

Kreisstadt Siegburg
Amt für Baubetrieb und Immobilienmanagement
Frau Hartmann
Lindenstraße 87

53721 Siegburg

**Ingenieurbüro für
Baugrund, Hydrologie,
Umwelt, Entsorgung
und Arbeitssicherheit**

Paladini Geotechnik
Zippengasse 15
53359 Rheinbach

Telefon: 02225 / 999 89 40
Telefax: 02225 / 999 89 44
info@paladini-geotechnik.de

Auftrag Nr. 20161426

**Rheinbach,
17. Oktober 2016**

Projekt: Neubau Feuerwehrhaus
in Kaldauen-Stallberg in Siegburg,
„Hauptstraße“.

Thema: Baugrundgutachten und hydrologisches Gutachten

Bauherr: Kreisstadt Siegburg
Amt für Baubetrieb und Immobilienmanagement
Lindenstraße 87
53721 Siegburg

Planer: kplan AG
Eiserfelder Straße 316
57080 Siegen

und

Architekt Dipl.-Ing. Achim Becker
Aulgasse 176
53721 Siegburg

Anlagen: 1 Lageplan mit Bohrpunkten im Maßstab 1 : 500
2 Bohrprofile nach DIN 4023
3 Versickerungsversuch nach USBR

1 Situation

In Anlage 1 ist das Baufeld in der „Hauptstraße“ in Siegburg-Kaldauen, Flurstück 438, Flur 16 dargestellt. Nachfolgend sind die Baugrundverhältnisse für die Gründung des nicht unterkellerten Feuerwehrhauses und die hydrologischen Randbedingungen für die Versickerung von Niederschlagswasser zu erkunden.

Weiterhin sind die chemischen Eigenschaften des Aushubs zu untersuchen. Die Ergebnisse werden in einem ergänzenden Schreiben dargestellt.

Die erforderlichen Arbeiten wurden am 14.09.2016 auf der Grundlage unseres Angebots Nr. 2016-1358 vom 29.08.2016 beauftragt.

2 Unterlagen

Seitens des Planers wurden uns folgende Unterlagen und Informationen zur Durchführung der Geländearbeiten zur Verfügung gestellt:

- Lageplan mit Grundriss des geplanten Neubaus im Maßstab 1 : 250
- Vermesseralageplan im Maßstab 1 : 250 (Grundlage der Anlage 1)
- Schematische Schnitte des Gebäudes im Maßstab 1 : 100
- Grundrisse und Ansichten im Maßstab 1 : 100
- B-Plan im Maßstab 1 : 500
- Stellungnahme Kampfmittelbeseitigungsdienst (KBD) AZ: 22.5-3-5382060-578/15/ vom 01.05.2016

Weiterhin wurden folgende Kartenunterlagen verwendet:

- Geologische Karte 1 : 25.000, Blatt 5109 Lohmar (1978)
- Geologische Karte 1 : 100.000, Blatt C 5506 Bonn (1987)
- Hydrologische Karte 1 : 25.000, Blatt 5109 Lohmar (1997)
- Grundwassergleichenkarte NRW, Blatt Bonn L 5308 (1995) Stand Grundwassergleichen vom April 1988 (Hochstände).
- Karte der Erdbebenzonen und geologische Untergrundklassen der Bundesrepublik Deutschland: Karte zu DIN 4149 im Maßstab 1 : 350.000 (2006)

3 Topographischer, geologischer und hydrologischer Überblick

3.1 Topographie

Das untersuchte Gelände liegt am nordwestlichen Ortsrand von Siegburg-Kaldauen in leicht nach Südwesten geneigtem Gelände.

Das Gelände im Baufeld wurde terrassiert und augenscheinlich modelliert, so dass aktuell zwei Ebenen vorliegen.

Die tiefere Ebene wird derzeit als geschotterter Parkplatz und die höhere als Grünfläche („Spielplatz“) genutzt.

Weiterhin liegt im Baufeld ein befestigter Weg der die Ebenen verbindet.

Die Nachbargrundstücke sind bereits bebaut.

Anmerkung: Nach vorliegenden Angaben des KBD´s liegen im Baufeld zwei ehemalige Stellungen (Geschützstellungen) aus dem 2. Weltkrieg.

3.2 Geologie und Hydrologie

Nach den o.a. Geologischen Karten wird der tiefere Untergrund durch die tertiären Schichten des Oligozän, bestehend aus Feinsanden über bunten Tonen mit Braunkohle aufgebaut.

Diese werden durch die quartäre Kiese und Sande der Mittelterrasse der Sieg und des Rheins und den topographisch höher anstehenden, pleistozänen, fein- und mittelkörnigen Flugsanden (Decksanden) überlagert. Der geologischen Karte zufolge beträgt die Schichtmächtigkeit der Decksande bis zu 5 m.

Zu den hydrologischen Verhältnissen sind den Kartenunterlagen keine Informationen zu entnehmen. Das Baufeld liegt bereits außerhalb der dargestellten Grundwassergleichen.

Unabhängig davon wird örtliches Grund- und Schichtenwasser, welches durch undurchlässige Tonlagen verursacht wird, hierdurch nicht erfasst. Dieses Grund- und Schichtenwasser ist dann ggf. bei der Planung zu berücksichtigen.

4 Durchgeführte Felduntersuchungen

4.1 Vorgehensweise

An den in Anlage 1 dargestellten Punkten wurden durch unser Büro an neun Untersuchungsstellen Kleinrammbohrungen (\varnothing 60 - 36 mm) bis in Tiefen von rund 6,00 m (Bohrung B 1 bis B 3 und B 5), 5,5 m (B 4) sowie 5,0 m (B 6 bis B 9) unter Geländeoberkante (GOK) abgeteuft.

Ergänzend wurde eine 80 mm \varnothing Bohrung (VB 9a, Versickerungsversuche nach USBR Earth Manual) bis in eine Tiefe von 1,2 m unter Geländeoberkante abgeteuft.

Zur detaillierten Aufnahme der im Gründungsbereich anstehenden Bodenschichten wurden die ersten Bohrmeter in Meterschritten mit \geq 50 mm \varnothing abgeteuft.

Vorsorglich wurden die Böden im aushubrelevanten und versickerungstechnisch interessanten Bereich beprobt.

Aus diesen Einzelproben wird für die Erstellung einer Deklarationsanalytik eine abfallcharakterisierende Mischprobe hergestellt und im chemischen Labor untersucht. Die Ergebnisse (Deklarationsanalytik) werden dann in einem gesonderten Bericht dargestellt.

Anmerkung: Zusätzlich wurde der bestehende Weg, bestehend aus zwei Schwardeckengenerationen an zwei Stellen beprobt. Im chemischen Labor kann hieran der Parameter PAK nach EPA untersucht werden. Wir bitten diesbezüglich um Nachricht.

In den Bohrungen B 9 und VB 9a wurden Versickerungsversuche zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit (k_f -Wert) (Absenkversuch, „open-end-test“ und nach USBR Earth Manual) durchgeführt (zu Details siehe Kapitel 7). Bei Bedarf können zur Ermittlung von Durchlässigkeitsbeiwerten an einzelnen Proben zusätzlich Kornverteilungsanalysen durchgeführt werden.

Die Bohrprofile der Kleinrammbohrungen sind nach DIN 4023 höhenrichtig auf mNN zeichnerisch in Anlage 2 dargestellt. Sie gelten wie üblich nur an den Untersuchungsstellen für die Einzelheiten des Schichtenaufbaus.

Als Bezugspunkt für das Nivellement wurde der auf der Straße liegende, im Lageplan skizzierte Kanaldeckel KD mit einer Höhe von 85,50 mNN herangezogen.

4.2 Erbohrte Bodenverhältnisse

Oberflächennah wurden an den neun Bohrpunkten B 1 bis B 9 rund 0,7 m (B 1 und B 3), 0,65 m (B 2), 1,0 m (B 4), 0,8 m (B 5), 2,2 m (B 6), 2,0 m (B 7), 2,1 m (B 8) und 0,5 m (B 9/VB 9a) mächtige, *künstlich angefüllte/umgelagerte Böden* erbohrt. Diese sind in Anlage 2 mit Grautönen hinterlegt.

In den Bohrungen B 1 und B 2 (bestehender Parkplatzbereich) sowie B 8 wurde oberflächennah bis in Tiefen von 0,1 m (B 1), 0,15 m (B 2) bis 0,2 m (B 8) eine „Schotterlage“ aus **sehr schwach schluffigem, sandigem Kies** (Bruchstein-Schotter) aufgeschlossen.

In Bohrung B 4 wird die oberste Lage aus Pflanzenresten (Mulch) in einer Stärke von 0,2 m aufgebaut.

Unterhalb dieser Schotterschicht bzw. der Mulchlage sowie ab Geländeoberkante in den Bohrungen B 3, B 5, B 6, B 7 und B 9 handelt es sich der Kornverteilung nach Feldansprache überwiegend um angefüllte/umgelagerte, körnige Böden. Der Kornverteilung nach Feldansprache handelt es sich hierbei um **sehr schwach schluffige** bis **schwach schluffige**, teils **sehr schwach kiesige** bis **schwach kiesige**, teils **schwach steinige Sande**, die lagenweise als **Fein-** und **Mittelsande** sortiert sind.

Einzelne Schichten wie auch dm-mächtige Zwischenlagen weisen höhere organische Anteile auf. Bei diesen dunkelbraun bis braunschwarz gefärbten Böden handelt es sich oberflächennah um die **Sand-Mutterbodendecke** (B 3, B 6, B 7 und B 9) oder um eine „alte“, überschüttete oder umgelagerte **Sand-Mutterbodendecke**.

Die beim Kleinrammbohren abgeschätzte Lagerungsdichte der künstlich angefüllten/umgelagerten Böden bzw. der („alten“) Sand-Mutterbodendecke ist „locker“ bis „locker-mitteldicht“.

Als Fremdbestandteile wurden in diesen Schichten in unterschiedlichen aber sehr geringen Anteilen **Mutterboden-, Holzkohle-, Pflanzen-, Wurzel-, Glas-, Kohle- und Ziegelreste** sowie vereinzelt **Tonklumpen** beobachtet. Offensichtlich wurde das Gelände bergseitig modelliert.

Der Übersicht wegen wurden in Anlage 2 die angefüllten/umgelagerten Böden hellgrau und die Sand-Mutterbodendecke sowie die Zwischenlagen mit höherem organischen Anteil („alter“ oder „umgelagerter“ Sand-Mutterboden) dunkelgrau hinterlegt.

Darunter folgt bis zu den Bohrendtiefen der Bohrungen B 1 bis B 9 / VB 9a eindeutig, gewachsener Boden (in Anlage 2 orange hinterlegt).

Dieser besteht der Kornverteilung nach Feldansprache aus **sehr schwach schluffigen** bis **schwach schluffigen**, in cm-Zwischenlagen teils **stark schluffigen**, teils **sehr schwach kiesigen** bis **schwach kiesigen Sanden**.

Diese Sande sind lagenweise als **Fein-**, **Mittel-** und **Grobsand** (nur in B 1) sortiert. Überwiegend wurde dabei ein Gemenge aus Fein- und Mittelsand aufgeschlossen. Einzelne Zwischenlagen sind \pm wassergesättigt oder nass (siehe Kapitel 4.3).

In Bohrung B 1 wurden in den Sanden in einer cm-mächtigen Zwischenlage (cm Zwl.) **tonig-sandige Schluffe** (B 1 in 5,7 m tiefe) aufgeschlossen.

Die wie zuvor abgeschätzte Lagerungsdichte der Sande ist „locker-mitteldicht“ bis „dicht“, wobei „mitteldichte“ bis „mitteldicht-dichte“ Lagerungsdichten überwiegen. Die nach der Feldansprache abgeschätzte Konsistenz der Schluffzwischenlage ist „steif“.

4.3 Grund- und Schichtenwasser

Nach dem Bohrende (12.10.2016) konnte nur in den Bohrungen B 1, B 2 und B 5 Grundwasser in Tiefen von 5,17 m (B 1), 4,23 m (B 2) und 3,85 m (B 5) eingemessen werden.

Die Kontrollmessung nach einigen Stunden Wartezeit bzw. am Folgetag (13.10.2016) war nur in den Bohrungen B 1 und B 2 möglich. Hier zeigten sich geringfügig tiefere „Ruhewasserstände“ von 5,34 m (B 1) und 4,38 m (B 2).

Die Bohrungen (B 3 bis B 9) sind nach dem Bohrende oder wenige Stunden später zugefallen, so dass keine direkte Messung durchgeführt werden konnte.

Offensichtlich wird das Wasser in den nassen Schichten geführt. Die Wasserstände wurden daher indirekt anhand der Tiefenlage des beobachteten, nassen Bohrgutes bestimmt und in Anlage 2 verzeichnet (siehe Beschriftung „indirekt“ in Anlage 2).

Im absoluten Höhenbezug liegt der Wasserspiegel (Ruhewasserstand und indirekte Grundwasserstände) folglich auf Niveaus von 80,68 mNN (B 1), 82,04 mNN (B 2), 80,65 mNN (B 3), 83,15 mNN (B 4), 83,09 mNN (B 5), 83,79 mNN (B 6), 83,99 mNN (B 7), 83,86 mNN (B 8) und 82,16 mNN (B 9).

Es handelt sich wahrscheinlich um Grundwasser, welches auf tiefer liegenden, tertiären Tonen (hier aufgrund der Tiefenlage nicht erbohrt) gestaut und in den überlagernden, \pm sehr schwach schluffigen Sanden geführt wird.

4.4 Bodenklassen nach DIN 18.300 und Bodengruppen nach DIN 18.196

Der Mutterboden (OH) rechnet zur Klasse 1 (Oberboden).

Die künstlich angefüllten, grobkörnigen Materialien (A [GW, SW, SE]) rechnen bei Fehlen von Steinen $\varnothing > 63$ mm zur Klasse 3 (leicht lösbarer Boden), bindige Anteile (A [UL, UM]) - nur als Tonklumpen erbohrt - entsprechen der Klasse 4 (mittelschwer lösbarer Boden).

Saubere und schwach schluffige Sande bis max. 15% Feinanteil (SE, SU) rechnen zur Klasse 3 (leicht lösbarer Boden), bei höheren Feinanteilen (SU*) zur Klasse 4 (mittelschwer lösbare Bodenarten).

Die Schluffzwischenlagen (TL, UL, UM) gehören bei steifer Konsistenz zur Klasse 4 (mittelschwer lösbarer Boden).

Durch Niederschläge wie auch bei Fehlern in der Vorgehensweise (z.B. ungeschützte Zwischenlagerung) kann das zuvor beschriebene Material der Klassen 3 und 4 in Klasse 2 (fließende Bodenarten) entsprechend weich-breiiger Konsistenz umgewandelt werden. Dies hängt jedoch stark von der Arbeitsweise der ausführenden Firma ab und fällt dementsprechend in deren Verantwortungsbereich.

4.5 Erdbautechnische Eigenschaften und bodenmechanische Kennwerte

Künstliche Anfüllungen: Sie kommen im Bereich des bestehenden Parkplatzes in einer Stärke von 0,65 bis 1,0 m vor. Nicht völlig auszuschließen ist, dass im Umfeld der „Geschützstellungen“ größere Mächtigkeiten vorkommen (siehe Anlage 1).

Im Bereich des Geländeversprungs (Grünanlage/Spielplatz) wurden größere Mächtigkeiten von rund 2,0 bis 2,2 m aufgeschlossen.

Die künstlich angefüllten Böden sind meist inhomogen zusammengesetzt und liegen erfahrungsgemäß in „lockerer“ bis „mitteldichter“ Lagerung (oder mit „steifen“ bis „steif-halbfesten“ Konsistenzen) vor.

Bei der Anfüllung/Umlagerung von Böden fand erfahrungsgemäß keine systematische Verdichtung statt oder deren Nachweis ist nicht belegt.

Es handelt sich um einen unzuverlässigen Baugrund, welcher örtlich stärker setzungsfähig ist, gering tragfähig sein kann und daher nicht zur direkten Aufnahme von Fundamentlasten herangezogen werden darf.

Typisch für die bindigen Anteile der Anfüllungen sind die auch nach langjähriger bis historischer Liegezeit auftretenden Sackungssetzungen. Diese entstehen durch Zusammenbrechen der Klumpenstruktur in unverdichteten, bindigen Schichten nach langer Liegezeit, Zutritt von Wasser oder bei Überschreiten der bisherigen Vorbelastung (zusätzliche Auflasten).

Diese Schichten müssen durch das Bauvorhaben vollständig durchfahren werden und sind dann für das Bauvorhaben ohne Belang.

Für nicht auszuschließende bindige Anteile der Anfüllungen gelten weiterhin sinngemäß die Angaben für die nachfolgend beschriebenen „stärker schluffigen Sande“.

Kennwerte - künstliche Anfüllungen		
Feuchtraumgewicht	cal. γ_f	18 – 20 kN/m ³
Reibungswinkel	cal. φ	27,5° - 32,5°
Steifeziffer	cal. E	2 – 20 MN/m ²

Fein- und Mittelsande (Decksand), ± sehr schwach schluffig: Die Sande sind bei geringen Schluffanteilen von unter 10% bis 15% und mindestens mitteldichter Lagerung als scherfest, gering setzungsfähig und daher gut tragfähig einzustufen.

Bei Austrocknung und bei Wassersättigung (in Abhängigkeit des hydraulischen Gradienten) sowie sehr geringen Schluffanteilen neigen die Sande in Böschungen zum Auslaufen und zur oberflächennahen Auflockerung.

Auflockerungen können im ausreichend entwässerten Zustand (d.h. Sohle – 0,5 m ist trocken) durch Nachverdichten mit einer Rüttelplatte leicht beseitigt werden.

Diese Schichten werden voraussichtlich durch die Gründung fast überall erreicht.

Hinweis: Bei höheren Schluffanteilen ist von einer gewissen Aufweichungsempfindlichkeit auszugehen. Die geotechnischen Eigenschaften dieser stärker schluffigen Sande tendieren dann mehr zu denen bindiger Böden (Decklehme, Schluffzwischenlagen) mit einer teils stark ausgeprägten Wasserempfindlichkeit.

Bei höheren Schluffanteilen reagieren die Sande geotechnisch wie Schluffe. Bei Wassersättigung führt mechanische Beanspruchung, z.B. durch Rüttelverdichtung, dann ohne zusätzlichen Wasserzutritt zu einer Konsistenzverschlechterung bzw. Umwandlung in einen puddingähnlichen Zustand (Thixotropie).

Rüttelverdichtung ist daher bei Wassersättigung (z.B. unmittelbar nach Starkregenereignissen, lang anhaltender Dauerregen) zu vermeiden, ferner darf die Sohlfläche nicht befahren werden. Der Aushub mit Bagger sollte von einem Standpunkt außerhalb der Baugrube erfolgen. Unbedingt sollte ein Baggerlöffel mit Schneide (ohne Zähne) verwendet werden, welcher einen präzisen Aushub gestattet und das Durchpflügen der Gründungsfläche vermeidet.

Für die Stabilisierung flächiger Baugrubenteile haben sich gut abgestufte Lava- oder Kiessandgemenge (z.B. Körnung 0/56) bewährt. Fundamente können später durch die körnige Schutzschicht hindurch geschachtet werden.

Die vereinzelt oberflächennah anstehenden, „locker-mitteldicht“ gelagerten, ± schwach schluffige Decksande weisen wegen ihrer geringen Lagerungsdichte eine geringere Scherfestigkeit auf und sind setzungsanfälliger.

Sie liegen im Baufeld in Teilflächen oberflächennah bis in Tiefen von rund 84,94 mNN (B 5) und 85,75 mNN (B 4) vor.

Diese „locker-mitteldicht“ gelagerten Schichten werden voraussichtlich bei B 4 durch das Bauvorhaben vollständig durchfahren und sind dann für die Gründung ohne Belang.

Im Bereich der Bohrung B 5 sollte die Aushubsohle geotechnisch überprüft und nachverdichtet werden.

Kennwerte – Fein- und Mittelsande (Decksande)		
Feuchtraumgewicht	cal. γ_f	19 – 20 kN/m ³
Raumgewicht unter Auftrieb	cal. γ_a	10 – 11 kN/m ³
Reibungswinkel	cal. φ	35,0°
Steifeziffer	cal. E	30 – 80 MN/m ²

Anmerkung Sande: Auftretende, aushubbedingte Auflockerungen in den gewachsenen, körnigen Schichten (Decksanden) können - im ausreichend entwässerten Zustand (d.h. mindestens 0,5 m unterhalb der Sohle sind trocken) - bei sehr geringen Feinkornanteilen durch Nachverdichten mit einer kleinen Rüttelplatte einfach beseitigt werden.

4.6 Wiederverwendung von Böden

Der Sand-Mutterboden kann, falls erforderlich, zur oberflächennahen Gelände-modellierung genutzt werden, d.h. nicht unter Terrassen, Wegepflaster usw., da dort Sackungen durch Nachfüllen von Mutterboden nicht ausgeglichen werden können.

In den künstlichen Anfüllungen wurden schichtenweise u.a. Fremdbestandteile wie Mutterboden-, Holzkohle-, Pflanzen-, Wurzel-, Glas-, Kohle- und Ziegelreste sowie Tonklumpen erbohrt.

Kontaminationen, organoleptische Auffälligkeiten oder untergemengte Fremdbestandteile, die eine Entsorgung der Böden sowie eine besondere, fachtechnische Begleitung erfordern, wurden nicht beobachtet.

Im Bereich der Geschützstellungen können Kampfmittel vorhanden sein und Kontaminationen nicht ausgeschlossen werden.

Die anfallenden Aushubmassen sind generell entsprechend den Vorgaben des Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetzes sowie dessen Unterverordnungen fachgerecht zu entsorgen.

Die künstlich angefüllten/umgelagerten und auch die gewachsenen Böden wurden bei den Geländearbeiten im aushubrelevanten Bereich vorsorglich für Analysezwecke (Deklarationsanalytik) beprobt und stehen für die Untersuchung im chemischen Labor bereit.

Die Ergebnisse der abfallcharakterisierenden Deklarationsanalytik werden in einem gesonderten Bericht dargestellt.

Die oberflächennahe „Schotterlage“ der derzeitigen Parkplatzbefestigung könnte bei entsprechender geotechnischer Eignung für eine Wiederverfüllung im geplanten Parkplatzunterbau verwendet werden.

Die Verdichtungsfähigkeit des Materials sollte in diesem Fall durch Lastplattendruckversuche (LP-Versuche) geprüft werden. Falls ein Einbau nicht möglich wird, empfehlen wir, das Material beispielsweise zum Aufbau einer Baustraße zu verwenden.

Grundsätzlich sollte nur ausreichend trockenes Material wieder eingebaut werden. Der Wassergehalt des Einbaubodens muss in der Nähe des Maximums der Proctor-kurve des Materials liegen, idealerweise auf der „trockenen“ Seite der Kurve. Dies bedeutet, dass das Aushubmaterial entsprechend vor Aufweichungen durch Niederschläge geschützt werden muss.

Die in Kapitel 4.5 beschriebenen, bodenmechanischen Eigenschaften der jeweiligen Böden sind hierbei zu berücksichtigen.

Weiterhin ist zu beachten, dass das Bodenmaterial trocken gelagert, dabei geschützt (Abdeckplanen) und später wieder mit geeigneten Maschinen zum Einbauort transportiert werden kann. Hierfür ist ausreichend Lagerfläche vorzusehen.

5 Gründung

5.1 Bauvorhaben – Stand der Planungen

Nach erhaltenen Angaben ist ein 2-geschossiges, nicht unterkellertes Gebäude geplant. Bergseits soll das derzeitige Gelände für die Errichtung von Garagen und Parkplätzen abgegraben und durch eine Stützmauer gesichert werden.

Abschließend wurden die Gründungsniveaus noch nicht festgelegt. Die unsererseits angenommene Erdgeschossfußbodenhöhe (ang. EFH) liegt auf rund 86,11 mNN ($\pm 0,00$ m). Das angenommene UK Bodenplatte Niveau liegt auf einer Höhe von rund 85,71 mNN (- 0,40 m), Streifenfundamente einige Dezimeter tiefer. In der Darstellung der Bohrprofile in Anlage 2 sind diese Niveaus bezüglich mNN eingetragen.

Abweichungen von den zuvor aufgeführten Höhenniveaus sind unserem Büro für eine gegebenenfalls erforderliche, ergänzende Bewertung mitzuteilen.

5.2 Gründung

Das in Anlage 2 angegebene Gründungsniveau zeigt, dass das angenommene UK Bodenplatte Niveau an Untersuchungsstelle B 1 noch in Restmächtigkeiten der künstlich angefüllten Böden oder der „alten“ Sand-Mutterbodendecke liegt. An den übrigen Untersuchungsstellen werden auf Niveau der angenommenen UK Bodenplatte bereits vollflächig die gewachsenen Sande mit „locker-mitteldichter“ bis „mitteldichter“ Lagerungsdichte erreicht.

Die Restmächtigkeiten der künstlich angefüllten Böden müssen ausgetauscht oder durchfahren werden. Bereiche, in denen Restmächtigkeiten der „locker-mitteldicht“ gelagerten Böden (bei B 5) anstehen, sind mit einer Rüttelplatte nachzuverdichten oder ebenfalls auszutauschen.

Für die Gründung stehen dann einheitlich die gewachsenen Decksande (Fein- und Mittelsande) mit mindestens „mitteldichter“ Lagerungsdichte an.

Frostfrei gründende Streifenfundamente gründen voraussichtlich bereits überall in den gewachsenen Sanden.

Im Bereich des geplanten Parkplatzes stehen auf EFH-Niveau ($\pm 0,00$ m) bereits überall die gewachsenen, mindestens „mitteldicht“ gelagerten Sande für die Gründung zur Verfügung

Eine Gründung mit Streifen- und Einzelfundamenten oder über eine Bodenplatte auf einem noch aufzubauenden geringmächtigen Bodenersatzpolster/Sauberkeitsschicht in den gewachsenen Böden mit mindestens „mitteldichter“ Lagerungsdichte ist somit möglich.

Nach dem Grundbruchkriterium ergeben sich in den gewachsenen, „mitteldichten“ Sanden bei einer Einbindung von 0,5 m die folgenden, max. zul. Bodenpressungen (Sohldruckverteilung nach DIN 1054; Zwischenwerte interpolieren):

Decksand (Fein- und Mittelsand, mit mindestens „mitteldichter“ Lagerungsdichte):

Fundamentbreite	Maximal zulässige Bodenpressung
0,50 m	260 kN/m ²
1,00 m	(350kN/m ²)
1,50 m	(450 kN/m ²)

Dies entspricht nach neuer Norm einem Sohlwiderstand von $\sigma_{R,d}$ von:

Fundamentbreite	Maximal zulässige Bodenpressung
0,5 m	364 kN/m ²
1,0 m	(490 kN/m ²)
1,5 m	(630 kN/m ²)

Die höheren, in Klammern gesetzten Pressungen werden durch das Bauwerksgewicht voraussichtlich nicht ausgenutzt und führen bei deren Ansatz zu größeren Setzungen, daher empfehlen wir zunächst, bei der Fundamentbemessung eine einheitliche Pressung im Hinblick auf Setzungen von maximal 260 kN/m² anzusetzen.

Es werden nachfolgend zwei Gründungsvarianten (Streifenfundamente sowie eine lastabtragende Bodenplatte auf einem Bodenersatzpolster) erörtert:

Streifenfundamente: In den gewachsenen, „mitteldicht“ gelagerten Decksanden gegründete, 0,5 m breite Streifenfundamente erreichen bei einer angenommenen Pressung von 260 kN/m² rechnerisch Setzungen von wenigen Millimetern bis 0,4 cm.

Restmächtigkeiten von oberflächennahen Anfüllungen sind zu durchfahren (geringe Tieferführung).

Zwischen unterschiedlich tief reichenden Fundamenten ist die Gründung in der Längserstreckung der Fundamente abgetrepppt unter einer Generalneigung von 30° herzustellen.

Die Bodenplatte des Gebäudes ist dann statisch als „Decke“ zwischen den Streifenfundamenten auszubilden.

An das zur Auffüllung der Zwischenbereiche verwendete Bodenersatzmaterial (z.B. Kiessand, „Füllkies“, Lavakiessand, Schotter usw.) sind dann hinsichtlich der Tragfähigkeit keine erhöhten Anforderungen zu stellen.

Das Material sollte aber soweit verdichtet werden, dass ein ausreichendes Auflager für den Betoniervorgang der Bodenplatte zur Verfügung steht.

Um Aufweichungen und Störungen in der Sohle zu vermeiden, ist unbedingt ein Baggerlöffel mit Schneide (ohne Zähne) und bei ggf. erforderlichen Verdichtungsarbeiten eine kleine Rüttelplatte zu verwenden!

Generell sollten aufgelockerte Bereiche (z.B. Decksande), sofern angetroffen oder durch Witterungseinflüsse entstanden, in der Aushubsohle ausgetauscht und durchfahren oder nachverdichtet werden.

Bodenplatte: Bei einer Plattengründung ist ebenfalls darauf zu achten, dass die künstlich angefüllten/umgelagerten Böden durchfahren und ausgetauscht werden. Bei Bedarf, falls eine Nachverdichtung nicht möglich ist, sind Restmächtigkeiten der oberflächennahen „locker-mitteldicht“ gelagerten Sande ebenfalls vollständig auszutauschen.

Zur Vereinheitlichung der Bettung sollte zunächst die Aushubsohle in den gewachsenen Sanden mit einer Rüttelplatte vollflächig nachverdichtet werden. In der Sohle des Bodenersatzpolsters stehen dann mindestens „mitteldicht“ gelagerte Decksande (Fein- und Mittelsande) an.

Dieser Arbeitsschritt sollte durch eine verantwortliche, gutachterliche Abnahme des Erdplanums begleitet werden.

Anschließend wird ein geringmächtiges, keilförmiges Bodenersatzpolster oder eine Sauberkeitsschicht aufgebaut.

Im Bereich von Bohrung B 1 beträgt die Stärke des Bodenersatzpolsters rund 0,4 m. Im Bereich der „Geschützstellungen“ können sich ein schwer vorhersagbarer Mehraushub und somit ein entsprechend mächtigeres Bodenersatzpolster ergeben (siehe Anlage 1).

In der Fläche sollte ansonsten im Bereich der anstehenden, gewachsenen Böden zum Schutz vor Auflockerungen eine Mindeststärke von 0,25 m nicht unterschritten werden.

Für die empfohlene **Plattengründung** auf einem geringmächtigen Bodenersatzpolster/Sauberkeitsschicht wurde den Setzungsberechnungen eine Flächenlast von 40 kN/m² zugrunde gelegt.

Es ergeben sich in diesem Lastfall rechnerische Setzungen von rund 0,3 bis 0,4 cm.

Die **Bettungsziffer** kann bei einer Gründung über eine Bodenplatte auf einem geringmächtigem Bodenersatzpolster/Sauberkeitsschicht über „mitteldicht“ gelagerten Sanden mit einem Wert von $c_b = 22 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden.

Hinweise: In Abhängigkeit der geplanten Verkehrslasten (Feuerwehrfahrzeuge) und den damit verbundenen technischen Anforderungen an das Bodenersatzpolster (z.B. geforderte E_{v2} -Werte eines noch zu wählenden Regelaufbaus) ist die erforderliche Mächtigkeit des Bodenersatzpolsters planerisch festzulegen.

Um unwirtschaftliche Arbeitsweisen zu vermeiden, empfehlen wir im Baufeld Probefelder mit unterschiedlichen Aufbauhöhen herzustellen und darauf LP-Versuche durchzuführen.

Bodenersatzpolster/Sauberkeitsschicht: Bei diesem Verfahren wird ein auf 100% Proctor verdichtetes Polster aus geeignetem, körnigem Bodenmaterial der Boden- gruppen GW, SW, gegebenenfalls auch SE aufgebaut. Geeignet sind hierfür gut abgestufte Kiessandgemische, Lavakiessand oder entsprechend freigegebenes RCL-Material mit weitgestufter Kornlinienverteilung (dies sind z.B. die Körnungen 0/32 oder 0/45 der vorgenannten Materialien).

Das Ersatzpolster muss allseitig einen seitlichen Überstand erhalten, welcher sich aus der Schichtstärke und einem angenommenen Druckverteilungswinkel von 60° ergibt.

Wichtig: Soll eine körnige Sauberkeitsschicht oder eine Bodenersatzschüttung unter der Bodenplatte über Schluffen (Lehm) - hier nicht erbohrt - oder stärker schluffigen Feinsanden verdichtet werden, so sind diese Arbeiten in der ersten Lage mit einem kleinen Gerät auszuführen, dessen Verdichtungswirkung nicht über die eingebaute, körnige Schicht hinaus wirkt!

Gute Erfahrungen beim Einbau der ersten Schicht wurden mit dem Einsatz einer kleinen Rüttelplatte für Pflasterarbeiten gemacht.

Bei Nichtbeachtung dieser Anmerkungen und der Empfehlungen in Kapitel 4.5 kann der Boden plastifiziert werden.

Im Baufeld wurden in Teilflächen oberflächennah anstehende „locker-mitteldichte“ Sande beobachtet. Wir empfehlen daher, die verantwortliche Abnahme des Auskofferungsplanums (Sohle) und die Begutachtung der Eignung des Ersatzmaterials sowie die Kontrolle der Verdichtung durch Lastplattendruckversuche (LP-Versuche, statisch / dynamisch) zu prüfen.

Stützmauer: Auf der Bergseite der Parkplätze entsteht ein Geländeversprung von rund 2,0 bis 2,5 m Höhe.

Hier wird eine Stützmauer geplant. Für die Dimensionierung können die bei den Streifenfundamenten weiter oben angegebenen Werte angesetzt werden.

Parkplätze / Alarmhof: Die Parkflächen (auf der Bergseite) liegen nach den Bohrergebnissen voraussichtlich in den gewachsenen Böden.

Im Bereich des Alarmhofes (Straßenseite) ist sicher zu stellen, dass die oberflächennah anstehenden künstlich angefüllten Böden ausgetauscht werden.

Bei einer Regelbauweise der Park- und Fahrflächen empfehlen wir, nach Festlegung des Mindestaufbaus zunächst eine Probefläche herzustellen, anhand derer die

Arbeitsweise und Verdichtungsfähigkeit des Materials bewertet werden kann (siehe Hinweise im Kapitel „Bodenplatte“).

5.3 Aushub / Baugrubensicherung / Verbau

Aushubarbeiten: Wir empfehlen im Vorfeld der Aushubarbeiten eine Abstimmung mit dem Kampfmittelräumdienst herbeizuführen.

Erfahrungsgemäß kann es sein, dass deren Kampfmittel detektion erst nach Abschieben des Mutterbodens und / oder der künstlichen Anfüllungen erfolgen kann. Hierfür ist ein entsprechend großes Zeitfenster einzuplanen.

Baugrubensicherung: In den körnigen Böden und künstlichen Anfüllungen (Fein-, Mittelsand und Kiessand-Gemenge) kann unter 45° geböscht werden.

Geböschte Baugruben setzen ausreichenden Platz für Böschung, Arbeitsraum und erforderliche Schutzstreifen voraus (siehe DIN 4124).

Diese Vorgaben werden im Bereich des geplanten Gebäudes erfüllt.

Im Bereich des bergseitigen Parkplatzes und der Garagen streicht eine 45° Böschung in Teilbereichen auf dem seitlich (nördlich) angrenzenden Nachbargrundstück aus.

Hier ist zu klären, ob für eine Böschungslösung das Nachbargrundstück beansprucht werden darf. Falls nicht ist ein Verbau vorzusehen.

Verbau: Ist entlang der Grenzen zu den Nachbargrundstücken keine Böschungslösung möglich, ist der Geländeversprung in diesem Bereich mit einem Verbau zu sichern.

5.4 Abdichtungskonzept

In den Bohrungen wurden Wasserstände direkt oder indirekt beobachtet. Grundwasser ist im Bau Feld in mittlerer Tiefe auf Niveaus von 80,65 mNN (straßenseits) bis 83,99 mNN (bergseits) zu erwarten.

Die Geländeuntersuchungen wurden nach einer mäßig trockenen Witterungsperiode durchgeführt. Es ist davon auszugehen, dass sich in niederschlagsreicheren Perioden örtlich höhere Grund- und Schichtwasserhorizonte ausbilden bzw. Oberflächenwasser aus dem angrenzenden, höher gelegenen Gelände auf das Gebäude zufließen kann.

Unter Berücksichtigung eines Sicherheitszuschlages von 1 m liegt der **Bemessungswasserstand** auf Niveaus von 81,65 mNN (80,65 mNN + 1 m, straßenseits) bis 84,99 mNN (83,99 mNN + 1 m, bergseits).

Das Grundwasser liegt somit mindestens 2 m unter der Gründungsebene und ist nicht weiter zu berücksichtigen.

Weiterhin gilt, dass für die Bodenplatte, die in den Böschungen und den Arbeitsraumsohlen anstehenden Schichten wechselhaft bis mäßig durchlässig sind, wobei die Durchlässigkeitsbeiwerte kleiner als $k_f = 1 \times 10^{-4}$ m/s sind.

Ohne Realisierung einer dauerhaften Vorflut ist nicht auszuschließen, dass in der Baugrubensohle „zeitweise aufstauendes Sickerwasser“ nach WU-Beton-Richtlinie auftreten kann. Dies ist dann in die Beanspruchungsklasse 1 einzustufen.

Wir empfehlen daher, eine Abdichtung der Bodenplatte durch eine Ausbildung in **WU-Beton** entsprechend den einschlägigen Betonvorschriften (WU Richtlinie) bzw. nach **Teil 6** der **DIN 18.195** herzustellen.

Streifenfundamente reichen u.a. bis in zeitweise, wasserstauende Feinsande und durchschneiden die körnigen Schüttmaterialien.

Hier ist eine horizontale Absperrung gegen aufsteigende Feuchtigkeit vorzusehen (siehe hierzu Kapitel 7, DIN 18.195, Teil 4).

Vereinfachter Abdichtungsaufwand: Dieser ist möglich, wenn eine dauerhafte Vorflut in eine Sickerpackung realisiert werden kann. Die im Feldversuch bestimmten Durchlässigkeiten zeigen hierfür eine ausreichende Durchlässigkeit.

Die Abdichtungen gegen Bodenfeuchte, dies ist Kapillar- und Haftwasser und nicht aufstauendes Sickerwasser an der erdberührten Bodenplatte, kann dann nach Herstellung einer wie unten beschriebenen Vorflut mit Durchlässigkeiten von $k_f \geq 1 \times 10^{-4}$ m/s nach **Teil 4** der **DIN 18.195** erfolgen.

Der Einbau einer dünnen Bodenersatzschüttung in den Auffüllbereichen zwischen den Streifenfundamenten bzw. in der Fläche (bei Einsatz eines Bodenersatzpolsters/Sauberkeitsschicht) sollte dann einen sehr geringen Feinkornanteil aufweisen, so dass eine Durchlässigkeit von $k_f \geq 1 \times 10^{-4}$ m/s direkt unterhalb der Bodenplatte eingestellt werden kann.

Die Stärke dieser Schüttung mit kapillarbrechender Wirkung muss nach Kapitel 6.2.2 des Teils 4 der DIN 18.195 mindestens 0,15 m betragen.

Um sicherzustellen, dass oberflächennah auftretendes Wasser sich nicht unter der Bodenplatte ansammeln kann, empfehlen wir, das Planum der kapillarbrechenden Schicht mit einem geringen Gefälle zu versehen.

Eine Begrenzungsdrainage (siehe DIN 18.195 Teil 4), welche das Wasser aus dem Bereich der Bodenplatte sicher und dauerhaft ableitet, ist ebenfalls vorzusehen, folglich sind Kontroll- und Spülschächte sowie Wartungsintervalle vorzusehen.

Es ist dabei sicherzustellen, dass die Vorflut (Sickerpackung) dauerhaft erhalten bleibt.

Wir empfehlen, das temporär anfallende Dränwasser über eine „**Sickerpackung**“ (Vorflut) bestehend aus einer in Filtervlies eingeschlagenen, „sauberen“ Kies-schüttung (z.B. 16/32) in den tieferen Untergrund zu versickern.

Hierzu sollte die Sickerpackung außerhalb des Baufeldes an die \pm sehr schwach schluffigen Sande (z.B. bei B 1 oder B 3) in einer Stärke von rund 1,0 m anbinden.

Es handelt sich hierbei um eine Entspannungsdrainage, die keinen Eingriff in den Wasserhaushalt darstellt, da die hierbei zu erwartenden Dränagewassermengen sehr gering sind und nur zeitlich begrenzt auftreten.

Streifenfundamente reichen u.a. bis in die zeitweise wasserstauenden Decksande und durchschneiden die körnigen Schüttmaterialien.

Hier ist eine horizontale Absperrung gegen aufsteigende Feuchtigkeit vorzusehen (siehe hierzu Kapitel 7, DIN 18.195, Teil 4).

Geländemodellierung: Wir empfehlen prinzipiell, das Gelände so zu modellieren, dass Oberflächenwasser (Starkregenereignis) vom Gebäude abgeleitet wird, bzw. Oberflächenwasser über die Geländeoberfläche abfließen kann.

Bei Bedarf sind bodengleiche Zugänge (Eingänge) durch an die Kanalisation angeschlossene Einläufe zu sichern, so dass für bis auf dieses Niveau ansteigendes Wasser (meist Oberflächenwasser in niederschlagreichen Zeiträumen) eine gesicherte Vorflut vorhanden ist.

Durch eine entsprechende Dimensionierung ist sicherzustellen, dass bei höherem Wasserandrang ein Rückstau in den Eingangsbereich hinein ausgeschlossen werden kann.

5.5 Erdbebenzone

Die **Baugrundklasse** wird mit **C** (hauptsächlich gemischt- bis feinkörnige Lockergesteine in mindestens steifer Konsistenz) und die **Untergrundklasse** mit **R** (Gebiete mit felsartigem Gesteinsuntergrund) an der Grenze zu **Untergrundklasse T** angegeben.

Gemäß der Erdbebenzonenkarte befindet sich das Baufeld nach DIN 4149 bzw. EC 8 noch in der **Zone 0**, aber nahe des östlichen Randes der Zone 1 (Siegburg).

6 Vorschriften und Richtlinien für Versickerungseinrichtungen

6.1 Vorschriften und Richtlinien für die Versickerung von Niederschlagswasser:

Regelwerk: Arbeitsblatt DWA-A138 der Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e. V. „Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser“ (April 2005).

Das Regelwerk beschreibt die verschiedenen Typen von Versickerungsanlagen, liefert Angaben zu deren Bemessung und wurde in der aktuellen Neufassung auf alle Siedlungsflächen sowie Flächen des ruhenden und fahrenden Verkehrs erweitert.

Runderlass: „Niederschlagswasserbeseitigung gemäß § 51 a des Landeswassergesetzes“ - Runderlass d. Min. f. Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft v. 18.5.1998 (jetzt MUNLV – Min. f. Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz).

Der Runderlass fasst alle maßgeblichen Vorschriften, Richtlinien und Hinweise zusammen. U.a. definiert er den Verschmutzungsgrad der Regenwässer, regelt den Einsatzbereich der Versickerungsanlagen nach Verschmutzungsgrad im Hinblick auf Wasserschutzgebiete, und die Behandlung von künstlichen Anfüllungen. Weiterhin

bestimmt er die erforderlichen Bodendurchlässigkeiten und macht Angaben zum Abstand der Anlagen zum Grundwasser.

6.2 Mögliche Anlagenarten

In dem Regelwerk werden verschiedene Typen von Versickerungsanlagen nach folgenden Kriterien unterschieden:

Kriterien für Anlagentypen	
dezentral oder zentral	Flächenbedarf
Speicherfähigkeit	hydraulische Beschickung

Hieraus ergeben sich verschiedene, prinzipielle, technische Lösungen. Aus der Sicht des Grundwasserschutzes sind Anlagen mit einem hohen, natürlichen Schutzpotenzial des Bodens vorzuziehen. Es ergibt sich hieraus eine Rangfolge, die in der nachstehenden Tabelle aufgeführt ist.

Mögliche Anlagearten
Großflächige Versickerung
Flächenversickerung
Versickerungsbecken
Muldenversickerung
Rigolenversickerung
Mulden-Rigolenversickerung
Rohrversickerung
Schachtversickerung

6.3 Randbedingungen im vorliegenden Fall

Nach den vorliegenden Kartenunterlagen und der Übersicht der MKULNV NRW liegt die Untersuchungsfläche außerhalb von Wasserschutzgebieten. Das Grundstück liegt in einem Wohngebiet.

Nach dem Runderlass gilt u.a., dass Niederschlagwasser von Dach- und Hofflächen als „nicht belastet (= unverschmutzt)“ und das von Parkflächen als „schwach belastet“ (=gering verschmutzt) eingestuft wird.

Nach Nomenklatur des Arbeitsblattes A 138 der DWA ist das einzuleitende Niederschlagswasser hinsichtlich der Stoffkonzentration in die Kategorie „unbedenklich“ (Dachfläche) bzw. „tolerierbar“ (Parkplatz) einzustufen.

Für die Versickerung des Dachflächenwassers kommen daher alle vorgenannten Anlagearten, und zwar in der Rangfolge der Auflistung in Frage.

Die Anlagenart hängt noch von den zu bewertenden Boden- und Grundwasser- verhältnissen ab und ist mit der Genehmigungsbehörde abzustimmen.

Üblicherweise wird das Oberflächenwasser aus den Fahr- und Parkflächen über ein Mulden-Rigolen-System zu versickern sein.

6.4 Durchlässigkeitsanforderung

Als Grenzdurchlässigkeitsbeiwert für die Wasseraufnahme ist gemäß DWA-A 138 von $k_f \geq 1 \times 10^{-6}$ m/s auszugehen, damit eine ausreichende Sickerleistung ohne längeren Einstau in der Anlage erzielt wird.

Der Runderlass setzt die untere Grenzdurchlässigkeit bei $k_f \geq 5 \times 10^{-6}$ m/s an und fordert bei Unterschreitung dieses Wertes keine Versickerung im Sinne des § 51 a LWG. Der Abwasserbeseitigungspflichtige kann jedoch freiwillig auch bei geringeren Durchlässigkeiten Versickerungsanlagen errichten und betreiben, die entsprechend groß dimensioniert werden müssen, wobei der Grenzwert $k_f \geq 1 \times 10^{-6}$ m/s der DWA als Minimalwert anzusetzen ist.

6.5 Abstände zu Gebäuden und Nachbarbebauung

Da Versickerungsanlagen keine Schäden an Gebäuden und Anlagen verursachen dürfen, sind Mindestabstände einzuhalten. Die schärfsten Kriterien gelten für Versickerungsanlagen neben Gebäuden ohne wasserdruckhaltende Abdichtung.

Ein vom Fußpunkt der Baugrubenböschung gebildetes Lot bis zur Geländeoberfläche ergibt die Verfüllhöhe der Baugrube. Der Rand der Versickerungsanlage sollte mindestens die 1,5 fache Entfernung dieser Verfüllhöhe von diesem Lotpunkt aufweisen. Auf jeden Fall ist zwischen oberer Baugrubenkante und Versickerungsanlage ein Abstand von 0,50 m einzuhalten. Ist der Winkel der Baugrubenböschung nicht bekannt, ist von einer 1:1 geböschten Baugrube auszugehen.

Bei wasserdruckhaltend abgedichteten Gebäuden ist der Abstand zur Versickerungsanlage unkritisch, solange bautechnische Grundsätze wie Auftriebsicherheit und Lastabtragungsbereiche beachtet werden.

Auch bei Beachtung der vorgenannten Regeln ist nicht vollständig auszuschließen, dass sich eingeleitetes Niederschlagswasser auf geringer durchlässigen Schichten aufstaut und horizontal verbreitet, so dass Vernässungsschäden bei nahe gelegenen Gebäuden auftreten, oder mindestens ein Zusammenhang mit der Versickerung nicht vollständig ausgeschlossen werden kann.

Daher ist stets zu fordern, dass Unterkellerungen von Neubauten nach den Regeln der Technik dräniert bzw. abgedichtet werden.

7 Festgestellte Durchlässigkeitsverhältnisse

Eine Bewertung unter hydrologischen Gesichtspunkten erfordert die Untersuchung der in-situ vorhandenen Durchlässigkeiten, sowohl im Einleitbereich oberflächennaher Versickerungsanlagen, als auch im darunter folgenden Boden, welcher für die Ableitung des in die Anlage eingeleiteten Niederschlagswassers verantwortlich ist. Aus diesem Grund wurden die oberflächennahen Schichten und der tiefere Untergrund durch die nachfolgend beschriebenen Versuche untersucht.

7.1 Vorgehensweise zur Bestimmung der in-situ Durchlässigkeiten

7.1.1 Oberflächennahe Schichten

Zur Ermittlung der Durchlässigkeit der für flache Versickerungseinrichtungen maßgebenden, oberflächennahen Bodenzone wurde neben der Kleinrammbohrung B 9 eine Versickerungsbohrung (VB 9a) bis in 1,2 m Tiefe mit $\varnothing = 80$ mm abgeteuft.

Der Schichtenaufbau dieser Bohrung entspricht der benachbarten Kleinrammbohrung B 9. Die Versickerungstrecke ist in der Anlage 2 neben der Bohrsäule dargestellt. Ihre Lage ist der Anlage 1 zu entnehmen.

Nach dem in der Anlage 3 ersichtlichen Versuchsschema wurde in dem $\varnothing = 80$ mm Bohrloch ein Versickerungsversuch nach USBR Earth Manual ausgeführt und ausgewertet.

7.1.2 Tieferer Untergrund

In dem Bohrloch der Kleinrammbohrung B 9 ($\varnothing = 60$ bis 36 mm) wurde zur Ermittlung der Durchlässigkeit der tieferen Bodenschichten ein qualitativer Absenkversuch durchgeführt.

Hierzu wird das Bohrloch mit einem perforierten Kunststoffrohr ausgebaut, wodurch ein Zusammenschwemmen des Bohrloches beim Füllvorgang verhindert wird. Nach dem Füllen des Bohrlochs mit Wasser wird dabei das Absinken des Wasserspiegels in Abhängigkeit der Zeit gemessen. Eine rechnerische Auswertung und Deutung der Ergebnisse ist mit Einschränkungen möglich und wurde für diese Bohrung durchgeführt.

7.2 Ermittelte Durchlässigkeiten der oberflächennahen Schichten

Gemäß Versuchsschema und Auswertung der Anlage 3 ergeben sich in den durch Versickerungsversuch nach USBR geprüften Tiefenbereich für die Deckschichten die in der nachfolgenden Tabelle aufgeführten DARCY'schen Durchlässigkeitsbeiwerte k_i in [m/s].

Sie wurden für die ungesättigte Zone ermittelt und könnten nach den Bemessungsgrundsätzen in Kapitel 3.2.3 des Arbeitsblatts A 138 der DWA nach Formel (4) verdoppelt werden. Da jedoch auch die Verringerung der Durchlässigkeit während der Betriebszeit zu berücksichtigen ist, empfehlen wir, die angegebenen Versuchswerte als Bemessungswerte zu verwenden.

Weiterhin ist anzumerken, dass günstige Durchlässigkeiten feinkörniger Böden i.d.R. durch „Strukturdurchlässigkeiten“ hervorgerufen werden. Dabei handelt es sich um Wasserwegigkeiten wie Feinschichtung, Wurzelgänge, Risse, Makroporen usw. Die Durchlässigkeit eines homogenen, z.B. in einen PROCTOR-Topf eingebauten Bodens ist vergleichsweise deutlich geringer.

Diese strukturbedingten und natürlich vorkommenden Wasserwegigkeiten können im Baubetrieb durch Verdichten, Verschmieren, Zuschlämmen usw. verschlossen werden.

Bauvorhaben – Feuerwehrhaus in Siegburg-Kaldauen		
Versuchspunkt	Durchlässigkeit k_f – Wert [m/s]	durchsickerte Bodenarten
VB 9a	$1,1 \times 10^{-5}$ m/s	Fein- und Mittelsand-Gemenge, sehr schwach schluffig

Der o.a. Durchlässigkeitsbeiwert liegt im Werteintervall des „entwässerungstechnisch relevanten Versickerungsbereichs (DWA-A 138 Kapitel 3.1.3)“.

Der Wert liegt rund eine 10 er Potenz oberhalb der unteren Grenzdurchlässigkeit von $k_f \geq 5 \times 10^{-6}$ m/s, bei der eine Versickerung im Sinne des § 51a LWG gefordert werden kann.

7.3 Ermittelte Durchlässigkeiten des tieferen Untergrunds

Die Messergebnisse des qualitativen Absenkversuchs in dem Kleinrammbohrloch B 9 sind in der nachfolgenden Tabelle dargestellt. Der Versuch wurde rund 8 Minuten beobachtet und ausgewertet. Die rechnerische Auswertung von Absenkversuchen in Kleinrammbohrlöchern ist mit aller Vorsicht und stets zusammen mit dem Bohrprofil zu interpretieren.

Mit der zahlenmäßigen Auswertung des Absenkversuchs im Rammbohrloch liegt man allerdings auf der „sicheren Seite“, da wir davon ausgehen, dass der umgebende Boden durch den Bohrvorgang verdichtet ist.

Bohrung Nr.	Messwertpaare Absenkung / Zeit	geprüfte Schichten (Legende s. Anlage 2)	Durchlässigkeit tieferer Untergrund, k_f -Wert angenähert in [m/s]
BV Feuerwehrhaus in Siegburg-Kaldauen			
9	337 cm / 1 Min.	fS, mS, u''	$k_f = 6,3 \times 10^{-4}$
	367 cm / 3,5 Min.	fS, mS, u''	$k_f = 1,2 \times 10^{-4}$
	374 cm / 8 Min.	fS, mS, u''	$k_f = 2,3 \times 10^{-5}$

Bei den quantifizierten, geringen Feinkornanteilen (Schluffe) verursacht die Verdichtungswirkung beim Kleinrammbohren Reduzierungen in den ermittelten Durchlässigkeiten in der Größenordnung von einer halben bis zu einer ganzen 10er Potenz. Die Durchlässigkeiten in den \pm sehr schwach schluffigen Sand-Gemengen liegen nach Korrektur in der Größenordnung von $k_f = 1,2 \times 10^{-3}$ m/s bis $k_f = 2,3 \times 10^{-4}$ m/s.

Die bei den Versuchen in den tieferen, körnigen Schichten (\pm saubere Sande) ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte sind somit ausreichend groß, um oberflächennah eingeleitetes Niederschlagswasser zeitlich verzögert in den tieferen Untergrund abzuleiten.

Als Bemessungswert für dieses Tiefenintervall schlagen wir vor, einen Wert mittleren Wert von ca. $k_f = 1 \times 10^{-4}$ m/s anzunehmen. Dieser berücksichtigt dann hydraulisch wirksame Inhomogenitäten (höhere Feinkornanteile, Feinsandzwischenlagen usw.).

7.4 Beurteilung der Möglichkeit der Regenwasserversickerung

An der Untersuchungsstelle B 9 wurde nach dem Regelwerk DWA-A 138 in den \pm sehr schwach schluffigen Decksanden eine ausreichende Durchlässigkeit festgestellt.

Die ermittelten Werte liegen somit im „entwässerungstechnisch relevanten Versickerungsbereich“ nach dem Regelwerk der DWA.

Hydrogeologisches Modell: Aus dem erbohrten Schichtenaufbau und der generellen, geologischen Situation wird folgender Aufbau abgeleitet:

Geologische Schicht	Durchlässigkeiten nach DIN 18.130
Künstlich angefüllte Böden [A]	Dürfen nicht zur Versickerung herangezogen werden (müssen ausgetauscht bzw. durchfahren werden)
Decksande (Fein- und Mittelsande)	Mäßig durchlässig bis durchlässig (sollten in ausreichendem Maß angebunden werden, Feinsandzwischenlagen sollten durchfahren werden, Sohlabnahme angeraten)
Tertiäre Sande, Fein- und Mittelsande oder quartäre Terrassensedimente	erfahrungsgemäß mäßig durchlässig bis durchlässig
Tertiäre Tone (nicht erbohrt)	Nicht geprüft, erfahrungsgemäß sehr gering durchlässig bis undurchlässig

Aus dem erbohrten Schichtenaufbau und der generellen, geologischen Situation wird abgeleitet, dass unter zunächst mäßig durchlässigen bis durchlässigen Decksanden (Fein- und Mittelsand-Gemengen) mäßig durchlässige bis durchlässige körnige Schichten (Terrassensedimente und tertiäre Sande) folgen. Darunter folgen dann wahrscheinlich „undurchlässige“ tertiäre Tone (aufgrund der Tiefenlage nicht erbohrt).

Ergebnis: Eine Versickerungsanlage kann mit Anbindung an die oberflächennah oder in mittlerer Tiefe erbohrten, \pm sehr schwach schluffigen Sande erfolgreich betrieben werden. Diese wurden in Bohrung B 9 ab einer Tiefe von rund 0,5 m aufgeschlossen.

Die Oberflächennah bis rund 0,5 m Tiefe aufgeschlossenen künstlich angefüllten Böden sind hierzu mit dem Mulden- oder Rigolenkörper zu durchfahren.

Die Entwässerung kann folglich über eine Rigole oder Mulde sowie ein kombiniertes Mulden-Rigolen System erfolgen.

Durch Abstimmung mit der Genehmigungsbehörde ist zu prüfen, in wieweit eine Passage des Niederschlagswassers aus den Verkehrsflächen über die belebte Bodenzone (Mulde) erfolgen muss.

In die Anlage (Mulde, Rigole oder Mulden-Rigole) eingeleitetes Niederschlagswasser wird zeitlich verzögert in den tieferen Untergrund versickern. Somit ist in der Fläche eine ausreichende Versickerungsleistung zu erwarten.

Für den Fall von katastrophalen Niederschlagsereignissen sollte stets die Möglichkeit eines schadlosen Ab- bzw. Überlaufs vorgesehen werden.

Als **Bemessungswerte** schlagen wir für den einzubauenden Mutterboden einer **Mulde** einen Wert von $k_f = 5 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ und für eine **Rigole** einen Wert von $k_f = 1 \times 10^{-4}$ vor.

Aufgrund der im Baufeld wechselnden Mächtigkeiten der künstlichen Anfüllungen und zur Gewährleistung der Sickerfähigkeit empfehlen wir eine gutachterliche Sohl- abnahme eines Rigolenkörpers vor dessen Verfüllung.

Nur auf diese Weise kann noch auf hydraulisch ungünstige Zwischenschichten (Fein- sande) entsprechend reagiert und die Funktionsfähigkeit der Anlage aus geo- technischer Sicht gewährleistet werden.

Hinweis Einbindetiefe einer Rigole/Mulde: Die Unterkante der Anlage (UK Rigole/UK Mulde) muss einen Abstand von 1 m zum Grundwasserhochstand einhalten. Dies bedeutet, dass eine Anlage im Bereich der Bohrung B 9 maximal bis 2,5 m unter derzeitige Geländeoberkante einbinden darf. Dies ist bei der weiteren Planung der Geometrie und der Dimensionierung zu berücksichtigen.

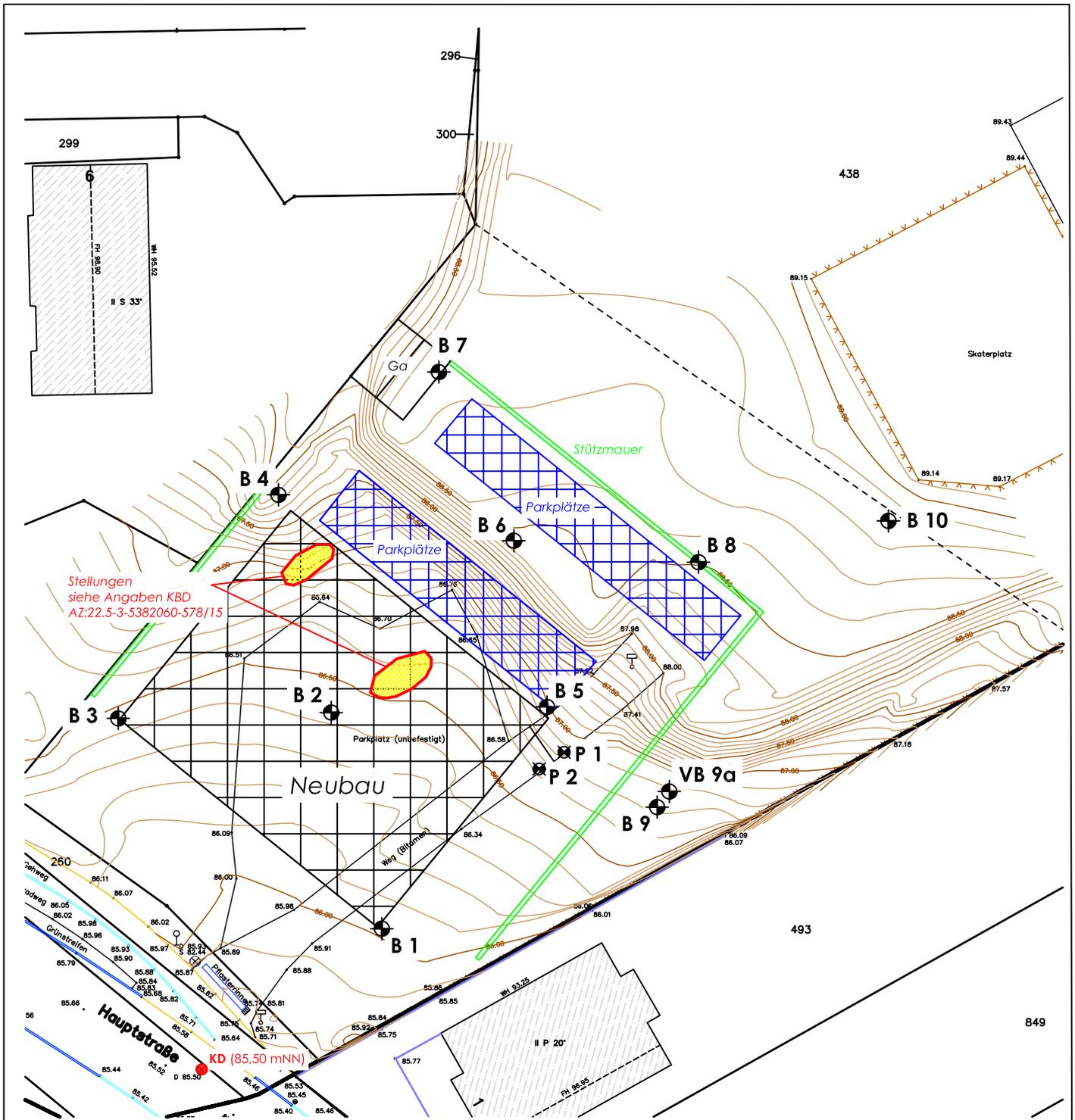
Der Wasserspiegel im Baufeld fällt in Richtung Strasse ein (siehe Bemessungswasser- stand Kapitel 5.4). Dort sind größere Einbindetiefen der Rigole bei geringerem Flächenverbrauch realisierbar.

Bei weiteren Fragen wird um Nachricht gebeten.

Mit freundlichen Grüßen

PALADINI GEOTECHNIK
Dipl. - Geol. Stephano Paladini

Bearbeiter:
Dipl. - Geol. Alexander Berens



Stellungen
siehe Angaben KBD
AZ:22.5-3-5382060-578/15

Legende:

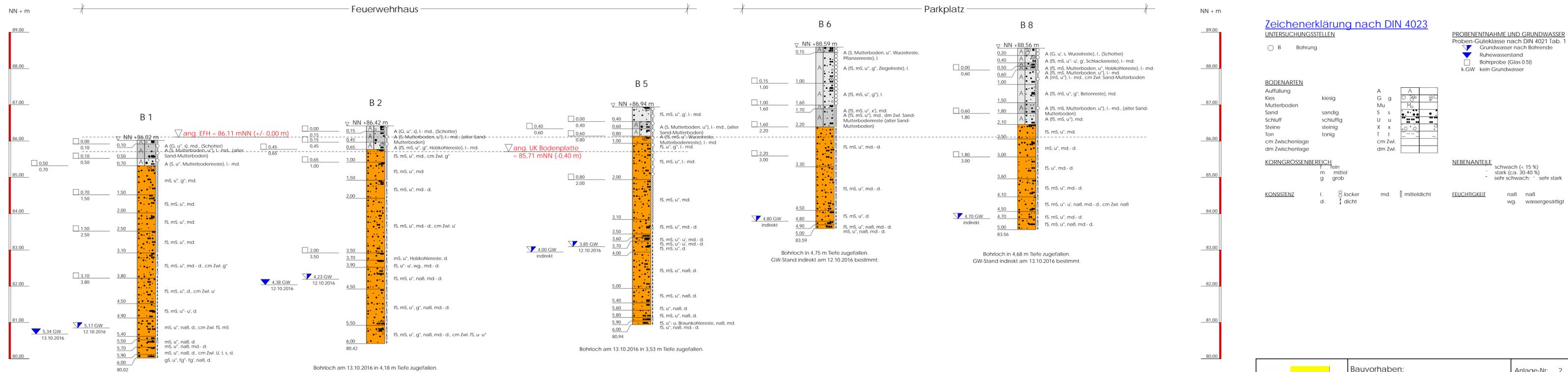
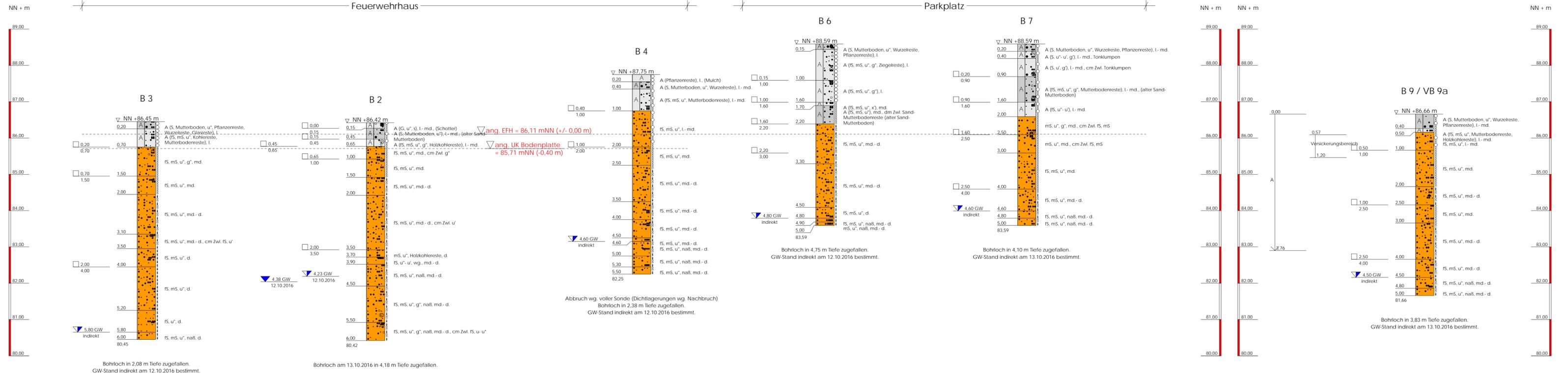
- B 1 / VB 9a**  Bohrpunkt Kleinrammbohrung (Ø 60 bis 36 mm) / Versickerungsbohrung Ø 80 mm
- P 1**  Probenentnahmepunkt
- KD**  Bezugshöhe, Kanaldeckel = 85,50 mNN


PALADINI
 GEOTECHNIK 
 Zippengasse 15
 53359 Rheinbach
 Tel.: 02225 / 999 89 40
 Fax: 02225 / 999 89 44

Bauvorhaben:
 Stadt Siegburg,
 Feuerwehrhaus in Kaldauen,
 "Hauptstraße"

Planbezeichnung:
 Lageplan mit Bohr- und
 Probenentnahmepunkten

Anlage Nr. 1
Projekt Nr. 20161426
Datum: 14.10.2016
Maßstab: 1 : 500
Bearbeiter: Pal./Be.



Zeichenerklärung nach DIN 4023

UNTERSUCHUNGSSTELLEN

○ B Bohrung

BODENARTEN

Auffüllung	A
Kies	G g
Mutterboden	Mu
Sand	S s
Schluff	U u
Steine	X x
Ton	T t
cm Zwischenlage	cm Zwl.
dm Zwischenlage	dm Zwl.

KORNGROSSENBEREICH

fein	g
mittel	m
grob	g

KONSISTENZ

l.	locker	md.	mitteldicht
d.	dicht		

PROBENENTNAHME UND GRUNDWASSER

Proben-Güteklasse nach DIN 4021 Tab. 1

▼ Grundwasser nach Bohrende

▼ Ruhewasserstand

□ Bohrprobe (Glas 0.5)

k GW kein Grundwasser

NEBENANTEILE

schwach (< 15%)

stark (ca. 30-40%)

sehr schwach

sehr stark

FEUCHTIGKEIT

naß wg.

naß wassergesättigt

PALADINI
 GEOTECHNIK

Zippengasse 15
 53359 Rheinbach
 Tel.: 02225 / 999 89 40
 Fax: 02225 / 999 89 44

Bauvorhaben:
 Stadt Siegburg,
 Feuerwehrhaus in Kaldauen,
 Baugrundgutachten

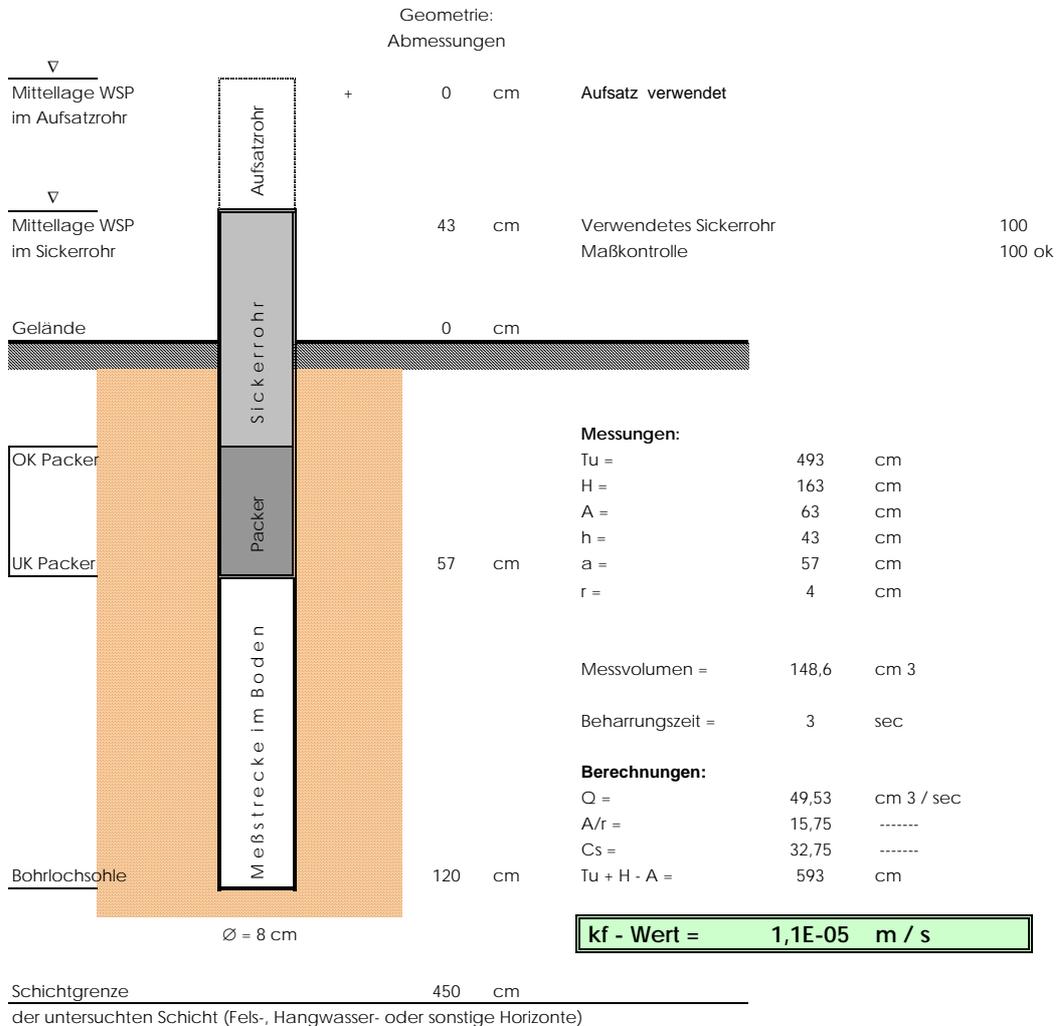
Planbezeichnung:
 Bohrprofile nach DIN 4023

Anlage-Nr.: 2
 Projekt-Nr.: 20161426
 Datum: 17.10.2016
 Maßstab: 1 : 50
 Bearbeiter: Pal./Be.

Copyright © 1994-2005 DDT GmbH - 105-02/2016 (aktuelle Bohrprofile) 2016/12/26 BV Siegburg - Feuerwehrhaus - Anlage 2/bp

Bestimmung des DARCY'schen Durchlässigkeitsbeiwertes k_f durch Versickerungsversuch im Bohrloch nach USBR Earth Manual 1951

Bohrloch Nr.: **VB 9a**



PALADINI GEOTECHNIK	Bauvorhaben:	Anlage Nr. 3
	Stadt Siegburg , Feuerwehrhaus in Siegburg-Kaldauen, hydrogeologisches Gutachten	Projekt Nr. 20161426
		Messung am: 13.10.2016
	Anlagenbezeichnung: VB 9a	Datum: 13.10.2016
	Versickerungsversuch nach USBR	Bearbeiter: Pal./Be.