

Geotechnischer Bericht Baugrunduntersuchungen

Projekt-Nr. 14295-bgr

Projekt: **GRAFENWÖHR PN 61201 T 0063**
Truppenübungsplatz Grafenwöhr - Ostlager
TrÜbPI GOI, Veh. Maint. Shop-EAS Ph. 1

Auftraggeber: **Staatliches Bauamt Amberg-Sulzbach**
Archivstraße 1
92224 Amberg

Bearbeiter: **Anja Strauß, M.Sc.**

Bayreuth, den 28.08.2017

INHALTSÜBERSICHT

	Seite
1. Vorbemerkung	3
2. Unterlagen	3
3. Lage und Geologie	4
4. Bauvorhaben	5
5. Baugrund	6
5.1 Aufbau	6
5.2 Hydrologie	8
6. Kennwerte Böden und Grundwasser	9
6.1 Laborversuche an Bodenproben	9
6.2 Dynamische Plattendruckversuche	11
6.3 Proctorversuche	11
6.4 Charakteristische Bodenkenngroößen	12
6.5 Grundwasser-Betonaggressivität	13
7. Beurteilung der Versickerungsmöglichkeiten	14
8. Einteilung nach DIN 18 300:2016-09 Erdarbeiten	16
8.1 Festlegung der Homogenbereiche	16
8.2 Homogenbereich O1 (Oberboden)	17
8.3 Homogenbereich B1 (Auffüllungen)	17
8.4 Homogenbereich B2 (natürliche Böden)	17
8.5 Homogenbereich X1 (Sandsteine)	19
9. Gründung der Gebäude	20
9.1 Gründungsart und Gründungstiefe	20
9.2 Bodenpressungen und Setzungen	21
10. Gründung der Regenrückhalte- und Absetzbecken	24
10.1 Gründungsart und Gründungstiefe	24
10.2 Erddruck, Wasserdruck und Arbeitsräume	25
11. Kanalleitungen	26
12. Verkehrsflächen	26
13. Bautechnische Hinweise und Empfehlungen	28
13.1 Abdichtung und Dränagemaßnahmen	28
13.2 Baumaßnahmen	29
14. Bauüberwachung und Abnahme	30
15. Zusammenfassung	30

Anlage 1:	Lageplan
Anlagen 2.1 bis 2.9:	Schnitte
Anlagen 3 und 4:	Bodenmechanische Laborversuche
Anlagen 5.1 bis 5.3:	Proctorversuche

1. Vorbemerkung

Die US-Streitkräfte beabsichtigen auf dem Truppenübungsplatz in Grafenwöhr den Neubau einer Werkstatt, eines Lagergebäudes sowie von Stellflächen und Parkplätzen. Das mit der Planung betraute Staatliche Bauamt Amberg-Weizsach beauftragte daher das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth, Baugrunduntersuchungen durchzuführen und zu Baugrund und Gründung von bodenmechanischer und gründungstechnischer Seite Stellung zu nehmen.

Mit diesem Bericht werden die Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen zusammenfassend dargestellt.

Im Zuge der Baugrunduntersuchungen wurden zudem Bodenproben entnommen und auf mögliche Schadstoffbelastungen hin analysiert. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden in dem gesonderten Bericht PN 22651-ahn vom 23.05.2017 zusammengefasst.

2. Unterlagen

Im Wesentlichen wurden die folgenden Unterlagen verwendet:

- Geologische Karte von Bayern M 1 : 25.000
Blatt 6237 Grafenwöhr
- Vom Staatlichen Bauamt Amberg-Weizsach:
 - Übersichtsplan M 1 : 2.500 (Stand: 30.09.2016)
 - Lagepläne M 1 : 1.000 (Stand: 30.09.2016)
 - Geländeschnitte M 1 : 1.000 (Stand: 30.09.2016)
- Ergebnisse von Rammkernbohrungen, Sondierungen und Laborversuchen durch das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth
- Ergebnisse von Ortsbesichtigungen und Besprechungen zwischen Vertretern des Staatlichen Bauamts Amberg-Weizsach und dem Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder

3. Lage und Geologie

Der Truppenübungsplatz Grafenwöhr befindet sich südlich der Stadt Grafenwöhr. Das vorgesehene Baufeld befindet sich im östlichen Teil des Truppenübungsplatzes im Bereich der Tower Barracks. Das Gelände wird im Norden und Süden von zwei bereits bestehenden Straßen begrenzt und umfasst eine Fläche von etwa 10 ha.

Das vorgesehene Baufeld ist derzeit nahezu komplett bewaldet. Das Gelände steigt in Richtung Südwesten an und weist im unmittelbaren Baubereich einen Höhenunterschied von ca. sechs Metern auf. Das Geländeniveau liegt insgesamt etwas tiefer als das der südlich und nördlich entlang des Baufeldes verlaufenden Straßen.

Westlich des Baugebiets befindet sich ein Grabensystem, das etwa 200 m nördlich des Baufelds in den von West nach Ost fließenden Schaumbach mündet.

Unter oberflächennahen Deckschichten sind entsprechend der **Geologischen Karte** im Baugebiet zunächst alluviale Talbodensedimente und diluviale Ablagerungen in Form von **Terrassen- und Hangsand** zu erwarten. Dabei handelt es sich erfahrungsgemäß um hellgefärbte gemischtkörnige Quarz-Feldspat-Sande mit geringem Geröllanteil. Darunter folgen dann die Verwitterungsprodukte und Festgesteine des **Oberen Buntsandsteins** aus dem Erdzeitalter der Trias. Diese bestehen überwiegend aus Quarz-Feldspat-Sanden mit Zwischenlagen bunter Tone und Tonsande, in die Karneole und verkieselte Schichten eingelagert sein können. Diese werden von Arkosen mit vereinzelt Quarz- und Quarzitzeröllen unterlagert. Zur Oberfläche hin sind die Festgesteine bis in wechselnde Tiefen unterschiedlich stark verwittert.

Eine tektonische Störungszone ist im unmittelbaren Baubereich nicht bekannt.

Gemäß der DIN EN 1998-1/NA:2011-01 liegt Grafenwöhr in keiner ausgewiesenen **Erdbebenzone**.

4. Bauvorhaben

Es ist der Neubau eines nicht unterkellerten Lagergebäudes mit Verwaltungsräumen (Warehouse, WHS) sowie einer ebenfalls nicht unterkellerten Werkstatt (Vehicle Maintenance Shop, VMS) geplant. Zudem ist der Neubau eines Regenrückhaltebeckens (retention basin) und eines Absetzbeckens (setting basin) vorgesehen. Die Baumaßnahme umfasst des Weiteren die Anlage der entsprechenden Zufahrten sowie zum Teil überdachter Stell- und Parkplätzen und die Verlegung der erforderlichen Ver- und Entsorgungsleitungen. Die Gründung der Neubauten wird voraussichtlich mittels Einzel- bzw. Streifenfundamenten erfolgen.

Die Fußbodenoberkante im Erdgeschoss (FOK-EG) des Warehouses ist bei einer Höhe von 415,40 m NN geplant. Die Fußbodenoberkante im Erdgeschoss des Vehicle Maintenance Shops ist etwa 20 cm höher bei einer Höhe von 415,60 m vorgesehen.

Da die derzeitige Geländeoberfläche geringfügig tiefer liegt als die angrenzenden Straßen, werden zum Angleich des Niveaus Geländeanschüttungen von rund zwei bis drei Metern notwendig. Die Gründungssohlen der Fundamente werden dadurch voraussichtlich in den Auffüllungen zu liegen kommen.

Im Bereich der nördlichen Baufeldgrenze und insbesondere für das Regenrückhalte- sowie das Absetzbecken wird ein Geländeabtrag erforderlich. Die Aushubsohle für das Regenrückhaltebecken ist bei einer Höhe von 411,30 m NN geplant. Das Absetzbecken soll noch tiefer in den Untergrund einbinden. Hier ist ein Aushub bis auf eine Höhe von 409,20 m NN vorgesehen.

Der frostsichere Oberbau der Verkehrsflächen wird nach den „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 12“ bemessen. Nach Angaben des Staatlichen Bauamts Amberg-Sulzbach sind Verkehrsflächen sowohl mit Beton- als auch mit Asphaltdecke geplant, die in die Belastungsklassen Bk1,0 bis Bk3,2 einzustufen sind.

Das Bauvorhaben ist entsprechend dem bisherigen Kenntnisstand in die **Geotechnische Kategorie GK 2** einzustufen. Bei geänderten Voraussetzungen können gegebenenfalls zusätzliche Untersuchungen notwendig werden.

Zur Vermessung der Bohransatzpunkte in ihrer Lage wurde ein Global Positioning System (GPS) verwendet. Zur Bestimmung der Höhe wurde zudem ein Nivellement durchgeführt. Als Höhenbezugspunkt hierfür wurde ein Kanaldeckel im südlichen Bereich des Baufeldes verwendet, dessen Höhe von 420,39 m NN aus den vorliegenden Planunterlagen hervorgeht.

5. Baugrund

5.1 Aufbau

Der Untergrundaufbau wurde insgesamt durch 16 im Rammkernbohrverfahren ausgeführte Bohrungen (KRB) mit einem Außendurchmesser von DN 100 mm, acht Schürfgruben (Sch) sowie durch 24 Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH) erkundet (s. Lageplan Anlage 1). Die Ergebnisse sind entsprechend den Kennzeichnungen der DIN 4023 in neun Schnitten (s. Anlagen 2.1 bis 2.9) dargestellt.

Unter etwa 10 cm bis 40 cm mächtigen Mutterbodenschichten stehen zunächst vorwiegend hellgefärbte Sande mit unterschiedlichen Feingehaltsanteilen an. In diese Sande können schluffige, sandige Tone von rotbrauner bis grüngrauer Färbung und überwiegend steifer bis halbfester Konsistenz eingeschaltet sein. Die Tone treten nur lokal mit Mächtigkeiten in einer Größenordnung von wenigen Dezimetern auf. Des Weiteren wurde im Bereich der Bohrung KRB10 eine etwa 40 cm mächtige Torflage angetroffen.

Einzig im Schurf Sch1, der im Bereich eines durch das Waldgebiet verlaufenden Wirtschaftswegs ausgeführt wurde, wurden oberflächennah zunächst künstliche Auffüllungen in Form von steinigem Kies mit Beimengungen von Ziegel-, Holz- und Ascheresten angetroffen. Unterhalb der Auffüllungen stehen dann wieder die natürlich gewachsenen Sande an.

Darunter folgen dann die stark bis schwach verwitterten, mürben Sandsteine des Oberen Buntsandsteins. Diese wurden mit den Aufschlussendtiefen überall erreicht.

Die **Oberkante der mürben Sandsteine** wurde in den Aufschlüssen in folgender Tiefe unter den Ansatzpunkten angetroffen:

Aufschluss	Oberkante Sandsteine	Aufschluss	Oberkante Sandsteine
KRB1	1,70 m (411,40 m NN)	KRB4	3,00 m (410,95 m NN)
KRB2	2,70 m (413,15 m NN)	KRB5	1,40 m (413,20 m NN)
KRB3	2,50 m (410,40 m NN)	KRB6	2,60 m (413,05 m NN)
KRB7	2,60 m (413,35 m NN)	KRB16	2,40 m (413,25 m NN)
KRB8	2,70 m (411,30 m NN)	Sch1	1,80 m (410,60 m NN)
KRB9	2,40 m (411,75 m NN)	Sch2	1,90 m (413,35 m NN)
KRB10	2,80 m (411,65 m NN)	Sch3	2,60 m (413,40 m NN)
KRB11	2,40 m (411,25 m NN)	Sch4	1,70 m (412,80 m NN)
KRB12	2,50 m (414,50 m NN)	Sch5	2,30 m (416,05 m NN)
KRB13	2,60 m (414,50 m NN)	Sch6	2,50 m (412,95 m NN)
KRB14	2,00 m (415,50 m NN)	Sch7	2,20 m (413,60 m NN)
KRB15	2,30 m (413,40 m NN)	Sch8	2,30 m (415,25 m NN)

Durch die **Sondierungen mit der schweren Rammsonde (DPH)** werden die vorliegenden Aufschlüsse ergänzt. Bei den hier anstehenden, vorwiegend nichtbindigen Böden kann oberhalb des Grundwasserspiegels erfahrungsgemäß ab Schlagzahlen von größer fünf Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe der Sondierspitze von einer mitteldichten Lagerung der Sande bzw. einer vergleichbaren Festigkeit der bindigen Böden ausgegangen werden.

Die Sondierungen zeigen in den oberflächennahen Bereichen zunächst überwiegend geringe Schlagzahlen, die auf eine lockere Lagerung des Mutterbodens bzw. der obersten Bodenschichten hindeuten. Darunter steigen die Schlagzahlen größtenteils auf Werte von über fünf Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe an. Dies weist auf eine zumindest mitteldichte Lagerung der anstehenden Sande bzw. eine vergleichbare Festigkeit der mitunter eingeschalteten bindigen Zwischenlagen hin.

Einige Sondierungen zweigen in diesen Bereichen jedoch einen kurzzeitigen Rückgang der Schlagzahlen auf Werte von unter fünf Schlägen pro 10 cm Eindringtiefe. Dies kann auf weichere, bindige Zwischenlagen oder auf den Einfluss des Grundwassers zurückgeführt werden. Mit den Sondierendtiefen steigen die Schlagzahlen überall sprunghaft auf Werte von deutlich über fünf Schlägen an, was mit dem Erreichen Sandsteinoberkante korreliert.

Abweichungen und Besonderheiten sind in wechselnden Feingehaltsanteilen der Sande, in unterschiedlichen Konsistenzen der bindigen Zwischenlagen, in Schichtinhomogenitäten, in einem wechselnden Schichtgrenzenverlauf sowie in verschiedenen Verwitterungszuständen der anstehenden Sandsteine zu erwarten.

5.2 Hydrologie

Grundwasser wurde während der Feldarbeiten mit Ausnahme der Aufschlüsse KRB5, KRB13, Sch1, Sch2 und Sch8 in allen ausgeführten Aufschlüssen in folgender Tiefe unter den Ansatzpunkten angetroffen:

Aufschluss	GW angetroffen	Aufschluss	GW angetroffen
KRB1	1,65 m (411,45 m NN)	KRB12	0,65 m (416,35 m NN)
KRB2	2,40 m (413,45 m NN)	KRB14	1,40 m (416,10 m NN)
KRB3	0,90 m (412,00 m NN)	KRB15	1,05 m (414,65 m NN)
KRB4	0,75 m (413,20 m NN)	KRB16	0,50 m (415,15 m NN)
KRB6	1,10 m (414,55 m NN)	Sch3	1,80 m (414,20 m NN)
KRB7	1,15 m (414,80 m NN)	Sch4	1,70 m (412,80 m NN)
KRB8	0,70 m (413,30 m NN)	Sch5	2,30 m (416,05 m NN)
KRB9	0,50 m (413,65 m NN)	Sch6	2,20 m (413,25 m NN), angestiegen bis 1,40 m (414,05 m NN)
KRB10	0,70 m (413,75 m NN)		
KRB11	0,55 m (413,10 m NN)	Sch7	1,30 m (414,50 m NN)

Bei dem angetroffenen Grundwasser handelt es sich um ständig drückendes Grundwasser. Die Wasserstände werden mittel- und unmittelbar von der Wasserführung des Schaumbachs und dessen Zuflüssen beeinflusst. Sie sind witterungsabhängig und unterliegen jahreszeitlich bedingten Schwankungen.

Der in Tiefen zwischen 1,40 m und 3,00 m unter der Geländeoberfläche anstehende Sandstein ist erfahrungsgemäß als undurchlässig anzusehen und bildet damit einen Wasserstauer. Bei ungünstigen Witterungsbedingungen ist daher mit einem Aufstau des Grundwassers auf den Sandsteinen bis zur derzeitigen Geländeoberkante zu rechnen. Langfristige Grundwasserbeobachtungen liegen uns derzeit jedoch nicht vor. Ein Bemessungswasserstand ist ungünstigst bis zur jetzigen Geländeoberkante anzusetzen und sollte vonseiten des Wasserwirtschaftsamts geprüft werden.

Informationen zu den tieferen Grundwasserstockwerken im Buntsandstein im unmittelbaren Umkreis von Grafenwöhr liegen nicht vor. An dieser Stelle sei jedoch darauf hingewiesen, dass in den Festgesteinen des Buntsandsteins wasserführende Klüfte auftreten können.

Größere Gräben im Baufeld sind vor Aufbringung der Geländeauffüllung mittels einer Rohrleitung zu fassen und gezielt abzuleiten.

6. Kennwerte Böden und Grundwasser

6.1 Laborversuche an Bodenproben

Es wurden insgesamt 11 Bodenproben der Güteklasse 3 nach DIN EN ISO 22 475 entnommen und im eigenen Baugrundlabor hinsichtlich bodenmechanischer Parameter untersucht. An diesen Proben wurden kombinierte Sieb-Schlämmanalysen und Plastizitätsversuche durchgeführt sowie die Wassergehalte und die Scherfestigkeit bestimmt.

Die **Sieb-Schlämmanalysen** (s. Anlagen 3.1 bis 3.3) kennzeichnen sieben gemischtkörnige Sande mit Feinanteilen kleiner 0,06 mm zwischen rund 9,2 % und 24,1 % sowie zwei feinkörnige Tone mit Feinanteilen von ca. 40,4 % und 50,7 %.

Die durchgeführten **Plastizitätsversuche** (s. Anlagen 4.1 und 4.2) ergaben Wassergehalte an der Fließgrenze von 26,5 % und 35,8 % sowie Wassergehalte an der Ausrollgrenze von 14,3 % und 15,1 %. Mit den natürlichen Wassergehalten errechnen sich die Plastizitätszahlen zu 12,2 % und 20,7 %. Die Konsistenzbestimmung ergibt dann Werte von 1,03 und 0,86. Demnach handelt es sich bei den untersuchten Böden um einen leichtplastischen Ton von halbfester Konsistenz sowie einen mittelplastischen Ton von steifer Konsistenz.

An allen untersuchten Proben wurden die **Wassergehalte** bestimmt. Dabei ergaben sich Werte für den Wassergehalt der Böden zwischen 6,0 % und 17,9 %.

Des Weiteren wurde an einem Ton von steifer Konsistenz (Labor-Nr. 15) ein CU-Rahmenscherversuch durchgeführt. Dabei wurden ein Winkel der inneren Reibung $\varphi = 26,1^\circ$ und eine Kohäsion $c = 20,8 \text{ kN/m}^2$ ermittelt.

Gemäß der DIN 18 196 gehören die untersuchten Böden zu den Bodengruppen SU, SU*, TL und TM. Die Böden der Bodengruppe SU sind abhängig von den jeweiligen Feingehaltsanteilen als nicht frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F1) bzw. als gering bis mittel frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F2) einzustufen. Die Böden der Bodengruppe SU*, TL und TM sind als sehr frostempfindlich (Frostempfindlichkeitsklasse F3) zu klassifizieren.

Nach den empirischen Formeln von BEYER besitzen die untersuchten Sande **Durchlässigkeitskoeffizienten** in einer Größenordnung von $k_f = 4,5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ bis $k_f = 1,7 \times 10^{-7} \text{ m/s}$. Nach DIN 18 130 Teil 1 sind diese damit als durchlässig bis schwach durchlässig zu bezeichnen.

6.2 Dynamische Plattendruckversuche

Zur Abschätzung der Tragfähigkeit der im Baubereich anstehenden Böden wurden in den angelegten Schürfgruben dynamischen Plattendruckversuche mit dem leichten Fallgewicht durchgeführt. In der folgenden Tabelle sind die gemessenen dynamischen Verformungsmoduln E_{vd} zusammengefasst. Zudem werden die daraus resultierenden, in etwa zu erwartenden Verformungsmoduln E_{v2} mit angegeben.

Aufschluss	Prüftiefe	E_{vd} [MN/m ²]	E_{v2} , geschätzt [MN/m ²]
Sch1	0,60 m (411,80 m NN)	25,3	45
Sch2	0,50 m (414,75 m NN)	15,9	30
Sch3	0,45 m (415,55 m NN)	14,1	25
Sch4	0,25 m (414,25 m NN)	19,0	35
Sch5	0,35 m (418,00 m NN)	7,8	12
Sch6	0,50 m (414,85 m NN)	16,4	30
Sch7	0,45 m (415,35 m NN)	19,2	35
Sch8	0,20 m (417,35 m NN)	17,1	30
Mittelwert		16,8	30

6.3 Proctorversuche

Zur Abschätzung der erreichbaren Dichte bei einem Wiedereinbau der eventuell beim Aushub anfallenden Böden wurden drei Proctorversuche durchgeführt. Die Ergebnisse werden in den Anlagen 5.1 bis 5.3 dargestellt und werden in der folgenden Tabelle kurz zusammengefasst.

Die Mindestanforderungen für den Verdichtungsgrad von Böden im Untergrund bzw. Unterbau von Straßen und Wegen sind in der Tabelle 2 der ZTV E-StB 09 genannt. Bei den hier angetroffenen, überwiegend stark schluffigen Sanden (Bodengruppe SU*) sowie den anstehenden Tonen muss der Untergrund bzw. Unterbau von Straßen einen Verdichtungsgrad von wenigstens $D_{pr} = 97\%$ besitzen.

Labor-Nr.	Entnahmestelle & -tiefe	Natürlicher Wassergehalt w [%]	min/max Wassergehalt w [%] bei $D_{Pr} = 97 \%$	97 % der Proctordichte ρ_d [g/cm ³]
09	Sch5 (0,90 m)	11,3	9,0 / 15,0	1,86
14	Sch8 (1,00 m)	8,3	- / 16,4	1,81
15	Sch8 (2,00 m)	17,9	- / 16,2	1,82

Entsprechend diesen Ergebnissen liegen die ermittelten natürlichen Wassergehalte der Sande (Labor-Nr. 09 und 14) innerhalb der Grenzen zur Erreichung eines Verdichtungsgrads von 97 % der Proctordichte. Der natürliche Wassergehalt des untersuchten Tons (Labor-Nr. 15) liegt über dem maximalen Wassergehalt, der für einen Verdichtungsgrad von zumindest 97 % notwendig ist. Hier wären dann vor einem Wiedereinbau zusätzliche Maßnahmen erforderlich.

6.4 Charakteristische Bodenkenngrößen

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse können erfahrungsgemäß vereinfachend die folgenden charakteristischen Bodenkenngrößen angesetzt werden:

Torf

Feuchtwichte	$\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 8,0 \text{ kN/m}^3$
Gesamtscherfestigkeit	$\varphi = 25,0^\circ$
Steifemodul	$E_s = 3 \text{ bis } 5 \text{ MN/m}^2$

Tone, steif

Feuchtwichte	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 9,0 \text{ kN/m}^3$
Gesamtscherfestigkeit	$\varphi = 27,5^\circ$
Steifemodul	$E_s = 5 \text{ bis } 8 \text{ MN/m}^2$

Tone, halbfest

Feuchtwichte	$\gamma = 20,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$
Gesamtscherfestigkeit	$\varphi = 32,5^\circ$
Steifemodul	$E_s = 10 \text{ bis } 15 \text{ MN/m}^2$

Sande

Feuchtwichte	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 10,0 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel	$\varphi = 32,5^\circ$
Steifemodul	$E_s = 15 \text{ bis } 20 \text{ MN/m}^2$

Sandstein

Feuchtwichte	$\gamma = 22,0 \text{ kN/m}^3$
Auftriebswichte	$\gamma' = 12,0 \text{ kN/m}^3$
Reibungswinkel bzw. Gesamtscherfestigkeit	$\varphi = 37,5^\circ$
Steifemodul	$E_s = 50 \text{ bis } 60 \text{ MN/m}^2$

Diese Größen sind für erdstatische Berechnungen zu verwenden.

6.5 Grundwasser-Betonaggressivität

Es wurden insgesamt drei Grundwasserproben entnommen und gemäß der DIN 4030 auf Betonaggressivität untersucht. Die Ergebnisse werden in folgender Tabelle zusammenfassend dargestellt.

Aufschluss	pH-Wert	kalklösende Kohlensäure nach Heyer CO_2	Ammonium NH_4^+	Sulfat SO_4^{2-}	Magnesium Mg^{2+}
Sch7	5,96	2,2 mg/l	0 mg/l	< 200 mg/l	100 mg/l
KRB9	4,71	5,5 mg/l	0 mg/l	< 200 mg/l	100 mg/l

Aufschluss	pH-Wert	kalklösende Kohlensäure nach Heyer CO ₂	Ammonium NH ₄ ⁺	Sulfat SO ₄ ²⁻	Magnesium Mg ²⁺
KRB16	5,44	6,6 mg/l	0 mg/l	< 200 mg/l	100 mg/l

Aufgrund der schwach bis mäßig sauren pH-Werte sind die untersuchten Grundwasserproben gemäß der DIN 1045-2 bzw. der DIN EN 206-1 als „**chemisch schwach angreifend**“ (Sch7) bzw. als „**chemisch mäßig angreifend**“ (KRB9 und KRB16) einzustufen.

Für Betonbauteile, welche dauerhaft mit dem Grundwasser in Berührung kommen können, wäre hier entsprechend der DIN 1045 im Allgemeinen ein Beton mit der Expositions-kategorie XA 2 zu wählen.

7. Beurteilung der Versickerungsmöglichkeiten

Zur Bestimmung der zutreffenden Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Werte) wurde in den Bohrungen KRB2 und KRB14 sowie unmittelbar neben dem Schurf Sch1 ebenfalls im Bohrloch jeweils ein Sickerversuch durchgeführt. Die Bohrungen wurden bis in Tiefen von etwa 0,50 m (KRB14), 0,60 m (KRB2) und 1,20 m (Bohrung bei Sch1) unter den Ansatzpunkten verrohrt. Die maßgebende Sickerfläche liegt somit jeweils im Bereich der natürlich anstehenden Sande.

Nach dem Einbringen der Verrohrung wurde die jeweilige Bohrung mit Wasser gefüllt. Um eine annähernde Sättigung des Untergrundes zu erreichen, beginnen die Messungen erst nach einer Wartezeit von ca. einer Stunde. Anschließend wurde dann im Abstand von 15 Minuten die jeweilige Absenkung gemessen.

Aus der Sickerfläche und der mittleren Absenkung können bei Ansatz eines hydraulischen Gefälles von $i = 1$ die zugehörigen Durchlässigkeitsbeiwerte ermittelt werden. Nachfolgend sind die durchschnittlichen Absenkungsraten sowie die jeweiligen Durchlässigkeitsbeiwerte dargestellt:

Aufschluss	Durchschnittliche Absenkung	Zeitraum	Durchlässigkeit k_f -Wert
KRB2	4,4 cm	15 min	$9,3 \times 10^{-5}$ m/s
KRB14	17,5 cm	15 min	$1,9 \times 10^{-4}$ m/s
Bohrung bei Sch1	0,5 cm	4 h	$6,9 \times 10^{-7}$ m/s

Gemäß den Festlegungen des ATV-Merkblatts A 138 liegt der entwässerungstechnisch relevante Versickerungsbereich in etwa zwischen 1×10^{-3} m/s und 1×10^{-6} m/s. Damit sind die in den Bohrungen **KRB2 und KRB14** in Tiefen zwischen 0,50 m und 0,60 m angetroffenen **Sande für eine fachgerechte Versickerung grundsätzlich geeignet**. Die tiefer anstehenden Sande in der Bohrung unmittelbar neben dem Schurf Sch1 besitzen einen deutlich höheren Feingehaltsanteil. Hier ist eine fachgerechte Versickerung nicht möglich.

Anhand der durchgeführten Laborversuche zur Bestimmung der bodenmechanischen Parameter (s. Kap. 6.1) wurden für die anstehenden Sande Durchlässigkeitsbeiwerte zwischen $4,5 \times 10^{-5}$ m/s und $1,7 \times 10^{-7}$ m/s ermittelt.

Die teilweise stark abweichenden Durchlässigkeitsbeiwerte sind wahrscheinlich auf die unterschiedlichen Feingehalte der Sande zurückzuführen, die kleinräumig wechseln können. Daher empfehlen wir für die Bemessung einer Versickerungsanlage die Annahme eines mittleren k_f -Werts von **$k_f = 1,0 \times 10^{-5}$ m/s**. Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass der Sickerraum bzw. der Mindestabstand zum mittleren Grundwasserspiegel mindestens einen Meter betragen muss. Nur in Ausnahmefällen ist eine geringere Mächtigkeit des Sickerraums zulässig.

Die vorliegenden Aufschlüssen stellen eine stichpunktartige Untersuchung dar. Schichtinhomogenitäten und wechselnde Untergrundverhältnisse können somit auch kleinräumig nicht ausgeschlossen werden.

Die Versickerungsanlage ist gemäß den Hinweisen und Festlegungen des Arbeitsblattes ATV-DVWK-A 138 der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall zu bemessen und herzustellen.

Die Versickerungsanlage ist wenigstens einmal im Halbjahr vom Betreiber zu kontrollieren und größere Stoffanreicherungen gegebenenfalls zu entfernen. Zur Ableitung eines unerwartet hohen Wasserandrangs ist die Möglichkeit eines Notüberlaufs vorzusehen.

8. Einteilung nach DIN 18 300:2016-09 Erdarbeiten

Die Einteilung der Homogenbereiche erfolgt vorläufig auf Grundlage des vorliegenden Planungsstands. Sollten sich im Verlauf der weiteren Planungsphase bzw. der Bauausführung Änderungen ergeben, ist die Einteilung der Homogenbereiche erneut zu prüfen und gegebenenfalls anzupassen. Im Falle von maßgeblichen Änderungen der Bauausführung können weitere Untersuchungen bzw. die Fortschreibung der Homogenbereiche notwendig werden.

8.1 Festlegung der Homogenbereiche

Bei der Bezeichnung der Homogenbereiche sind die Buchstaben B (überwiegend Boden), X (überwiegend Fels) und O (überwiegend Mutterboden) zu verwenden. Zudem werden die Homogenbereiche nummeriert.

Das vorgesehene Baufeld ist derzeit vollständig bewaldet. Hier wurden während der Baugrunduntersuchungen zunächst die natürlichen Böden in Form von Sanden mit unterschiedlichen Feingehalten sowie eingeschalteten bindigeren Zwischenlagen angetroffen, die von den anstehenden Sandsteinen des Oberen Buntsandsteins abgelöst werden. Im Bereich der bestehenden Wirtschaftswege stehen mitunter künstliche Auffüllungen in Form von steinigem Kies und Sanden an.

Die beim Aushub anfallenden Böden sollen nach Möglichkeit wiederverwendet werden. Überschüssiges Bodenmaterial wird voraussichtlich abgefahren und eventuell an anderer Stelle wiedereingebaut bzw. entsorgt.

Um die Böden besser beschreiben zu können, werden zudem noch die Bodenklassen entsprechend der alten DIN 18 300:2012-09 mit angegeben. Zur Einstufung der Homogenbereiche während der Aushubarbeiten stehen wir gerne zur Verfügung.

Entsprechend dem bisherigen Planungsstand und den ausgeführten Baugrundaufschlüssen ergibt sich die folgende Einteilung in Homogenbereiche:

Homogenbereich	Bodenschicht	Benennung
O1	Oberboden	-
B1	Steine, Kiese und Sande	Auffüllungen
B2	Sande und Tone	natürliche Böden
X1	Sandsteine	Buntsandstein

8.2 Homogenbereich O1 (Oberboden)

Der **Mutterboden** wird in den Homogenbereich O1 eingeteilt und wurde in allen ausgeführten Aufschlüssen mit Mächtigkeiten zwischen 0,10 m und 0,40 m angetroffen. Gemäß der ehemaligen DIN 18300:2012-09 entsprach der Mutterboden der Bodenklasse 1.

8.3 Homogenbereich B1 (Auffüllungen)

Die im Bereich der bestehenden Wirtschaftswege angetroffenen Auffüllungen (Sch1) in Form von steinigem Kies und Sanden werden in den Homogenbereich B1 zusammengefasst. Diese können mitunter Ziegelbruch, Holzstücke sowie Aschereste enthalten.

Gemäß der chemischen Analyse einer Mischprobe auf die Parameter der LAGA-Richtlinie, deren Ergebnisse im Bericht PN 22651-1 dargestellt und zusammengefasst werden, sind die Auffüllungen als Z0-Material einzustufen. Eine endgültige Beurteilung hinsichtlich der Wiederverwertung bzw. Entsorgung kann jedoch erst nach dem Aushub und einer repräsentativen Beprobung entsprechend der anfallenden Kubatur erfolgen.

8.4 Homogenbereich B2 (natürliche Böden)

Die in allen ausgeführten Bohrungen unterhalb des Mutterbodens angetroffenen natürlich gewachsenen Böden werden in den Homogenbereich B2 zusammengefasst. Bei diesen

Böden handelt es sich überwiegend um gemischtkörnige Sande mit unterschiedlichen Feingehalten. Die Zusammensetzung der Sande wechselt kleinräumig. In diese Sande können bindige Zwischenlagen aus steifen bis halbfesten Tonen mit Mächtigkeiten von wenigen Dezimetern eingeschaltet sein, die bei einem Aushub voraussichtlich nicht getrennt zu erfassen sind.

Gemäß der chemischen Analyse auf die Parameter der LAGA-Richtlinie sind die natürlichen Böden aufgrund teilweise erhöhter Schwermetallgehalte (insbesondere Blei und Kupfer) als Z0- bis Z2-Material einzustufen.

Die weiteren Eigenschaften und Kennwerte des Homogenbereichs B2 wurden im Zuge der Feldarbeiten sowie anhand von durchgeführten bodenmechanischen Laborversuchen im hauseigenen Labor ermittelt und werden in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst:

Ortsübliche Bezeichnung	Sande mit bindigen Einschaltungen			
	T	U	S	G
Kornanteile mind.	1	5	48	0
Kornanteile max.	21	34	84	21
Mittelwert	7,9	13,8	71,8	6,6
Standardabweichung (n-1)	6,5	9,1	11,5	6,3
Massenanteil Steine	keine in Proben vorhanden			
Wassergehalt [%]	6 bis 18			
Mittelwert	12,4			
Standardabweichung (n-1)	3,6			
Plastizitätszahl [Gew.-%]	12 bis 21			
Mittelwert	16,5			
Standardabweichung (n-1)	6,0			

Konsistenzzahl [Gew.-%]	0,8 bis 1,1
Mittelwert	0,9
Standardabweichung (n-1)	0,1
Undrainede Scherfestigkeit [kN/m²]	Gemäß Literatur: Tone, Schluffe (weich): $c_u = 25$ bis 50 Tone, Schluffe (steif): $c_u = 50$ bis 100 Tone, Schluffe (halbfest): $c_u = 100$ bis 200
Lagerungsdichte	locker bis mitteldicht
Einstufung gemäß LAGA	Z0 bis Z2
Bodengruppen	SU, SU*, TL, TM

Die Böden des Homogenbereiches B2 können mit üblichen Hydraulikbaggern gut gelöst werden.

Entsprechend der ehemaligen DIN 18300:2012-09 wären die Böden des Homogenbereichs B2 in die Bodenklassen von 3 bis 5 (leicht bis schwer lösbare Bodenarten) eingestuft worden.

8.5 Homogenbereich X1 (Sandsteine)

Während der Feldarbeiten wurden mit den Bohrungsendtiefen der ausgeführten Bohrungen sowie mit den Endtiefen der Schürfgruben die mürben Sandsteine des Oberen Buntsandsteins erreicht. Diese bilden den Homogenbereich X1.

Mit den gewählten Aufschlussverfahren war mit dem Erreichen der Felsoberkante kein weiterer Bohrfortschritt mehr möglich. Sollten spezifische Angaben zu den anstehenden Sandsteinen benötigt werden, wird die Ausführung von Aufschlussbohrungen erforderlich. Anhand dieser können dann die notwendigen Kennwerte und Parameter der Sandsteine ermittelt und angegeben werden.

9. Gründung der Gebäude

9.1 Gründungsart und Gründungstiefe

Aus Gründen der Frostsicherheit ist eine Mindestgründungstiefe von 1,20 m unter der Geländeoberfläche einzuhalten.

Die Gründung der Gebäude wird voraussichtlich zumindest in Teilbereichen in den **natürlich gewachsenen Böden** erfolgen. Mit den frostfreien Mindestgründungstiefen der Einzel- und Streifenfundamente werden voraussichtlich überall die Sande erreicht. Diese sind als ausreichend tragfähig anzusehen. Sollten in den Gründungssohlen noch künstliche Auffüllungen oder aufgeweichte bindige Böden anstehen, sind diese gegen Unterbeton zu ersetzen.

Die Unterkante der **Bodenplatte** wird voraussichtlich in den bestehenden Auffüllungen bzw. in den oberflächennah locker gelagerten Sanden zu liegen kommen. Zum Ausgleich der unterschiedlichen Untergrundverhältnisse wird hier der Einbau eines ca. 20 cm dicken Schotterpolsters empfohlen. Hierfür kann ein gut abgestuftes, verdichtungswilliges Schottermaterial, z.B. der Körnung 0/56 mm, verwendet werden. Das Schottermaterial ist lagenweise einzubauen und fachgerecht zu verdichten.

Aufgrund der in Teilbereichen vorgesehenen **Geländeanschüttung** von rund zwei bis drei Metern werden mit den frostfreien Gründungssohlen der Einzel- bzw. Streifenfundamente in diesen Bereichen die Auffüllungen erreicht. In und auf den Anschüttungen kann bei fachgerechter Verdichtung mittels Einzel- und Streifenfundamenten gegründet werden. Daher sind die geplanten Geländeanschüttungen aus einem gut abgestuften, verdichtungswilligen Material, z.B. der Körnung 0/45 mm oder 0/56 mm, herzustellen. Dazu kann ein Schottermaterial oder auch ein entsprechend gebrochenes Betonrecycling verwendet werden. Das Material muss jedoch den jeweiligen Anforderungen an den Verdichtungsgrad und die Tragfähigkeit sowohl im Bereich des Gebäudes als auch der Außenanlagen genügen.

Vor Einbringung der Auffüllungen sind der Mutterboden sowie eventuell aufgelockerte, organische oder stark wasserhaltige Böden auszubauen. Die Auffüllungen sind anschließend lagenweise einzubauen und fachgerecht zu verdichten.

Unterhalb der Fundamente ist dabei eine Proctordichte von wenigstens $D_{Pr} = 100 \%$ sowie ein Verformungsmodul der Wiederbelastung von $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$ und ein Verhältnswert E_{v2}/E_{v1} von höchstens 2,3 einzuhalten. Ansonsten ist bis 1,0 m unter der Höhe des Erdplanums eine Proctordichte von mindestens $D_{Pr} = 98 \%$ nachzuweisen.

Unterhalb der **Bodenplatte** sind die vorgesehenen Auffüllungen bei fachgerechter Verdichtung für die üblichen Lasten als ausreichend tragfähig anzusehen.

Die Verdichtung der Geländeanschüttungen ist durch geeignete bodenmechanische Versuche, z.B. mittels Plattendruckversuchen oder Dichtebestimmungen, zu prüfen. An den Rändern sind die Anschüttungen unter maximal 45° nach außen abzuböschten.

Eventuelle Sondervorschläge zur Gründung sind uns zur Prüfung bodenmechanischer und gründungstechnischer Belange vorzulegen.

9.2 Bodenpressungen und Setzungen

Zur Ermittlung der zulässigen vertikalen Bodenpressungen bzw. der Sohlwiderstände wurden Grundbruchberechnungen mit den charakteristischen Bodenkenngrößen (Kap. 6.2) durchgeführt. Dabei errechnet sich die Grundbruchsicherheit in Abhängigkeit von der Mindestbreite (b) und der Mindesteinbindetiefe (t = Fundamentsohle bis Fußboden- bzw. Geländeoberfläche) der Fundamente.

Dazu werden im Folgenden die aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005 sowie die Bemessungswerte der Sohlwiderstände nach DIN 1054:2010-12 (Eurocode 7) angegeben.

Zur Berechnung der aufnehmbaren Sohldrücke nach dem **Globalsicherheitssystem** können die aufnehmbaren Sohldrücke gemäß DIN 1054:2005 voraussichtlich nach dem Verfahren für einfache Fälle, Kapitel 7.7 ermittelt werden. Dabei kann der **charakteristische Sohldruck** σ_{vorh} dem **aufnehmbaren Sohldruck** σ_{zul} gegenübergestellt werden. Dazu werden **für den Lastfall LF 1 nach DIN 1054:2005** (ständige und vorübergehende Bemessungssituationen) die ermittelten charakteristischen Grundbruchwiderstände durch den **Sicherheitsbeiwert von 2,0** dividiert.

Bei der Berechnung mit dem **Teilsicherheitsverfahren** nach DIN 1054:2010-12 (EC7), Kapitel 6.10, kann voraussichtlich der vereinfachte Nachweis in Regelfällen angewendet werden. Hierfür wird der **Bemessungswert der Sohldruckbeanspruchung** $\sigma_{E,d}$ dem **Bemessungswert des Sohlwiderstands** $\sigma_{R,d}$ gegenübergestellt.

Für die **Bemessungssituation BS-P** (ständige Bemessungssituation) und im **Grenzzustand GEO-2** (sehr große Verformungen oder Bruch im Baugrund), werden hierfür die charakteristischen Grundbruchwiderstände durch den **Sicherheitsbeiwert** $\gamma_{R,v} = 1,4$ dividiert.

Für eine **Gründung auf und in den natürlich gewachsenen Sanden**, können unter Berücksichtigung der Grundwasserverhältnisse die folgenden aufnehmbaren Sohldrücke σ_{zul} [kN/m²] bzw. die Bemessungswerte der Sohlwiderstände $\sigma_{R,d}$ [kN/m²] angesetzt werden:

Streifenfundamente (Globaler Sicherheitsbeiwert $\eta = 2,0$, nach DIN 1054:2005)

Einbindetiefe t [m]	Breite b [m]		
	0,5	1,0	1,5
0,5	155	195	250
1,5	280	320	355
σ_{zul} [kN/m ²]			

Streifenfundamente (Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{R,v} = 1,4$, nach Eurocode 7)

Einbindetiefe t [m]	Breite b [m]		
	0,5	1,0	1,5
0,5	220	275	355
1,5	400	455	505
$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]			

Einzelfundamente (Globaler Sicherheitsbeiwert $\eta = 2,0$, nach DIN 1054:2005)

Einbindetiefe t [m]	Breite b [m]		
	0,5	1,0	1,5
0,5	205	230	275
1,5	390	470	505
σ_{zul} [kN/m ²]			

Einzelfundamente (Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{R,v} = 1,4$, nach Eurocode 7)

Einbindetiefe t [m]	Breite b [m]		
	0,5	1,0	1,5
0,5	290	325	390
1,5	555	670	720
$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]			

Zwischenwerte können linear interpoliert werden.

Eine ausreichende Sicherheit gegen Grundbruch gilt als nachgewiesen, wenn der charakteristische Sohldruck σ_{vorh} bzw. der Bemessungswert der Sohlbeanspruchung $\sigma_{E,d}$ kleiner gleich dem aufnehmbaren Sohldruck σ_{zul} bzw. dem Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ ist.

Bei außermittigen Beanspruchungen gelten diese Werte für die gemäß DIN 1054 reduzierten Sohlflächen. Bei zusätzlichen Horizontalkräften H sind die Werte für den aufnehmbaren Sohldruck bzw. den Bemessungswert des Sohlwiderstands entsprechend den Vorgaben der DIN 1054 zu reduzieren. Eine klaffende Fuge ist unter den ständigen Lasten nicht und unter den Gesamtlasten nur bis zum Sohlflächenschwerpunkt zulässig.

Mit den genannten aufnehmbaren Sohldrücken bzw. Sohlwiderständen ergeben sich rechnerische **Setzungen und Setzungsunterschiede** in einer Größenordnung von bis zu etwa zwei Zentimetern. Erfahrungsgemäß werden dabei rund zwei Drittel der Setzungen aus dem Lastfall Eigengewicht bereits während der Bauzeit abklingen.

10. Gründung der Regenrückhalte- und Absetzbecken

10.1 Gründungsart und Gründungstiefe

Aus Gründen der Frostsicherheit ist eine Mindestgründungstiefe von 1,20 m unter der Geländeoberfläche einzuhalten. Das Regenrückhalte- sowie das Absetzbecken werden voraussichtlich mittels elastisch gebetteter Fundamentplatten gegründet.

Mit den vorgesehenen Gründungssohlen des Regenrückhaltebeckens werden überwiegend die Sande erreicht. In Teilbereichen stehen bereits die mürben Sandsteine an. Sowohl die Sande als auch die Sandsteine sind für die Gründung des Beckens als ausreichend tragfähig anzusehen.

Aufgrund der größeren Einbindetiefe des Absetzbeckens werden mit den Gründungssohlen voraussichtlich flächig die mürben bis festen Sandsteine erreicht. Hier ist mit dem Lösen von Fels zu rechnen.

Sollten in den Aushubsohlen noch aufgelockerte oder aufgeweichte Böden auftreten, sind diese gegen ein nichtbindiges Schottermaterial, z.B. der Körnung 0/56 mm, auszutauschen. Der eventuell notwendige Bodenaustausch ist lagenweise einzubauen und fachgerecht zu verdichten.

Die notwendigen Zu- und Ableitungen sind möglichst gelenkig bzw. biegeweich anzuschließen, um unterschiedliche Setzungen zwängungsfrei zu ermöglichen.

Bei einer Gründung der Becken mittels einer **elastisch gebetteten Fundamentplatte** wird erfahrungsgemäß mit den mittleren vertikalen Bodenpressungen eine **ausreichende Sicherheit gegen Grundbruch** eingehalten.

Für lastabtragenden Streifen mit einer mitwirkenden Breite von wenigstens $b = 1,00$ m kann eine zulässige Bodenpressung von $\sigma_{zul} = 280 \text{ kN/m}^2$ (Globaler Sicherheitsbeiwert $\eta = 2,0$, nach DIN 1054:2005) bzw. ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von $\sigma_{R,d} = 400 \text{ kN/m}^2$ (Teilsicherheitsbeiwert $\gamma_{R,v} = 1,4$, nach Eurocode 7) angesetzt werden.

Für die Bemessung der elastisch gebetteten Fundamentplatte kann bei einer Gründung in den Sanden ein mittlerer vertikaler **Bettungsmodul** von $k_s = 15,0 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden.

Eventuelle Sondervorschläge zur Gründung sind uns zur Prüfung bodenmechanischer und gründungstechnischer Belange vorzulegen.

10.2 Erddruck, Wasserdruck und Arbeitsräume

Für die Bemessung relativ starrer bzw. gut ausgesteifter Bauwerkswände ist der Erdruck anzusetzen. Der Erdruckbeiwert kann zu $K_0 = 1 - \sin \varphi$ gewählt werden.

Wird statischerseits eine horizontale Durchbiegung in halber Wandhöhe entsprechender einer Größenordnung von rund 1/1000 der Höhe nachgewiesen, so ist der Ansatz des aktiven Erddrucks ausreichend.

Ein Wandreibungswinkel kann bis zu $\frac{2}{3} \varphi$ angesetzt werden, wenn keine reibungsmindernden, plastischen Anstriche oder Sperrschichten verwendet werden.

Für die jeweils höchsten Grundwasserstände (s. Kap. 5.2) sind die Bodenplatten für den entsprechenden Sohlwasserdruck und die Bauwerkswände mit dem hydrostatischen Wasserdruck (Erddruck mit Auftriebswichte) zu bemessen. Zudem ist die Auftriebssicherheit für Bauzustände und den Endzustand nachzuweisen.

Zur Verfüllung der Arbeitsräume können die beim Aushub anfallenden Sande sowie die eventuell anfallenden, zumindest steifen bindigen Böden wiederverwendet werden. Die bindigen Böden sind dabei jedoch als sehr feuchtigkeitsempfindlich anzusehen. Bereits bei geringen Wassergehaltsänderungen wird die Einbaubarkeit stark vermindert. Sie müssen daher während der Lagerung vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Aufgeweichte bindige Böden sind für eine fachgerechte Verdichtung nicht geeignet.

11. Kanalleitungen

Aus Gründen der Frostsicherheit ist eine Mindestgründungstiefe der Kanalleitungen von 1,20 m unter der Geländeoberfläche einzuhalten. Dies ist auch für den Scheitel der Abwasserrohre anzusetzen, wenn nicht andere Maßnahmen zur Frostsicherung getroffen werden.

Die anstehenden Sande sowie die Sandsteine sind für eine fachgerechte Rohrbettung als ausreichend tragfähiger Untergrund anzusehen.

Die Arbeiten für das Auflagerbett und die Verfüllung der Leitungszone (von Grabensohle bis in eine Höhe von mindestens 30 cm über dem Rohrscheitel) sind entsprechend den Vorschriften der ZTVA-StB 97 durchzuführen.

Unterhalb der Frostschutzschichten können für die Wiederverfüllung der Leitungsgräben im Baubereich die beim Aushub anfallenden Sande sowie die zumindest steifen bindigen Böden Kiese verwendet werden.

Im Bereich der Frostschutzschicht ist ein geprüftes frostsicheres Material zu verwenden.

12. Verkehrsflächen

Die Dicke des frostsicheren Oberbaus der Verkehrsflächen bestimmt sich nach den „Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen RStO 12“. Im Bereich des voraussichtlichen Erdplanums stehen entweder die natürlich gewachsenen Sande oder die vorgesehenen Geländeanschlüttungen an. Aufgrund der lokal wechselnden Feingehaltsanteile der Sande ist im Bereich der natürlichen Böden einheitlich von der Frostempfindlichkeitsklasse F3 auszugehen.

Sollten die geplanten Anschüttungen, wie in Kap. 9.1 beschrieben, aus einem Schotter- oder Recyclingmaterial der Körnungen 0/45 mm oder 0/56 mm hergestellt werden, kann in diesen Bereichen von der Frostempfindlichkeitsklasse F2 ausgegangen werden.

Gemäß der RStO 12 werden die Verkehrsflächen in die Belastungsklassen Bk1,0 bis Bk3,2 eingeteilt.

Für die Verkehrsflächen wird bei der Einteilung in die Belastungsklassen Bk1,0 bis Bk3,2 und die Frostempfindlichkeitsklasse F2 eine Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus von 50 cm erforderlich. Im Falle von Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3 im Erdplanum erhöht sich die Mindestdicke des frostsicheren Aufbaus um 10 cm.

Gemäß der Tabelle 7 der RStO 12 sind folgende Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse zu berücksichtigen:

Frosteinwirkung: Zone III + 15 cm

Grund- oder Schichtenwasser zeitweise
oder dauerhaft höher als 1,5 m unter Planum + 5 cm

Daraus resultiert eine **erforderliche Dicke des frostsicheren Aufbaus** von:

$50 \text{ cm} + 15 \text{ cm} + 5 \text{ cm} = \mathbf{70 \text{ cm}}$ (Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F2)

$60 \text{ cm} + 15 \text{ cm} + 5 \text{ cm} = \mathbf{80 \text{ cm}}$ (Böden der Frostempfindlichkeitsklasse F3).

Von diesen Werten kann beim Vorliegen anderer örtlicher Erfahrungen abgewichen werden.

Bei Bauweisen mit Asphalttragschichten (Asphaltdecke) bzw. mit Schottertragschichten (Betondecke) ist auf der Oberkante der Frostschutzschicht für die Belastungsklassen Bk1,0 bis Bk3,2 ein Verformungsmodul der Wiederbelastung von E_{v2} größer oder gleich 120 MPa gefordert.

Bei einem Verkehrsflächenoberbau mit einer ungebundenen Tragschicht bzw. Frostschutzschicht auf dem gegebenen frostempfindlichen Untergrund ist auf dem Planum zudem ein Verformungsmodul E_{v2} von wenigstens 45 MPa nachzuweisen.

Mit dem **Erdplanum der Verkehrsflächen** werden voraussichtlich die natürlichen Böden in Form von Sanden oder die künstlichen Geländeanschlüttungen erreicht.

Die Sande mit geringen Feinanteilen können die erforderlichen Verformungsmoduln nach einer fachgerechten Nachverdichtung bei trockener Witterung voraussichtlich erreichen. Sande mit höheren Feingehalten oder mit eingeschalteten bindigen Zwischenlagen können die erforderlichen Verformungsmoduln voraussichtlich nicht erreichen. Hier werden dann zusätzliche Bodenaustauschmaßnahmen notwendig. Bei stark schluffigen Sanden und zumindest steifen bindigen Böden werden erfahrungsgemäß etwa 20 cm notwendig. Als Bodenaustauschmaterial ist ein nichtbindiges, verdichtungswilliges und gut abgestuftes Schottermaterial, z.B. der Körnung 0/45 mm oder 0/56 mm, zu verwenden.

Die Geländeanschüttungen können unter der Voraussetzung eines lagenweisen Einbaus und einer fachgerechter Verdichtung die geforderten Verformungsmoduln voraussichtlich erreichen, sodass hier keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich werden.

13. Bautechnische Hinweise und Empfehlungen

13.1 Abdichtung und Dränagemaßnahmen

Unter Berücksichtigung der geplanten Geländeanschüttungen wird für die erdberührten Bauteile (Bodenplatte) bei Ausführung einer dauerhaft funktionierenden, rückstaufreien Ringdränage für die Bodenplatte eine **Abdichtung gegen Bodenfeuchte bzw. nicht stauendes Sickerwasser** gemäß DIN 18 195 Teil 4 ausreichend sein.

Die üblichen **Dränagemaßnahmen** sind gemäß den Vorgaben der DIN 4095 auszuführen.

Als Flächenfilter unter der Bodenplatte sind die obersten 20 cm der vorgesehenen Auffüllungen aus einem gut durchlässigen Material, z.B. der Körnung 5/56 mm, herzustellen. Der Flächenfilter muss durch entsprechende Fundamentdurchbrüche in die Ringdränage entwässern können. Bei Flächen von größer als 200 m² sind in den Flächenfilter zusätzliche Rohrleitungen einzulegen.

13.2 Baumaßnahmen

Baugrubenböschungen können oberhalb des Grundwasserspiegels in den Sanden unter maximal 45° hergestellt werden. Die zumindest steifen bindigen Böden sind unter einem Neigungswinkel von maximal 60° abzuböschten. Unterhalb des Grundwasserspiegels können weitere Abflachungen erforderlich werden. Die Böschungsneigungen im Bereich der Sandsteine hängen vom Verwitterungsgrad und dem Schichteneinfall der Kluftsysteme ab. In jedem Fall sind Neigungen von 60° möglich, bei einem günstigen Schichtenverlauf sind Böschungswinkel von bis zu 80° denkbar. Bei der Ausführung sind die Einschränkungen des Regelfalls nach DIN 4124:2002-10 zu beachten.

Zur **Baugrubensicherung** der Kanalgräben können gegenseitig ausgesteifte Verbauelemente verwendet werden.

Das mögliche anfallende Niederschlags- und Grundwasser ist während der Bauzeit mittels einer fachgerecht ausgeführten offenen **Wasserhaltung** zu fassen und abzuleiten.

Bei ungünstigen Witterungsbedingungen ist mit einem erhöhten Wasserandrang zu rechnen, sodass dann das anfallende Grundwasser mittels einer trichterförmigen **Grundwasserabsenkung** gefasst und abgeleitet werden muss. Bei einer Ausführung mit Brunnen und Sickerleitungen muss die Absenkung bis wenigstens 0,50 m unter der Aushubsohle reichen und bis zum Erreichen der Auftriebssicherheit der Bauteile beibehalten werden.

Alle Erdarbeiten und **Verdichtungskontrollen** im Zuge des Straßenbaus sind gemäß den ZTV E-StB 09 auszuführen.

Die anstehenden Sande mit hohen Feingehalten sowie die bindigen Böden sind im starken Maße feuchtigkeitsempfindlich. Bei zusätzlicher Beanspruchung, z. B. Befahren durch Baugeräte, verlieren sie an Strukturfestigkeit und verursachen zusätzliche kaum abschätzbare Seichtsetzungen. Ein unmittelbares Befahren des Planums ist zu vermeiden. Auflockerungen sind fachgerecht nachzuverdichten.

Freigelegte **Gründungssohlen** sind fachgerecht nachzuverdichten und umgehend mit einer Sauberkeitsschicht abzudecken.

14. Bauüberwachung und Abnahme

Die Erd- und Gründungsarbeiten sind unter Beachtung dieses Berichts fachgerecht auszuführen.

Zusätzlich zum vorliegenden Bericht wird eine Abnahme der Gründungssohlen durch das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder empfohlen. Den prüfstatischen Bericht bitten wir uns vorzulegen, zumindest, soweit er gründungstechnische Belange betrifft.

Ein Exemplar dieses Berichts ist durch den Bauherrn bzw. seinen Vertreter zur ständigen Einsichtnahme auf der Baustelle auszulegen.

Da die Baugrunduntersuchungen stichprobenartige, punktuelle Aufschlüsse darstellen, sind Abweichungen möglich. Bei geänderten Voraussetzungen oder abweichenden Untergrundverhältnissen ist eine umgehende Rücksprache erforderlich.

15. Zusammenfassung

Das Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder, Bayreuth, wurde beauftragt, für den Neubau einer Werkstatt, eines Lagergebäudes sowie den zugehörigen Verkehrsflächen auf dem Truppenübungsplatz Grafenwöhr anhand durchgeführter Baugrunduntersuchungen zu den geplanten Maßnahmen von bodenmechanischer und gründungstechnischer Seite Stellung zu nehmen.

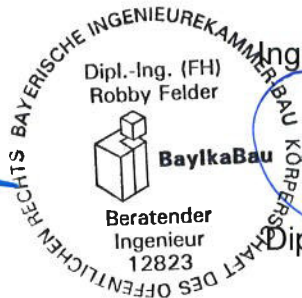
Der Untergrund wurde insgesamt durch 16 Bohrungen, 8 Schürfgruben sowie 24 Sondierungen mit der schweren Rammsonde erkundet. Mit den frostfreien Gründungstiefen der Einzel- bzw. Streifenfundamente werden teilweise die natürlichen Böden und bereichsweise die vorgesehenen Geländeanschüttungen erreicht. Die natürlich gewachsenen Sande sind als ausreichend tragfähig anzusehen. Die Geländeanschüttungen sind aus einem gut abgestuften Material herzustellen, lagenweise einzubauen und fachgerecht zu verdichten. Unter den im vorliegenden Bericht genannten Voraussetzungen sind die Auffüllungen dann ebenfalls als ausreichend tragfähig anzusehen.

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus der Verkehrsflächen beträgt nach RStO voraussichtlich 70 cm. Mit dem Erdplanum werden voraussichtlich ebenfalls die natürlichen Böden oder die Geländeanschüttungen erreicht, die bei fachgerechter Verdichtung als ausreichend tragfähig einzustufen sind. Bei Böden mit höheren Feingehaltsanteilen können Bodenaustauschmaßnahmen erforderlich werden. Zu besonderen Punkten der Gründung und Ausführung wurde im Einzelnen Stellung genommen.

Für weitere Fragen bodenmechanischer und gründungstechnischer Art stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung.

Die Bearbeiterin

Anja Strauß, M.Sc.



Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder GmbH

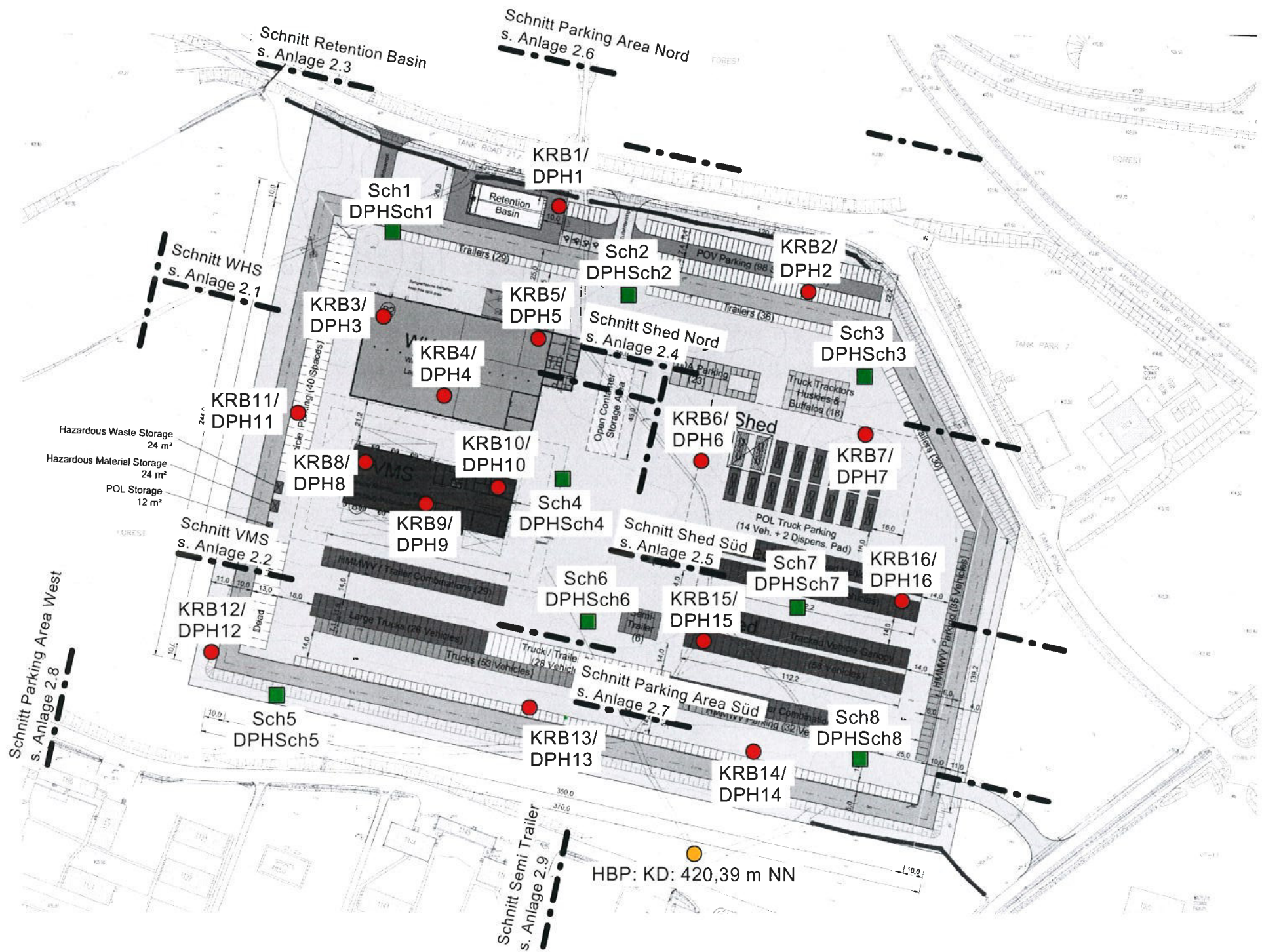
Dipl.-Ing. (FH) Felder

Lageplan



- M 1 : 2.500
- KRB/DPH Kleinrammbohrung/
Schwere Rammsondierung
 - Sch/DPH Schürfgrube/
Schwere Rammsondierung
 - HBP Höhenbezugspunkt

gez.: pr

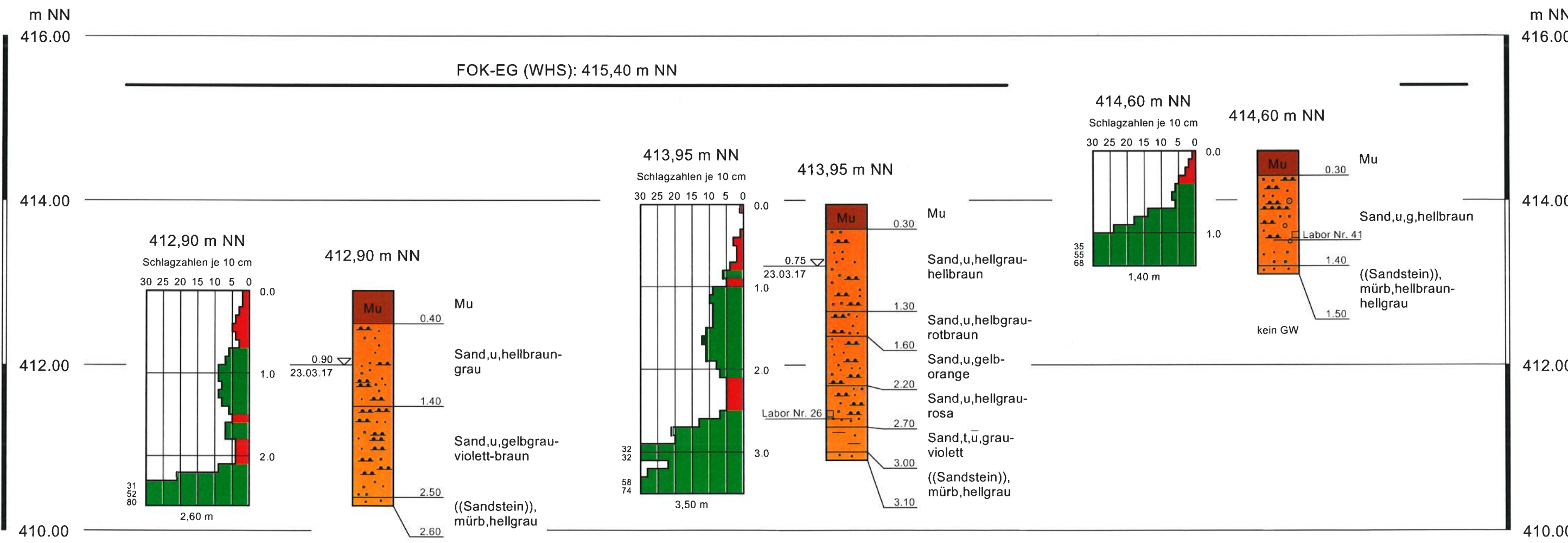


Auftrag: 14295-bgr Anlage 2.1
Projekt: Vehicle Maintenance Shop
Ort: Grafenwöhr

NORDWEST - SÜDOST

Schnitt WHS

DPH3 KRB3 DPH4 KRB4 DPH5 KRB5



M.d.H. 1 : 50
M.d.L. 1 : 400

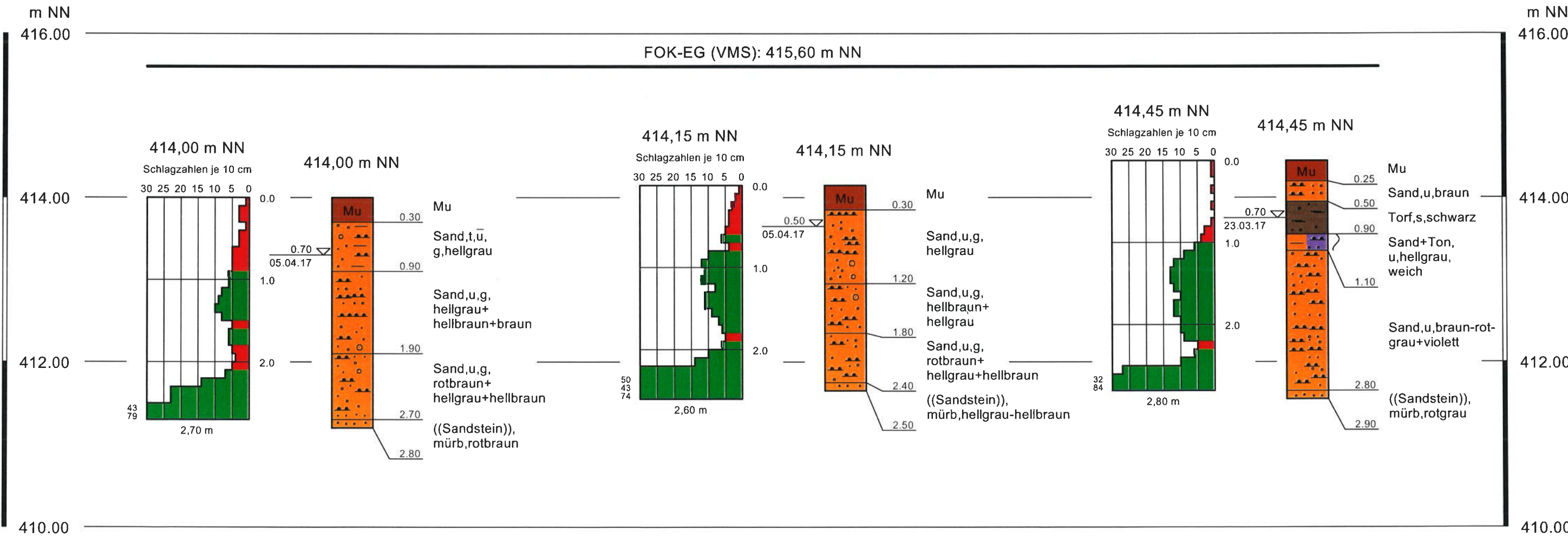
Lage siehe Anlage 1
gez.: pr

Auftrag: 14295-bgr Anlage 2.2
Projekt: Vehicle Maintenance Shop
Ort: Grafenwöhr

NORTHWEST - SÜDOST

Schnitt VMS

DPH8 KRB8 DPH9 KRB9 DPH10 KRB10



M.d.H. 1 : 50
M.d.L. 1 : 200

Lage siehe Anlage 1
gez.: pr

Auftrag: 14295-bgr Anlage 2.3
Projekt: Vehicle Maintenance Shop
Ort: Grafenwöhr

NORTHWEST - SÜDOST

Schnitt Retention Basin

Legende für Untergundaufschlüsse nach DIN 4023

	T (Ton)		S (Sand)		A (Auffüllung)
	t (tonig)		s (sandig)		Mu (Mutterboden)
	U (Schluff)		G (Kies)		Sst (Sandstein)
	u (schluffig)		g (kiesig)		

Tiefe ▽ Datum GW angetroffen

Tiefe ▽ Datum GW Ruhe

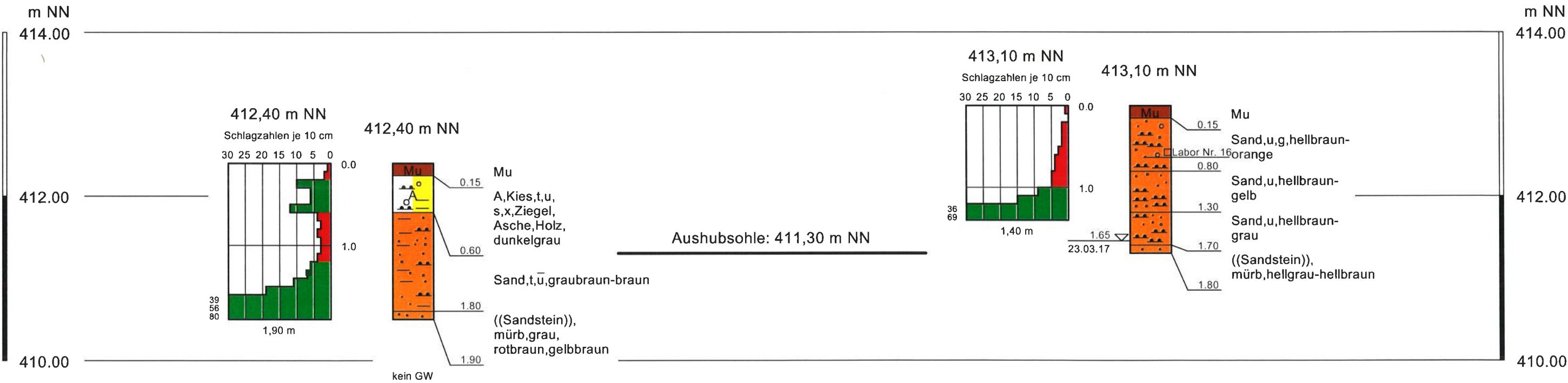
(Fels) schwach verwittert
((Fels)) stark verwittert
entfestigt
S(Fels) Sand (Felszersatz)

Labor Nr. □ Bohrprobe (gestört)

DPHSch1 Sch1

DPH1 KRB1

Kote: ± 0,00 m (414,70 m NN)



M.d.H. 1 : 50
M.d.L. 1 : 500

Lage siehe Anlage 1
gez.: pr

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

	T (Ton)		S (Sand)		Mu (Mutterboden)
	t (tonig)		s (sandig)		Sst (Sandstein)
	U (Schluff)		G (Kies)		
	u (schluffig)		g (kiesig)		

Tiefe ∇ Datum GW angetroffen
Tiefe ∇ Datum GW Ruhe

(Fels) schwach verwittert
((Fels)) stark verwittert
entfestigt
S(Fels) Sand (Felszersatz)

Labor Nr. ☐ Bohrprobe (gestört)

Auftrag: 14295-bgr Anlage 2.4
Projekt: Vehicle Maintenance Shop
Ort: Grafenwöhr

NORDWEST - SÜDOST

Schnitt Shed Nord

DPH6

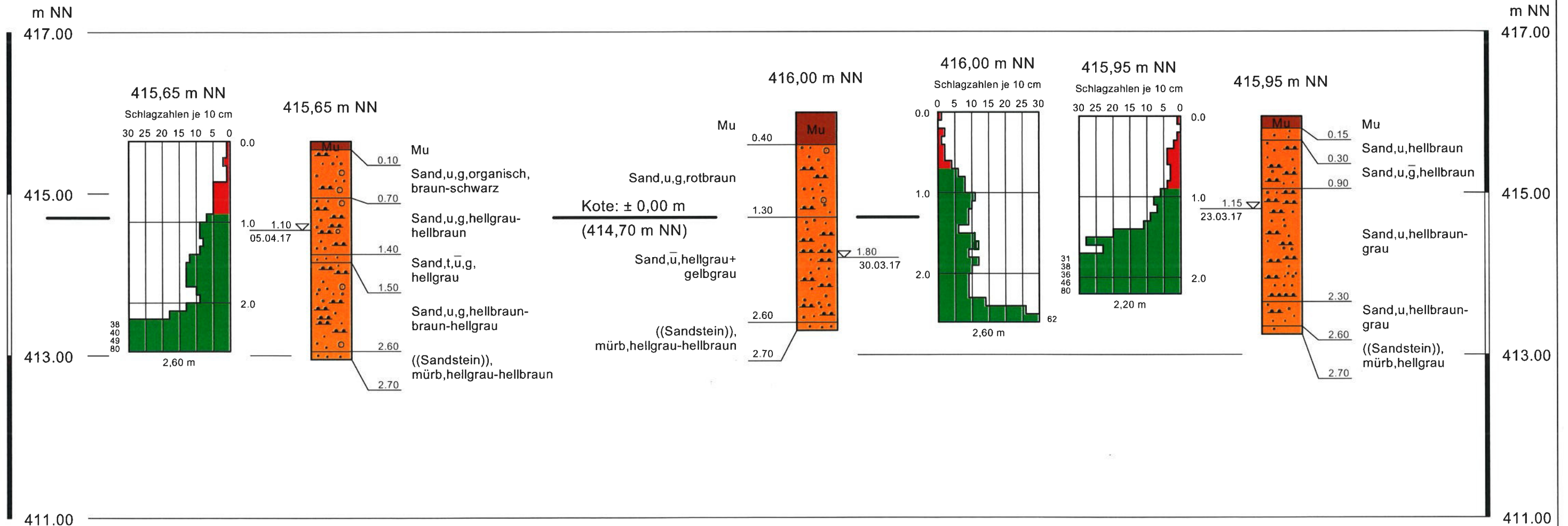
KRB6

Sch3

DPHSch3

DPH7

KRB7



M.d.H. 1 : 50
M.d.L. 1 : 250

Lage siehe Anlage 1
gez.: pr

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

	T (Ton)		S (Sand)		Mu (Mutterboden)
	t (tonig)		s (sandig)		Sst (Sandstein)
	U (Schluff)		G (Kies)		
	u (schluffig)		g (kiesig)		

Tiefe
Datum GW angetroffen
Tiefe
Datum GW Ruhe

(Fels) schwach verwittert
((Fels)) stark verwittert
entfestigt
S(Fels) Sand (Felszersatz)

Labor Nr. Bohrprobe (gestört)

Auftrag: 14295-bgr Anlage 2.5

Projekt: Vehicle Maintenance Shop

Ort: Grafenwöhr

NORDWEST - SÜDOST

Schnitt Shed Süd

KRB15

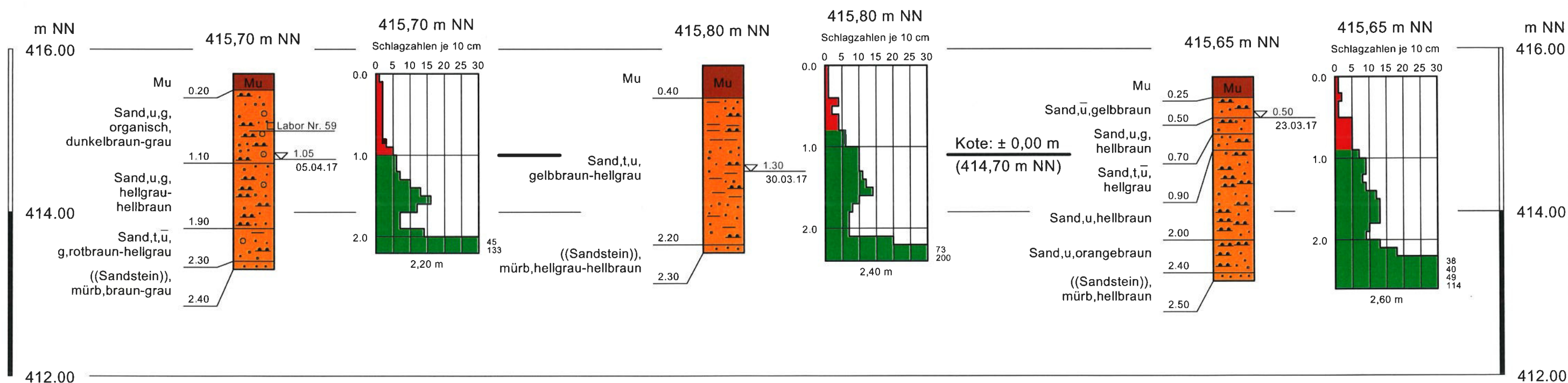
DPH15

Sch7

DPHSch7

KRB16

DPH16



M.d.H. 1 : 50

M.d.L. 1 : 500

Lage siehe Anlage 1
gez.: mp

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

halbfest

T (Ton)

S (Sand)

X (Steine)

t (tonig)

s (sandig)

x (steinig)

U (Schluff)

G (Kies)

Mu

u (schluffig)

g (kiesig)

Sst (Sandstein)

Tiefe

GW angetroffen

Datum

Tiefe

GW Ruhe

Datum

(Fels)

schwach verwittert

((Fels))

stark verwittert

S(Fels)

Sand (Felszersatz)

Labor Nr.

Bohrprobe (gestört)

Schnitt Parking Area Nord

Sch2 DPHSch2

KRB2

DPH2

m NN

416.00

415.25 m NN

415.25 m NN

Schlagzahlen je 10 cm

0 5 10 15 20 25 30

Mu

0.30

Sand,u,g,x,rotbraun

1.30

Sand,t,u,grau+rotbraun

1.90

((Sandstein)),mürb,hellgrau,hellbraun

2.00

kein GW

2.50 m

35

68

200

Kote: ± 0,00 m (414,70 m NN)

415,85 m NN

Mu

0.20

Sand,t,u,g,hellbraun-gelbbraun

0.90

Sand,u,hellbraun

Labor Nr. 19

1.90

Ton,u,s,hellgrau,halbfest

2.00

Sand,u,hellgrau-braun

2.70

((Sandstein)),mürb,hellgrau

2.80

2.40

23.03.2017

2.40 m

415,85 m NN

Schlagzahlen je 10 cm

0 5 10 15 20 25 30

0.0

1.0

2.0

36

84

m NN

416.00

414.00

412.00

M.d.H. 1 : 50
M.d.L. 1 : 250

Lage siehe Anlage 1
gez.: pr

Ing.-Büro Dr. Ruppert & Felder | Geotechnik | Altlasten | Bauwerksuntersuchung | BAYREUTH

Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

steif - halbfest	T (Ton)	S (Sand)	Mu (Mutterboden)	Tiefe ∇ Datum GW angetroffen
t (tonig)	t (tonig)	s (sandig)	Sst (Sandstein)	Tiefe ∇ Datum GW Ruhe
U (Schluff)	U (Schluff)	G (Kies)		(Fels) schwach verwittert
u (schluffig)	u (schluffig)	g (kiesig)		((Fels)) stark verwittert entfestigt
				S(Fels) Sand (Felszersatz)
				Labor Nr. <input type="checkbox"/> Bohrprobe (gestört)

Auftrag: 14295-bgr Anlage 2.7
 Projekt: Vehivle Maintenance Shop
 Ort: Grafenwöhr

NORDWEST - SÜDOST

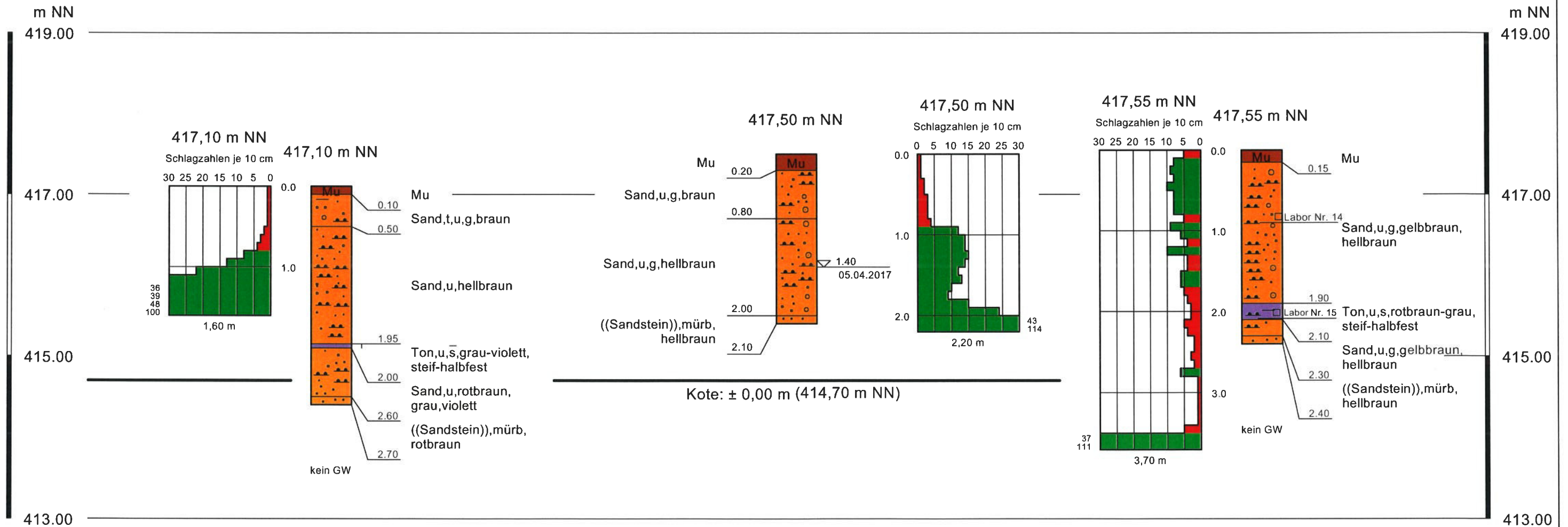
Schnitt Parking Area Süd

DPH13 KRB13

KRB14

DPH14





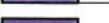
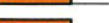



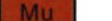
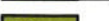

DPHSch8 Sch8



M.d.H. 1 : 50
 M.d.L. 1 : 750

Lage siehe Anlage 1
 gez.: pr

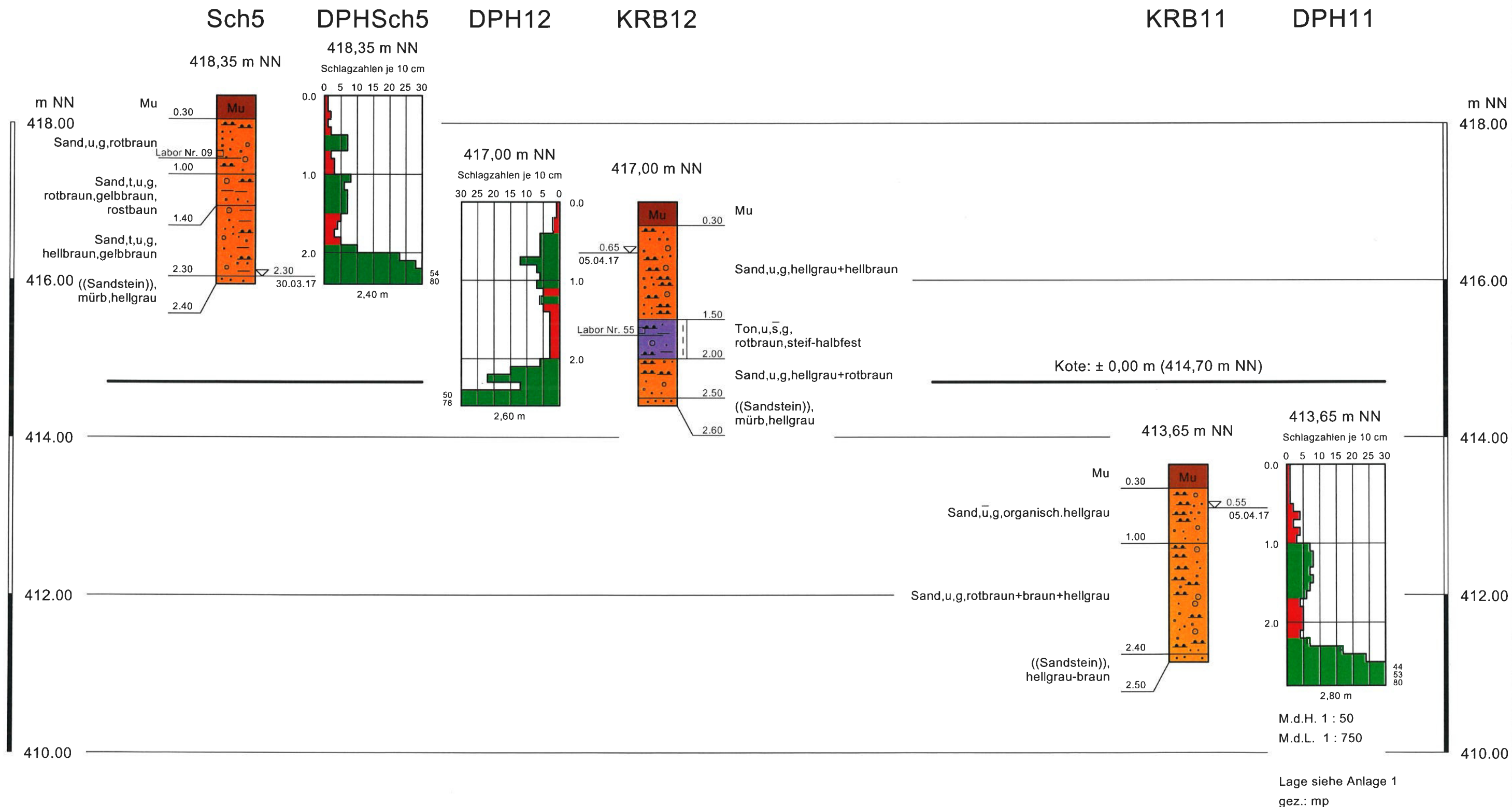
Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

	steif - halbfest		T (Ton)		S (Sand)		A (Auffüllung)	<div><div>Tiefe ▾</div><div>Datum</div></div>	GW angetroffen
	t (tonig)				s (sandig)		Mu (Mutterboden)	<div><div>Tiefe ▾</div><div>Datum</div></div>	GW Ruhe
	U (Schluff)				G (Kies)		Sst (Sandstein)		(Fels) schwach verwittert
	u (schluffig)				g (kiesig)				((Fels)) stark verwittert
									entfestigt
									S(Fels) Sand (Felszersatz)
								<div>Labor Nr. <input type="checkbox"/></div>	Bohrprobe (gestört)

Auftrag: 14295-bgr Anlage 2.8
 Projekt: Vehivle Maintenance Shop
 Ort: Grafenwöhr
 SÜDWEST - NORDOST

Schnitt Parking Area West

KRB11 DPH11



Legende für Untergrundaufschlüsse nach DIN 4023

	T (Ton)		S (Sand)		Mu (Mutterboden)
	t (tonig)		s (sandig)		Sst (Sandstein)
	U (Schluff)		G (Kies)		
	u (schluffig)		g (kiesig)		

Tiefe
 Datum
 Tiefe
 Datum

(Fels) schwach verwittert
 ((Fels)) stark verwittert
 entfestigt
 S(Fels) Sand (Felszersatz)

Labor Nr. ☐ Bohrprobe (gestört)

Auftrag: 14295-bgr Anlage 2.9

Projekt: Vehicle Maintenance Shop

Ort: Grafenwöhr

SÜDWEST - NORDOST

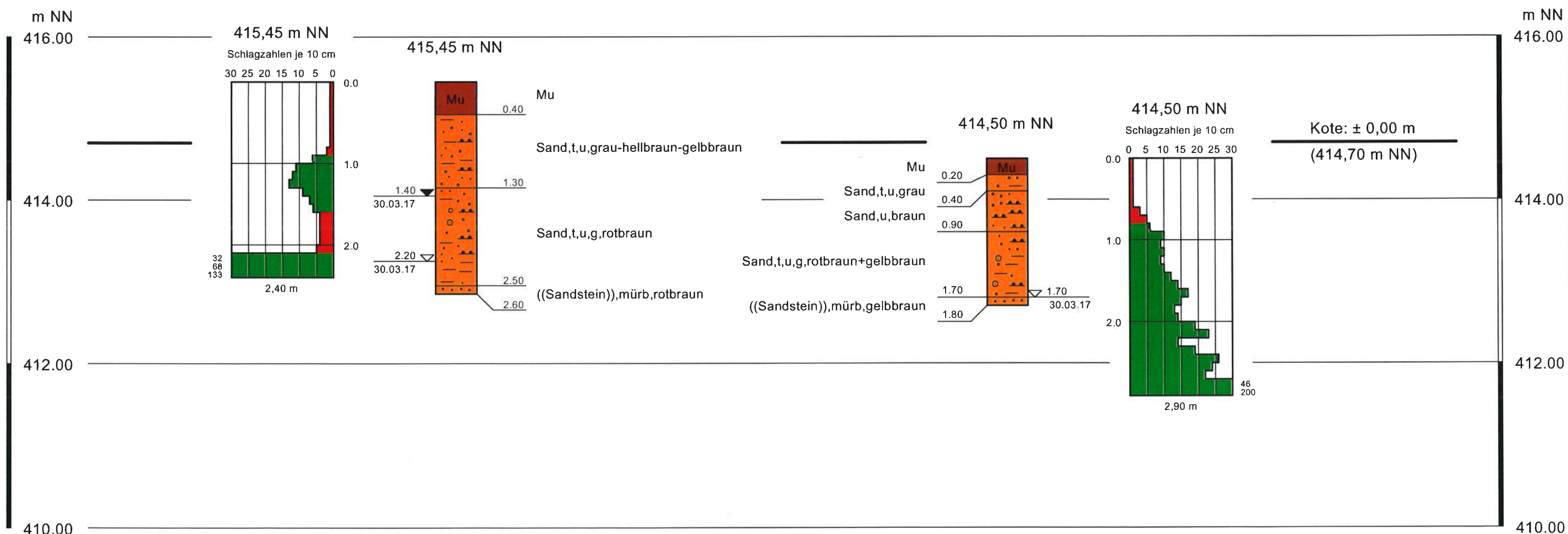
DPHSch6

Sch6

Sch4

DPHSch4

Schnitt Semi Trailer



M.d.H. 1 : 50

M.d.L. 1 : 500

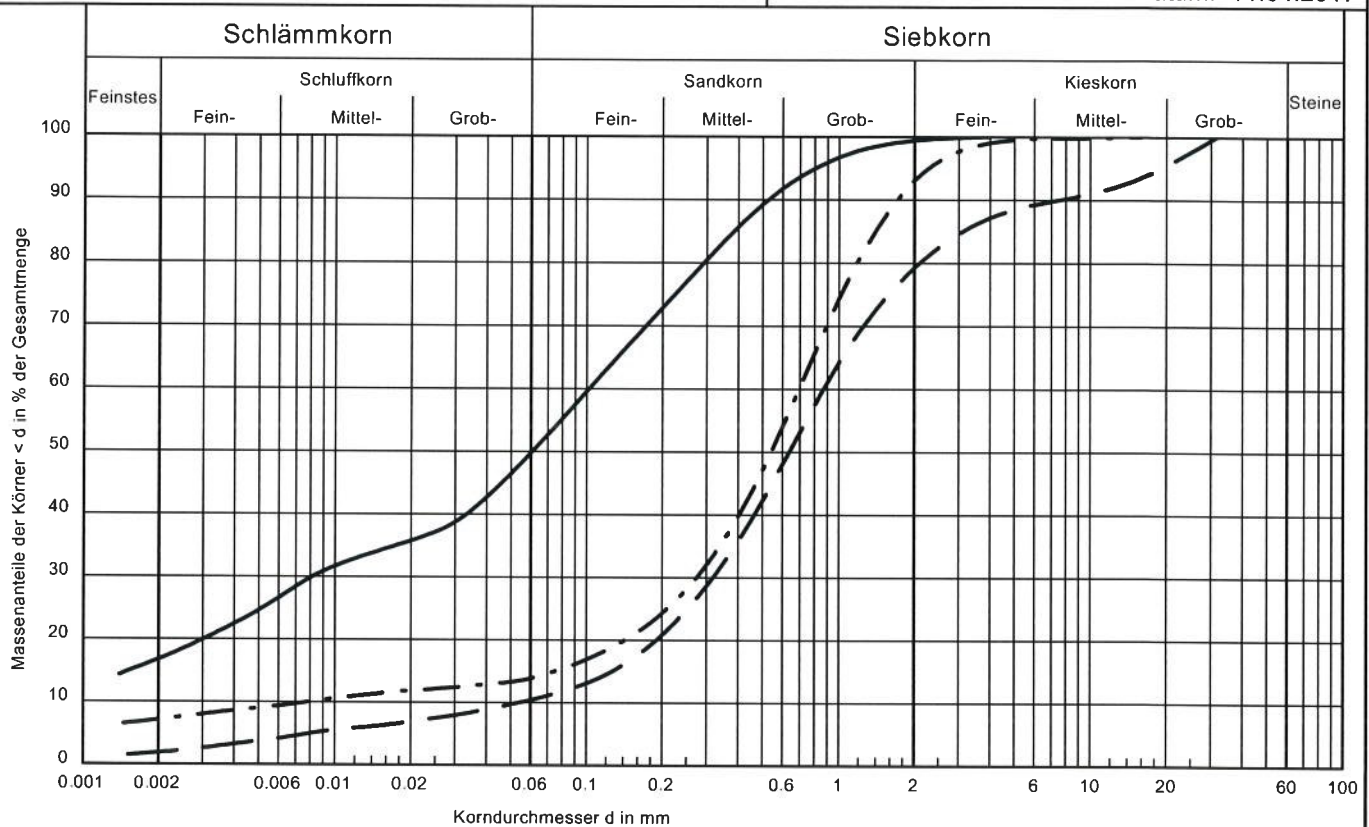
Lage siehe Anlage 1
gez.: mp

Körnungslinie
GRAFENWÖHR
Vehicle Maintenance Shop

Probe entnommen am: 23./30.03.2017
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Sieb/Schlamm

Bearbeiter: Kies

Datum: 11.04.2017



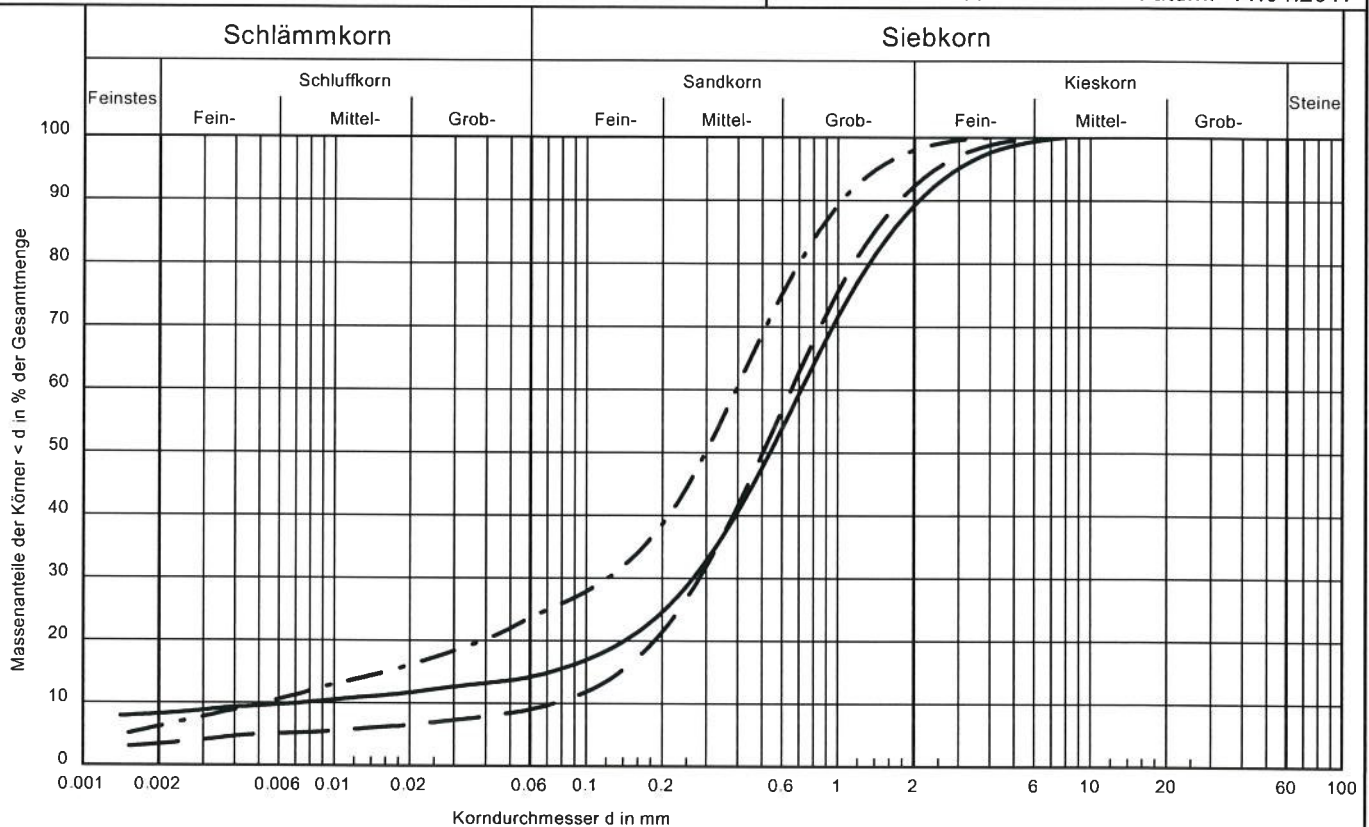
Labor Nr.	15	16	19
Signatur	—	— —	— . —
Bodenart	Ton,u,s	Sand,u,g	Sand,t,u,g
Bodengruppe / Homogenbereich	TM / B2	SU / B2	SU / B2
Entnahmestelle / Tiefe	Sch8 / 2,00 m	KRB1 / 0,70 m	KRB2 / 1,70 m
Wassergehalt [%]	17,9	6,0	9,1
d ₁₀ /d ₆₀ [mm]	- / 0.1022	0.0540 / 0.8678	0.0079 / 0.6949
Ungleichförmigkeit / Krümmungszahl	-/-	16.1/2.2	88.4/13.7
Frostsicherheit	F3	F2	F2
k-Wert nach Beyer	-	2.0 * 10 ⁻⁵	3.9 * 10 ⁻⁷
Anteile T/U/S/G [%]	16.8/33.9/48.7/0.6	1.9/8.8/68.7/20.7	7.1/7.0/79.0/6.9

Körnungslinie
GRAFENWÖHR
Vehicle Maintenance Shop

Probe entnommen am: 23.03./05.04.2017
Art der Entnahme: gestört
Arbeitsweise: Sieb/Schlamm

Bearbeiter: Kies

Datum: 11.04.2017



Labor Nr.	26	41	46
Signatur	—	— —	— . . —
Bodenart	Sand,t,u,g	Sand,u,g	Sand,t,u
Bodengruppe / Homogenbereich	SU / B2	SU / B2	SU* / B2
Entnahmestelle / Tiefe	KRB4 / 2,60 m	KRB5 / 1,30 m	KRB8 / 0,50 m
Wassergehalt [%]	16,1	11,7	15,0
d ₁₀ /d ₆₀ [mm]	0.0074 / 0.7126	0.0746 / 0.6508	0.0052 / 0.3927
Ungleichförmigkeit / Krümmungszahl	96.4/13.4	8.7/1.6	75.4/7.2
Frostsicherheit	F2	F1	F3
k-Wert nach Beyer	3.4 * 10 ⁻⁷	4.5 * 10 ⁻⁵	1.7 * 10 ⁻⁷
Anteile T/U/S/G [%]	8.2/6.2/74.8/10.8	3.4/5.8/83.1/7.7	6.2/17.9/73.9/2.1

Körnungslinie

GRAFENWÖHR

Vehicle Maintenance Shop

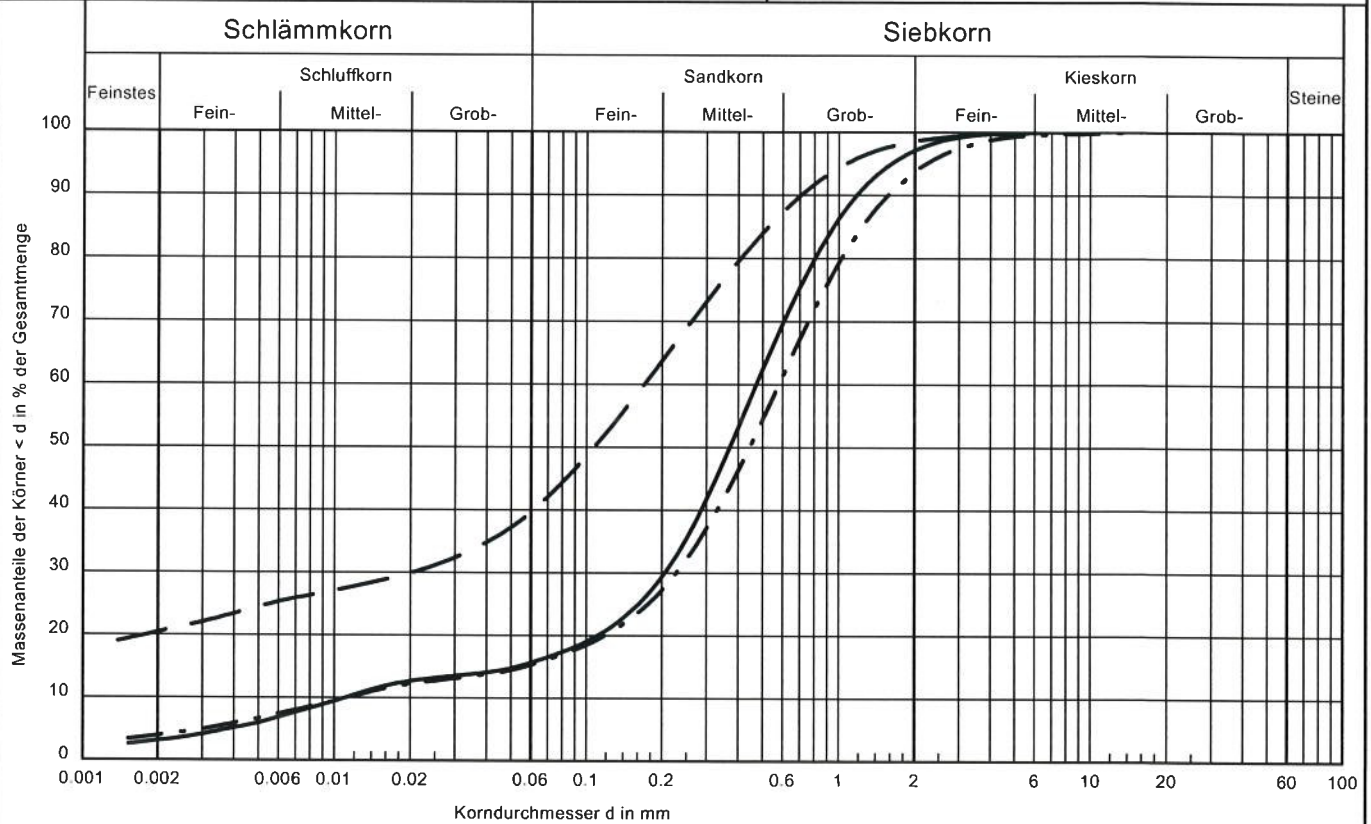
Probe entnommen am: 23./30.03.2017

Art der Entnahme: gestört

Arbeitsweise: Sieb/Schlamm

Bearbeiter: Kies

Datum: 11.04.2017



Labor Nr.	49	55	59
Signatur	—	— —	— . . .
Bodenart	Sand,u	Ton,u,s	Sand,u,g
Bodengruppe / Homogenbereich	SU* / B2	TL / B2	SU* / B2
Entnahmestelle / Tiefe	KRB9 / 0,50 m	KRB12 / 1,70 m	KRB15 / 0,70 m
Wassergehalt [%]	12,5	14,0	14,3
d ₁₀ /d ₆₀ [mm]	0.0110 / 0.4713	- / 0.1701	0.0113 / 0.5790
Ungleichförmigkeit / Krümmungszahl	42.7/8.1	-/-	51.1/7.9
Frostsicherheit	F3	F3	F3
k-Wert nach Beyer	7.6 * 10 ⁻⁷	-	8.0 * 10 ⁻⁷
Anteile T/U/S/G [%]	3.1/12.8/81.2/2.9	20.4/20.0/58.2/1.5	3.9/11.6/78.2/6.2

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

GRAFENWÖHR

Vehicle Maintenance Shop

Bearbeiter: Kies

Datum: 11.04.2017

Prüfungsnummer: 15

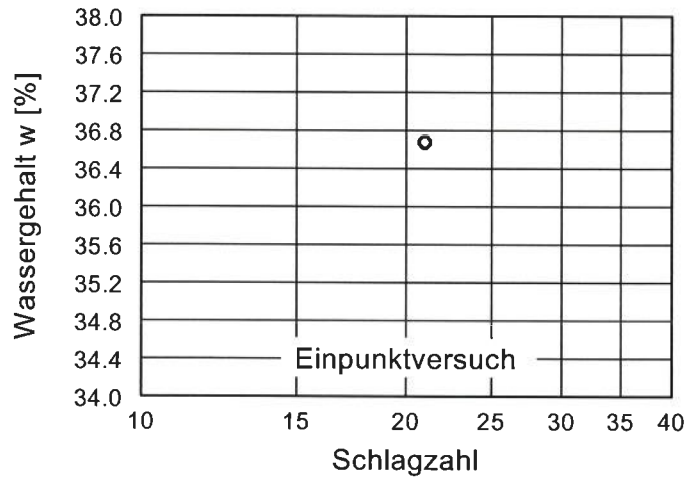
Entnahmestelle: Sch8

Tiefe: 2,00 m

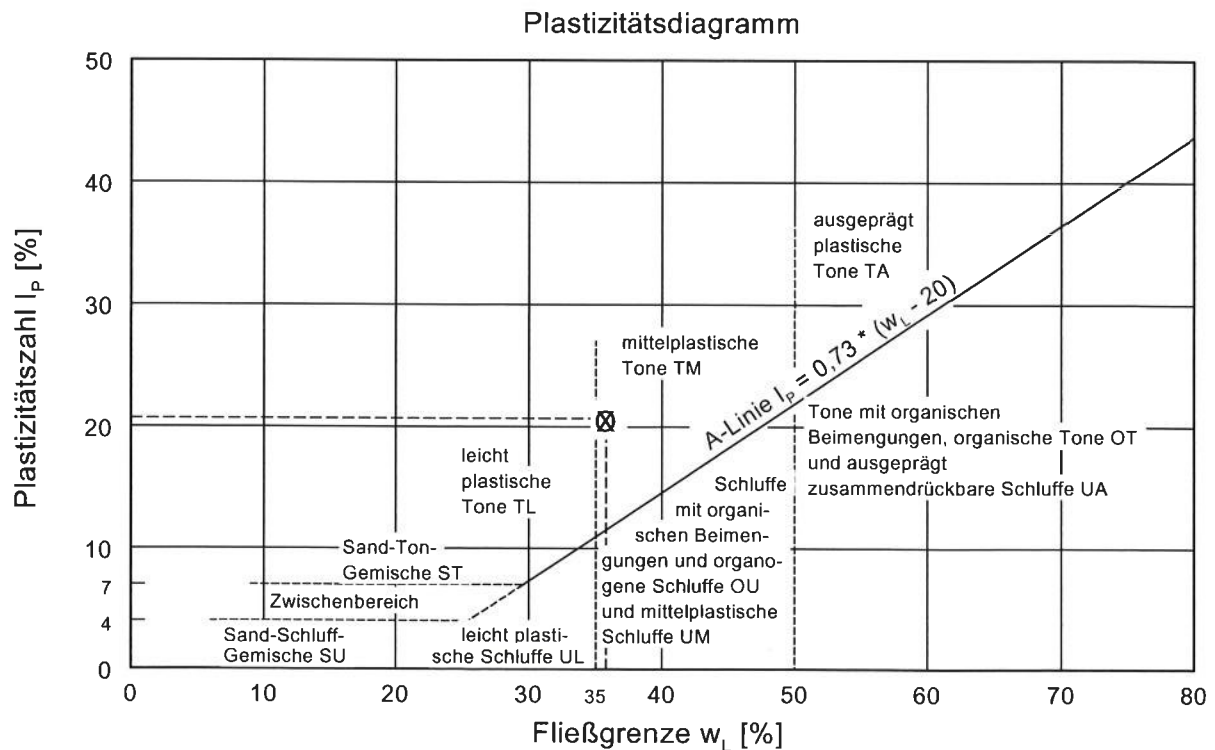
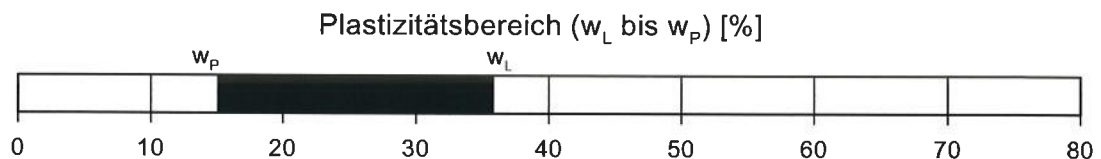
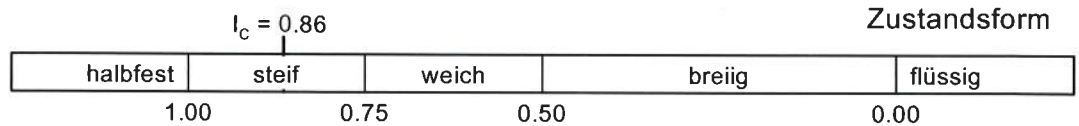
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Ton,u,s

Probe entnommen am: 30.03.2017



Wassergehalt $w = 17.9 \%$
 Fließgrenze $w_L = 35.8 \%$
 Ausrollgrenze $w_p = 15.1 \%$
 Plastizitätszahl $I_p = 20.7 \%$
 Konsistenzzahl $I_c = 0.86$



Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

GRAFENWÖHR

Vehicle Maintenance Shop

Bearbeiter: Kies

Datum: 11.04.2017

Prüfungsnummer: 55

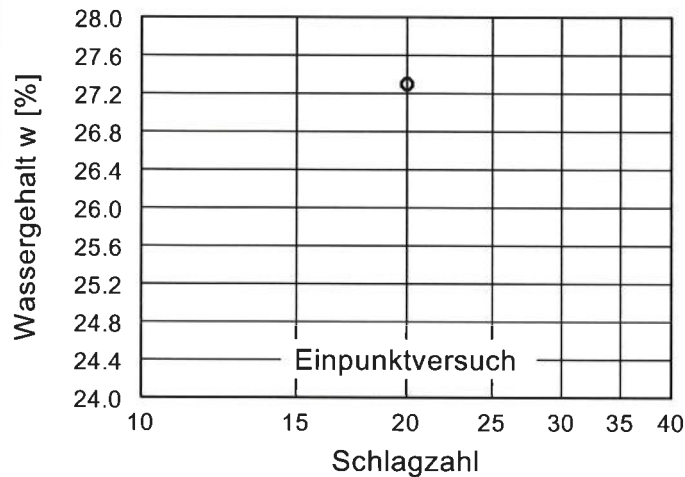
Entnahmestelle: KRB12

Tiefe: 1,70 m

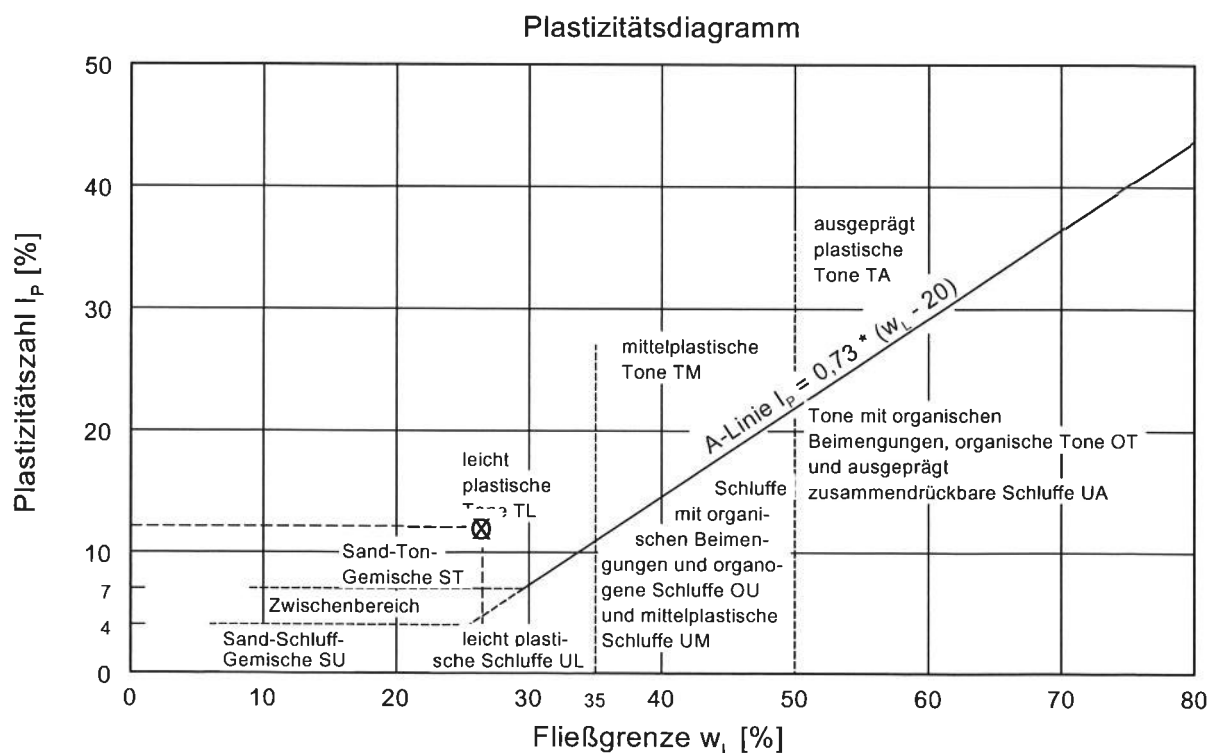
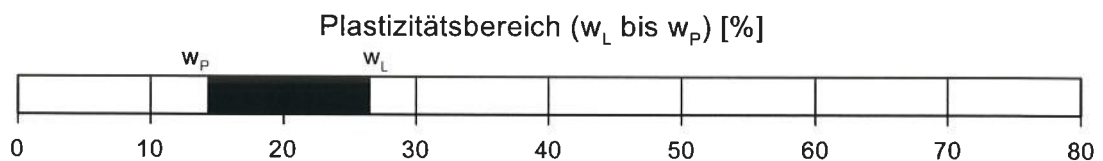
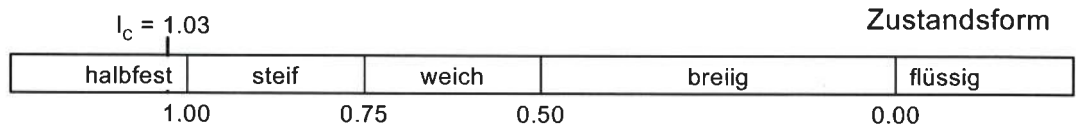
Art der Entnahme: gestört

Bodenart: Ton,u,s

Probe entnommen am: 05.04.2017



Wassergehalt $w = 14.0 \%$
Fließgrenze $w_L = 26.5 \%$
Ausrollgrenze $w_p = 14.3 \%$
Plastizitätszahl $I_p = 12.2 \%$
Konsistenzzahl $I_c = 1.03$



Proctorkurve nach DIN 18 127

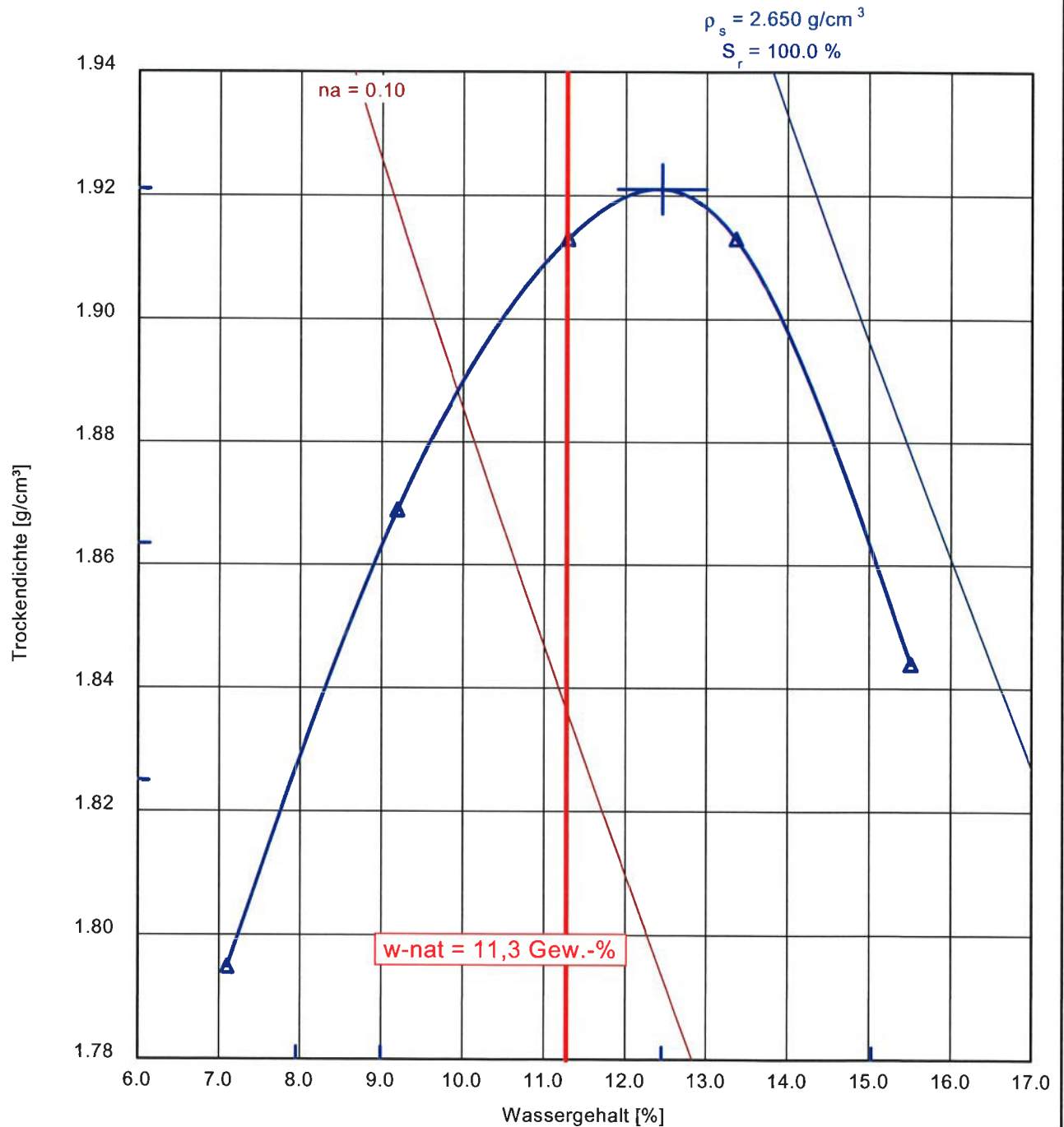
GRAFENWÖHR

Vehicle Maintenance Shop

Bearbeiter: Kies

Datum: 11.04.2017

Prüfungsnummer: 09
Entnahmestelle: Sch5
Tiefe: 0,90 m
Art der Entnahme: gestört
Bodenart: Sand,t,u,g
Probe entnommen am: 30.03.2017



100 % der Proctordichte $\rho_{Pr} = 1.921 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt $w_{Pr} = 12.4 \%$

97.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.863 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 9.0 / 15.0 \%$

95.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.825 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 7.9 / - \%$

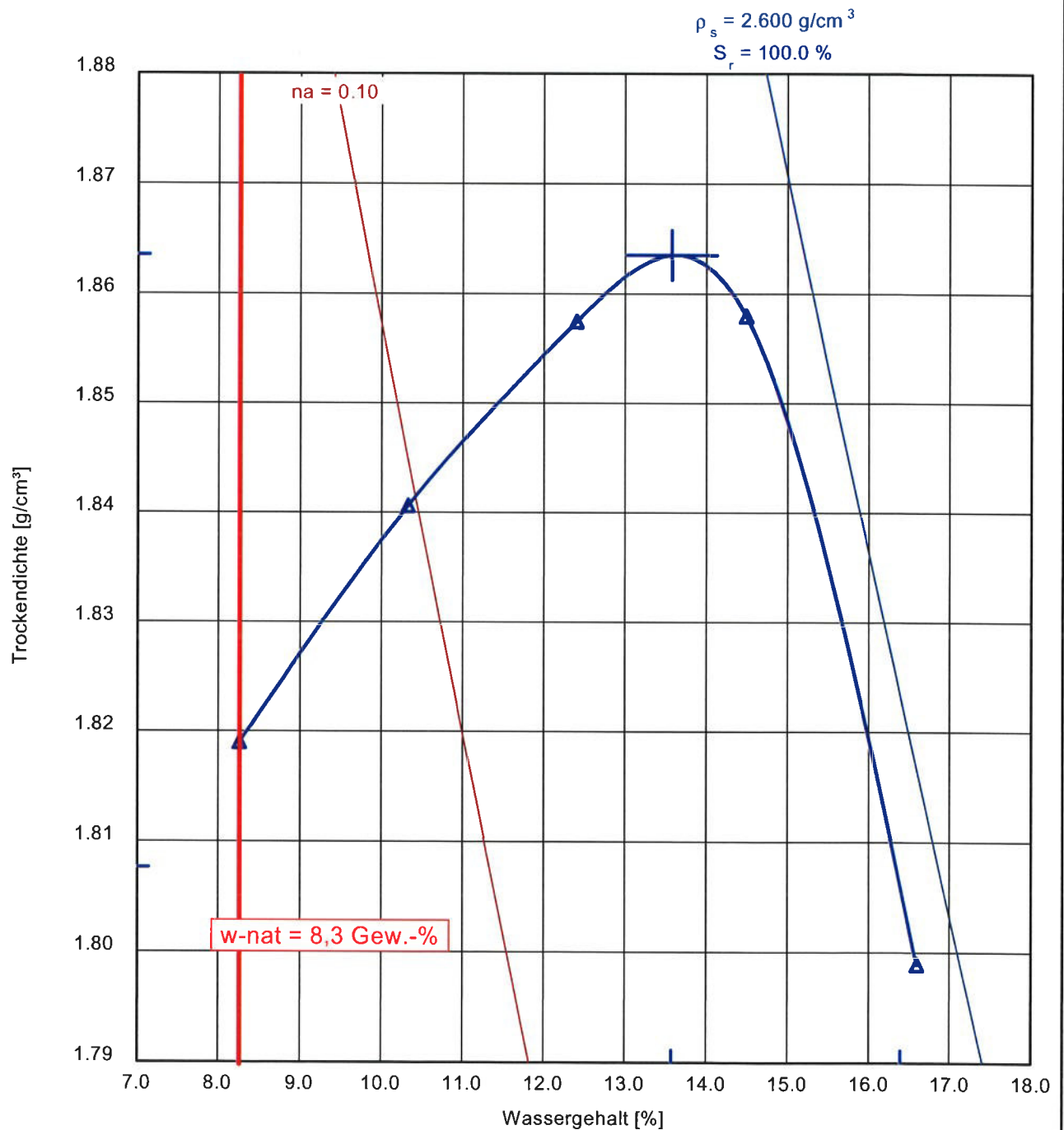
Proctorkurve nach DIN 18 127

GRAFENWÖHR
Vehicle Maintenance Shop

Bearbeiter: Kies

Datum: 11.04.2017

Prüfungsnummer: 14
Entnahmestelle: Sch8
Tiefe: 1,00 m
Art der Entnahme: gestört
Bodenart: Sand,t,u
Probe entnommen am: 30.03.2017



100 % der Proctordichte $\rho_{Pr} = 1.864 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt $w_{Pr} = 13.6 \%$

97.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.808 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = - / 16.4 \%$

95.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.770 \text{ g/cm}^3$

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

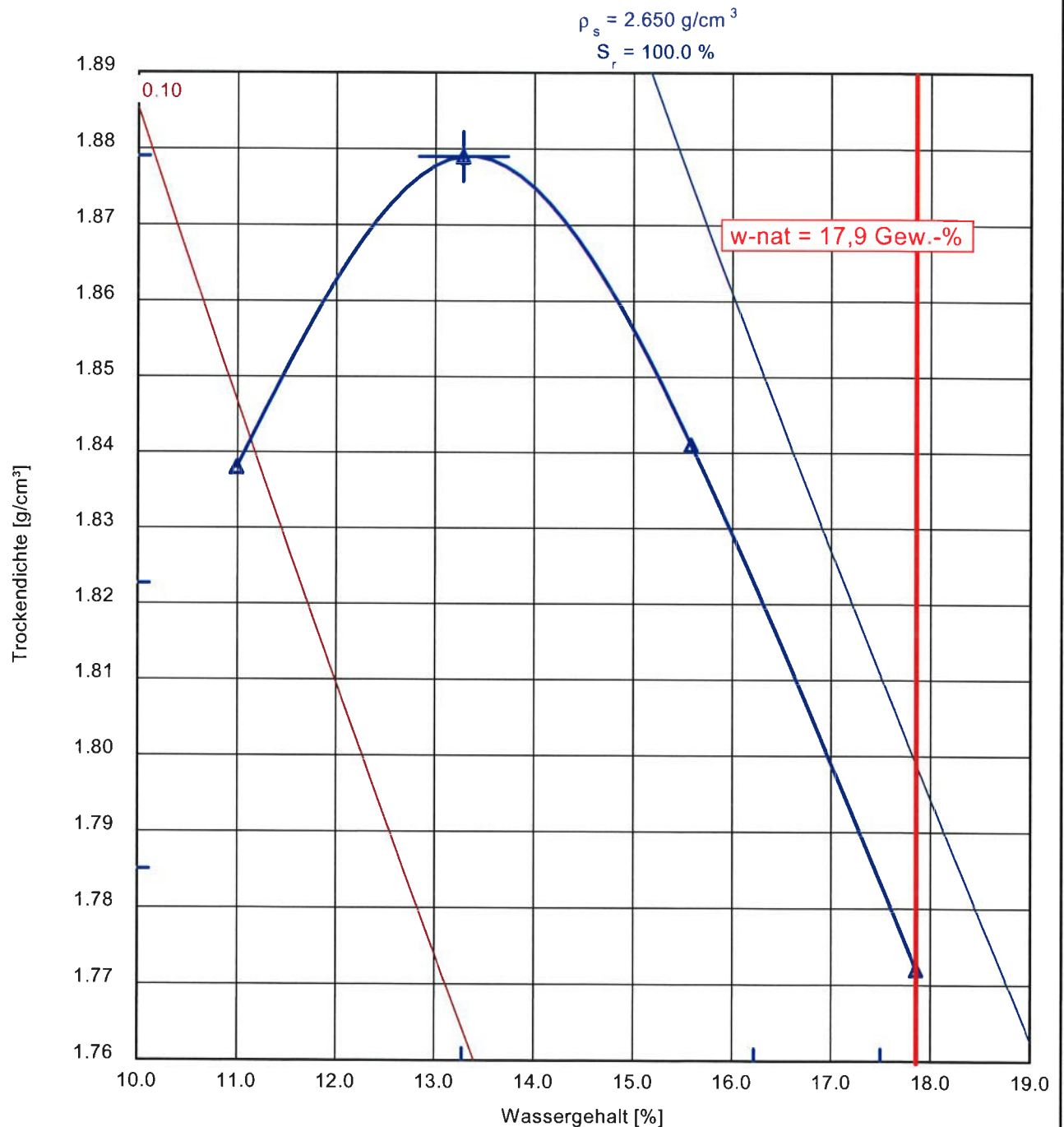
Proctorkurve nach DIN 18 127

GRAFENWÖHR
Vehicle Maintenance Shop

Bearbeiter: Kies

Datum: 11.04.2017

Prüfungsnummer: 15
Entnahmestelle: Sch8
Tiefe: 2,00 m
Art der Entnahme: gestört
Bodenart: Ton,u,s
Probe entnommen am: 30.03.2017



100 % der Proctordichte $\rho_{Pr} = 1.879 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt $w_{Pr} = 13.3 \%$

97.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.823 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = - / 16.2 \%$

95.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.785 \text{ g/cm}^3$

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