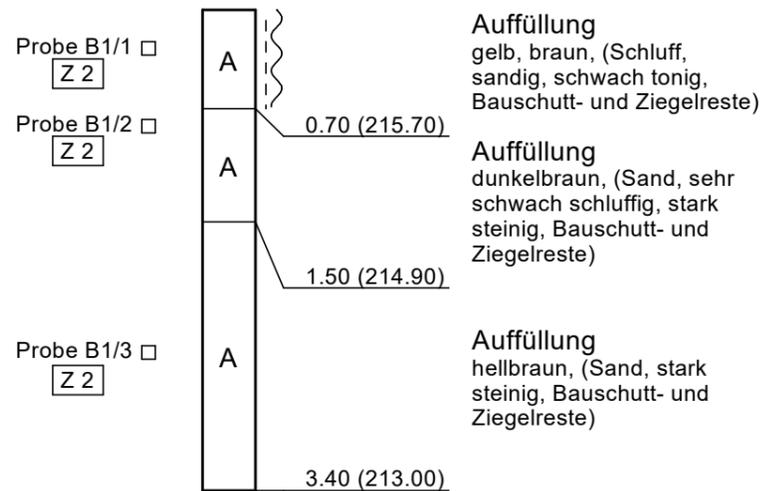
S = Baggerschurf

Maßstab d. H.: 1 : 50



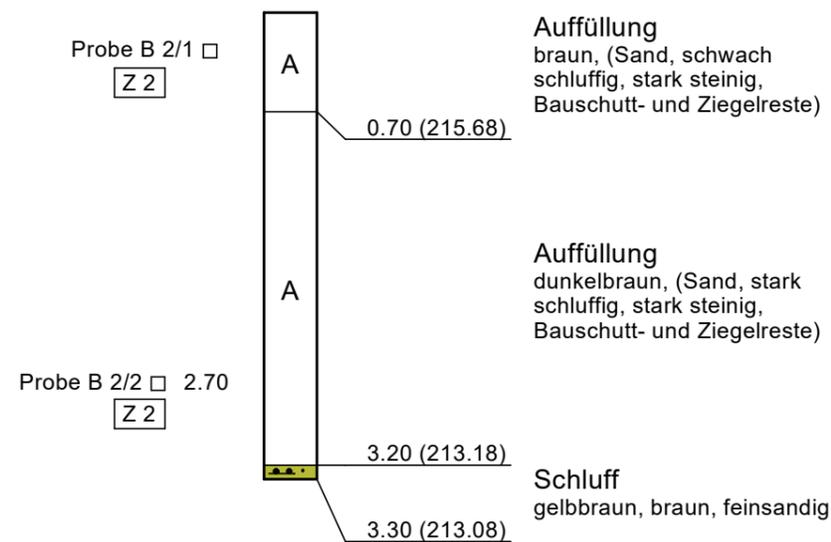
S B1

216.40 m



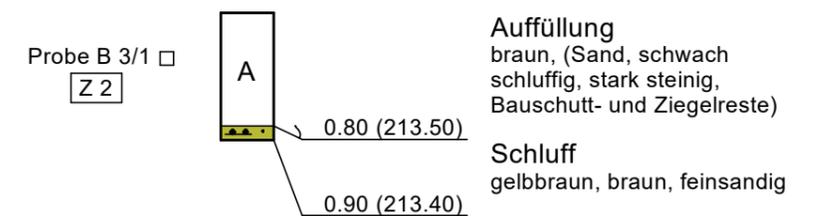
S B2

216.38 m



S B3

214.30 m



Konsistenzen:

 weich - steif

gestörte Probe

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

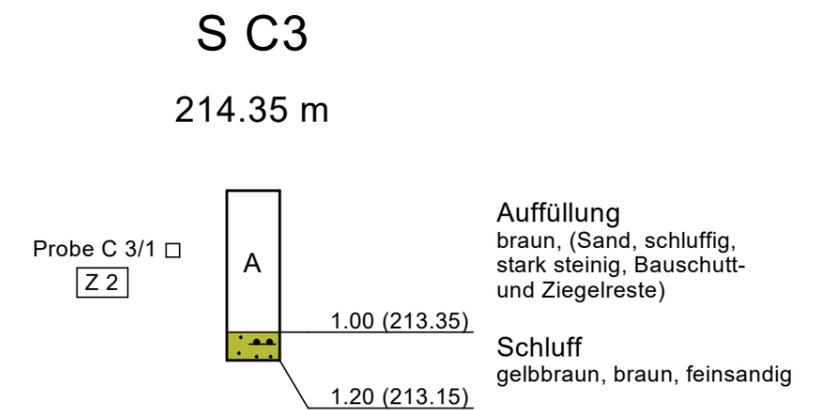
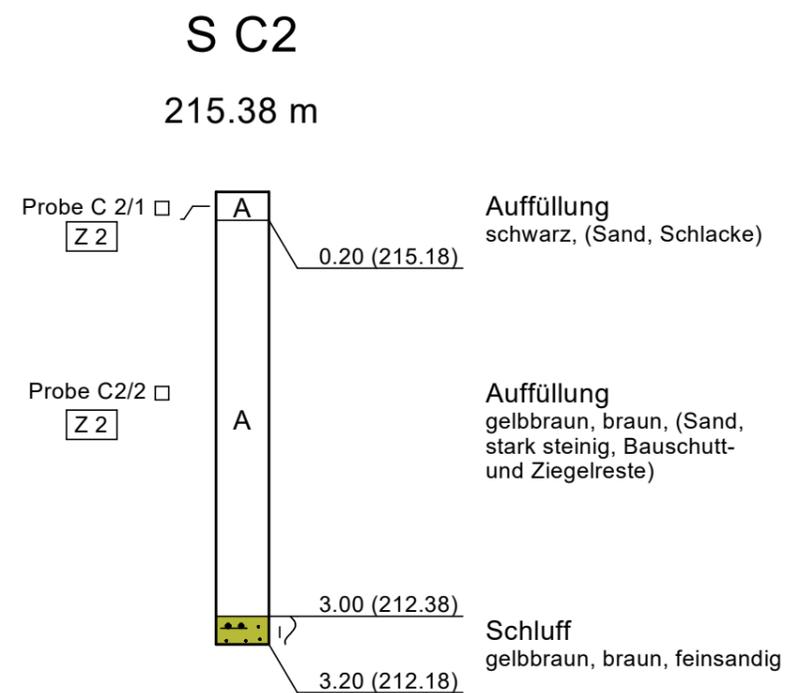
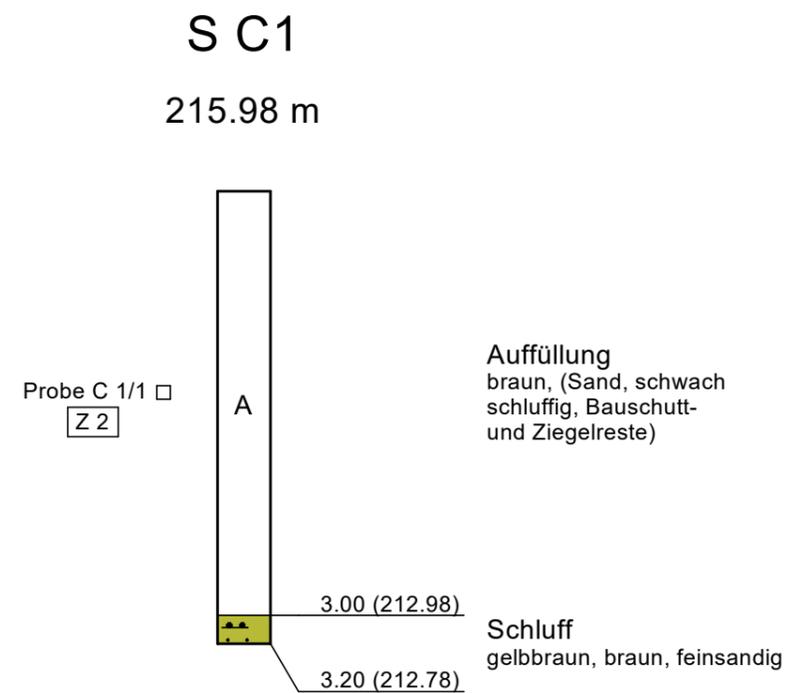
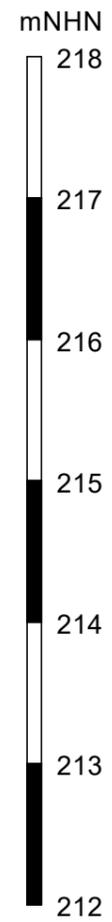
Bericht Nr. 5625 / 22

Anlage Nr. 2.3.3

Schürfe Achse C

S = Baggerschurf

Maßstab d. H.: 1 : 50



Konsistenzen:

steif

gestörte Probe

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5625 / 22

Anlage Nr. 2.3.4

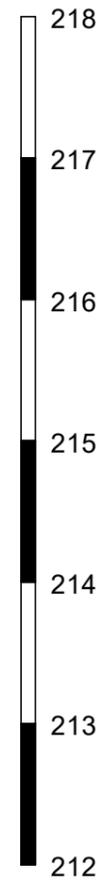
Schürfe Achse D

S = Baggerschurf

Maßstab d. H.: 1 : 50

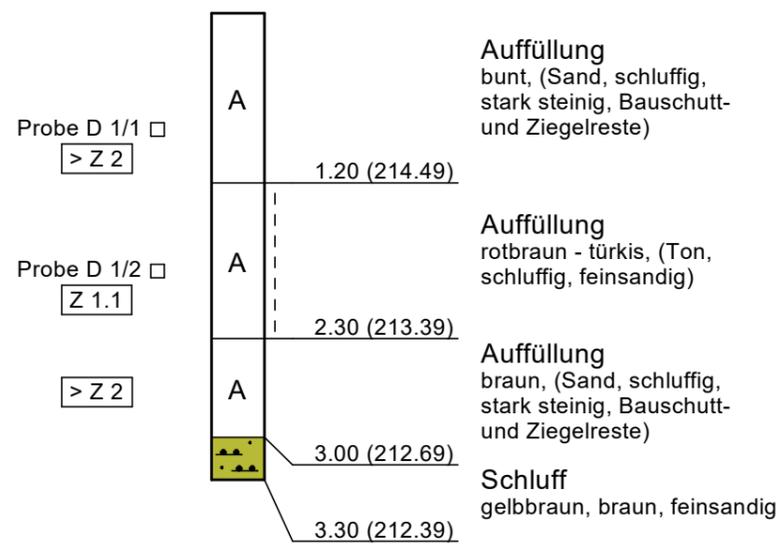


mNHN



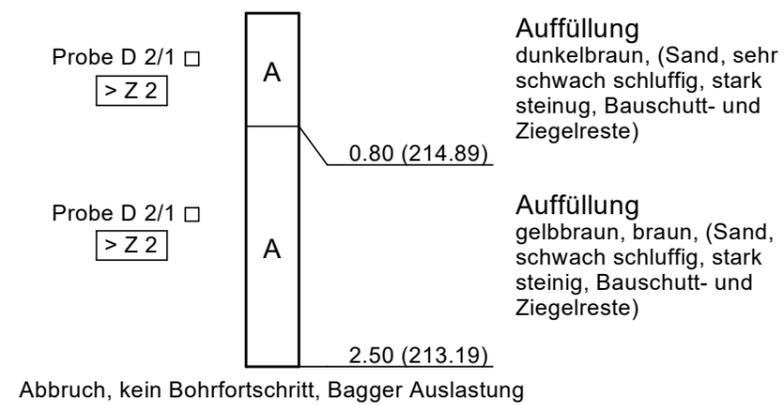
S D1

215.69 m



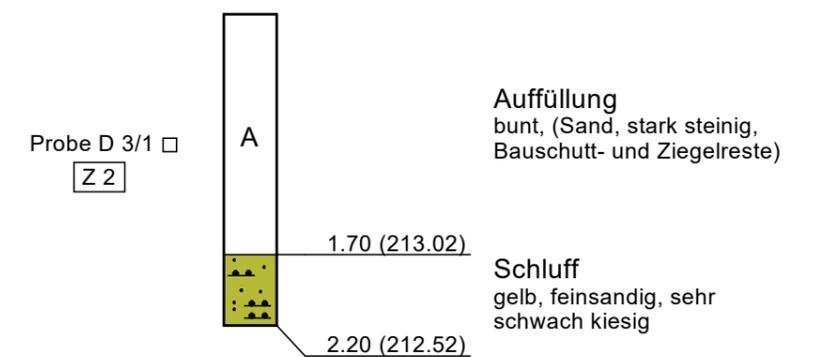
S D2

215.69 m



S D3

214.72 m



Konsistenzen:

weich - steif

☐ gestörte Probe

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5625 / 22

Anlage Nr. 2.3.5

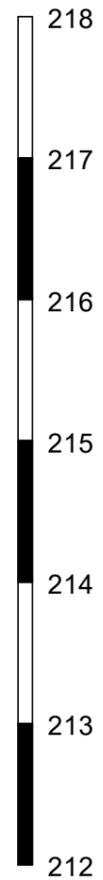
Schürfe Achse E

S = Baggerschurf

Maßstab d. H.: 1 : 50

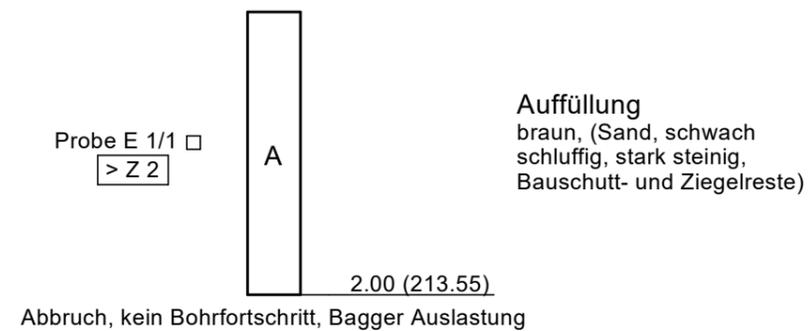


mNHN



S E1

215.55 m



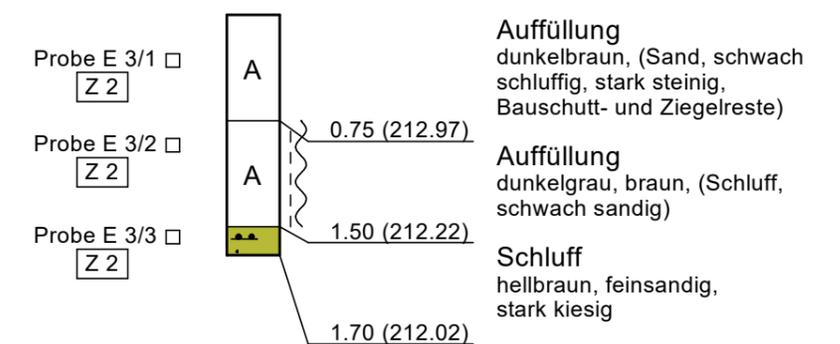
S E2

215.72 m



S E3

213.72 m



Konsistenzen:

gestörte Probe

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5625 / 22

Anlage Nr. 2.3.6

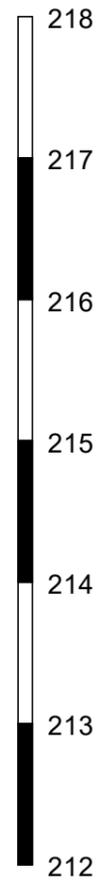
Schürfe Achse F

S = Baggerschurf

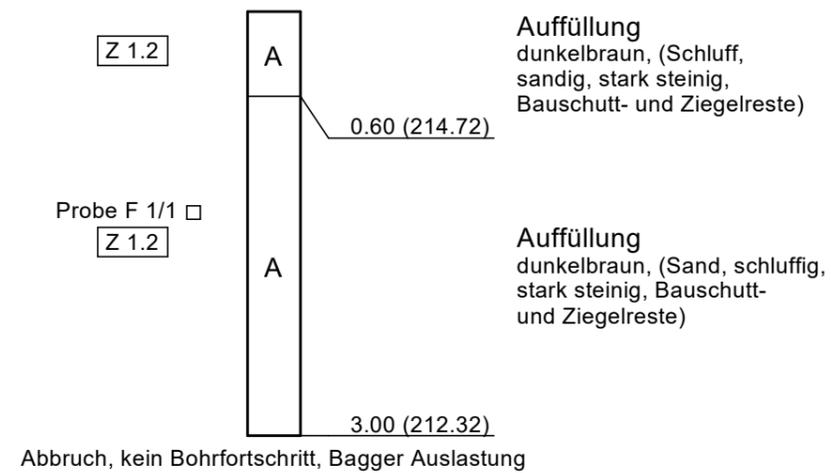
Maßstab d. H.: 1 : 50



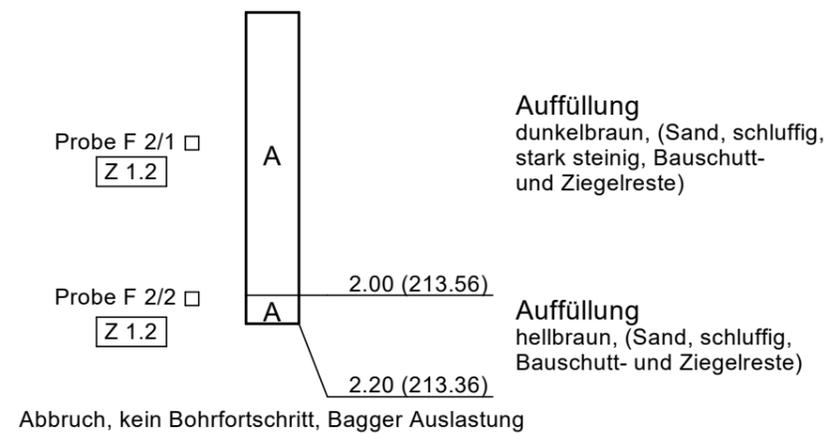
mNHN



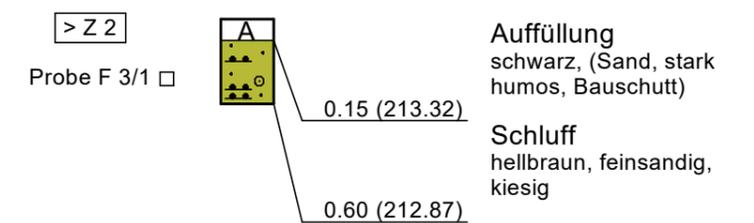
S F1
215.32 m



S F2
215.56 m



S F3
213.47 m



Konsistenzen:

gestörte Probe

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5625 / 22

Anlage Nr. 2.3.7

Schürfe Achse G

S = Baggerschurf

Maßstab d. H.: 1 : 50



mNHN



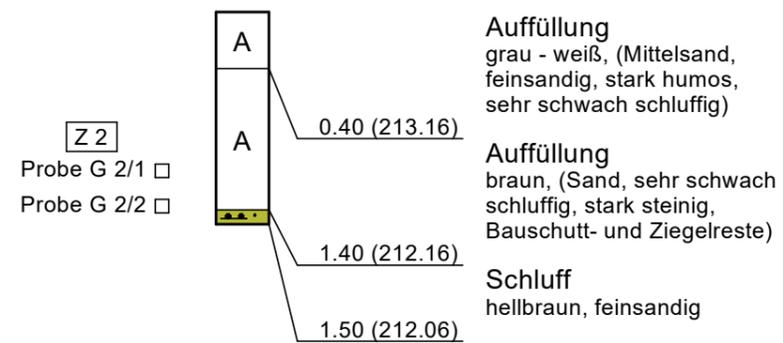
S G1

214.81 m



S G2

213.56 m



Konsistenzen:

gestörte Probe

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

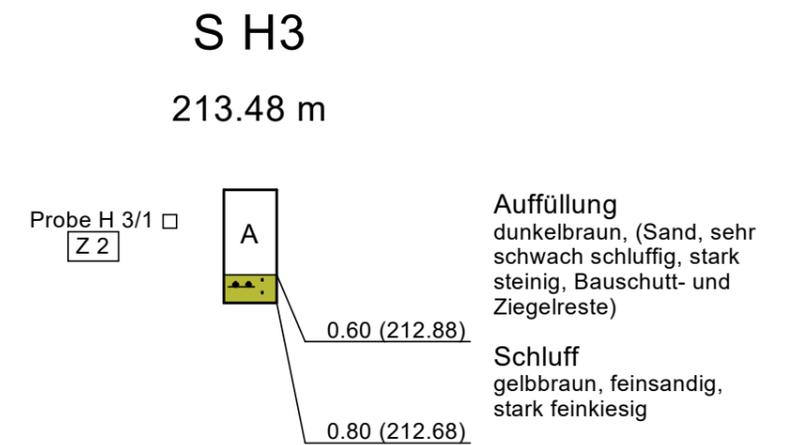
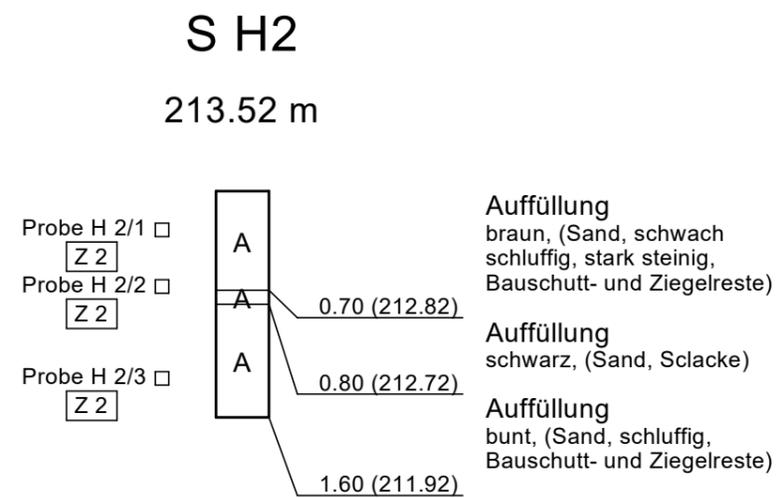
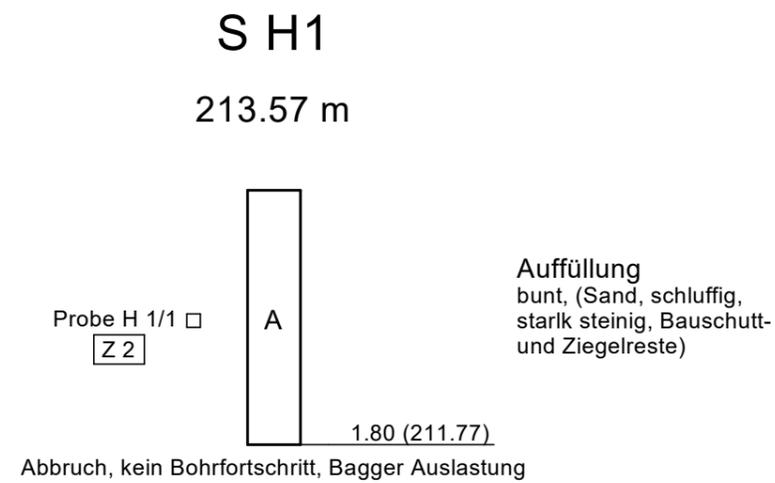
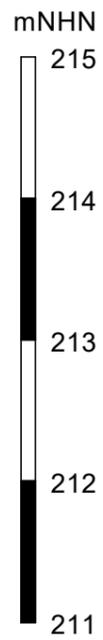
Bericht Nr. 5625 / 22

Anlage Nr. 2.3.8

Schürfe Achse H

S = Baggerschurf

Maßstab d. H.: 1 : 50



Konsistenzen:

 weich - steif

gestörte Probe

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

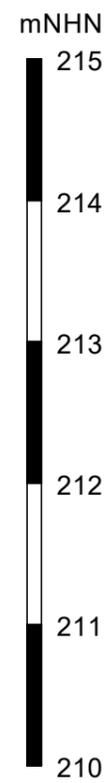
Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5625 / 22

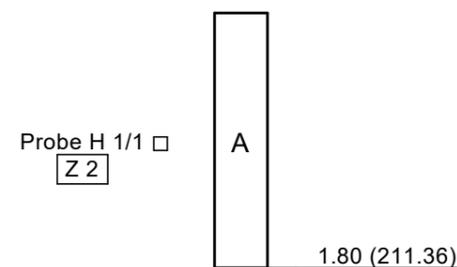
Anlage Nr. 2.3.9

Schürfe Achse I

S = Baggerschurf
Maßstab d. H.: 1 : 50

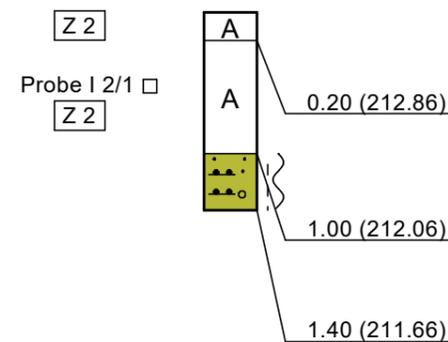


S I1
213.16 m



Auffüllung
bunt, (Sand, schluffig,
stark steinig, Bauschutt-
und Ziegelreste)

S I2
213.06 m

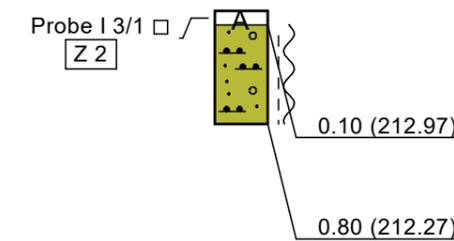


Auffüllung
gelbbraun - weiß, (Mittelsand,
feinsandig)

Auffüllung
dunkelbraun, (Sand, stark
steinig, Bauschutt- und
Ziegelreste)

Schluff
gelbbraun, feinsandig,
stark feinkiesig

S I3
213.07 m



Auffüllung
schwarz, (Sand, schluffig,
stark humos, Bauschutt-
und Ziegelreste)

Schluff
gelbbraun, feinsandig,
stark feinkiesig

Konsistenzen:

weich - steif

gestörte Probe

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5625 / 22

Anlage Nr. 2.3.10

Schürfe Achse J

S = Baggerschurf

Maßstab d. H.: 1 : 50

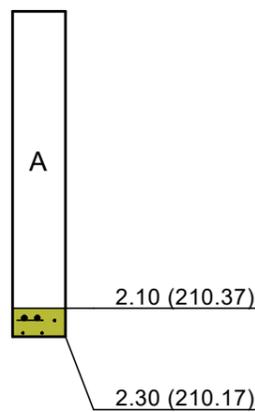


mNHN



S J1
212.47 m

Probe J 1/1 □
Z 2



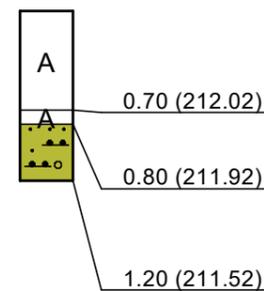
Auffüllung
dunkelbraun, (Sand, stark
steinig, Bauschutt- und
Ziegelreste)

Schluff
gelbbraun, feinsandig,
feinkiesig

S J2

212.72 m

Probe J 2/1 □
Z 2
Probe J 2/2 □
Z 2



Auffüllung
bunt, (Sand, stark steinig,
Bauschutt- und Ziegelreste)

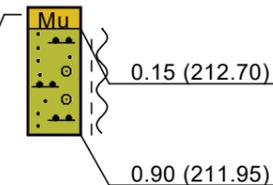
Auffüllung
schwarz, (Sand, Schlacke)

Schluff
gelbbraun, feinsandig,
stark feinkiesig

S J3

212.85 m

Probe J 3/1 □
Z 2



Mutterboden
braun, (Sand, stark humos)

Schluff
gelbbraun, braun, feinsandig,
stark kiesig

Konsistenzen:

weich - steif

gestörte Probe

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5625 / 22

Anlage Nr. 2.3.11

Schürfe Achse K

S = Baggerschurf

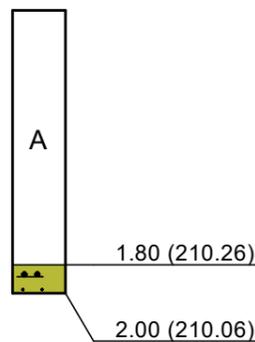
Maßstab d. H.: 1 : 50



S K1

212.06 m

Probe K 1/1 □
Z 1.1



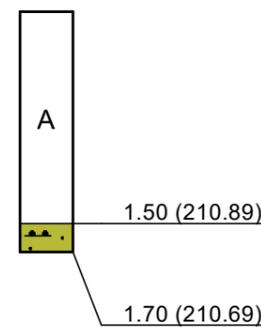
Auffüllung
braun, (Sand, Bauschutt-
und Ziegelreste)

Schluff
gelbbraun, feinsandig

S K2

212.39 m

Probe K 2/1 □
Z 1.1



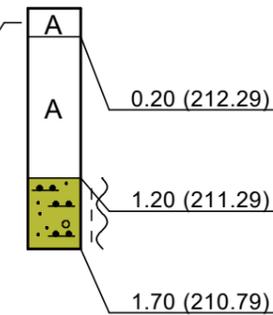
Auffüllung
braun, (Sand, schluffig,
stark steinig, Bauschutt-
und Ziegelreste)

Schluff
gelbbraun, feinsandig,
feinkiesig

S K3

212.49 m

Probe K 3/1 □
Z 1.1
Probe K 3/2 □
Z 1.1

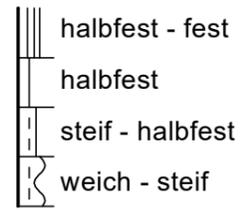


Auffüllung
grau, schwarz, (Sand,
Schlacke)

Auffüllung
braun, (Sand, stark steinig,
Bauschutt- und Ziegelreste)

Schluff
gelbbraun, feinsandig,
feinkiesig

Konsistenzen:



□ gestörte Probe

GGU
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

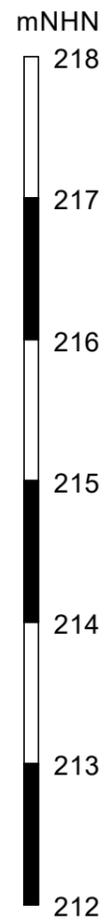
Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5625 / 22

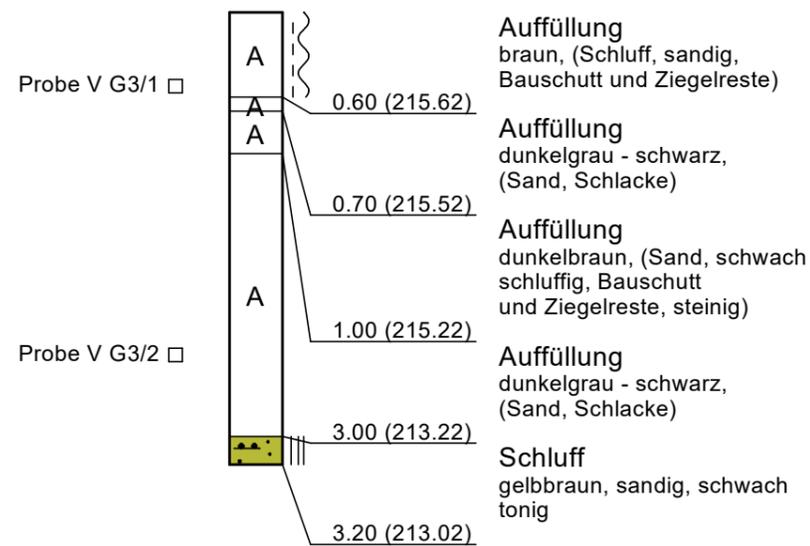
Anlage Nr. 2.3.12

Schürfe Achse L

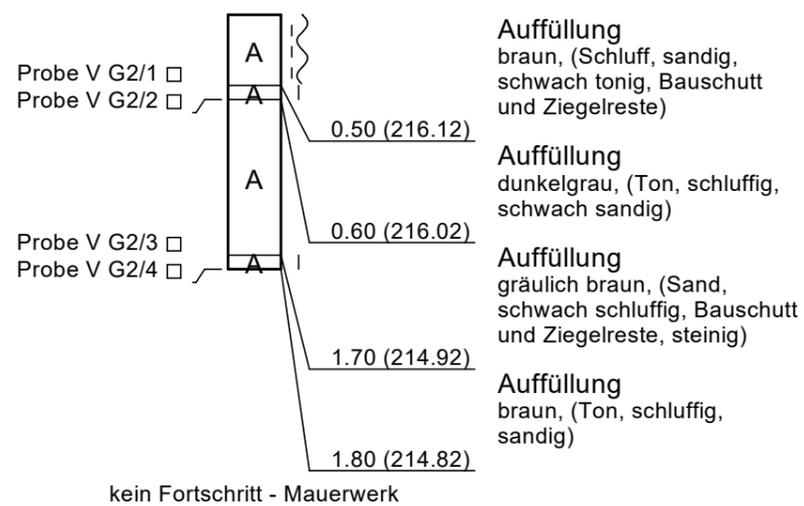
S = Baggerschurf
Maßstab d. H.: 1 : 50



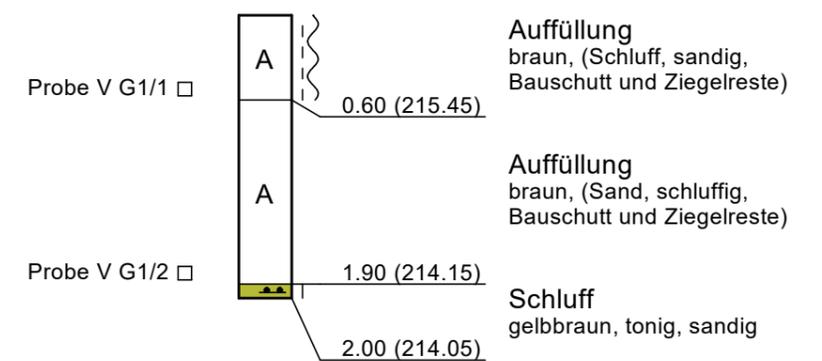
V G3
216.22 m



V G2
216.62 m



V G1
216.05 m



GGU mbH
 In den Ungleichen 3
 39171 Osterweddingen
 Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bericht: 5625 / 22
 Anlage: 3.1.1

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: EH / RS

Datum: 22.03.2022

Prüfungsnummer: verschiedene
 Entnahmestelle: verschiedene
 Tiefe: verschiedene
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: Februar bis April 2022

Probenbezeichnung:	BK A/1 (9.50 - 9.75 m)	BK A/1 (12.70 - 12.90 m)	BK A/4 (5.60 m)	BK A/4 (9.60 m)
Feuchte Probe + Behälter [g]:	824.78	992.72	648.14	660.49
Trockene Probe + Behälter [g]:	737.48	850.11	591.76	603.60
Behälter [g]:	315.57	315.49	221.76	251.00
Porenwasser [g]:	87.30	142.61	56.38	56.89
Trockene Probe [g]:	421.91	534.62	370.00	352.60
Wassergehalt [%]:	20.69	26.68	15.24	16.13

Probenbezeichnung:	BK B/1 (9.50 - 9.75 m)	BK B/2 (5.80 m)	BK B/2 (9.80 m)	BK B/2 (12.00 - 12.30 m)
Feuchte Probe + Behälter [g]:	775.26	766.65	618.00	760.40
Trockene Probe + Behälter [g]:	700.70	705.21	566.39	654.73
Behälter [g]:	343.09	314.11	251.18	250.57
Porenwasser [g]:	74.56	61.44	51.61	105.67
Trockene Probe [g]:	357.61	391.10	315.21	404.16
Wassergehalt [%]:	20.85	15.71	16.37	26.15

Probenbezeichnung:	BK B/3 (8.70 m)	BK C/1 (10.50 - 10.70 m)	BK C/1 (13.80 - 14.00 m)	BK D/1 (5.10 m)
Feuchte Probe + Behälter [g]:	894.98	950.60	864.18	762.86
Trockene Probe + Behälter [g]:	804.99	851.34	763.12	690.84
Behälter [g]:	314.50	314.84	311.89	338.76
Porenwasser [g]:	89.99	99.26	101.06	72.02
Trockene Probe [g]:	490.49	536.50	451.23	352.08
Wassergehalt [%]:	18.35	18.50	22.40	20.46

Probenbezeichnung:	BK D/1 (10.10 m)	BK D/2 (4.00 - 4.25 m)	BK D/2 (8.80 - 9.00 m)	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	820.63	805.81	1008.34	
Trockene Probe + Behälter [g]:	752.61	743.81	908.63	
Behälter [g]:	314.94	312.70	313.68	
Porenwasser [g]:	68.02	62.00	99.71	
Trockene Probe [g]:	437.67	431.11	594.95	
Wassergehalt [%]:	15.54	14.38	16.76	

Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: EH / RS

Datum: 22.03.2022

Prüfungsnummer: verschiedene
 Entnahmestelle: verschiedene
 Tiefe: verschiedene
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: Februar bis April 2022

Probenbezeichnung:	BK E/1 (10.80 - 11.00 m)	BK E/3 (10.540 - 10.70 m)	BK E/4 (3.40 m)	BK F/1 (10.80 - 11.00 m)
Feuchte Probe + Behälter [g]:	594.90	882.41	922.49	834.19
Trockene Probe + Behälter [g]:	523.43	768.21	832.54	769.43
Behälter [g]:	251.24	343.05	314.43	313.31
Porenwasser [g]:	71.47	114.20	89.95	64.76
Trockene Probe [g]:	272.19	425.16	518.11	456.12
Wassergehalt [%]:	26.26	26.86	17.36	14.20

Probenbezeichnung:	BK F/1 (11.20 m)	BK F/2 (7.30 m)	BK F/3 (2.40 m)	BK F/3 (9.40 m)
Feuchte Probe + Behälter [g]:	876.47	766.01	832.88	738.12
Trockene Probe + Behälter [g]:	776.66	694.25	758.63	674.47
Behälter [g]:	315.13	314.16	312.64	315.50
Porenwasser [g]:	99.81	71.76	74.25	63.65
Trockene Probe [g]:	461.53	380.09	445.99	358.97
Wassergehalt [%]:	21.63	18.88	16.65	17.73

Probenbezeichnung:	BK G/1 (5.70 m)	BK G/3 (4.20 m)	BK H/1 (6.80 m)	BK H/2 (6.20 m)
Feuchte Probe + Behälter [g]:	1109.61	897.69	1117.92	1376.18
Trockene Probe + Behälter [g]:	998.50	824.45	990.12	1265.95
Behälter [g]:	342.04	314.09	313.96	314.91
Porenwasser [g]:	111.11	73.24	127.80	110.23
Trockene Probe [g]:	656.46	510.36	676.16	951.04
Wassergehalt [%]:	16.93	14.35	18.90	11.59

Probenbezeichnung:	BK H/2 (9.30 - 10.30 m)	BK I/2 (5.80 m)	BK I/3 (4.80 m)	
Feuchte Probe + Behälter [g]:	1358.78	1225.09	1289.35	
Trockene Probe + Behälter [g]:	1212.26	1098.82	1161.35	
Behälter [g]:	313.96	313.35	311.82	
Porenwasser [g]:	146.52	126.27	128.00	
Trockene Probe [g]:	898.30	785.47	849.53	
Wassergehalt [%]:	16.31	16.08	15.07	

GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bearbeiter: EH / RS

Datum: 22.03.2022

Körnungslinie

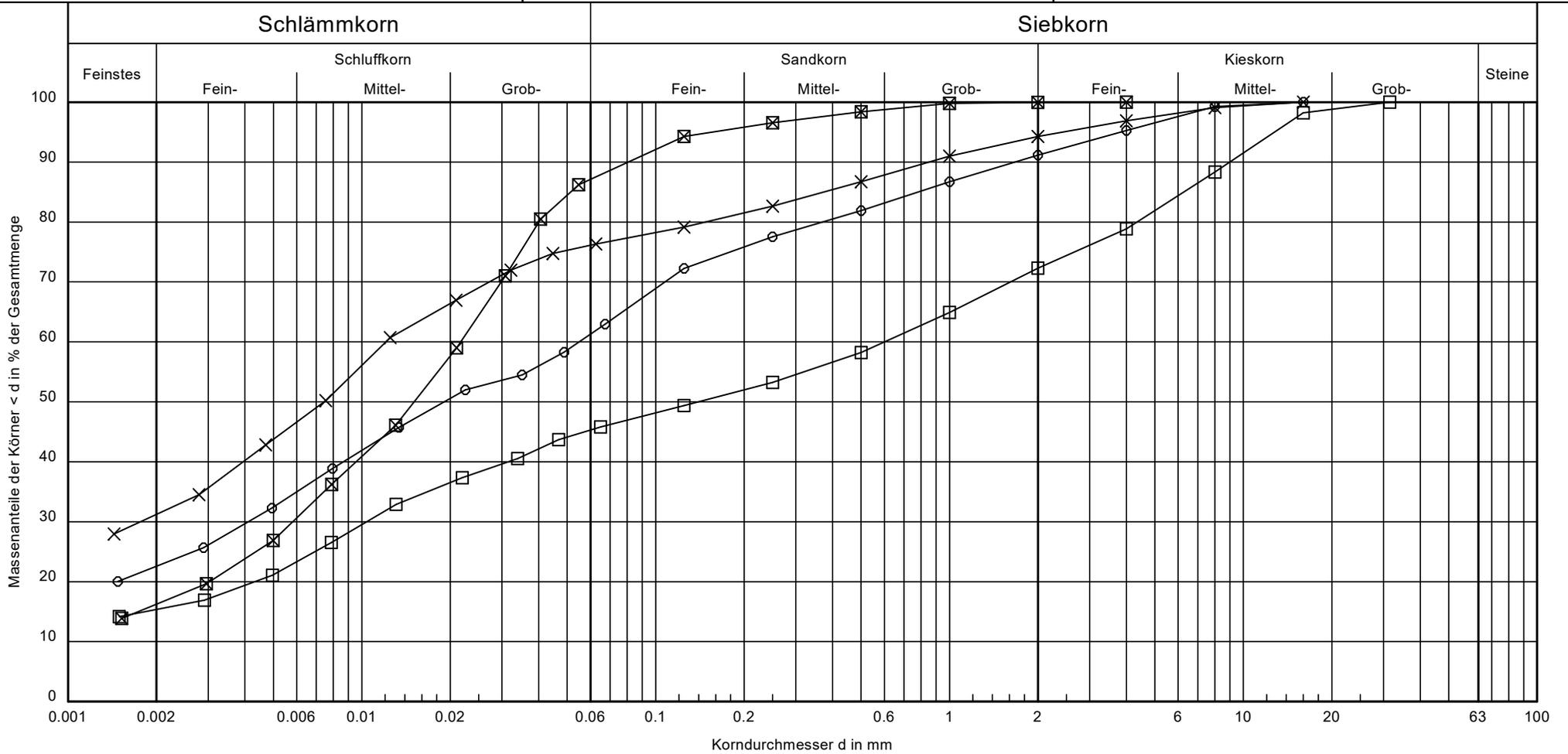
Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 54743, 54744, 54798, 54799

Probe entnommen am: Februar bis April 2022

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: nach DIN EN ISO 17 892-4



Bezeichnung:	○—○	×—×	□—□	◻—◻
Entnahmenstelle:	BK A/1	BK A/1	BK A/4	BK A/4
Tiefe:	9.50 - 9.75 m	12.70 - 12.90 m	5.60 m	9.60 m
Bodenart (DIN):	U, t, fs', ms', gs', fg'	U, t, g', ms', gs'	U, t, mg, s, fg'	U, t, fs'
Bodenart (neu):	fgr'msa'csa'fsa'clSi	csa'msa'cl*Si	fgr'samgrclSi	fsa'clSi
T/U/S/G [%]:	22.1/39.8/29.3/8.8	30.7/45.6/17.9/5.7	15.1/30.4/26.7/27.7	15.8/71.4/12.8/0.1
Bodengruppe:	UL	UM	UL	UL

Bemerkungen:
Achse A (BK)

Bericht: 5625 / 22
 Anlage: 3.2.1

GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bearbeiter: EH / RS

Datum: 22.03.2022

Körnungslinie

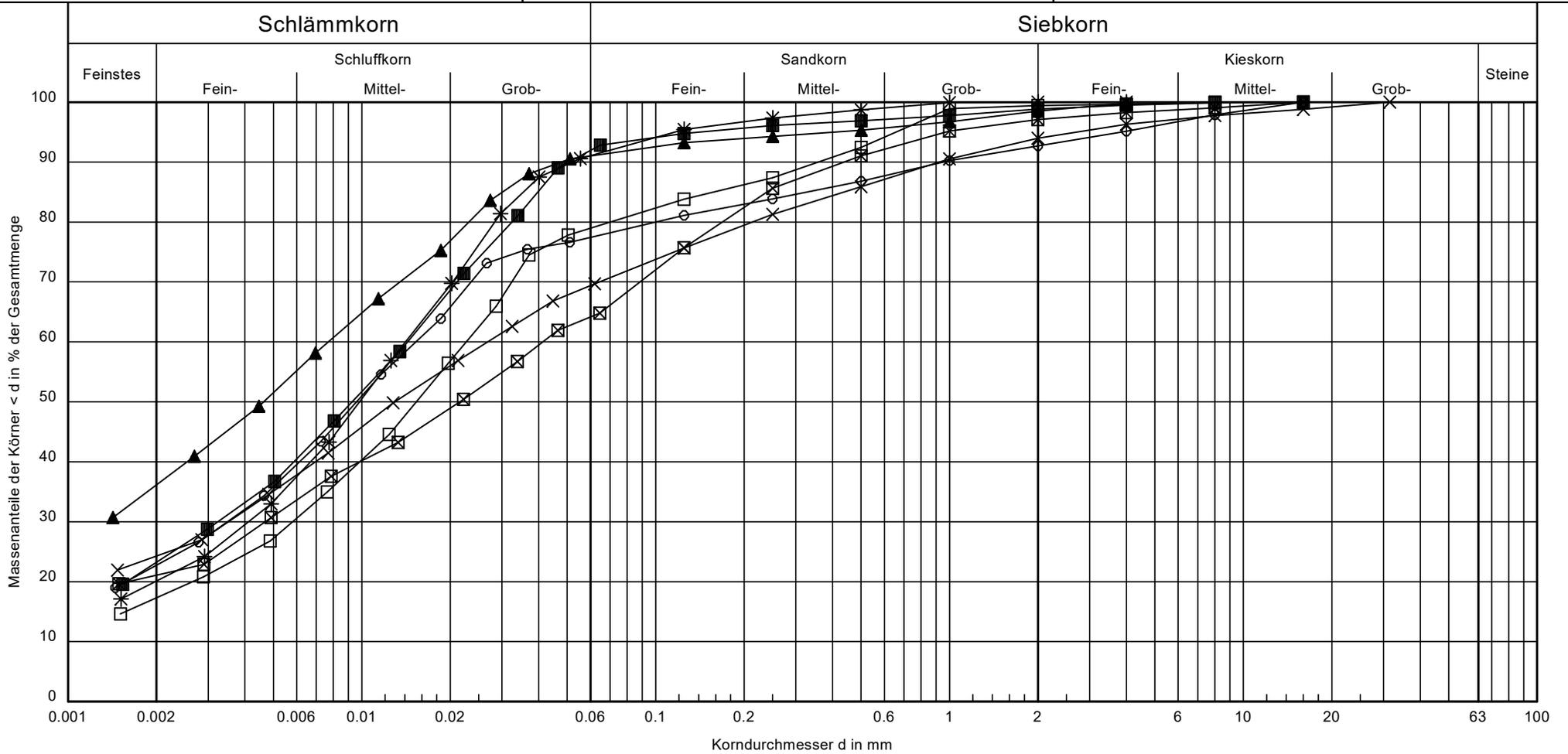
Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 54745, 54797, 54800 bis 54802, 55011, 55012

Probe entnommen am: Februar bis April 2022

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: nach DIN EN ISO 17 892-4



Bezeichnung:	○—○	×—×	□—□	⊠—⊠	*—*	■—■	▲—▲
Entnahmestelle:	BK B/1	BK B/2	BK B/2	BK B/2	BK B/3	BK B/4	BK B/4
Tiefe:	9.50 - 9.75 m	5.80 m	9.80 m	12.00 - 12.30 m	8.70 m	3.50 - 4.50 m	9.50 - 10.50 m
Bodenart (DIN):	U, t, g', fs', gs'	U, t, g', fs', ms', gs'	U, t, fs', ms', gs'	U, t, fs, ms', gs'	U, t, fs'	U, t, s'	T, u, s'
Bodenart (neu):	fsa'clSi	csa'msa'fsa'clSi	csa'fsa'msa'clSi	msa'fsaclSi	fsa'clSi	clSi	si*Cl
T/U/S/G [%]:	22.1/55.2/15.3/7.3	23.9/45.9/24.2/6.0	16.8/62.0/20.6/0.6	20.8/43.7/32.5/2.9	19.6/71.5/8.9/0.0	22.5/69.9/6.4/1.2	35.4/55.6/7.6/1.5
Bodengruppe:	TM	TL	UM	TL	UL	TL	TL

Bemerkungen:
Achse B (BK)

Bericht: 5625 / 22
 Anlage: 3.2.2

GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bearbeiter: EH / RS

Datum: 22.03.2022

Körnungslinie

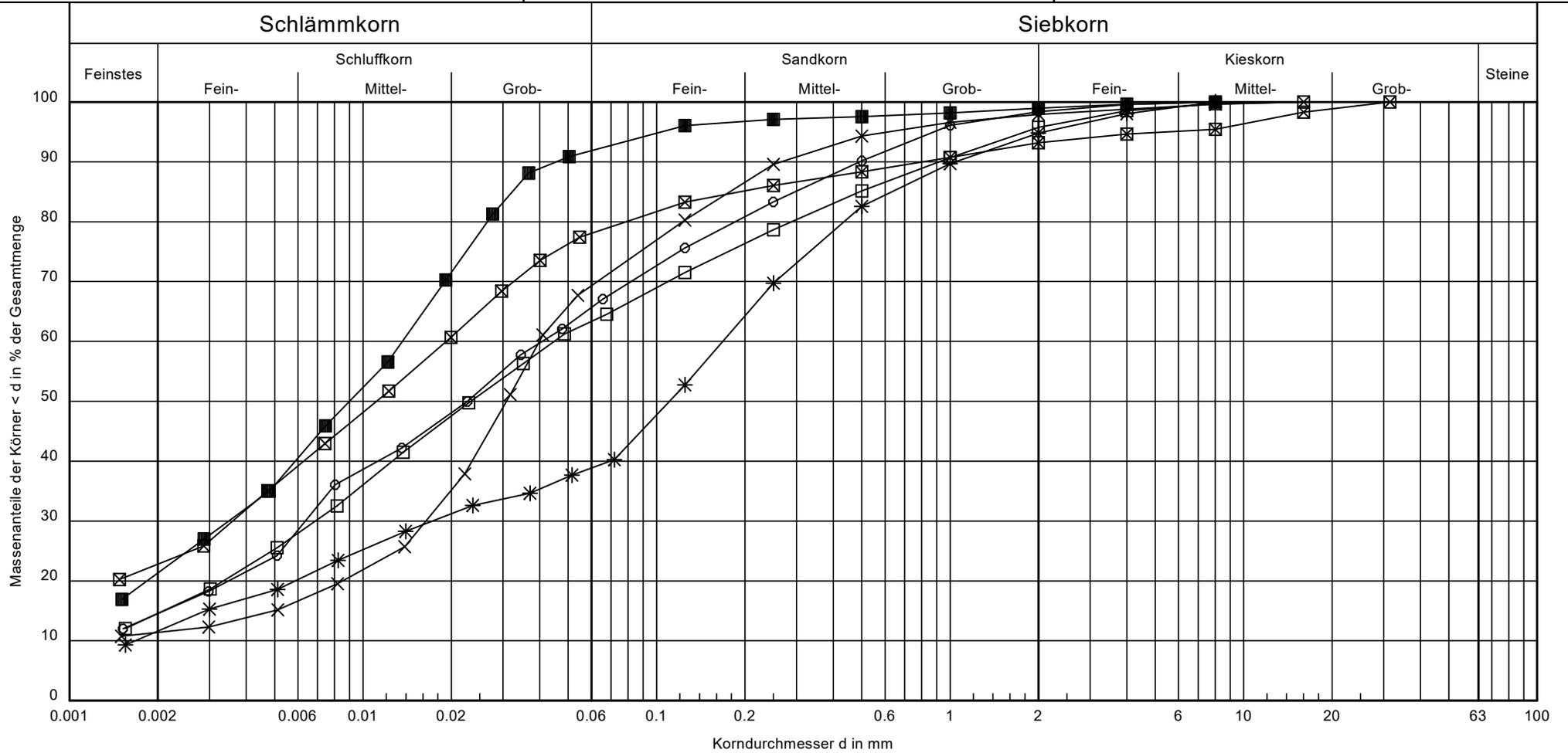
Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 54746, 54747, 55013 bis 55016

Probe entnommen am: Februar bis April 2022

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: nach DIN EN ISO 17 892-4



Bezeichnung:	○—○	×—×	□—□	⊠—⊠	*—*	■—■
Entnahmenstelle:	BK C/1	BK C/1	BK C/2	BK C/3	BK C/3	BK C/4
Tiefe:	10.50 - 10.70 m	13.80 - 14.00 m	6.50 - 7.50 m	2.50 - 3.50 m	12.70 - 13.00 m	8.80 - 9.80 m
Bodenart (DIN):	U, t, fs', ms', gs'	U, fs, t, ms'	U, t, fs', ms', gs'	U, t, g', fs'	S, u, t, g'	U, t, s'
Bodenart (neu):	csa'msa'fsa'clSi	msa'clfsaSi	csa'msa'fsa'clSi	fsa'clSi	csi'fsi'msi'clSa	clSi
T/U/S/G [%]:	14.1/52.3/32.0/1.6	11.3/58.0/28.6/2.1	14.1/49.7/32.0/4.2	22.3/55.8/15.1/6.8	11.2/28.0/55.7/5.2	20.5/71.2/7.2/1.1
Bodengruppe:	UL	UL	UL	UL	ST*	UL

Bemerkungen:
Achse C (BK)

Bericht: 5625 / 22
 Anlage: 3.2.3

GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bearbeiter: EH / RS

Datum: 22.03.2022

Körnungslinie

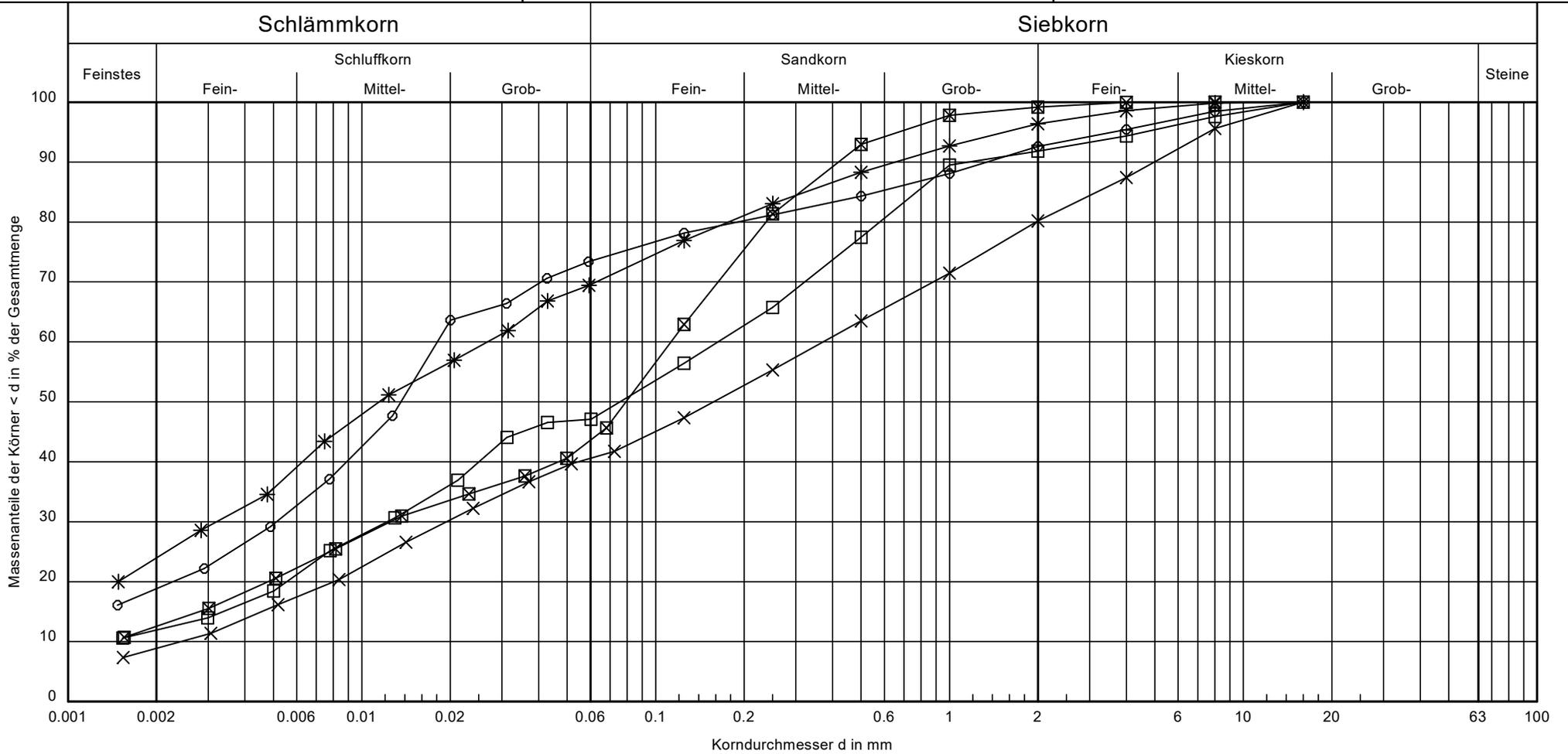
Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 54668, 54669, 54876, 54875, 55017

Probe entnommen am: Februar bis April 2022

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: nach DIN EN ISO 17 892-4



Bezeichnung:	○—○	×—×	□—□	⊠—⊠	*—*
Entnahmestelle:	BK D/1	BK D/1	BK D/2	BK D/2	BK D/3
Tiefe:	5.10 m	10.10 m	4.00 - 4.25 m	8.80 - 9.00 m	7.85 - 8.85 m
Bodenart (DIN):	U, t, g', fs', ms', gs'	U, s̄, t', fg', mg'	U, s̄, t', g'	U, s̄, t'	U, t, fs', ms', gs'
Bodenart (neu):	msa'f'sa'c'sa'clSi	mgr'cl'fgr'sa*Si	cl'sa*Si	cl'sa*Si	c'sa'm'sa'f'sa'clSi
T/U/S/G [%]:	18.3/55.4/18.9/7.4	8.6/32.2/39.4/19.8	11.7/35.8/44.3/8.2	12.2/32.1/54.9/0.8	23.3/46.6/26.5/3.6
Bodengruppe:	UL	TL	UL	TL	TL

Bemerkungen:
Achse D (BK)

Bericht:
5625 / 22
Anlage:
3.2.4

GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bearbeiter: EH / RS

Datum: 22.03.2022

Körnungslinie

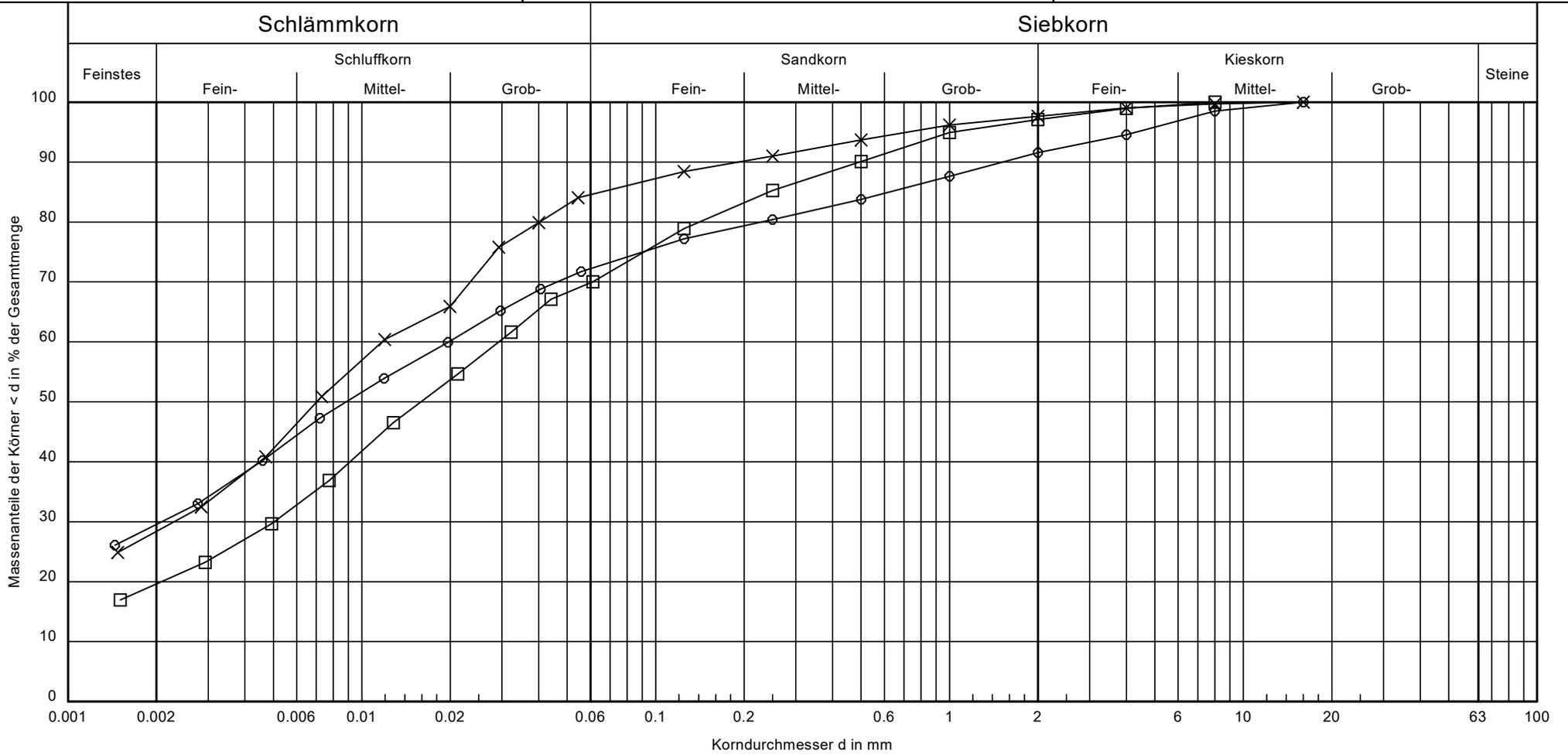
Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 54612, 54874B, 548743

Probe entnommen am: Februar bis April 2022

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: nach DIN EN ISO 17 892-4



Bezeichnung:	○—○	×—×	□—□
Entnahmestelle:	BK E/1	BK E/3	BK E/4
Tiefe:	10.80 - 11.00 m	10.50 - 10.70 m	3.40 m
Bodenart (DIN):	T, u, g', fs', ms', gs'	T, u, fs'	U, t, fs', ms', gs'
Bodenart (neu):	fgr'msa'csa'fsa'siCl	fsa'siCl	csa'msa'fsa'clSi
T/U/S/G [%]:	29.0/43.3/19.3/8.4	27.8/56.8/13.1/2.4	19.1/51.2/26.8/2.9
Bodengruppe:	TM	TM	UL

Bemerkungen:
Achse E (BK)

Bericht: 5625 / 22
 Anlage: 3.2.5

GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bearbeiter: EH / RS

Datum: 22.03.2022

Körnungslinie

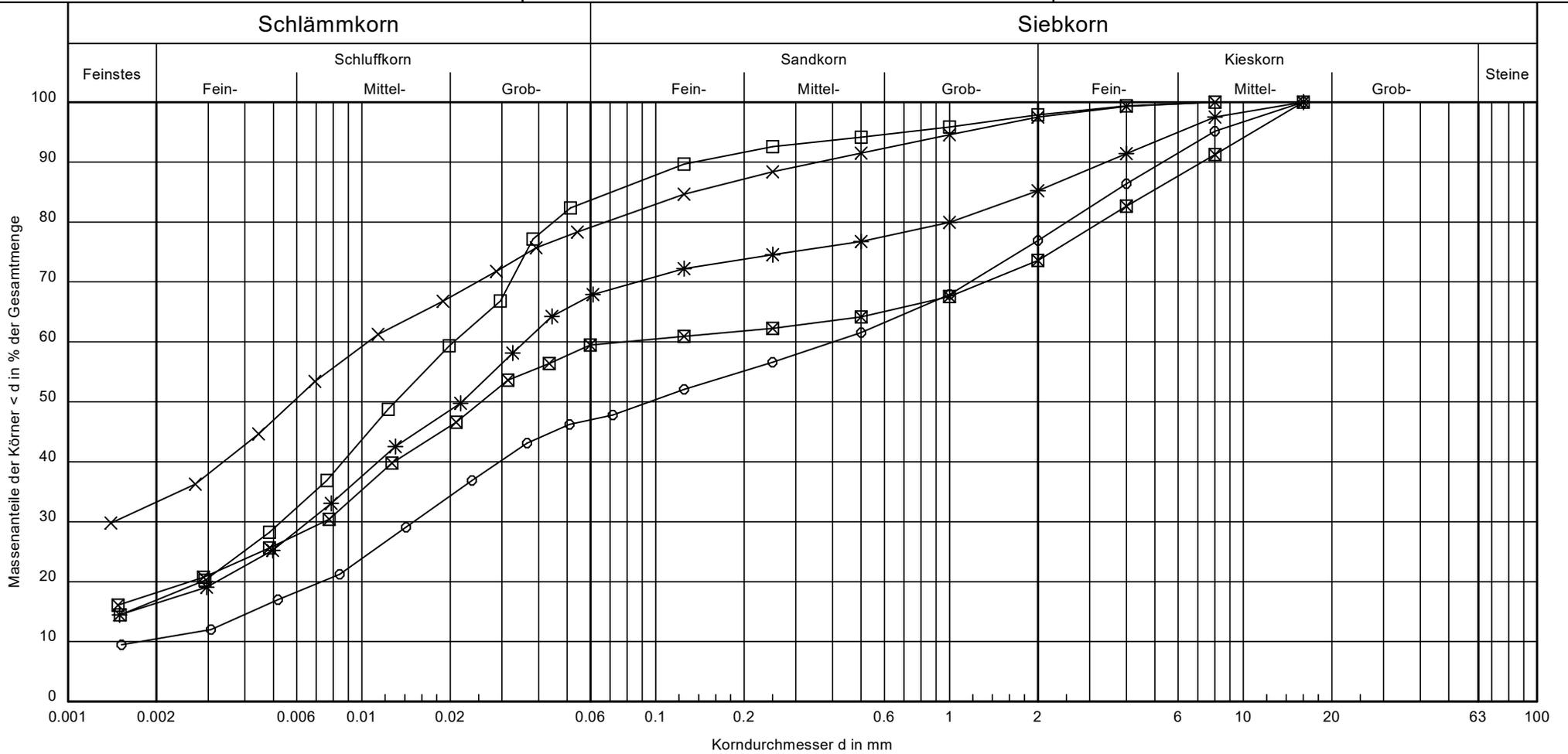
Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 54670 bis 54674

Probe entnommen am: Februar bis April 2022

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: nach DIN EN ISO 17 892-4



Bezeichnung:	○—○	×—×	□—□	⊠—⊠	*—*
Entnahmestelle:	BK F/1	BK F/1	BK F/2	BK F/3	BK F/3
Tiefe:	10.80 - 11.00 m	11.20 m	7.30 m	2.40 m	9.40 m
Bodenart (DIN):	U, t, fs', ms', gs', fg', mg'	T, u, fs', ms', gs'	U, t, fs'	U, t, gs', fg', mg'	U, t, fs', gs', fg', mg'
Bodenart (neu):	fsa'msa'mgr'csa'fgr'clSi	csa'msa'fsa'siCl	fsa'clSi	csa'mgr'fgr'clSi	mgr'fsa'csa'fgr'clSi
T/U/S/G [%]:	10.3/36.9/29.7/23.1	32.7/46.4/18.4/2.5	16.5/67.0/14.4/2.1	17.8/41.8/14.1/26.4	16.0/52.0/17.2/14.8
Bodengruppe:	TL	TL	UL	UL	UL

Bemerkungen:
Achse F (BK)

Bericht: 5625 / 22
 Anlage: 3.2.6

GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bearbeiter: EH / RS

Datum: 22.03.2022

Körnungslinie

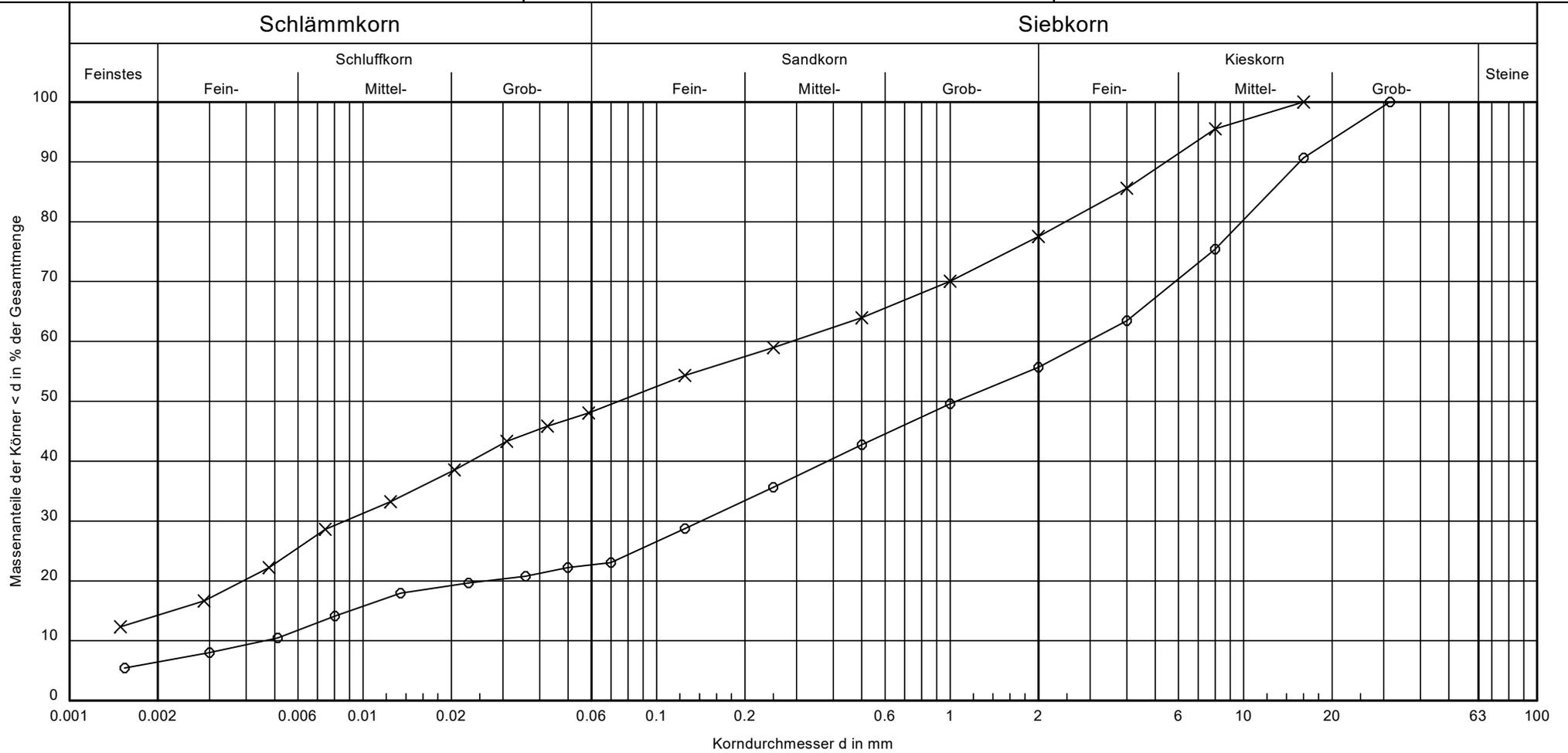
Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 54610, 54611

Probe entnommen am: Februar bis April 2022

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: nach DIN EN ISO 17 892-4



Bezeichnung:	○ — ○	× — ×
Entnahmestelle:	BK G/1	BK G/3
Tiefe:	5.70 m	4.20 m
Bodenart (DIN):	G, u, t', fs', ms', gs'	U, t', fs', ms', gs', g'
Bodenart (neu):	fsi'cl'msi'fsa'csa'msa'Gr	msa'fsg'r'csa'cl'Si
T/U/S/G [%]:	6.3/16.5/32.9/44.3	13.9/34.5/29.1/22.5
Bodengruppe:	GU*	TL

Bemerkungen:
Achse G (BK)

Bericht: 5625 / 22
 Anlage: 3.2.7

GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bearbeiter: EH / RS

Datum: 22.03.2022

Körnungslinie

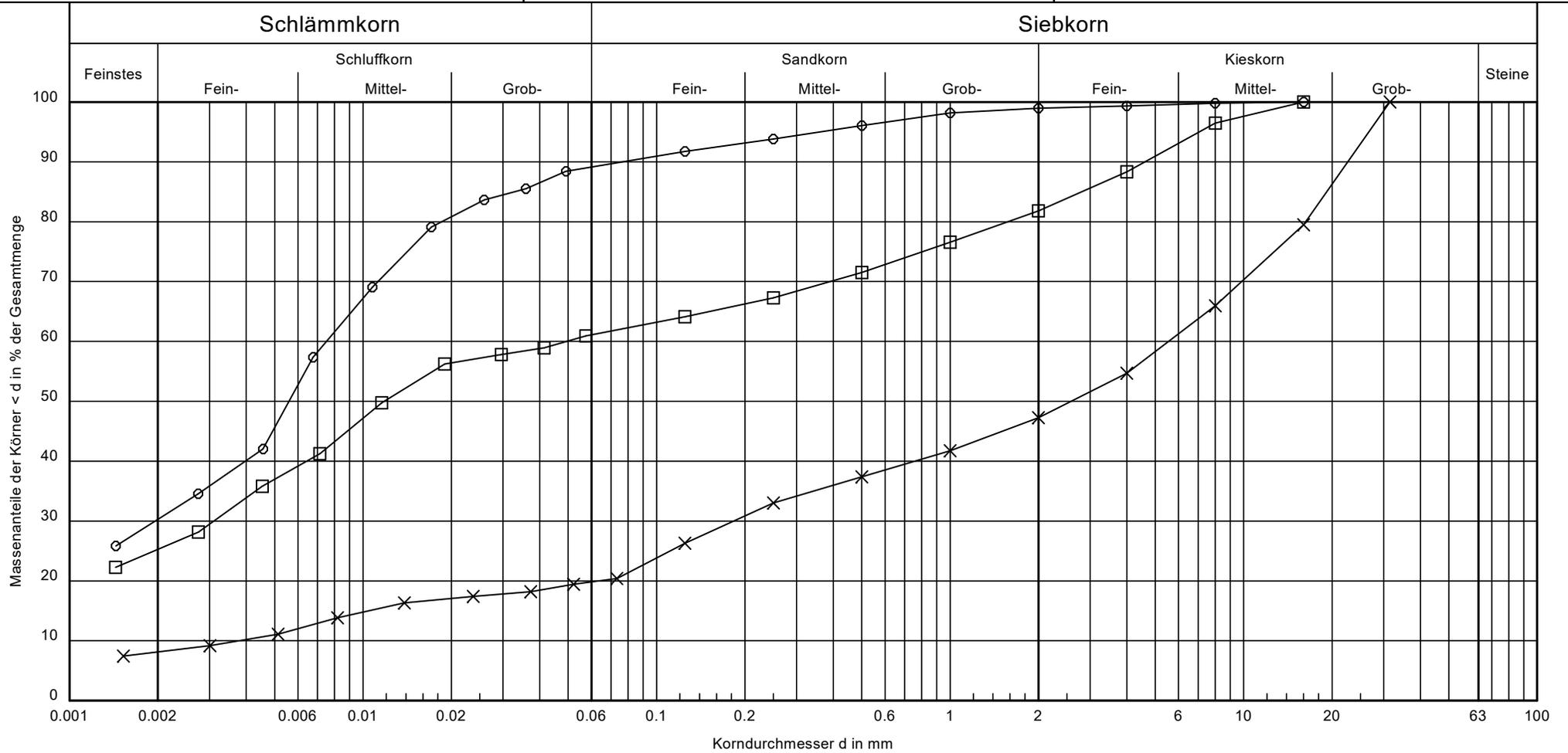
Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 54608, 54609, 54613

Probe entnommen am: Februar bis April 2022

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: nach DIN EN ISO 17 892-4



Bezeichnung:	○—○	×—×	□—□
Entnahmestelle:	BK H/1	BK H/2	BK H/2
Tiefe:	6.80 m	6.20 m	9.30 - 10.30 m
Bodenart (DIN):	U, t, s'	G, t', u', fs', ms', gs'	U, t, ms', gs', fg', mg'
Bodenart (neu):	clSi	cl'msa'csa'f'sa'Gr	msa'mgr'c'sa'fgr'clSi
T/U/S/G [%]:	29.6/59.4/9.9/1.0	8.0/12.0/27.3/52.7	24.8/36.4/20.6/18.2
Bodengruppe:	UM	GU*	UM

Bemerkungen:
Achse H (BK)

Bericht:
5625 / 22
Anlage:
3.2.8

GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bearbeiter: EH / RS

Datum: 22.03.2022

Körnungslinie

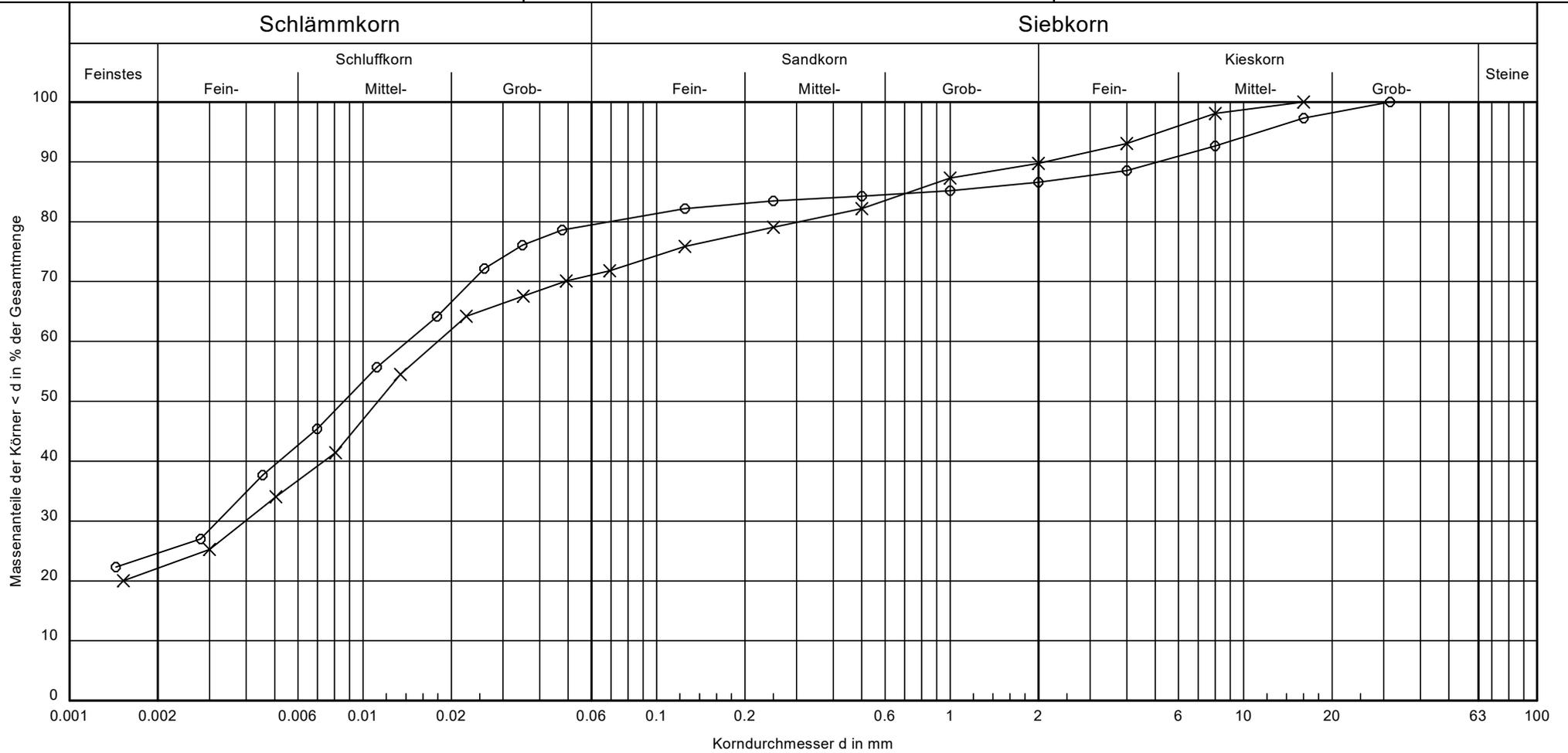
Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Prüfungsnummer: 54606, 54607

Probe entnommen am: Februar bis April 2022

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: nach DIN EN ISO 17 892-4



Bezeichnung:	○ — ○	× — ×
Entnahmestelle:	BK I/2	BK I/3
Tiefe:	5.80 m	4.80 m
Bodenart (DIN):	U, t, s', mg'	U, t, fs', ms', gs', fg'
Bodenart (neu):	mgr'clSi	msa'csa'fgr'fsa'clSi
T/U/S/G [%]:	24.3/55.1/7.3/13.4	21.7/49.6/18.5/10.3
Bodengruppe:	UL	UL

Bemerkungen:
Achse I (BK)

Bericht: 5625 / 22
 Anlage: 3.2.9

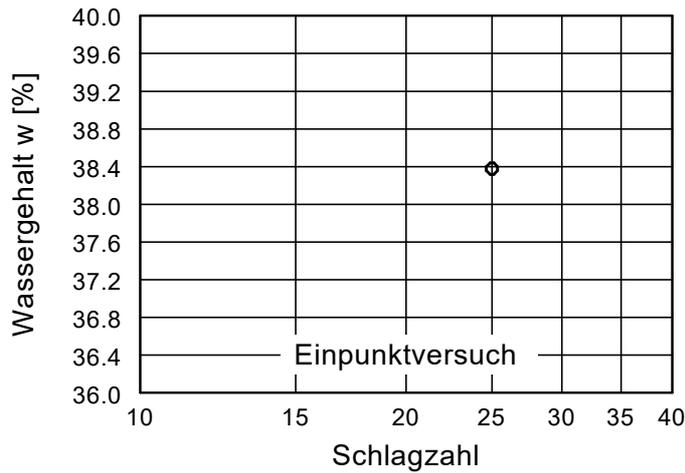
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

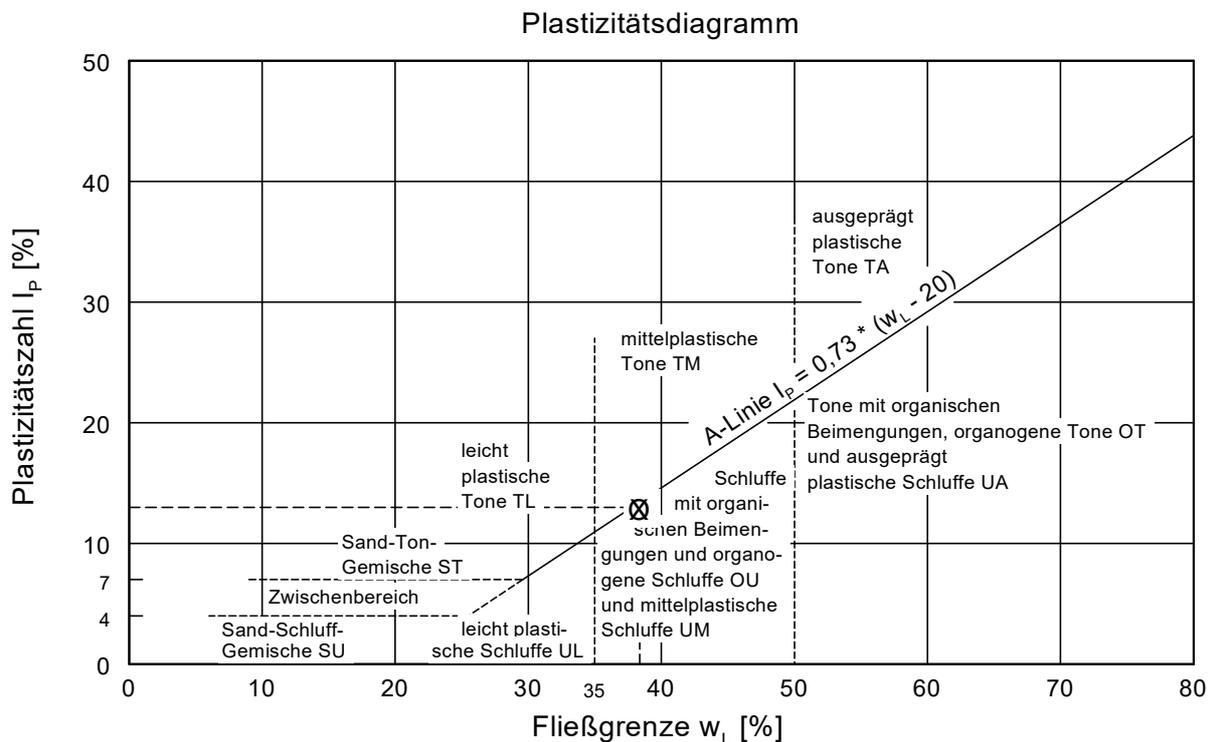
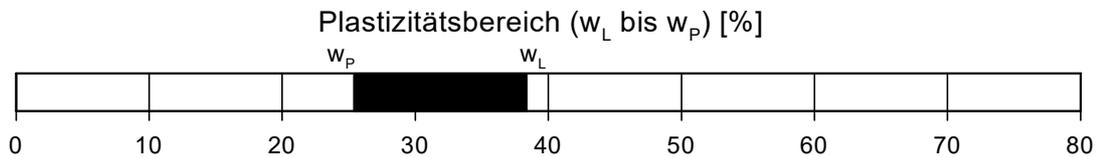
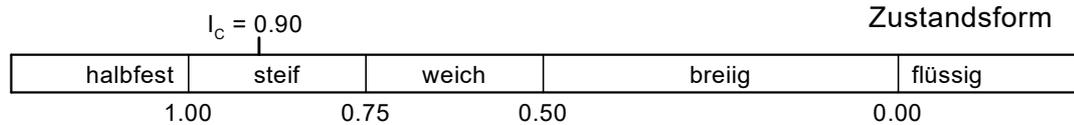
Bearbeiter: HP / RS

Datum: 31.03.2022

Prüfungsnummer: 54743
 Entnahmestelle: BK A/1
 Tiefe: 12.70 - 12.90 m
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 16.03.2022



Wassergehalt $w = 26.7 \%$
 Fließgrenze $w_L = 38.4 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 25.4 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 13.0 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.90$



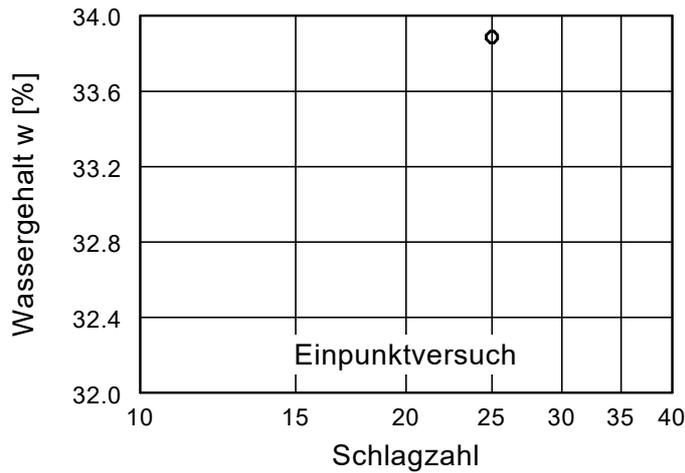
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

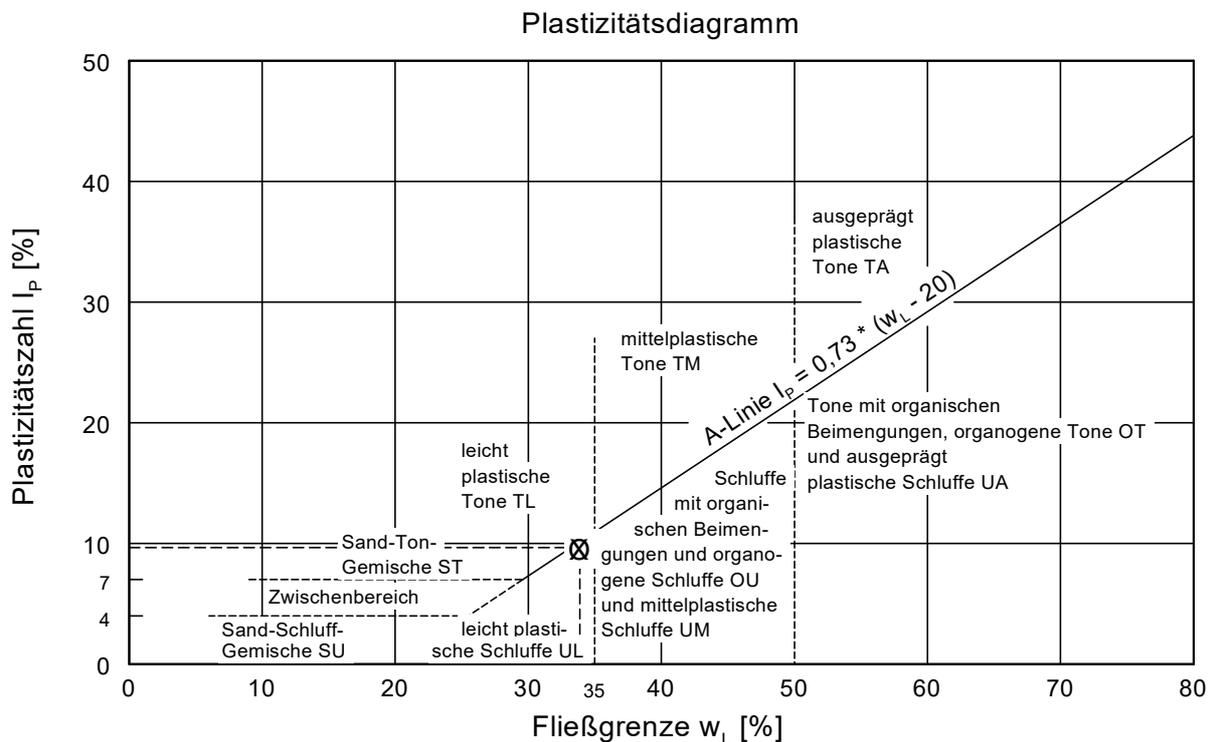
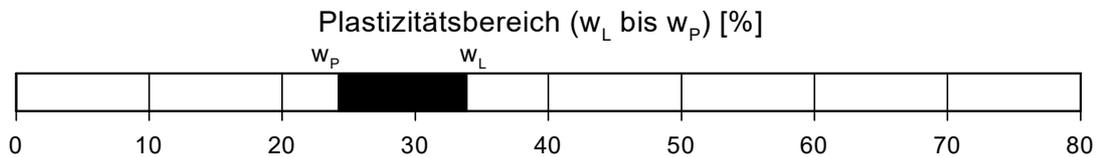
Bearbeiter: HP / RS

Datum: 08.04.2022

Prüfungsnummer: 54798
 Entnahmestelle: BK A/4
 Tiefe: 5.60 m
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 23.03.2022



Wassergehalt $w = 15.2 \%$
 Fließgrenze $w_L = 33.9 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 24.2 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 9.7 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.93$



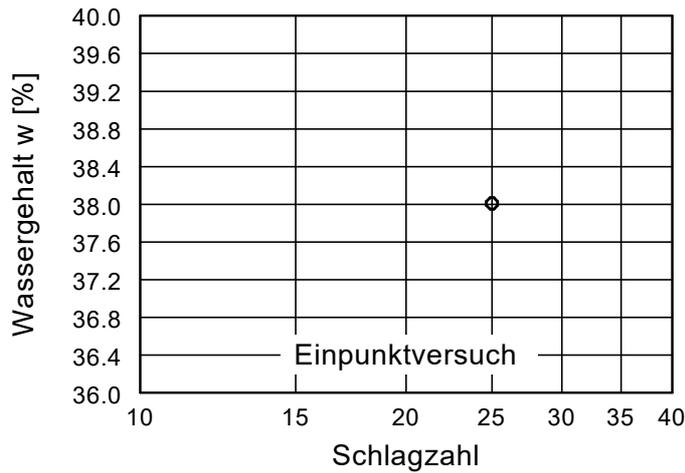
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

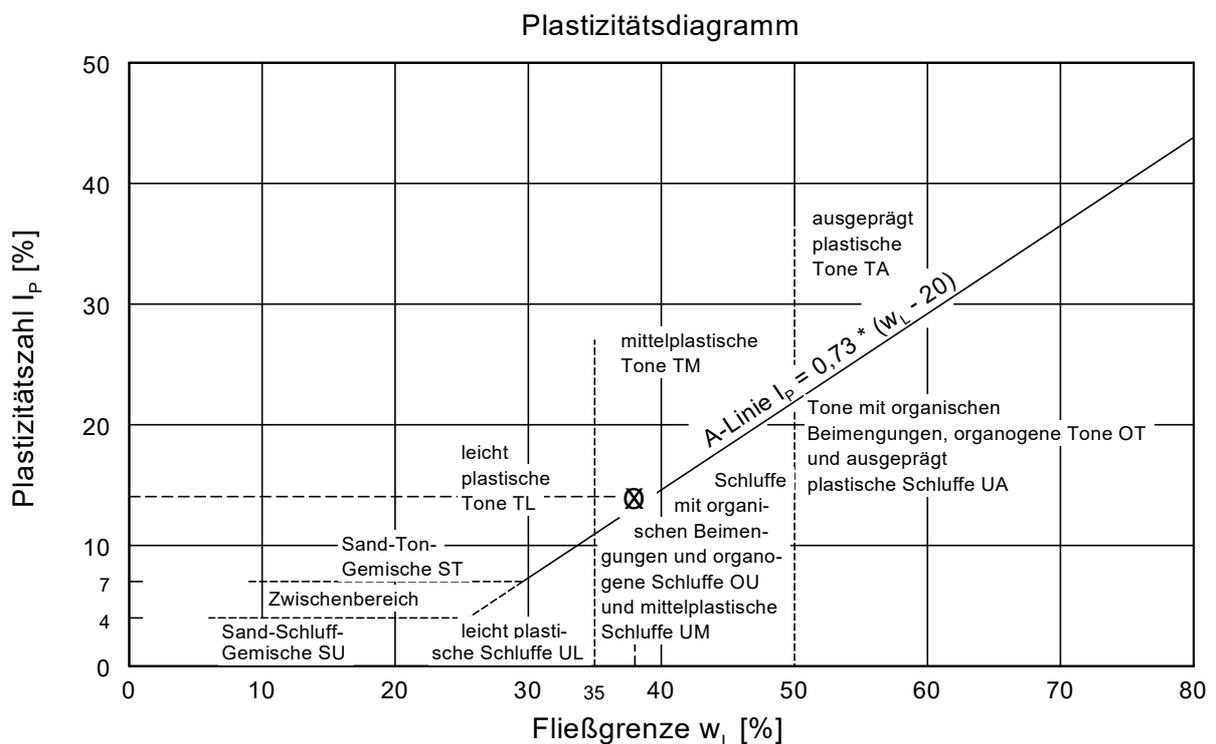
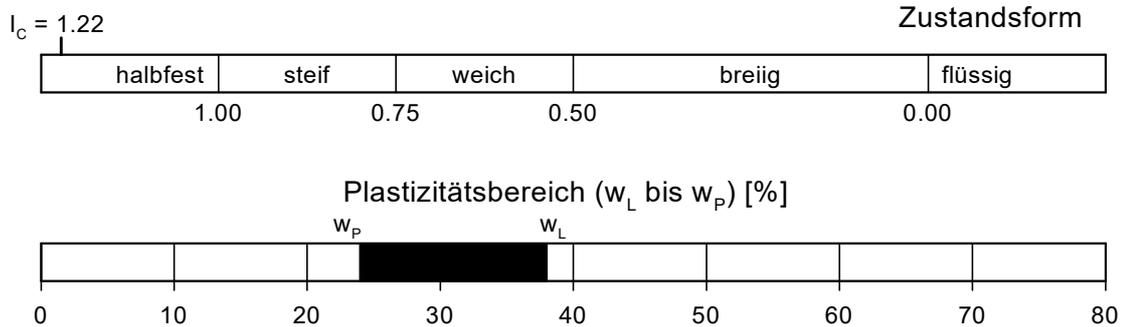
Bearbeiter: HP / RS

Datum: 31.03.2022

Prüfungsnummer: 54745
 Entnahmestelle: BK B/1
 Tiefe: 9.50 - 9.75 m
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 15.03.2022



Wassergehalt $w = 20.9 \%$
 Fließgrenze $w_L = 38.0 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 24.0 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 14.0 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.22$



GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 -0

Bericht: 5625 / 22

Anlage: 3.3.4

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: HP / RS

Datum: 08.04.2022

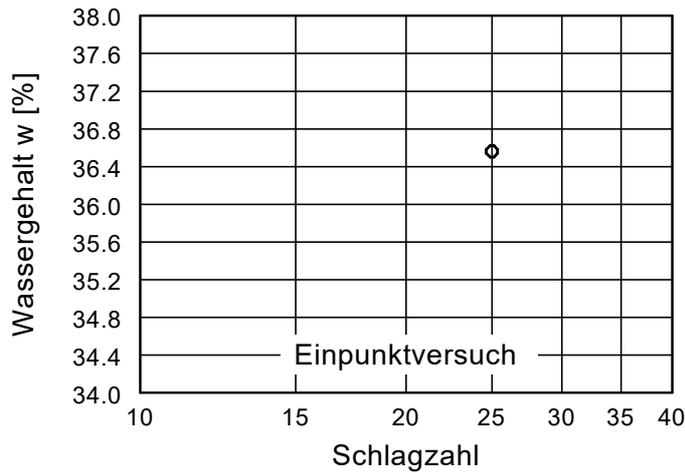
Prüfungsnummer: 54801

Entnahmestelle: BK B/2

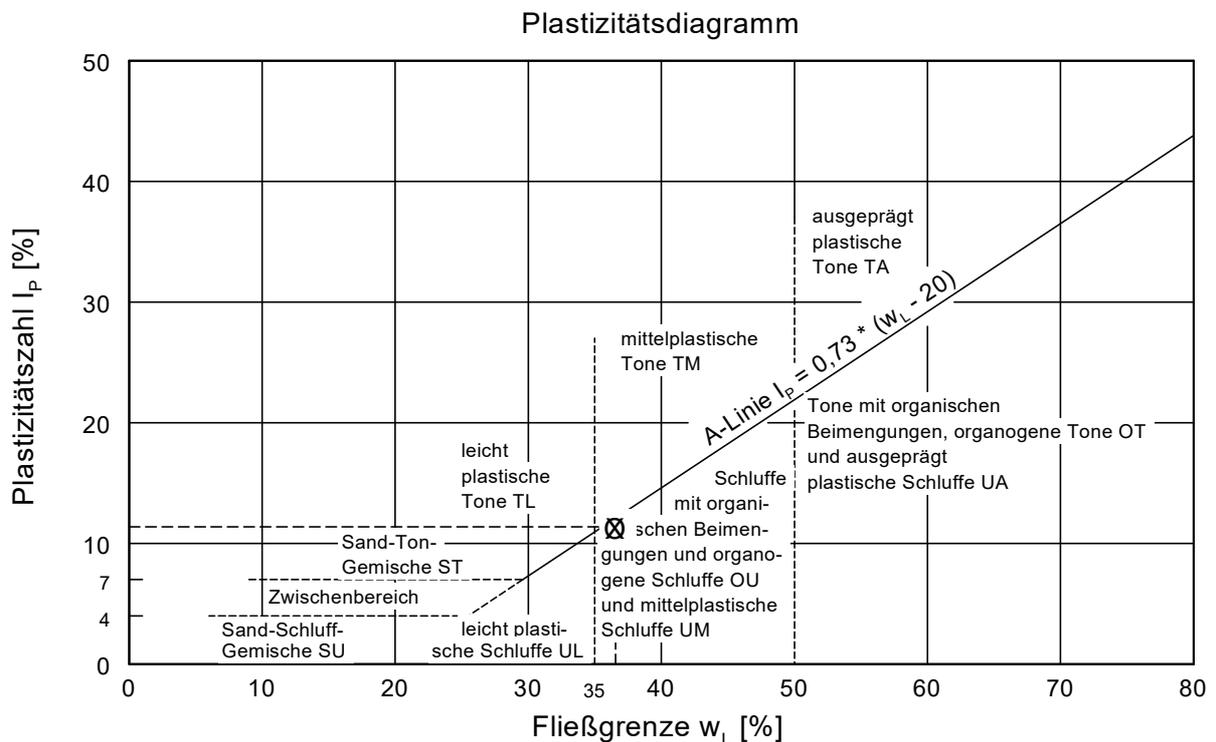
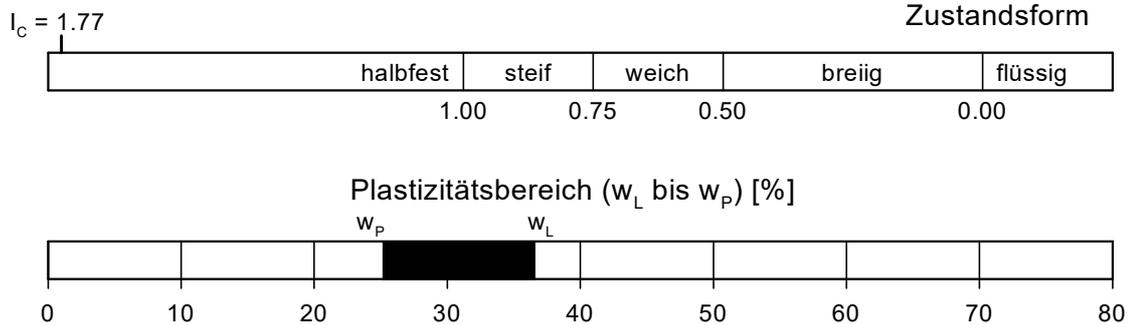
Tiefe: 9.80 m

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 24.03.2022



Wassergehalt $w = 16.4 \%$
Fließgrenze $w_L = 36.6 \%$
Ausrollgrenze $w_p = 25.2 \%$
Plastizitätszahl $I_p = 11.4 \%$
Konsistenzzahl $I_c = 1.77$



GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 -0

Bericht: 5625 / 22

Anlage: 3.3.5

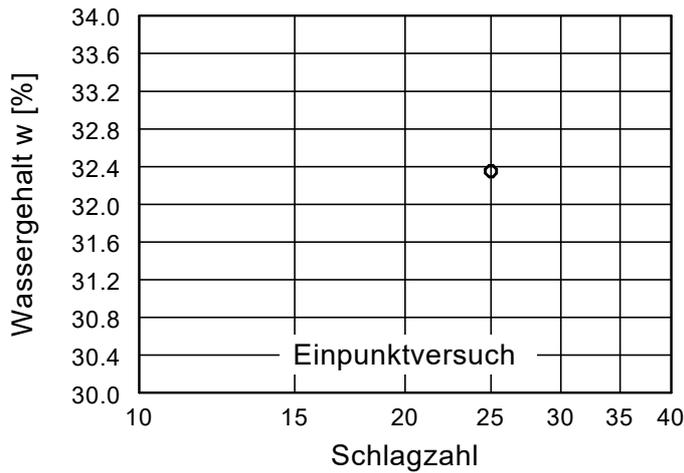
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: HP / RS

Datum: 08.04.2022

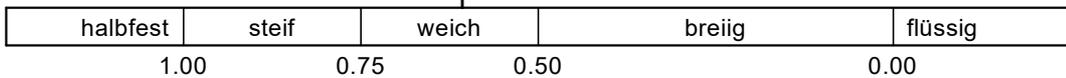
Prüfungsnummer: 54797
Entnahmestelle: BK B2
Tiefe: 12.00 - 12.30 m
Art der Entnahme: gestört
Bodenart:
Probe entnommen am:



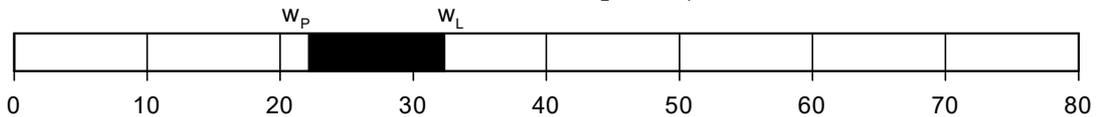
Wassergehalt $w = 26.1 \%$
Fließgrenze $w_L = 32.4 \%$
Ausrollgrenze $w_p = 22.1 \%$
Plastizitätszahl $I_p = 10.3 \%$
Konsistenzzahl $I_c = 0.61$

Zustandsform

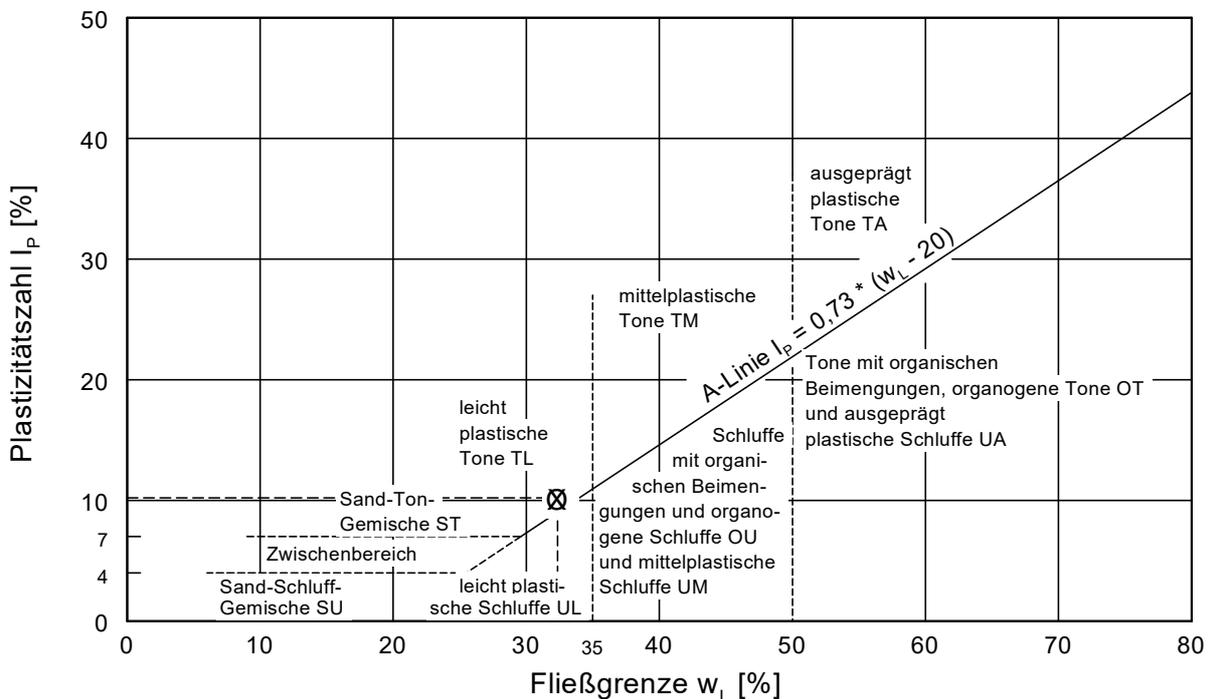
$I_c = 0.61$



Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]



Plastizitätsdiagramm



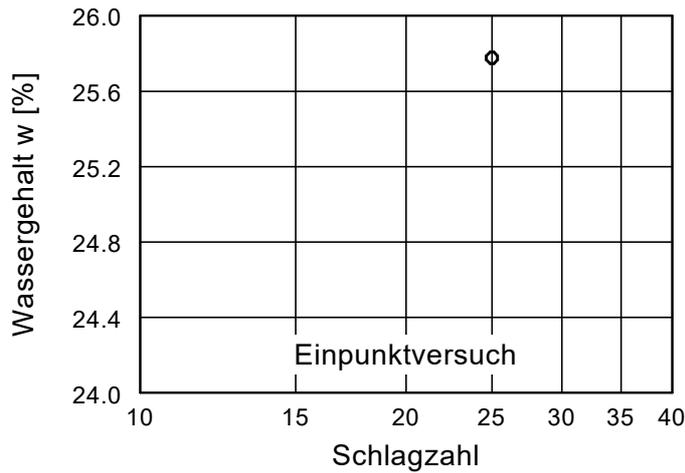
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

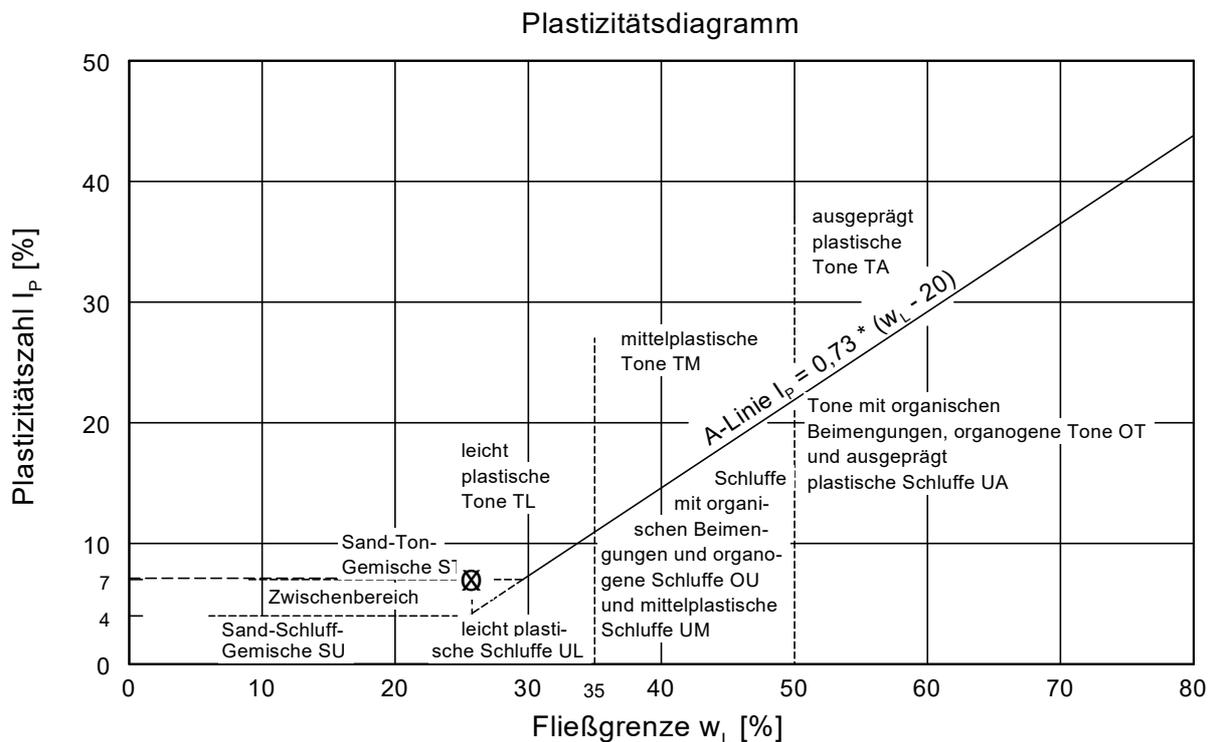
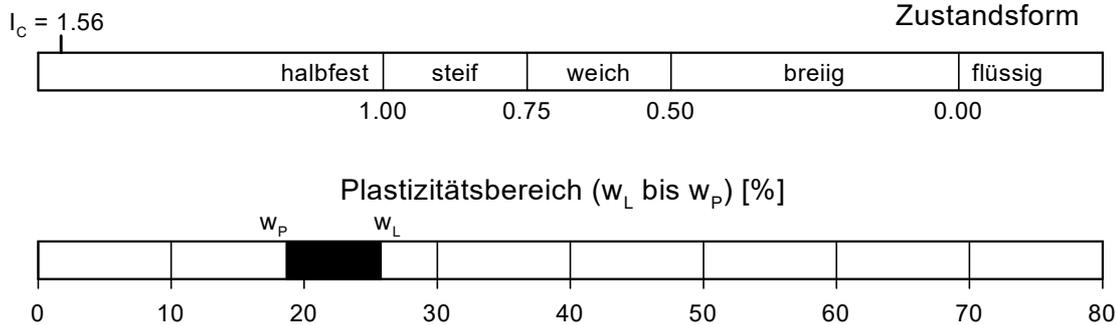
Bearbeiter: HP / RS

Datum: 22.03.2022

Prüfungsnummer: 55015
 Entnahmestelle: BK C/3
 Tiefe: 12.70 - 13.00 m
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 05.04.2022



Wassergehalt $w = 14.7 \%$
 Fließgrenze $w_L = 25.8 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 18.7 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 7.1 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.56$



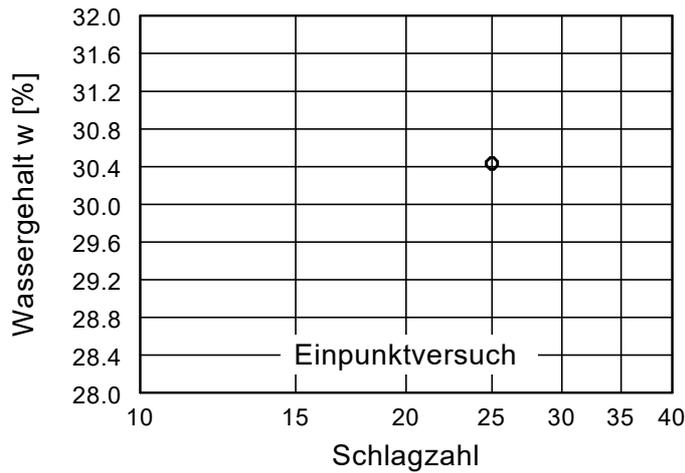
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

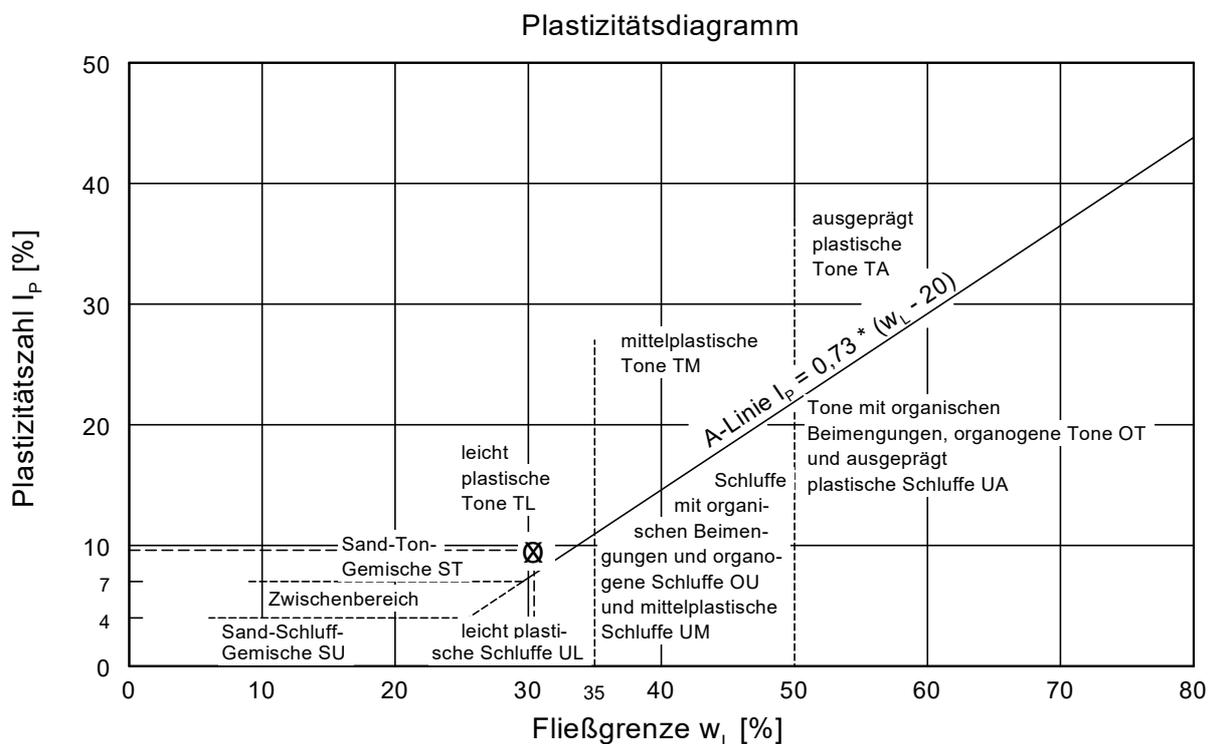
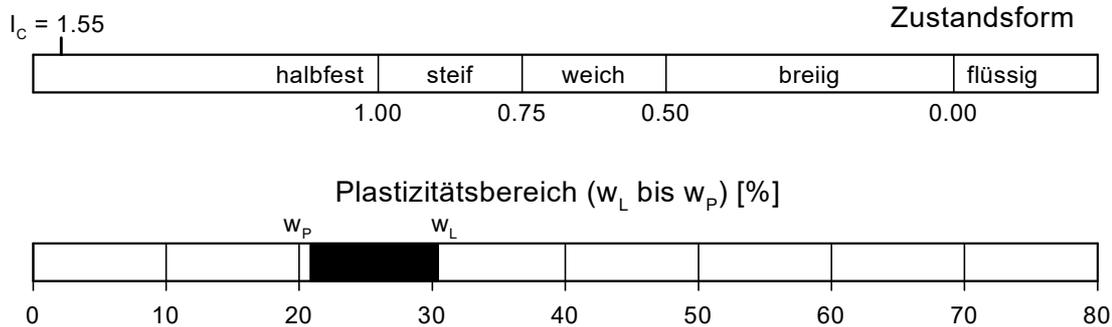
Bearbeiter: HP / RS

Datum: 23.03.2022

Prüfungsnummer: 54669
 Entnahmestelle: BK D/1
 Tiefe: 10.10 m
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 10.03.2022



Wassergehalt $w = 15.5 \%$
 Fließgrenze $w_L = 30.4 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 20.8 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 9.6 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.55$



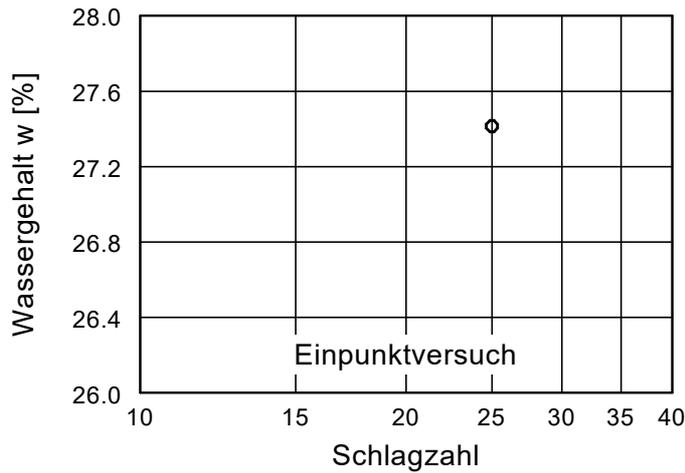
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

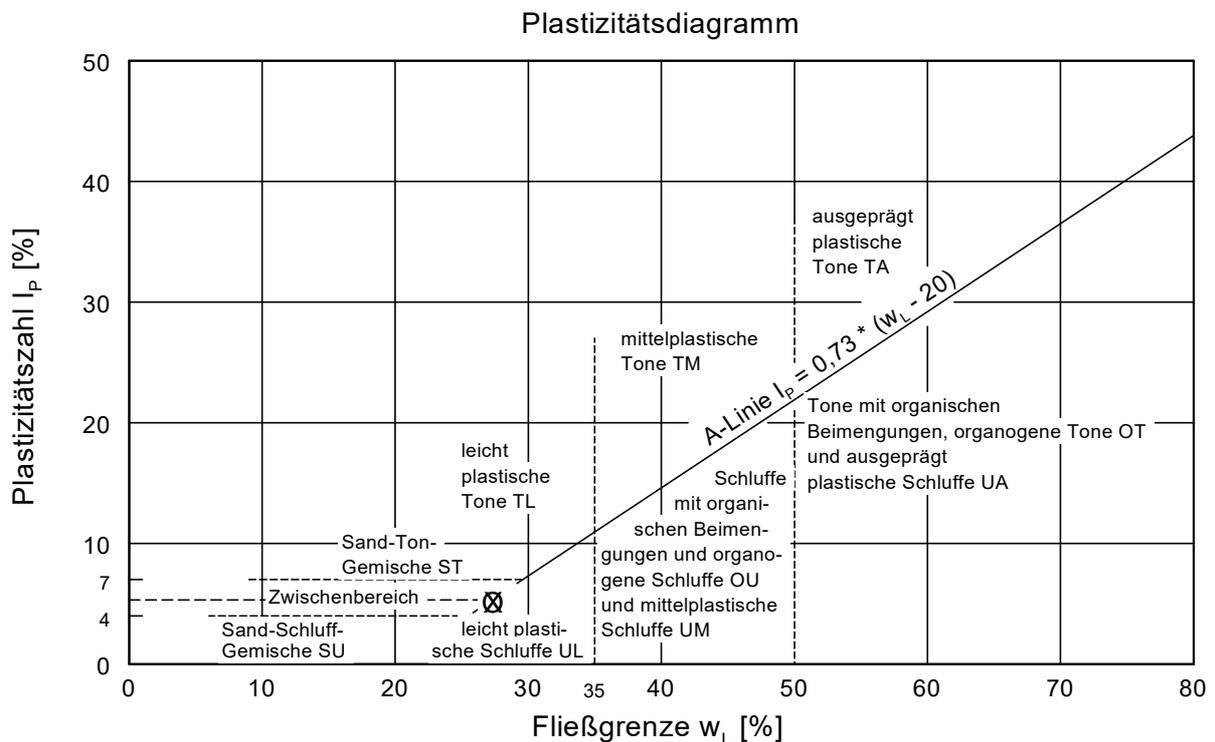
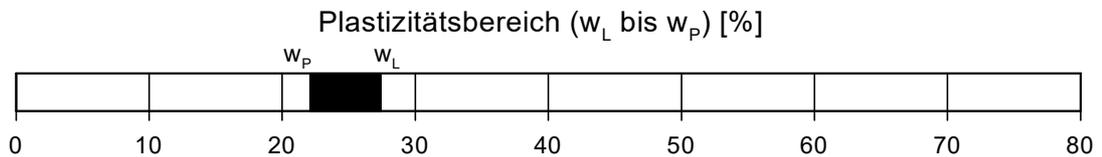
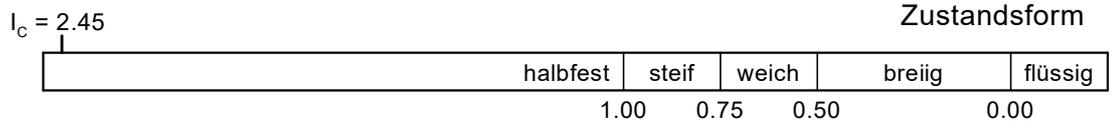
Bearbeiter: HP / RS

Datum: 25.04.2022

Prüfungsnummer: 54876
 Entnahmestelle: BK D/2
 Tiefe: 4.00 - 4.25 m
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 31.03.2022



Wassergehalt $w = 14.4 \%$
 Fließgrenze $w_L = 27.4 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 22.1 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 5.3 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 2.45$



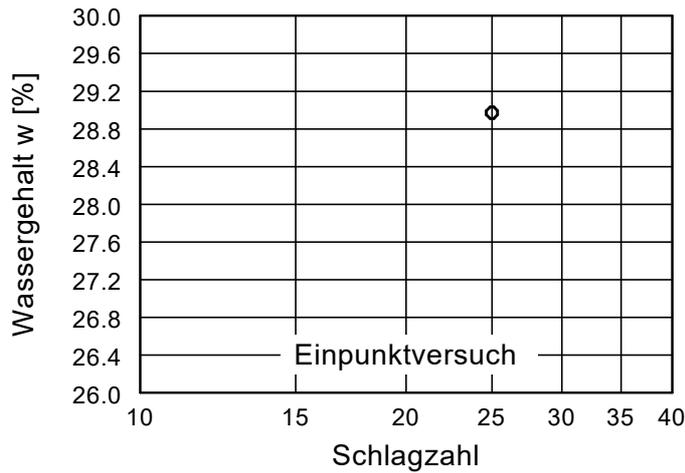
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

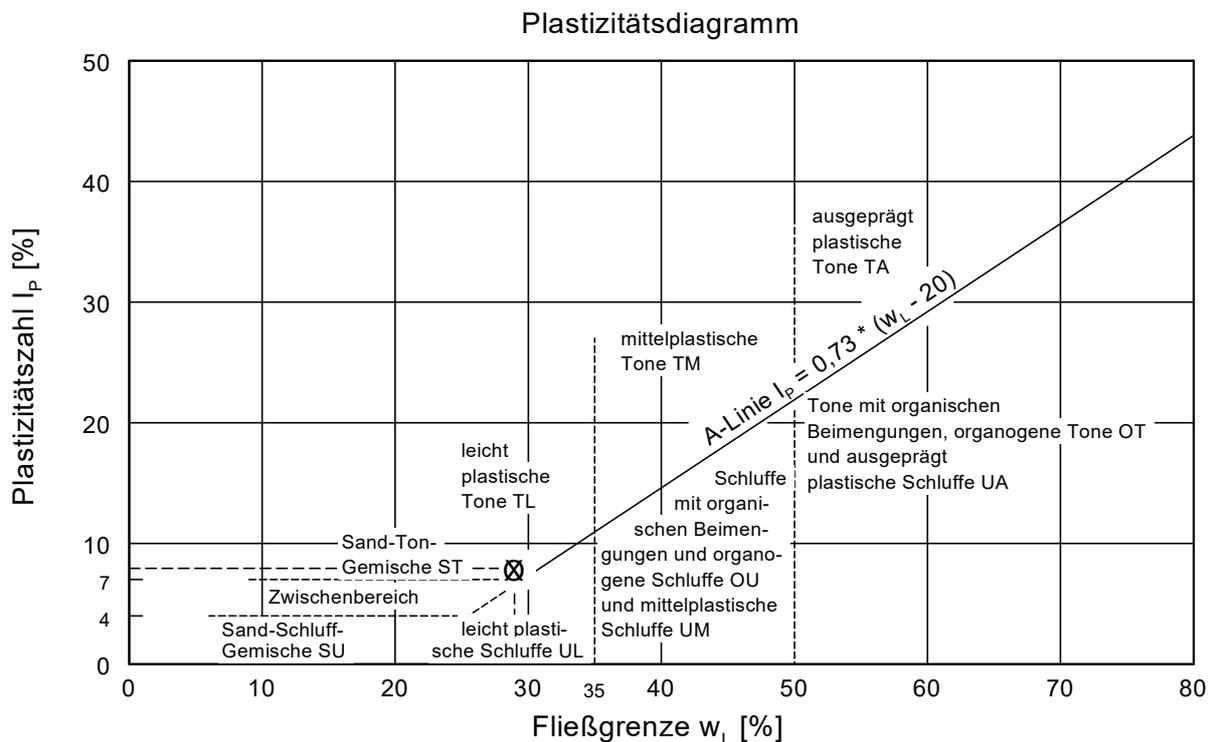
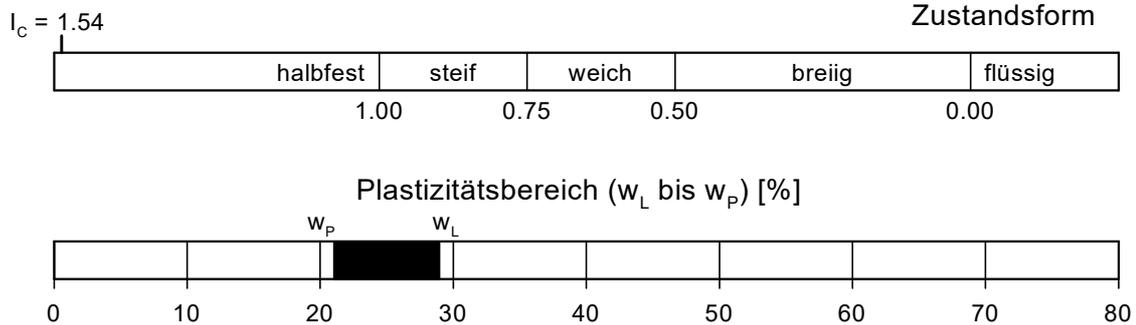
Bearbeiter: HP / RS

Datum: 25.04.2022

Prüfungsnummer: 54875
 Entnahmestelle: BK D/2
 Tiefe: 8.80 - 9.00 m
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 31.03.2022



Wassergehalt $w = 16.8 \%$
 Fließgrenze $w_L = 29.0 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 21.0 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 8.0 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.54$



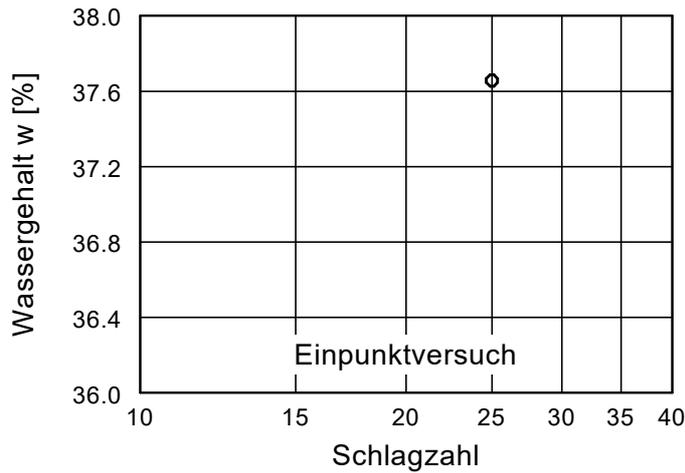
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

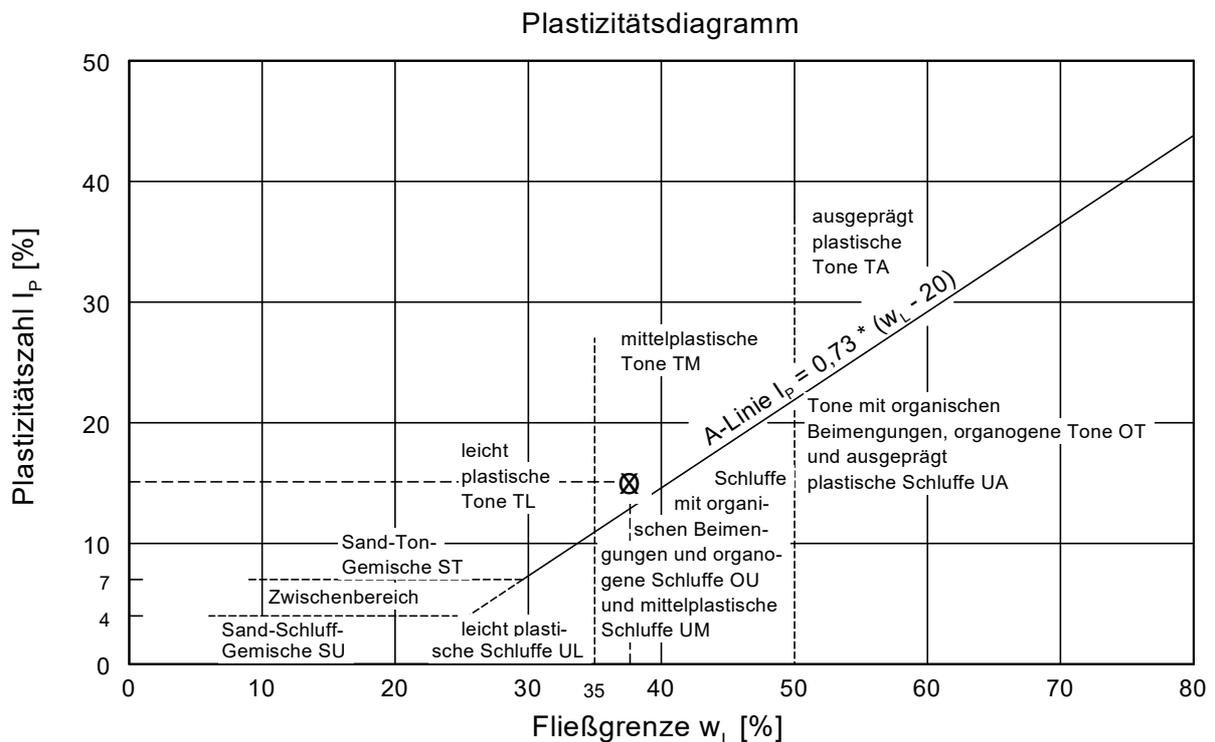
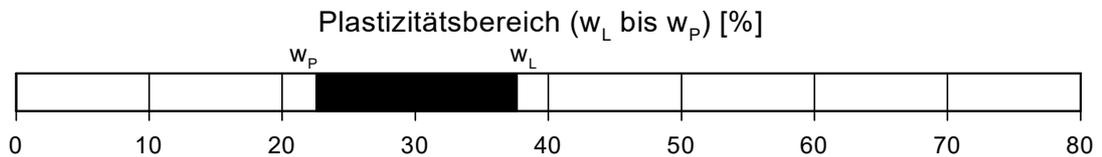
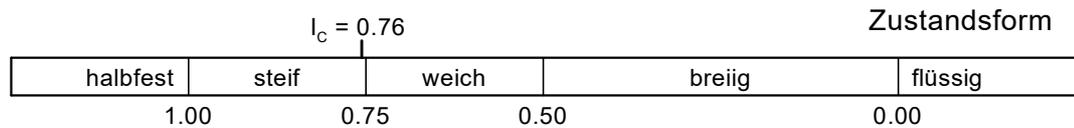
Bearbeiter: HP / RS

Datum: 25.04.2022

Prüfungsnummer: 54874
 Entnahmestelle: BK E/1
 Tiefe: 10.80 - 11.00 m
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 29.03.2022



Wassergehalt $w = 26.3 \%$
 Fließgrenze $w_L = 37.7 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 22.6 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 15.1 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.76$



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: HP / RS

Datum: 25.04.2022

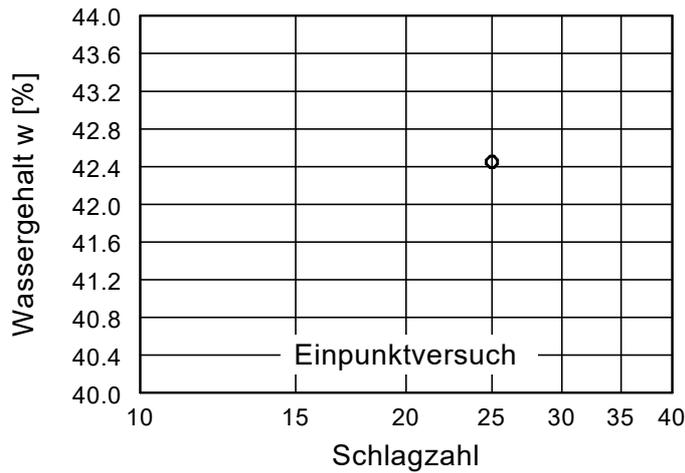
Prüfungsnummer: 54874B

Entnahmestelle: BK E/3

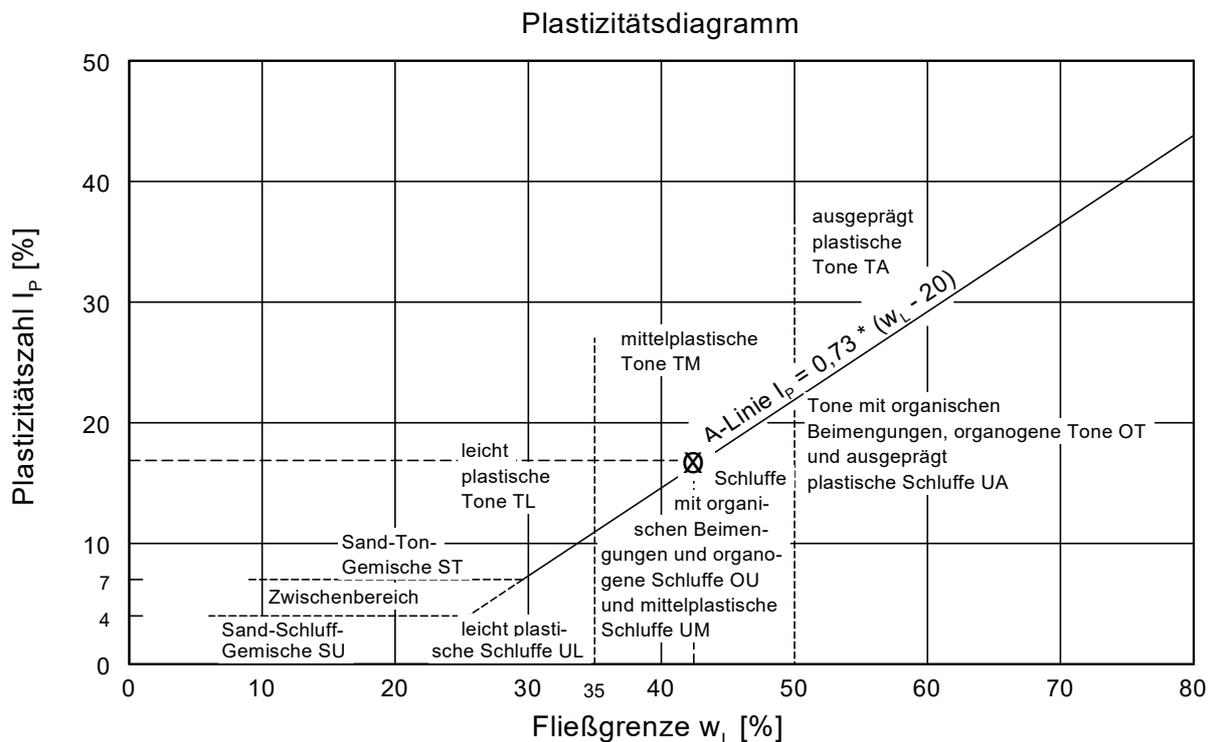
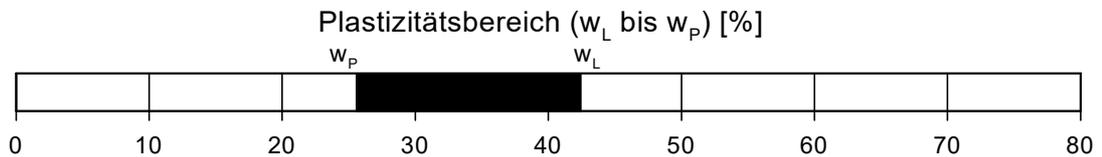
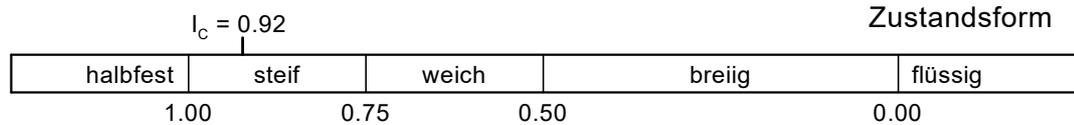
Tiefe: 10.50 - 10.70 m

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 28.03.2022



Wassergehalt $w = 26.9 \%$
 Fließgrenze $w_L = 42.4 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 25.6 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 16.8 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.92$



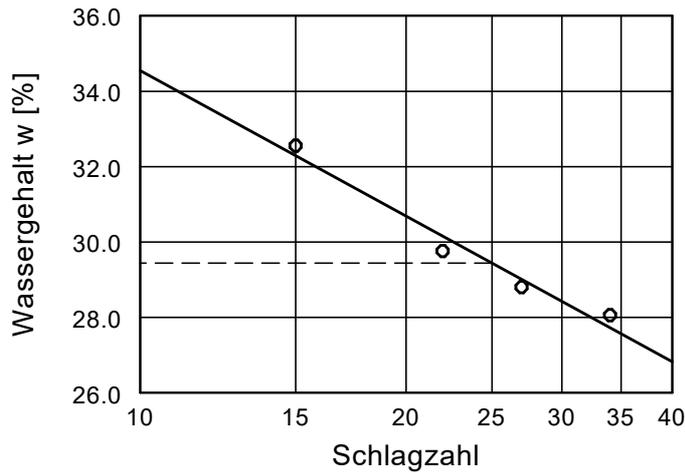
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

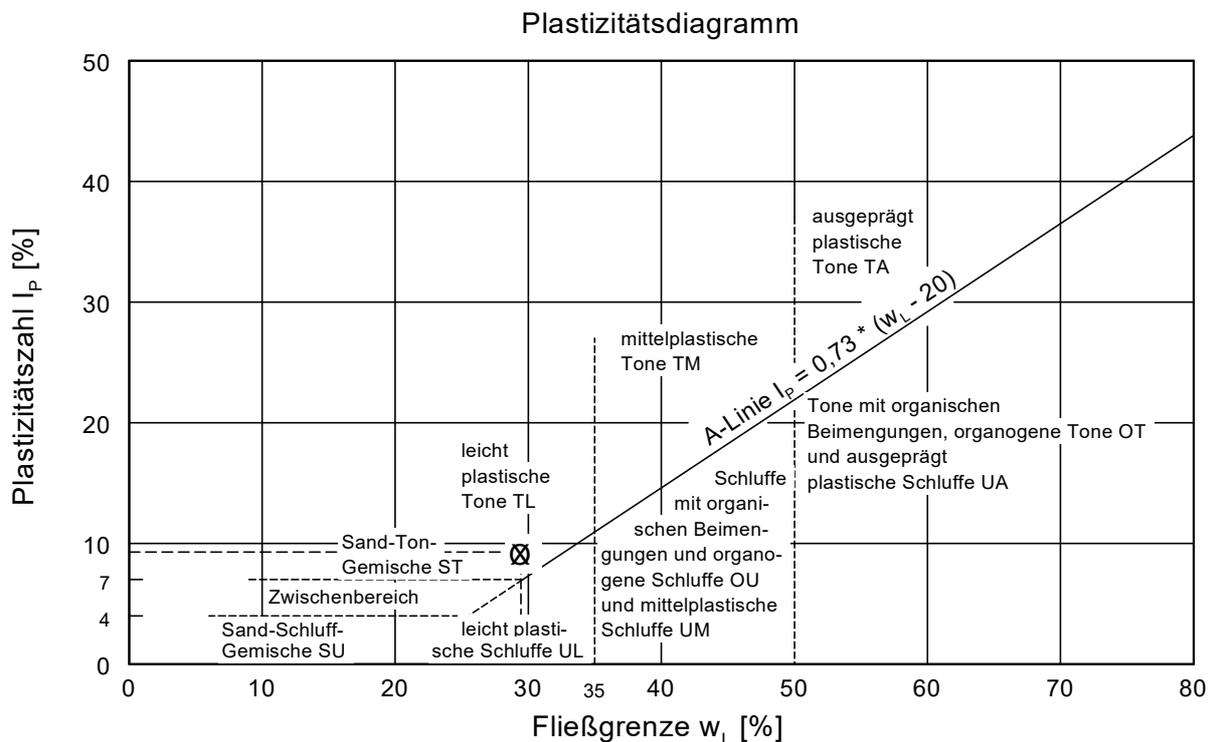
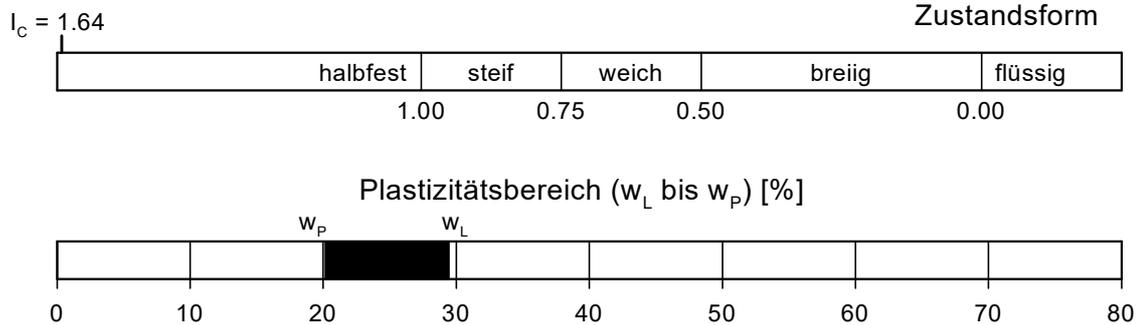
Bearbeiter: HP / RS

Datum: 23.03.2022

Prüfungsnummer: 54674
 Entnahmestelle: BK F/1
 Tiefe: 10.80 - 11.00 m
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 09.03.2022



Wassergehalt $w = 14.2 \%$
 Fließgrenze $w_L = 29.4 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 20.2 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 9.2 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.64$



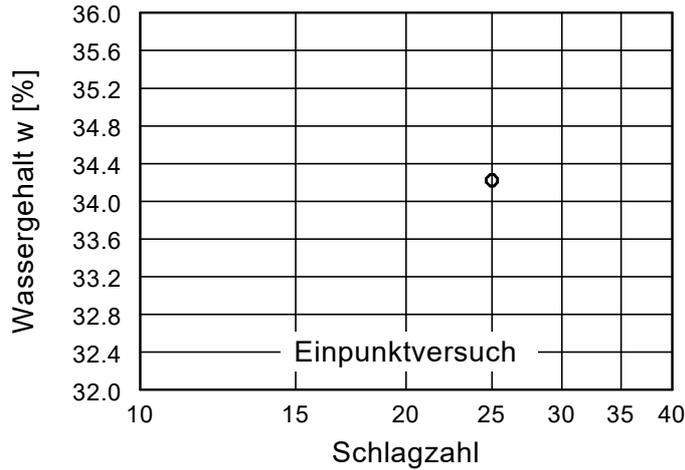
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

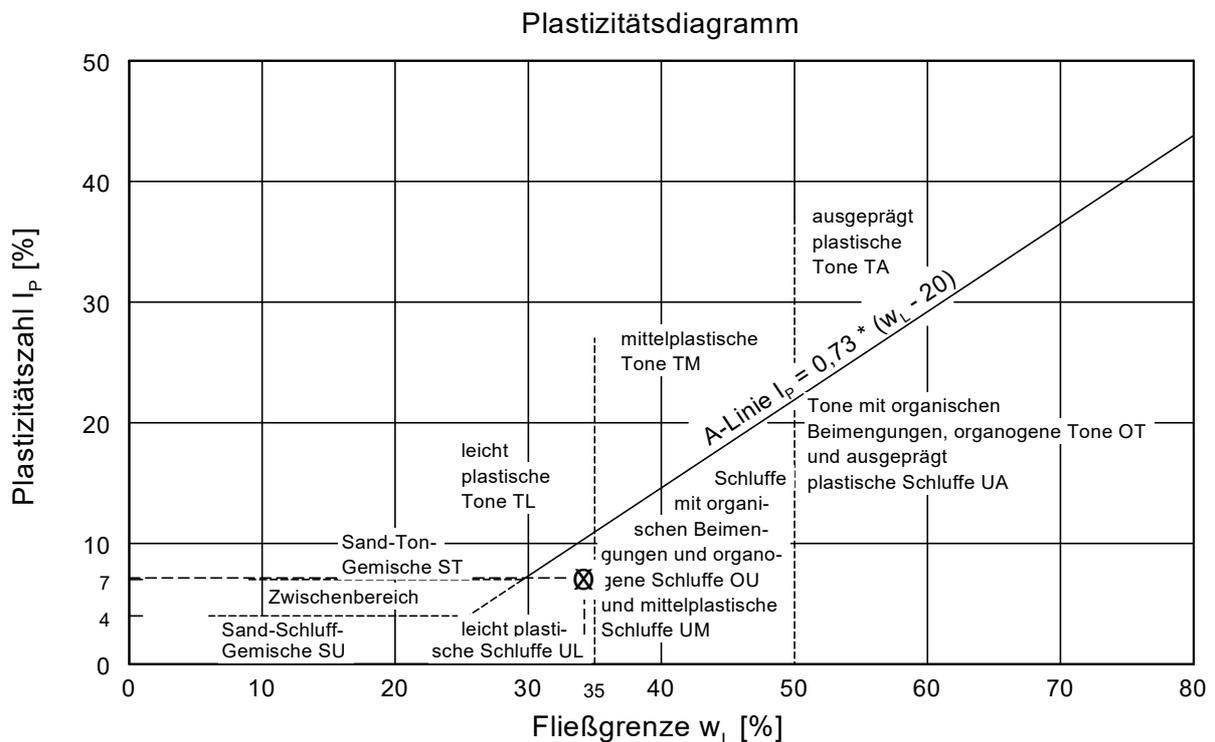
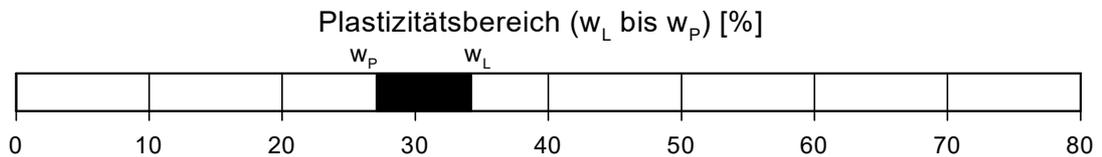
Bearbeiter: HP / RS

Datum: 23.03.2022

Prüfungsnummer: 54671
 Entnahmestelle: BK F/2
 Tiefe: 7.30 m
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 08.03.2022



Wassergehalt $w = 18.9 \%$
 Fließgrenze $w_L = 34.2 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 27.1 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 7.1 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 2.15$



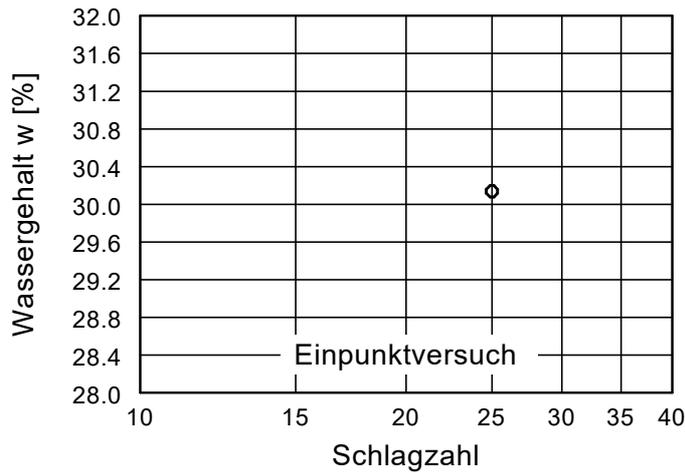
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

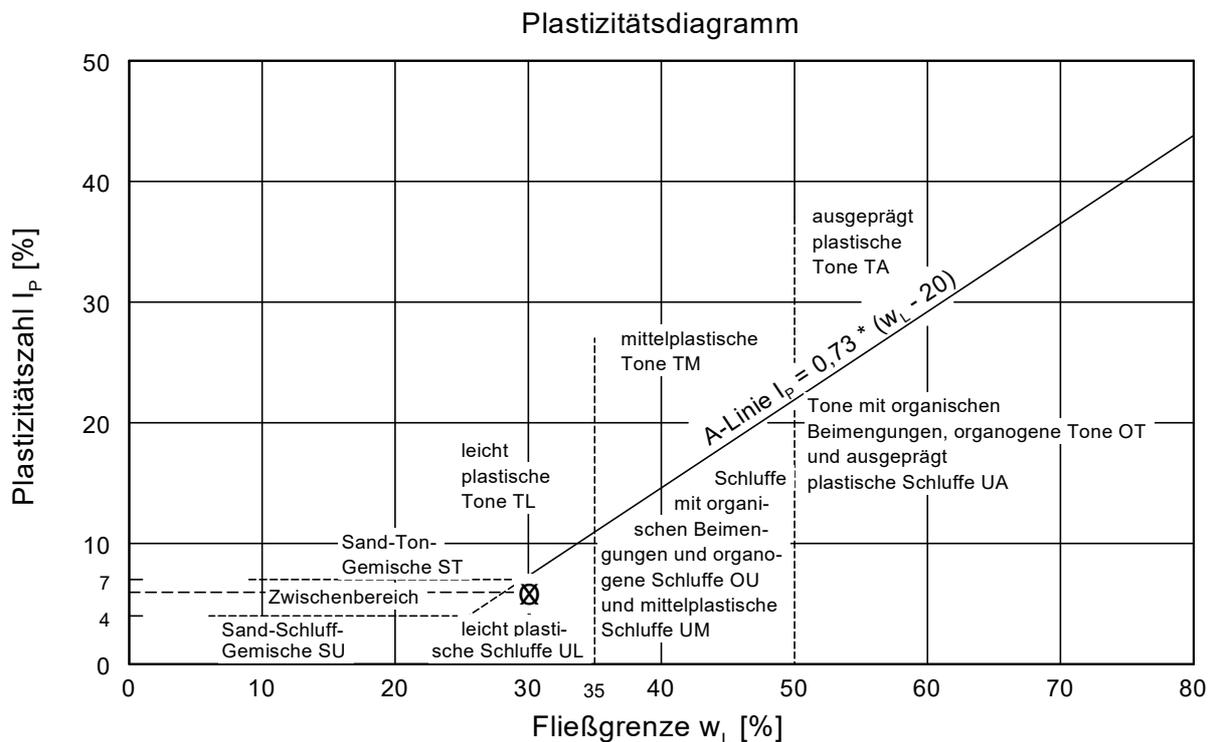
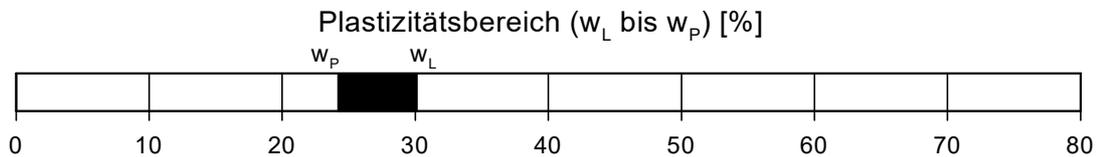
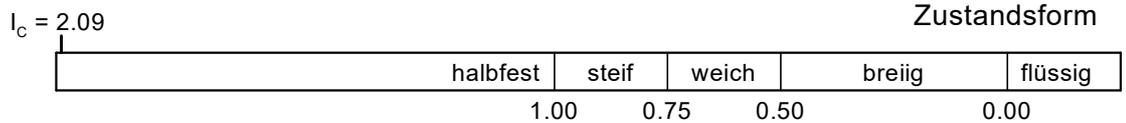
Bearbeiter: HP / RS

Datum: 23.03.2022

Prüfungsnummer: 54673
 Entnahmestelle: BK F/3
 Tiefe: 9.40 m
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 07.03.2022



Wassergehalt $w = 17.7 \%$
 Fließgrenze $w_L = 30.1 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 24.2 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 5.9 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 2.09$



GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 -0

Bericht: 5625 / 22

Anlage: 3.3.15

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: HP / RS

Datum: 22.03.2022

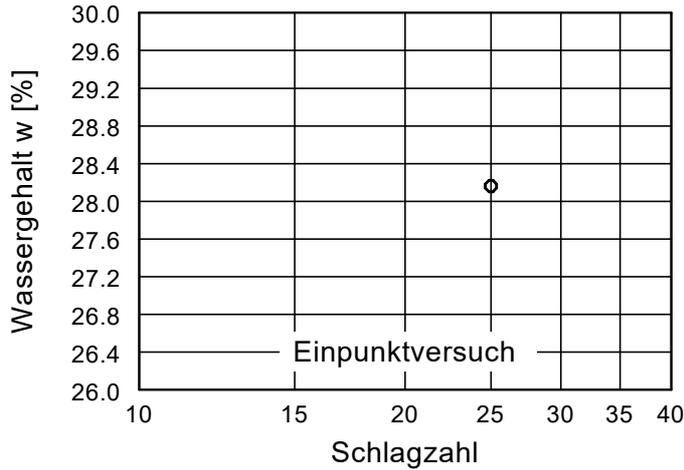
Prüfungsnummer: 54611

Entnahmestelle: BK G/3

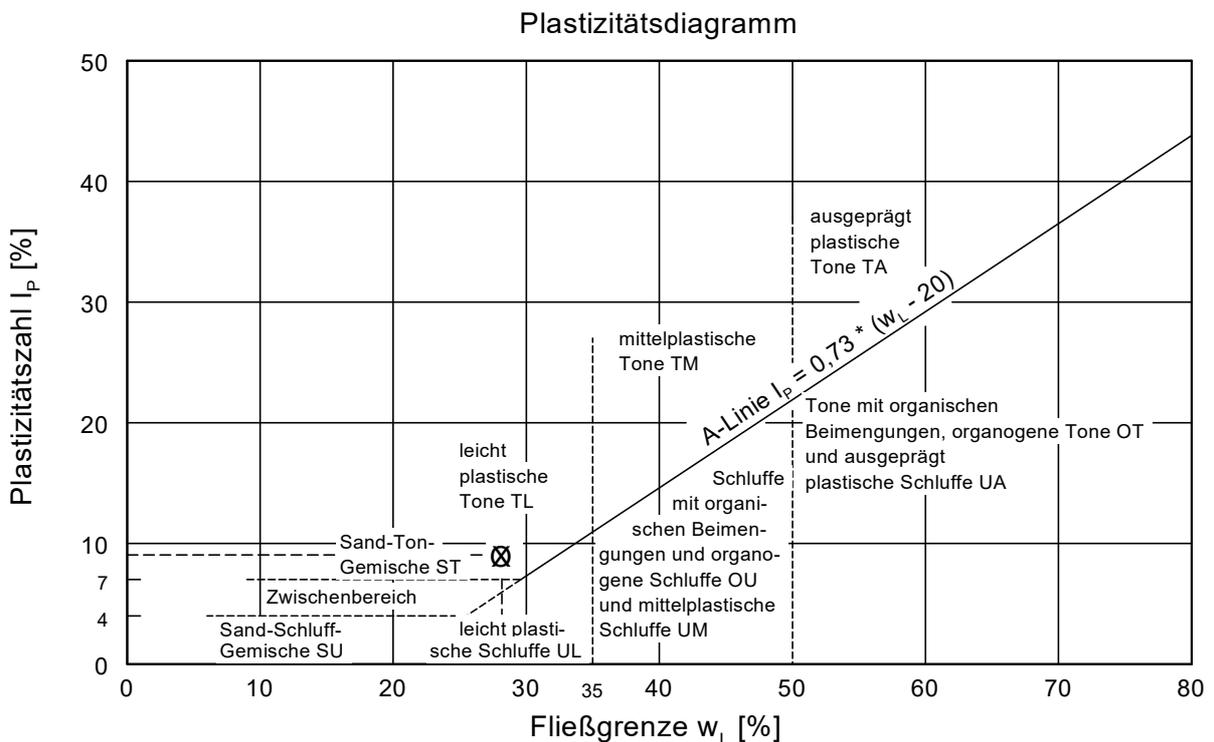
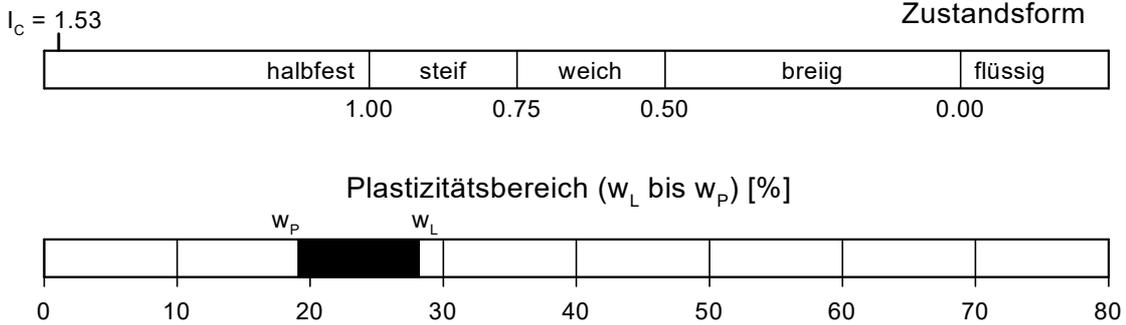
Tiefe: 4.20 m

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 28.02.2022



Wassergehalt $w = 14.3 \%$
Fließgrenze $w_L = 28.2 \%$
Ausrollgrenze $w_p = 19.1 \%$
Plastizitätszahl $I_p = 9.1 \%$
Konsistenzzahl $I_c = 1.53$



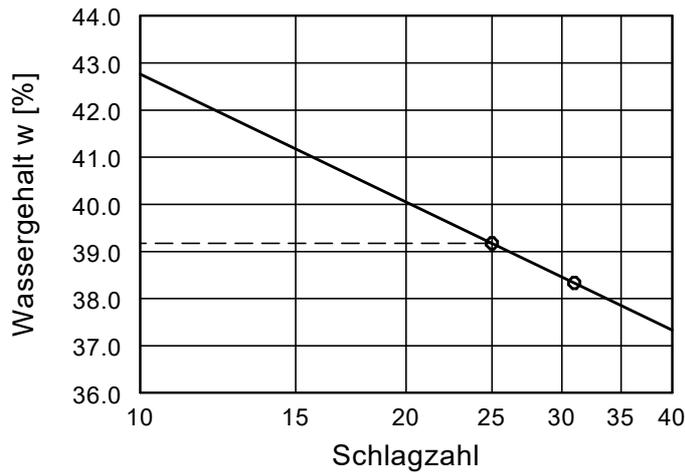
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

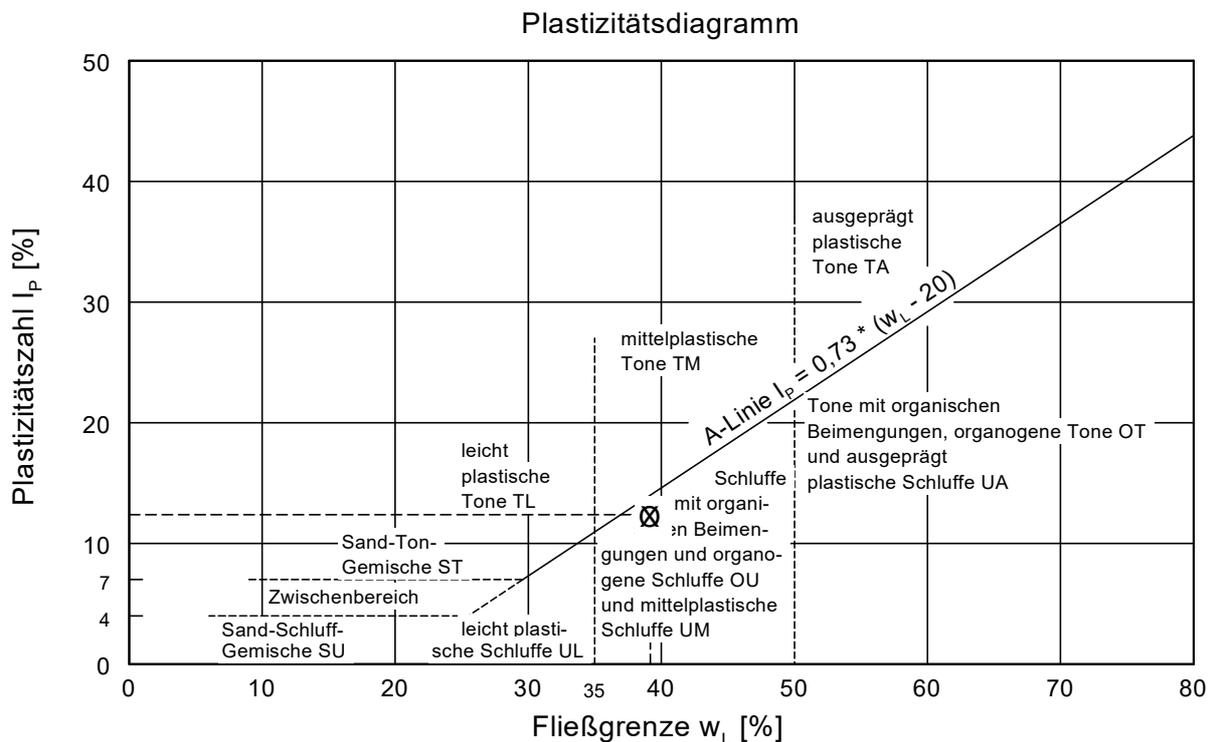
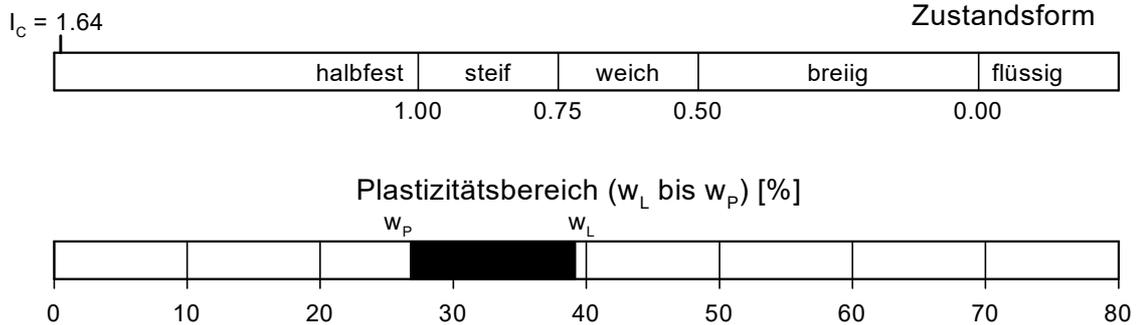
Bearbeiter: HP / RS

Datum: 22.03.2022

Prüfungsnummer: 54608
 Entnahmestelle: BK H/1
 Tiefe: 6.80 m
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 22.02.2022



Wassergehalt $w = 18.9 \%$
 Fließgrenze $w_L = 39.2 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 26.8 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 12.4 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.64$



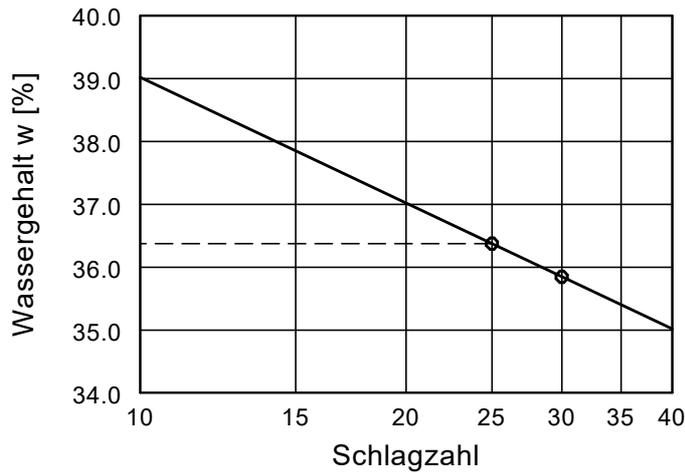
Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

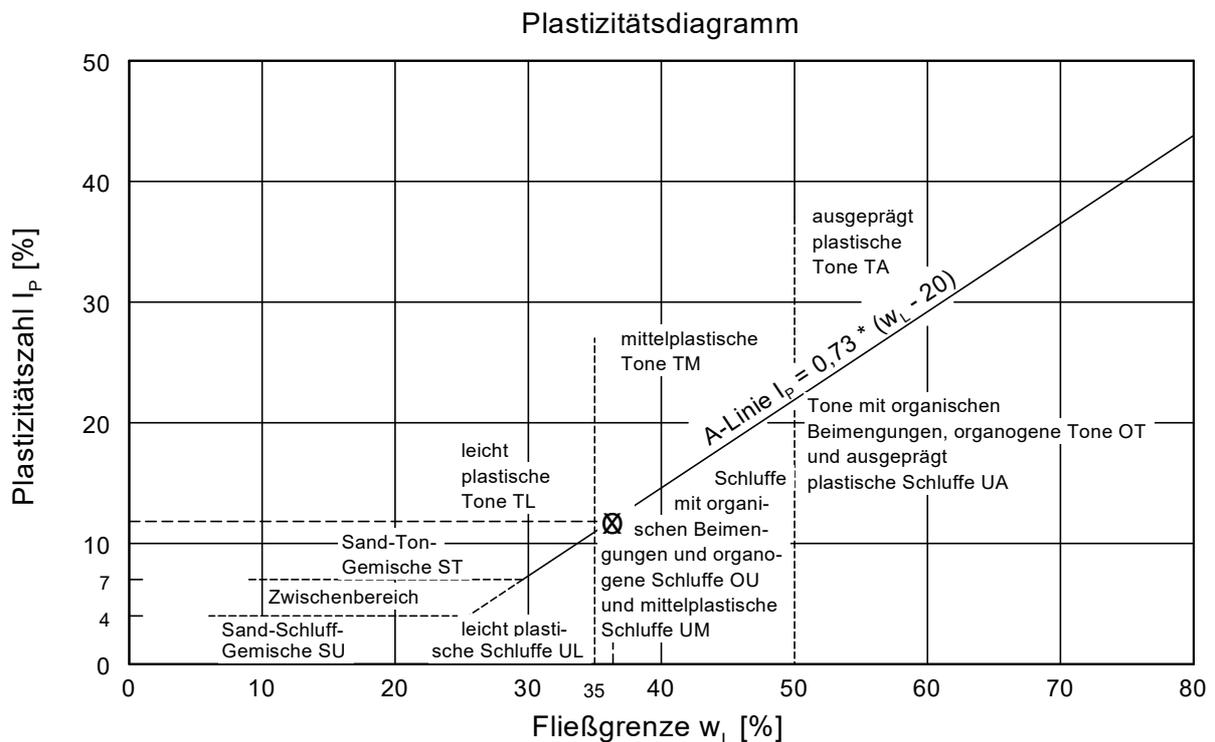
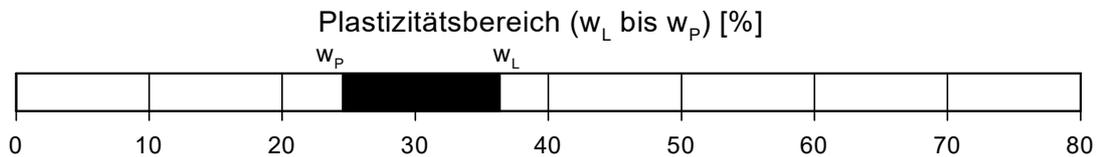
Bearbeiter: HP / RS

Datum: 22.03.2022

Prüfungsnummer: 54609
 Entnahmestelle: BK H/2
 Tiefe: 9.30 + 10.30 m
 Art der Entnahme: gestört
 Probe entnommen am: 21.02.2022



Wassergehalt $w = 16.3 \%$
 Fließgrenze $w_L = 36.4 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 24.5 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 11.9 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 1.70$



GGU

In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 -0

Bericht: 5625 / 22

Anlage: 3.3.18

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: HP / RS

Datum: 22.03.2022

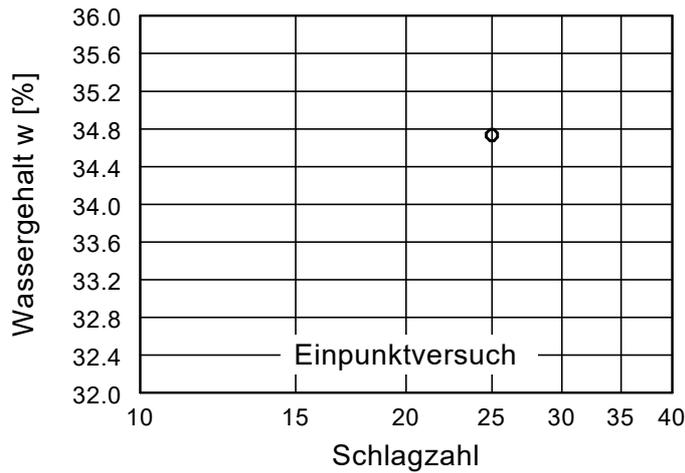
Prüfungsnummer: 54607

Entnahmestelle: BK I/2

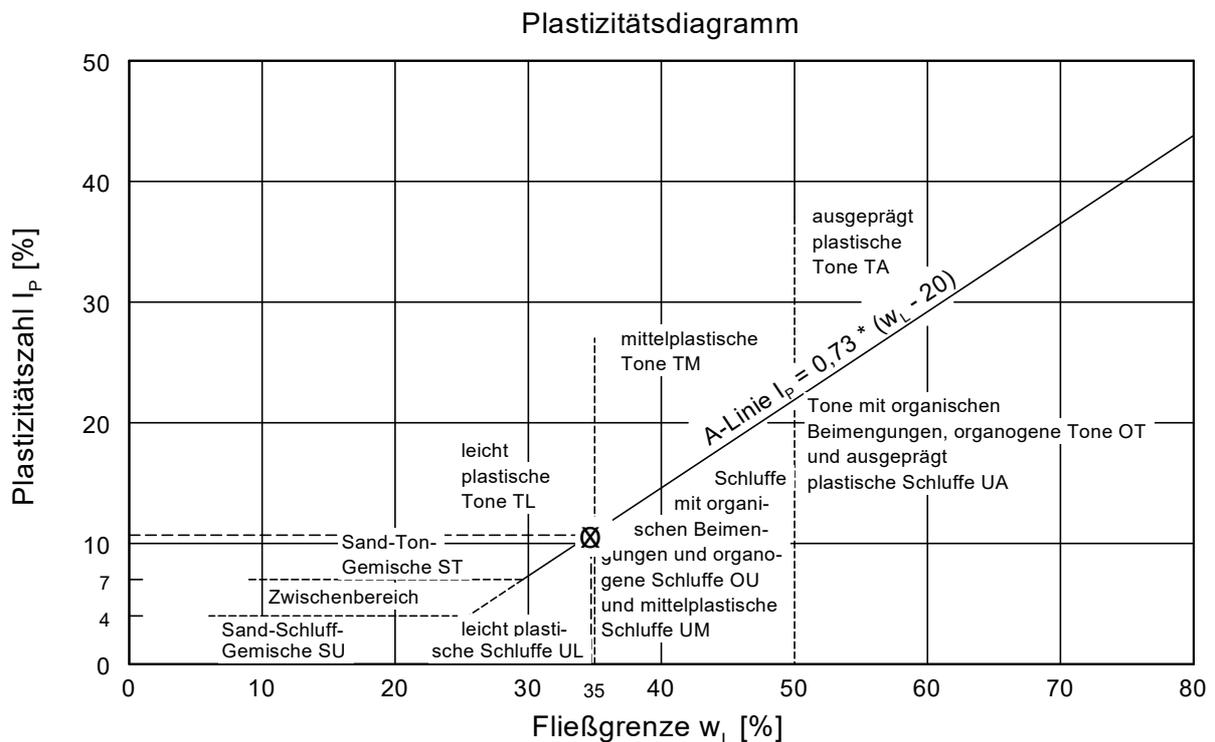
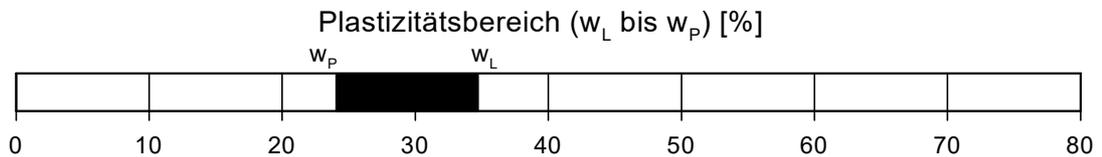
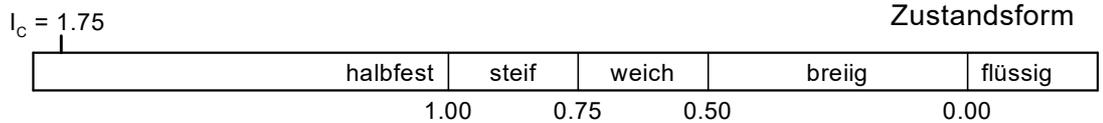
Tiefe: 5.80 m

Art der Entnahme: gestört

Probe entnommen am: 15.02.2022



Wassergehalt $w = 16.1 \%$
Fließgrenze $w_L = 34.7 \%$
Ausrollgrenze $w_p = 24.0 \%$
Plastizitätszahl $I_p = 10.7 \%$
Konsistenzzahl $I_c = 1.75$



Kompressionsversuch

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: OI / RS

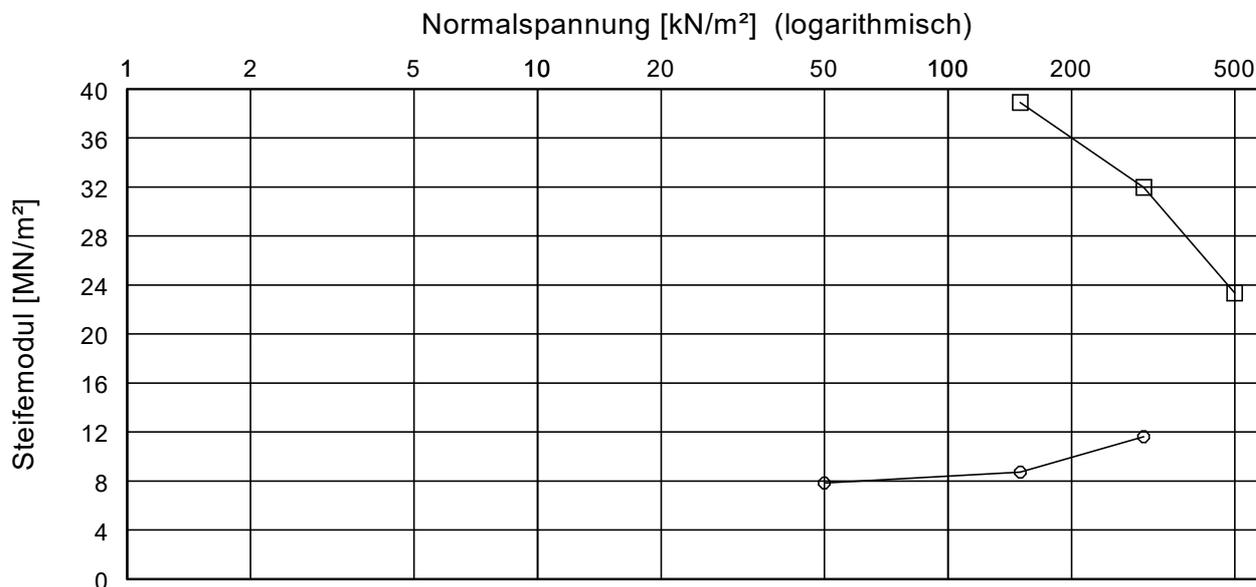
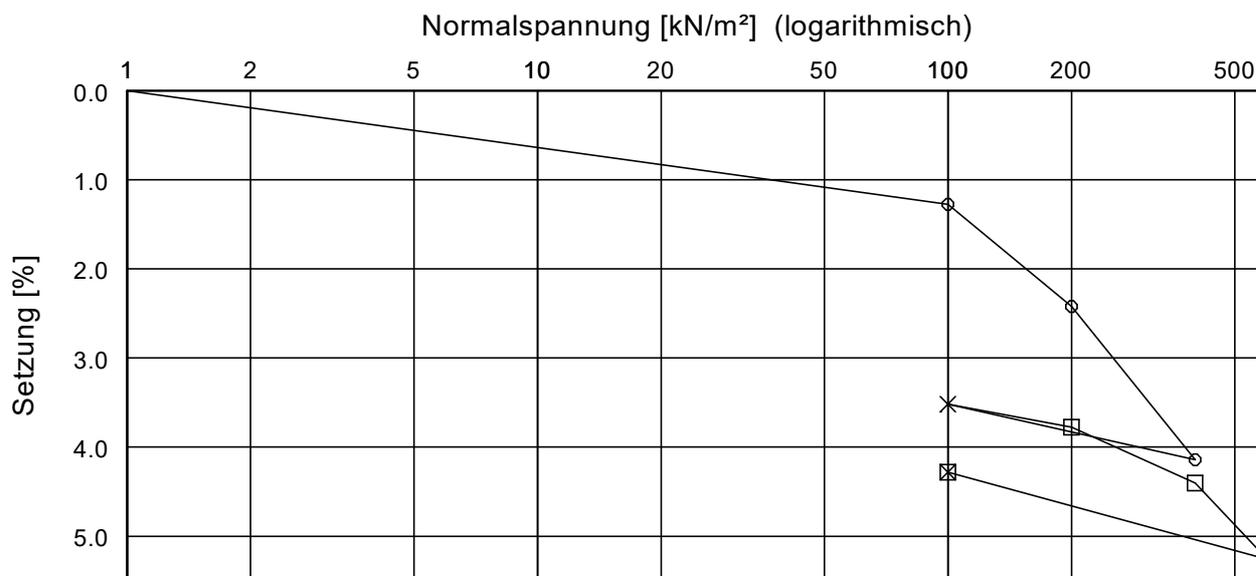
Datum: 19.04.2022

Entnahmestelle: BK A/2

Tiefe: 3.50 - 3.75 m

Art der Entnahme: ungestört

Probe entnommen am: 17.03.2022



Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normalspannung [kN/m ²]	0.0	100.0	200.0	400.0	100.0	200.0	400.0	600.0	100.0
Meßuhrablesung [mm]	0.000	0.447	0.848	1.450	1.232	1.322	1.541	1.841	1.498
Steifemodule [MN/m ²]		7.8	8.7	11.6	-	38.9	32.0	23.3	-

Einbauhöhe [mm] = 35.000	w (vor/nach Versuch) [%] = 15.70/16.55
Probenfläche [cm ²] = 40	Einbaudichte, feucht [g/cm ³] = 2.149

Kompressionsversuch

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: OI / RS

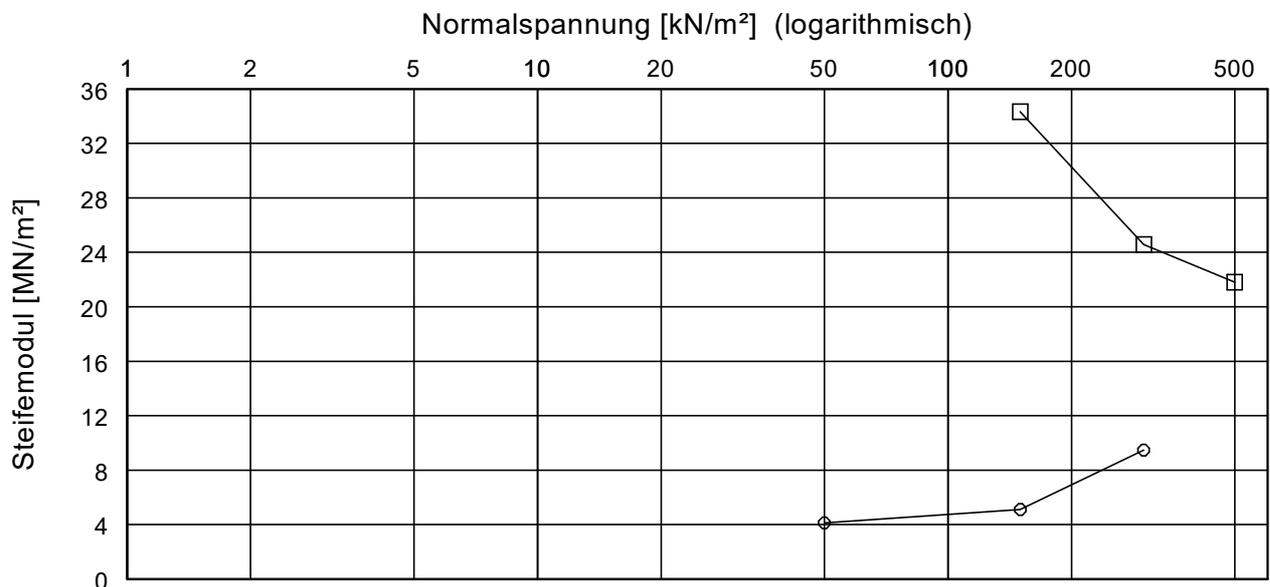
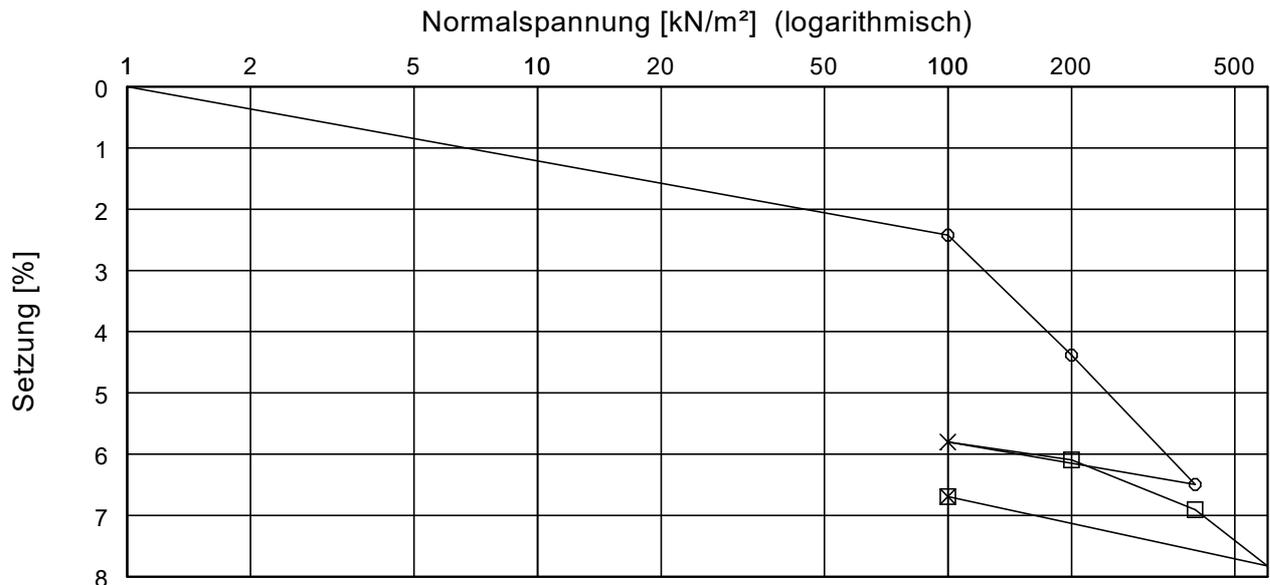
Datum: 13.04.2022

Entnahmestelle: BK B/1

Tiefe: 3.50 - 3.75 m

Art der Entnahme: ungestört

Probe entnommen am: 15.03.2022



Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normalspannung [kN/m ²]	0.0	100.0	200.0	400.0	100.0	200.0	400.0	600.0	100.0
Meßuhrablesung [mm]	0.000	0.848	1.534	2.273	2.030	2.132	2.417	2.738	2.342
Stifemodule [MN/m ²]		4.1	5.1	9.5	-	34.3	24.6	21.8	-

Einbauhöhe [mm] = 35.000	w (vor/nach Versuch) [%] = 17.32/17.97
Probenfläche [cm ²] = 40	Einbaudichte, feucht [g/cm ³] = 2.096

Kompressionsversuch

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: OI / RS

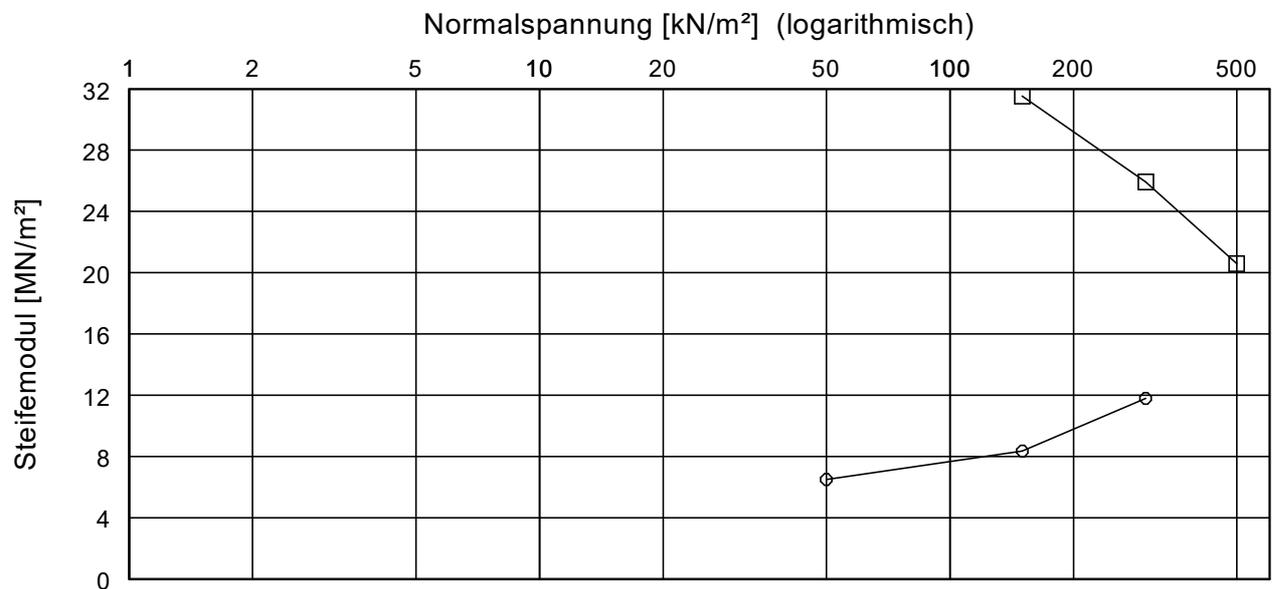
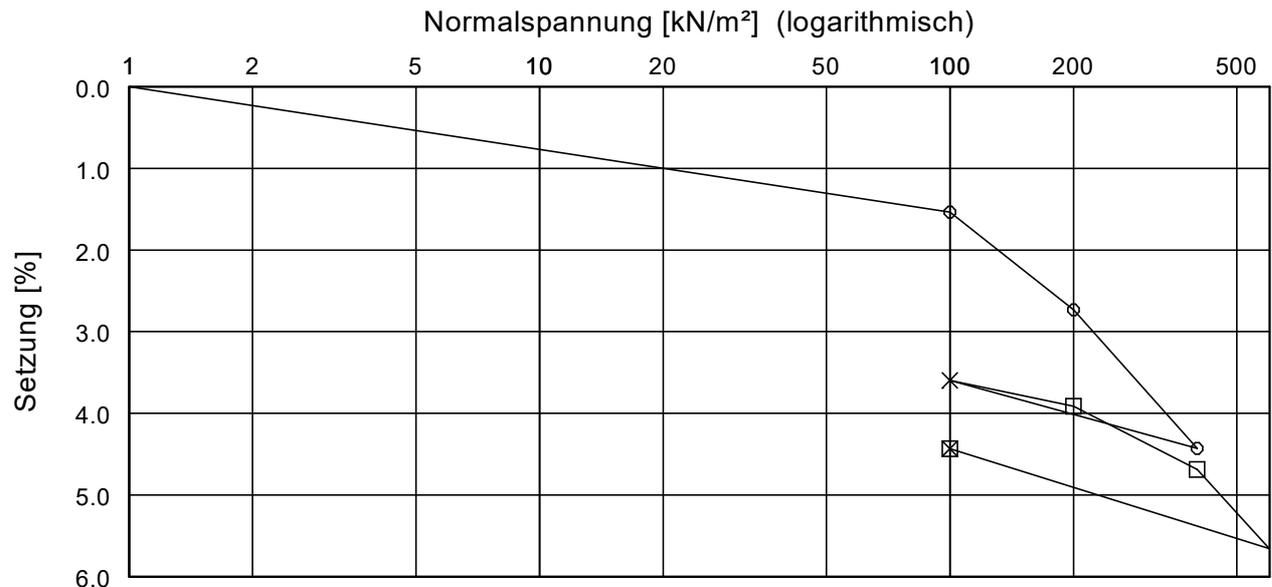
Datum: 19.04.2022

Entnahmestelle: BK B/2

Tiefe: 8.00 - 8.25 m

Art der Entnahme: ungestört

Probe entnommen am: 24.03.2022



Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normalspannung [kN/m ²]	0.0	100.0	200.0	400.0	100.0	200.0	400.0	600.0	100.0
Meßuhrablesung [mm]	0.000	0.538	0.957	1.550	1.259	1.370	1.640	1.980	1.552
Steifemodule [MN/m ²]		6.5	8.4	11.8	-	31.5	25.9	20.6	-

Einbauhöhe [mm] = 35.000	w (vor/nach Versuch) [%] = 18.25/18.81
Probenfläche [cm ²] = 40	Einbaudichte, feucht [g/cm ³] = 2.114

Kompressionsversuch

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: OI / RS

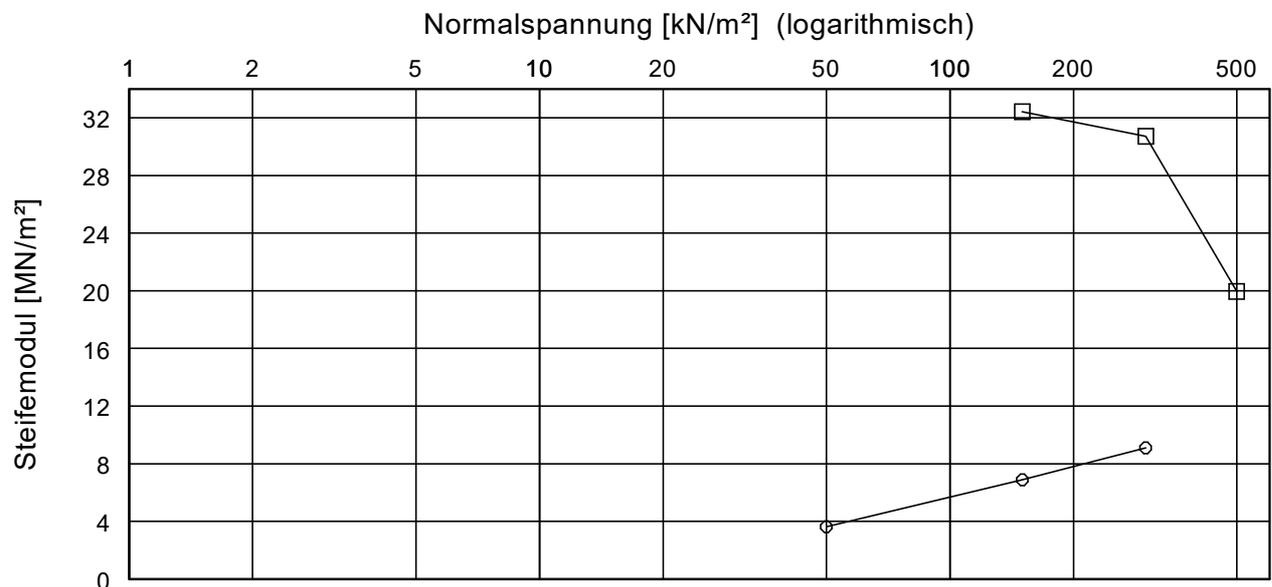
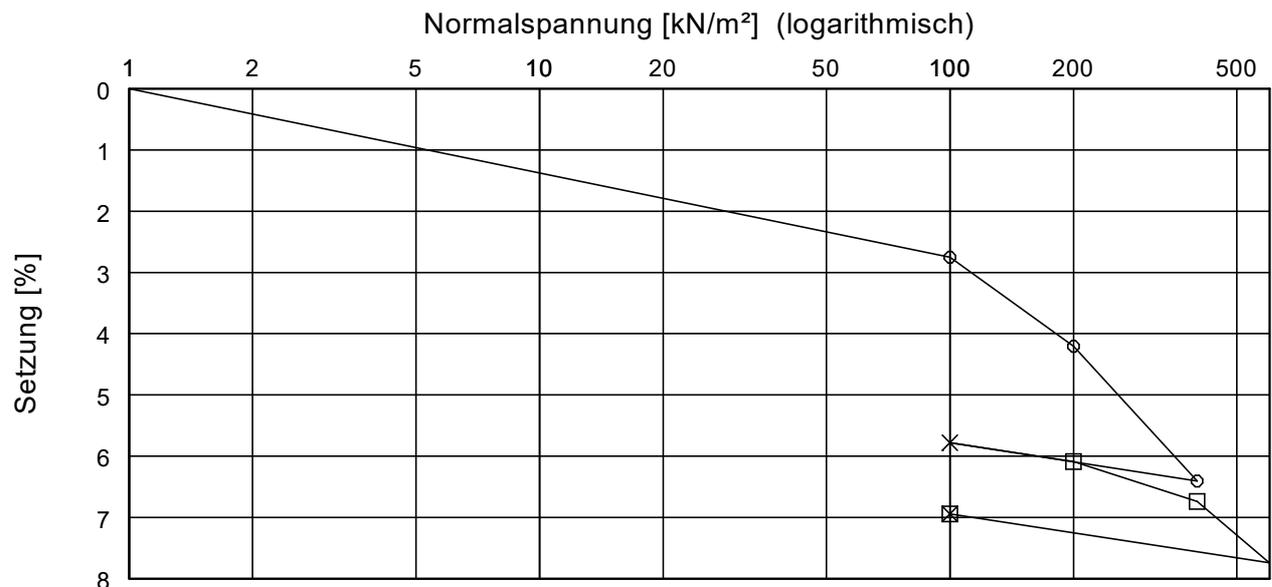
Datum: 27.04.2022

Entnahmestelle: BK E/1

Tiefe: 6.50 - 6.75 m

Art der Entnahme: ungestört

Probe entnommen am: 29.03.2022



Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normalspannung [kN/m ²]	0.0	100.0	200.0	400.0	100.0	200.0	400.0	600.0	100.0
Meßuhrablesung [mm]	0.000	0.963	1.472	2.242	2.022	2.130	2.358	2.709	2.430
Stifffemodule [MN/m ²]		3.6	6.9	9.1	-	32.4	30.7	19.9	-

Einbauhöhe [mm] = 35.000	w (vor/nach Versuch) [%] = 22.20/20.02
Probenfläche [cm ²] = 40	Einbaudichte, feucht [g/cm ³] = 2.096

Kompressionsversuch

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: OI / RS

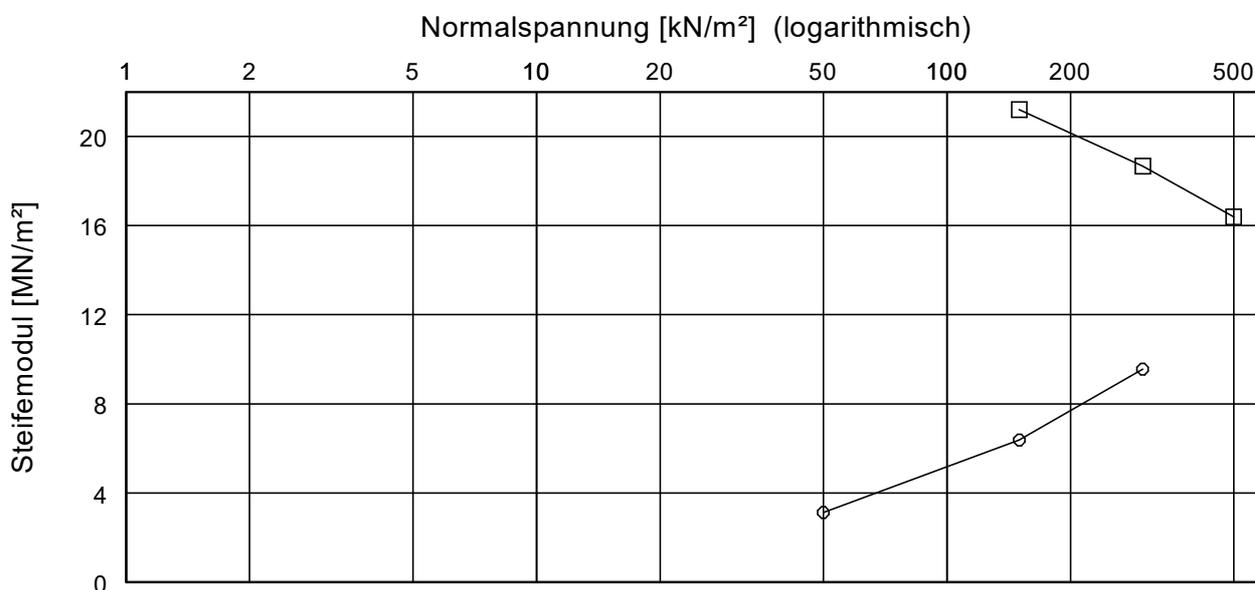
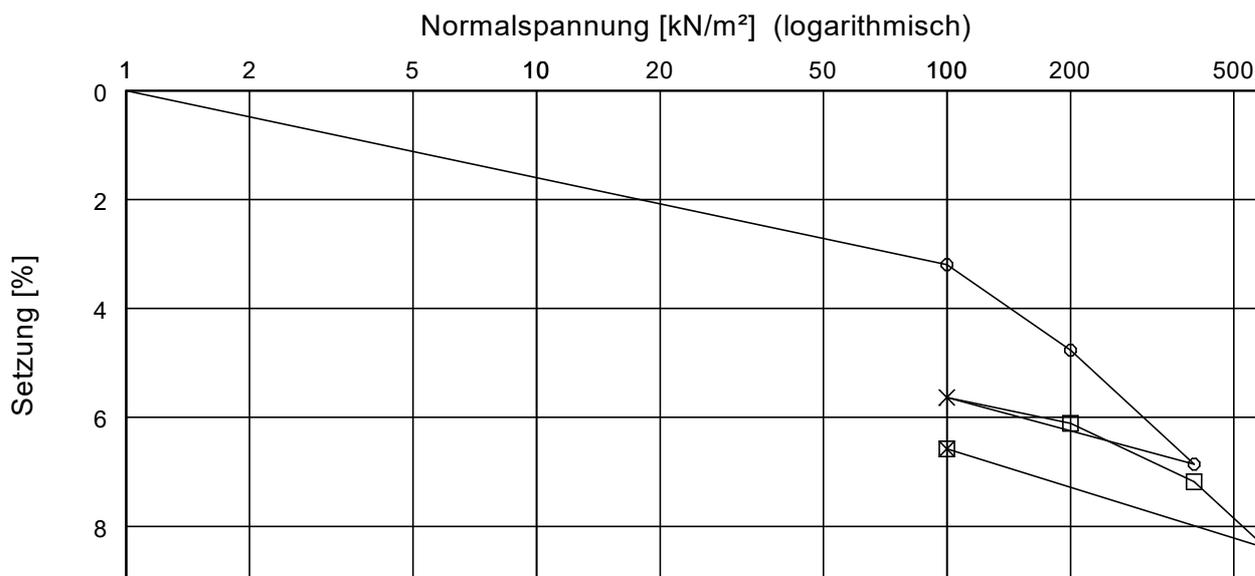
Datum: 27.04.2022

Entnahmestelle: BK E/3

Tiefe: 4.75 - 5.00 m

Art der Entnahme: ungestört

Probe entnommen am: 28.03.2022



Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normalspannung [kN/m ²]	0.0	100.0	200.0	400.0	100.0	200.0	400.0	600.0	100.0
Meßuhrablesung [mm]	0.000	1.119	1.668	2.400	1.973	2.138	2.513	2.940	2.302
Steifemodule [MN/m ²]		3.1	6.4	9.6	-	21.2	18.7	16.4	-

Einbauhöhe [mm] = 35.000	w (vor/nach Versuch) [%] = 21.72/22.85
Probenfläche [cm ²] = 40	Einbaudichte, feucht [g/cm ³] = 2.095

Kompressionsversuch
Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: OI / RS

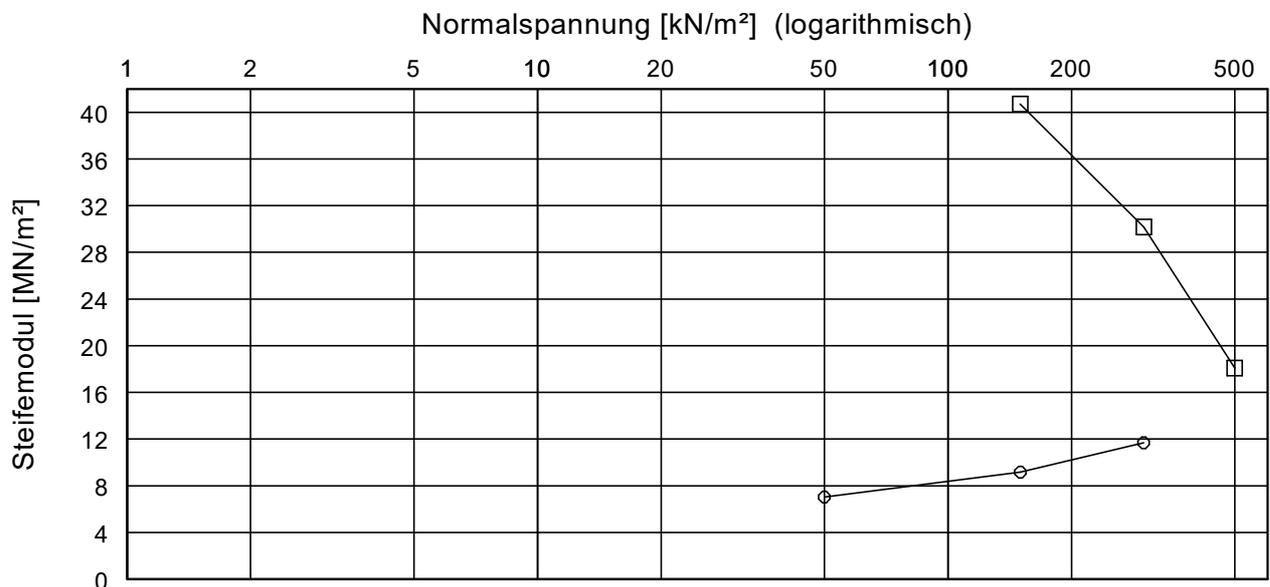
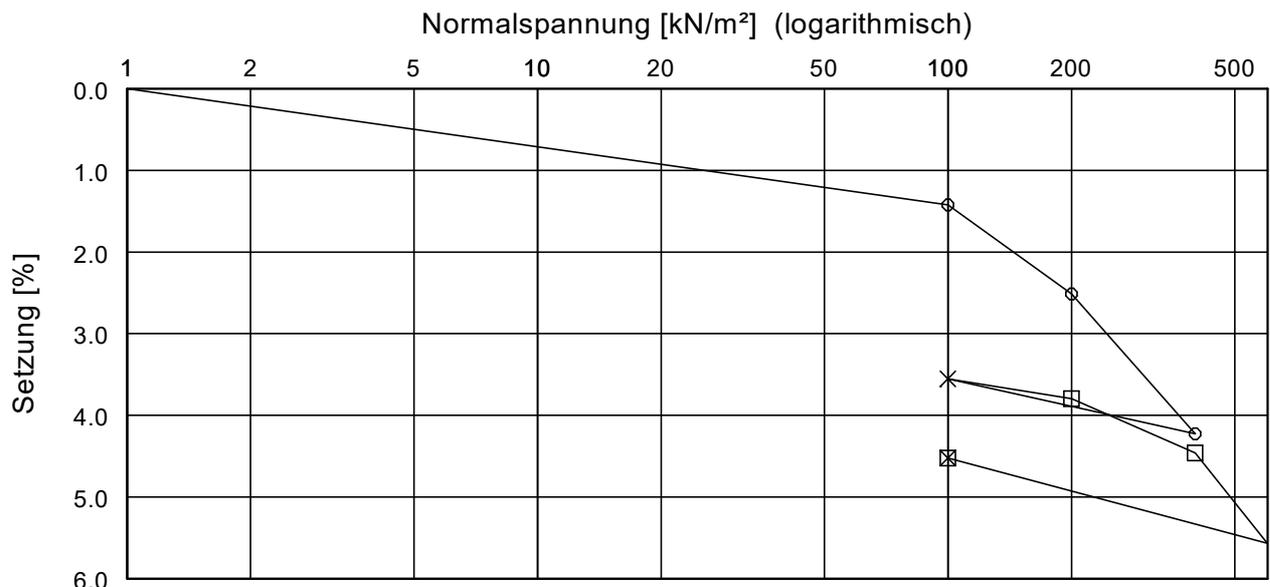
Datum: 11.03.2022

Entnahmestelle: BK E/4

Tiefe: 3.00 - 3.25 m

Art der Entnahme: ungestört

Probe entnommen am: 02.03.2022



Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normalspannung [kN/m ²]	0.0	100.0	200.0	400.0	100.0	200.0	400.0	600.0	100.0
Meßuhrablesung [mm]	0.000	0.498	0.880	1.479	1.243	1.329	1.561	1.948	1.583
Stiffemodule [MN/m ²]		7.0	9.2	11.7	-	40.7	30.2	18.1	-

Einbauhöhe [mm] = 35.000	w (vor/nach Versuch) [%] = 18.85/21.45
Probenfläche [cm ²] = 40	Einbaudichte, feucht [g/cm ³] = 2.052

Kompressionsversuch

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: OI / RS

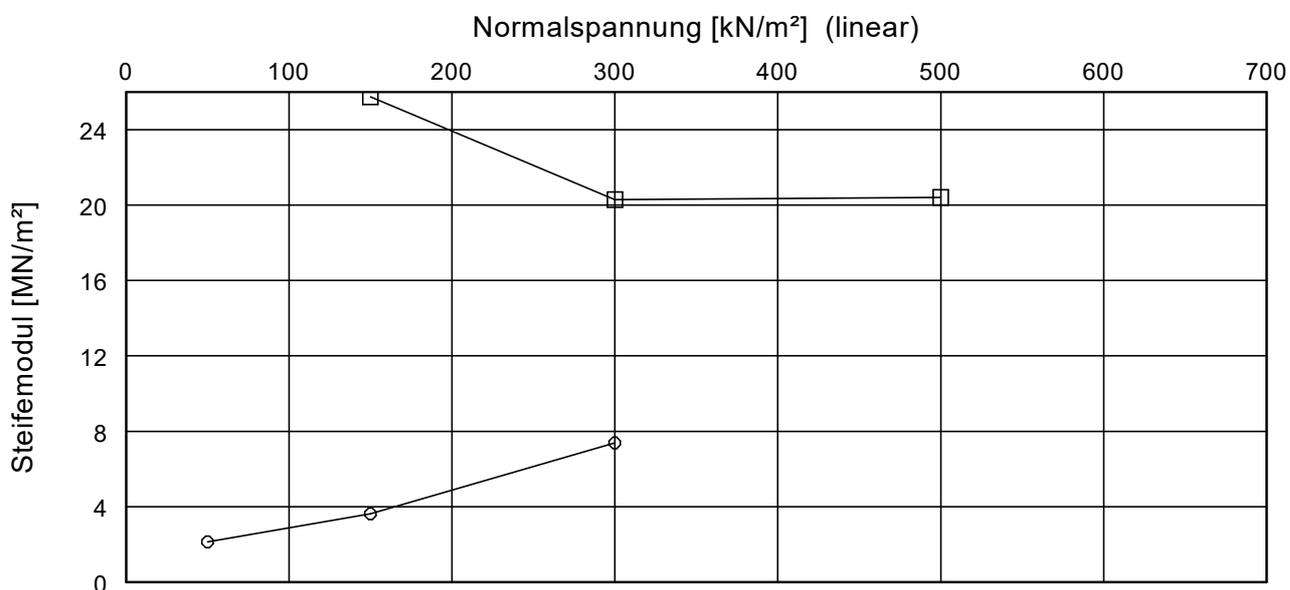
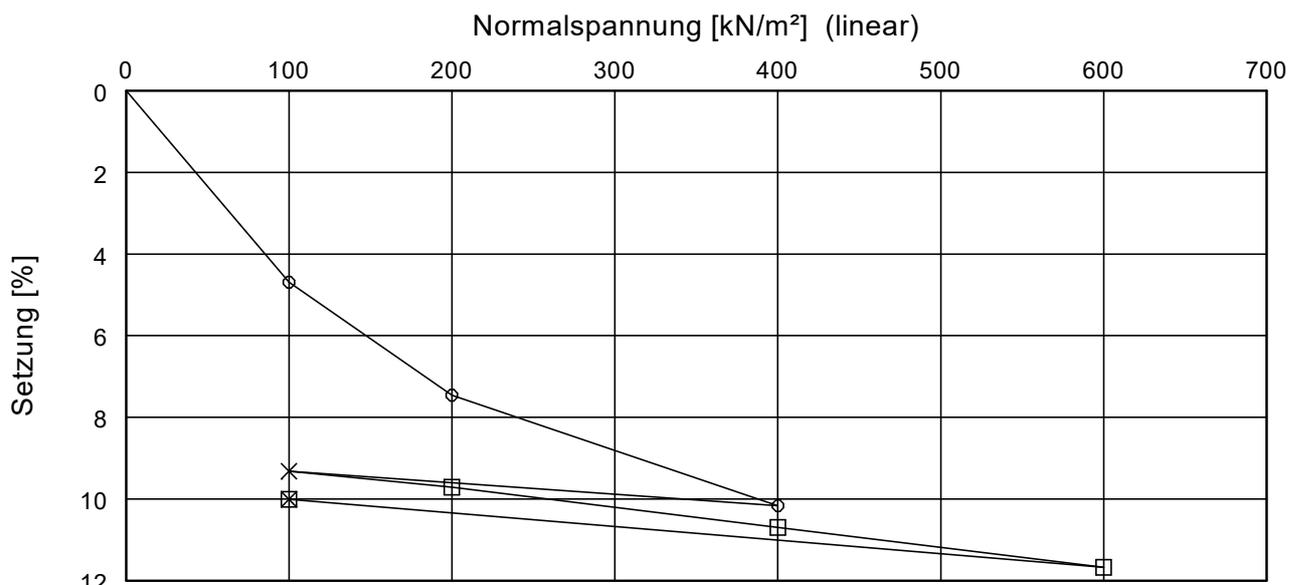
Datum: 30.03.2022

Entnahmestelle: BK F/2

Tiefe: 4.00 - 4.25 m

Art der Entnahme: ungestört

Probe entnommen am: 08.03.2022



Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normalspannung [kN/m ²]	0.0	100.0	200.0	400.0	100.0	200.0	400.0	600.0	100.0
Meßuhrablesung [mm]	0.000	1.643	2.610	3.558	3.261	3.397	3.742	4.085	3.502
Steifemodule [MN/m ²]		2.1	3.6	7.4	-	25.7	20.3	20.4	-

Einbauhöhe [mm] = 35.000	w (vor/nach Versuch) [%] = 19.51/22.01
Probenfläche [cm ²] = 40	Einbaudichte, feucht [g/cm ³] = 1.928

Kompressionsversuch

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: OI / RS

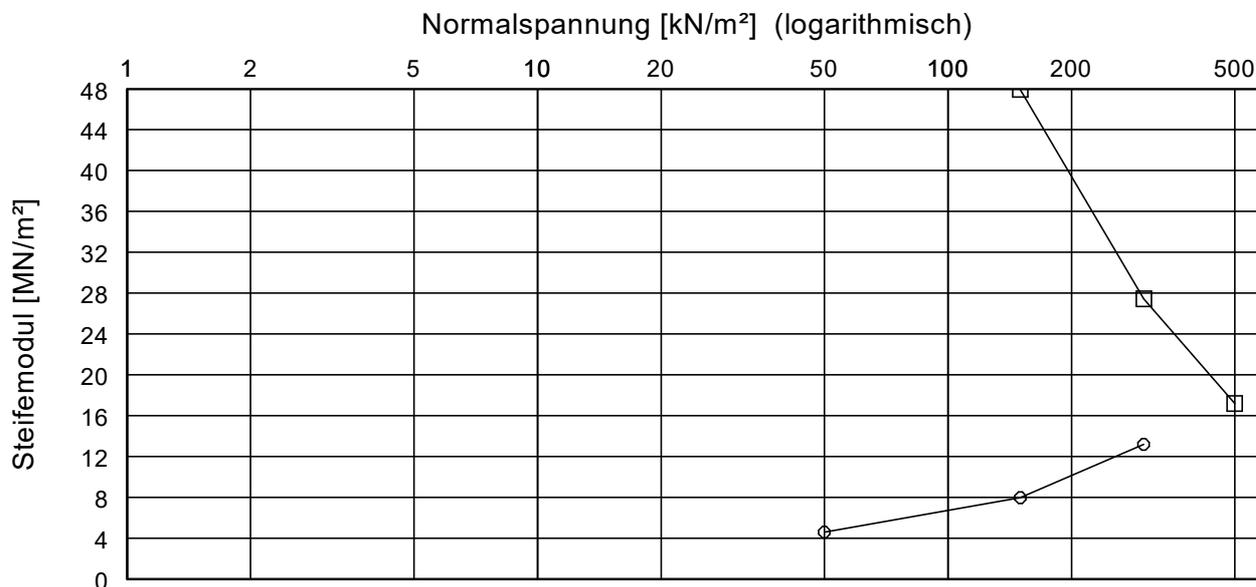
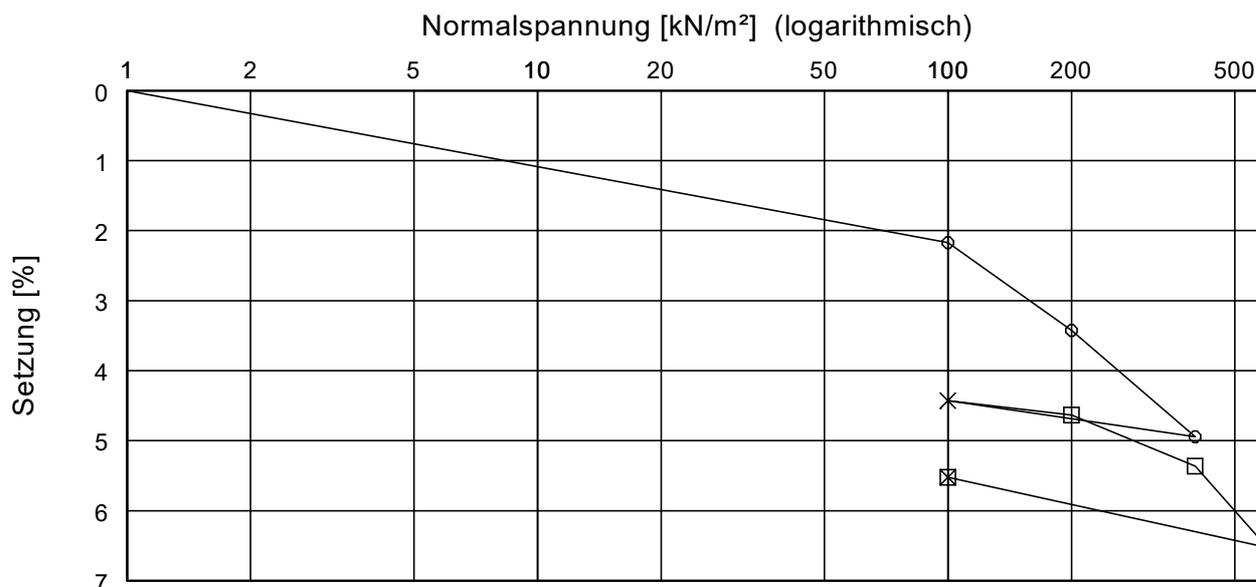
Datum: 14.03.2022

Entnahmestelle: BK G/1

Tiefe: 5.00 - 5.25 m

Art der Entnahme: ungestört

Probe entnommen am: 23.02.2022



Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normalspannung [kN/m ²]	0.0	100.0	200.0	400.0	100.0	200.0	400.0	600.0	100.0
Meßuhrablesung [mm]	0.000	0.760	1.199	1.730	1.549	1.622	1.877	2.284	1.932
Steifemodule [MN/m ²]		4.6	8.0	13.2	-	47.9	27.5	17.2	-

Einbauhöhe [mm] = 35.000	w (vor/nach Versuch) [%] = 20.26/20.13
Probenfläche [cm ²] = 40	Einbaudichte, feucht [g/cm ³] = 2.078

Kompressionsversuch

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: OI / RS

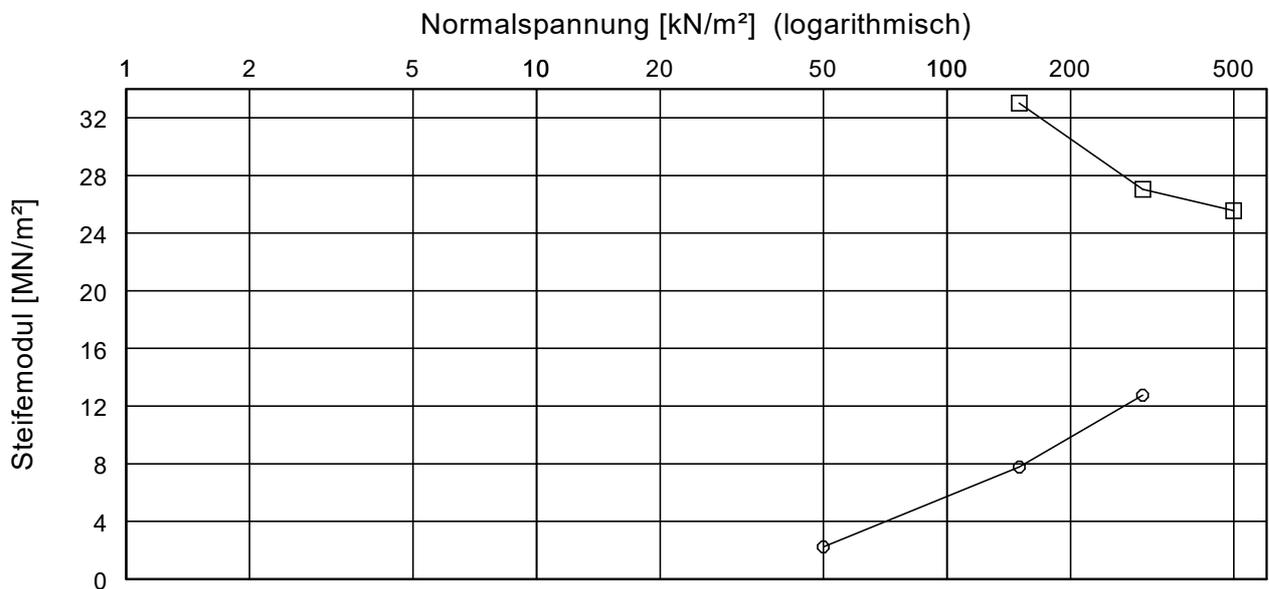
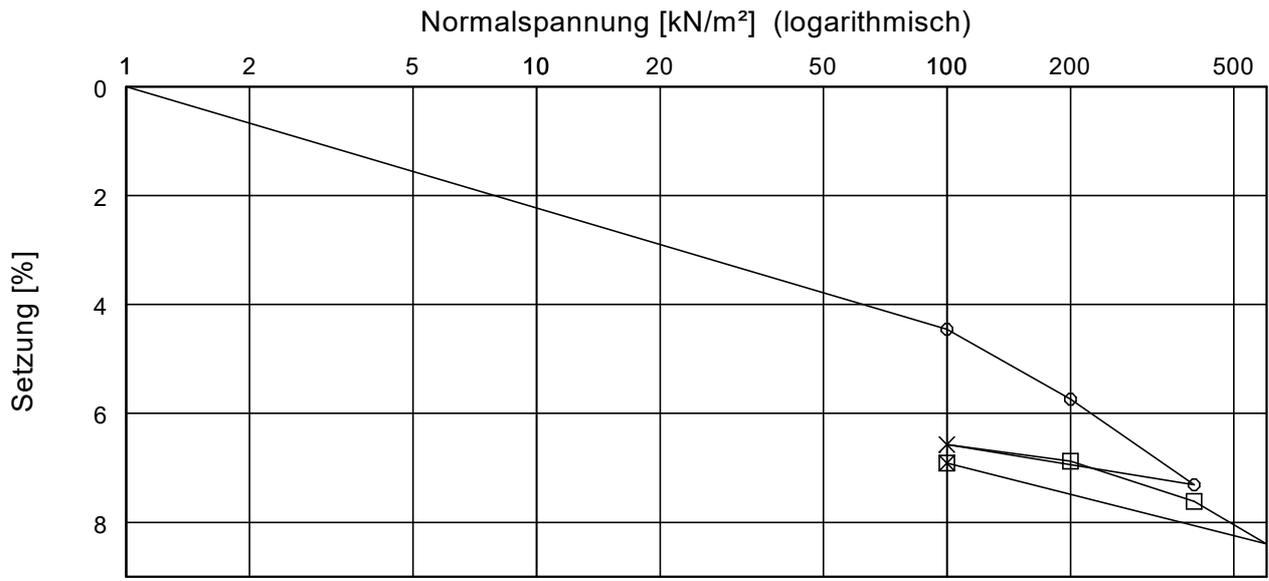
Datum: 11.03.2022

Entnahmestelle: BK H/1

Tiefe: 7.00 - 7.25 m

Art der Entnahme: ungestört

Probe entnommen am: 22.02.2022



Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normalspannung [kN/m²]	0.0	100.0	200.0	400.0	100.0	200.0	400.0	600.0	100.0
Meßuhrablesung [mm]	0.000	1.559	2.009	2.558	2.300	2.406	2.665	2.939	2.419
Steifemodule [MN/m²]		2.2	7.8	12.8	-	33.0	27.0	25.5	-

Einbauhöhe [mm] = 35.000	w (vor/nach Versuch) [%] = 16.23/17.84
Probenfläche [cm²] = 40	Einbaudichte, feucht [g/cm³] = 2.078

Kompressionsversuch

Butzbach
 NB Werkstatt
 Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: OI / RS

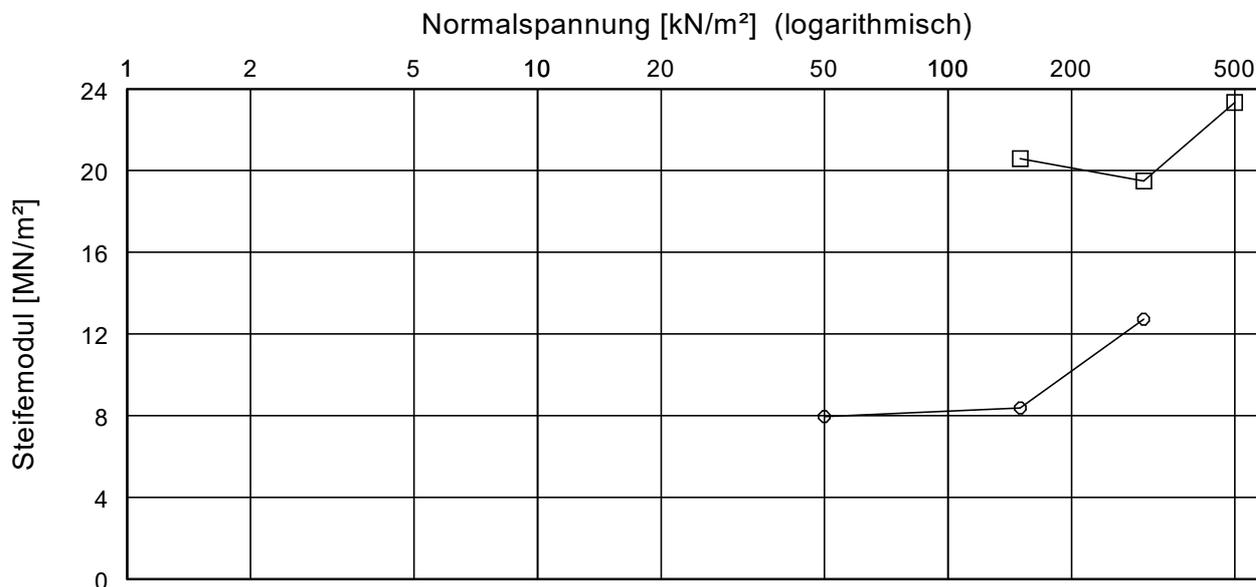
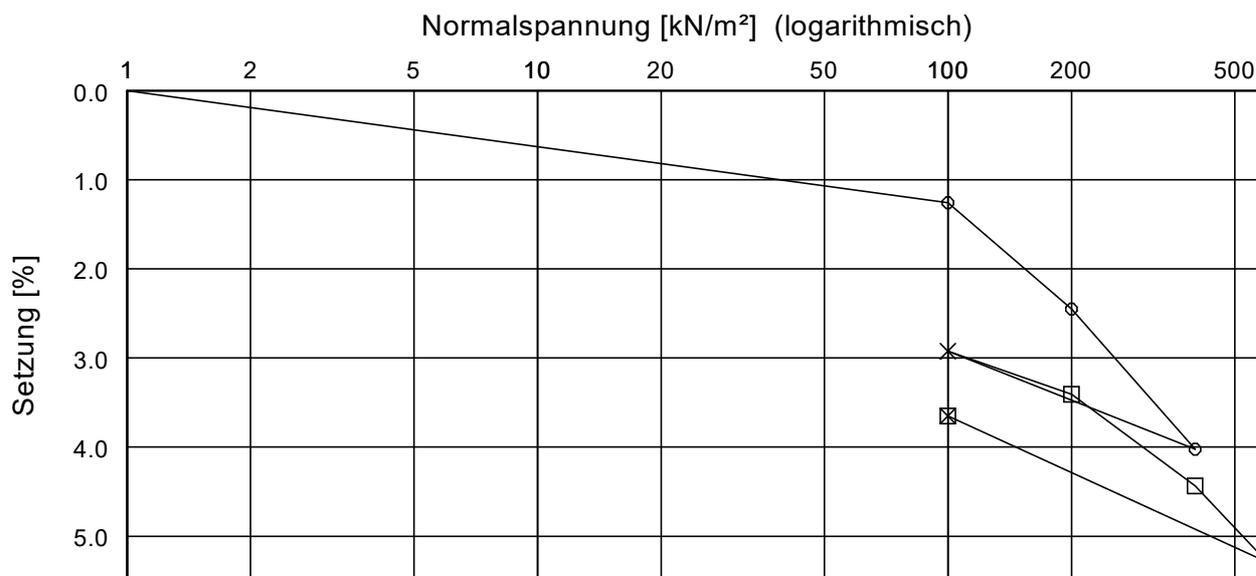
Datum: 10.03.2022

Entnahmestelle: BK I/3

Tiefe: 7.00 - 7.25 m

Art der Entnahme: ungestört

Probe entnommen am: 14.02.2022



Versuch-Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Normalspannung [kN/m ²]	0.0	100.0	200.0	400.0	100.0	200.0	400.0	600.0	100.0
Meßuhrablesung [mm]	0.000	0.440	0.858	1.408	1.023	1.193	1.552	1.852	1.278
Steifemodule [MN/m ²]		8.0	8.4	12.7	-	20.6	19.5	23.3	-

Einbauhöhe [mm] = 35.000	w (vor/nach Versuch) [%] = 15.64/17.69
Probenfläche [cm ²] = 40	Einbaudichte, feucht [g/cm ³] = 2.123

GGU mbH
In den Ungleichen 3
39171 Osterweddingen
Tel.: 039 205 / 45 38 - 0

Bericht: 5625 / 22
Anlage: 3.5

Kalkgehalt nach DIN 18 129

Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bearbeiter: EH / RS

Datum: 25.04.2022

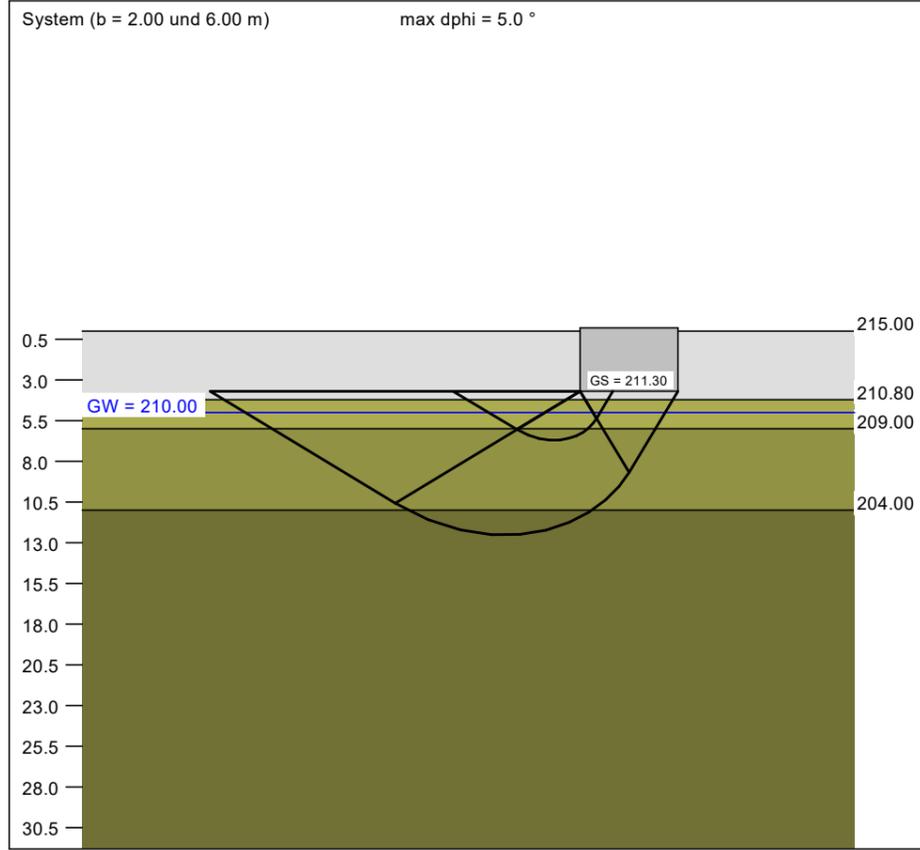
Prüfungsnummer: verschiedene
Entnahmestelle: verschiedene
Tiefe: verschiedene
Art der Entnahme: gestört
Probe entnommen am: Februar bis April 2022

Probenbezeichnung	BK D/2 (4.00 - 4.25 m)	BK D/2 (8.80 - 9.00 m)	BK E/1 (10.80 - 11.00 m)	BK E/3 (10.50 - 10.70 m)
Trockenmasse der Probe [g]	4.06	4.09	3.90	4.63
Temperatur [°C]	21.20	21.20	21.20	21.20
Absoluter Luftdruck [kPa]	101.10	101.10	101.10	101.10
Volumen Versuchsende [cm ³]	2.60	8.20	4.20	4.40
Kalkgehalt [-]	0.27	0.83	0.45	0.39

	Einheit	BG	GW A/4	GW D/3	XA 1	XA 2	XA 3
Probennummer			122044870	122050504			
Betonaggressivität nach DIN 4030-1:2008-06							
Färbung qualit.			schwach gelblich	schwach gelblich	---	---	---
Trübung, qualitativ			stark	leicht	---	---	---
Geruch (qualitativ)			ohne	ohne	---	---	---
Geruch, angesäuert (qualitativ)			ohne	ohne	---	---	---
pH-Wert			7,4	7,5	5,5 - 6,5	4,5 - 5,5	< 4,5
Ammonium	mg/l	0,06	< 0,06	< 0,06	15 - 30	30 - 60	60 - 100
Magnesium (Mg)	mg/l	0,02	53	26	300-1000	1000-3000	> 3000
Sulfat (SO ₄)	mg/l	1,0	130	64	200-600	600-3000	> 3000
Chlorid (Cl)	mg/l	1,0	31	25	---	---	---
Kalkaggressives Kohlendioxid	mg/l	5,0	< 5,0	< 5,0	15 - 40	40 - 100	> 100
Bewertung			X0	X0			

Stahlaggressivität nach DIN 50 929, Teil 3				
Säurekapazität pH 4,3 (m-Wert)	mmol/l	0,1	9,8	7,0
Calcium (Ca)	mmol/l	0,01	4,33	2,98
Chlorid (Cl)	mmol/l	0,1	0,9	0,7
Sulfat (SO ₄)	mmol/l	0,1	1,3	0,7

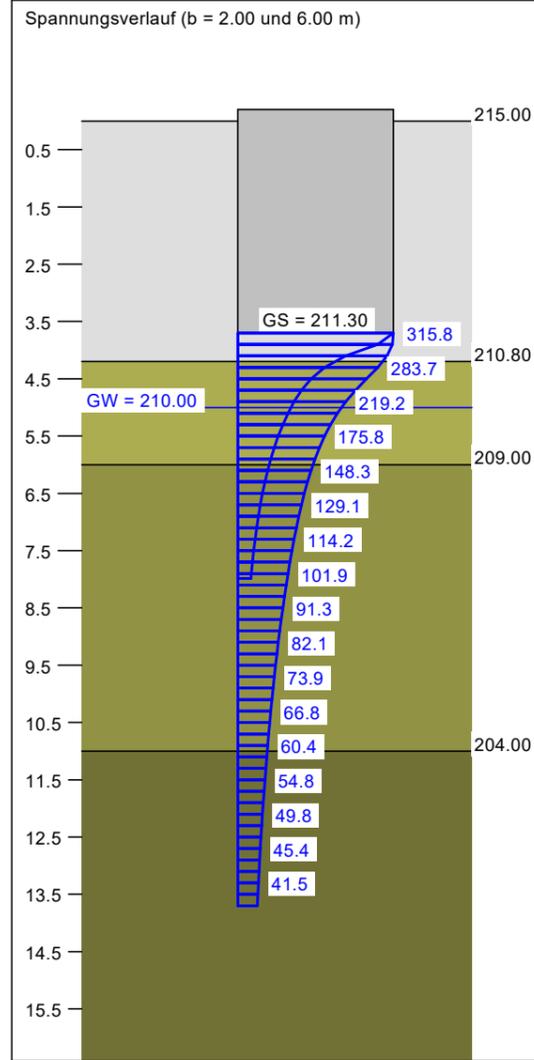
Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	35.0	0.0	80.0	0.00	Polster
	20.0	11.0	27.5	10.0	16.0	0.00	Tonschiefer Zersatz
	20.0	11.0	27.5	10.0	20.0	0.00	Tonschiefer Zersatz
	20.0	11.0	27.5	10.0	24.0	0.00	Tonschiefer Zersatz



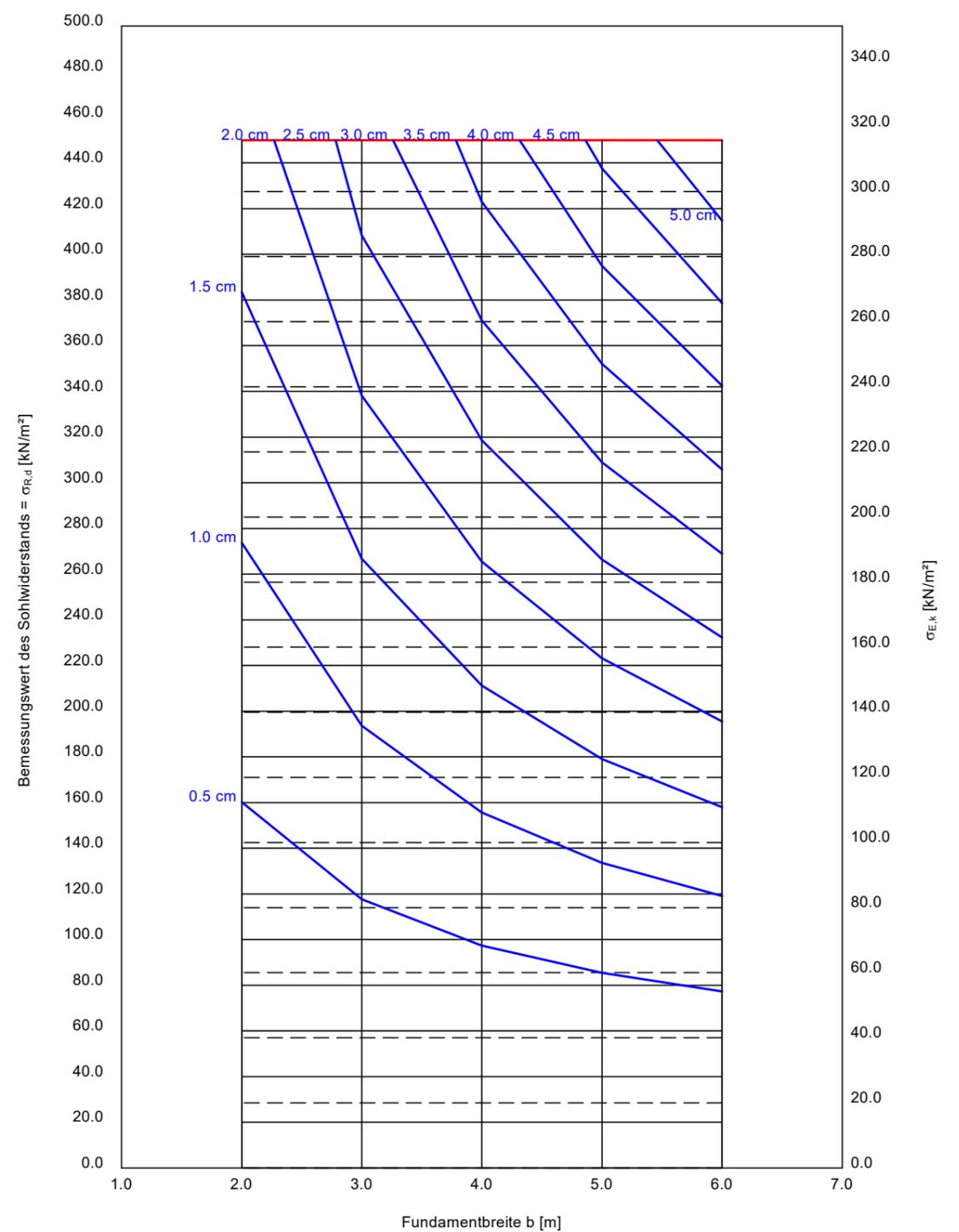
GGU-FOOTING / Version 9.15 / 10.03.2022
 Berechnungsgrundlagen:
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-P
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)
 Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
 Durchstanznachweis (Winkel = 7.0 °)
 $\sigma_{R,d}$ auf 450.00 kN/m² begrenzt
 Oberkante Gelände = 215.00 mNHN
 Gründungssohle = 211.30 mNHN
 Grundwasser = 210.00 mNHN
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt
 — Sohldruck
 — Setzungen

a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_U [kN/m ²]	k_s [MN/m ²]
2.00	2.00	450.0	1800.0	315.8	1.81	28.3 *	8.70	16.25	74.00	17.5
3.00	3.00	450.0	4050.0	315.8	2.80	28.0 *	9.12	14.74	74.00	11.3
4.00	4.00	450.0	7200.0	315.8	3.76	27.9 *	9.34	13.89	74.00	8.4
5.00	5.00	450.0	11250.0	315.8	4.65	27.8 *	9.47	13.36	74.00	6.8
6.00	6.00	450.0	16200.0	315.8	5.49	27.7 *	9.56	12.99	74.00	5.7

* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{of,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{of,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{of,k} / 1.99$ (für Setzungen)
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50



Grundbruch- und Setzungsberechnung, Untergrund nach BK B/3
 Flachgründung über Einzelfundamente
 Polster d = 0.50 m; keine Geländeauffüllung
 Bemessung für Einzelfundamente mit lotrechter Belastung
 Bemessungssituation BS-P nach EC 7

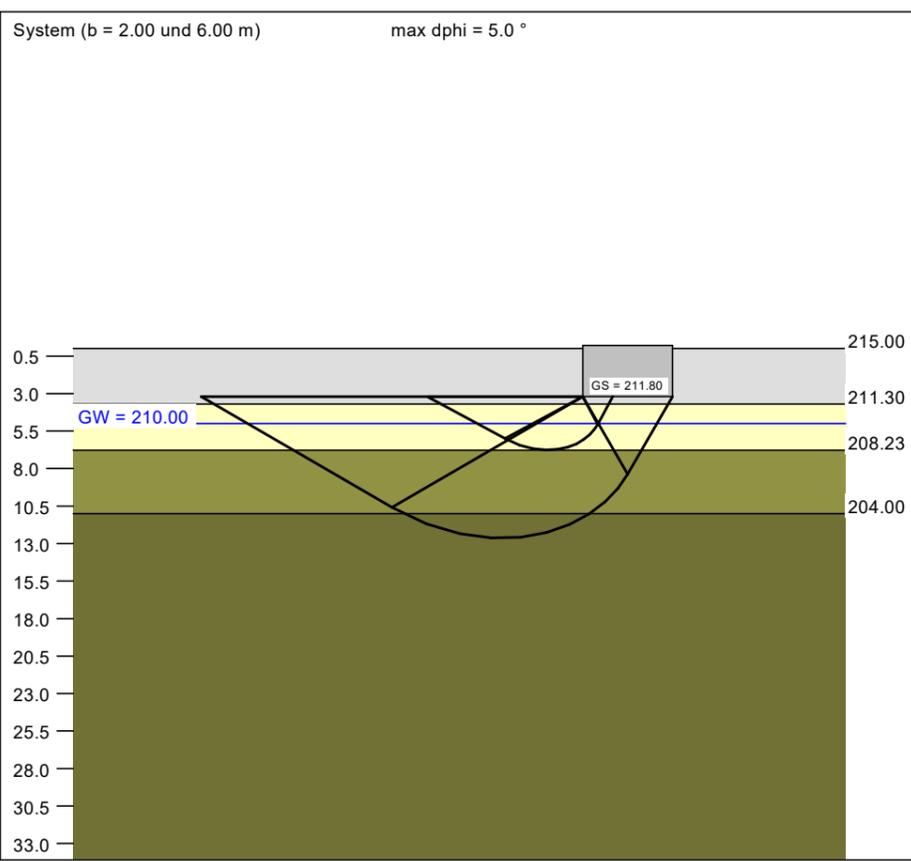


Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	35.0	0.0	80.0	0.00	Polster
	20.0	10.0	35.0	0.0	80.0	0.00	Bodenaustausch
	20.0	11.0	27.5	10.0	16.0	0.00	Tonschiefer Zersatz
	20.0	11.0	27.5	10.0	20.0	0.00	Tonschiefer Zersatz



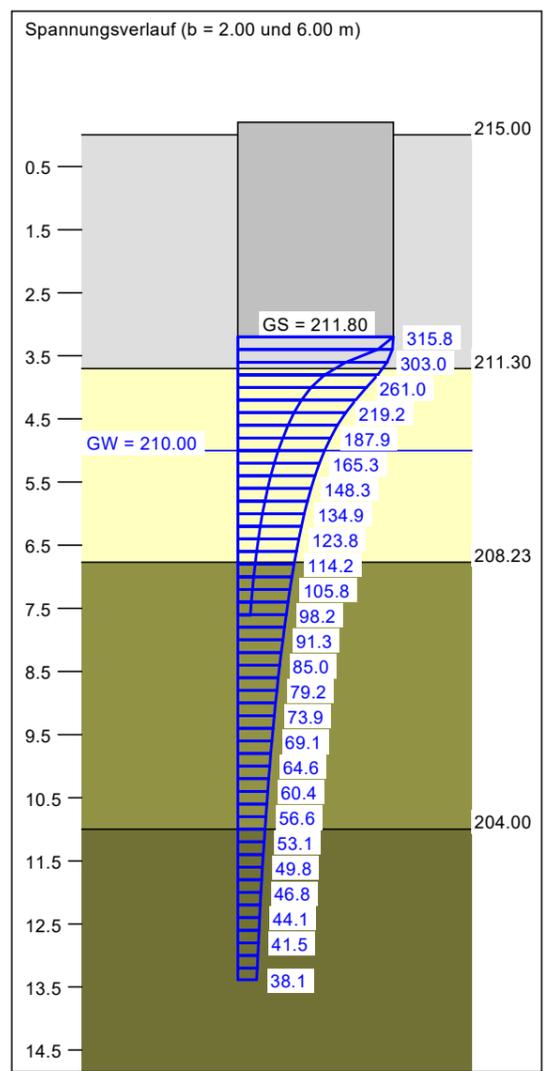
Butzbach
NB Werkstatt
Geotechnischer Bericht

Bericht Nr. 5625 / 22
Anlage Nr. 5.1.2

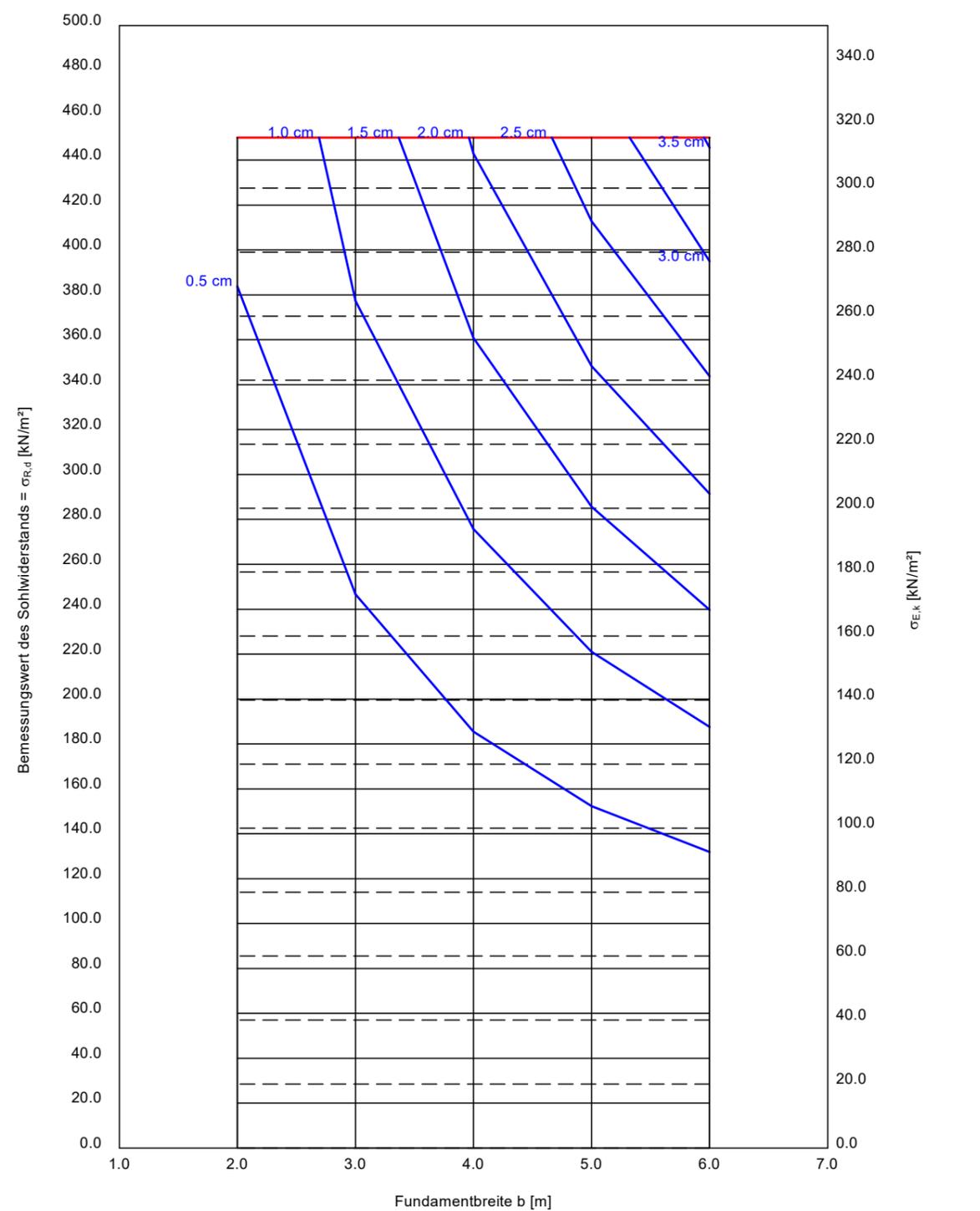


GGU-FOOTING / Version 9.15 / 10.03.2022
Berechnungsgrundlagen:
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Einzelfundament (a/b = 1.00)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
Durchstanznachweis (Winkel = 7.0 °)
 $\sigma_{R,d}$ auf 450.00 kN/m² begrenzt
Oberkante Gelände = 215.00 mNHN
Gründungssohle = 211.80 mNHN
Grundwasser = 210.00 mNHN
Grenztiefe mit $p = 20.0\%$
Grenziefen spannungsvariabel bestimmt
— Sohldruck
— Setzungen

a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_U [kN/m ²]	k_s [MN/m ²]
2.00	2.00	450.0	1800.0	315.8	0.64	33.2 *	0.00	16.60	64.00	49.1
3.00	3.00	450.0	4050.0	315.8	1.29	31.8	4.48	15.09	64.00	24.4
4.00	4.00	450.0	7200.0	315.8	2.04	30.8	5.75	14.24	64.00	15.5
5.00	5.00	450.0	11250.0	315.8	2.79	30.2 *	6.53	13.68	64.00	11.3
6.00	6.00	450.0	16200.0	315.8	3.54	29.7 *	7.06	13.30	64.00	8.9

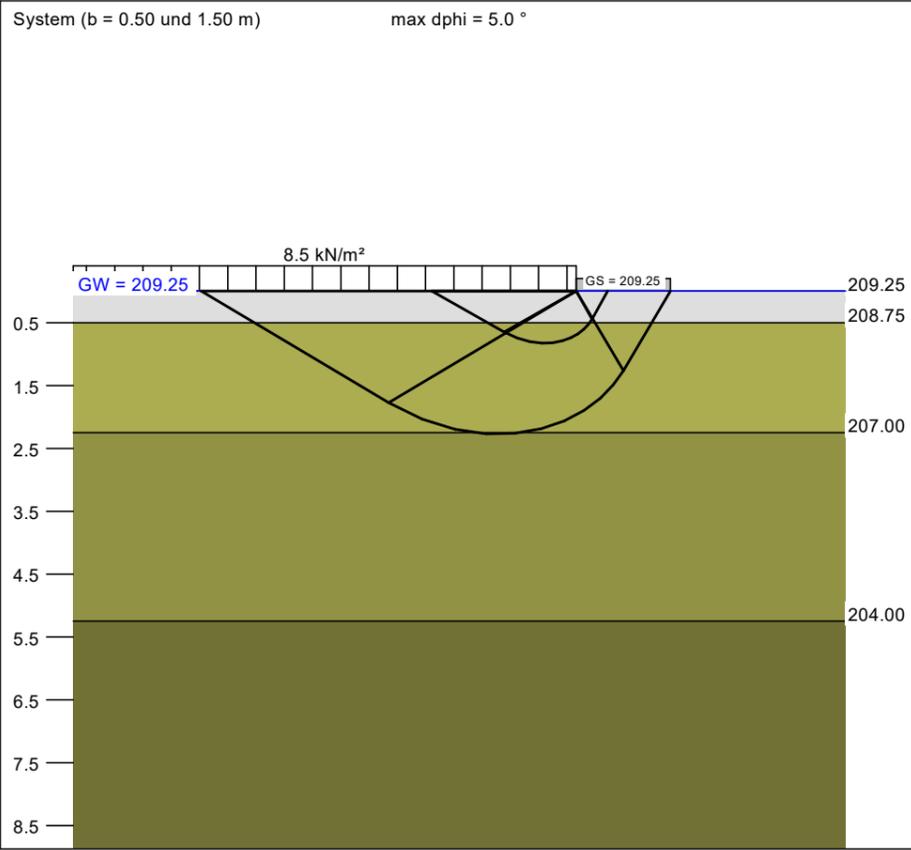


Grundbruch- und Setzungsberechnung, Untergrund nach BK A/1
Flachgründung über Einzelfundamente
Polster d = 0.50 m; Geländeausgleich h = 3.07 m
Bemessung für Einzelfundamente mit lotrechter Belastung
Bemessungssituation BS-P nach EC 7



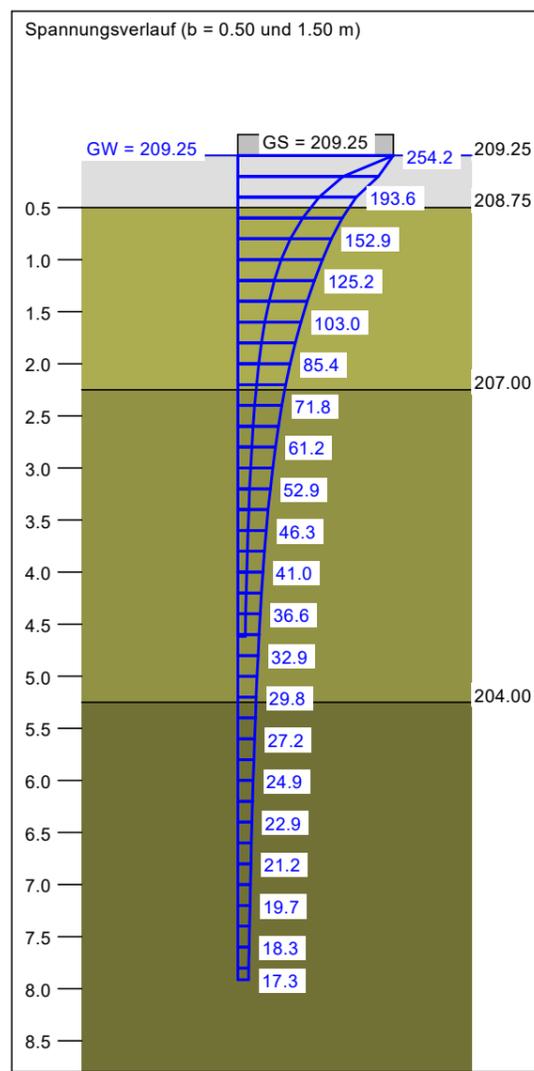
* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{of,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{of,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{of,k} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	35.0	0.0	80.0	0.00	Tragschicht
	20.0	11.0	27.5	10.0	16.0	0.00	Tonschiefer Zersatz
	20.0	11.0	27.5	10.0	20.0	0.00	Tonschiefer Zersatz
	20.0	11.0	27.5	10.0	24.0	0.00	Tonschiefer Zersatz

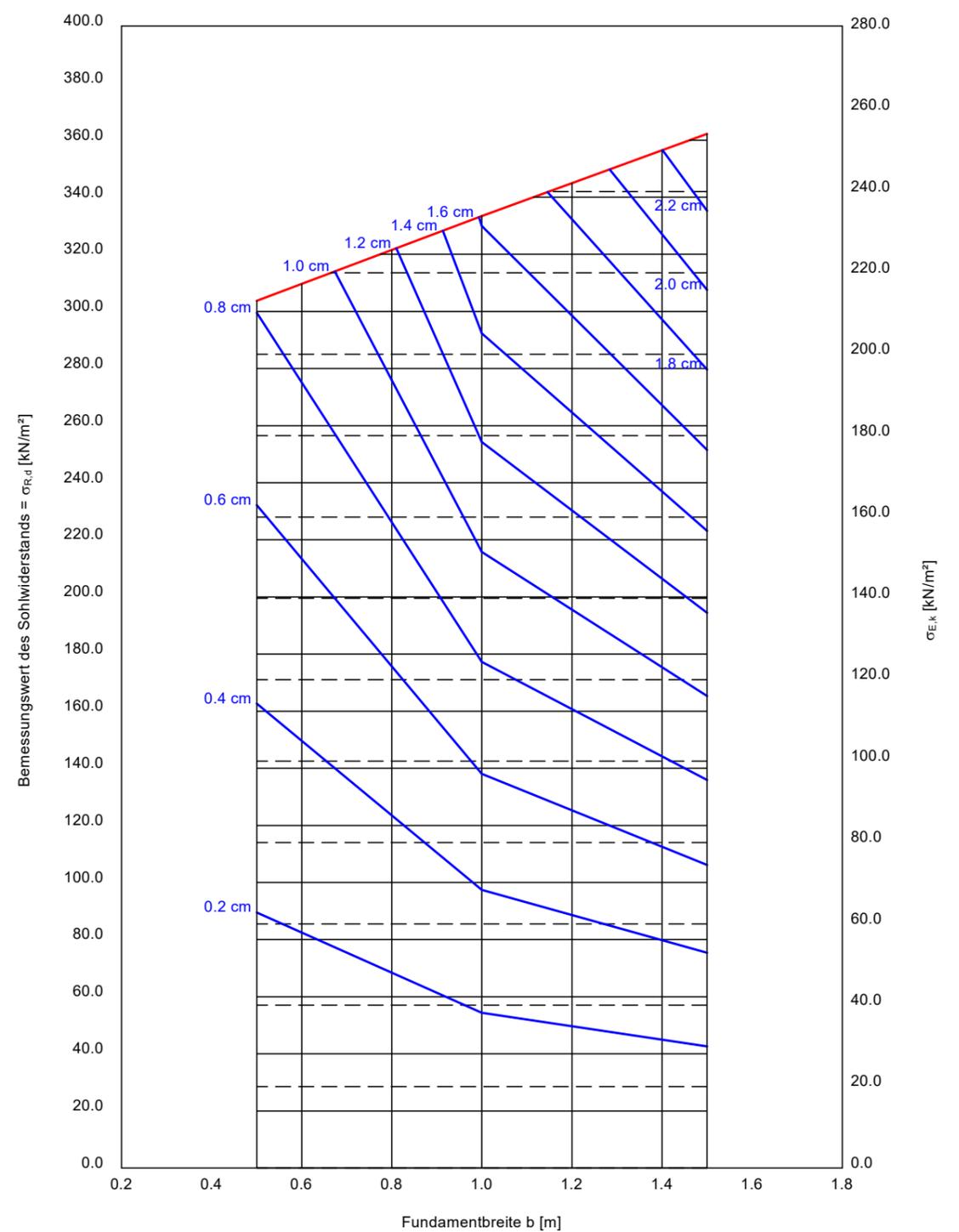


GGU-FOOTING / Version 9.15 / 10.03.2022
Berechnungsgrundlagen:
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
Teilsicherheitskonzept (EC 7)
Streifenfundament (a = 10.00 m)
 $\gamma_{R,v} = 1.40$
 $\gamma_G = 1.35$
 $\gamma_Q = 1.50$
Anteil Veränderliche Lasten = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
Durchstanznachweis (Winkel = 7.0 °)
Oberkante Gelände = 209.25 mNHN
Gründungssohle = 209.25 mNHN
Grundwasser = 209.25 mNHN
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenziefen spannungsvariabel bestimmt
— Sohldruck
— Setzungen

a	b	$\sigma_{R,d}$	$R_{n,d}$	$\sigma_{E,k}$	s	cal ϕ	cal c	γ_2	$\sigma_{\bar{U}}$	k_s
[m]	[m]	[kN/m ²]	[kN/m]	[kN/m ²]	[cm]	[°]	[kN/m ²]	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[MN/m ³]
10.00	0.50	303.7	151.8	213.1	0.81	31.2	5.29	10.24	8.50	26.2
10.00	1.00	333.4	333.4	233.9	1.62	29.3 *	7.49	10.55	8.50	14.5
10.00	1.50	362.2	543.3	254.2	2.40	28.6 *	8.29	10.68	8.50	10.6



Grundbruch- und Setzungsberechnung, Untergrund nach BK G/3
Flachgründung über Bodenplatte, Keller
Polster d = 0.50 m; keine Geländeauffüllung
Bemessung für "idelle" Streifenfundamente mit lotrechter Belastung
Bemessungssituation BS-P nach EC 7

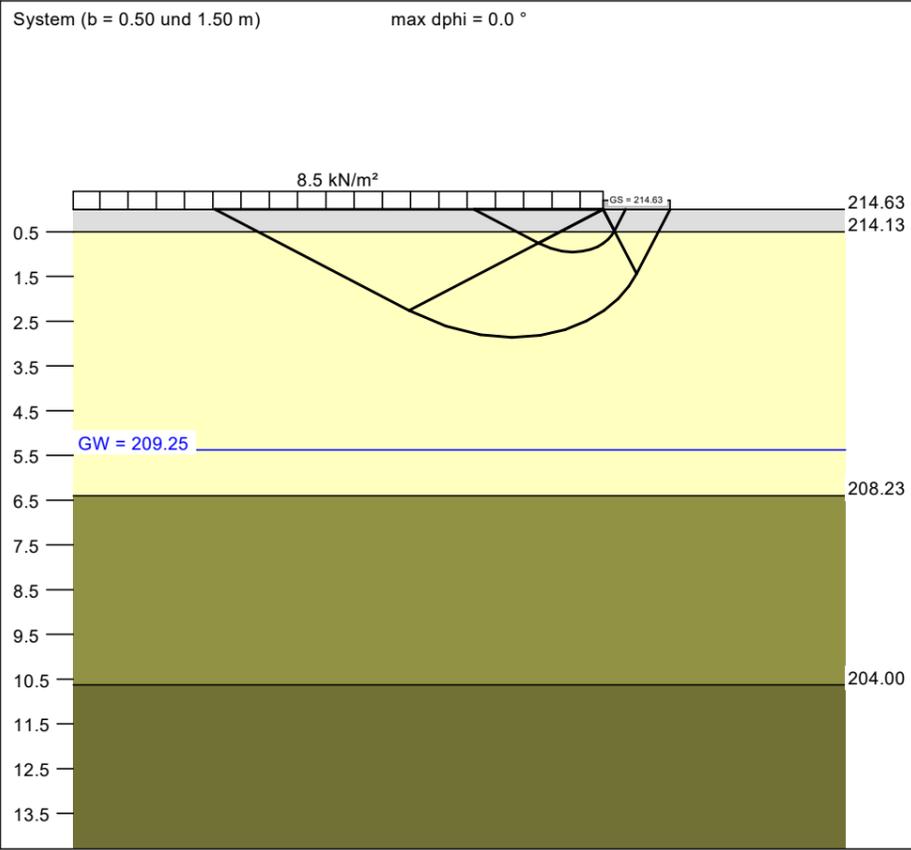


* phi wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\sigma_{E,k} = \sigma_{of,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{of,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{of,k} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

Boden	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]	ν [-]	Bezeichnung
	20.0	10.0	35.0	0.0	80.0	0.00	Tragschicht
	20.0	10.0	35.0	0.0	80.0	0.00	Bodenaustausch
	20.0	11.0	27.5	10.0	16.0	0.00	Tonschiefer Zersatz
	20.0	11.0	27.5	10.0	20.0	0.00	Tonschiefer Zersatz

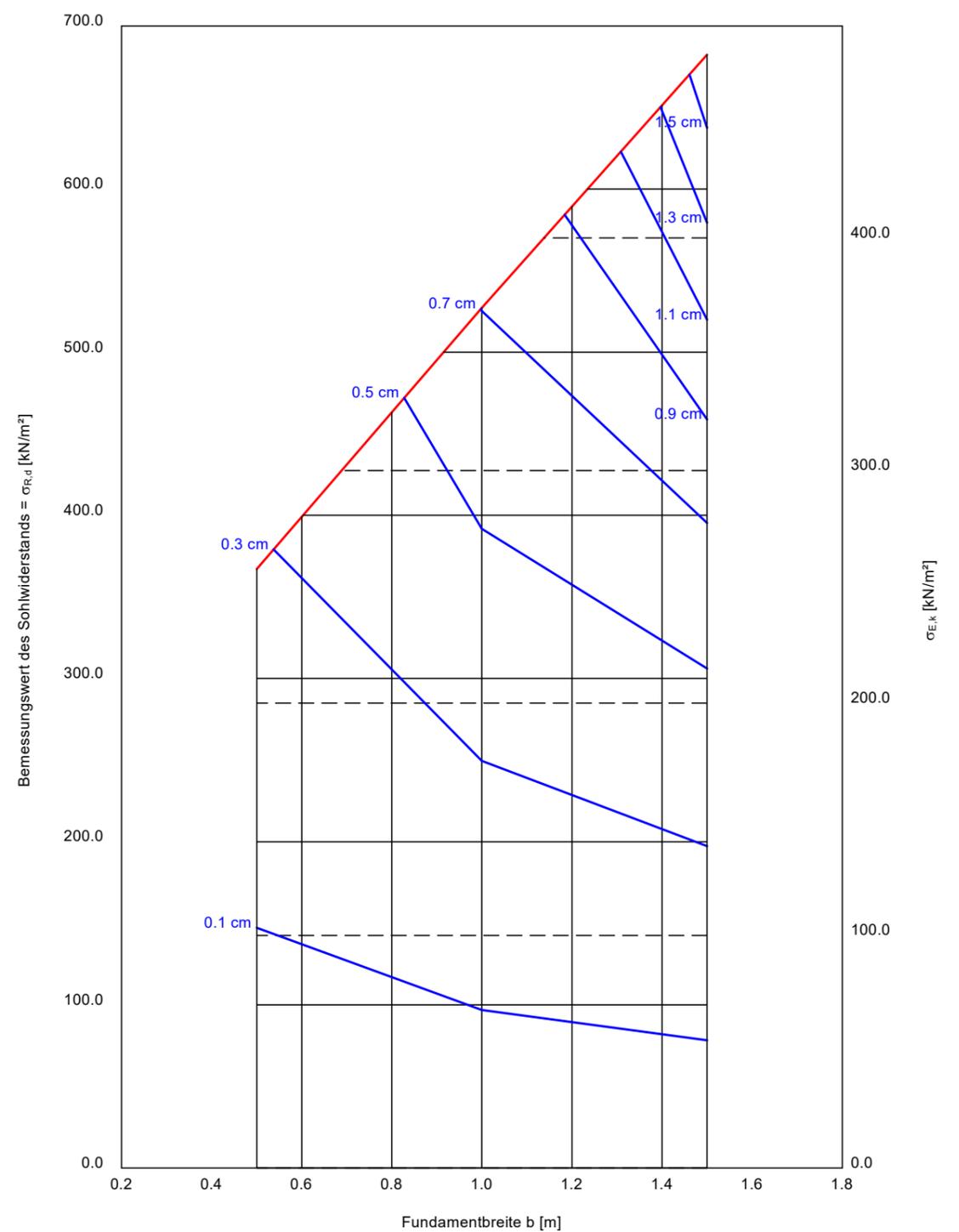
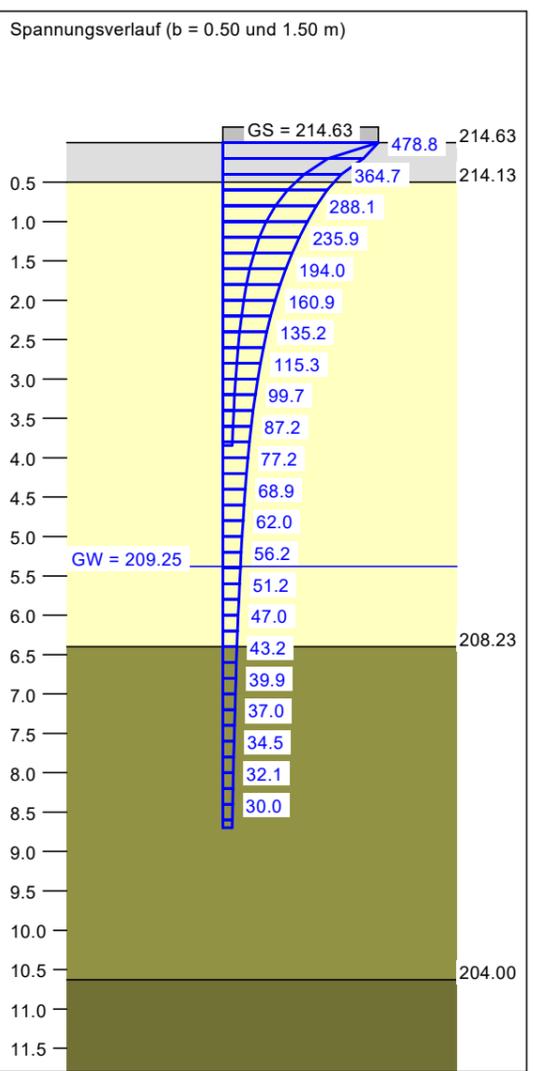


Grundbruch- und Setzungsberechnung, Untergrund nach BK A/1
Flachgründung über Bodenplatte, Halle
Polster d = 0.50 m; Geländeauffüllung h = 5.90 m
Bemessung für "idelle" Streifenfundamente mit lotrechter Belastung
Bemessungssituation BS-P nach EC 7



GGU-FOOTING / Version 9.15 / 10.03.2022
Berechnungsgrundlagen:
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
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 = 0.500
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$
Durchstanznachweis (Winkel = 7.0 °)
Oberkante Gelände = 214.63 mNHN
Gründungssohle = 214.63 mNHN
Grundwasser = 209.25 mNHN
Grenztiefe mit p = 20.0 %
Grenziefen spannungsvariabel bestimmt
— Sohldruck
— Setzungen

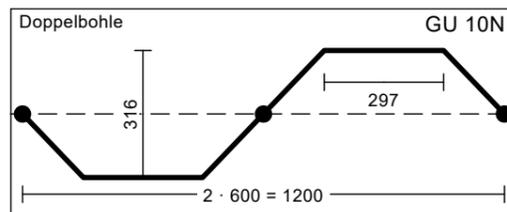
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	$R_{n,d}$ [kN/m]	$\sigma_{E,k}$ [kN/m ²]	s [cm]	cal ϕ [°]	cal c [kN/m ²]	γ_2 [kN/m ³]	σ_U [kN/m ²]	k_s [MN/m ³]
10.00	0.50	367.1	183.5	257.6	0.28	35.0	0.00	20.00	8.50	91.7
10.00	1.00	527.1	527.1	369.9	0.70	35.0	0.00	20.00	8.50	52.6
10.00	1.50	682.3	1023.5	478.8	1.66	35.0	0.00	20.00	8.50	28.9



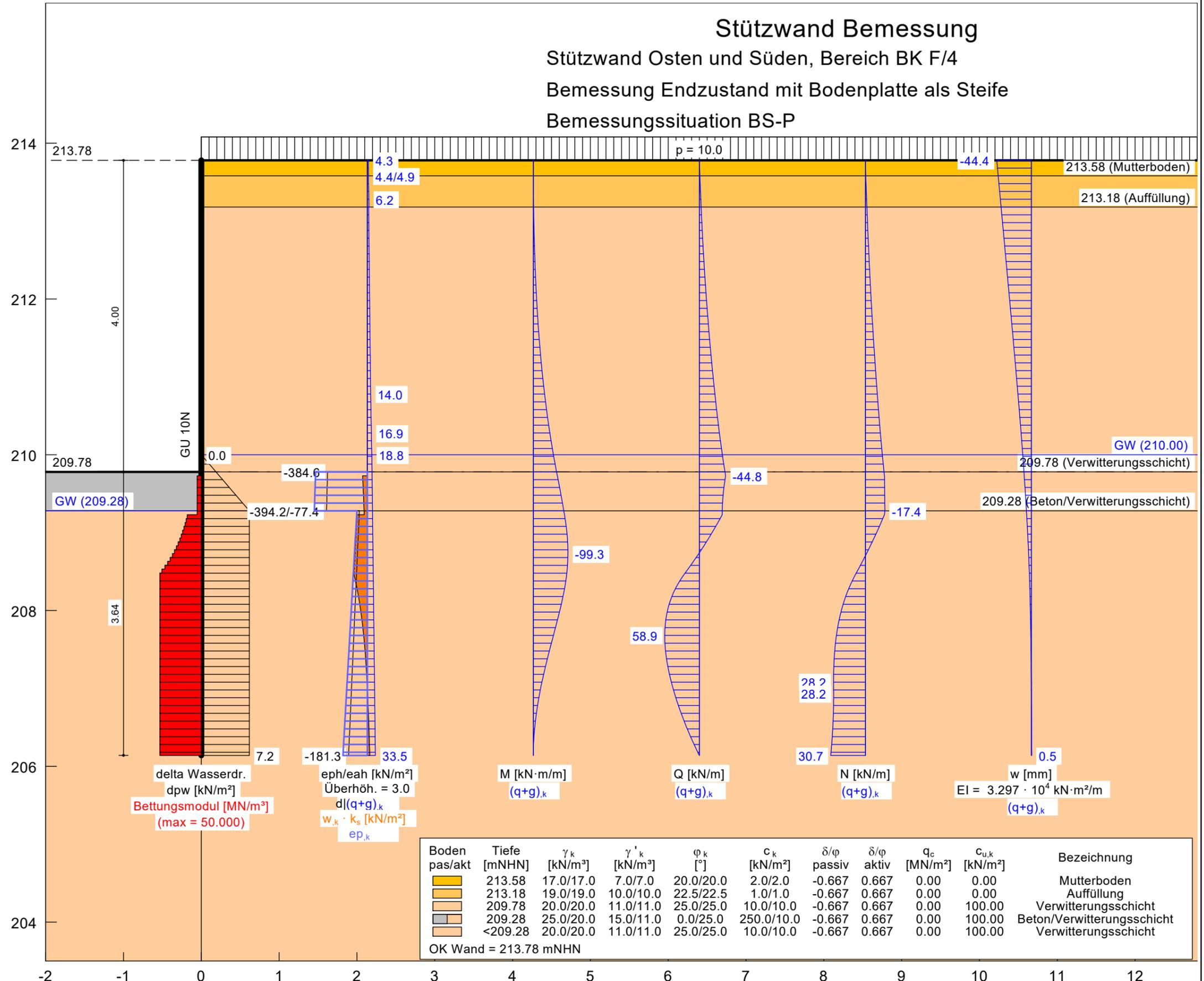
$\sigma_{E,k} = \sigma_{of,k} / (\gamma_{R,v} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{of,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{of,k} / 1.99$ (für Setzungen)
Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

Norm: EC 7
 Spundwand
 GU 10N
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert mit $\varphi = 40^\circ$ (+EB 6)
 Pass. Erddruck nach: DIN 4085:2017 ger. GF
 Erf. Profillänge = 7.64 m
 Erf. Einbindetiefe = 3.64 m
 BS: DIN EN 1997-1: BS-T
 $\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_Q = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 mob. Ep erfüllt / $\mu = 0.97$
 $\mu(\text{Vert. Tragfähigkeit}) = 0.45$

Bemessung:
 Bemessung nach EC 3 (el.-el.)
 Bemessungssituation: max M,gq
 $M_{Ed} = 119.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{Ed} = 0.5 \text{ kN}$ (50 % abgemindert)
 $N_{Ed} = -1.3 \text{ kN/m}$ (Druck)
 Profil: GU 10N Stahlgüte: S 355 GP
 $b = 600.0 \text{ mm} / b_f = 296.9 \text{ mm}$
 $t_f = 9.0 \text{ mm} / t_w = 6.8 \text{ mm} / A = 119.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 316.0 \text{ mm} / \alpha = 52.0^\circ$
 $W_{el} = 990.00 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 15700.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
 U-Bohle ist eine Doppelbohle
 $\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.10$
 $\varepsilon = 0.810 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 40.7$
 Querschnittsklasse: 3
 $\beta_B = 1.000 / \beta_D = 1.000$
 $f_{y,red} = 355.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{c,Rd} = 351.4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{pl,Rd} = 713.1 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.001$)
 $N_{pl,Rd} = 4224.5 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.000$)
 Querkraft-Interaktion
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.
 Normalkraft-Interaktion
 keine Abm.
 Nachweis M_{Rd}
 $M_{c,Rd} = 351.4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.339$
 Knicklänge = 10.70 m
 $N_{cr} = 2842.2 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.000 \leq 0.04$
 \rightarrow Kein Knicknachweis
 max $\mu = 0.339$

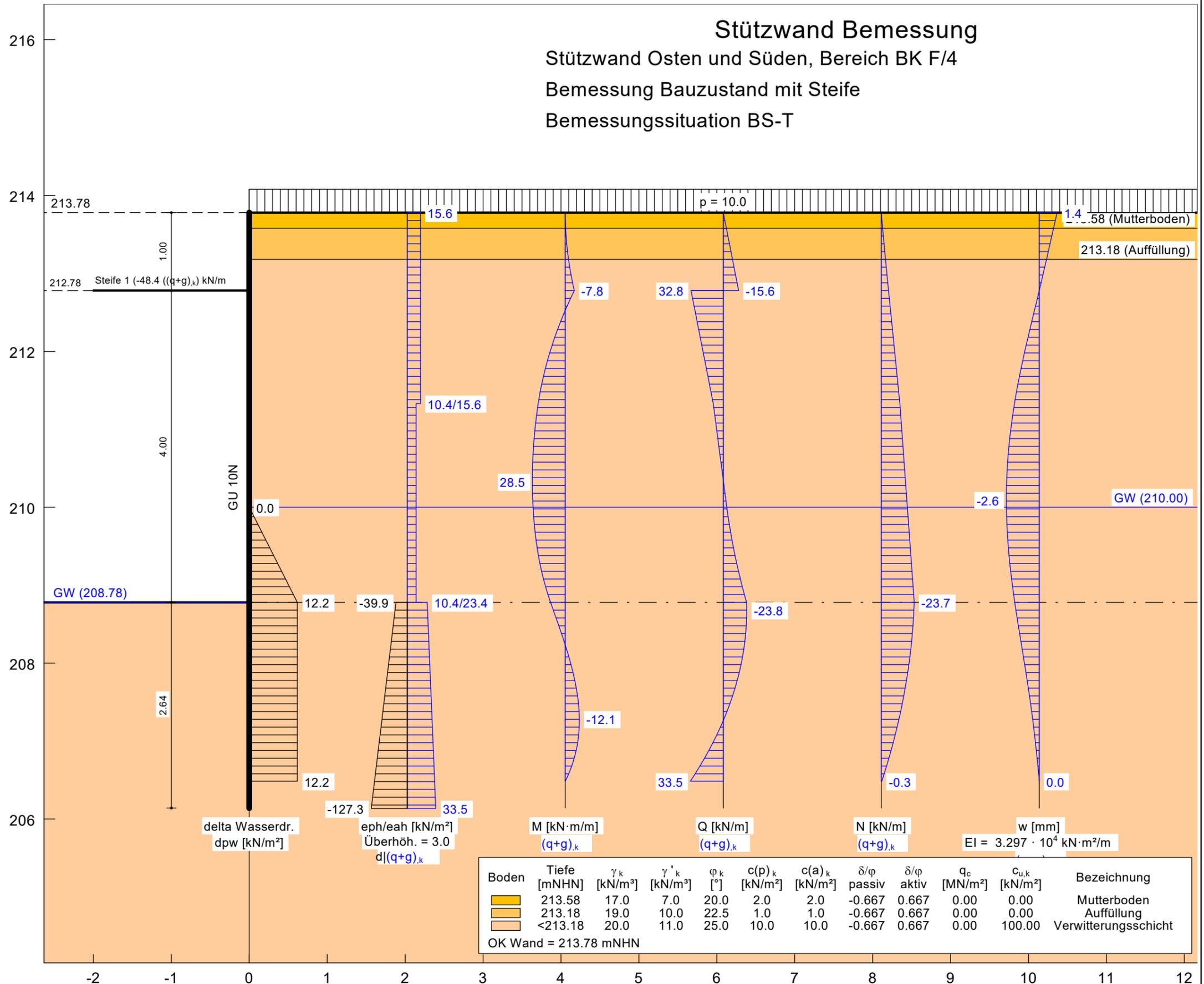
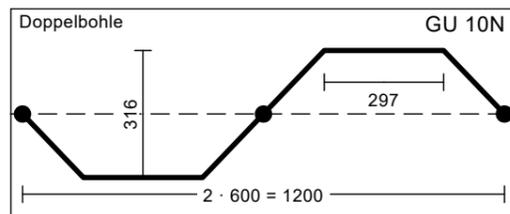


Bettungsmodule		
Tiefe [mNHN]	oben [MN/m ³]	unten [MN/m ³]
209.78 - 209.28	5.000	5.000
209.28 - 200.00	50.000	50.000



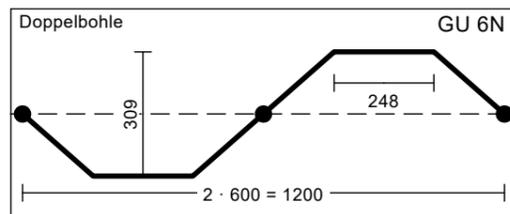
Norm: EC 7
 Spundwand
 GU 10N
 Erddruckumlagerung: EAB 1988 Bild EB 70-1.c
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert mit $\varphi = 40^\circ$ (+EB 6)
 Pass. Erddruck nach: (+EB 6)
 Einspanngrad = 0.750
 Erf. Profillänge = 7.64 m
 Erf. Einbindetiefe = 2.64 m
 BS: DIN EN 1997-1: BS-T
 $\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_Q = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 mob. Ep erfüllt / $\mu = 0.82$
 $\mu(\text{Vert. Tragfähigkeit}) = 0.58$

Bemessung:
 Bemessung nach EC 3 (el.-el.)
 Bemessungssituation: max M,q
 $M_{Ed} = 34.2 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{Ed} = 0.2 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} = -20.9 \text{ kN/m}$ (Druck)
 Profil: GU 10N Stahlgüte: S 355 GP
 $b = 600.0 \text{ mm} / b_f = 296.9 \text{ mm}$
 $t_f = 9.0 \text{ mm} / t_w = 6.8 \text{ mm} / A = 119.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 316.0 \text{ mm} / \alpha = 52.0^\circ$
 $W_{el} = 990.00 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 15700.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
 U-Bohle ist eine Doppelbohle
 $\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.10$
 $\varepsilon = 0.810 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 40.7$
 Querschnittsklasse: 3
 $\beta_B = 1.000 / \beta_D = 1.000$
 $f_{y,red} = 355.0 \text{ N/mm}^2$
 $M_{c,Rd} = 351.4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{pl,Rd} = 713.1 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.000$)
 $N_{pl,Rd} = 4224.5 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.005$)
 Querkraft-Interaktion
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.
 Normalkraft-Interaktion
 keine Abm.
 Nachweis M_{Rd}
 $M_{c,Rd} = 351.4 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.097$
 Knicklänge = 5.15 m
 $N_{cr} = 12268.9 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.002 \leq 0.04$
 \rightarrow Kein Knicknachweis
 max $\mu = 0.097$



Norm: EC 7
 Spundwand
 GU 6N
 Erddruckumlagerung: EAB 1988 Bild EB 70-1.c
 Aktiver Erddruck nach: DIN 4085
 Ersatzerddruck-Beiwert mit $\varphi = 40^\circ$ (+EB 6)
 Pass. Erddruck nach: (+EB 6)
 Einspanngrad = 0.750
 Erf. Profillänge = 7.64 m
 Erf. Einbindetiefe = 2.64 m
 BS: DIN EN 1997-1: BS-T
 $\gamma_G = 1.20$
 $\gamma_Q = 1.30$
 $\gamma_{Ep} = 1.30$
 mob. Ep erfüllt / $\mu = 0.67$
 $\mu(\text{Vert. Tragfähigkeit}) = 0.72$

Bemessung:
 Bemessung nach EC 3 (el.-el.)
 Bemessungssituation: max M,gq
 $M_{Ed} = 34.1 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{Ed} = 0.2 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} = -35.5 \text{ kN/m}$ (Druck)
 Profil: GU 6N Stahlgüte: S 355 GP
 $b = 600.0 \text{ mm} / b_f = 248.3 \text{ mm}$
 $t_f = 6.0 \text{ mm} / t_w = 6.0 \text{ mm} / A = 89.0 \text{ cm}^2/\text{m}$
 $h = 309.0 \text{ mm} / \alpha = 42.5^\circ$
 $W_{el} = 625.00 \text{ cm}^3/\text{m} / I = 9670.0 \text{ cm}^4/\text{m}$
 U-Bohle ist eine Doppelbohle
 $\gamma_{M0} = 1.00 / \gamma_{M1} = 1.10$
 $\varepsilon = 0.845 \rightarrow b_f / t_f / \varepsilon = 49.0$
 Querschnittsklasse: 3
 $\beta_B = 1.000 / \beta_D = 1.000$
 $f_{y,red} = 329.3 \text{ N/mm}^2$ (Kl. 4 \rightarrow Kl. 3)
 $M_{c,Rd} = 205.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $V_{pl,Rd} = 576.1 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.000$)
 $N_{pl,Rd} = 2931.0 \text{ kN/m}$ ($\mu = 0.012$)
 Querkraft-Interaktion
 $V_{Ed} \leq 0.5 \cdot V_{pl,Rd} \rightarrow$ keine Abm.
 Normalkraft-Interaktion
 keine Abm.
 Nachweis M_{Rd}
 $M_{c,Rd} = 205.8 \text{ kN}\cdot\text{m/m}$
 $\mu = M_{Ed} / M_{c,Rd} = 0.166$
 Knicklänge = 5.15 m
 $N_{cr} = 7556.7 \text{ kN/m}$
 $N_{Ed} / N_{cr} = 0.005 \leq 0.04$
 \rightarrow Kein Knicknachweis
 max $\mu = 0.166$



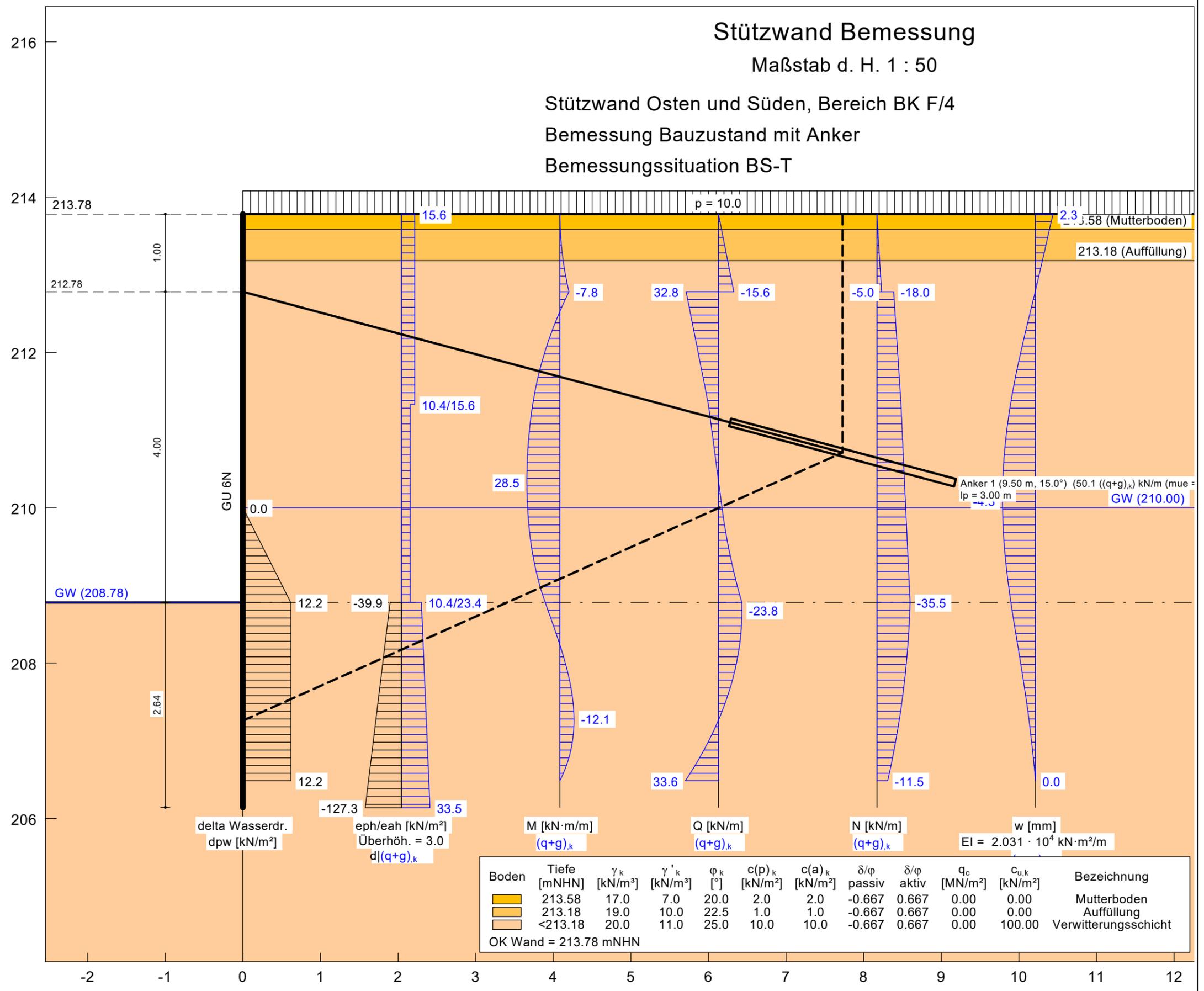
Stützwand Bemessung

Maßstab d. H. 1 : 50

Stützwand Osten und Süden, Bereich BK F/4

Bemessung Bauzustand mit Anker

Bemessungssituation BS-T



Boden	Tiefe [mNHN]	γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]	φ_k [°]	$c(p)_k$ [kN/m ²]	$c(a)_k$ [kN/m ²]	δ/φ passiv	δ/φ aktiv	q_c [MN/m ²]	$c_{u,k}$ [kN/m ²]	Bezeichnung
	213.58	17.0	7.0	20.0	2.0	2.0	-0.667	0.667	0.00	0.00	Mutterboden
	213.18	19.0	10.0	22.5	1.0	1.0	-0.667	0.667	0.00	0.00	Auffüllung
	<213.18	20.0	11.0	25.0	10.0	10.0	-0.667	0.667	0.00	100.00	Verwitterungsschicht

OK Wand = 213.78 mNHN