

Geotechnischer Bericht
- Baugrundgutachten gemäß DIN 4020 -
zum Bauvorhaben
„Neubau von zwei Wohnhäusern“
in Siegburg-Kaldauen, Schwarzdornweg

Bauherr: Herr
Dennis Weiser
Hauptstraße 36
53721 Siegburg

Planung: Richarz & Ahlefeld
Architekt / Dipl.-Ing.
Larstraße 103
53844 Troisdorf

Auftrag Nr. / Zeichen: 9564.1/mo

Datum: 30.04.2020

Inhalt

1	Situation.....	4
2	Geologie	5
3	Untersuchungsprogramm	6
4	Bodenaufschlüsse	7
5	Grundwasser	8
6	Bodenmechanische Beurteilung.....	9
7	Baugrundbeurteilung	12
8	Gründungsempfehlungen	13
8.1	Plattengründung mit Tragschicht	14
8.2	Plattengründung mit CMC-Säulen	15
8.3	Pfahlgründung	15
9	Hinweise zur Bauausführung.....	16
10	Wasserhaltung.....	17
11	Bauwerksabdichtung	18
12	Baugrubenböschungen	18
13	Bodenklassen / Bodengruppen.....	20
14	Erdbebenzone	20
15	Schlussbemerkung	21

Dokumentation

- Anlagen 1 Lageplan
- Anlage 1.1 Übersichtsplan
- Anlage 1.2 Detaillageplan
- Anlage 2 Zeichenerklärung
- Anlagen 3 Bohrprofile und Rammdiagramme
- Anlage 3.1 Bohrprofile KRB 1, 2 und 4,
Rammdiagramme DPL 2 und 3
- Anlage 3.2 Bohrprofile KRB 6, 7 und 8,
Rammdiagramme DPL 5b und 7
- Anlagen 4 Bodenmechanische Laborversuche
- Anlage 4.1 Wassergehalte
- Anlage 4.2 Zustandsgrenzen, Probe 2.6

1 Situation

In Siegburg-Kaldauen ist südwestlich der Hauptstraße an der neu erstellten Erschließungsstraße „Schwarzdornweg“ der Bau von zwei freistehenden Wohnhäusern geplant. Der Stadtteil Kaldauen liegt ca. 3,6 km ostnordöstlich des Zentrums von Siegburg. Südlich des Untersuchungsgrundstückes verläuft im Abstand von ca. 600 m die Sieg (vgl. Anl. 1.1). Weiterhin fließt in einer Entfernung von etwa 75 m nordöstlich des Grundstückes der in diesem Bereich verrohrte Kningelbach.

Das Baugelände wird zurzeit als Grünfläche genutzt und weist einen Grasbewuchs sowie einzelne Bäume auf (vgl. Bild 1). Die Geländeoberfläche ist nach Süden zum Schwarzdornweg hin geneigt. Unmittelbar am Schwarzdornweg ist eine Böschung vorhanden. Der maximale Höhenunterschied zwischen den Aufschlusspunkten betrug 1,31 m. Eine Bebauung ist nicht vorhanden. Die nördlich und östlich angrenzenden Grundstücke sind bebaut.



Bild 1: Blick von der südwestlichen Grundstücksgrenze in etwa nach Osten auf das Baufeld mit der Nachbarbebauung im Hintergrund. Am rechten Bildrand ist die Böschung zum Schwarzdornweg erkennbar.

Die geplanten Häuser sollen zwei Vollgeschosse erhalten. Die Höhenlage des Erdgeschossfußbodens ist ebenso wie die Frage, ob und in welcher

Form eine Unterkellerung erfolgen soll, zurzeit noch nicht geklärt. Je nach Höhenlage binden die Kellergeschosse an der Nordseite gegebenenfalls vollständig in das Gelände ein, während sie straßenseitig ebenerdig auslaufen. Planunterlagen liegen noch nicht vor.

Unser Büro wurde mit der Durchführung einer Baugrunduntersuchung und der Erstellung eines Geotechnischen Berichtes nach EC 7 (Baugrundgutachtens gemäß DIN 4020) beauftragt. Gleichzeitig erfolgten eine nutzungsspezifische Altlastenuntersuchung unter Auftragsnummer 9564.2 und eine Deklarationsuntersuchung mit der Auftragsnummer 9564.3.

Die Gebäude und die bautechnischen Maßnahmen werden gemäß DIN 1054:2010-12 in die Geotechnische Kategorie GK 2 eingeordnet.

2 Geologie

Regionalgeologisch liegt der Raum Siegburg am südöstlichen Rand der Niederrheinischen Bucht im Übergang zu den Höhen des Rheinischen Schiefergebirges. In der Tiefe ist deshalb das devonische Grundgebirge zu erwarten, das im Untersuchungsbereich der *Siegen-Stufe* zuzuordnen ist. Es tritt als Wechsellagerung aus schluffigem Tonschiefer mit ungleichkörnigen Grauwacken- und Sandsteinbänken auf.

Über den devonischen lagern oligozäne Sedimente in Form von schluffigem, sandigem Ton zum Teil mit Sand- und Kieslagen sowie Quarziten. Darüber folgen Ablagerungen von Ton, Schluff und Feinsand des Oberoligozän und Untermiozän, die Braunkohleneinlagerungen aufweisen.

Über den tertiären Sedimenten treten im Bereich der Niederrheinischen Bucht in der Regel pleistozäne Flussablagerungen auf, die die Mittel- und Niederterrassen bilden. Sie werden überwiegend aus gerundeten Kiesen und Sanden mit unterschiedlichen Anteilen an Schluff aufgebaut. Die Terrassenschotter keilen an den Rändern der Niederrheinischen Bucht aus.

Gemäß der hydrologischen Karte Blatt 5209 Siegburg sind im Bereich von Kaldauen Relikte der Mittelterrasse des Rheins erhalten geblieben, die von Flugdecksanden des Pleistozäns überlagert werden. Da es sich um äolisch transportierte Sedimente handelt, zeichnen sie sich durch eine hohe Gleichkörnigkeit aus.

Im Holozän ist es durch Fluss- und Bachaufschüttungen, wie zum Beispiel im Bereich des Kningelbachs, zur Bildung von Hochflutablagerungen gekommen. Diese bestehen überwiegend aus Schluff und Sand in wechselnder Zusammensetzung.

3 Untersuchungsprogramm

Zur Erkundung des Untergrundes und zur Entnahme von Bodenproben wurden im Bereich des Baufeldes des Hauses 1 die drei Kleinrammbohrungen KRB 1, 2 und 4 sowie im Baufeld von Haus 2 die Bohrungen KRB 6 bis 8 entsprechend DIN EN ISO 22475-1: 2006 niedergebracht.

Ergänzend zu den Aufschlussbohrungen wurden darüber hinaus die vier leichten Rammsondierungen DPL 2 und 3 (Haus 1) sowie DPL 5b und 7 (Haus 2) gemäß DIN EN ISO 22476-2: 2012-03 ($m = 10 \text{ kg}$, $A_c = 10 \text{ cm}^2$) durchgeführt. Die Rammsondierung 5a musste wegen eines Rammhindernisses und dem daraus resultierenden mangelnden Rammfortschritt, in der Tiefe von 1,00 m unter Geländeoberkante (GOK) abgebrochen werden. Sie wurde als DPL 5b neu angesetzt. Die erzielten Schlagzahlen N_{10} sind ein Maß für die Lagerungsdichte bei nicht bindigen Böden und lassen darüber hinaus Rückschlüsse über die Konsistenz von bindigen Böden zu.

Die genaue Lage der Aufschlusspunkte ist dem Detaillageplan auf Anlage 1.2 zu entnehmen. Die Untersuchungsergebnisse der Bodenaufschlüsse sind in Form von Bohrprofilen und Rammdiagrammen auf den Anlagen 3.1 und 3.2 höhenorientiert aufgetragen. Als Höhenbezugspunkt diente der im Detaillageplan markierte Messpunkt am hinteren Eingang des Nachbargebäudes Hauptstraße Nr. 36, der in dem zur Verfügung gestellten Vermesserplan mit einer Höhe von 78,83 m+NHN angegeben ist. Die Zeichenerklärungen können der Anlage 2 entnommen werden. Die Geländearbeiten wurden durch Mitarbeiter unseres Büros am 25. und 26.03.2020 ausgeführt.

Weiterhin wurden an repräsentativen Bodenproben die Wassergehalte gemäß DIN EN 17892-1 im Labor bestimmt. Darüber hinaus wurden an der Probe 2.6 die Konsistenzgrenzen entsprechend DIN EN 17892-12 beziehungsweise DIN 18122 ermittelt. Die Ergebnisse sind in den Anlagen 4.1 und 4.2 zusammengestellt.

4 Bodenaufschlüsse

Entsprechend den Bohrprofilen sind auf dem gesamten Untersuchungsge-
lände Auffüllungen vorhanden. Während bei der Bohrung KRB 1 nur die
0,45 m starke Oberbodenschicht aufgefüllt wurde, besitzt die Auffüllung in
den übrigen Bohrungen Mächtigkeiten zwischen 1,80 m (vgl. Bohrung
KRB 2) und 3,85 m (vgl. Bohrung KRB 7). Sie beginnt auch hier jeweils mit
einer 0,30 m (vgl. Bohrung KRB 6) bis 0,40 m (vgl. Bohrungen KRB 7 und 8)
starken Mutterbodenauffüllung, die sich aus einem mehr oder weniger schluff-
igen Sand und organischen Anteilen sowie unterschiedlich hohen Kiesbei-
mengungen zusammensetzt. In der Bohrung KRB 1 wurde darüber hinaus
auch Ziegelbruch angetroffen.

Abgesehen von der Bohrung KRB 1 folgen unter dem aufgefüllten Oberbo-
denhorizont bei den anderen Bohrungen gering schluffige bis schluffige,
mehr oder weniger kiesige, örtlich auch gering steinige Sandauffüllungen.
Diese besitzen in unterschiedlicher Verteilung schichtweise Beimengungen
an Fremdmaterial in Form von Ziegelbruch, Mörtel, Glas, Keramik, Bims,
Plastik, Metallfragmenten, Schlacke und Braunkohle. Sie reichen bei den
Bohrungen KRB 2 und 7 jeweils bis zur Auffüllungsbasis. Bei der Bohrung
KRB 7 ist in die Sande ein stark sandiger Kieshorizont eingelagert, der von
0,95 bis 2,20 m unter GOK reicht und Beimengungen an Steinen, Schluff und
Ziegelbruch enthält.

In der Bohrung KRB 4 weist die Sandauffüllung im Tiefenabschnitt von 1,80
bis 2,20 m einen aromatischen Geruch auf. Darunter wurde Schluff aufgefüllt,
der im oberen Horizont gering tonig, kiesig und stark sandig ausgeprägt ist.
Zudem enthält er organische Beimengungen. An ihrer Basis besteht die Auf-
füllung in der Bohrung KRB 4 aus einem gering kiesigen, tonigen, braunkoh-
lehaltigen Schluff.

In den Bohrungen KRB 6 und 8 reicht die Sandauffüllung bis in Tiefen von
0,80 m beziehungsweise 3,60 m unter Bohransatzpunkt. Darunter wurde in
der Bohrung KRB 6 Ton verfüllt. Dieser ist überwiegend sandig bis stark
sandig und zum Teil auch kiesig ausgeprägt. Es besitzt darüber hinaus un-
terschiedlich hohe Braunkohleanteile. In der Bohrung KRB 8 ist in die Sand-
auffüllung im Tiefenabschnitt von 2,90 m bis 3,10 m eine Lage aus sandigem
Ton mit Ziegelbruch und organischem Material eingebettet.

Unter der Auffüllung folgen im Bereich der Bohrungen KRB 4 und 6 bis 8 direkt die gewachsenen tertiären Tone, die teilweise braunkohlehaltig sind und vornehmlich in den oberen Schichthorizonten geringe Sand- oder Schluffbeimengungen sowie örtlich auch Kiesanteile besitzen.

Abweichend dazu steht in der Bohrung KRB 1 unter dem aufgefüllten Oberboden zunächst ein gering schluffiger, ab 1,00 m unter Geländeniveau auch gering kiesiger Sand an. Darunter beginnen in der Tiefe von 1,70 m unter GOK die Tertiärtone. Im Tiefenabschnitt von 2,90 bis 3,95 m weist der Ton einen sehr hohen Braunkohlegehalt auf.

Bei der Bohrung KRB 2 wird die Auffüllung von einem sandigen, schluffigen Kies mit Tonlinsen unterlagert. Ob es sich hierbei um eine Auffüllung oder um einen gewachsenen Boden handelt, konnte nicht festgestellt werden. Ab 2,50 m unter Bohransatzpunkt steht hier ebenfalls ein Tonhorizont mit hohen Braunkohleanteilen an, der bis 3,10 m unter GOK reicht. Darunter nimmt der Braunkohleanteil stark ab.

Die Tertiärtone wurden bei allen Bohrungen bis zur geplanten Bohrendtiefe von 6,00 m unter GOK aufgeschlossen und nicht durchteuft.

5 Grundwasser

Zur Zeit der Untersuchung wurde in allen Bohrungen Grundwasser angetroffen. Dieses stellte sich nach Abschluss der Bohrarbeiten in Tiefen zwischen 0,80 m (vgl. Bohrung KRB 1) und 2,19 m (vgl. Bohrung KRB 6) unter Bohransatzpunkt ein. Das entspricht absoluten Höhen zwischen 77,34 m+NHN und 75,79 m+NHN. Es handelt sich hierbei um Stau- und Schichtenwasser, was über den wasserstauenden Ton- beziehungsweise bindigen Auffüllungshorizonten dem Schichtgefälle folgend abfließt. Witterungsbedingt ist daher mit stark wechselndem Wasseranfall sowie schwankenden Grundwasserspiegelhöhen zu rechnen.

Zur Ermittlung des maximalen Grundwasserstandes wurde eine Grundwasserrecherche über das elektronische wasserwirtschaftliche Verbundsystem für die Wasserwirtschaftsverwaltung in NRW (ELWAS) des Landesministeriums NRW für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz (LaNUV) durchgeführt. In unmittelbarer Nähe zum Untersuchungsgrundstück existieren keine aktiven Grundwassermessstellen. Die nächstgelegene Messstelle „070203611 - LGD Kaldauen Tennis“ befindet sich ca. 250 m südwestlich

des Baugeländes auf dem Tennisgelände am Weißdornweg. Diese wird seit dem Sommer 2000 regelmäßig gemessen. Ihre Ganglinie ist in Bild 2 dargestellt. Hiernach trat im Februar des Jahres 2002 ein maximaler Grundwasserstand von 63,78 m+NHN bei einem Flurabstand von 2,08 m auf.

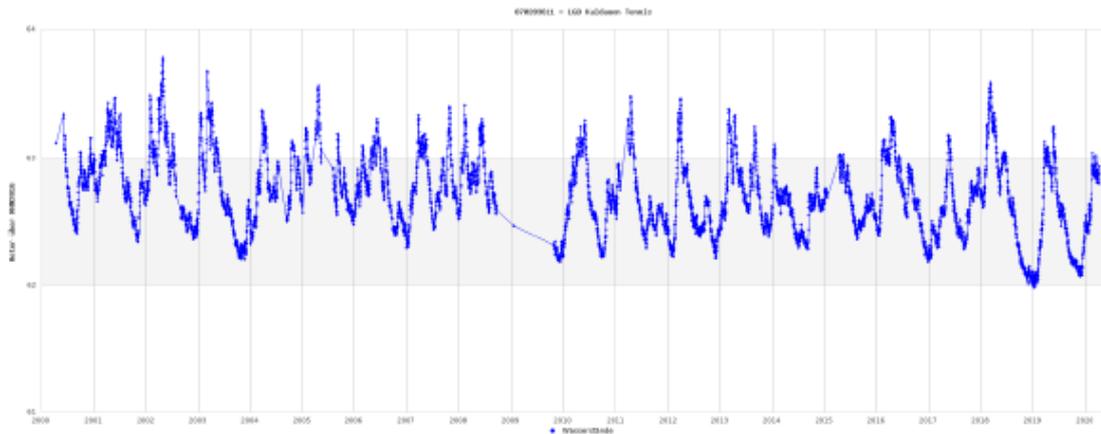


Bild 2: Ganglinie der Grundwassermessstelle „070203611 - LGD Kaldauen Tennis“

Die Geländeoberkante im Bereich der Grundwassermessstelle liegt allerdings etwa 12 m unter dem Geländeniveau des Untersuchungsgrundstückes, so dass die Messwerte nicht direkt übertragbar sind. Maximale Grundwasserstände für den Untersuchungsbereich liegen daher nicht vor. Man muss aber aufgrund der Untersuchungsergebnisse davon ausgehen, dass temporär Grundwasser oberflächennah auftreten kann.

Inwieweit der westlich des Baufeldes verlaufende Kningelbach einen Einfluss auf die Grundwasserspiegelhöhe ausübt, kann nicht beurteilt werden. Regelmäßige Wasserstandsmessungen finden hier nicht statt, so dass auch keine Angaben über mögliche Hochwasserstände und Überflutungsbereiche vorliegen. Ob bei extremen Niederschlagsereignissen eine Überflutung des Untersuchungsgrundstückes möglich ist, ist nicht bekannt.

6 Bodenmechanische Beurteilung

Entsprechend den Rammdiagrammen sind die Sandauffüllungen im oberen Tiefenabschnitt überwiegend mitteldicht gelagert. Mit der Tiefe gehen die Schlagzahlen in allen Rammdiagrammen deutlich zurück. Zum Teil wurden nur 1 bis 2 Schläge je 10 cm Eindringtiefe festgestellt, was eine sehr lockere Lagerung der aufgefüllten Sande sowie die Kiesauffüllung in diesen Ab-

schnitten dokumentiert. In der Rammsondierung DPL 7 steigen die Schlagzahlen N_{10} in der Tiefe von 2,80 m unter GOK sprunghaft auf eine Größenordnung von ca. 20 Schlägen an und weisen hier eine mitteldichte Lagerung nach. An der Basis der Auffüllung gehen sie wieder auf 4 bis 5 zurück, was einer lockeren Lagerung entspricht.

Die in der Bohrung KRB 4 angetroffene stark sandige Schluffauffüllung weist zurzeit eine weich bis steife und der darunter folgende, aufgefüllte tonige Schluff eine weiche Zustandsform auf.

Die Auffüllung aus sandigem Ton in Bohrung KRB 6 besitzt eine weich bis steife Konsistenz. Für die unterlagernde stark sandige Tonauffüllung wurde ein Wassergehalt von 39,4 Gew.-% ermittelt (vgl. Anl. 4.1, Probe 6.5), woraus die festgestellte weiche Zustandsform resultiert.

Aufgrund des Bohrwiderstandes kann den gewachsenen Sanden in der Bohrung KRB 1 nur eine lockere bis mitteldichte Lagerung zugeordnet werden. Dagegen ist der gewachsene Kieshorizont in der Bohrung KRB 2 entsprechend den Schlagzahlen im Rammdiagramm DPL 7 mitteldicht gelagert.

Die tertiären Tonböden sind an ihrer Basis überall mindestens halbfest, überwiegend besitzen sie dort eine halbfeste bis feste Konsistenz. Die Wassergehalte variieren entsprechend Anlage 4.1 zwischen 19,6 und 39,4 Gew.-%. Bei der Bohrung KRB 2, Probe 2.6, ergab die Bestimmung der Zustandsgrenzen eine halbfeste Konsistenz bei einem Wassergehalt von 25,1 Gew.-% (vgl. Anl. 4.2).

In den Bohrungen KRB 7 und 8 weist der Ton im oberen Schichthorizont einen steife bis halbfeste (Probe 7.8) beziehungsweise eine steife Zustandsform (Probe 8.7) bei Wassergehalten von 25,5 und 33,5 Gew.-% auf (vgl. Anl. 4.1). Der Mischboden aus Ton und Braunkohle zeigt in der Bohrung KRB 2 ebenfalls eine steife Konsistenz. In Bohrung KRB 1 ist er dagegen nur weich bis steif. Dabei wurde bedingt durch den hohen Braunkohleanteil ein Wassergehalt von 79,3 Gew.-% festgestellt.

Aufgrund der unterschiedlich hohen Braunkohle-, Sand- und Kiesanteile ist eine Korrelation zwischen Konsistenz und Wassergehalt hier nicht möglich.

Die aufgefüllten Schluffe besitzen nur eine geringe Plastizität, während die Tonböden leicht bis mittelplastisch ausgeprägt sind.

Die folgenden Bodenkennwerte können angegeben werden.

Auffüllung, ($Sa, si' - si, gr' - gr/co, z.T$ Fremdmaterial),

locker bis mitteldicht

Wichte über Wasser	γ	=	18 – 19 kN/m ³
Wichte unter Wasser	γ'	=	9 – 10 kN/m ³
Reibungswinkel	φ'	=	30 – 32,5°
Kohäsion	c'	=	0 kN/m ²

Auffüllung, (Gr, sa, si, co, ZB), locker bis mitteldicht

Wichte über Wasser	γ	=	18 – 19 kN/m ³
Wichte unter Wasser	γ'	=	9 – 10 kN/m ³
Reibungswinkel	φ'	=	30 – 32,5°
Kohäsion	c'	=	0 kN/m ²

Auffüllung, ($Si, cl' - cl, gr' - gr, z.T. sa^*, or, Bk'$), weich bis steif

Wichte über Wasser	γ	=	18 – 19 kN/m ³
Wichte unter Wasser	γ'	=	8 – 9 kN/m ³
Reibungswinkel	φ'	=	27,5 – 30°
Kohäsion	c'	=	0 kN/m ²

Auffüllung, ($Cl, sa - sa^*, gr'/co', Bk' - Bk$), weich bis steif

Wichte über Wasser	γ	=	17 – 19 kN/m ³
Wichte unter Wasser	γ'	=	7 – 9 kN/m ³
Reibungswinkel	φ'	=	25 – 27,5°
Kohäsion	c'	=	0 kN/m ²

Sand, gering schluffig, z.T. gering kiesig, locker bis mitteldicht

Wichte über Wasser	γ	=	18 – 19 kN/m ³
Wichte unter Wasser	γ'	=	9 – 10 kN/m ³
Reibungswinkel	φ'	=	30 – 32,5°
Kohäsion	c'	=	0 kN/m ²
Steifeziffer	E_s	=	10 – 40 MN/m ²

Kies, sandig, schluffig, mit Tonlinse, mitteldicht

Wichte über Wasser	γ	=	19 – 20 kN/m ³
Wichte unter Wasser	γ'	=	10 – 11 kN/m ³
Reibungswinkel	φ'	=	32,5 – 35°
Kohäsion	c'	=	0 kN/m ²
Steifeziffer	E_s	=	60 – 80 MN/m ²

Ton und Braunkohle, z.T. gering schluffig, weich bis steif

Wichte über Wasser	γ	=	15 – 17 kN/m ³
Wichte unter Wasser	γ'	=	5 – 7 kN/m ³
Reibungswinkel	φ'	=	22,5 – 27,5°
Kohäsion	c'	=	0 – 2 kN/m ²
Steifeziffer	E_s	=	2 – 5 MN/m ²

Ton, z.T. gering sandig, etwas Braunkohle, steif bis halbfest

Wichte über Wasser	γ	=	18 – 19 kN/m ³
Wichte unter Wasser	γ'	=	8 – 9 kN/m ³
Reibungswinkel	φ'	=	22,5 – 27,5°
Kohäsion	c'	=	2 – 10 kN/m ²
Steifeziffer	E_s	=	5 – 8 MN/m ²

Ton, z.T. gering schluffig, halbfest bis fest

Wichte über Wasser	γ	=	19 – 21 kN/m ³
Wichte unter Wasser	γ'	=	9 – 11 kN/m ³
Reibungswinkel	φ'	=	27,5°
Kohäsion	c'	=	10 – 20 kN/m ²
Steifeziffer	E_s	=	8 – 20 MN/m ²

7 Baugrundbeurteilung

Der aufgefüllte Mutterboden ist aufgrund seines organischen Anteils nicht als Baugrund geeignet, da langfristig die Gefahr einer Volumenreduzierung durch die mikrobiellen Umsetzungsprozesse besteht und damit einhergehend unkontrollierte Setzungen auftreten.

Die Auffüllung ist wegen ihrer Inhomogenität und der teilweise nur lockeren Lagerung beziehungsweise weichen Konsistenz ebenfalls nicht gründungsfähig.

Die partiell anstehenden, gewachsenen Sande sind aufgrund ihrer lockeren bis mitteldichten Lagerung als nur gering tragfähig einzustufen und daher als Gründungsbasis nicht zu empfehlen. Demgegenüber kann der unter der Auffüllung in Bohrung KRB 2 erbohrte mitteldichte, sandige, schluffige Kies zur Gründung herangezogen werden. Die zu erwartenden Setzungen liegen in Abhängigkeit von der Belastung und den Fundamentdimensionen im Zentimeterbereich und stellen sich relativ zeitnah zum Aufbringen der Lasten ein.

Die unterlagernden Tertiärtone sind bei einer mindestens steifen Konsistenz als tragfähig einzuordnen. Allerdings sind die aufnehmbaren Spannungen vergleichsweise gering und mit Setzungen im Bereich von mehreren Zentimetern verbunden. Diese sind wegen der geringen Wasserdurchlässigkeit der Tone erst nach einem längeren Zeitraum abgeschlossen. Bei einem Zutritt von Wasser, insbesondere in Verbindung mit dynamischen Einwirkungen, kommt es zu einer mehr oder weniger raschen Konsistenzverschlechterung. Bei Zustandsformen unterhalb von steif reduziert sich ihre Tragfähigkeit und das Setzungspotential erhöht sich stark. Sie sind dann für eine direkte Lasteinleitung nicht geeignet, da Verformungen in einer Größenordnung auftreten, die bauwerksschädlich sein können.

Bei einem hohen Braunkohlenanteil besteht darüber hinaus ein erhöhtes Setzungspotential durch mikrobielle Umsetzungsprozesse, wenn aufgrund der Erdarbeiten der Sauerstoffzufluss ermöglicht wird.

8 Gründungsempfehlungen

Eine detaillierte Planung der beiden Wohnhäuser liegt noch nicht vor. Aufgrund der Tiefenlage der angrenzenden Straße „Schwarzdornweg“ ist zu vermuten, dass die Gebäude jeweils ein Untergeschoss erhalten beziehungsweise, dass die Erdgeschosse bergseitig in das Gelände einbinden.

Zur Gewährleistung eines möglichst gleichmäßigen Trag- und Setzungsverhaltens, ist die Gründung auf einheitlichem Boden anzustreben. Andernfalls ist mit Setzungsdifferenzen zu rechnen, die von der Konstruktion aufgenommen werden müssen und gegebenenfalls zu Rissen führen. Die Wahl des jeweiligen Gründungssystems ist daher u.a. abhängig von der Gebäude-

konstruktion, der Größe der Lasten und von der Höhe der zulässigen Verformungsdifferenzen.

Bei einer Unterkellerung liegt die Gründungssohle etwa 3,00 bis 3,50 m unter GOK, so dass ein Großteil der Auffüllungen sowie der nicht gründungsfähigen Böden ausgehoben wird. In diesem Fall kann die Gründung über Bodenplatten in Verbindung mit einer Tragschicht und einem partiellen Bodenaustausch erfolgen.

Wenn auf ein Untergeschoss verzichtet wird und die geplante Gründungssohle oberflächennah liegt, stehen unter den Wohnhäusern nicht gründungsfähige Auffüllungen in erheblicher Mächtigkeit sowie partiell weiche beziehungsweise lockere gewachsene Böden an, so dass eine Tiefgründung oder eine tiefgründige Bodenverbesserung zur Durchführung einer Plattengründung erforderlich wird. Aufgrund der Nachbarbebauung scheidet dabei eine Rüttelstopfverdichtung wegen der Erschütterungen und der vorübergehenden Entfestigung von wassergesättigten Böden aus. Die Bodenverbesserung kann hier über Betonsäulen (CMC-Säulen) erfolgen.

Nachfolgend werden die Gründungsmöglichkeiten

1. Plattengründung mit Tragschicht
2. Plattengründung mit CMC-Säulen und
3. Pfahlgründung

beschrieben und die erforderlichen Bemessungsparameter angegeben.

8.1 Plattengründung mit Tragschicht

Diese Gründungsform kommt nur bei einer Unterkellerung in Betracht, bei der nur in geringem Umfang ein Bodenaustausch erforderlich wird. Bei einer Plattengründung werden die Bodenpressungen auf eine größere Fläche verteilt und die unterschiedlichen Trageigenschaften des Untergrundes besser ausgeglichen. Die Schalarbeiten reduzieren sich auf die Randschalung und ein Fundamentaushub entfällt.

Unter den Bodenplatten ist eine Trag- und Ausgleichsschicht in der Stärke von $\geq 0,50$ m vorzusehen. Aufgefüllte oder aufgeweichte Böden sowie in der Baugrubensohle anstehende Braunkohle sind vollständig gegen Tragschichtmaterial auszutauschen. Der Einbau und die Verdichtung sind in Ab-

hängigkeit von der Aufbaustärke gegebenenfalls lagenweise gemäß Kapitel 9 durchzuführen.

Für die Vorbemessung einer elastisch gebetteten Bodenplatte kann für einen Plattenabschnitt von ca. 12,00 x 8,00 m und einer mittleren einwirkenden Last von $\sigma_k = 80 \text{ kN/m}^2$ eine Bettungsziffer von

$$k_s = 6 \text{ MN/m}^3$$

angesetzt werden. Dabei können rechnerisch mittlere Verformungen von bis zu 1,3 cm auftreten. Wir empfehlen die Randspannungen auf einen Wert von $\sigma_{zul} = 180 \text{ kN/m}^2$ ($\sigma_{R,d} = 252 \text{ kN/m}^2$) zu begrenzen.

Die Bettungsziffer ist abhängig von den tatsächlich anfallenden Lasten und der Gebäudekonstruktion. Sie ist daher bei der Aufstellung der Statik zu verifizieren.

8.2 Plattengründung mit CMC-Säulen

Alternativ kann die Gründung bei größeren Mächtigkeiten der nicht gründerfähigen Böden über eine elastisch gebettete Bodenplatte in Verbindung mit einer Bodenverbesserung durch das Einbringen von CMC-Säulen durchgeführt werden. Diese werden rasterförmig in Abhängigkeit von den auftretenden Lasten unter den Bodenplatten angeordnet. Der anstehende Boden wird bei der Herstellung der Betonsäulen verdrängt und dabei verdichtet. Die aufnehmbaren Bodenpressungen sind abhängig von den anstehenden Böden und der Rasterdichte. Die Säulen müssen bis in den halbfesten bis festen Ton geführt werden. Die statische Bemessung der Gründung wird in der Regel von den Spezialtiefbauunternehmen selber angefertigt. Der Vorteil dieses Gründungsverfahrens ist neben der tiefgründigen Bodenverbesserung, der minimale Anfall von Bodenmaterial, wodurch sich die Entsorgungskosten reduzieren.

Über den Betonsäulen wird in der Regel eine ca. 0,50 m starke Tragschicht lagenweise eingebaut und verdichtet.

8.3 Pfahlgründung

Bei der Ausführung einer Bohrpfahlgründung werden die anfallenden Lasten über Pfähle in die tragfähigen Tertiärtone hinabgeführt. Für die Bemessung von Bohrpfählen, die mindestens 5,00 m lang sind und 2,50 m oder tiefer in den tragfähigen Baugrund einbinden, können für die Vorbemessung die Ta-

bellenswerte gemäß DIN 1054:2005-01 angesetzt werden. Der Spitzenwiderstand für den Pfahlfuß ergibt sich aus Tabelle B.2 der o.a. DIN für $C_{u,k} = 0,10 \text{ MN/m}^2$.

Als Bruchspannung für die Mantelreibung kann für den halbfesten Ton entsprechend Tabelle B.4 $q_{s,k} = 0,04 \text{ MN/m}^2$ zugrunde gelegt werden.

Zur Verifizierung der Bemessungsparameter ist die Durchführung von tieferreichenden Bodenaufschlüssen (maschinelle Bohrungen und Rammsondierungen bis ≥ 3 -facher Pfahldurchmesser beziehungsweise $\geq 1,50 \text{ m}$ unter Pfahlsohle) erforderlich.

Den Erdgeschossboden empfehlen wir als Pfahlkopfplatte auszubilden und über die Pfähle zu spannen.

9 Hinweise zur Bauausführung

Das Auffüllungsmaterial ist bei einer Plattengründung unter den Baukörpern vollständig zu entfernen.

Auflockerungen sind bei den Aushubarbeiten zu vermeiden beziehungsweise zu beseitigen. Für den Erdaushub ist ein Baggerlöffel mit Schneide zu verwenden.

Die anstehenden Tonböden sowie die bindigen Auffüllungen sind wasserempfindlich und daher vor Wasserzutritt zu schützen. Aufgeweichtes Material ist auszutauschen.

Für die Erstellung der Ausgleichs- und Tragschicht sowie für den gegebenenfalls erforderlichen Bodenaustausch ist kornstabiles, gut abgestuftes Kies-, Lava- oder Schottermaterial (Körnung 0/32 beziehungsweise 0/45 mm) zu verwenden. Dieses ist je nach Einbaustärke und Verdichtungsgerät lagenweise einzubauen und auf $\geq 100\% D_{Pr}$ zu verdichten. Seitlich ist die Tragschicht um das Maß ihrer Stärke über die Plattenränder hinauszuziehen. Der Feinkorngehalt sollte zur Gewährleistung einer ausreichenden Sickerfähigkeit unter 5 Gew.-% liegen. Der Verdichtungsnachweis ist über Lastplattendruckversuche zu erbringen.

Im Bereich von Verkehrsflächen ist frostsicheres Tragschichtmaterial in einer Stärke von $\geq 0,70 \text{ m}$ lagenweise einzubauen und auf mindestens 100 % D_{Pr} zu verdichten. Dort, wo weiche Böden auftreten, ist gegebenenfalls als unterste Lage kantiges Grobmaterial (Körnung 80/150 mm) statisch in den Un-

tergrund einzudrücken. Die Verdichtungsanforderungen und die Tragwerte richten sich dabei i.d.R. nach den Vorgaben der RStO-12. Auf Oberkante Tragschicht sollten als Tragwerte ein Verformungsmodul $E_{V2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$ und ein Verhältniswert $E_{V2}/E_{V1} \leq 2,2$ nachgewiesen werden, soweit in der Ausschreibung keine abweichenden Vorgaben gemacht werden. Zur genauen Festlegung der Aufbaustärke ist die Anlage von Probefeldern zu empfehlen.

Bei der durchgeführten Baugrunduntersuchung wurden Auffüllungen mit Fremdmaterial angetroffen. Der Verdacht einer Schadstoffhaltigkeit besteht daher. Das Aushubmaterial ist auf der Grundlage der zeitgleich ausgeführten Deklarationsuntersuchung (Auftragsnummer 9564.3) zu entsorgen beziehungsweise der Verwertung zuzuführen. Die Auffüllung ist von dem gewachsenen Aushubmaterial zu separieren.

Ob für die konstruktive Ausbildung der Häuser sowie für die Durchführung der Erdarbeiten und die Anlage der Außenflächen nutzungsspezifische Auflagen durchzuführen oder einzuhalten sind, ist dem parallel zur Baugrunduntersuchung erstellten Altlastengutachten (Auftragsnummer 9564.2) zu entnehmen.

10 Wasserhaltung

Zur Durchführung von Aushubarbeiten bei den beiden geplanten Wohnhäusern ist wegen des hohen Grundwasserstandes eine Wasserhaltung erforderlich. Sofern Baugruben mit freien Böschungen angelegt werden sollen, ist im Vorfeld der Aushubarbeiten eine Grundwasserabsenkung mittels Vakuumbrunnen erforderlich. Diese ist bis in eine ausreichende Tiefe unter die Aushubsohle zu führen, da andernfalls die Böschungen nicht standsicher ausgeführt werden können und es zu Rutschungen kommt. Die Grundwasserabsenkung ist bis zur Verfüllung der Baugruben aufrecht zu erhalten. Der Austrag von Feinmaterial ist durch geeignete Maßnahmen zu unterbinden.

Sofern die Baugruben durch einen wasserdichten Verbau umschlossen werden, der ausreichend tief geführt ist, beschränkt sich die Wasserhaltung auf das Trockenhalten der Baugruben über an den Eckpunkten anzuordnende Pumpensümpfe.

Sowohl die Grundwasserabsenkung als auch die Einleitung des abgepumpten Wassers in den Kanal oder in einen Vorfluter sind genehmigungspflichtig und mit den zuständigen Behörden abzustimmen.

11 Bauwerksabdichtung

Sofern hier ein Untergeschoss ausgeführt wird beziehungsweise das Erdgeschoss in das Gelände einbindet, ist in den Arbeitsräumen mit dem zumindest temporären Auftreten von Grundwasser und mit sich aufstauendem Sickerwasser zu rechnen, da auch die aufgefüllten Sandböden Feinkornbeimengungen aufweisen und damit nur eine reduzierte Sickerfähigkeit besitzen ($k_f < 1 \cdot 10^{-4}$ m/s). Bei einem möglichen Wasseraufstau bis 3,00 m sind die erdberührten Bauteile unter Zugrundelegung der Wassereinwirkungsklasse W 2.1-E „geringe Einwirkung von drückendem Wasser bei Einwirkttiefen von < 3,0 m“ als „schwarze Wanne“ entsprechend Abschnitt 8.6.1 der o.a. DIN auszuführen oder als „weiße Wanne“ gemäß DIN EN 206-1/1045-2 beziehungsweise den WU-Richtlinien des DAfStb (Heft 555). Bei einer Einbindung über 3,00 m gilt die Wassereinwirkungsklasse W 2.2-E und die Abdichtung ist nach Abschnitt 8.6.2 vorzunehmen.

Sofern eine weiße Wanne erstellt wird, ist die Konstruktionsbauweise „Vermeidung von Trennrissen“ zu wählen. Es kann hier nicht das Prinzip der Selbstheilung angewendet werden, da dafür die ständige Anwesenheit von Grundwasser erforderlich wäre, was hier nicht gegeben ist.

Zur Gewährleistung der Dauerhaftigkeit der „weißen Wanne“ ist die Betonaggressivität des Bodens beziehungsweise des Grundwassers festzustellen und die Betonqualität darauf abzustimmen.

Sofern auf eine Unterkellerung verzichtet wird und der Erdgeschossboden oberhalb des Geländeniveaus liegt, liegt die Wassereinwirkungsklasse W 1.1-E nach DIN 18533-1: 2017-07 vor und die Abdichtung kann Abschnitt 8.5.1 der o.a. DIN erfolgen. Unter der Bodenplatte ist eine kapillarbrechende Schicht aus Rollkies (z.B. Körnung 8/16 mm) in einer Stärke von ≥ 15 cm einzubauen. Diese ist zum Untergrund durch ein Geotextil zu trennen.

12 Baugrubenböschungen

Für den vorübergehenden Zeitraum der Aushubarbeiten können bei Regelfällen gemäß DIN 4124 Böschungswinkel entsprechend Tabelle 1 zugelassen

werden. Die Böschungen empfehlen wir vor Witterungseinflüssen durch das Abhängen mit Folien zu schützen. Bei Abweichungen von den Regelfällen, sind die Baugrubenböschungen erdstatisch nachzuweisen.

Tabelle 1: Zulässige Böschungswinkel oberhalb des Grundwasserspiegels für den vorübergehenden Zeitraum während der Bauphase

Bodenarten	Böschungswinkel
Auffüllung , (Mu), gering bindig	$\beta \leq 45^\circ$
Auffüllung , nicht/ gering bindig	$\beta \leq 45^\circ$
Auffüllung , bindig, weich bis steif	$30^\circ \leq \beta \leq 45^\circ$
Sand , gering schluffig, z.T. gering kiesig	$\beta \leq 45^\circ$
Kies , sandig, schluffig	$\beta \leq 45^\circ$
Ton und Braunkohle , z.T. gering schluffig, weich bis steif	$30^\circ \leq \beta \leq 45^\circ$
Ton , z.T. gering sandig, etwas Braunkohle, \geq steif	$\beta \leq 60^\circ$
Ton , z.T. gering sandig/ gering schluffig, \geq steif	$\beta \leq 60^\circ$

Aufgrund des hohen Grundwasserstandes ist die Anlage von freien Böschungen nur in Verbindung mit einer vorherigen Grundwasserabsenkung bis mindestens 0,50 m unter Baugrubensohle möglich. Dies erfordert bei den anstehenden bindigen Böden eine längere Vorlaufzeit. In den Tonböden können sich darüber hinaus Gleithorizonte mit einem stark reduzierten Reibungswinkel ausbilden, in denen nur geringe Scherkräfte aufgenommen werden können. Im Hinblick auf die bergseitig vorhandene Bebauung, ist daher bei tieferen Baugruben eine Baugrubensicherung durch einen Verbau zu empfehlen. Dieser ist aufgrund der umgebenden Bebauung erschütterungsarm einzubringen und muss zur Vermeidung eines Materialaustrags dicht ausgeführt werden. In Verbindung mit einer vorherigen Wasserhaltung kann hier eine Trägerbohlwand (Berliner Verbau) zur Ausführung kommen, bei der die Träger in Bohrungen eingebaut werden. Ohne Wasserhaltung kommen nur eine eingepresste Spundwand mit dichten Spundwandschlössern oder

eine Bohrpfahlwand in Betracht. Für die Bemessung können die Bodenkennwerte aus Kapitel 6 angesetzt werden.

13 Bodenklassen / Bodengruppen

Die angetroffenen Böden können entsprechend Tabelle 2 in Bodenklassen und -gruppen gemäß DIN 18 300 und DIN 18 196 eingeordnet werden.

Tabelle 2: Bodenklassen und Bodengruppen

Bodenart	Bodenklassen (DIN 18 300)	Bodengruppen (DIN 18 196)
Auffüllung , (Mu)	1	A [OH]
Auffüllung , (Sa, si' – si, gr' – gr/co, z.T Fremdm.)	3 – 4	A [SU, SU*]
Auffüllung , (Gr, sa, si, co, ZB)	4	A [GU*]
Auffüllung , (Si, cl' – cl, gr' – gr, z.T. sa*, or, Bk')	4 ¹⁾	A [UL]
Auffüllung , (Cl, sa – sa*, gr'/co', Bk' – Bk)	4 ¹⁾	A [TL, TM]
Sand , gering schluffig, z.T. etwas kiesig	3	SU
Kies , sandig, schluffig mit Tonlinse	4	GU*
Ton und Braunkohle , z. T. gering schluffig	4	OT
Ton , z.T. gering sandig, etwas Braunkohle	4 ¹⁾	TL, TM
Ton , z.T. gering sandig/ gering schluffig	4	TL, TM

¹⁾ Kann bei Wassersättigung in Bodenklasse 2 übergehen.

* = stark.

14 Erdbebenzone

Entsprechend DIN EN 1998-1/NA:2011-01 ist Siegburg-Kaldauen in die Erdbebenzone 0 und die Untergrundklasse R eingeordnet. Gemäß den Untersuchungsergebnissen ist der Baugrund in die Baugrundklasse C einzustufen. Bei der Planung und konstruktiven Ausbildung des Anbaus sind die Vorgaben der o.a. DIN zu beachten.

15 Schlussbemerkung

Die durchgeführten Bohrungen und Rammsondierungen stellen punktförmige Bodenaufschlüsse dar, die nur Angaben über die Beschaffenheit des Baugrundes an den jeweiligen Untersuchungsstellen geben. Hieraus werden die geologischen Verhältnisse für den gesamten Untersuchungsbereich interpoliert. Abweichende Bodenverhältnisse zwischen den Untersuchungspunkten sind daher möglich, so dass ein Baugrundrisiko verbleibt. Die Erdarbeiten sind deshalb von der Bauleitung zu überwachen.

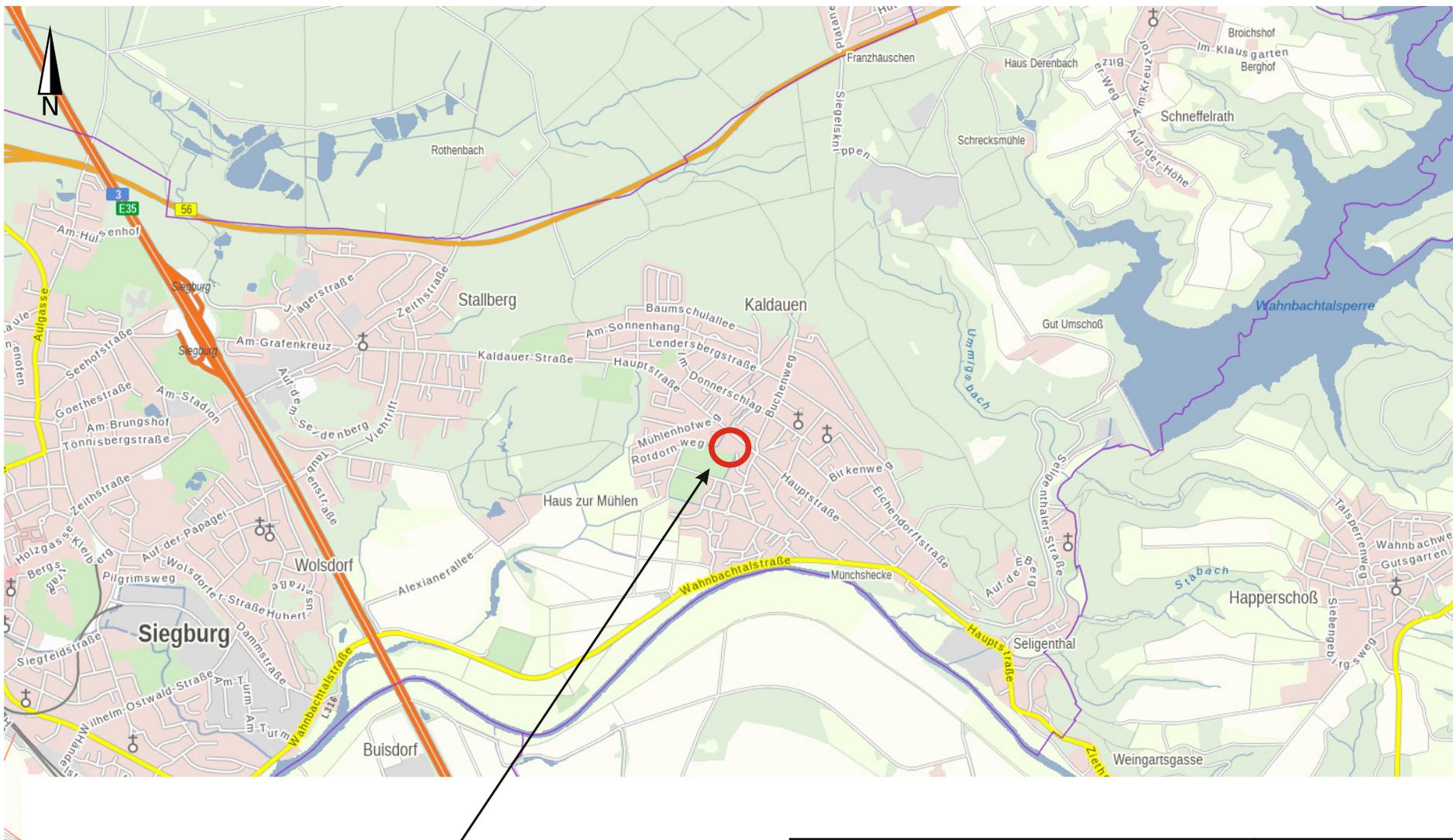
Die angetroffenen Böden sind durch einen Baugrundsachverständigen mit den Angaben des Baugrundgutachtens zu vergleichen. Die Gründungssohle ist durch einen Baugrundsachverständigen abzunehmen.

Geotechnisches Büro

Dr. Leischner GmbH

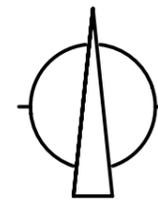
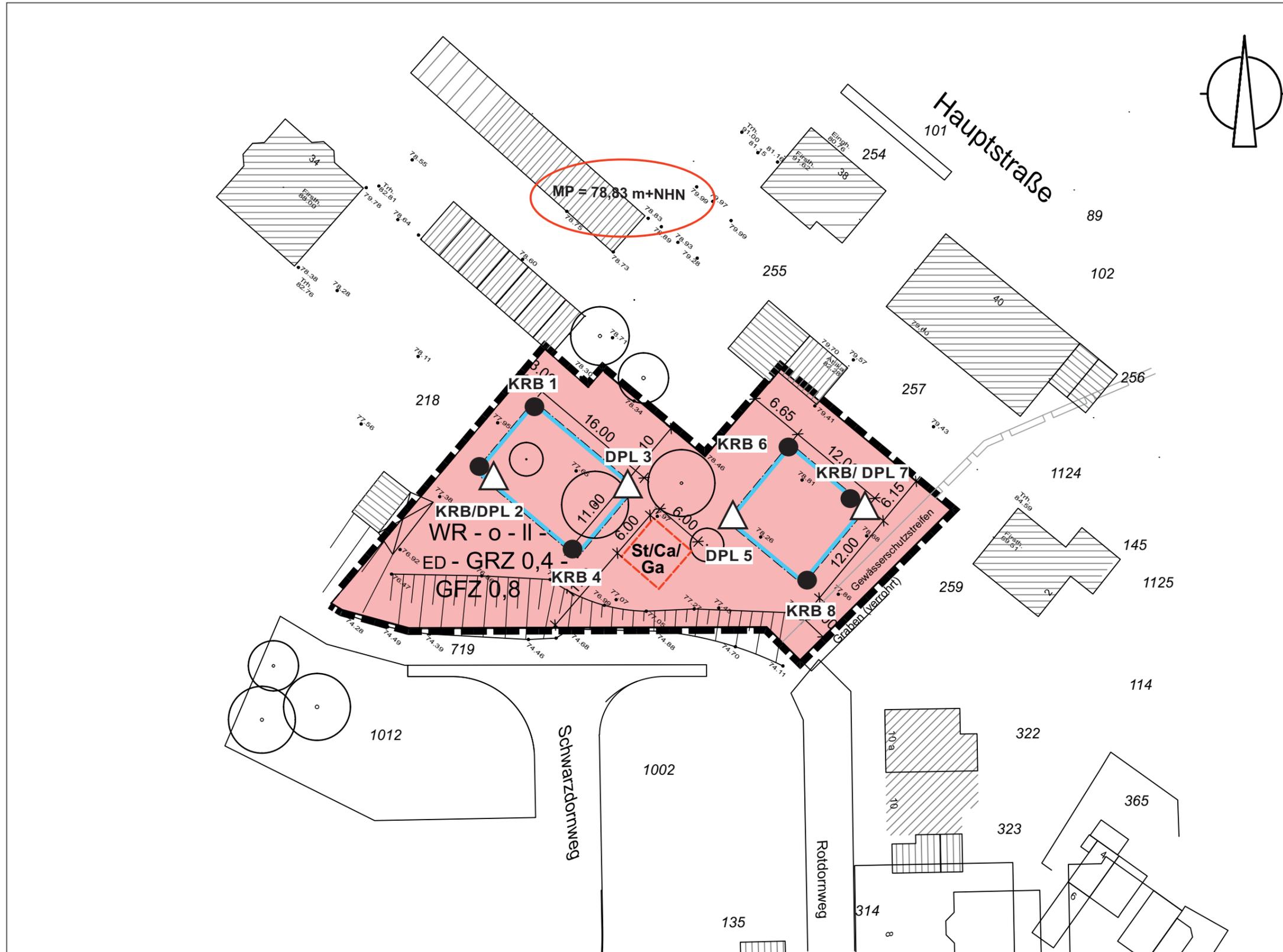
Gartenstr. 113 53829 Bonn
Tel.: 02 28 - 47 06 89 Fax 46 33 84

Dipl.-Ing. E. Mohr



Lage des Bauvorhabens

Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GmbH Gartenstr. 123, 53229 Bonn, Tel.: 0228/470689		Anlage Nr. 1.1	
		Auftrag Nr. 9564	
Objekt: NB von zwei Wohnhäusern Schwarzdornweg, 53721 Siegburg-Kaldauen		Maßstab: 1:25.000	
		gez. he	Datum 30.03.2020
Übersichtsplan			



Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GmbH Gartenstr. 123, 53229 Bonn, Tel.: 0228/470689		Anlage Nr.	1.2
		Auftrag Nr.	9564
Objekt: NB von zwei Wohnhäusern Schwarzdornweg, 53721 Siegburg-Kaldauen		Maßstab:	1:500
		gez. he	Datum 30.03.2020
Detaillageplan			

Untersuchungsstellen

	KRB	Kleinrammbohrung
	DPL	Leichte Rammsondierung
	DPH	Schwere Rammsondierung
	V	Versickerungsversuch
	GWM	Grundwassermessstelle
	B	Brunnen
	S	Schurf
	P	Probenahmepunkt
	AB	Asphaltbeprobung

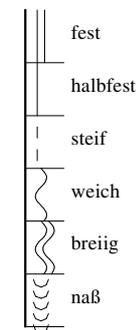
Zusatzzeichen

GOK	Geländeoberkante
KV	Kernverlust
KBF	Kein Bohrfortschritt
' / *	gering / stark

Grundwasser

	Wasserstand (angebohrt)
	Ruhewasserspiegel
	Wasserstand (Bohrende)

Zustandsform

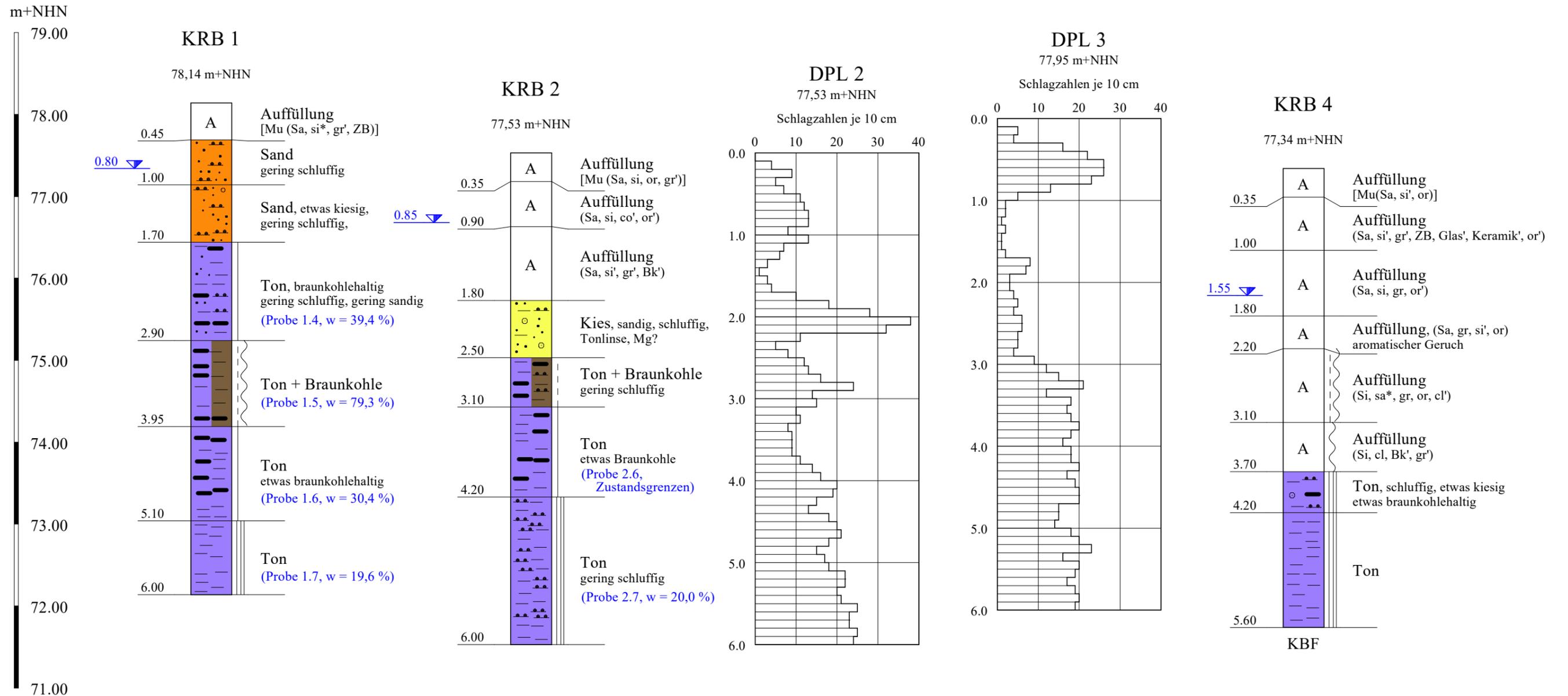


Bodenarten nach EN ISO 14688-1

Benennung		Kurzzeichen		Zeichen
Bodenart	Beimengung	Bodenart	Beimengung	
Kies	kiesig	Gr	gr	
Grobkies	grobkiesig	CGr	cgr	
Mittelkies	mittelkiesig	MGr	mgr	
Feinkies	feinkiesig	FGr	fgr	
Sand	sandig	Sa	sa	
Grobsand	grobsandig	CSa	csa	
Mittelsand	mittelsandig	MSa	msa	
Feinsand	feinsandig	FSa	fsa	
Schluff	schluffig	Si	si	
Ton	tonig	Cl	cl	
Organischer Boden	organisch	Or	or	
Auffüllung		Mg		A
Steine	steinig	Co	co	

Benennung	Kurzzeichen	Zeichen	Benennung	Kurzzeichen	Zeichen
Fels, allgemein	Z		Vulkanasche	V	
Fels, verwittert	Zv		Braunkohle	Bk	
Sandstein	Sast		Bauschutt	BS	A
Schluffstein	Sist		Schlacke	Schl	A
Tonstein	Clst		Schotter	Scho	A
Mutterboden	Mu		Asphalt	At	A
Hanglehm	L		Beton	B	A
Hangschutt	Lx		Ziegelbruch	ZB	A
Löß	Lö		Asche	As	A
Lößlehm	Löl		Kohle	K	A

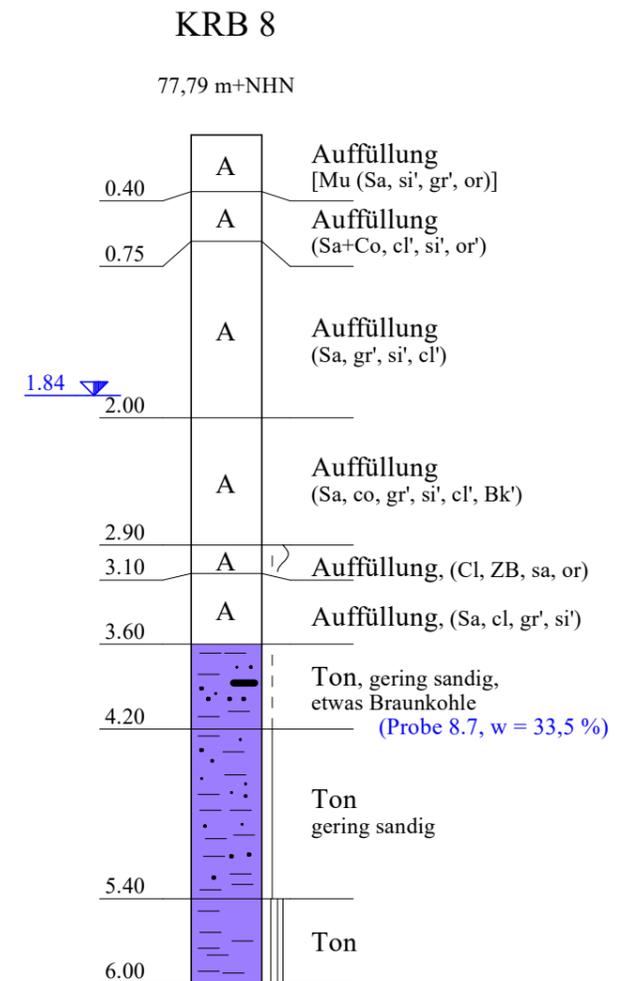
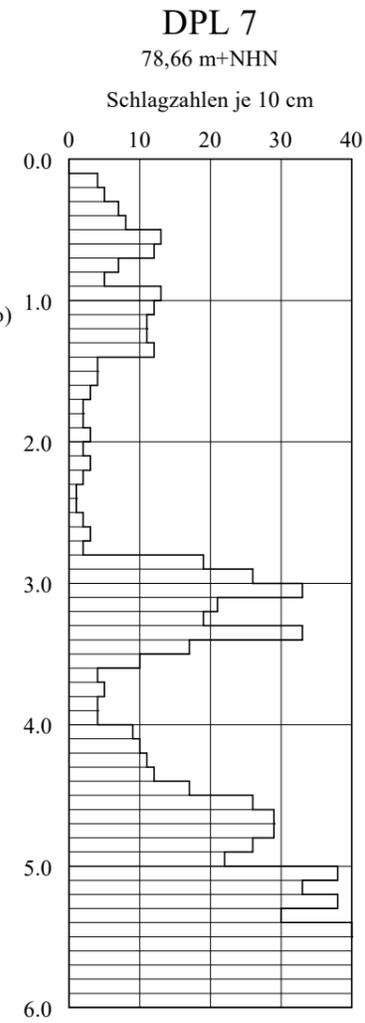
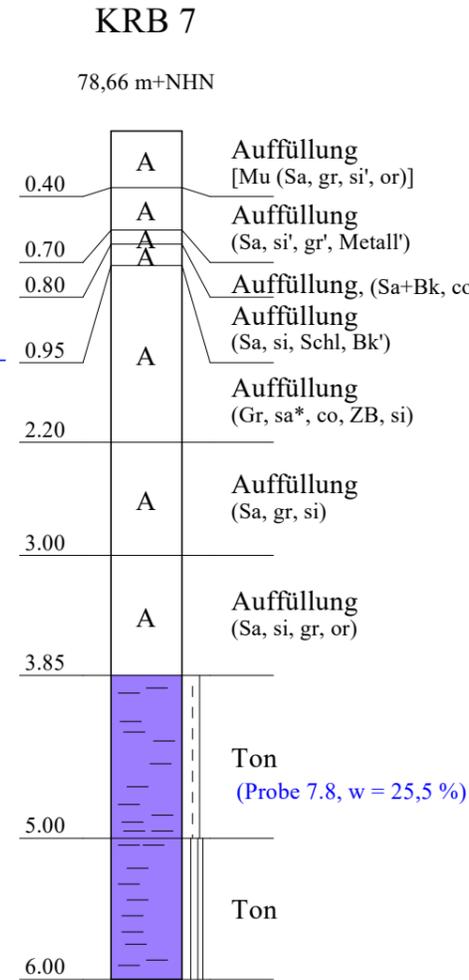
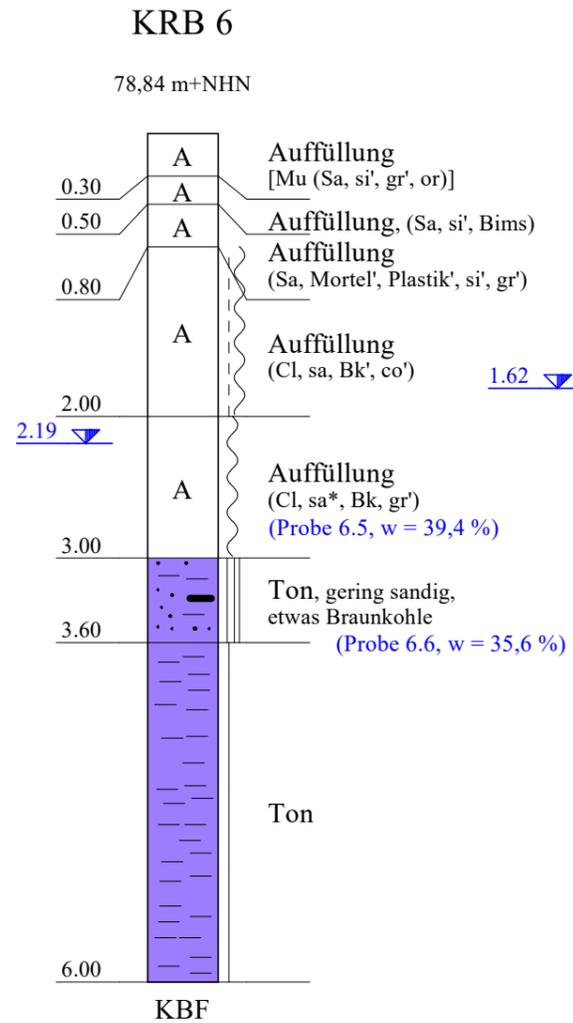
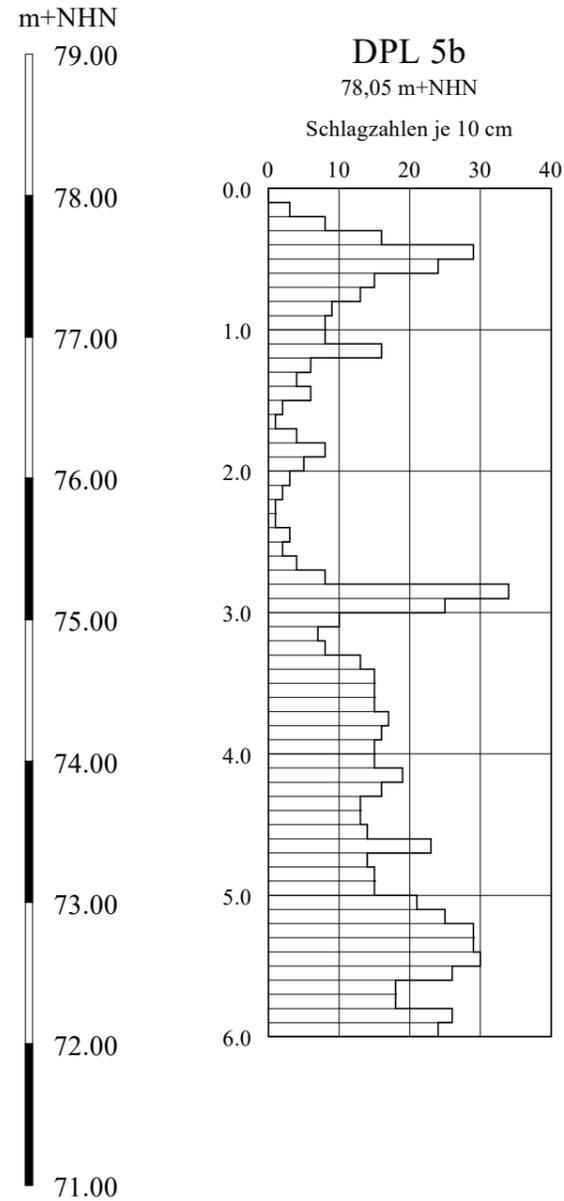
Haus 1



Kurzzeichen und Signaturen siehe Anlage 2

Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GmbH Gartenstr. 123, 53229 Bonn, Tel.: 0228/470689	Anlage Nr.	3.1
	Auftrag Nr.	9564
Objekt: Neubau von zwei Wohnhäusern Schwarzdornweg, Siegburg-Kaldauen	Maßstab der Höhe: 1:50	
Bohrprofile und Rammdiagramme	gez.	Datum
	he	17.04.2020

Haus 2



Kurzzeichen und Signaturen siehe Anlage 2

Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GmbH Gartenstr. 123, 53229 Bonn, Tel.: 0228/470689		Anlage Nr. 3.2
Objekt: Neubau von zwei Wohnhäusern Schwarzdornweg, Siegburg-Kaldauen		Auftrag Nr. 9564
Bohrprofile und Rammdiagramme		Maßstab der Höhe: 1:50
gez. he	Datum	17.04.2020

Geotechnisches Büro DR. LEISCHNER GMBH Gartenstraße 123, 53229 Bonn ☎ 0228-470689 ★ Fax 0228-463384	Wassergehalte nach DIN EN 17892-1	Anlage: 4.1 Auftrags-Nr. 9564.1 Datum: 20.04.20
--	--	---

Datum der Untersuchung: 17.04.2020
 Datum der Probennahme: 16.03.2020
 Objekt: Neubau von zwei Wohnhäusern
 Ort: Schwarzdornweg, 53721 Siegburg-Kaldauen

Bohrung/ Entnahmestelle	Proben-Nr.	Entnahmetiefe [m]	Bodenart	Wassergehalt [Gew.-%]
KRB 1	9564_1.4	1,70 – 2,90	Ton, braunkohlehaltig, gering schluffig, gering sandig	39,4
KRB 1	9564_1.5	2,90 – 3,95	Ton + Braunkohle	79,3
KRB 1	9564_1.6	3,95 – 5,10	Ton, gering braunkohlehaltig	30,4
KRB 1	9564_1.7	5,10 – 6,00	Ton	19,6
KRB 2	9564_2.6	3,10 – 4,20	Ton, etwas braunkohlehaltig	25,1
KRB 2	9564_2.7	4,20 – 6,00	Ton, gering schluffig	20,0
KRB 6	9564_6.5	2,00 – 3,00	Auffüllung (Cl, sa*, Bk haltig, gr ¹) ¹⁾	39,4
KRB 6	9564_6.6	3,00 – 3,60	Ton, gering sandig, etwas Braunkohle	35,6
KRB 7	9564_7.8	3,85 – 5,00	Ton	25,5
KRB 8	9564_8.7	3,60 – 4,20	Ton, gering sandig, etwas Braunkohle	33,5

¹⁾ Kurzzeichen siehe Anlage 2

Zustandsgrenzen nach DIN 18 122-1

Neubau von zwei Wohnhäusern

Schwarzdornweg, 53721 Siegburg-Kaldauen

Bearbeiter: he

Datum: 27.04.2020

Prüfungsnummer: 9564_2.6

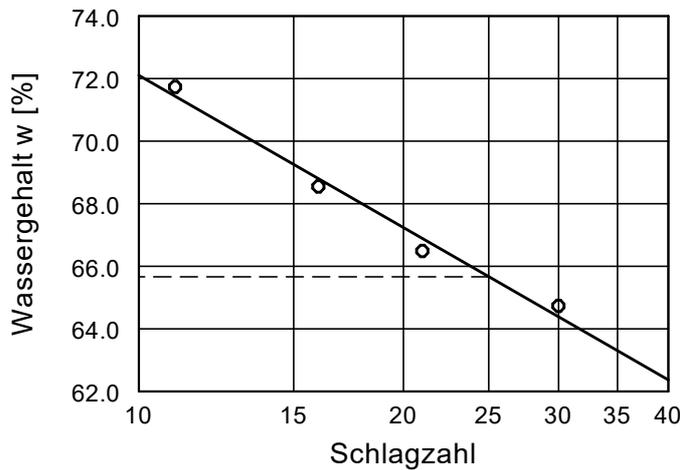
Entnahmestelle: Bohrung KRB 2

Tiefe: 3,10 - 4,20

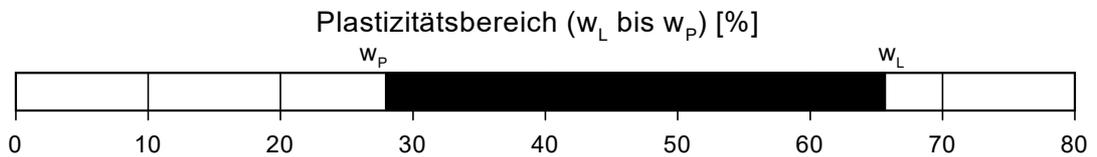
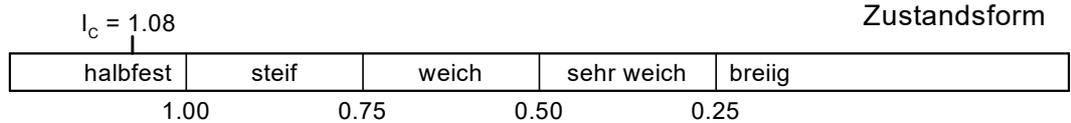
Art der Entnahme: Rammkernsonde

Bodenart: CI, BK'

Probe entnommen am: 26.03.2020



Wassergehalt w =	25.1 %
Fließgrenze w_L =	65.7 %
Ausrollgrenze w_p =	28.0 %
Plastizitätszahl I_p =	37.7 %
Konsistenzzahl I_C =	1.08
Anteil Überkorn \ddot{u} =	0.1 %
Wassergeh. Überk. $w_{\ddot{u}}$ =	6.0 %
Korr. Wassergehalt =	25.1 %



Plastizitätsdiagramm

