

Hydrosond

Geologisches Büro
Bernhard Krauthausen

[Hydrosond](#) [Winnipeg Ave. B122 77836 Rheinmünster](#)

Gesellschaft für Stadterneuerung und Stadtentwicklung
Baden-Baden mbH
Pariser Ring 37
76532 Baden-Baden

- **Hydrogeologie**
Wassererschließung
Grundwassermodellierung
Schutzzonenausweisung
- **Ingenieurgeologie**
Baugrund - Gründungsberatung
Bohrtechnik und Brunnenbau
- **Umweltgeologie**
Altlasten - Deponien
Sanierungen - Rückbau
Geothermie
Regenwasserversickerung

Baugrunduntersuchungen BV. Wohnbebauung Hubertusstraße, Baden-Baden

Auftrags-Nr. : 15230

Datum : 26.01.2016

Verteiler : 1 x GSE mbH, Baden-Baden (pdf)

Büro Rheinmünster / Baden
Winnipeg Ave. B112
77836 Rheinmünster
Tel. 07229 / 697333
Fax 07229 / 697309

Büro Berg / Pfalz
Ludwigstraße 1
76768 Berg / Pfalz
Tel. 07273 / 4106
Fax 07273 / 1332

Bankverbindung
Sparkasse Kandel
BLZ 548 514 40
Konto 100 91 90
mail@hydrosond.de

INHALTSVERZEICHNIS

1. Anlass und Planungsgrundlage
2. Durchgeführte Untersuchungen
3. Verwendete Unterlagen
4. Baugrund
 - 4.1. Ergebnisse der Rammkernbohrungen BK 1 – BK 15
 - 4.2. Ergebnisse der Rammsondierungen mit der Schweren Rammsonde DPH 1 – DPH 4
 - 4.3. Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche
5. Grundwasser
6. Maßgebende Bodenkennwerte
7. Erdbeben
8. Gründungs- und Bauausführungsempfehlungen
9. Baugrubensicherungen
10. Grundwasserhaltung
11. Verkehrsflächen und Parkplätze
12. Allgemeine Empfehlungen

ANLAGENVERZEICHNIS

Anl. 1: Lageplan, ohne Maßstab

Anl. 2: Bohrprofile der Rammkernbohrungen BK 1 – BK 15

Anl. 3: Rammprotokolle der Rammsondierungen DPH 1 – DPH 4

Anl. 4: Ergebnisse der Laborversuche

1. Anlass und Planungsgrundlage

Die Gesellschaft für Stadterneuerung und Stadtentwicklung Baden-Baden mbH, Pariser Ring 37, 76532 Baden-Baden, plant eine Wohnbebauung mit 4 Reihenhäusern und 5 Mehrfamilienhäusern in 76532 Baden-Baden, Hubertusstraße, Flst.-Nr. 4498, 4500/5 und 4500/6.

Das Geologische Büro HYDROSOND, Rheinmünster, wurde von der Gesellschaft für Stadterneuerung und Stadtentwicklung Baden-Baden mbH mit der Durchführung einer Baugrunderkundung und der Erstellung des hiermit vorgelegten Gutachtens beauftragt. Dieser Bericht ist ausschließlich zur Verwendung durch den Auftraggeber bestimmt.

Bei derzeitigem Stand der Planung liegen keine Angaben über die Gründungsart, das Gründungsniveau und abzutragende Lasten der Gebäude vor.

2. Durchgeführte Untersuchungen

Zur Erkundung des Baugrundes wurden am 12.10.2015 und am 02.12.2015 im Bereich des geplanten Baufensters insgesamt 15 Rammkernbohrungen DN 80/60/50 (BK 1 - BK 15) bis in eine max. Tiefe von 5,0 m unter Geländeoberkante (GOK), und 4 Rammsondierungen (DPH 1 – DPH 4) bis in eine Tiefe von 6,0 m u. GOK niedergebracht. Im Bereich der geplanten Verkehrs- und Parkplatzflächen wurden 3 Rammkernbohrungen DN 60/50 (BK 13 - BK 15) bis in eine Tiefe von 1,0 m u. GOK niedergebracht.

Alle Bohr- und Rammsondieransatzpunkte wurden nach ihrer Lage und Höhe eingemessen (Anl. 1). Das Nivellement erfolgte auf einen Festpunkt (Kanaldeckel auf der Hubertusstraße), dessen Höhe mit 133,01 m+NN angegeben wurde.

Die ingenieurgeologisch aufgenommene Schichtenfolge des Untergrundes ist gemäß DIN 4022 und DIN 4023 beschrieben. Die Ergebnisse der Bohrungen sind im vorliegenden Bericht in Form von Bohrprofilen (Anl. 2) beigefügt.

3. Verwendete Unterlagen

Dem Untersuchungsbericht liegen folgende Unterlagen zugrunde:

- 3.01 Planunterlagen Fahle Stadtplaner Partnerschaft, Freiburg
- 3.02 MÖLLER, G. (2004): Geotechnik Praxis, Band 1: Bodenmechanik, 1. Aufl. Berlin (Bauwerk)
- 3.03 MÖLLER, G. (2012): Geotechnik kompakt, Band 2: Grundbau nach Eurocode 7, 4. Aufl., Berlin, Wien, Zürich (Beuth Verlag GmbH)
- 3.04 KEMPFERT, H.-G. & RAITHEL M. (2012): Geotechnik nach Eurocode, Band 1: Bodenmechanik, 3. Aufl., Berlin, Wien, Zürich (Beuth Verlag GmbH)
- 3.05 KEMPFERT, H.-G. & RAITHEL M. (2012): Geotechnik nach Eurocode, Band 2: Grundbau, 3. Aufl., Berlin, Wien, Zürich (Beuth Verlag GmbH)
- 3.06 PRINZ, H. (1997): Abriss der Ingenieurgeologie, Stuttgart (Enke)
- 3.07 SIMMER, K. (1999): Grundbau 1+2, 18. Aufl., Stuttgart (Teubner)
- 3.08 TÜRKE, H. (1999): Statik im Erdbau, Berlin (Ernst)
- 3.09 Einschlägige DIN-Normen, ZTVE-StB 09 und Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB).
- 3.10 Dörken, W. & Dehne, E. (2009) Grundbau in Beispielen Teil 1, 4. Aufl., Köln (Werner)
- 3.11 Dörken, W. & Dehne, E. (2007) Grundbau in Beispielen Teil 2, 4. Aufl., Köln (Werner)
- 3.12 Eigene Profile und Geländebegehungen

4. Baugrund

Das Baufenster liegt im Bereich der Oosbachtals. Oberflächennah ist mit fluviatilen Ablagerungen (Kiese, Sande, Schluffe, Tone und eventuell organische Einlagerungen) zu rechnen.

4.1. Ergebnisse der Rammkernbohrungen BK 1 - BK 15 (Anl. 2)

Zur Erkundung der geologischen Schichtenfolge und zur Gewinnung von gestörten Bodenproben wurden im geplanten Baufenster für die Gebäude und der Parkplatz- und Verkehrsflächen insgesamt 15 Rammkernbohrungen DN 80/60/50 (BK 1 - BK 15) bis in eine Tiefe von max. 5,0 m u. GOK niedergebracht.

Die Bohrprofile (Anl. 2) wurden vor Ort geologisch-bodenmechanisch angesprochen. Unter Bezug auf die Bohrprofile ergibt sich, dass der Baugrund im Bereich des Baufensters (BK 1 - BK 15), von der derzeitigen Geländeoberkante ausgehend, aus einer künstlichen Auffüllung sowie aus einer bindigen Deckschicht (Schluffe und Tone) in wechselnden Mächtigkeiten und darunter aus Sanden und Kiesen besteht.

Zusammengefasst lässt sich der Baugrund im Bereich des Baufensters in drei charakteristische Untergrundbereiche (von oben nach unten) unterteilen, die sich in ihrer Mächtigkeit, räumlichen Ausdehnung und Kornzusammensetzung unterscheiden:

- **Schicht 1: Auffüllung** (GOK bis ca. 0,3 / 2,1 m u. GOK)
- **Schicht 2: Schluffe und Tone** (ab ca. 0,3 / 2,1 m u. GOK bis ca. 2,5 / 4,5 m u. GOK)
- **Schicht 3: Sande und Kiese** (ab ca. 2,5 / 4,5 m u. GOK bis > 5,0 m u. GOK)

Schicht 1 [Auffüllung]:

In allen Bohrungen wurde ab GOK bis ca. 0,3 m bzw. 2,1 m u. GOK die braune, graue und schwarze, heterogen aufgebaute und locker bis sehr locker gelagerte, anthropogene Auffüllung der Schicht 1 angetroffen. Sie besteht aus sandigen und z.T. schluffigen Kiesen sowie aus sandigen und z.T. tonigen Schluffen mit steifer, steifer bis weicher und weicher Konsistenz. Z.T. sind in

der Schicht 1 Beimengungen von Fremdmaterial (Schlacke- und Ziegelreste, Kohle, Sandsteine und Betonbruchstücke) angetroffen worden. Die Mächtigkeit der Schicht 1 ist im Untersuchungsgebiet stark schwankend. Die Untergrenze der Schicht 1 wurde in der Bohrung BK 1 bei ca. 2,1 m und in der Bohrung BK 10 bei ca. 0,3 m u. GOK erbohrt.

Nach Augenschein gehören die Kiese der Schicht 1 mit einem Feinkornanteil < 5% nach DIN 18 196 zu den Bodengruppen GI und GW, nach DIN 18 300 zur Bodenklasse 3 (leicht lösbare Bodenarten) und nach ZTVE-StB 09 zur Frostempfindlichkeitsklasse F1 (nicht frostempfindlich). Die Schluffe der Schicht 1 lassen sich nach Augenschein nach DIN 18 196 den Bodengruppen UL und TL, nach DIN 18 300 der Bodenklasse 4 (mittelschwer lösbare Bodenarten) und nach ZTVE-StB 09 der Frostempfindlichkeitsklasse F3 (sehr frostempfindlich) zuordnen. Bei einem Anteil von mehr als 30 % Steinen ist die Schicht 1 der Bodenklasse 5 (schwer lösbare Bodenarten) zuzuordnen.

In der Bohrung BK 10 wurde ab GOK aufgefüllter Mutterboden mit weicher Konsistenz in einer Mächtigkeit von ca. 10 cm angetroffen. Nach DIN 18 196 gehört der Mutterboden zur Bodengruppe OU, nach DIN 18 300 zur Bodenklasse 1 (Oberboden) sowie nach ZTVE-StB 09 zur Frostempfindlichkeitsklasse F3 (sehr frostempfindlich).

Die Schicht 1 ist aufgrund ihres heterogenen Aufbaus, der lockeren bis sehr lockeren Lagerungsdichte und ihrer z.T. eingeschränkten Frostsicherheit sowie der damit verbundenen Setzungsempfindlichkeit bzw. den Risiken ungleichmäßiger Setzungen nicht für die Abtragung von Gebäudelasten geeignet.

Schicht 2 [Schluffe und Tone]:

In den Bohrungen BK 1 – BK 15 wurde ab ca. 0,3 m bzw. 2,1 m u. GOK bis ca. 2,5 m (BK 10) bzw. 4,5 m u. GOK (BK 2) die Schicht 2 in stark schwankender Mächtigkeit angetroffen. Sie besteht aus braunen und grauen, sandigen und z.T. tonigen Schluffen und stark schluffigen Tonen. Vereinzelt wurden innerhalb der Schicht 2 organische Beimengungen angetroffen. Die Schluffe und Tone weisen halbfeste, steife, steife bis weiche und weiche Konsistenz

auf und sind nach DIN 18 196 (Plastizitätsdiagramm mit Bodengruppen) den Bodengruppen UL (leichtplastische Schluffe) und TL (leichtplastische Tone) zuzuordnen. Nach DIN 18 300 gehören die Bodengruppen UL und TL bei weicher bis halbfester Konsistenz zur Bodenklasse 4 (mittelschwer lösbar Bodenarten) und nach ZTVE-StB 09 zur Frostempfindlichkeitsklasse F3 (sehr frostempfindlich).

Die Schluffe und Tone der Schicht 2 sind nicht frostsicher. Nur bei zumindest steifer Konsistenz ist die Schicht 2 als brauchbarer Baugrund zu bezeichnen; eine Lastabtragung wäre nur bei entsprechend geringer Bodenpressung möglich. Bei weicher Konsistenz der Schluffe und Tone ist die Schicht 2 nicht mehr zur Abtragung von Lasten geeignet bzw. eine Lastabtragung nur mit besonderen Maßnahmen möglich.

Schicht 3 [Sande und Kiese]:

Unter der Schicht 2 wurden den Bohrungen BK 1, BK 2, BK 4, BK 5, BK 6, BK 7, BK 8, BK 9, BK 10, BK 11 und BK 12 ab ca. 2,5 m bzw. 4,5 m u. GOK die braunen, grauen, locker und mitteldicht gelagerten Sande und Kiese der Schicht 3 mit wechselnden Feinkornanteilen bis zur Endtiefe der Bohrungen (> 3,0 m bzw. 5,0 m u. GOK) angetroffen. In den Bohrungen BK 3, BK 13, BK 14 und BK 15 wurde die OK der Schicht 3 nicht erreicht. Innerhalb der Schicht 3 wurden z.T. relativ geringmächtige (cm- bis dm-Bereich), linsenförmige Einschaltungen aus Schluff, Torf und Holz mit geringer lateraler Erstreckung angetroffen (BK 5, BK 6, BK 9 und BK 10).

Die Kiese mit einem Feinkornanteil < 5% sind nach DIN 18 196 den Bodengruppen Gl und GW zuzuordnen. Nach DIN 18 300 gehören die Bodengruppen Gl und GW zur Bodenklasse 3 (leicht lösbar Bodenarten) und nach ZTVE-StB 09 zur Frostempfindlichkeitsklasse F1 (nicht frostempfindlich).

Die Sand-Schluff Gemische und die Kies-Schluff-Gemische der Schicht 3 lassen sich nach Augenschein nach DIN 18 196 den Bodengruppen SU und GU (Feinkornanteil 5 bis 15 %) sowie S \bar{U} und G \bar{U} (Feinkornanteil 15 bis 40 %) zuordnen. Die Bodengruppen SU und GU gehören nach DIN 18 300 zur Bodenklasse 3 (leicht lösbar Bodenarten). Nach ZTVE-StB 09 lassen sich die Bodengruppen SU und GU der Frostempfindlichkeitsklasse F2 (gering bis

mittel frostempfindlich) zuordnen. Die Bodengruppen S \bar{U} und G \bar{U} gehören nach DIN 18 300 zur Bodenklasse 4 (mittelschwer lösbare Bodengruppen) und nach ZTVE-StB 09 zur Frostempfindlichkeitsklasse F3 (sehr frostempfindlich).

Die Schicht 3 ist allgemein als gut tragfähiger Baugrund zu bezeichnen und ist für die Abtragung von Lasten über eine Bodenplatte sowie über Einzel- und Streifenfundamente geeignet.

4.2. Ergebnisse der Rammsondierungen mit der Schweren Rammsonde (DPH 1 – DPH 4) (Anl. 3)

Zur Bestimmung der Lagerungsdichte der rolligen Bodenschichten (Sande und Kiese) wurden zusätzlich zu den Rammkernbohrungen vier Rammsondierungen (DPH 1 – DPH 4) mit der Schweren Rammsonde (DPH) bis in eine Tiefe von 6,0 m u. GOK niedergebracht. Die dabei erzielten Schlagzahlen n (Anzahl der Schläge je 10 cm Eindringtiefe des Gestänges) sind graphisch in der Anlage 3 dargestellt.

Eine Aussage über die Lagerungsdichte der oberflächennahen Schichten kann nicht getroffen werden. Denn nach DIN 4094 kann der oberste Meter nicht ausgewertet werden, weil bei Sondiertiefen ≤ 1 m der Eindringwiderstand auch bei gleicher Lagerungsdichte zur Geländeoberfläche hin stark abnimmt.

In der Rammsondierung DPH 1 sind die Sande und Kiese der Schicht 3 ab 4,3 m u. GOK bis in eine Tiefe von 5,8 m u. GOK mit Schlagzahlen überwiegend $n_{10} \geq 15$ unter Berücksichtigung des Grundwassereinflusses als mitteldicht gelagert einzustufen. Ab 5,8 m u. GOK bis zur Endtiefe der Rammsondierung bei 6,0 m u. GOK liegen die Schlagzahlen bei $n_{10} > 30$ und zeigen damit unter Berücksichtigung des Grundwassereinflusses eine dichte Lagerung der Kiese der Schicht 3. Größere Auslenkungen im Rammprofil können durch eingelagerte Steine verursacht sein.

In der Rammsondierung DPH 2 ist die Auffüllung der Schicht 1 ab 1,0 m u. GOK bis zur OK der Schicht 2 bei ca. 2,0 m u. GOK mit Schlagzahlen $n_{10} \leq 5$ als locker bis sehr locker gelagert einzustufen. Die ab 4,3 m u. GOK angetroffenen Sande und Kiese der Schicht 3 sind bis 5,7 m u. GOK mit Schlagzahlen überwiegend bei $n_{10} > 15$ unter Berücksichtigung des Grundwassereinflusses durch eine mitteldichte Lagerung gekennzeichnet. Ab 5,7 m u. GOK bis zur Endtiefe von 6,0 m u. GOK liegen die Schlagzahlen bei $n_{10} \leq 7$ und zeigen damit eine lockere Lagerung der Schicht 3.

In der Rammsondierung DPH 3 ist die Auffüllung der Schicht 1 ab 1,0 m u. GOK bis zur OK der Schicht 2 in einer Tiefe von ca. 1,7 m u. GOK mit Schlagzahlen $n_{10} \leq 4$ als sehr locker gelagert einzustufen. Ab 2,9 m u. GOK bis 4,5 m u. GOK sind die Sande und Kiese der Schicht 3 durch wechselnde Lagerungsdichten charakterisiert. Unter Berücksichtigung des Grundwassereinflusses ist die Schicht 3 in diesem Bereich bei Schlagzahlen $n_{10} \geq 9$ als mitteldicht gelagert und bei Schlagzahlen $n_{10} < 9$ als locker gelagert einzustufen. Ab 4,5 m u. GOK bis 5,6 m u. GOK liegen die Schlagzahlen bei $n_{10} \geq 11$ und zeigen damit unter Berücksichtigung des Grundwassereinflusses eine mitteldichte Lagerung der Schicht 3. Ab 5,6 m u. GOK bis zur Endtiefe bei 6,0 m u. GOK ist die Schicht 3 mit Schlagzahlen $n_{10} \leq 7$ als locker gelagert einzustufen.

In der Rammsondierung DPH 4 ist die Auffüllung der Schicht 1 ab 1,0 m u. GOK bis zur OK der Schicht 2 in einer Tiefe von ca. 1,7 m u. GOK mit Schlagzahlen $n_{10} \leq 2$ durch eine sehr lockere Lagerung gekennzeichnet. Ab 2,5 m u. GOK bis zur Endtiefe der Rammsondierung bei 6,0 m u. GOK weisen die Sande und Kiese der Schicht 3 abwechselnd lockere und mitteldichte Lagerung auf. Unter Berücksichtigung des Grundwassereinflusses ist die Schicht 3 in diesem Bereich bei Schlagzahlen $n_{10} \geq 9$ als mitteldicht gelagert und bei Schlagzahlen $n_{10} \leq 8$ als locker gelagert einzustufen.

4.3. Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Die Ergebnisse der bodenmechanischen Versuche an gestörten Bodenproben sind in der Anlage 4 aufgetragen und in der nachstehenden Tabelle 1 zusammengefasst:

Entnahmestelle	BK 1	BK 1
Prüfungs-Nr.	1.1	1.2
Entnahmetiefe [m]	2,7 – 4,2	4,3 – 5,0
Ansprache nach DIN 18196	TL	GI
Bodenklasse	4	3
Frostempfindlichkeitsklasse	F3	F1
Konsistenz nach Atterberg	weich	-
Wassergehalt [%]	23,1	-
k_f – Wert nach Beyer [m/s]	$2,6 \times 10^{-8}$	$5,4 \times 10^{-4}$

Tabelle 1: Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

5. Grundwasser

Der Grundwasserstand wurde am 12.10.2015 in der Bohrung BK 2 bei 3,30 m u. GOK (= 129,75 m+NN), in der Bohrung BK 4 bei 3,20 m u. GOK (= 129,67 m+NN), in der Bohrung BK 6 bei 3,05 m u. GOK (= 129,90 m+NN) und am 14.10.2015 in der Bohrung BK 7 bei 3,06 m u. GOK (= 129,96 m+NN) gemessen.

Am 02.12.2015 wurde der Grundwasserstand in der Bohrung BK 1 bei 3,03 m u. GOK (= 130,01 m+NN), in der Bohrung BK 10 bei 2,30 m u. GOK (= 130,34 m+NN) und in der Bohrung BK 11 bei 2,70 m+NN (= 130,48 m+NN) gelotet. Die Grundwasserstände stiegen in den Bohrlöchern an. Damit war die Grundwasseroberfläche zum Zeitpunkt der Untersuchung in den Bohrungen BK 1, BK 2, BK 4, BK 6, BK 7 und BK 10 gespannt.

In den Bohrungen BK 5, BK 9 und BK 12 war aufgrund der geringen Standfestigkeit der Bohrlöcher eine exakte Lotung der Grundwasserstände nicht möglich. Der Grundwasserspiegel lag aber zum Zeitpunkt der Untersuchung nach Augenschein aus der Durchfeuchtung des Bohrkernes abgeleitet in der Bohrung BK 3 bei ca. 3,5 m u. GOK, in der Bohrung BK 9 bei ca. 3,2 m u. GOK und in der Bohrung BK 12 bei ca. 2,5 m u. GOK.

Im Untersuchungsgebiet ist zumindest mit zeitweise bzw. lokal mit gespannten Grundwasserverhältnissen zu rechnen.

Der Boden im Untersuchungsgebiet ist im Bereich der Schluffe der **Schicht 2** allgemein je nach Kornverteilung als schwach durchlässig bis durchlässig einzustufen (Bodengruppen UL, TL). Im Bereich der **Schicht 3** sind die Kiese mit einem Feinanteil < 5% (Bodengruppen Gl, GW) als durchlässig bis stark durchlässig zu bewerten.

Liegt die Gründungssohle von unterkellerten Gebäuden nicht im Schwankungsbereich des Grundwassers, ist bei einer Gründung in wenig durchlässigen Böden ($k_f \leq 10^{-4}$ m/s) der **Schicht 2** mit Staunässe und Sickerwasser bzw. Schichtwasser aus den besser durchlässigen Einschaltungen innerhalb der bindigen Schichten zu rechnen. Daher sind erdberührte Bauteile und Bodenplatten nach DIN 18 195, Teil 6, gegen Lastfall: aufstauendes Sickerwasser, abzudichten.

Der Bemessungswasserstand (= langjährig ermittelter höchster Grundwasserstand + 30 cm Sicherheitszuschlag) darf bei diesem Lastfall 300 mm unter Unterkante Kellersohle nicht überschreiten.

Bei zusätzlichem Einbau einer dauerhaft funktionierenden Drainage nach DIN 4095 kann nach DIN 18 195, Teil 4, gegen Lastfall: nichtstauendes Sickerwasser, abgedichtet werden. Dabei sind anfallende Sickerwässer rückstaufrei abzuleiten.

Bei nicht unterkellerten Gebäuden kann es bei einer Aufschüttung mit wenig durchlässigem Boden ($k_f \leq 10^{-4}$ m/s) und ohne den Einbau einer Bauwerksdrainage nach DIN 4095 zur Bildung von Staunässe im Bereich der Gründungssohle

kommen. In diesem Fall sind erdberührte Bauteile und Bodenplatten nach DIN 18 195, Teil 6, gegen Lastfall: aufstauendes Sickerwasser, abzudichten.

Bei ausreichend hoher Gründung des Gebäudes über dem endgültigen Gelände ($\geq 0,3$ m) oder bei Einbau einer Bauwerksdrainage nach DIN 4095 kann nach DIN 18 195, Teil 4, gegen Lastfall: nichtstauendes Sickerwasser, abgedichtet werden.

Bei einer Lage der Gründungssohle der Gebäude im Schwankungsbereich des Grundwassers sind erdberührte Bauteile nach DIN 18 195, Teil 6, Lastfall: von außen drückendes Wasser (Grundwasser) abzudichten und gegen Auftrieb zu sichern. Eventuelle Grundwasserhaltungen sind während der Bauausführung vorzusehen.

Zur genaueren Überprüfung der Grundwasserstände und der Grundwasserschwankungen im Untersuchungsgebiet empfehlen wir längerfristige Messungen der Grundwasserstände über eine Grundwassermessstelle.

Im Zweifelsfall ist immer eine Abdichtung gegen drückendes Wasser vorzusehen.

6. Maßgebende Bodenkennwerte

Aus den Bohrprofilen und deren Interpolation ergeben sich zusammengefasst drei relevante Schichten, die sich in ihren Bodenkennwerten unterscheiden.

Für die Ausschreibung der Erdarbeiten und für die statischen Berechnungen kann von nachfolgenden Bodenkennwerten ausgegangen werden. Die Bodenkennwerte wurden nach DIN 1055 abgeleitet. Die genannten Bodenklassen nach DIN 18300 gelten nur für das Lösen bzw. für Aushubarbeiten.

Schicht 1

Auffüllung:

Bodengruppe	GI / GW
Bodenklasse	3 (leicht lösbare Bodenarten) 5 (schwer lösbare Bodenarten)
Frostklasse	F1 (nicht frostempfindlich)

Bodengruppe	UL / TL
Bodenklasse	4 (mittelschwer lösbar Bodenarten)
Frostklasse	F3 (sehr frostempfindlich)

Mutterboden:

Bodengruppe	OU
Bodenklasse	1 (Oberboden)
Frostklasse	F3 (sehr frostempfindlich)

Schicht 2

Schluffe mit steifer Konsistenz:

Bodengruppe	UL
Bodenklasse	4 (mittelschwer lösbar Bodenarten)
Frostklasse	F3 (sehr frostempfindlich)
Wichte γ [kN/m ³]	18,5 – 20,5
Wichte γ' [kN/m ³] u. Auftrieb	9,0 – 10,5
Kohäsion c' [kN/m ²]	2 – 5
Reibungswinkel φ' [°]	27,5 – 30,0
Steifemodul E_s [MN/m ²]	6 – 7
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	5×10^{-6} bis 10^{-8} (schwach durchlässig)

Schluffe mit weicher Konsistenz:

Bodengruppe	UL
Bodenklasse	4 (mittelschwer lösbar Bodenarten)
Frostklasse	F3 (sehr frostempfindlich)
Wichte γ [kN/m ³]	17,5 – 20,0
Wichte γ' [kN/m ³] u. Auftrieb	9,0 – 10,0
Kohäsion c' [kN/m ²]	0
Reibungswinkel φ' [°]	27,5
Steifemodul E_s [MN/m ²]	4 – 5

Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s] 10^{-5} bis 10^{-7} (durchlässig bis schwach durchlässig)

Tone mit steifer Konsistenz:

Bodengruppe	TL
Bodenklasse	4 (mittelschwer lösbar Bodenarten)
Frostklasse	F3 (sehr frostempfindlich)
Wichte γ [kN/m ³]	19,0 – 21,0
Wichte γ' [kN/m ³] u. Auftrieb	9,5 – 11,0
Kohäsion c' [kN/m ²]	5 – 15
Reibungswinkel φ' [°]	27,5
Steifemodul E_s [MN/m ²]	2 – 5
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	10^{-7} bis 10^{-9} (schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig)

Tone mit weicher Konsistenz:

Bodengruppe	TL
Bodenklasse	4 (mittelschwer lösbar Bodenarten)
Frostklasse	F3 (sehr frostempfindlich)
Wichte γ [kN/m ³]	19,0 – 20,0
Wichte γ' [kN/m ³] u. Auftrieb	9,0 – 10,0
Kohäsion c' [kN/m ²]	0 – 5
Reibungswinkel φ' [°]	22,5 – 27,5
Steifemodul E_s [MN/m ²]	1,0 – 2,5
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	10^{-7} bis 10^{-9} (schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig)

Schicht 3

Schwach schluffige Sande:

Bodengruppe	SU
-------------	----

Bodenklasse	3 (leicht lösbar Bodenarten)
Frostklasse	F2 (gering bis mittel frostempfindlich)
Wichte γ [kN/m ³]	18,0 – 20,0
Wichte γ' [kN/m ³] u. Auftrieb	10,0 – 12,0
Kohäsion c' [kN/m ²]	0
Reibungswinkel φ' [°]	30,0 – 32,5
Steifemodul E_s [MN/m ²]	40
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	2×10^{-5} bis 5×10^{-7} (durchlässig bis schwach durchlässig)

Schluffige Sande:

Bodengruppe	SÜ
Bodenklasse	4 (mittelschwer lösbar Bodenarten)
Frostklasse	F3 (sehr frostempfindlich)
Wichte γ [kN/m ³]	18,0 – 21,5
Wichte γ' [kN/m ³] u. Auftrieb	10,0 – 11,5
Kohäsion c' [kN/m ²]	0
Reibungswinkel φ' [°]	27,5 – 30,0
Steifemodul E_s [MN/m ²]	20
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	2×10^{-6} bis 1×10^{-8} (durchlässig bis schwach durchlässig)

Schwach schluffige Kiese:

Bodengruppe	GU
Bodenklasse	3 (leicht lösbar Bodenarten)
Frostklasse	F2 (gering bis mittel frostempfindlich)
Wichte γ [kN/m ³] erdfeucht	19,0 – 21,0
Wichte γ' [kN/m ³] u. Auftrieb	11,0 – 12,0
Kohäsion c' [kN/m ²]	0
Reibungswinkel φ' [°]	32,5 – 35,0
Steifemodul E_s [MN/m ²]	80
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	10^{-4} bis 10^{-7} (durchlässig bis schwach durchlässig)

Schluffige Kiese:

Bodengruppe	GÜ
Bodenklasse	4 (mittelschwer lösbbare Bodenarten)
Frostklasse	F3 (sehr frostepfindlich)
Wichte γ [kN/m ³] erdfeucht	18,0 – 21,0
Wichte γ' [kN/m ³] u. Auftrieb	10,5 – 11,0
Kohäsion c' [kN/m ²]	0
Reibungswinkel φ' [°]	30,0 – 32,5
Steifemodul E_s [MN/m ²]	30
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	5×10^{-5} bis 10^{-8} (durchlässig bis schwach durchlässig)

Intermittierend gestufte und weitgestufte Kiese:

Bodengruppe	GI / GW
Bodenklasse	3 (leicht lösbbare Bodenarten)
Frostklasse	F1 (nicht frostepfindlich)
Wichte γ [kN/m ³]	19,0 – 20,0
Wichte γ' [kN/m ³] u. Auftrieb	11,0 – 12,0
Kohäsion c' [kN/m ²]	0
Reibungswinkel φ' [°]	32,5 – 37,5
Steifemodul E_s [MN/m ²]	80 – 150
Durchlässigkeitsbeiwert k_f [m/s]	10^{-2} bis 10^{-6} (stark durchlässig bis durchlässig)

Bei der Ermittlung der bodenmechanischen Kennwerte wurde von einer mitteldichten Lagerung ausgegangen. Die Durchlässigkeitsbeiwerte wurden nach Erfahrungswerten abgeschätzt.

7. Erdbeben

Das Baugelände befindet sich nach DIN 4149, 2005-04 und der darin enthaltenen Karte der Erdbebenzonen im Bereich der **Erdbebenzone 1**.

Der Einfluss der örtlichen geologischen Untergrundverhältnisse auf die Erdbeben-
einwirkung ist durch drei Untergrundklassen **R**, **T** und **S** zu berücksichtigen. Nach
DIN 4149, 2005-04, Bild 3, liegt das Baufenster in der **Untergrundklasse R**.

Nach den Untersuchungen ist der Baugrund im Bereich des Baufensters der
Baugrundklasse C zuzuordnen.

Der Bemessungswert der Bodenbeschleunigung ist mit **0,4 m/s²** anzusetzen.
Nach DIN 4149: 2005-04 liegen die dominierenden Scherwellengeschwindigkeiten
etwa zwischen **150 m/s und 350 m/s**.

8. Gründungs- und Bauausführungsempfehlungen

Bei derzeitigem Stand der Planung liegen keine Angaben über die Gründungsart,
das Gründungsniveau und abzutragende Lasten der Gebäude vor.

Gebäude A:

Die geplanten Reihenhäuser (Gebäude A) liegen im Bereich der Bohrungen BK 1
und BK 2. In den Bohrungen BK 1 und BK 2 wurde ab GOK bis ca. 2,1 m bzw.
0,7 m u. GOK die künstliche Auffüllung der **Schicht 1** angetroffen. Die **Schicht 1**
ist aufgrund ihres heterogenen Aufbaus, der lockeren Lagerungsdichte und der
weichen Konsistenz der Schluffe nicht zur Abtragung von Lasten geeignet. Die
unter der **Schicht 1** erbohrten Schluffe der **Schicht 2** wurden in der Bohrung BK 1
bis ca. 4,2 m u. GOK und in der Bohrung BK 2 bis ca. 4,3 m u. GOK angetroffen.
Aufgrund der überwiegend weichen Konsistenz der Schluffe, ist die **Schicht 2** als
nicht mehr tragfähig einzustufen und daher ohne besondere Maßnahmen (z.B.
Bodenaustausch, Bodenverbesserung) nicht mehr als geeignet zur Abtragung von
Lasten einzustufen. Ab ca. 4,2 m bzw. 4,3 m u. GOK bis zur Endtiefe der Bohrun-
gen bei 5,0 m u. GOK wurden die als tragfähig einzustufenden Sande und Kiese
der **Schicht 3** erbohrt.

Gebäude B:

Das geplante Mehrfamilienhaus Gebäude B liegt im Bereich der Bohrungen BK 3, BK 4 und BK 5. Ab GOK bis ca. 1,25 m (BK 3) bzw. 2,0 m u. GOK (BK 4) wurde in diesem Bereich die als nicht tragfähig einzustufende künstliche Auffüllung der **Schicht 1** erbohrt. Unter der Schicht 1 wurden in den Bohrungen BK 3, BK 4 und BK 5 bis in eine Tiefe von ca. 3,5 m (BK 5) bzw. 3,9 m u. GOK (BK 4) die Schluffe der **Schicht 2** angetroffen. Aufgrund der z.T. steifen bis weichen Konsistenz der Schluffe, ist die **Schicht 2** als nicht mehr geeignet zur Abtragung von Gebäudelasten einzustufen. Die OK der als tragfähig einzustufenden Sande und Kiese der **Schicht 3** wurde in der Bohrung BK 4 bei ca. 3,9 m und in der Bohrung BK 5 bei ca. 3,5 m u. GOK erbohrt. In der Bohrung BK 3 wurde die OK der **Schicht 3** bis zur Endtiefe bei 3,0 m u. GOK nicht angetroffen.

Gebäude C:

Im Bereich des geplanten Mehrfamilienwohnhauses Gebäude C liegen die Bohrungen BK 4 und BK 6. In der Bohrung BK 4 wurde ab GOK bis ca. 2,0 m u. GOK und in der Bohrung BK 6 ab GOK bis ca. 1,8 m u. GOK die nicht tragfähige, künstliche Auffüllung der **Schicht 1** angetroffen. Unter der **Schicht 1** wurden in den Bohrungen BK 4 und BK 6 die nur eingeschränkt tragfähigen Schluffe und Tone der **Schicht 2** mit steifer und steifer bis weicher Konsistenz bis zur OK der als tragfähig einzustufenden Sande und Kiese der **Schicht 3** bei 3,7 m bzw. 3,9 m u. GOK erbohrt.

Gebäude D:

Im Baufensterbereich des geplanten Mehrfamilienwohnhauses Gebäude D wurden die Bohrungen BK 7, BK 8 und BK 9 niedergebracht. In allen Bohrungen wurde ab GOK die als nicht tragfähig einzustufende Auffüllung der **Schicht 1** erbohrt. Die OK der Schluffe und Tone der **Schicht 2** wurde in der Bohrung BK 7 bei ca. 1,8 m, in der Bohrung BK 8 bei ca. 1,7 m und in der Bohrung BK 9 bei ca. 1,8 m u. GOK angetroffen. In den Bohrungen BK 7 – BK 9 weisen die Schluffe und

Tone der **Schicht 2** überwiegend steife sowie steife bis halfeste Konsistenz auf und sind damit als bedingt tragfähig einzustufen. Ab ca. 2,6 m (BK 7, BK 9) bzw. 2,85 m u. GOK bis zur Endtiefe bei max. 5,0 m u. GOK wurden die tragfähigen Sande und Kiese der **Schicht 3** angetroffen.

Gebäude E:

Die Rammkernbohrung BK 10 wurde im Bereich des geplanten Mehrfamilienwohnhauses Gebäude E niedergebracht. Ab GOK bis ca. 0,3 m u. GOK wurde die nicht tragfähige, künstliche Auffüllung der **Schicht 1** erbohrt. Ab ca. 0,3 m bis ca. 2,5 m u. GOK wurden in der Bohrung BK 10 die Schluffe der **Schicht 2** mit steifer und steifer bis weicher Konsistenz angetroffen. Bei weicher Konsistenz der Schluffe ist die **Schicht 2** nicht mehr als tragfähig einzustufen. Die als tragfähig einzustufenden Kiese der Schicht 3 wurden in der Bohrung BK 10 ab ca. 2,5 m u. GOK bis zur Endtiefe der Bohrung bei 5,0 m u. GOK erbohrt.

Gebäude F:

Das geplante Mehrfamilienhaus Gebäude F liegt im Bereich der Bohrungen BK 11 und BK 12. In den Bohrungen BK 11 und BK 12 wurde ab GOK bis ca. 0,5 m (BK 12) bzw. 1,7 m u. GOK (BK 12) die als nicht tragfähig einzustufende, künstliche Auffüllung der **Schicht 1** angetroffen. Die unter der **Schicht 1** erbohrten Schluffe der **Schicht 2** wurden in den Bohrungen BK 11 und BK 12 bis ca. 2,5 m bzw. 2,6 m u. GOK angetroffen. Die Schluffe der **Schicht 2** weisen in den Bohrungen nach Augenschein durchgehend steife Konsistenz auf und sind damit als bedingt tragfähig einzustufen. Ab ca. 2,5 m bzw. 2,6 m u. GOK bis zur Endtiefe der Bohrungen bei 5,0 m u. GOK wurden die als tragfähig einzustufenden Kiese der **Schicht 3** erbohrt.

Gründung auf Einzel- und Streifenfundamenten:

Die künstliche Auffüllung der **Schicht 1** ist aufgrund ihres heterogenen Aufbaus, der lockeren bis sehr lockeren Lagerungsdichte und der z.T. weichen Konsistenz der Schluffe sowie der damit verbundenen Setzungsempfindlichkeit bzw. den Risiken ungleichmäßiger Setzungen nicht zur Abtragung von Lasten geeignet. Die Schluffe und Tone der **Schicht 2** sind nur bei mindestens steifer Konsistenz als tragfähig einzustufen.

Bei einer Gründung der Gebäude auf Einzel- und Streifenfundamenten empfehlen wir daher die Gebäudelasten zur Vermeidung von bauwerksschädigenden Setzungen bzw. Setzungsdifferenzen bis zur OK der als gut tragfähig einzustufenden Sande und Kiese der **Schicht 3** tiefer zu führen. Dafür wäre ab UK der Fundamente bis zur OK der **Schicht 3** das Einbringen von Gründungspfeilern (z.B. Schachtringe mit Magerbetonfüllung) erforderlich.

Bei einer Fundamenttieferführung mit Gründungspfeilern kann der Lastausbreitungswinkel unberücksichtigt bleiben und die rechnerische Einbindetiefe der Fundamente kann erhöht werden. Aufgrund der größeren Einbindetiefe vergrößern sich die aufnehmbaren Sohlspannungen der Fundamente. Bei einer Ausbildung der Wände als lastübertragende Scheiben können Streifenlasten punktuell tiefer geführt werden. Der Aushub und die Verfüllung kann dabei abschnittsweise erfolgen.

Eine frostsichere Gründung der Fundamente $\geq 0,80$ m unter dem endgültigen Gelände ist zu gewährleisten.

Bei einer Gründung in den Sanden und Kiesen der **Schicht 3** können für vertikal belastete Streifenfundamente nach EC 7-1 (2011) und DIN 1054:2010, Tabelle A 6.2, folgende Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ zugrunde gelegt werden (Bemessungssituation BS-P):

Tabelle A 6.2 — Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands für Streifenfundamente auf nichtbindigem Boden auf der Grundlage einer ausreichenden Grundbruchsicherheit und einer Begrenzung der Setzungen mit den Voraussetzungen nach Tabelle A 6.3

Kleinste Einbindetiefe des Fundaments m	Bemessungswerte $\sigma_{R,d}$ des Sohlwiderstands kN/m ² b bzw. b'					
	0,50 m	1,00 m	1,50 m	2,00 m	2,50 m	3,00 m
	0,50	280	420	460	390	350
1,00	380	520	500	430	380	340
1,50	480	620	550	480	410	360
2,00	560	700	590	500	430	390
bei Bauwerken mit Einbindetiefen $0,30 \text{ m} \leq d \leq 0,50 \text{ m}$ und mit Fundamentbreiten b bzw. $b' \geq 0,30 \text{ m}$	210					
ACHTUNG — Die angegebenen Werte sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.						

Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ nach EC 7-1 (2011) Tabelle A 6.2 gilt für den Fall, dass der Abstand zwischen Grundwasserspiegel und Gründungssohle mindestens so groß ist, wie die maßgebende Fundamentbreite b bzw. b' . Liegt der Grundwasserspiegel im Bereich der Gründungssohlen der Streifenfundamente müssen die Bemessungswerte des Sohlwiderstandes $\sigma_{R,d}$ nach EC 7-1 (2011) Tabelle A 6.2 um 40% verringert werden. Dabei muss die maßgebende Einbindetiefe größer als 0,80 m sein und außerdem größer als die Fundamentbreite b . Zwischenwerte dürfen in Abhängigkeit von der maßgebenden GW-Spiegelhöhe geradlinig interpoliert werden.

Sofern diese Voraussetzungen nicht erfüllt sind, müssen die Grenzzustände der Tragfähigkeit (ULS) und der Gebrauchstauglichkeit (SLS) nach EC 7-1 (2011) nachgewiesen werden.

Bei den auf Grundlage der Tabelle A 6.2 bemessenen Fundamenten können bei mittlerer Belastung bei Fundamentbreiten bis 1,50 m ohne Berücksichtigung einer gegenseitigen Beeinflussung Setzungen in einer Größenordnung bis ca. 1,0 cm und bei breiteren Fundamenten bis ca. 2,0 cm auftreten. Es ist ggf. zu prüfen, ob mögliche Setzungsdifferenzen durch das Bauwerk schadensfrei aufgenommen werden können.

Gründung auf einer Bodenplatte:

Die künstliche Auffüllung der **Schicht 1** ist aufgrund ihrer Setzungsempfindlichkeit nicht zur Abtragung von Gebäudelasten geeignet. Bei einer Lage der Gründungssohle im Bereich der **Schicht 1**, ist diese zur Vermeidung von gebäudeschädigenden Setzungsdifferenzen vollständig bis zur OK der **Schicht 2** auszuheben und mit einer tragfähigen Aufschüttung aus frostsicherem, durchlässigem und wasserfestem Material zu ersetzen (Bodenaustausch).

Die Schluffe und Tone der **Schicht 2** sind nur bei mind. steifer Konsistenz zur Abtragung von Lasten geeignet. Sollten im Bereich der Gründungssohle Schluffe und Tone mit weicher Konsistenz angetroffen werden, sind diese nicht mehr als tragfähig einzustufen und daher vollständig bis zur OK der als tragfähig einzustufenden Sande und Kiese der **Schicht 3** auszuheben mit einer tragfähigen Aufschüttung aus frostsicherem, durchlässigem und wasserfestem Material zu ersetzen (Bodenaustausch).

Bei Schluffen der **Schicht 2** mit weicher Konsistenz in größerer Mächtigkeit unterhalb der Gründungssohle kann zur Reduzierung von Setzungen und bauwerksschädigenden Setzungsdifferenzen zudem ein Teilbodenaustausch mit Einbau eines Gründungspolsters $d \geq 0,6$ m in Betracht gezogen werden. Es wäre ggf. mittels Setzungsberechnungen zu prüfen, ob mögliche Setzungsdifferenzen durch das Bauwerk schadensfrei aufgenommen werden können.

Bei Antreffen von Schluffen und Tonen der **Schicht 2** mit weicher Konsistenz im Bereich der Aushubsohle für den Bodenaustausch, wäre zudem eine Stabilisierung der Baugrubensohle erforderlich. Hierbei werden ca. 30 cm grober Bruchschotter oder Recyclingmaterial (z.B. Körnung 50/120) in die Baugrube eingebracht. Das Material darf nicht eingerüttelt bzw. verdichtet werden, da aufgrund der Vibration bzw. der dynamischen Belastung die Tragfähigkeit des Bodens herabgesetzt würde. Die Baugrubensohle darf in diesem Falle nicht befahren werden. Das neu aufgebrachte Schottermaterial ist zu walzen bzw. mit einer Baggerschaufel einzudrücken und zu verfestigen.

Darüber sollte Schotter oder Recyclingmaterial für den Bodenaustausch eingebracht werden und mittels Rüttelplatte auf nachweislich $D_{Pr} = 100$ % Proctordichte verdichtet werden. Zur Erhöhung der Stabilität und der Tragfähigkeit kann der

Einbau eines geeigneten Geotextils zwischen dem gewachsenen Boden und der Bodenaustauschschicht vorgesehen werden. Bei der Verdichtung des Bodenaustauschpolsters ist darauf zu achten, dass die Verdichtung nicht tiefer reicht als das eingebrachte Material, um eine erneute Auflockerung der Baugrubensohle zu vermeiden.

Bei der Bemessung eines Bodenaustausches unter der Bodenplatte ist ein Lastausbreitungswinkel von 45° ab Fundamentaußenkante zu berücksichtigen. Bei einer nachgewiesenen Verdichtung von $D_{Pr} \geq 98\%$ Proctordichte können für die Bodenaustauschschicht folgende Bodenkennwerte angenommen werden:

Wichte: $20,0 \text{ kN/m}^3$

Steifemodul: $E_s = 60\text{-}75 \text{ MN/m}^2$

Eine Auflockerung der Baugrubensohle durch den Aushub ist z.B. durch die Verwendung einer zahnlosen Baggerschaufel zu vermeiden.

Zur Herstellung eines einheitlich tragfähigen Untergrundes kann zudem die Durchführung einer flächigen Bodenverbesserung mittels **Rüttelstopfverdichtung** in Betracht gezogen werden. Dafür sind zur Erhöhung der Tragfähigkeit von der Gründungssohle bis zur OK der als gut tragfähig einzustufenden Sande und Kiese der **Schicht 3** Schottersäulen in den Boden einzubringen. Übliche Säulendurchmesser liegen zwischen $0,7 \text{ m}$ und $1,1 \text{ m}$ bei einem gängigen Rasterabstand von $1,5$ bis $2,5 \text{ m}$.

Neben der Reduktion differentieller Setzungen würden dabei zudem durch die entwässernde Wirkung der Schottersäulen (Drainagewirkung) die Konsolidationszeiten reduziert.

Eine frostsichere Gründung der Bodenplatte $\geq 0,80 \text{ m}$ unter dem endgültigen Gelände ist zu gewährleisten.

Um für die Bemessung einer tragfähigen Bodenplatte einen definierten Bettungsmodul zu erhalten, müssen Setzungsberechnungen mit den Gebäudelasten durchgeführt werden.

Die Auswahl der Gründungsvariante kann nach Wirtschaftlichkeit erfolgen.

9. Baugrubensicherungen

Gemäß DIN 4124 müssen die Wände von Baugruben ab einer Aushubtiefe von 1,25 m unter Gelände geböscht oder abgestützt werden.

Beim Aushub für das Gebäude sind Baugrubensicherungen erforderlich.

In bindigen Böden mit steifer bis fester Konsistenz (Bodenklasse 4 und 5) sind Baugrubenböschungen gemäß DIN 4124 mit einem max. Winkel von 60° und in nichtbindigen Böden sowie in bindigen Böden mit weicher Konsistenz (Bodenklasse 3 und 4) unter einem Winkel nicht steiler als 45° anzulegen. Erfahrungsgemäß empfehlen wir für Baugrubenböschungen in bindigen Böden mit weicher Konsistenz max. Böschungswinkel von 30°.

Die Baugrubenböschungen sind gegen Niederschlag abzudecken.

Das Anlegen von Bermen ist zu empfehlen, um die Stabilität der Böschung weiter erhöhen. Weiterhin sind die Schultern der Baugrube in einem Abstand von 0,60 m vom Rand der Grube von Aushubmaterial freizuhalten, um eine zusätzliche Belastung der Böschung zu vermeiden.

Für Fahrzeuge, Baumaschinen ist ab OK der Baugrube bei Einhaltung der zul. Achslasten nach StVZO und für Baugeräte bis 12 t Gesamtgewicht ein Sicherheitsabstand von $\geq 1,0$ m einzuhalten. Bei Fahrzeugen und Baumaschinen, die die zul. Achslasten nach StVZO überschreiten und bei mehr als 12 bis 40 t Gesamtgewicht ist ein Sicherheitsabstand von $\geq 2,0$ m einzuhalten.

Standortsicherheitsnachweise nach DIN 4084-100 werden erforderlich bei:

- Böschungshöhen $h > 5$ m oder Böschungswinkel β größer als die empfohlenen Werte
- Gefährdung baulicher Anlagen einschließlich Leitungen

- stark ansteigendem Gelände neben der Böschungskante oder steil angelegten Erdlasten ($> 1:2$) bzw. Stapellasten $> 10 \text{ kN/m}^2$ neben dem 0,6 m breiten Schutzstreifen
- Straßenfahrzeugen, Baggern, oder Kränen, deren Abstände zur Böschungskante die Mindestwerte nach DIN 4124 unterschreiten

Bei nicht ausreichendem Platz für eine geböschte Baugrube ist ein Baugrubenverbau vorzusehen.

Verbauarbeiten können nur von Spezialfirmen durchgeführt werden und es müssen von den ausführenden Firmen Standsicherheitsnachweise geführt werden.

10. Grundwasserhaltung

Je nach jahreszeitlichem Grundwasserstand und Gründungsniveau kann zur Trockenlegung der Baugrube eine Grundwasserabsenkung notwendig sein. Dafür sind die diesbezüglichen Genehmigungen einzuholen und die Absenkzeiten und abzupumpenden Wassermengen entsprechend den behördlichen Auflagen einzuhalten.

Auf jeden Fall müssen im Vorfeld an der benachbarten Bebauung Beweissicherungen durchgeführt werden.

Weiter ist darauf zu achten, dass keine unzulässig großen hydraulischen Wasserüberdrücke zwischen der Absenkung in der Baugrube und der Absenkung im übrigen Gelände entstehen, da sonst Auflockerungen und Sohlauftriebe (hydraulischer Grundbruch) entstehen können.

11. Verkehrsflächen und Parkplätze

Zur Erkundung des Baugrundes im Bereich der geplanten Verkehrsflächen und Parkplätze wurden am 02.12.2015 insgesamt 3 Rammkernbohrungen (BK 13 – BK 15) bis in eine Tiefe von 1,0 m u. GOK niedergebracht (Anl. 1).

In allen Bohrungen wurden ab GOK bis ca. 0,6 m bzw. 0,7 m u. GOK die künstliche Auffüllung der **Schicht 1** erbohrt. Darunter wurden ab ca. 0,6 m bzw. 0,7 m u. GOK die Schluffe der **Schicht 2** mit steifer Konsistenz angetroffen.

Unter Annahme einer Gründung der Verkehrsflächen und Parkplätze bei ca. 133,0 m+NN würde die Gründungssohle vollständig in der **Schicht 1** liegen.

Die künstliche Auffüllung der **Schicht 1** ist nicht frostsicher sowie nicht zur Abtragung von Lasten geeignet und daher im Bereich der Verkehrsflächen vollständig abzuschleifen und durch gut verdichtbares und gut abgestuftes Material zu ersetzen (Bodenaustausch).

Die unter der **Schicht 1** angetroffenen Schluffe der **Schicht 2** gehören nach ZTVE-StB 09 zur Frostempfindlichkeitsklasse F3 (sehr frostempfindlich).

Um schädliche Verformungen durch Frost zu vermeiden, ist für die Verkehrsflächen eine Frostschutzschicht aus ungebundenem, frostsicherem Korngemisch einzubauen.

Gemäß ZTVT-StB 95 können folgende Baustoffe für ungebundene Frostschutzschichten in Betracht kommen:

- Kiese und Kies-Sand-Gemische der Gruppen GE, GI und GW nach DIN 18 196
- Sande und Sand-Kies-Gemische der Gruppen SE, SI und SW nach DIN 18 196
- Gemische aus Splitt und Brechsand der Lieferkörnungen 0/5 bis 0/32 sowie Gemische aus Schotter, Splitt und Brechsand der Lieferkörnungen 0/45 und 0/56
- Lavaschlacke
- Recyclingbaustoffe

Um die Verdichtungsanforderungen zu erfüllen, sollten für die Bodenaustauschschicht Mineralstoff-Gemische mit weitgestuften Körnungslinien verwendet werden und eine gleichmäßige Verdichtung erfolgen.

Nach den Richtlinien für die „Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen“ (RStO 12) ist für eine ständig genutzte Verkehrsfläche eine Mindestdicke des frostsicheren Straßenoberbaues abhängig vom Boden und von der Belastungsklasse erforderlich. Bei Böden der Frostsicherheitsklasse F2 und F3 sind nach Tabelle 2 folgende Mindestdicken des frostsicheren Straßenaufbaues zugrunde zu legen:

Frostempfindlichkeitsklasse	Dicke in cm bei Belastungsklasse		
	Bk100 bis Bk10	Bk3,2 bis Bk1,0	Bk0,3
F2	55	50	40
F3	65	60	50

Tabelle 2: Mindestdicke des frostsicheren Straßenaufbaus

Das Untersuchungsgebiet liegt nach RStO 12 in der Frosteinwirkungszone I. Mehr- oder Minderdicken infolge örtlicher Verhältnisse sind nach RStO 12, Tabelle 7, zu berücksichtigen.

Der Untergrund bzw. Unterbau für die Fahrbahn muss ausreichend dicht gelagert und tragfähig sein. Nach RStO 12 ist auf dem Planum bei frostempfindlichem Untergrund bzw. Unterbau (Frostempfindlichkeitsklasse F2 und F3) ein Verformungsmodul von mind. $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ zu erreichen. Die Tragfähigkeit von feinkörnigen Böden ist stark abhängig vom Wasser- und Luftgehalt. Das Trag- und Verformungsverhalten kann sich daher witterungsbedingt sowohl zeitlich als auch örtlich ändern.

Ist der erforderliche Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ auf dem witterungsempfindlichen Planum durch Verdichten nicht dauerhaft erreichbar (z.B. beim Antreffen von Schluffen mit weicher Konsistenz), ist der Untergrund zu verbessern bzw. zu verfestigen oder die Dicke der ungebundenen Tragschicht ist zu vergrößern.

Dafür kann ein Bodenaustausch mit geeignetem Material durchgeführt werden. Nach ZTVE-StB 09 wäre dabei unter Annahme eines erreichten Verformungsmoduls von $E_{v2} = 10 - 20 \text{ MN/m}^2$ auf den Schluffen der **Schicht 2** ein Bodenaustausch mit Frostschutzmaterial in einer Stärke von 20 cm bis 40 cm erforderlich, um auf dem Planum den geforderten Verformungsmodul von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachweisen zu können (Abb. 1).

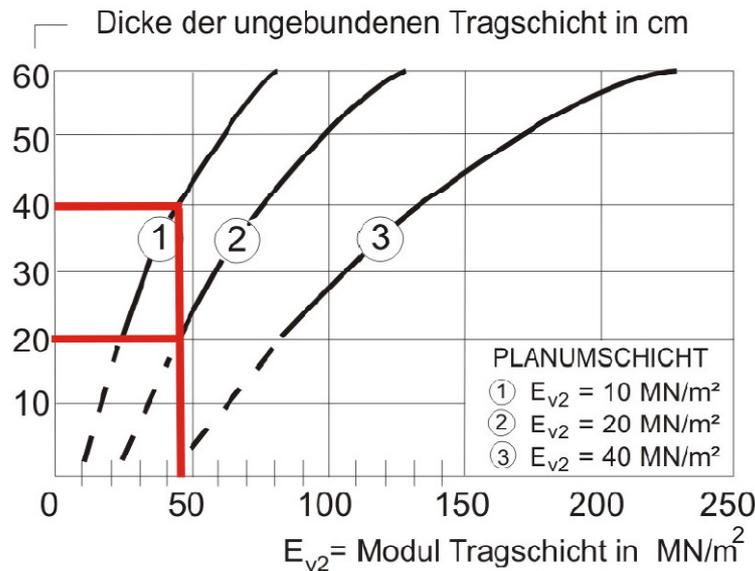


Abb. 1: Verformungsmodul E_{v2} auf der Frostschutzschicht in Abhängigkeit von deren Dicke und vom Verformungsmodul auf dem Planum

Die zu erreichenden Verformungsmoduln auf dem Planum und der Frostschutz- bzw. Tragschicht sind mittels Lastplattendruckversuchen nach DIN 18 134 nachzuweisen.

Alternativ zu einem Bodenaustausch kann eine ca. 0,5 m mächtige Bodenverbesserung mit hydraulischen Bindemitteln (Kalk / Zement) durchgeführt werden. Die feinkörnigen Böden der **Schicht 2** (Bodengruppe UL / TL) wären nach DIN 18 196 als geeignet für eine Bodenbehandlung mit Kalk einzustufen.

Der Bindemittelanteil muss für eine Bodenverbesserung mindestens 2 Gew. % betragen. Gemäß ZTVE-StB 09 kämen für die feinkörnigen Böden der **Schicht 2** (Bodengruppe UL / TL) folgende Bindemittel für eine Bodenverbesserung in Betracht:

- Feinkalk in einer Menge von 2 bis 4 %, bezogen auf die Trockenmasse des Bodens
- Kalkhydrat in einer Menge von 2 bis 5 %, bezogen auf die Trockenmasse des Bodens
- Hochhydraulischer Kalk oder Zement in einer Menge von 2 bis 8 %, bezogen auf die Trockenmasse des Bodens

- Mischbindemittel in einer Menge von 2 bis 6 %, bezogen auf die Trockenmasse des Bodens (Kombination aus genormten hydraulischen Bindemitteln und Baukalken)

Für eine genaue Bestimmung der erforderlichen Bindemittelmenge wären weitergehende bodenmechanische Untersuchungen (Wassergehalt, Proctorveruch) erforderlich.

Da alle Verfahren als gleichwertig einzustufen sind, kann die wirtschaftlichere Variante gewählt werden.

Die bindigen Böden der **Schicht 2** sind überwiegend als schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig einzustufen. Zur Ableitung von Oberflächenwasser sind dauerhaft wirksame, erosionssichere Entwässerungseinrichtungen vorzusehen. Das Oberflächenwasser muss schadlos aufgenommen und versickert, bis zum nächsten Vorfluter weitergeleitet oder in die Kanalisation eingeleitet werden. Aufgrund der einfacheren Unterhaltung und Wartung sind offene, oberirdische Entwässerungsanlagen geschlossenen, unterirdischen Anlagen vorzuziehen.

12. Allgemeine Empfehlungen

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Abschätzungen für die bindigen Schichten von der angetroffenen Konsistenz ausgehen. Weiterhin kann nicht ausgeschlossen werden, dass diese Schichten, infolge der natürlichen Gegebenheiten (Niederschlagsereignisse) bzw. der Baumaßnahmen, unter Wasserzutritt ihre Konsistenz verändern.

Aufgrund der geringen Wasserdurchlässigkeit der bindigen Schichten (Schicht 1, Schicht 2) ist nach stärkeren Niederschlägen mit Vernässungen und Wasseransammlungen in der Baugrube zu rechnen, soweit keine Gegenmaßnahmen, wie z.B. mit Hilfe von Abdeckplanen, getroffen werden. Ggf. anfallendes Wasser ist zu fassen und rückstaufrei aus der Baugrube abzuleiten.

Bei der Bauausführung ist zu beachten, dass der bindige Boden nässe- und frostempfindlich ist und unter dynamischer Belastung seine Konsistenz verliert. Aus diesem Grund dürfen die Gründungssohlen im nassen Zustand weder betreten noch befahren werden.

Der Einbau der Baustoffe im Hinterfüll- und Überschüttungsbereich sollte gleichmäßig von allen Seiten in Lagen von höchstens 30 cm Dicke erfolgen.

Der Höhenunterschied beim Hinterfüllen darf ohne statischen Nachweis 0,5 m nicht überschreiten. Es ist ein Verdichtungsgrad von $D_{Pr} = 100\%$ Proctordichte zu erreichen, jedoch darf durch die Hinterfüllung kein zusätzlicher Verdichtungsdruck verursacht werden. In den wiederverfüllten und überschütteten Bereichen ist der Verdichtungsgrad über Plattendruckversuche nach DIN 18 134 in unterschiedlichen Einbauniveaus zu überprüfen.

Die Arbeitsräume sind mit nichtbindigem Material zu verfüllen. Das anfallende bindige Aushubmaterial (Schicht 1, Schicht 2) ist dazu nicht geeignet. Bezüglich der eventuellen Verfüllung von Arbeitsräumen und der Überschüttung von Bauwerken verweisen wir auf die Empfehlungen und Vorschriften des Arbeitskreises „Baugruben“ (EAB) und der ZTVE-StB 09.

Für den Hinterfüll- und den Überschüttungsbereich sind folgende Baustoffe geeignet:

- Grobkörnige Böden der Gruppen: SW, SI, SE, GW, GI, GE
- Gemischtkörnige Böden der Gruppen SU, ST, GU, GT
- Gemische aus gebrochenem Gestein 0/100 mm und natürlich entstandenen Schlacken mit einem Kornanteil $< 0,063$ mm von max. 15 Gew.-%
- Recyclingbaustoffe und industrielle Nebenprodukte, sofern sie ökologisch unbedenklich sind und die o.g. Kornverteilungskriterien eingehalten werden.

Die genannten Stoffe müssen verwitterungsbeständig sein und dürfen keine quellfähigen, zerfallsempfindlichen oder bauwerksaggressiven Bestandteile enthalten. Bei Verwendung von gebrochenem Material ist ggf. die Bauwerksabdichtung zu schützen.

Die hier getroffenen Aussagen, Vorgaben und Empfehlungen beruhen auf 15 punktuellen Aufschlüssen. Daher sind die getroffenen Annahmen über die Untergrundverhältnisse während der Erdarbeiten durch den Baugrundgutachter auf Übereinstimmung zu überprüfen und die Gründungssohlen sind nach Fertigstellung vom Baugrundgutachter abzunehmen.



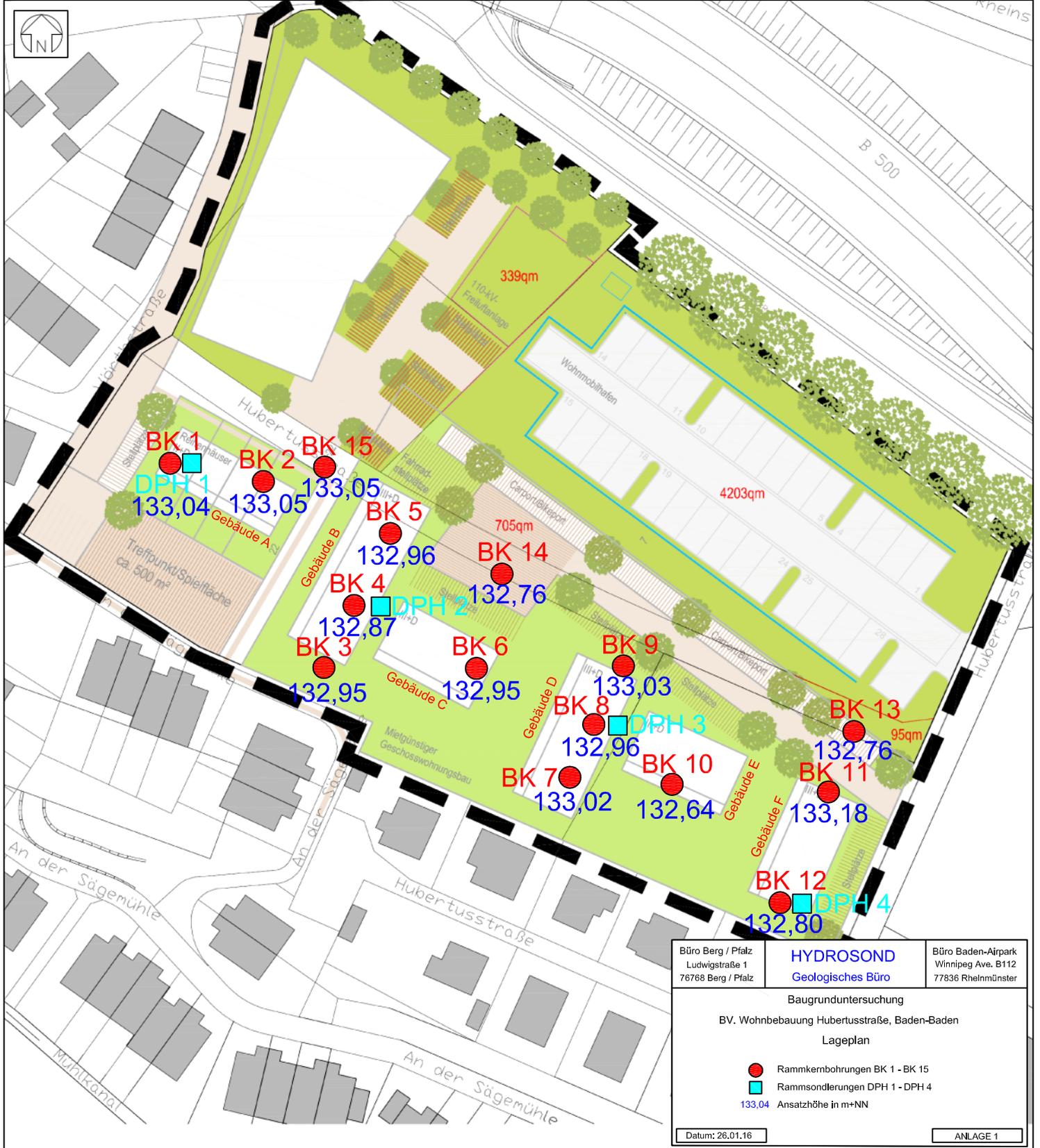
J. Hartwein

- Diplom Geologe -



Doz. B. Krauthausen

- Diplom Geologe -



Büro Berg / Pfalz
Ludwigstraße 1
76768 Berg / Pfalz

HYDROSOND
Geologisches Büro

Büro Baden-Airpark
Winnipeg Ave. B112
77836 Rhelmnünster

Baugrunduntersuchung
BV. Wohnbebauung Hubertusstraße, Baden-Baden
Lageplan

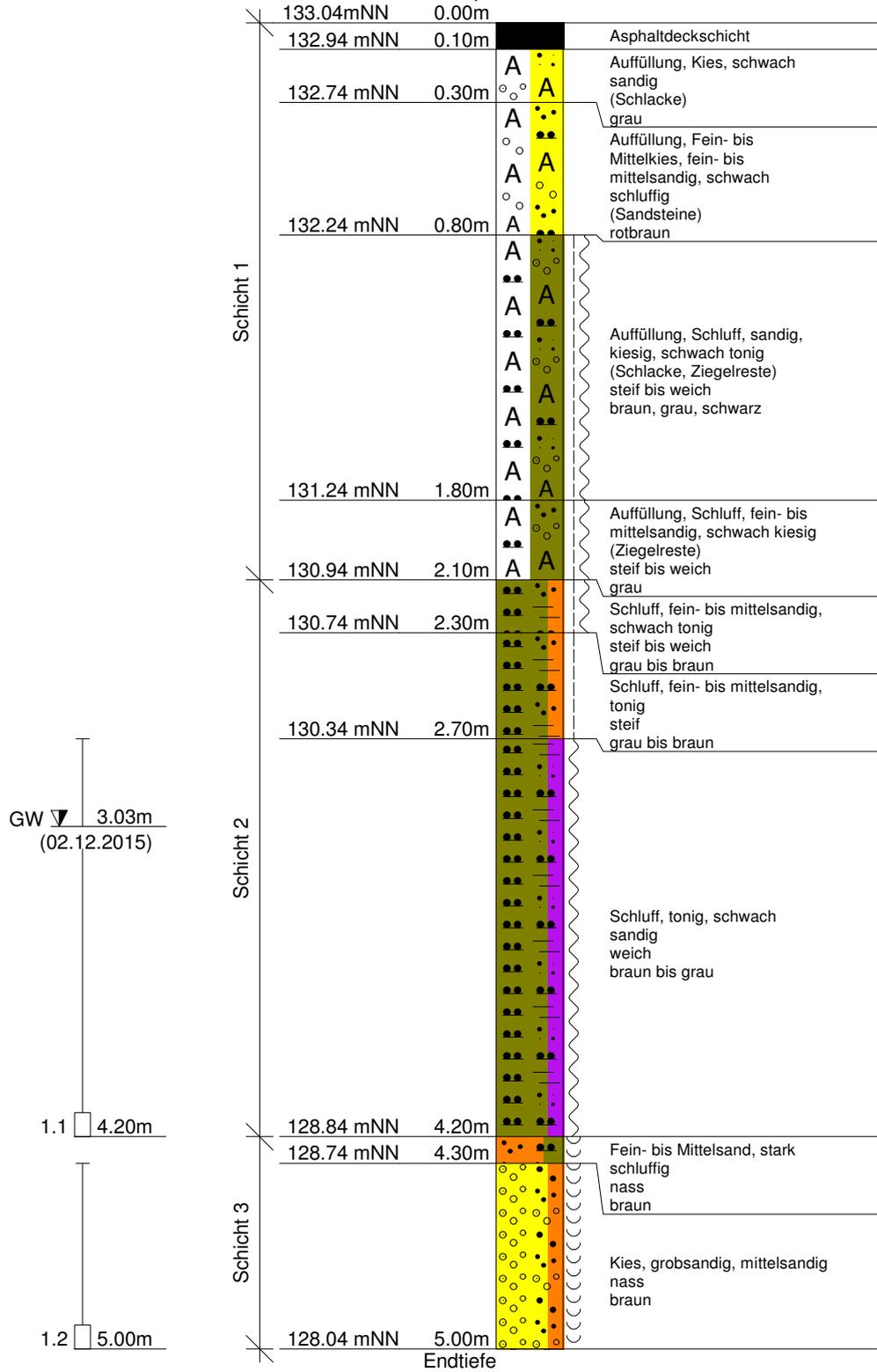
- Rammkernbohrungen BK 1 - BK 15
- Rammsondierungen DPH 1 - DPH 4

133,04 Ansatzhöhe in m+NN

Datum: 26.01.16 ANLAGE 1

BK 1

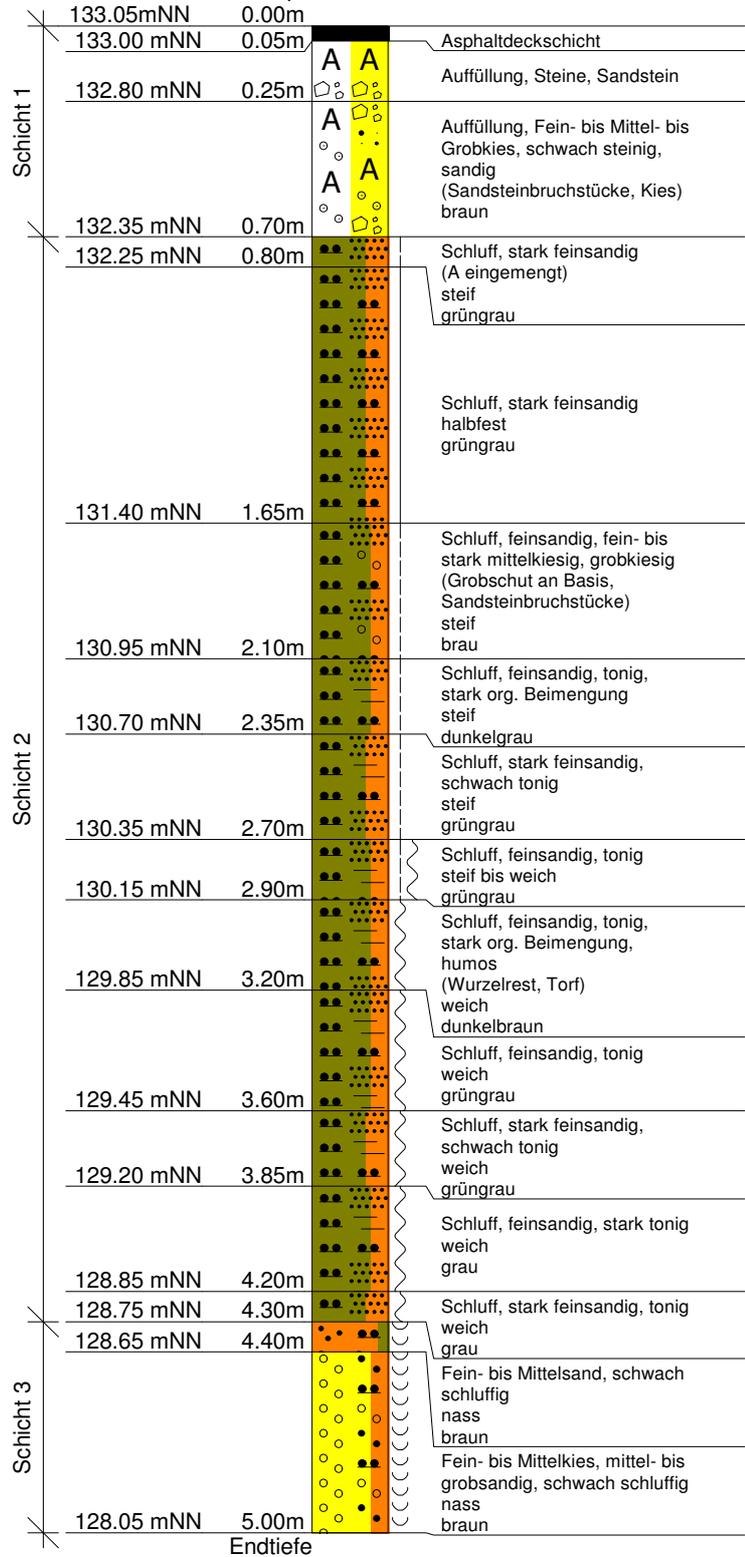
Ansatzpunkt: 133.04 mNN



BK 2

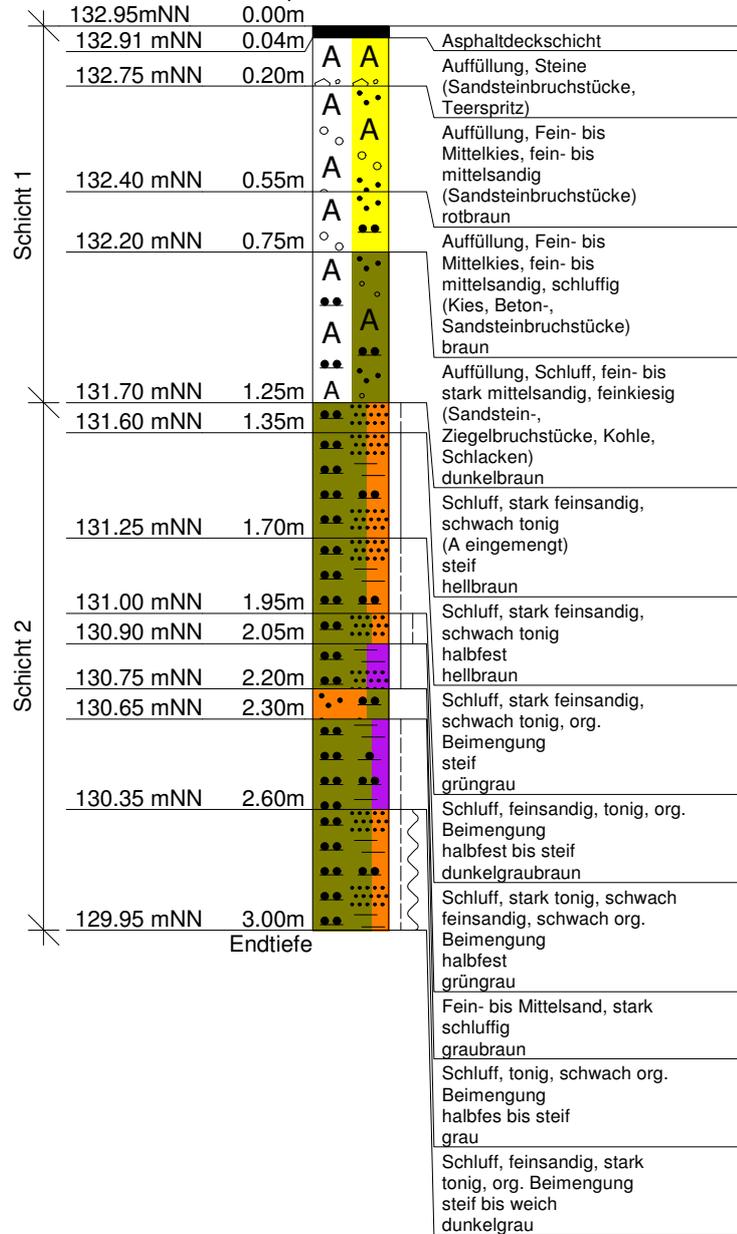
Ansatzpunkt: 133.05 mNN

GW ▼ 3.30m
(12.10.2015)



BK 3

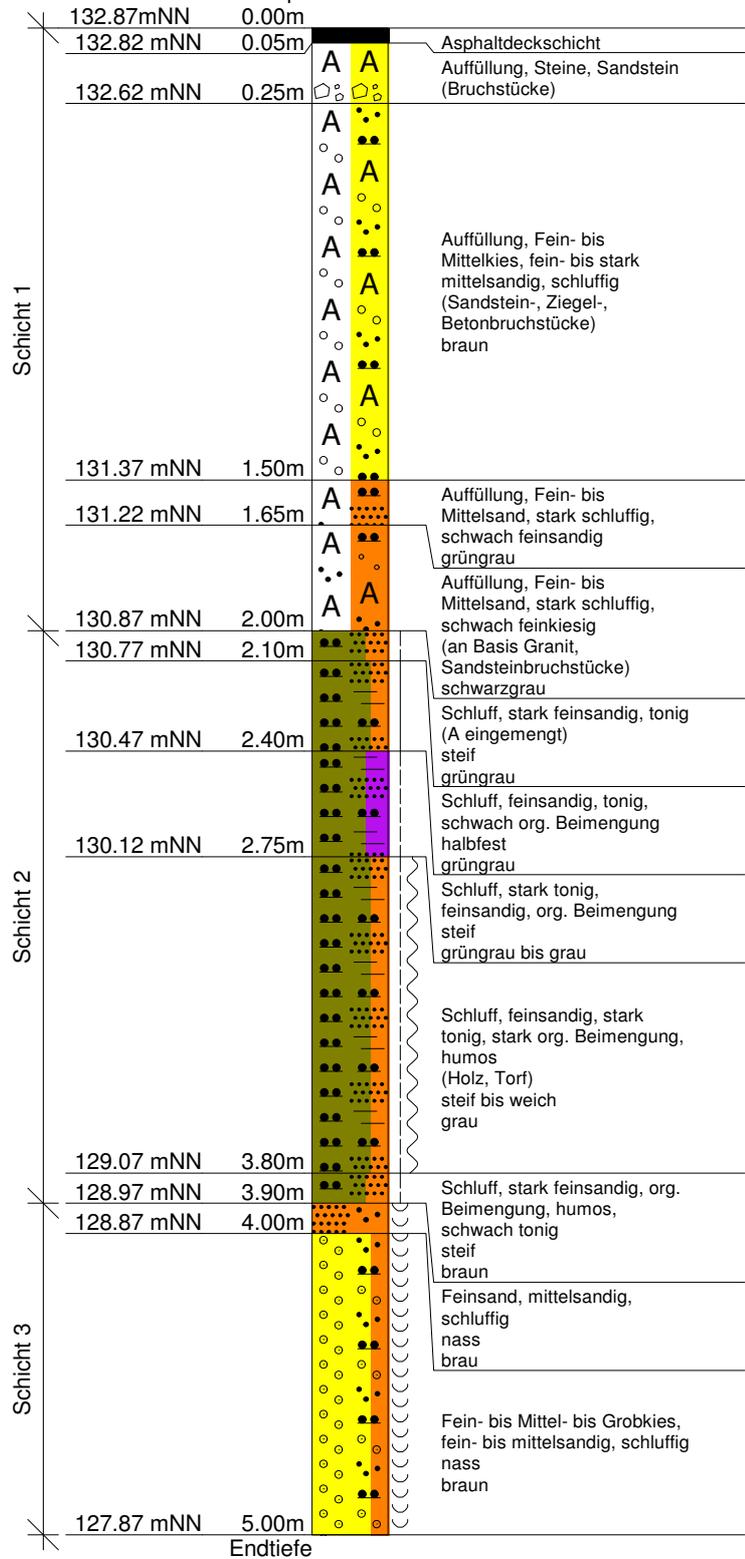
Ansatzpunkt: 132.95 mNN



BK 4

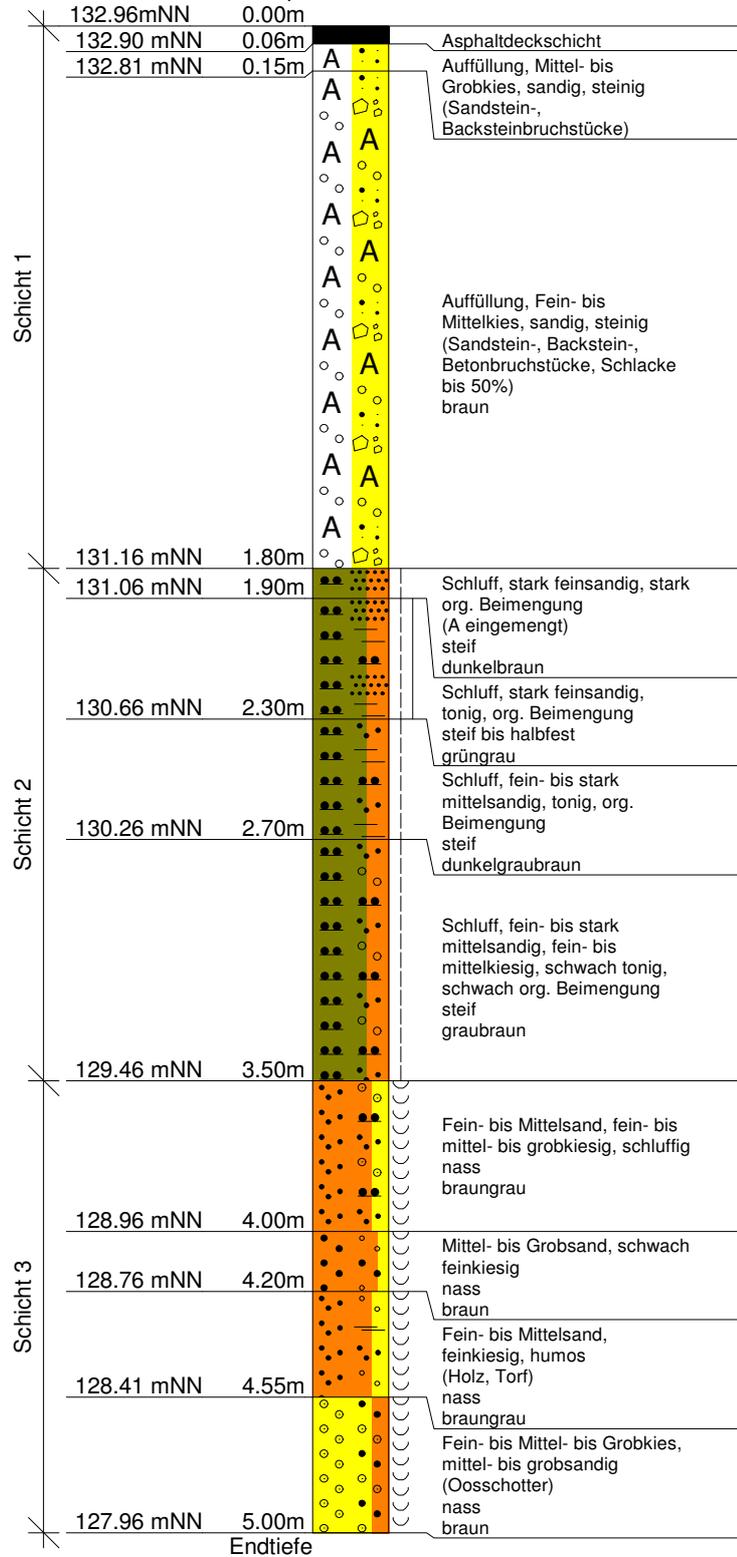
Ansatzpunkt: 132.87 mNN

GW ▼ 3.20m
(12.10.2015)



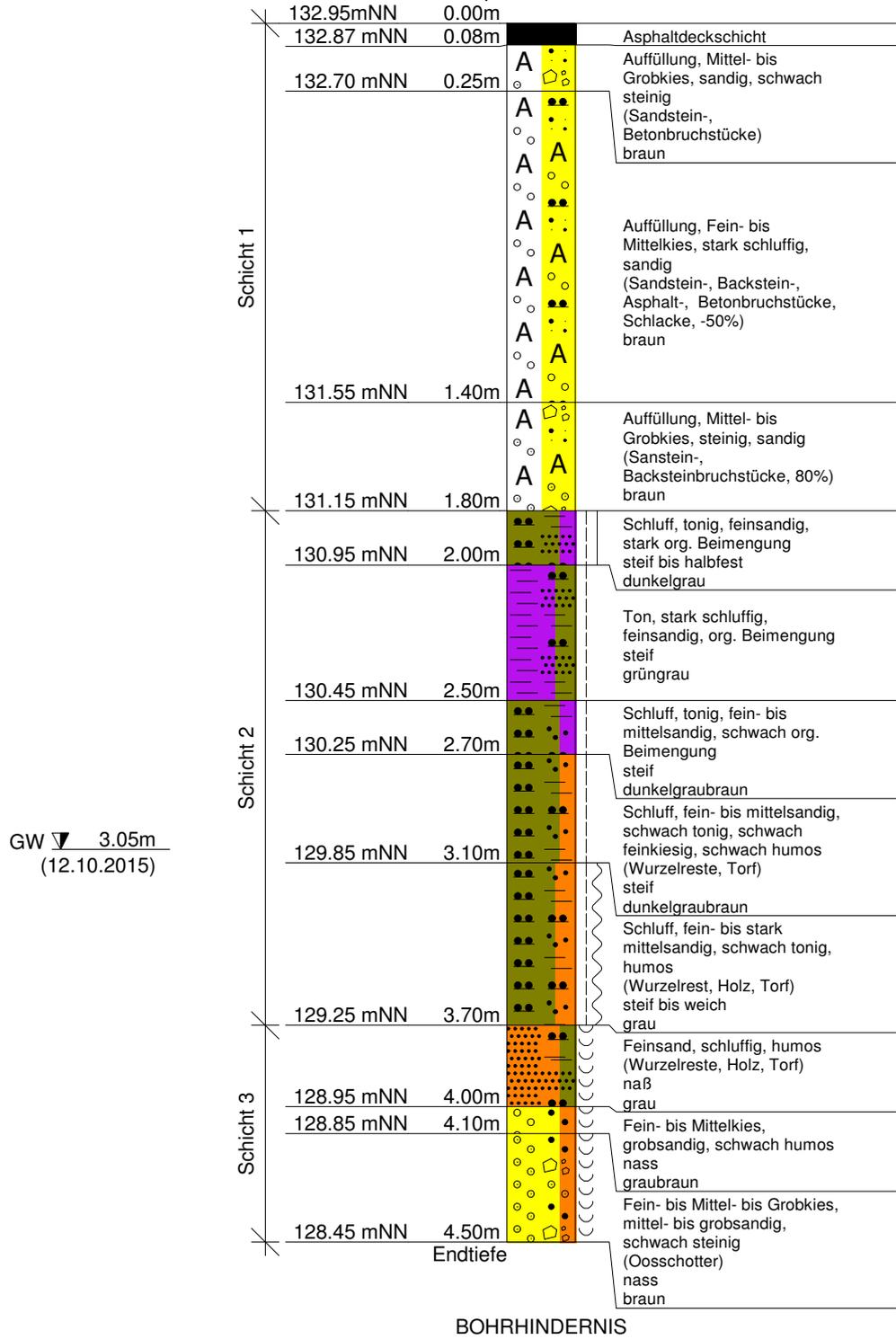
BK 5

Ansatzpunkt: 132.96 mNN



BK 6

Ansatzpunkt: 132.95 mNN



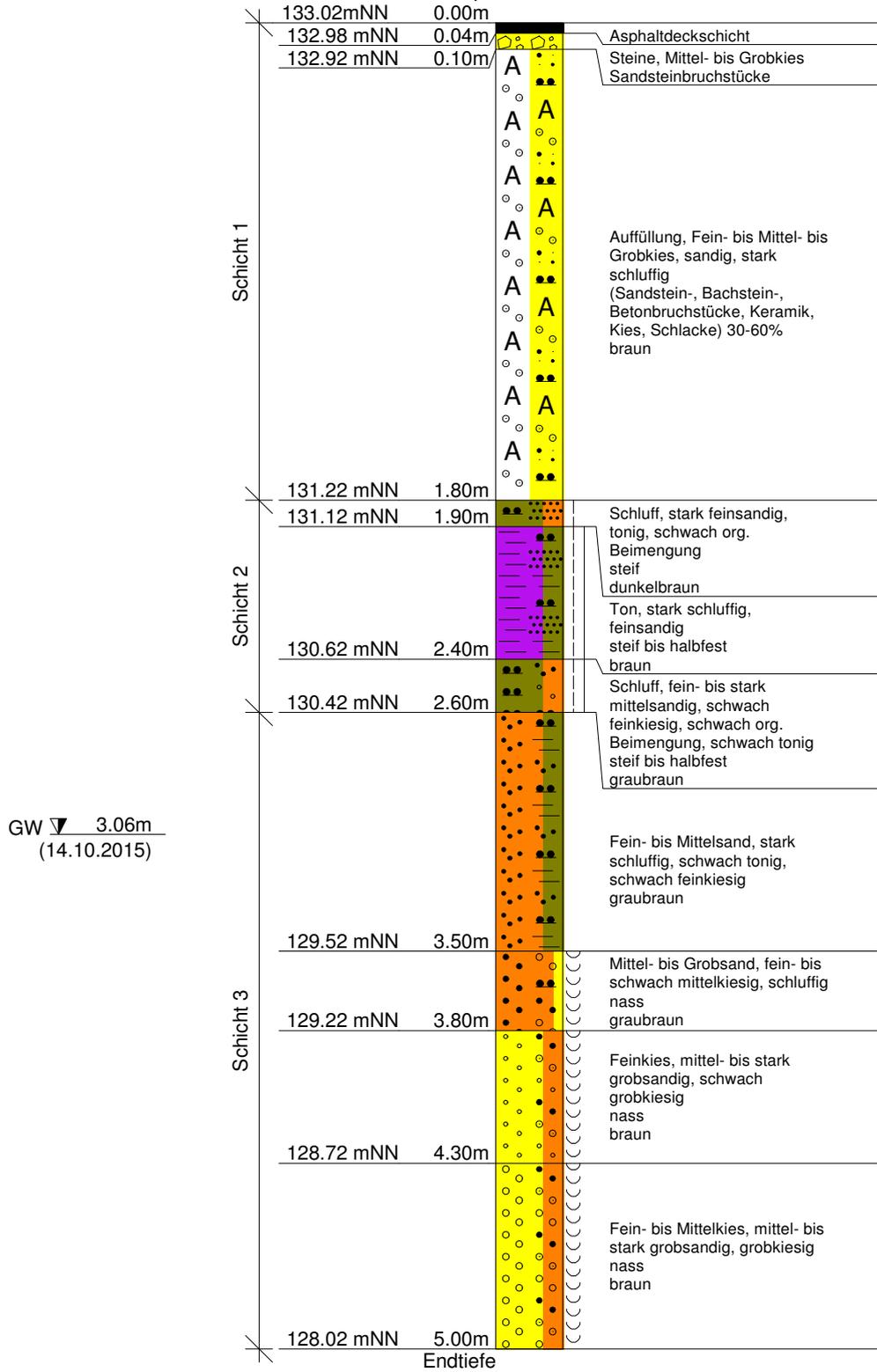
GW ▼ 3.05m
(12.10.2015)

Endtiefe

BOHRHINDERNIS

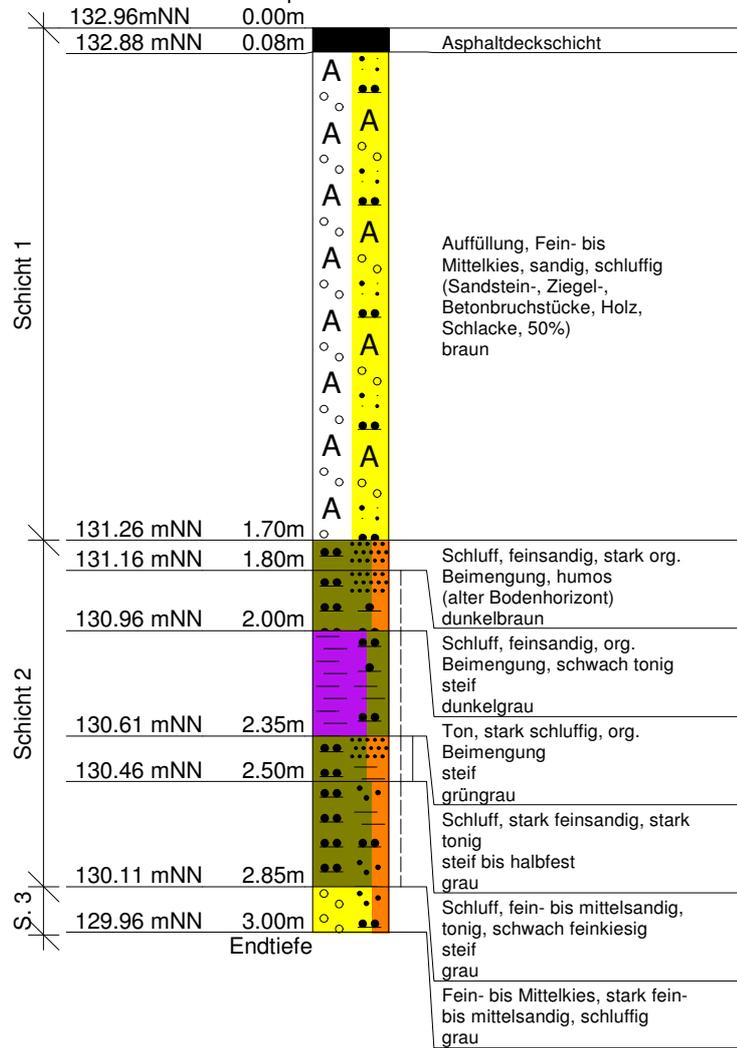
BK 7

Ansatzpunkt: 133.02 mNN



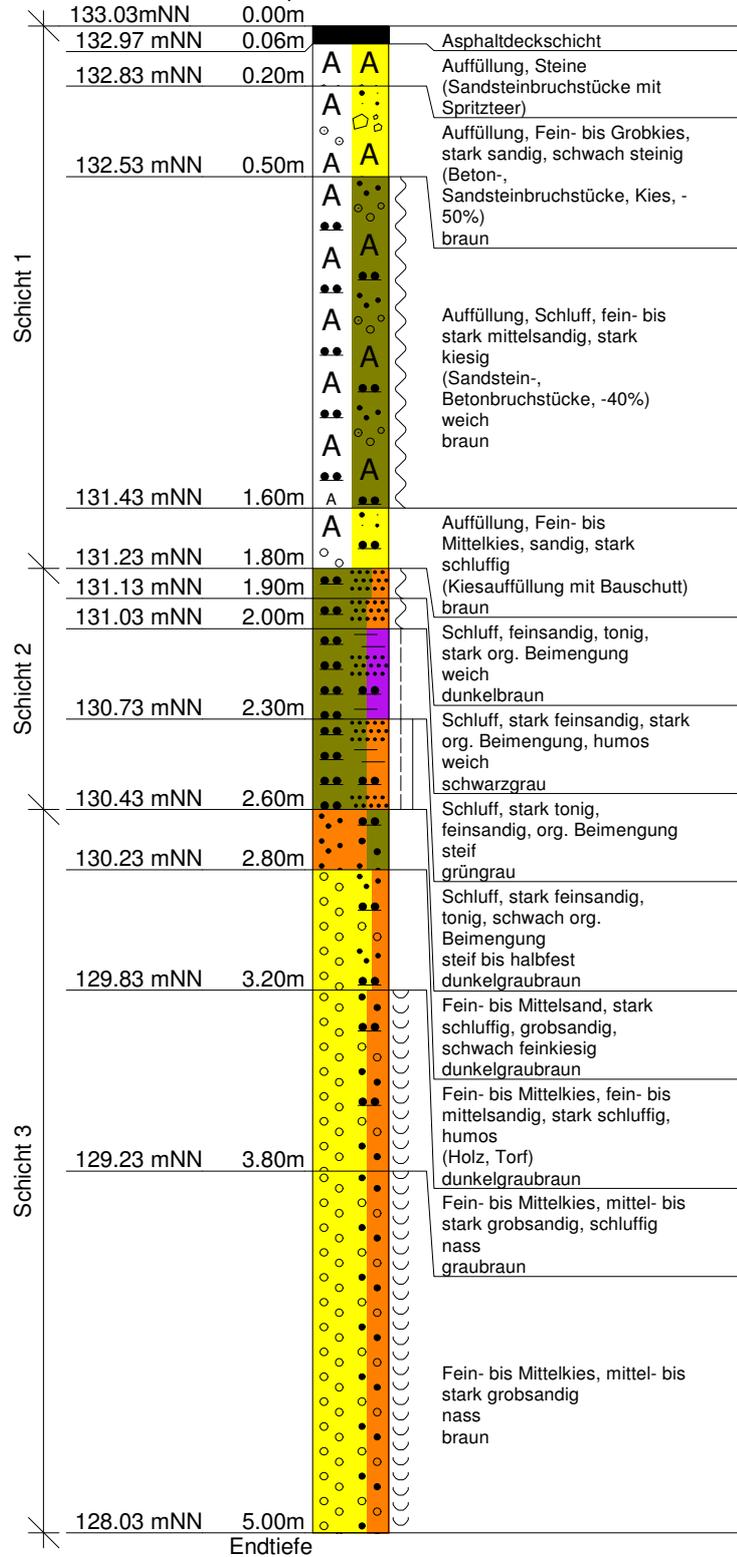
BK 8

Ansatzpunkt: 132.96 mNN



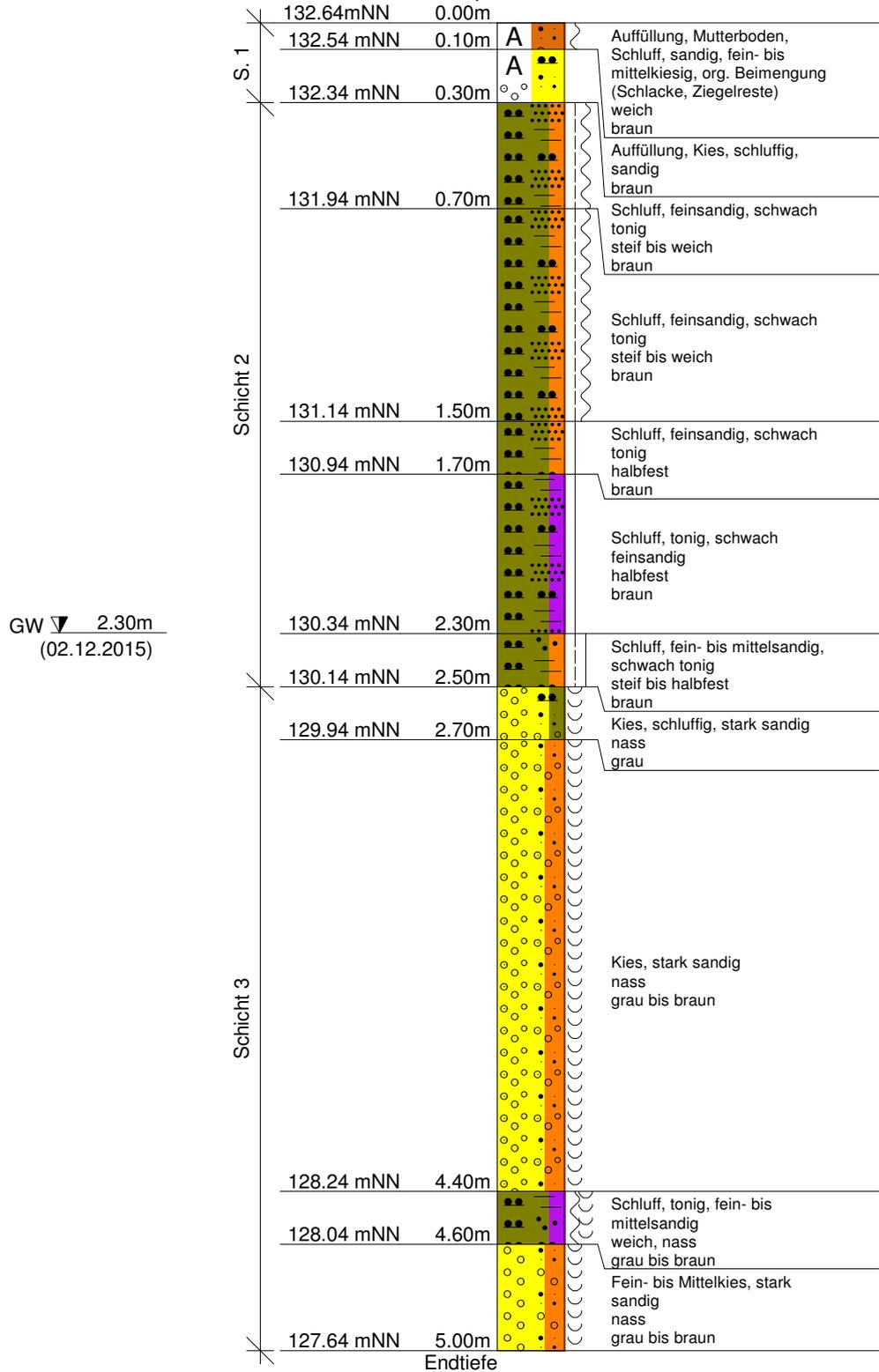
BK 9

Ansatzpunkt: 133.03 mNN



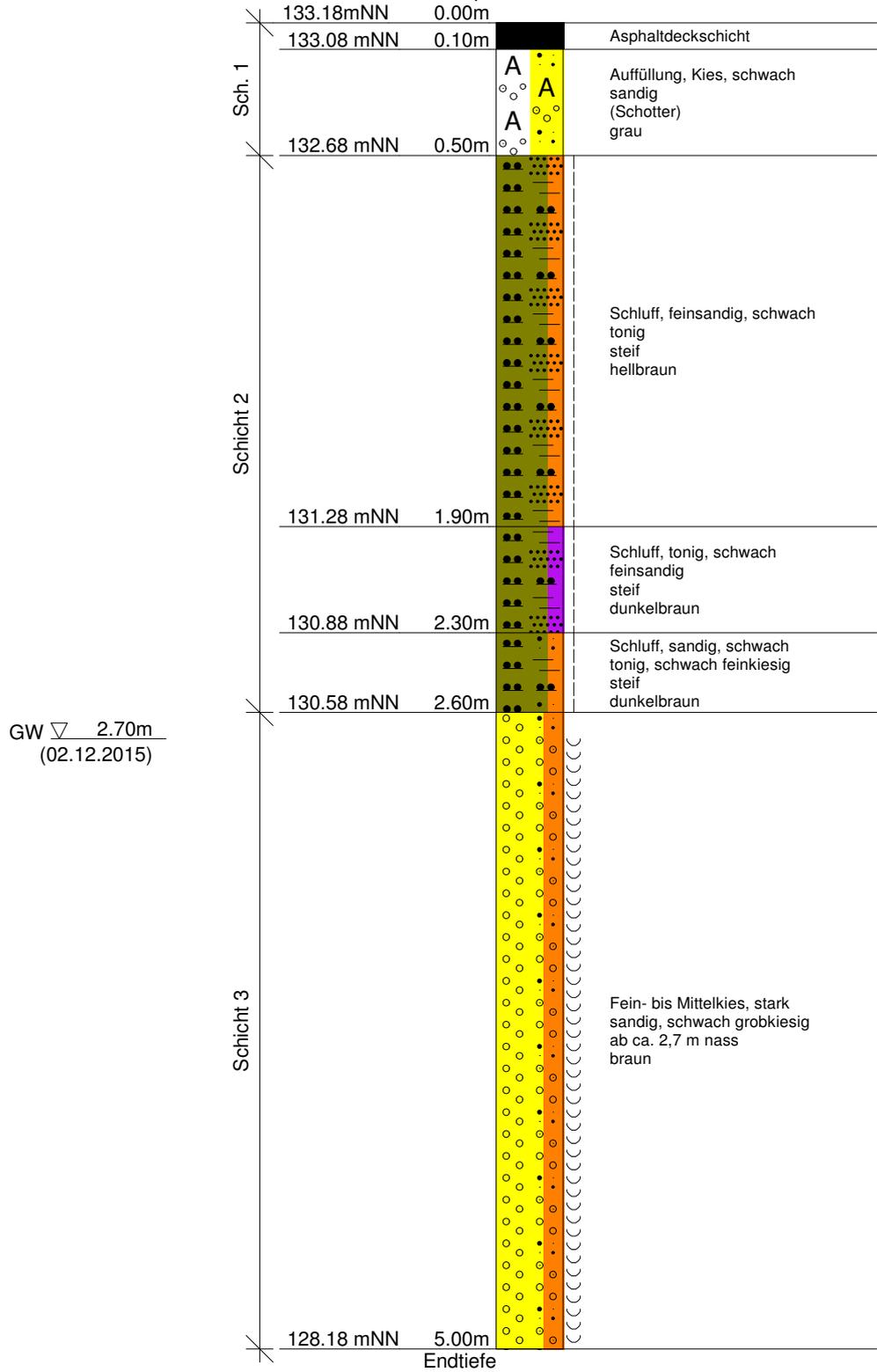
BK 10

Ansatzpunkt: 132.64 mNN



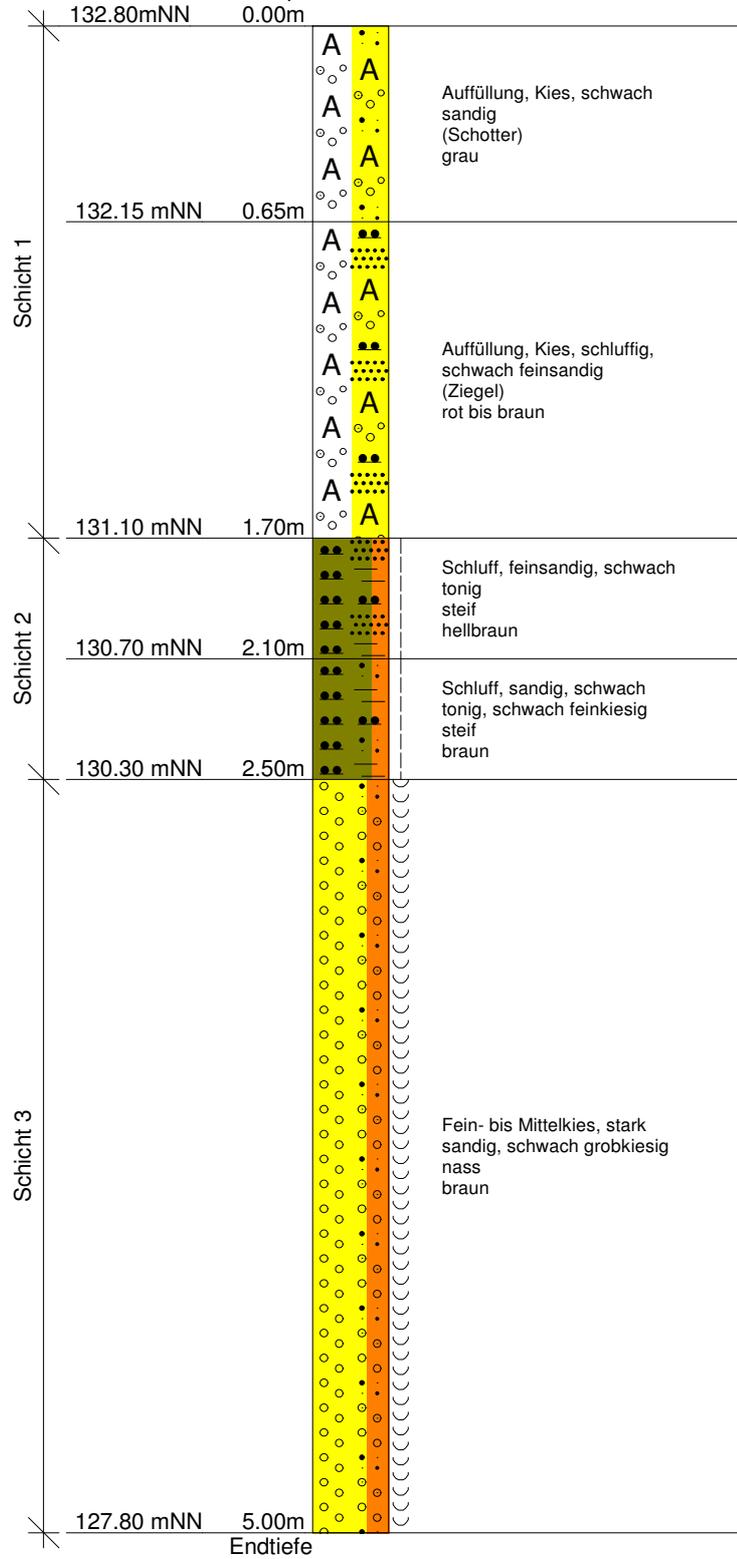
BK 11

Ansatzpunkt: 133.18 mNN



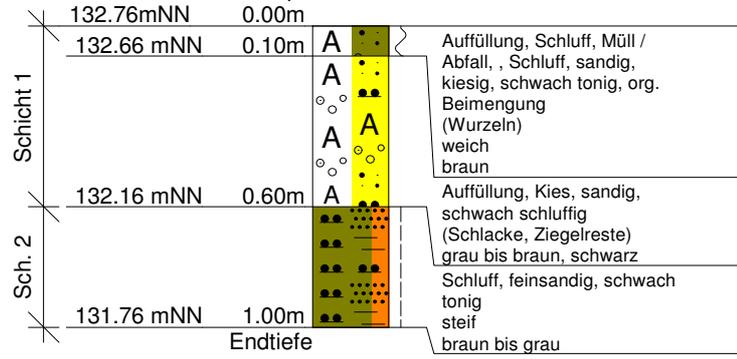
BK 12

Ansatzpunkt: 132.80 mNN



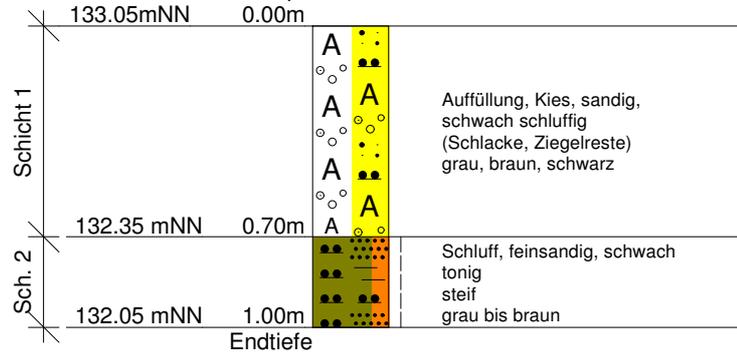
BK 13

Ansatzpunkt: 132.76 mNN



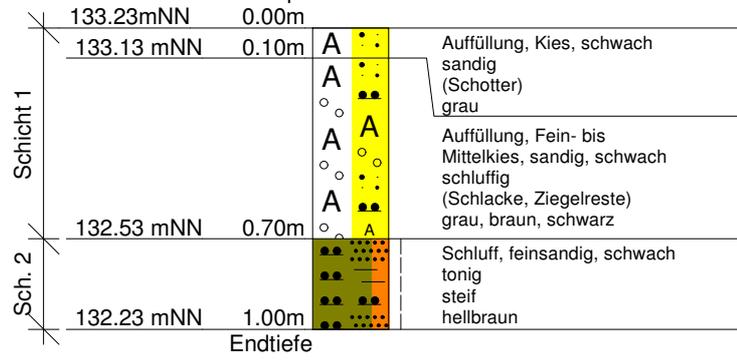
BK 14

Ansatzpunkt: 133.05 mNN

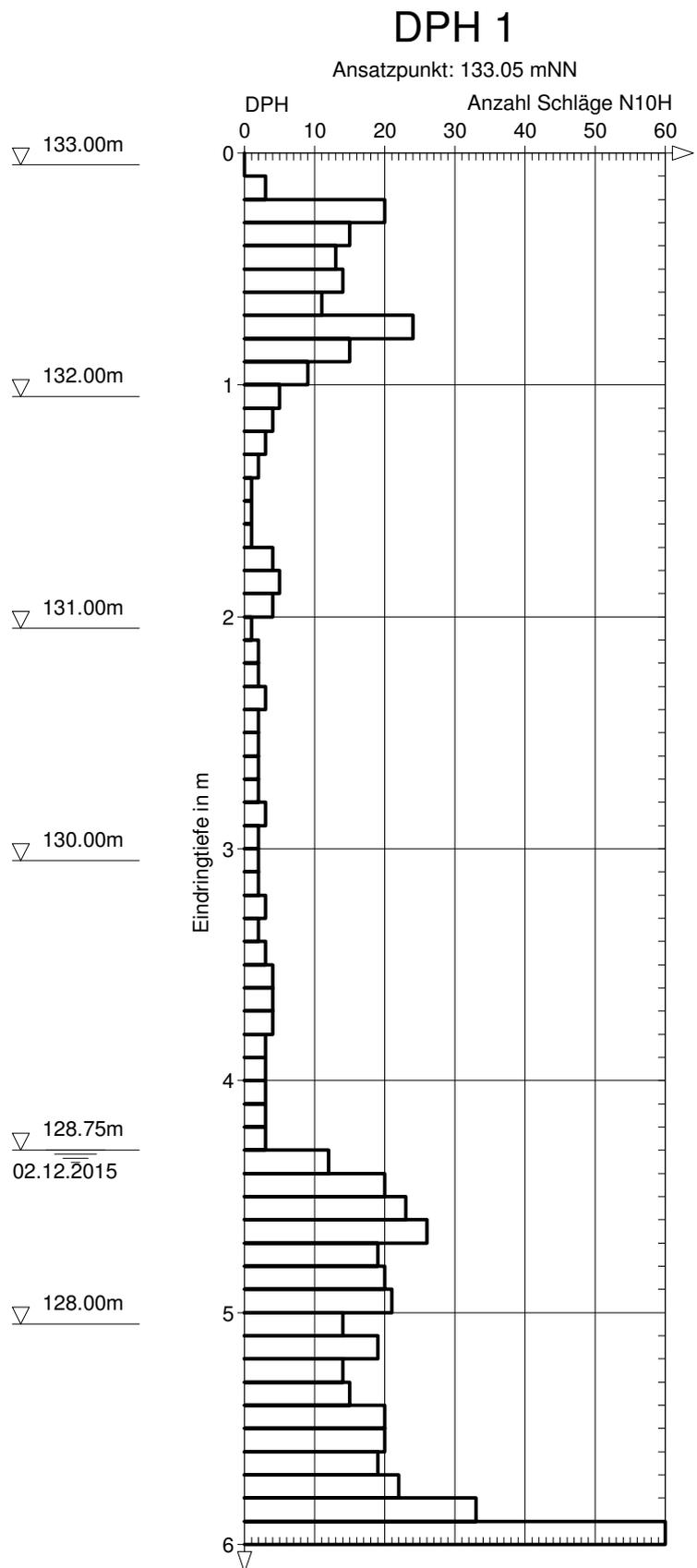


BK 15

Ansatzpunkt: 133.23 mNN



Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀
0.10	0				
0.20	3				
0.30	20				
0.40	15				
0.50	13				
0.60	14				
0.70	11				
0.80	24				
0.90	15				
1.00	9				
1.10	5				
1.20	4				
1.30	3				
1.40	2				
1.50	1				
1.60	1				
1.70	1				
1.80	4				
1.90	5				
2.00	4				
2.10	1				
2.20	2				
2.30	2				
2.40	3				
2.50	2				
2.60	2				
2.70	2				
2.80	2				
2.90	3				
3.00	2				
3.10	2				
3.20	2				
3.30	3				
3.40	2				
3.50	3				
3.60	4				
3.70	4				
3.80	4				
3.90	3				
4.00	3				
4.10	3				
4.20	3				
4.30	3				
4.40	12				
4.50	20				
4.60	23				
4.70	26				
4.80	19				
4.90	20				
5.00	21				
5.10	14				
5.20	19				
5.30	14				
5.40	15				
5.50	20				
5.60	20				
5.70	19				
5.80	22				
5.90	33				
6.00	60				



Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀
0.10	0				
0.20	0				
0.30	3				
0.40	10				
0.50	9				
0.60	9				
0.70	8				
0.80	6				
0.90	4				
1.00	4				
1.10	3				
1.20	2				
1.30	2				
1.40	4				
1.50	5				
1.60	3				
1.70	4				
1.80	1				
1.90	3				
2.00	2				
2.10	1				
2.20	1				
2.30	1				
2.40	1				
2.50	2				
2.60	1				
2.70	1				
2.80	2				
2.90	1				
3.00	2				
3.10	1				
3.20	2				
3.30	2				
3.40	3				
3.50	3				
3.60	3				
3.70	2				
3.80	4				
3.90	7				
4.00	11				
4.10	15				
4.20	11				
4.30	8				
4.40	8				
4.50	7				
4.60	22				
4.70	20				
4.80	22				
4.90	29				
5.00	25				
5.10	29				
5.20	28				
5.30	30				
5.40	30				
5.50	32				
5.60	31				
5.70	12				
5.80	7				
5.90	6				
6.00	5				

▽ 132.00m

▽ 131.00m

▽ 130.00m

▽ 128.97m
02.12.2015

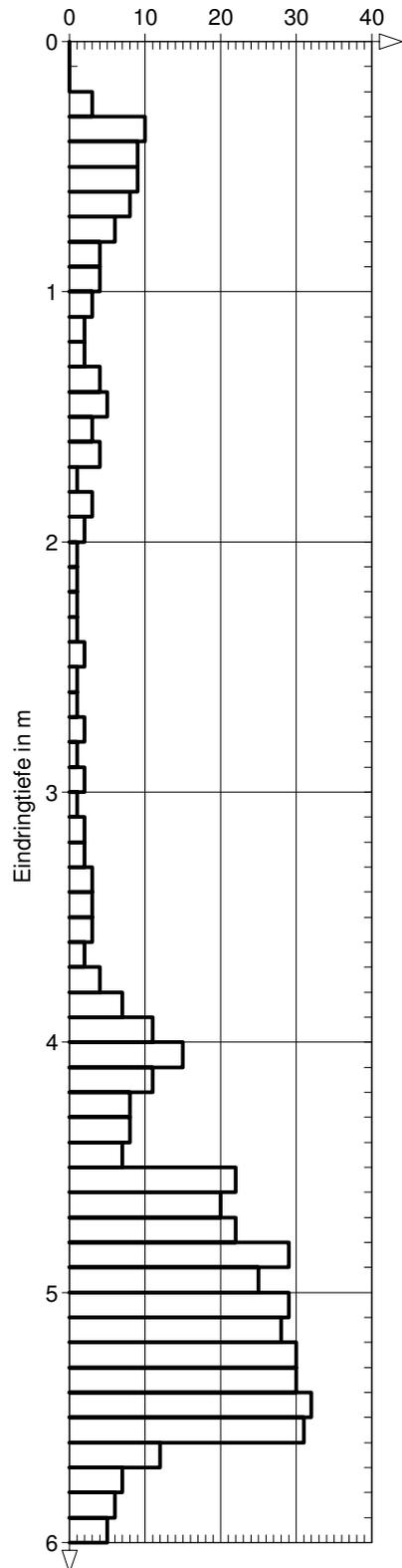
▽ 128.00m

▽ 127.00m

DPH 2

Ansatzpunkt: 132.87 mNN

DPH Anzahl Schläge N10H



Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀
0.10	0				
0.20	0				
0.30	15				
0.40	16				
0.50	7				
0.60	9				
0.70	8				
0.80	8				
0.90	4				
1.00	3				
1.10	1				
1.20	1				
1.30	1				
1.40	1				
1.50	4				
1.60	2				
1.70	1				
1.80	1				
1.90	1				
2.00	1				
2.10	1				
2.20	1				
2.30	2				
2.40	1				
2.50	2				
2.60	1				
2.70	1				
2.80	2				
2.90	2				
3.00	5				
3.10	8				
3.20	12				
3.30	11				
3.40	11				
3.50	9				
3.60	7				
3.70	7				
3.80	8				
3.90	9				
4.00	11				
4.10	10				
4.20	7				
4.30	6				
4.40	10				
4.50	8				
4.60	13				
4.70	11				
4.80	13				
4.90	14				
5.00	20				
5.10	20				
5.20	25				
5.30	28				
5.40	28				
5.50	27				
5.60	16				
5.70	7				
5.80	4				
5.90	4				
6.00	4				

▽ 132.00m

▽ 131.00m

▽ 130.00m

▽ 129.00m

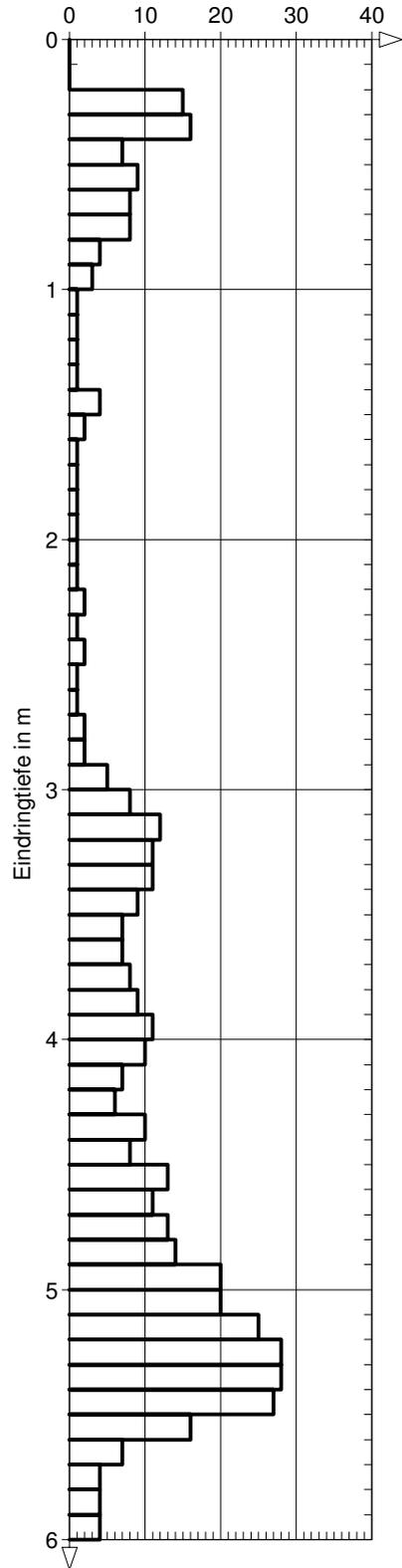
▽ 128.00m

▽ 127.00m

DPH 3

Ansatzpunkt: 132.96 mNN

DPH Anzahl Schläge N10H



Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀	Tiefe	N ₁₀
0.10	1				
0.20	3				
0.30	3				
0.40	3				
0.50	5				
0.60	4				
0.70	3				
0.80	3				
0.90	1				
1.00	1				
1.10	1				
1.20	1				
1.30	2				
1.40	1				
1.50	2				
1.60	1				
1.70	2				
1.80	1				
1.90	2				
2.00	2				
2.10	2				
2.20	1				
2.30	1				
2.40	2				
2.50	3				
2.60	9				
2.70	12				
2.80	10				
2.90	7				
3.00	8				
3.10	10				
3.20	9				
3.30	8				
3.40	7				
3.50	6				
3.60	4				
3.70	6				
3.80	6				
3.90	7				
4.00	11				
4.10	10				
4.20	13				
4.30	13				
4.40	12				
4.50	8				
4.60	5				
4.70	4				
4.80	6				
4.90	8				
5.00	10				
5.10	9				
5.20	7				
5.30	9				
5.40	8				
5.50	7				
5.60	8				
5.70	7				
5.80	6				
5.90	5				
6.00	5				

▽ 132.00m

▽ 131.00m

▽ 130.30m

02.12.2015

▽ 130.00m

▽ 129.00m

▽ 128.00m

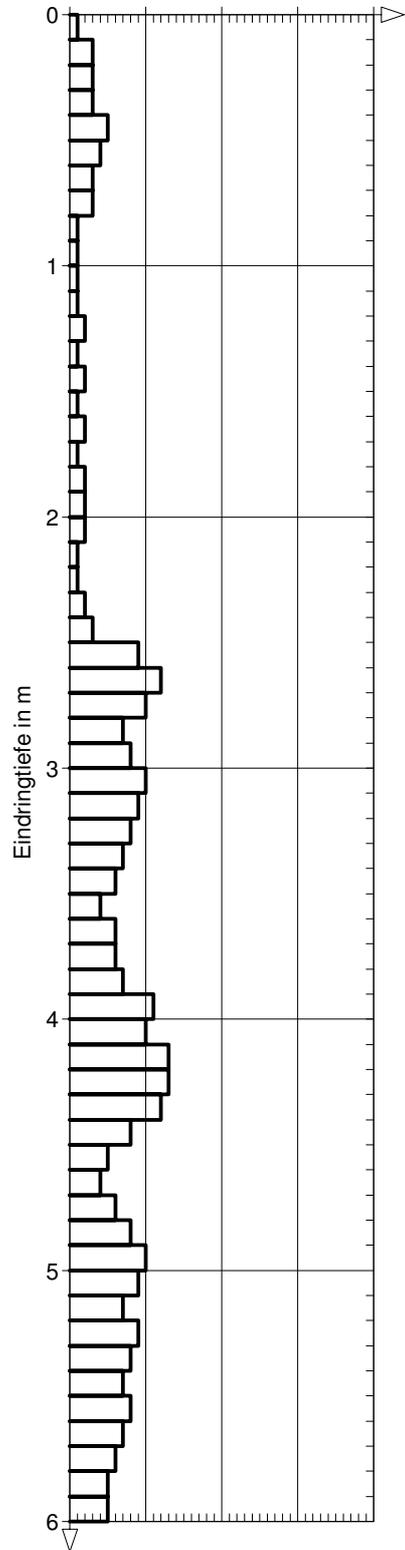
▽ 127.00m

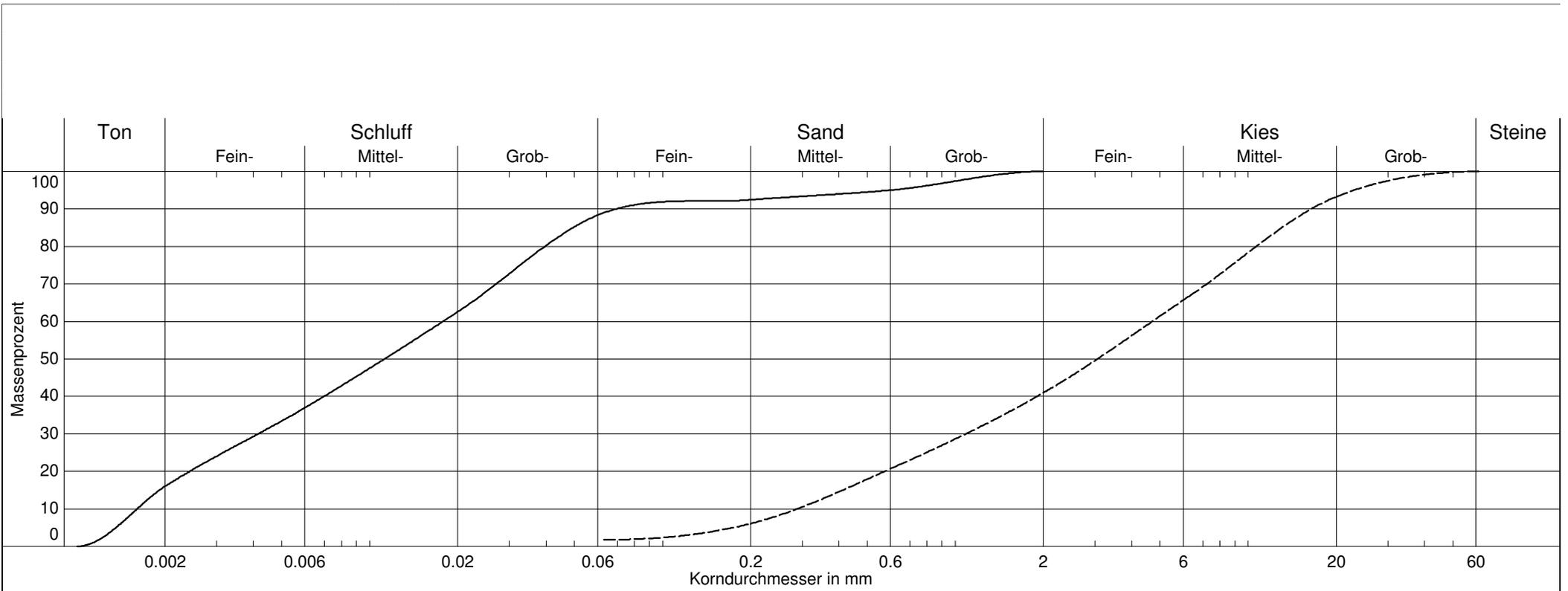
DPH 4

Ansatzpunkt: 132.80 mNN

DPH Anzahl Schläge N10H

0 10 20 30 40





Entnahmestelle	BK 1	BK 1		
Entnahmetiefe	2,7 - 4,2 m	4,3 - 5,0 m		
Labornummer	——— 1.1	----- 1.2		
Ungleichförm. U	U = 11.1	U = 16.3		
Krümmungszahl Cc	Cc = 0.6	Cc = 0.9		
Bodenart	U,t,s'	G,gs,ms		
Bodengruppe	TL	GI		
d ₁₀ / d ₆₀	0.002/0.018 mm	0.288/4.705 mm		
Anteil < 0.063 mm	89.0 %	1.8 %		
Frostempfindl.klasse	F3	F1		
k _f nach Hazen	-(U > 5)	-(U > 5)		
k _f nach Beyer	2.6E-008 m/s	5.4E-004 m/s		
Bodenklasse	4	3		
Phi n.Lang/Huder/Ammann	23.6 °	-		

Wassergehaltsbestimmung (DIN 18121)

Bauvorhaben:	Hubertusstraße, BAD	Art der Entnahme:	gestört
Ausgeführt durch:	DK	Entnommen am:	02.12.2015
Datum:	03.12.2015	durch:	Har
Anlage:	4		

Probe-Nr.:	BK 1.1	Bohrung:	BK 1	Entnahmetiefe:	2,7-4,2 m
$m_f + m_T$:	33,413 g			m_f :	9,285 g
$m_t + m_T$:	31,669 g			m_t :	7,541 g
m_T :	24,128 g				
Wassergehalt:	$w = (m_f - m_t)/m_t =$	0,231	=		23,1 %

Bestimmung der Zustandsgrenzen (DIN 18122, Teil 1)

Prüfungs-Nr.: BK 1.1
 Bauvorhaben: BV Hubertusstraße, BAD
 Ausgeführt durch: DK
 Datum: 03.12.2015
 Anlage: 4

Entnahmestelle: BK 1
 Tiefe: 2,7-4,2 m
 Bodengruppe: TL
 Art der Entnahme: gestört
 Entnommen am: 02.12.
 durch: Har

Versuchs-Nr.:	Fließgrenze				Ausrollgrenze		
	1	2	3	4	1	2	3
Anzahl der Schläge:	34	29	21	15			
feuchte Probe + Behälter [g]:	26,894	26,330	25,801	26,849	24,295	25,884	25,818
trockene Probe + Behälter [g]:	26,115	25,846	25,220	26,207	24,036	25,715	25,529
Behälter [g]:	23,145	24,160	23,277	24,079	22,876	24,439	24,137
Porenwasser [g]:	0,779	0,484	0,581	0,642	0,259	0,169	0,289
trockene Probe [g]:	2,970	1,686	1,943	2,128	1,160	1,276	1,392
Wassergehalt [1]:	0,262	0,287	0,299	0,302	0,223	0,132	0,208

Konsistenzzahl I_c	Konsistenz
< 0	flüssig
0,00 - 0,50	breiig
0,50 - 0,75	weich
0,75 - 1,00	steif
> 1,00	halbfest

Fließgrenze (aus Schaubild):	$w_l = 0,287 = 28,7$
Ausrollgrenze:	$w_p = 0,188 = 18,8$
natürlicher Wassergehalt:	$w = 0,231 = 23,1$

Plastizitätszahl: $I_p = 9,9 \%$
 Konsistenzzahl: $I_c = 0,56$

Konsistenz: weich