

Ingenieurgeologisches Gutachten

| | |
|---------------------------|--|
| Projekt-Nr.: | 210991-1 |
| Bauvorhaben: | Neubau von zwei Mehrfamilienhäusern mit Tiefgarage Kreuzeckweg 82491 Grainau Flur-Nr. 507, Gemarkung Grainau |
| Auftraggeber: | Hammersbach Immobilien GmbH Heuweg 56 32312 Lübbecke |
| Architekten: | Pralat & Pilicki - Architekten Ludwigstraße 55 82467 Garmisch-Partenkirchen |
| Untersuchungsziel: | Untergrund- und Grundwasserverhältnisse, Homogenbereiche, Baugrube, Gründungsempfehlung, Versickerung und Hangbe- gutachtung |
| Umfang: | 20 Seiten, 5 Tabellen, 4 Abbildungen und 8 Anlagen |
| Datum: | 30.12.2021 |
| Ausführung: | GHB Consult GmbH Dipl.-Geol. N. Kampik Moosstraße 7 82319 Starnberg |
| Bearbeiter/in: | I. Kralin, M.Sc. Umweltplanung & Ingenieurökologie und K. Oppermann, B.Sc. Geologie |
| Projektleiter: | N. Kampik, Dipl.-Geol. BDG |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----|---|----|
| 1 | Vorgang | 3 |
| 2 | Untergrundverhältnisse | 4 |
| 2.1 | Geologie | 4 |
| 2.2 | Hanglage | 5 |
| 2.3 | Schichtenfolge und Lagerungsdichte des Bodens | 10 |
| 2.4 | Schadstoffuntersuchungen | 10 |
| 2.5 | Grund- und Schichtwasser | 12 |
| 2.6 | Homogenbereiche nach DIN 18300 neu | 12 |
| 2.7 | Bodenkennwerte | 14 |
| 3 | Gründungsempfehlungen | 14 |
| 3.1 | Baugrund- und Gründungssituation | 14 |
| 3.2 | Baugrube | 15 |
| 3.3 | Gründung | 15 |
| 3.4 | Abdichtungsmaßnahmen | 16 |
| 3.5 | Weitere bautechnische Hinweise | 16 |
| 4 | Versickerung von Oberflächenwasser | 18 |
| 5 | Zusammenfassung | 18 |

Anlagen

| | |
|-------|--|
| 1.1 | Übersichtslageplan, unmaßstäblich |
| 1.2 | Lageplan mit Untersuchungspunkten, M 1:500 |
| 2 | Geotechnisches Baugrundprofil A-A' HM 1:50, LM unmaßstäblich |
| 3.1-3 | Bohrprofile der Rammkernsondierungen BS 1-2, M 1:50 |
| 4.1-3 | Rammdiagramme der schweren Rammsondierungen DPH 1-2, M 1:50 |
| 5.1-3 | Siebanalysen nach DIN 18123 |
| 6 | Chem.-analyt. Untersuchungen |
| 7 | Bericht Kampfmittelfreimessung |
| 8.1-2 | Fotodokumentation |

Unterlagen

| | |
|------|--|
| /U1/ | Vorschlag B-Plan, unmaßstäblich; Zeichner: Pralat & Pilicki; Stand: 01.07.2021 |
| /U2/ | 1. Änderung Bebauungsplan Nr. 31 „Kreuzeckweg, Haus Hammersbach“ - Entwurf, unmaßstäblich; Zeichner: Architekturbüro Hörner; Stand: 10.05.2021 |

1 Vorgang

Unser Büro wurde von der Firma Hammersbach Immobilien GmbH beauftragt, für den Neubau von zwei Mehrfamilienhäusern mit Tiefgarage in 82491 Grainau eine Baugrunduntersuchung durchzuführen. Des Weiteren sollte eine erste Übersicht über mögliche Beeinflussungen durch die Hanglage des untersuchten Grundstücks erstellt werden. Die Lage des geplanten Bauvorhabens ist auf dem Übersichtslageplan der Anlage 1.1 dargestellt.

Die Geländeoberfläche des Baugrundstücks liegt gemäß der Bohr- und Sondieransatzpunkte bei ca. 768,5 – 769 m ü.NHN. Das untersuchte Grundstück liegt unmittelbar am Hangfuß des Kreuzjochs.

Aus den uns vorliegenden Unterlagen /U1-2/ gehen folgende Höhenkoten hervor:

- | | | |
|-----------------------------------|------------|------------------|
| • FOK EG Haus A | = ± 0,00 m | = 769,30 m ü.NHN |
| • OK Bodenplatte TG Haus A | = - 3,64 m | = 765,66 m ü.NHN |
| • FOK EG Haus B | = - 0,30 m | = 769,00 m ü.NHN |
| • OK Bodenplatte TG Haus B | = - 3,01 m | = 765,66 m ü.NHN |

- Baugrunduntersuchung

Zur Baugrunduntersuchung wurden am 15.11.2021 an den im Lageplan der Anlage 1.2 bezeichneten Stellen insgesamt

- 3 Kleinbohrungen (BS 1-3) zwischen 3,0 und 5,1 m unter OK Gelände sowie
- 3 schwere Rammsondierungen (DPH 1-2) zwischen 4,0 und 6,5 m unter OK Gelände abgeteufft.

Gebohrt wurde mit Kern-Ø 60-80 mm. Mit der Bohrsonde wird ein Bohrkern entsprechend der Schichtenfolge des Untergrundes gewonnen. Bei der Rammsondierung wird eine konische Rammspitze mit definierter Energie in den Untergrund gerammt. Gemessen werden die Schlagzahlwerte N_{10} entsprechend der Anzahl der Rammschläge je 10 cm Eindringtiefe, die in das Rammdiagramm eingetragen werden. Anhand der Schlagzahlwerte können Rückschlüsse auf die Lagerungsdichte des Bodens gezogen werden.

Alle Bohransatzpunkte wurden nach Lage und Höhe mit Bezug auf m ü.NHN nach dem System DE_DHHN2016_NH eingemessen.

Wir nehmen an, dass uns vorliegende Daten ohne Höhenbezugssystem ebenfalls als DHHN16 (aktueller Standard seit 30.06.2017) verwendet werden.

Die Aufschlusspunkte wurden vorab wegen möglicher nicht entdeckter Kampfmittel des 2. Weltkriegs geophysikalisch freigegeben (Anlage 7).

Die Ansprache der aufgeschlossenen Bodenschichten erfolgte nach DIN 4022-1 (Anlage 3). Die Ergebnisse der Bodenuntersuchungen sind im geotechnischen Baugrundprofil A-A' in Anlage 2 als Bodenprofile nach DIN 4023 mit Angabe der Bodenklassen nach DIN 18300 und der Bodengruppen nach DIN 18196 sowie als Rammdiagramme nach EN ISO 22476-2 (Anlage 4) dargestellt. Zur Klassifizierung des Bodens wurden Proben entnommen und in unserem bodenmechanischen Labor untersucht. Die Ergebnisse sind in der Anlage 5 des Gutachtens dokumentiert. Ferner wurden Asphaltproben chemisch-analytisch untersucht (Anlage 6).

Zur Festlegung der Mindestanforderungen an Umfang und Qualität der geotechnischen Untersuchungen, Berechnungen und der Bauüberwachung wurde in Abhängigkeit von der Schwierigkeit der baulichen Anlage und des Baugrunds die **geotechnische Kategorie GK 2** (mittlerer Schwierigkeitsgrad) gewählt.

2 Untergrundverhältnisse

2.1 Geologie

Vor 2,4 Millionen Jahren führten tiefgreifende Klimaveränderungen zu Kaltzeiten mit Eiszeiten, in denen wiederholt Gletscher aus dem Alpenvorland weit nach Norden in das Vorland vorstießen und weite Teile des Alpenvorlands mit Gletschereis bedeckten. In den mindestens sechs Vorlandvergletscherungen im Verlauf des Quartärs stießen der Isar- und Loisachgletscher weit ins Vorland. Vor 18.000 Jahren war der letzte dieser Vorstöße.

Das Untersuchungsgebiet liegt am Fuße der Zugspitze und ist geprägt durch die Moränenlandschaften, die während der quartären Vereisungsperioden entstanden sind. Im Moränenmaterial oder Geschiebelehm können Steine, Blöcke oder schollenartige Bruchstücke von Fels mit Kubaturen bis Kubikmetergröße in der sonst bindigen Matrix vorkommen.

Postglazial entstanden ausgedehnte Schwemmfächer der Loisach und des Hammersbachs gebildet, die mehrere Meter mächtig sein können und aus Kies und Schottern aufgebaut sind. Je nach Strömungsenergie kann es auch zu stillwasserfaziellen Ablagerungen kommen, die durch Ton-, Schluff- und Sandlinsen im quartären Kies dokumentiert werden.

Im Untersuchungsgebiet ist mit Felssturz-Material des Eibseebergsturzes zu rechnen, der sich vor ca. 3.700 Jahren ereignete. Das Material kann vom Sand-Schluff-Bereich bis hin zu Blöcken bis mehrere m³-Bereich variieren. Beim untersuchten Grundstück wurden vorwiegend Kiessande und vereinzelt Schluffhorizonte erbohrt. Laut freundlicher mündlicher Mitteilung des Hausmeisters war unter dem Parkplatz ein Fischteich angelegt gewesen.

2.2 Hanglage

Die Abbildung 1 zeigt die in der nahen Umgebung des Bauvorhabens vom Bayerischen Landesamt für Umwelt kartierten Geogefahren. Es wird deutlich, dass das Gebiet vor allem von flachgründigen Hanganbrüchen und Rutschanfälligkeiten dominiert wird.

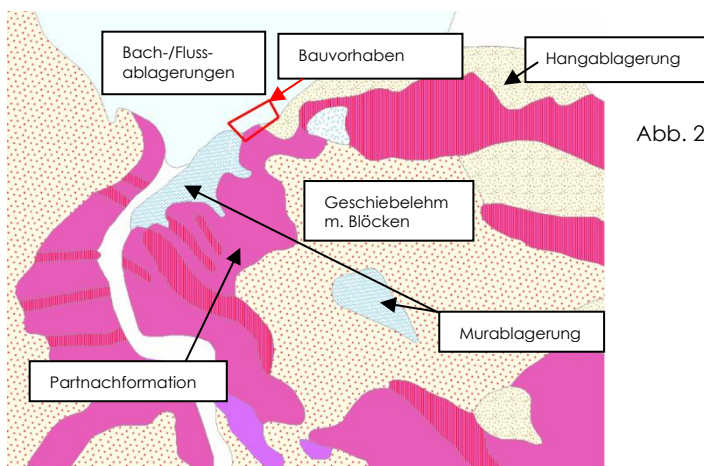
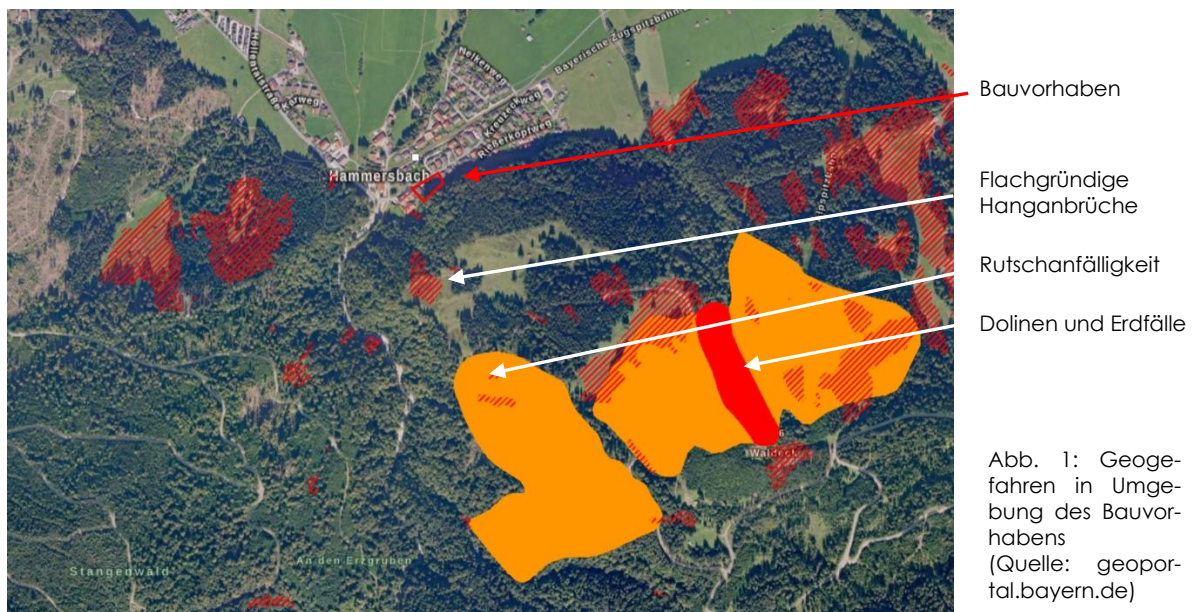


Abb. 2: Geologische Karte (Quelle: geoportal.bayern.de)

Am 17.11.2021 fand unsererseits die Begehung des Hangabschnitts oberhalb des Bauvorhabens statt. Es wurden folgende Bestandssituation angetroffen:

- Übersicht:



Die Neigung für den bewaldeten Hangabschnitt kann anhand der Daten des *Online-dienstes BayernAtlas* mit ca. 50 – 60° angegeben werden.

Foto 1

- Sichel- bzw. Säbelwuchs:

Die Bäume streben danach senkrecht zu wachsen. Ist der Hang rutschanfällig oder neigt er zum Hangkriechen, so versucht der Baum die Senkrechte weiterhin aufrechtzuerhalten und entsteht der sog. „Säbelwuchs“.



Foto 2

- Erdbeben, Rissstrukturen, umgefallene Bäume:



Foto 3



Das plattige Tonmergelstein (Partnachformation) ist vor allem für Erdbeben und Hangkriechen verantwortlich.

Foto 4

- Lose Steine und Blöcke:



Steine und Blöcke oberhalb des bewaldeten Bereichs. Diese stammen voraussichtlich aus den höheren Lagen des Berges Waldeck.

Foto 5



Steine unter dem Laub

Foto 6

- Verrohrter Bach:

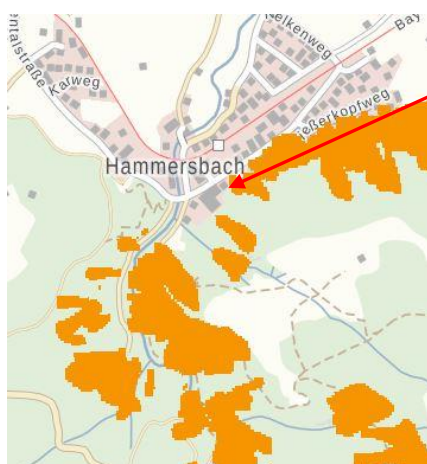


Hier ist eine Einbuchtung zu erkennen, die den verrohrten Bach andeutet. Der Bach verläuft bis zum Parkplatz und ist unterirdisch an einen Sickerschacht angeschlossen.

Foto 7

Die Rutschbewegungen sind allgemein gekennzeichnet durch steil nach unten gerichtete Verschiebungen im Abrissbereich und durch häufig nahezu horizontales Gleiten der Rutschmasse. Als Gleitflächen von Rutschmassen kommen vor allem geologische Schichtgrenzen in Frage. Eine typische und hier eindeutige Rutschfläche ist der Übergang vom Quartär (hier Kies und Schluff) zum Partnachkalkmergel. Auf den bindigen Mergeln sammelt sich Wasser und es entsteht eine weiche, schmierige Schicht. Diese wirkt dann wie eine Gleitbahn für den darüberliegenden Boden.

Ferner befindet sich das Areal in einem Stein- und Blockschlag gefährdeten Bereich (siehe Abb. 3). Spezielle Steinschlagschutzzäune können einen guten Schutz bieten, werden aber bei Neubauten abgelehnt. Besser wäre ein Verzicht von bergseitigen Fenstern und Türen oder eine Reduzierung auf ein Mindestmaß.



Bauvorhaben

Steinschlag (orange)

Abb. 3: Geogefahren in Umgebung des Bauvorhabens
(Quelle: geoportal.bayern.de)

2.3 Schichtenfolge und Lagerungsdichte des Bodens

Die festgestellten Bodenverhältnisse sind im geotechnischen Baugrundprofil A-A' auf der Anlage 2 dargestellt. Dort sind

- die Bodenprofile der Bohrungen mit Angabe der Bodenklassen nach DIN 18300 und der Bodengruppen nach DIN 18196 sowie
- die Rammdiagramme der schweren Rammsondierungen mit der erforderlichen Anzahl an Rammschlägen je 10 cm Eindringtiefe dargestellt.

Die Schnittführung ist auf dem Lageplan der Anlage 1.2 eingetragen. Die Schichtgrenzen zwischen den Aufschlüssen sind interpoliert.

- Bodenprofil:

In den Bohrungen BS 1-3 wurde unter einer geringmächtigen Schwarzdecke (chemisch-analytische Untersuchung siehe Kap. 2.3) eine 0,3 - 1,1 m starke, aufgefüllte Schicht aus einem schwach schluffigen bis stark schluffigen und sandig bis stark sandigen Kies festgestellt. Darunter wurde bei der Bohrung BS 1 von 1,1 bis 1,8 m und bei der Bohrung BS 2 von 0,3 bis 0,8 m ein schwach kiesiger bis kiesiger und sandiger Schluff steifer bis halbfester Konsistenz erbohrt. Im Liegenden wurde bis zur Endteufe von 5,1 m (BS 3) ein schwach schluffiger bis stark schluffiger und schwach sandiger bis stark sandiger Kies dokumentiert.

- Lagerungsdichte/Konsistenz

In den schweren Rammsondierungen DPH 1-3 wurde bis zu einer Tiefe von 3 m bzw. 5,1 m eine weitgehend lockere bis mitteldichte Lagerung festgestellt (Schlagzahlen $N_{10} = 0 - 18$). Vereinzelt wurden höhere Schlagzahlen gemessen, welche auf lokale Steinwiderstände hindeuten. Darunter erhöhen sich die Schlagzahlwerte, so dass der Kies ab 3,2 m bzw. 5,6 m in sehr dichter Lagerung vorliegt.

Laut Anwohnerinformation wurden bei benachbarten Bauvorhaben auch Steine, Blöcke und Findlinge angetroffen, welche u.a. gesprengt werden mussten. Diese sind auch im betreffenden Gebiet nicht auszuschließen (Felssturz-Material des Eibseebergsturzes siehe Kap. 2.1).

2.4 Schadstoffuntersuchungen

Insgesamt wurden drei Proben der Schwarzdecke in das nach DIN ISO 17025 akkreditierte Labor Dr. Graner & Partner GmbH, München, verbracht und auf die Parameter PAK und Phenol-Index untersucht.

In den Bohrungen **BS 1-3** wurden im Bereich von **0,0 - 0,09 m** Tiefe keine Grenzwertüberschreitungen festgestellt. Es handelt sich um **Ausbauasphalt ohne Verunreinigungen** (Tab. 1 und 2).

Aufgrund der punktuellen Aufschlussweise können Abweichungen von dem Untersuchungsergebnis nicht restlos ausgeschlossen werden. Ob die Schwarzdecke anhand der durchgeführten chem.-analyt. Untersuchungen abgefahren werden kann, ist mit dem Entsorger abzustimmen. Wir empfehlen das Material als Haufwerke zu lagern.

| Probe | Auffälligkeiten Einzelparameter / Einstufung nach dem LfU-Merkblatt Nr. 3.4/1 | | | |
|-------------------|---|---------|----------|-------------------------|
| | Parameter | Einheit | Messwert | LfU-Merkblatt Nr. 3.4/1 |
| BS 1 / 0 – 0,09 m | <i>Feststoff:</i> | | | Ausbauasphalt |
| | Benzo(a)pyren | mg/kg | 0,02 | |
| | PAK | mg/kg | 0,36 | |
| | <i>Eluat:</i> | | | |
| BS 2 / 0 – 0,07 m | Phenol-Index | mg/l | <0,008 | Ausbauasphalt |
| | <i>Feststoff:</i> | | | |
| | Benzo(a)pyren | mg/kg | 0,13 | |
| | PAK | mg/kg | 1,22 | |
| BS 3 / 0 – 0,07 m | <i>Eluat:</i> | | | Ausbauasphalt |
| | Phenol-Index | mg/l | <0,008 | |
| | <i>Feststoff:</i> | | | |
| | Benzo(a)pyren | mg/kg | 0,1 | |
| | PAK | mg/kg | 8,03 | |
| | <i>Eluat:</i> | | | |
| | Phenol-Index | mg/l | <0,008 | |

Tab 1. Einstufungen der untersuchten Probe nach LVGBT

| PAK-Gehalte in mg/kg | Bezeichnung | Folge |
|----------------------|--|---|
| ≤ 10 | Ausbauasphalt ohne Verunreinigungen | Kann i.W. ohne besondere Anforderungen bzgl. Boden- und Gewässerschutz verwendet werden |
| > 10 bis ≤ 25 | Gering verunreinigter Ausbauasphalt | Einsatz in ungebundener Form nur unter wasserundurchlässiger Schicht |
| > 25 | Pechhaltiger Straßenaufbruch | Aufbereitung nur im Kaltmischverfahren zulässig. Erhöhte Anforderungen / Einschränkungen bzgl. Verwertung |
| ≥ 1000 | Gefährlicher, pechhaltiger Straßenaufbruch | Zuordnung zu Abfallschlüssel 17 03 01*, Einstufung als gefährlicher Abfall nach der AVV |

Tab 2. LfU-Merkblatt Nr. 3.4/1, Stand 03/2019

2.5 Grund- und Schichtwasser

Bei den Bohrarbeiten am 15.11.2021 wurde kein Grund- und kein Schichtwasser angetroffen. Das untersuchte Grundstück liegt im Einflussbereich des ca. 90 m westlich gelegenen Hammersbachs. Erfahrungsgemäß unterliegt der Grundwasserspiegel in Gebirgsregionen starken Schwankungen. Hinzu kommt die Lage am Hangfuß, wo sich das Hang- bzw. Schichtwasser verstärkt ansammelt.



Abb. 4: Überschwemmungsbereiche bei einem HQ100 (blau) des Hammersbachs

Entsprechend dem online Dienst Bayernatlas liegt das Gebiet in einem wassersensiblen Bereich. Diese kennzeichnen u.a. zeitweise natürlich hoch anstehendes Grundwasser, über die Ufer tretende Bäche und Überspülungen des Geländes (s. Anlage 1.3). Das Überschwemmungsgebiet des Hammersbachs reicht weder bei einem HQ₁₀₀ noch bei einem HQ_{Extrem} an das Bauvorhaben

Wir empfehlen den **Bemessungswasserstand auf 769,0 m ü.NHN** anzusetzen.

2.6 Homogenbereiche nach DIN 18300 neu

Im Jahr 2015 wurde die Umstellung der DIN 18300 beschlossen. In der neuen DIN 18300:2019-09, werden die Böden nach Homogenbereichen eingeteilt. Hierbei werden die „alten“ Charakteristika wie Lösen, Laden und Fördern mit den „neuen“ Charakteristika des Behandeln, Einbauen und Verdichtens vereint. In Tabelle 3 werden die Homogenbereiche dargestellt.

| Bodenart | Bodenklassen nach DIN 18300 (alt) | Homogenbereiche für Erdarbeiten nach DIN 18300:2019-09 (neu) |
|---|--|--|
| Auffüllung: Kies , sandig bis stark sandig, schw. bis stark schluffig | Leicht bis mittelschwer lösbarer Boden, Klasse 3-4 | A |
| Schluff , schw. kiesig bis kiesig, sandig steif bis halbfest | Mittelschwer bis schwer lösbarer Boden, Klasse 4-5 | B1 |
| Kies , schw. bis stark sandig, schw. bis stark schluffig; mitteldicht bis sehr dicht | Leicht bis mittelschwer lösbarer Boden, Klasse 3-4 | B2 |
| Dito - mit höchstens 30 Gew.-% Steine von > 63 mm bis 0,01 m³ Rauminhalt (Kugel von ca. 0,3 Ø) | Mittelschwer lösbarer Boden, Klasse 4 | |
| Dito - mit mehr als 30 Gew.-% Steine von > 63 mm bis 0,01 m³ Rauminhalt (Kugel von ca. 0,3 Ø) | Schwer lösbarer Boden, Klasse 5 | |

Tab 3. Bodenklassen nach DIN 18300, Homogenbereiche nach DIN 18300:2019-09

Homogenbereich A: künstliche Bodenauffüllungen sind erfahrungsgemäß sowohl vertikal als auch horizontal inhomogen zusammengesetzt und daher nur schwer qualifiziert wiederzuverwenden oder zu bewerten. Ferner können Schadstoffe eine Weiterverwendung verbieten (Altlast). Die Lösbarkeit ist entsprechend Bodenklasse 3 - 4 als leicht bis mittelschwer lösbarer Boden zu beurteilen. Wir empfehlen, die künstlich aufgefüllten Böden als Haufwerke aufzuhalden und nach einer entsprechenden Analytik einer geordneten Verwertung zuzuführen. Bei überwiegendem Kiesanteil und einer wirtschaftlich durchführbaren Trennung unterschiedlicher Fraktionen, kann auch ein Wiedereinbau unterhalb der Frosteinwirkungszone angedacht werden.

In Ausschreibungen zu Erdarbeiten sollte auf der sicheren Seite liegend neben den Zuordnungsklassen Z 0 auch die Zuordnungsklassen Z 1.1, Z 1.2 sowie Z 2 nach LVGBT (Leitfaden zur Verfüllung von **G**ruben, **B**rüchen und **T**agebauen) berücksichtigt werden. Ferner sollte auch der TOC (gesamter organischer Kohlenstoff – englisch: **t**otal **o**rganic **c**arbon) und DOC (gelöster organisch gebundener Kohlenstoff – englisch: **d**issolved **o**rganic **c**arbon) berücksichtigt werden.

Homogenbereich B1: die bindigen Böden steifer bis halbfester Konsistenz wurden als Schluff angesprochen. Die Lösbarkeit ist entsprechend Bodenklasse 4 - 5 als mittelschwer bis schwer lösbarer Boden zu klassifizieren. Eine Wiederverwendung für bautechnische Zwecke ist kaum wirtschaftlich. Für einen Einbau müsste der Boden mittels Kalkstabilisierung vergütet werden.

Homogenbereich B2: der quartäre Kies liegt meist entsprechend seiner Genese in gebänderter Lagerung vor, wobei sich die Kornzusammensetzung horizontal abwechseln kann. Die Lösbarkeit ist entsprechend Bodenklasse 3 - 4 als leicht bis mittelschwer lösbarer Boden zu beurteilen. Insgesamt sind die angetroffenen Kiessande zum Wiedereinbau aus geotechnischer Sicht geeignet, wenn der Feinkornanteil bei ca. < 5 Gew.-% liegt. Im frostgefährdeten Bereich sollte

jedoch Liefermaterial eingesetzt werden. Die Siebungen ergaben Feinkornanteile von 3,0 – 13,7 Gew.-% (Anlage 5).

2.7 Bodenkennwerte

Im gründungsrelevanten Teufenbereich können die mittleren Bodenkennwerte abgeschätzt werden:

| Bodenkennwerte | Schluff, schw. kiesig bis kiesig, sandig; steif bis halbfest | Kies, schw. bis stark sandig, schw. bis stark schluffig; mitteldicht und ab 3,2 m bzw. 5,6 m Tiefe dicht |
|--|--|--|
| Wichte kN/m ³ | 19 | 21 |
| Wichte unter Auftrieb kN/m ³ | 9 | 11 |
| Reibungswinkel Grad | 22,5 | 37,5 |
| Kohäsion c' kN/m ² | 8 | 1 |
| Undrain. Kohäsion c _u kN/m ² | > 40 | - |
| Wassergehalt w _n in % | 10-25 | 3-12 |
| Konsistenzzahl I _c (-) | > 0,75 | - |
| Plastizitätszahl I _p (%) | 5-25 | - |
| Organische Anteile in % | 0 | 0 |
| Steifezahl Es (Erstb.) MN/m ² | 12 | 70 / ab 3,2 – 5,6 m Tiefe 120 |
| Bodengruppe | UL, TL | GU, GU* |
| Homogenbereich | B1 | B2 |
| Frostempfindlichkeit | F3 | F2-F3 |

Tab 4. Bodenkennwerte

3 Gründungsempfehlungen

3.1 Baugrund- und Gründungssituation

Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen kann die folgende Bestandssituation abgeleitet werden:

- Grund- bzw. Schichtwasser wurde bei den Bohrungen nicht angetroffen. Aufgrund der Standortfaktoren sollte der Bemessungswasserstand auf 769,0 m ü.NHN angesetzt werden.
- Im der Gründungsebene steht eine Wechsellagerung aus Kies und Schluff an. Der mitteldichte bis ab 3,2 m bzw. 5,6 m Tiefe dichte Kies stellt einen gut tragfähigen und Bau- und

Untergrund für das geplante Bauwerk dar. Der weichkonsistente Schluff sollte mit der Gründung mittels Bodenaustausch durchfahren werden.

- Die Sohle sollte mittels Baggerschürfen kontrolliert werden. Der Schluff sollte eine Kies-Überdeckung von mind. 60 cm haben, ansonsten ist der Boden lokal auszutauschen.

3.2 Baugrube

Bei der Erstellung der Baugrube ist DIN 4124 zu beachten. Die Baugrube wird etwa 3,3 - 3,6 m tief. Die Baugrube kann weitgehend frei geböscht werden.

Hangseitig sollte unbedingt ein Spritzbetonverbau durchgeführt werden. Die Spritzbetonwand ist von oben nach unten sukzessive mit dem Baugrubenaushub herzustellen und mit Permanent-Ankern zu sichern. Dieser kann nach statischen Vorgaben erfahrungsgemäß mit bis zu 70 - 80° hergestellt werden.

Ansonsten kann mit 45° geböscht werden. Als Witterungsschutz sollten die Böschungen mit Folie abgehängt werden. Böschungskronen sind im Abstand von 2,0 m lastfrei zu halten (Kran, LKW-Verkehr etc.). Wird die Baugrube im frei geböschten Zustand steiler als die o.g. Böschungswinkel oder tiefer als 5,0 m erstellt, ist die Standsicherheit von Böschungen nach DIN EN 1997-1, DIN 1054 bzw. DIN 4084 nachzuweisen.

3.3 Gründung

Nach DIN EN 1990:2010-12 und DIN 1054: 2010-12 sind bei der Planung von Gründungsmaßnahmen Bemessungssituationen (BS-P, BS-T, BS-A und BS-E) wichtig und sollten klassifiziert werden. Hier haben wir es mit ständigen Situationen **BS-P** (Persistent Situations) und vorübergehenden Situationen **BS-T** (Transient Situations) zu tun, die sich auf zeitlich begrenzte Zustände beziehen, wie Bauzustände bei der Herstellung des Bauwerks und der Baugrubenkonstruktionen. Nach Eurocode EC 7 (Tab. A 2.1, 2.2 und 2.3) wird je nach Bemessungssituation bei Teilsicherheitswerten für Einwirkungen und Beanspruchungen bei Nachweisen differenziert.

Gemäß DIN 1998-1/NA:2011-01 liegt das Projektgebiet in **Erdbebenzone 1**.

Nach Aushub der Baugrube ist mittels Baggerschürfen oder leichten Rammsondierungen festzustellen, in welcher Mächtigkeit der Kies die bindigen Böden überlagert. Sollte sich eine Kiesüberlagerung von weniger als 60 cm zeigen, muss in diesen Bereichen der Schluff ausgehoben werden und Kies der Bodengruppe GW auf einem Geotextil der Robustheitsklasse GRK 4 lagenweise verdichtet aufgebracht werden. Hierbei ist die erste Lage 40 cm stark zu wählen, dann 20 cm. Sollten darunter immer noch weichkonsistenter Schluff angetroffen werden, sind Schroppen statisch mit dem Baggerlöffel einzudrücken, bis kein Fortschritt mehr zu erzielen ist.

Gibt es kiesige Bereich in der Baugrube, die sich schlecht verdichten lassen, liegt dies meist an dem zu hohen Feinkornanteil (Schluff und Ton). Diese Bereiche müssen ca. 0,4 m stark gegen einen gut verdichtbaren Kies der Bodengruppe GW (Feinkornanteil ≤ 5 Gew.-%) ausgetauscht werden.

Die Bodenplatte darf auf dem fachgerecht verdichteten Kiesplanum aufgelagert werden, sofern als Nachweis der fachgerechten Verdichtung ein E_{v2} -Wert von $\geq 100 \text{ MN/m}^2$ (bzw. beim dynamischen Plattendruckgerät $E_{vD} > 50 \text{ MN/m}^2$) festgestellt wird bzw. eine Proctordichte $D_{Pr} \geq 100 \%$ vorliegt.

Nach Nachweis der fachgerechten Verdichtung des Bettungspolsters darf für die Bemessung der Bodenplatte nach dem Bettungsmodulverfahren die **Bettungszahl mit $k_s \approx 20 \text{ MN/m}^3$** abgeschätzt werden. Für die Bemessungswerte des **mittleren flächigen Sohldruckwiderstands $\sigma_{R,d}$** können folgende Werte angenommen werden: **$\sigma_{R,d} \leq 230 \text{ kN/m}^2$** bzw. die Rand- und Spitzen- spannungen können mit **$\sigma_{R,d} \leq 280 \text{ kN/m}^2$** angesetzt werden.

Bei der Flachgründung auf Kies und Schluff (bzw. lokalem Kiespolster) muss mit Setzungen von $s \approx 1,5 - 2,0 \text{ cm}$ gerechnet werden. 50 % der Setzungen stellen sich relativ schnell ein. Die Sekundärsetzungen benötigen bei einem bindigen Boden 1-2 Jahre.

3.4 Abdichtungsmaßnahmen

Alle Bauteile unterhalb des Bemessungswasserstands sollten druckwasserdicht z.B. in WU-Beton-Bauweise (System weiße Wanne) bis Geländeoberkante der erdberührten Bauwerkstiefeile gebaut werden. Das Abdichtungskonzept ist bis auf Kote des Bemessungswasserstands nachzuweisen. Alternativ kann auch die Abdichtung mittels Beschichtung gegen drückendes und aufstauendes Grund- und Sickerwasser entsprechend DIN 18533 Teil **W2.2-E** (> 3 m Aufstauhöhe/mäßige Einwirkung von drückendem Wasser) ausgeführt werden. Die Abdichtung der erdüberschütteten Decke der Tiefgarage ist entsprechend DIN 18 533 Wassereinwirkungsklasse **W3-E** zuzuordnen.

Es sollte hangseits ein kleiner Wall (20 - 30 cm) modelliert werden, damit das oberflächlich abfließende Hangwasser um die Gebäude abfließen kann.

3.5 Weitere bautechnische Hinweise

- Verdichtungsanforderungen

Die Arbeitsräume müssen ebenfalls lagenweise verfüllt und verdichtet werden. Der Verdichtungsgrad des eingebauten Kieses sollte $\geq 100 \%$ DPr entsprechen, um später keine Sackungen zu erwarten. Hier mit einem Proctorwert zu arbeiten ist theoretisch möglich, aber praktisch

schlecht umsetzbar, da mit einem Densitometergerät und Proctortopf gearbeitet werden muss und somit nur 20-30 cm-Pakete geprüft werden können. Einfacher ist es, die Verdichtungskontrollen lagig mittels dynamischer Plattendruckversuche durchzuführen. Hierbei sollte ein E_{VD} -Wert von $> 50 \text{ MN/m}^2$ erreicht werden. Noch einfacher wären Kontrollen mittels Rammsondierungen.

| Prüfgerät | Verdichtungswert |
|---|--|
| DPH Schwere Rammsonde EN ISO 22476-2 | Schlagzahlwerte $N_{10} > 18$ |
| Proctorversuch (DIN 18127) mit Densitometer (DIN 18125-2) | $D_{Pr} \geq 100 \%$ |
| Dynamisches Plattendruckgerät (nach TP BF-StB) | E_{VD} -Wert von $> 50 \text{ MN/m}^2$ |

Tab 5. Anforderung an die Verdichtungswerte

- Aufstellung des Baukrans

Die Kranfundamente sollten entsprechend Tabelle A 6.6 – steif (EC7) im mindestens steifen Geschiebelehm oder im Kies auf einem mindestens 0,6 m starken Bettungspolster gegründet werden. Dieses muss optimal nachverdichtet werden. Wir raten hier den Kranplatz vorab mittels Rammsondierungen zu untersuchen.

- Zufahrt Tiefgarage

Die Zufahrt der Tiefgarage muss frostsicher in mindestens 0,8 m Tiefe gegründet werden. Der Bodenaufbau ist anschließend lagenweise aus Kiessand der Bodengruppe GW nach DIN 18196 und der Frostsicherheitsklasse F1 nach ZTVE-StB 09 aufzubauen.

- Stellplätze und Terrassen

Die aufgefüllten und bindigen Böden sind bis mindestens 0,7 m Tiefe zu entfernen und gegen Kies (Aushubboden) auszutauschen. Das Planum sollte aufgrund der lokal tiefer reichenden Auffüllung gut verdichtet werden. Bei bindigen Böden raten wir zu Schroppen, die mit dem Bagger nur eingedrückt werden. Der Kies sollte gut verdichtbar und frostsicher sein (Feinkornanteil sollte $\leq 5 \text{ Gew.-%}$ sein).

- Ing.-geol. Bauüberwachung

Bei der geotechnischen Kategorie GK 2 (mittlerer Schwierigkeitsgrad) ist eine Bauüberwachung empfehlenswert. Die Bodensituation in den einzelnen Gründungsniveaus macht es erforderlich, die Aushubsole nach der Freilegung abschließend zu beurteilen und die erforderlichen erdbautechnischen Maßnahmen festzulegen. Ferner sollten Verdichtungskontrollen in Form von Rammsondierungen oder Plattendruckversuchen durchgeführt werden.

- Winterbaustelle

Mit dem Thema Frost im Baugrund sollte wie folgt umgegangen werden:

- Zum Schutz vor Frost sollte beim Aushub eine Schutzschicht von 70 cm auf der Gründungssohle belassen werden.
- Wenn die Temperaturen nicht unter dem Gefrierpunkt liegen, müssen die Fundamentsohlen nach dem Verdichten mittels Sauberkeitsschicht versiegelt werden.
- Es darf nicht auf gefrorenen Untergrund betoniert werden.
- Sind Fundamente schon betoniert worden, muss seitlich als Schutz angeschüttet werden.

4 Versickerung von Oberflächenwasser

Der Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Wert) des Kieses schwanken extrem und liegen nach Berechnungen aus den Siebanalysen, durchgeführt nach DIN 18123 (Anlage 5), bei rund $k_f = 1,0 \times 10^{-1}$ m/s bis $1,9 \times 10^{-4}$ m/s und ist daher gemäß DIN 18130-1 als „durchlässig“ einzustufen. Aufgrund des Reduzierungsfaktors bei Siebungen von 0,2 kann ein Rechenwert von $k_f = 3,8 \times 10^{-5}$ m/s angesetzt werden. Als MHGW (mittlerer höchster Grundwasserstand) kann die Kote 765,00 m ü.NHN angesetzt werden.

Soweit möglich, sollten begrünte Flachdächer eingesetzt werden, da diese eine verzögerte Weitergabe von Niederschlagswasser (Retention) und auch einen gewissen Eigenbedarf besitzen, der die anfallende Wassermenge reduziert. Gehwegsflächen, Zufahrten und Parkplätze sind offen zu gestalten (versickerungsaktiver Belag), um ein Eindringen des Niederschlagswassers in den Kiesunterbau und Boden zu ermöglichen.

Als Versickerungsmöglichkeiten kommen bei diesem Bauvorhaben beispielsweise eine Füllkörperrigolen- oder Rohrrigolenversickerung in Frage. Für Planung, Bau und Betrieb der Versickerungsanlagen sind die Merkblätter DWA-A 138 und M-153 heranzuziehen.

Wir weisen darauf hin, dass es sich bei dem k_f -Wert um eine Bewertung basierend auf punktuellen Aufschlüssen handelt. Die quartären Kiese weisen natürliche Schwankungen im Feinkornanteil auf, daher ist mit Abweichungen zu rechnen.

5 Zusammenfassung

Unser Büro wurde von der Firma Hammersbach Immobilien GmbH beauftragt, für den Neubau von zwei Mehrfamilienhäusern mit Tiefgarage in 82491 Grainau eine Baugrunduntersuchung durchzuführen.

- Hanglage

Anhand der kartierten Geogefahren wird deutlich, dass das Gebiet vor allem von flachgründigen Hanganbrüchen und Rutschanfälligkeiten sowie Steinschlag dominiert wird. Dies hat einen hangseitigen Spritzbetonverbau mit Rückverankerung zur Folge. Um den Steinschlag abzuwehren, sollte auf bergseitige Fenster und Türen verzichtet werden oder auf ein Mindestmaß reduziert werden.

- Untergrundverhältnisse

In den Bohrungen BS 1-3 wurde unter einer geringmächtigen Schwarzdecke eine 0,3 - 1,1 m starke, aufgefüllte Schicht aus einem Kies festgestellt. Die Schwarzdecke wurde beprobt und als Ausbausphall ohne Verunreinigungen eingestuft. Darunter wurde bei der Bohrung BS 1 von 1,1 bis 1,8 m und bei der Bohrung BS 2 von 0,3 bis 0,8 m ein Schluff steifer bis halbfester Konsistenz erbohrt. Im Liegenden wurde bis zur Endteufe von 5,1 m (BS 3) ein Kies mitteldichter bis dichter Lagerung dokumentiert.

- Grundwasser

Bei den Bohrarbeiten am 15.11.2021 wurde kein Grund- und kein Schichtwasser angetroffen. Das untersuchte Grundstück liegt in einem wassersensiblen Bereich und im Einflussbereich des ca. 90 m westlich gelegenen Hammersbach. Wir empfehlen den Bemessungswasserstand für den Bauendzustand auf die Höhenkote der Geländeoberkante (769,0 m ü.NHN) anzusetzen.

- Baugrube

Die Baugrube wird etwa 3,3 - 3,6 m tief. Es kann mit 45° geböscht werden. Hangseitig sollte ein rückverankerter Spritzbetonverbau durchgeführt werden. Beim Baugrubenaushub fallen die sandigen Kiese an.

- Gründungsempfehlungen

Nach Aushub der Baugrube ist mittels Baggerschürfen oder durch leichte Rammsondierungen festzustellen, in welcher Mächtigkeit der Kies die bindigen Böden überlagert. Sollte sich eine Kiesüberlagerung von weniger als 60 cm zeigen, muss in diesen Bereichen der Schluff ausgehoben werden und Kies der Bodengruppe GW auf einem Geotextil lagenweise verdichtet aufgebracht werden.

- Versickerung

Der Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte (k_f -Wert) des Kieses schwanken extrem und liegen als Rechenwert bei einem k_f von $3,8 \times 10^{-5}$ m/s angesetzt werden. Als MHGW (mittlerer höchster Grundwasserstand) kann die Kote 765,00 m ü.NHN angesetzt werden.

Als Versickerungsmöglichkeiten kommen bei diesem Bauvorhaben beispielsweise eine Füllkörperrigolen- oder Rohrrigolenversickerung in Frage.

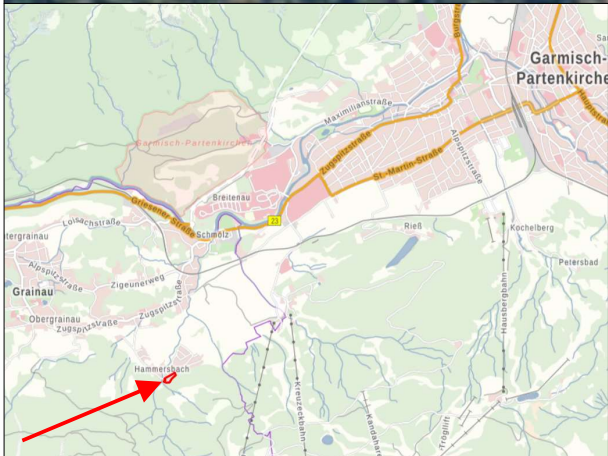
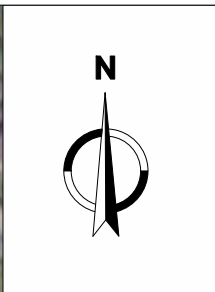
Für weitere Fragen stehen wir gern zur Verfügung.

Starnberg, den 30.12.2021

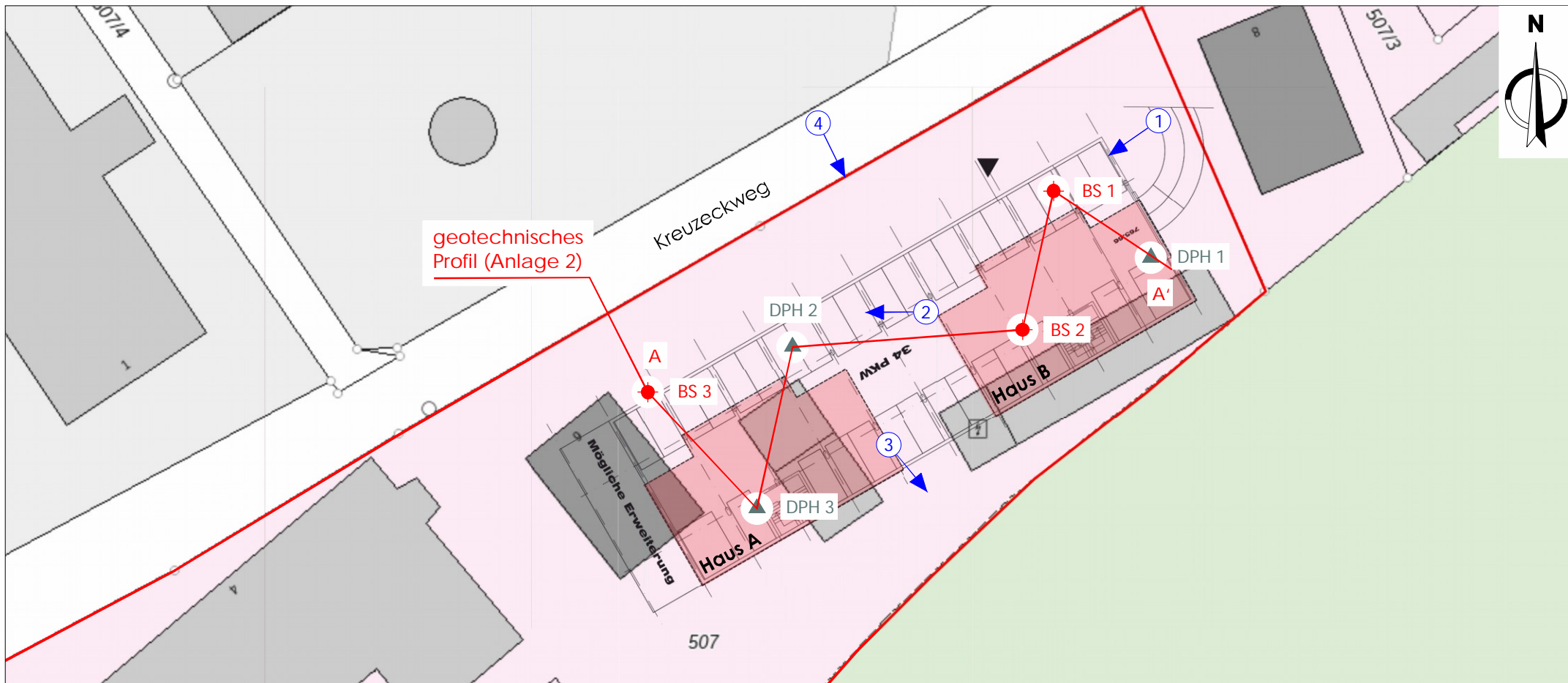


N. Kampik, Dipl.-Geol. BDG

GHB Consult GmbH

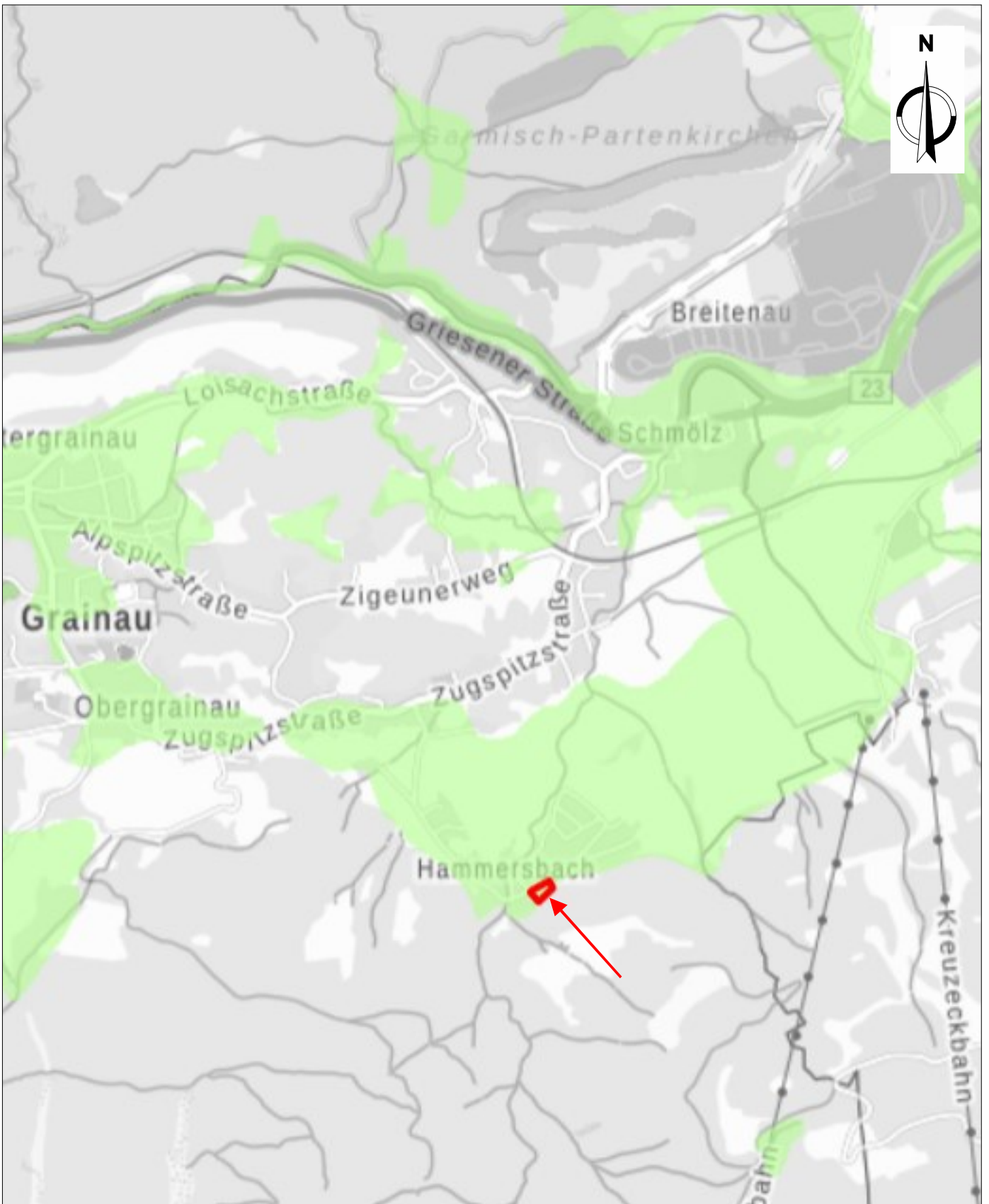


| | | | | | |
|---|--------|---|---------------|-------------|-----------|
| Auftraggeber: | | Hammersbach Immobilien GmbH Heuweg 56 32312 Lübbecke | | | |
| Projekt: | | Neubau von 2 Mehrfamilienhäusern mit TG Kreuzeckweg Fl.-Nr. 507, Gmkg. Grainau 82491 Grainau | | | |
| Planbezeichnung: | | Übersichtslageplan | | | |
| Projektnummer: | 210991 | Maßstab: | unmaßstäblich | | |
| GHB Consult GmbH N. Kampik, Dipl.-Geol. Moosstraße 7 82319 Starnberg Tel.: 08151 / 656 88 0 www.gbh-consult.de | |  | | | |
| | | | | Bearbeiter: | N. Kampik |
| | | | | Zeichner: | I. Kralin |
| | | Datum: | 05.10.2021 | | |
| | | Anlage: | 1.1 | | |

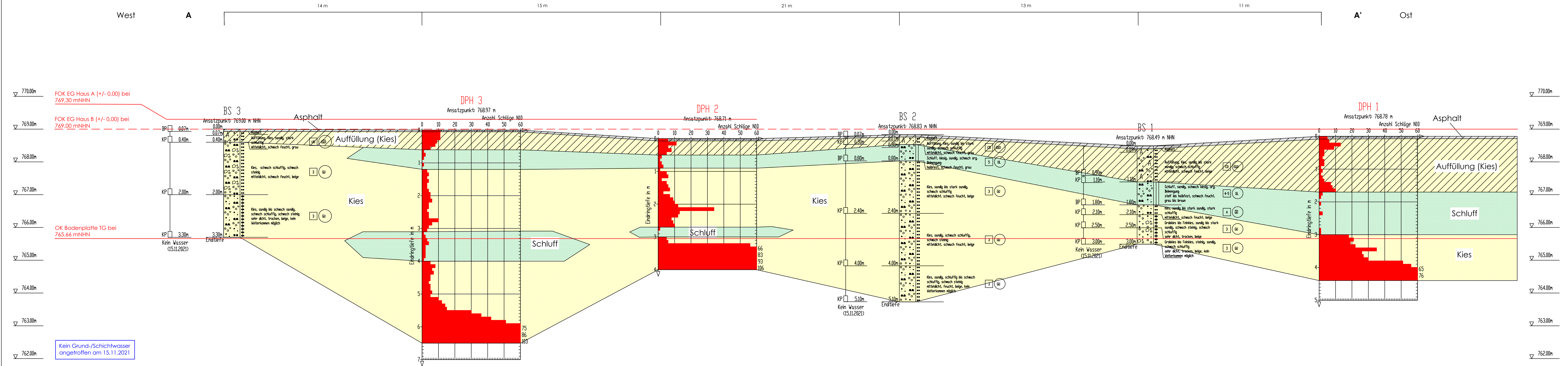


geotechnisches
Profil (Anlage 2)

| | | | |
|---|--|---|--|
| <p>Legende:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ BS 1-3 Sondierbohrungen ▲ DPH 1-3 schwere Rammsondierungen ① → Foto-Nr. mit Blickrichtung — Linienverlauf des geotechnischen Profils | | <p>Auftraggeber: Hammersbach Immobilien GmbH Heuweg 56 32312 Lübbecke</p> | |
| <p>Maßstab 1 : 500</p> | | <p>Projekt: Neubau von 2 Mehrfamilienhäusern mit TG Kreuzeckweg Fl.-Nr 507, Gmkg. Grainau 82491 Grainau</p> | |
| <p>0 5 10 15 20 25m</p> | | <p>Planbezeichnung: Lageplan mit Untersuchungspunkten</p> | |
| <p>GHB Consult GmbH N. Kampik, Dipl.-Geol. Moosstraße 7 82319 Starnberg Tel.: 08151 / 656 88 0 www.ghb-consult.de</p> | | <p>Projektnummer: 210991 Maßstab: 1:500</p> | |
| <p>GEO HYDRO BAU CONSULT</p> | | <p>Bearbeiter: N. Kampik</p> | |
| | | <p>Zeichner: I. Kralina</p> | |
| | | <p>Datum: 18.11.2021</p> | |
| | | <p>Anlage: 1.2</p> | |



| | | |
|---|---|---|
| <p><u>Legende:</u></p> <p>Wassersensibler Bereich</p> <p> wassersensibler Bereich</p> <p> keine Abgrenzung des wassersensiblen Bereichs möglich</p> | <p>Auftraggeber: Hammersbach Immobilien GmbH Heuweg 56 32312 Lübbecke</p> | |
| | <p>Projekt: Neubau von 2 Mehrfamilienhäusern mit TG Kreuzeckweg Fl.-Nr. 507, Gmkg. Grainau 82491 Grainau</p> | |
| | <p>Planbezeichnung: Wassersensible Bereiche</p> | |
| | <p>Projektnummer: 210991</p> | <p>Maßstab: unmaßstäblich</p> |
| | <p>GHB Consult GmbH N. Kampik, Dipl.-Geol. Moosstraße 7 82319 Starnberg Tel.: 08151 / 656 88 0 www.ghb-consult.de</p> | <p style="text-align: center;">GEO HYDRO BAU CONSULT</p> |
| <p>Bearbeiter: N. Kampik</p> | | |
| <p>Zeichner: I. Kralin</p> | | |
| <p>Datum: 07.12.2021</p> | | |
| <p>Anlage: 1.3</p> | | |



Zeichenerklärung

Bodengruppen / -klassen, z.B.:
 GW Bodengruppen nach DIN 18196
 3 Boden- und Felsklassen nach DIN 18300

- Probenahme und Grundwasser:
- Bodenprobe (GP=Glaspr., BP= Becherpr., KP = Kübelpr.)
 - Sonderprobe
 - ▽ Grundwasser angebohrt
 - ▼ Grundwasser nach Bohrende
 - ▾ Ruhewasserspiegel
- Bodenbeschaffenheit:
- ↘ nass
 - ↙ breiig
 - ⋮ weich
 - ⋮ steif
 - || halbfest
 - z klüfflig
 - ⋮ locker
 - ⋮ mitteldicht
 - ⋮ dicht
 - ⋮ sehr dicht

Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476-2

| | DPL | DPM | DPH |
|---------------------|----------|----------|----------|
| Spitzendurchmesser | 3,5 cm | 3,5 cm | 4,4 cm |
| Spitzenquerschnitt | 10,0 cm² | 10,0 cm² | 15,0 cm² |
| Gestängedurchmesser | 2,2 cm | 3,2 cm | 3,2 cm |
| Rammabgewicht | 10,0 kg | 30,0 kg | 50,0 kg |
| Falhöhe | 50,0 cm | 50,0 cm | 50,0 cm |

| | | | |
|-----------------|--|-------|------------|
| e | | | |
| d | | | |
| c | | | |
| b | | | |
| a | | | |
| IND. ÄNDERUNGEN | | DATUM | GEZEICHNET |

Auftraggeber: Hammersbach Immobilien GmbH
 Heuweg 56
 32312 Lübbecke

Projekt: **Neubau von 2 Mehrfamilienhäusern mit TG**
 Kreuzeckweg
 Fl.-Nr 507, Gmkg. Grainau
 82491 Grainau

Planbezeichnung: Geotechnisches Baugrundprofil A-A'

Projektnummer: 210991 | Maßstab: Höhe: 1:50
 Länge: unmaßstäblich

GHB Consult GmbH
 Dipl.-Geol. N. Kampik
 Moosstraße 7
 82319 Starnberg
 Tel.: 08151 / 656 88-0
 www.ghb-consult.de

**GEO
 HYDRO
 BAU
 CONSULT**

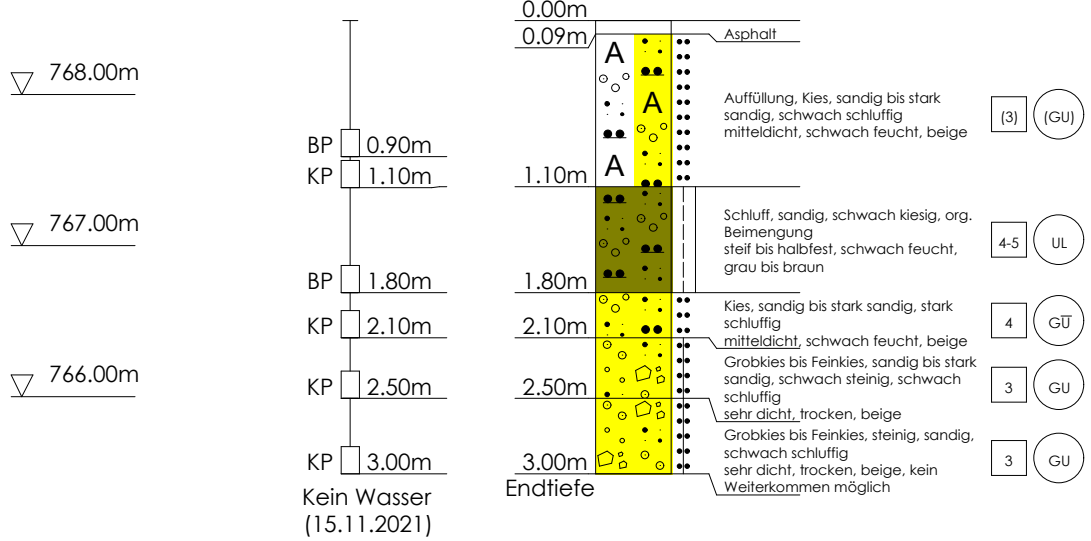
Bearbeiter: N. Kampik
 Zeichner: J. Kralina
 Datum: 18.11.2021
 Anlage: 2

| | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| GHB Consult GmbH | Projekt : Kreuzeckweg, Grainau |
| N. Kampik, Dipl.-Geol. | Projektnr. : 210991 |
| Moosstraße 7, 82319 Starnberg | Anlage : 3.1 |
| Tel: 08151/ 656 88 - 0 | Maßstab : 1: 50 |

Bohrprofil DIN 4023
DIN 4023

BS 1

Ansatzpunkt: 768.49 m NHN

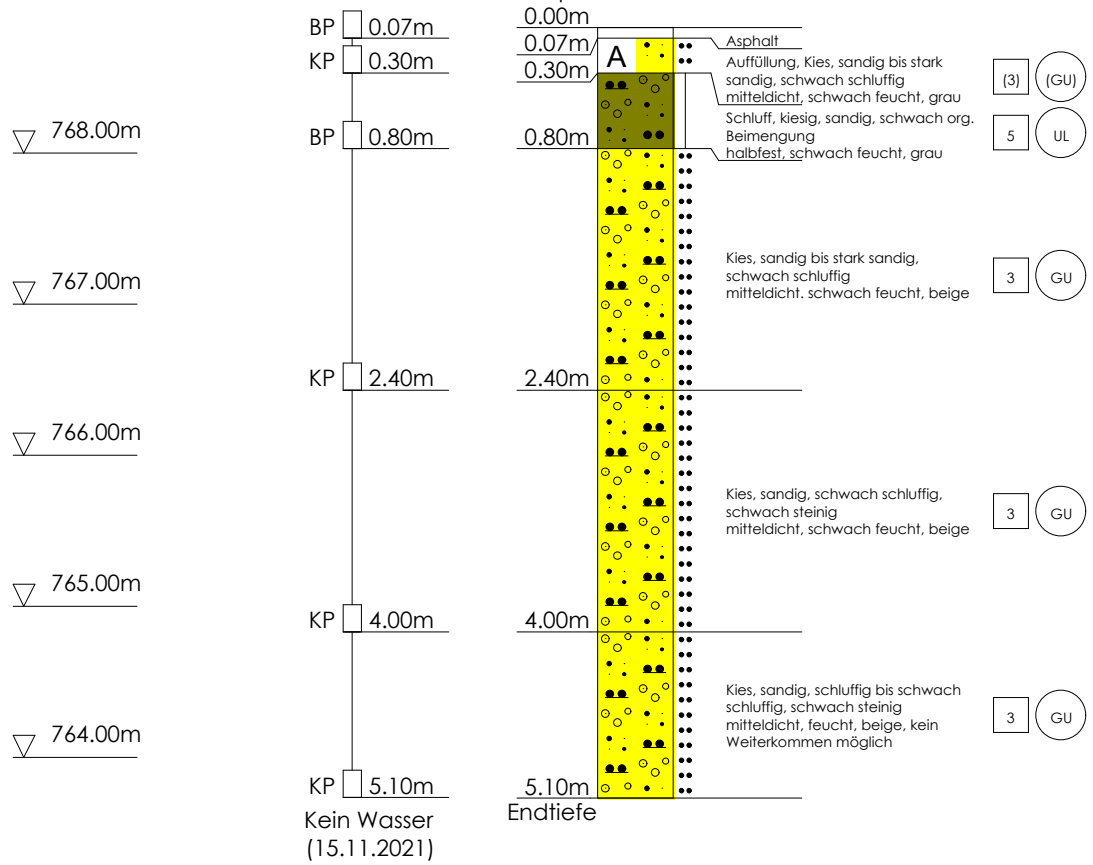


Bemerkungen:

| | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| GHB Consult GmbH | Projekt : Kreuzeckweg, Grainau |
| N. Kampik, Dipl.-Geol. | Projektnr. : 210991 |
| Moosstraße 7, 82319 Starnberg | Anlage : 3.2 |
| Tel: 08151/ 656 88 - 0 | Maßstab : 1: 50 |
| Bohrprofil DIN 4023 DIN 4023 | |

BS 2

Ansatzpunkt: 768.83 m NHN



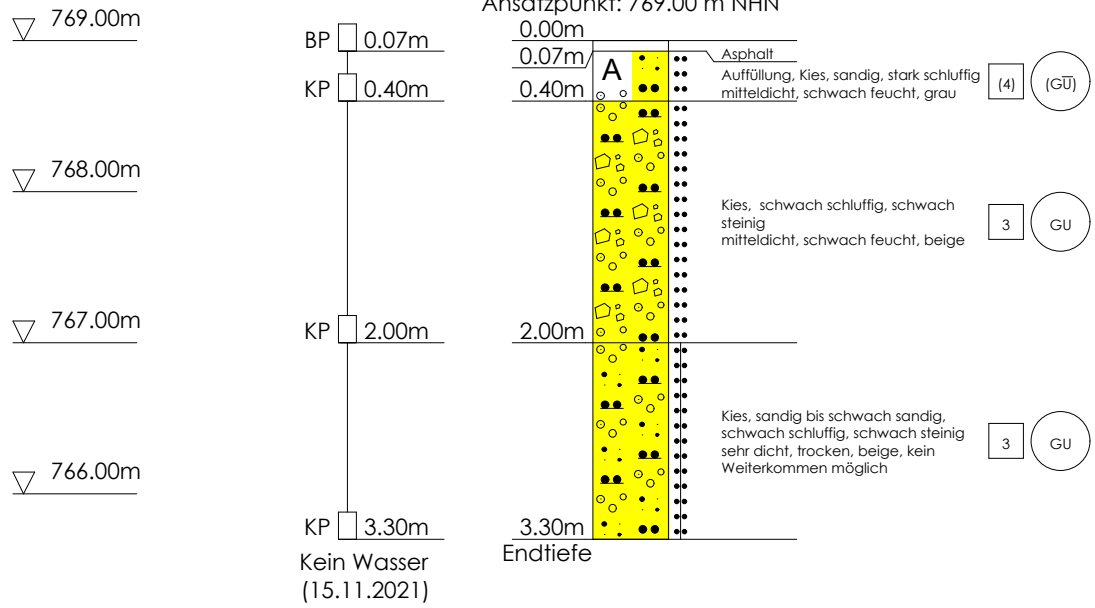
Bemerkungen:

| | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| GHB Consult GmbH | Projekt : Kreuzeckweg, Grainau |
| N. Kampik, Dipl.-Geol. | Projektnr. : 210991 |
| Moosstraße 7, 82319 Starnberg | Anlage : 3.3 |
| Tel: 08151/ 656 88 - 0 | Maßstab : 1: 50 |

Bohrprofil DIN 4023
DIN 4023

BS 3

Ansatzpunkt: 769.00 m NHN



Bemerkungen:

| | |
|---|--------------------------------|
| GHB Consult GmbH | Projekt : Kreuzeckweg, Grainau |
| N. Kampik, Dipl.-Geol. | Projektnr.: 210991 |
| Moosstraße 7, 82319 Starnberg | Anlage : 4.1 |
| Tel: 08151/ 656 88 - 0 | Datum: 15.11.2021 |
| Rammsondierung EN ISO 22476-2 FN ISO 22476-2 | Maßstab : 1: 50 |

| Tiefe | N ₁₀ |
|-------|-----------------|
| 0.10 | 5 |
| 0.20 | 6 |
| 0.30 | 13 |
| 0.40 | 9 |
| 0.50 | 3 |
| 0.60 | 3 |
| 0.70 | 2 |
| 0.80 | 3 |
| 0.90 | 3 |
| 1.00 | 1 |
| 1.10 | 2 |
| 1.20 | 1 |
| 1.30 | 2 |
| 1.40 | 3 |
| 1.50 | 7 |
| 1.60 | 8 |
| 1.70 | 10 |
| 1.80 | 2 |
| 1.90 | 1 |
| 2.00 | 0 |
| 2.10 | 1 |
| 2.20 | 0 |
| 2.30 | 0 |
| 2.40 | 2 |
| 2.50 | 0 |
| 2.60 | 0 |
| 2.70 | 0 |
| 2.80 | 0 |
| 2.90 | 1 |
| 3.00 | 1 |
| 3.10 | 18 |
| 3.20 | 21 |
| 3.30 | 19 |
| 3.40 | 22 |
| 3.50 | 35 |
| 3.60 | 26 |
| 3.70 | 27 |
| 3.80 | 30 |
| 3.90 | 51 |
| 4.00 | 56 |
| 4.10 | 65 |
| 4.20 | 71 |
| 4.30 | 76 |
| 4.40 | 100 |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

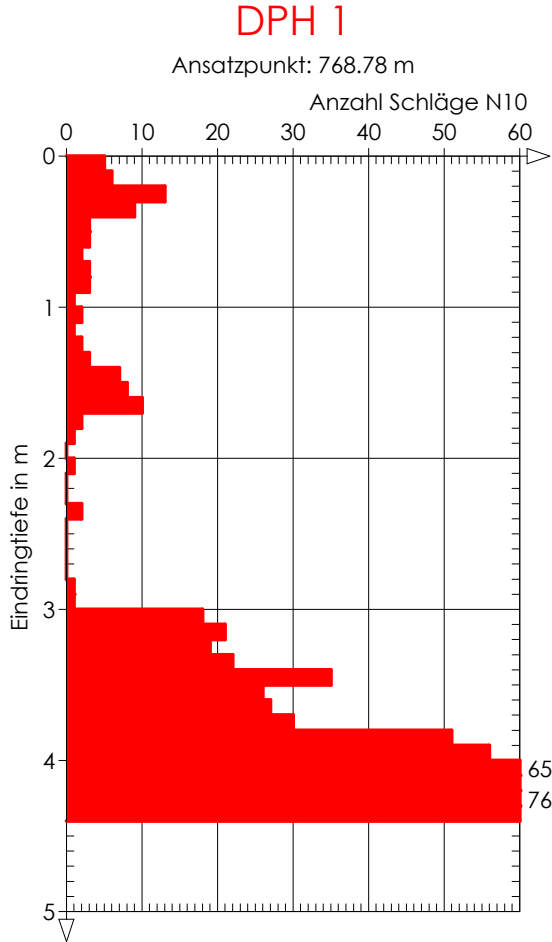
▽ 768.00m

▽ 767.00m

▽ 766.00m

▽ 765.00m

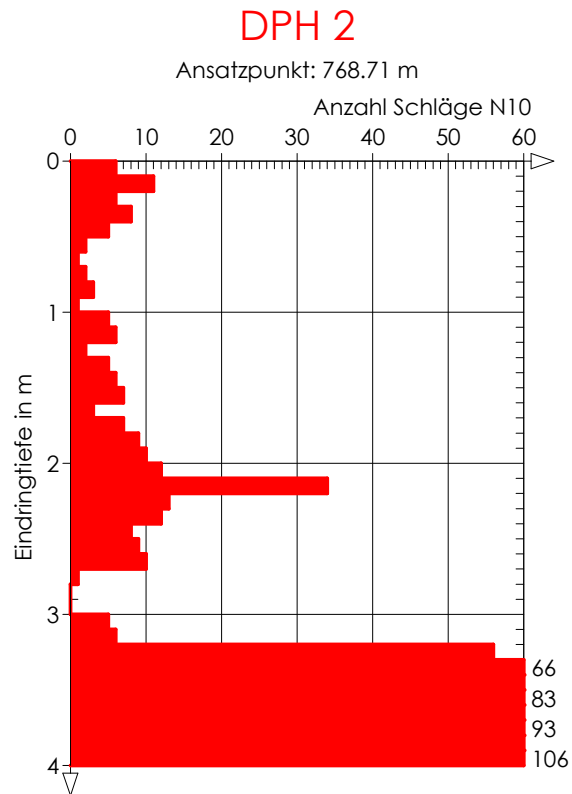
▽ 764.00m



Bemerkungen:

| | |
|---|--------------------------------|
| GHB Consult GmbH | Projekt : Kreuzeckweg, Grainau |
| N. Kampik, Dipl.-Geol. | Projektnr.: 210991 |
| Moosstraße 7, 82319 Starnberg | Anlage : 4.2 |
| Tel: 08151/ 656 88 - 0 | Datum: 15.11.2021 |
| Rammsondierung EN ISO 22476-2 FN ISO 22476-2 | Maßstab : 1: 50 |

| Tiefe | N ₁₀ |
|-------|-----------------|
| 0.10 | 6 |
| 0.20 | 11 |
| 0.30 | 6 |
| 0.40 | 8 |
| 0.50 | 5 |
| 0.60 | 2 |
| 0.70 | 1 |
| 0.80 | 2 |
| 0.90 | 3 |
| 1.00 | 1 |
| 1.10 | 5 |
| 1.20 | 6 |
| 1.30 | 2 |
| 1.40 | 5 |
| 1.50 | 6 |
| 1.60 | 7 |
| 1.70 | 3 |
| 1.80 | 7 |
| 1.90 | 9 |
| 2.00 | 10 |
| 2.10 | 12 |
| 2.20 | 34 |
| 2.30 | 13 |
| 2.40 | 12 |
| 2.50 | 8 |
| 2.60 | 9 |
| 2.70 | 10 |
| 2.80 | 1 |
| 2.90 | 0 |
| 3.00 | 0 |
| 3.10 | 5 |
| 3.20 | 6 |
| 3.30 | 56 |
| 3.40 | 66 |
| 3.50 | 78 |
| 3.60 | 83 |
| 3.70 | 89 |
| 3.80 | 93 |
| 3.90 | 102 |
| 4.00 | 106 |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |



▽ 768.00m

▽ 767.00m

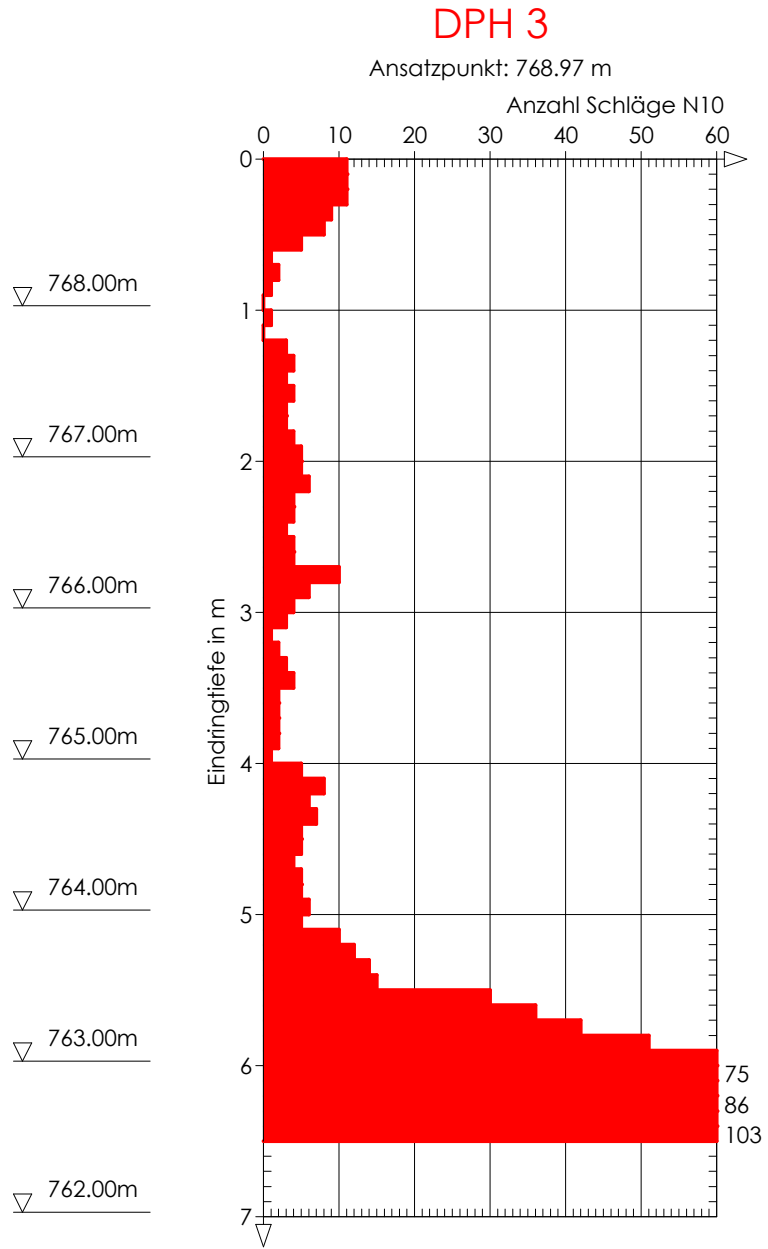
▽ 766.00m

▽ 765.00m

Bemerkungen:

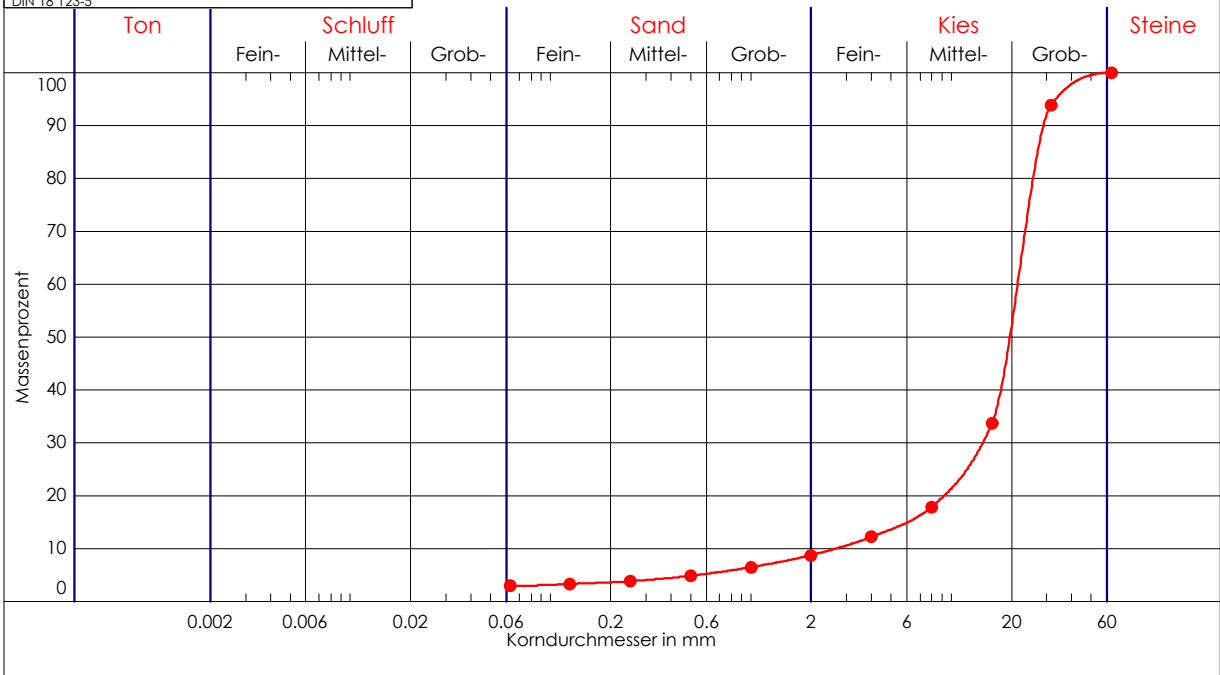
| | |
|---|--------------------------------|
| GHB Consult GmbH | Projekt : Kreuzeckweg, Grainau |
| N. Kampik, Dipl.-Geol. | Projektnr.: 210991 |
| Moosstraße 7, 82319 Starnberg | Anlage : 4.3 |
| Tel: 08151/ 656 88 - 0 | Datum: 15.11.2021 |
| Rammsondierung EN ISO 22476-2 EN ISO 22476-2 | Maßstab : 1: 50 |

| Tiefe | N ₁₀ | Tiefe | N ₁₀ |
|-------|-----------------|-------|-----------------|
| 0.10 | 11 | 5.10 | 5 |
| 0.20 | 11 | 5.20 | 10 |
| 0.30 | 11 | 5.30 | 12 |
| 0.40 | 9 | 5.40 | 14 |
| 0.50 | 8 | 5.50 | 15 |
| 0.60 | 5 | 5.60 | 30 |
| 0.70 | 1 | 5.70 | 36 |
| 0.80 | 2 | 5.80 | 42 |
| 0.90 | 1 | 5.90 | 51 |
| 1.00 | 0 | 6.00 | 60 |
| 1.10 | 1 | 6.10 | 75 |
| 1.20 | 0 | 6.20 | 81 |
| 1.30 | 3 | 6.30 | 86 |
| 1.40 | 4 | 6.40 | 93 |
| 1.50 | 3 | 6.50 | 103 |
| 1.60 | 4 | | |
| 1.70 | 3 | | |
| 1.80 | 3 | | |
| 1.90 | 4 | | |
| 2.00 | 5 | | |
| 2.10 | 5 | | |
| 2.20 | 6 | | |
| 2.30 | 4 | | |
| 2.40 | 4 | | |
| 2.50 | 3 | | |
| 2.60 | 4 | | |
| 2.70 | 4 | | |
| 2.80 | 10 | | |
| 2.90 | 6 | | |
| 3.00 | 4 | | |
| 3.10 | 3 | | |
| 3.20 | 1 | | |
| 3.30 | 2 | | |
| 3.40 | 3 | | |
| 3.50 | 4 | | |
| 3.60 | 2 | | |
| 3.70 | 2 | | |
| 3.80 | 2 | | |
| 3.90 | 2 | | |
| 4.00 | 1 | | |
| 4.10 | 5 | | |
| 4.20 | 8 | | |
| 4.30 | 6 | | |
| 4.40 | 7 | | |
| 4.50 | 5 | | |
| 4.60 | 5 | | |
| 4.70 | 4 | | |
| 4.80 | 5 | | |
| 4.90 | 5 | | |
| 5.00 | 6 | | |



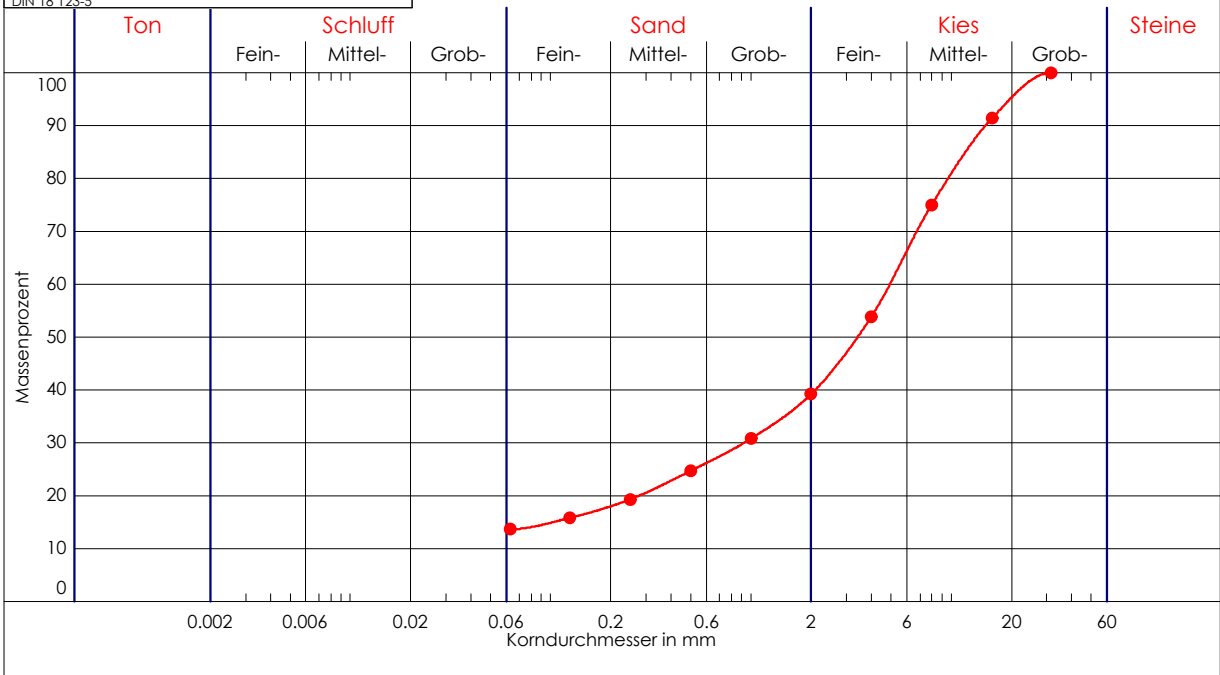
Bemerkungen:

| | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| GHB Consult GmbH | Projekt : Kreuzeckweg, Grainau |
| N.Kampik, Dipl.-Geol. | Projektnr.: 210991 |
| Moosstraße 7, 82319 Starnberg | Anlage: 5.1 |
| Tel: 08151 / 656 88-0 | Datum : 24.11.2021 |
| Kornverteilung DIN 18 123-5 | |



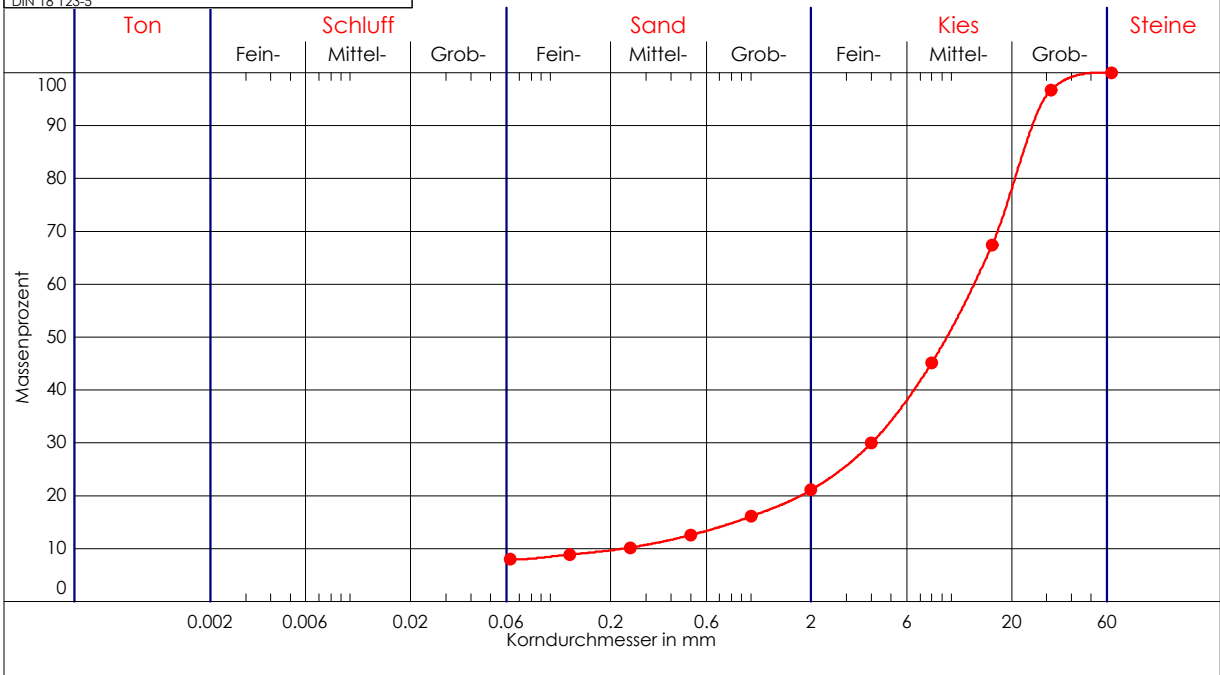
| | | | | |
|--------------------|--------------------|--|--|--|
| Entnahmestelle | BS 1 | | | |
| Entnahmetiefe | 2,5 - 3 m | | | |
| Labornummer | —●— BS 1 | | | |
| Ungleichförm. U | 8.1 | | | |
| Krümmungszahl | 3.6 | | | |
| d10 / d60 | 2.648/21.489 mm | | | |
| Anteil <0.063 mm | 3.0 % | | | |
| Frostempfindl.kl. | F1 | | | |
| Kornkennzahl | 0019 | | | |
| Kornfrakt. T/U/S/G | 0.0/3.0/5.8/91.2 % | | | |
| Bodenart | gG,m̄g,fg',s' | | | |
| Bodengruppe | GI | | | |
| Bodenklasse | 3 | | | |
| kf nach Beyer | 7.6E-02 m/s | | | |
| kf nach Kaubisch | - (0.063 ≤ 10%) | | | |
| kf nach Hazen | - (Cu > 5) | | | |
| kf nach Seiler | 1.0E-01 m/s | | | |
| kf nach USBR | - (d10 > 0.02) | | | |

| | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| GHB Consult GmbH | Projekt : Kreuzeckweg, Grainau |
| N.Kampik, Dipl.-Geol. | Projektnr.: 210991 |
| Moosstraße 7, 82319 Starnberg | Anlage: 5.2 |
| Tel: 08151 / 656 88-0 | Datum : 24.11.2021 |
| Kornverteilung DIN 18 123-5 | |



| | | | | |
|--------------------|----------------------|--|--|--|
| Entnahmestelle | BS 2 | | | |
| Entnahmetiefe | 2,4 - 4 m | | | |
| Labornummer | —●— BS 2 | | | |
| Ungleichförm. U | - | | | |
| Krümmungszahl | - | | | |
| d10 / d60 | - /4.946 mm | | | |
| Anteil <0.063 mm | 13.7 % | | | |
| Frostempfindl.kl. | F2 | | | |
| Kornkennzahl | 0136 | | | |
| Kornfrakt. T/U/S/G | 0.0/13.7/25.5/60.8 % | | | |
| Bodenart | fG,mg,u,gs',ms' | | | |
| Bodengruppe | GU | | | |
| Bodenklasse | 3 | | | |
| kf nach Beyer | - | | | |
| kf nach Kaubisch | 7.2E-06 m/s | | | |
| kf nach Hazen | - | | | |
| kf nach Seiler | - | | | |
| kf nach USBR | 1.9E-04 m/s | | | |

| | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| GHB Consult GmbH | Projekt : Kreuzeckweg, Grainau |
| N.Kampik, Dipl.-Geol. | Projektnr.: 210991 |
| Moosstraße 7, 82319 Starnberg | Anlage: 5.3 |
| Tel: 08151 / 656 88-0 | Datum : 24.11.2021 |
| Kornverteilung DIN 18 123-5 | |



| | | | | |
|--------------------|---------------------|--|--|--|
| Entnahmestelle | BS 3 | | | |
| Entnahmetiefe | 2 - 3,3 m | | | |
| Labornummer | —●— BS 3 | | | |
| Ungleichförm. U | 56.6 | | | |
| Krümmungszahl | 5.4 | | | |
| d10 / d60 | 0.230/13.018 mm | | | |
| Anteil <0.063 mm | 8.0 % | | | |
| Frostempfindl.kl. | F2 | | | |
| Kornkennzahl | 0118 | | | |
| Kornfrakt. T/U/S/G | 0.0/8.0/13.1/78.9 % | | | |
| Bodenart | mG,gg,fg,u',gs' | | | |
| Bodengruppe | GU | | | |
| Bodenklasse | 3 | | | |
| kf nach Beyer | - (Cu > 30) | | | |
| kf nach Kaubisch | - (0.063 ≤ 10%) | | | |
| kf nach Hazen | - (Cu > 5) | | | |
| kf nach Seiler | 1.8E-02 m/s | | | |
| kf nach USBR | - (d10 > 0.02) | | | |

Dr. Graner & Partner GmbH, Lochhausener Str. 205, 81249 München

GHB-Consult GmbH
Moosstraße 7

82319 Starnberg

München, 24.11.2021

Prüfbericht 2169346

Auftraggeber: GHB-Consult GmbH
Projektleiter: Herr Kralin
Auftragsnummer:
Auftraggeberprojekt: AZ 210991 Kreuzeckweg, Grainau
Probenahmedatum: 15.11.2021
Probenahmeort: Grainau
Probenahme durch: Herr Vogdt
Probengefäße: Kunststoff-Beutel
Eingang am: 18.11.2021
Zeitraum der Prüfung: 18.11.2021 - 24.11.2021
Prüfauftrag:

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf den Prüfgegenstand. Die in den zitierten Normen und Richtlinien angegebenen Messunsicherheiten werden eingehalten. Die aktuellen Ausgabestände der verwendeten Prüfverfahren können auf unserer Homepage (<https://www.labor-graner.de/qualitaetssicherung.html>) eingesehen werden. Unsachgemäße Probengefäße können zu Verfälschungen der Messwerte führen. Prüfergebnisse von Mischproben die unterhalb des Grenzwertes liegen, können trotzdem zu Grenzwertüberschreitungen von einer oder mehreren Teilproben führen. Um die Überprüfung des Grenzwertes sicher zu gewährleisten, wird angeraten, gemäß Prüfvorschrift die Einzelproben zu untersuchen. Mikrobiologisches Untersuchungsmaterial wird nach der Auswertung sofort vernichtet. Eine auszugsweise Vervielfältigung des Prüfberichtes ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Prüflaborleitung erlaubt.

Akkreditiertes Prüflabor nach DIN EN ISO 17025: 2018-03 · D-PL-18601-01-00

Arzneimittel, Lebensmittel, Kosmetika, Bedarfsgegenstände, Wasser, Boden, Luft, Medizinprodukte
Analytik, Entwicklung, Qualitätskontrolle, Beratung, Sachverständigengutachten, amtliche Gegenproben,
Mikrobiologie, Arzneimittelzulassung, Abgrenzungsfragen AMG/LFGB
Amtsgericht München Nr. 84402, Geschäftsführer: Alexander Hartmann
Bankverbindung: Genossenschaftsbank Aubing eG (BLZ 701 694 64) Kto.-Nr. 69922
BIC: GENODEFIM07, IBAN: DE30 7016 9464 0000 0699 22

Prüfbericht:

2169346

24.11.2021

| | | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|----------|----------|---------------|
| Probenbezeichnung: | BS 1 / 0-0,09 m | | | |
| Probenahmedatum: | 15.11.2021 | | | |
| Labornummer: | 2169346-001 | | | |
| Material: | Feststoff, Gesamtfraction | | | |
| | Gehalt | Einheit | Best.gr. | Verfahren |
| Trockenrückstand | 100 | % | | DIN EN 14346 |
| Naphthalin | u.d.B. | mg/kg TS | 0,01 | DIN ISO 18287 |
| Acenaphthylen | u.d.B. | mg/kg TS | 0,01 | |
| Acenaphthen | u.d.B. | mg/kg TS | 0,01 | |
| Fluoren | u.d.B. | mg/kg TS | 0,01 | |
| Phenanthren | 0,072 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Anthracen | u.d.B. | mg/kg TS | 0,01 | |
| Fluoranthren | 0,047 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Pyren | 0,062 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Benz(a)anthracen | 0,013 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Chrysen | 0,025 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Benzo(b)fluoranthren | 0,029 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Benzo(k)fluoranthren | 0,010 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Benzo(a)pyren | 0,020 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Indeno(123-cd)pyren | 0,016 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Dibenz(ah)anthracen | 0,015 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Benzo(ghi)perylene | 0,051 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Summe der 16 PAK nach EPA | 0,36 | mg/kg TS | | |
| Summe der 15 PAK ohne Naphthalin | 0,36 | mg/kg TS | | |



Prüfbericht: 2169346

24.11.2021

| | | | | |
|---|----------------------------------|---------|----------|------------------|
| Probenbezeichnung: | BS 1 / 0-0,09 m | | | |
| Probenahmedatum: | 15.11.2021 | | | |
| Labornummer: | 2169346-001 | | | |
| Material: | Feststoff, Gesamtfraktion | | | |
| | Gehalt | Einheit | Best.gr. | Verfahren |
| Bestimmungen im Eluat - (DIN EN 12457-4) | | | | |
| Phenolindex | u.d.B. | mg/l | 0,008 | DIN EN ISO 14402 |



Prüfbericht:

2169346

24.11.2021

| | | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|----------|----------|---------------|
| Probenbezeichnung: | BS 2 / 0-0,07 m | | | |
| Probenahmedatum: | 15.11.2021 | | | |
| Labornummer: | 2169346-002 | | | |
| Material: | Feststoff, Gesamtfraction | | | |
| | Gehalt | Einheit | Best.gr. | Verfahren |
| Trockenrückstand | 100 | % | | DIN EN 14346 |
| Naphthalin | 0,069 | mg/kg TS | 0,01 | DIN ISO 18287 |
| Acenaphthylen | u.d.B. | mg/kg TS | 0,01 | |
| Acenaphthen | 0,013 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Fluoren | 0,015 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Phenanthren | 0,072 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Anthracen | 0,030 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Fluoranthren | 0,12 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Pyren | 0,22 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Benz(a)anthracen | 0,043 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Chrysen | 0,056 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Benzo(b)fluoranthren | 0,18 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Benzo(k)fluoranthren | 0,056 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Benzo(a)pyren | 0,13 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Indeno(123-cd)pyren | 0,044 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Dibenz(ah)anthracen | 0,038 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Benzo(ghi)perylene | 0,13 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Summe der 16 PAK nach EPA | 1,22 | mg/kg TS | | |
| Summe der 15 PAK ohne Naphthalin | 1,15 | mg/kg TS | | |



Prüfbericht: 2169346

24.11.2021

| | | | | |
|---|----------------------------------|---------|----------|------------------|
| Probenbezeichnung: | BS 2 / 0-0,07 m | | | |
| Probenahmedatum: | 15.11.2021 | | | |
| Labornummer: | 2169346-002 | | | |
| Material: | Feststoff, Gesamtfraction | | | |
| | Gehalt | Einheit | Best.gr. | Verfahren |
| Bestimmungen im Eluat - (DIN EN 12457-4) | | | | |
| Phenolindex | u.d.B. | mg/l | 0,008 | DIN EN ISO 14402 |



Prüfbericht:

2169346

24.11.2021

| | | | | |
|----------------------------------|----------------------------------|----------|----------|---------------|
| Probenbezeichnung: | BS 3 / 0-0,07 m | | | |
| Probenahmedatum: | 15.11.2021 | | | |
| Labornummer: | 2169346-003 | | | |
| Material: | Feststoff, Gesamtfraction | | | |
| | Gehalt | Einheit | Best.gr. | Verfahren |
| Trockenrückstand | 100 | % | | DIN EN 14346 |
| Naphthalin | 0,036 | mg/kg TS | 0,01 | DIN ISO 18287 |
| Acenaphthylen | u.d.B. | mg/kg TS | 0,01 | |
| Acenaphthen | 0,53 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Fluoren | 0,89 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Phenanthren | 1,7 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Anthracen | 0,45 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Fluoranthren | 1,9 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Pyren | 1,4 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Benz(a)anthracen | 0,30 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Chrysen | 0,27 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Benzo(b)fluoranthren | 0,20 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Benzo(k)fluoranthren | 0,064 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Benzo(a)pyren | 0,10 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Indeno(123-cd)pyren | 0,038 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Dibenz(ah)anthracen | 0,037 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Benzo(ghi)perylene | 0,11 | mg/kg TS | 0,01 | |
| Summe der 16 PAK nach EPA | 8,03 | mg/kg TS | | |
| Summe der 15 PAK ohne Naphthalin | 7,99 | mg/kg TS | | |



Prüfbericht: 2169346

24.11.2021

| | | | | |
|---|----------------------------------|---------|----------|------------------|
| Probenbezeichnung: | BS 3 / 0-0,07 m | | | |
| Probenahmedatum: | 15.11.2021 | | | |
| Labornummer: | 2169346-003 | | | |
| Material: | Feststoff, Gesamtfraction | | | |
| | Gehalt | Einheit | Best.gr. | Verfahren |
| Bestimmungen im Eluat - (DIN EN 12457-4) | | | | |
| Phenolindex | u.d.B. | mg/l | 0,008 | DIN EN ISO 14402 |



Ergänzung zu Prüfbericht 2169346

Die Trockenrückstände der Proben wurden nicht bestimmt. Die Analyseergebnisse beziehen sich deshalb auf angenommene Trockensubstanzanteile von 100 %.



D. Kasper

Dr. D. Kasper, Leiter Umweltanalytik

Erläuterungen zu Abkürzungen:

KbE: Koloniebildende Einheiten
n.n.: nicht nachweisbar
u.d.B.: unter der Bestimmungsgrenze
Best.gr.: Bestimmungsgrenze
n.b.: nicht bestimmt

*Fremdvergabe
**Untervergabe

Untersuchungsbericht

zur

***Kampfmitteluntersuchung von Ansatzpunkten
BV Grainau, Kreuzeckweg***

| Auftrag | Bearbeitung |
|---|---|
| <u>Auftraggeber</u> GHB Consult GmbH Moosstraße 7 82319 Starnberg | Katrin Wirsching-Hepp M.Sc. Geologie Waldschmidtstraße 8b 82319 Starnberg Tel.: 0177 4649777 E-Mail: katrin.hepp@web.de |
| <u>Bauvorhaben</u> Grainau, Kreuzeckweg | Datum: 16.11.2021 |

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|---|
| Inhaltsverzeichnis..... | 2 |
| Angewandte Messverfahren: | 3 |
| Untersuchungen mittels Georadar: | 3 |
| Anlage 1 – Fotodokumentation 15.11.2021..... | 4 |

Im Auftrag der GHB Consult GmbH wurden zum Bauvorhaben Kreuzeckweg in Grainau Ansatzpunkte für Baugrundsondierungen untersucht.

Die Messungen fanden am 15.11.2021 statt. Die Lage der zu erkundenden Ansatzpunkte wurde vor Ort festgelegt und gekennzeichnet. Die Messungen dienten der Detektion möglicher Kampfmittel im Vorfeld der Eingriffe in den Untergrund. Die Sondierung umfasste:

- Sechs Ansatzpunkte für Baugrunduntersuchungen

Die Bereiche wurden mit Sprühfarbe im Gelände markiert. Nach Auswertung der Messergebnisse (i.d.R. Untersuchung mittels Georadar) sowie gegebenenfalls unter Einbezug ergänzender Untersuchungen mit weiteren Messverfahren (i.d.R. Geomagnetik) konnten an den Bereichen keine kampfmittelrelevanten Indikationen festgestellt werden.

Die Kampfmittelfreigabe kann somit für die im Feld festgelegten Ansatzpunkte erteilt werden.

Für weitere Rückfragen stehen wir Ihnen jederzeit zur Verfügung.

Starnberg, den 16.11.2021



Johannes Wirsching

Angewandte Messverfahren: Untersuchungen mittels Georadar:

Eine in der Geophysik häufige Aufgabenstellung ist die Ortung von unterirdischen Objekten (Blindgänger, Fässer, Kabel, Leitungen, Tunnel, Bunker, etc.) oder geologischen Strukturen (Hohlräume, Höhlen, Felsen, geologische Schichtwechsel, etc.). Das Radarverfahren wird als zerstörungsfreies Erkundungsverfahren in nahezu allen geologischen und baubezogenen Ingenieurwissenschaften zur Lösung spezieller Erkundungsprobleme eingesetzt. Durch geeignete Frequenzwahl des Sendesignals sind bei günstigen Umgebungsbedingungen Untersuchungen bis 20 m Bodentiefe möglich.

Das Georadar ist ein elektromagnetisches Reflexions-Verfahren, welches hochfrequente elektromagnetische Wellenimpulse über eine Sendeantenne senkrecht in den Untergrund abstrahlt. Durch Änderungen der elektromagnetischen Eigenschaften im Boden oder Bauwerk (Diskontinuitäten), verursacht z.B. durch geologische Schichtgrenzen bzw. Fremdkörpern (Leitungen, Altfundamente, etc.) werden Teile der Impulse reflektiert und an der Oberfläche mittels einer separaten Empfangsantenne aufgenommen. Aus der Messung der Laufzeiten kann bei Kenntnis der Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Welle im Untergrundmedium der Abstand zum Reflektor berechnet werden. Das Prinzip des Georadars ist in Abb. 1 dargestellt. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen ist dabei abhängig von Leitfähigkeit und Dielektrizität des untersuchten Mediums. Um präzise Tiefenangaben machen zu können kann ein Aufschluss an geeigneter Stelle hilfreich zur Eichung der Laufzeit der Signale sein. Änderungen der Signalcharakteristik erlauben zusätzlich Rückschlüsse auf die physikalischen Eigenschaften des durchstrahlten Mediums. Da die gewonnenen Rohdaten schwer interpretierbar sind, werden zur besseren Darstellung Verfahren der digitalen Signalverarbeitung angewendet, deren Ergebnis das Radargramm ist. Die Auswertung der Messergebnisse erfordert trotz aller Filtermethoden spezielle Erfahrung und sollte nur von Sachkundigen vorgenommen werden.

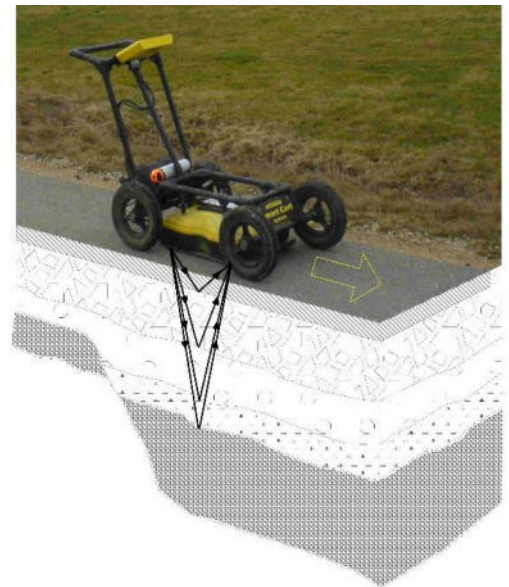


Abbildung 1: Bodenradargerät für kontinuierliche Messungen entlang von Profilen. Eingesetzte Antenne 250 MHz.

Je nach Aufgabenstellung verwenden wir Antennen in verschiedenen Frequenzbereichen zwischen 50 MHz und 1,2 GHz. Frequenzen zwischen 25 MHz und 200 MHz erreichen je nach physikalischer Beschaffenheit des durchstrahlten Mediums Eindringtiefen bis 10 m, bieten aber relativ schlechte Auflösung im oberflächennahen Bereich. Im Gegensatz dazu erreicht man mit höheren Frequenzen (450 MHz bis 2 GHz) eine sehr gute Objekt-Auflösung, wobei die Erkundungstiefe stark abnimmt. Die Auswahl der geeigneten Frequenz ist immer ein Kompromiss zwischen Auflösung und Eindringtiefe.

Anlage 1 – Fotodokumentation 15.11.2021

Untersuchung der Ansatzpunkte



Projekt: Kreuzeckweg, 82491 Grainau

Anlage: 8.1

Projektnr.: 210991

GHB Consult GmbH
N. Kampik, Dipl.-Geol.
Moosstraße 7
82319 Starnberg
Tel.: 08151 / 656 88 0
www.ghb-consult.de

**GEO
HYDRO
BAU
CONSULT**



Foto 1



Foto 2

Projekt: Kreuzeckweg, 82491 Grainau

Anlage: 8.2

Projektnr.: 210991

GHB Consult GmbH
N. Kampik, Dipl.-Geol.
Moosstraße 7
82319 Starnberg
Tel.: 08151 / 656 88 0
www.ghb-consult.de

**GEO
HYDRO
BAU
CONSULT**



Foto 3



Foto 4