



GEOTECHNISCHER BERICHT

Bericht-Nr.	295G02
Projekt:	Erweiterung Eifel Ferienpark Prümatal in Waxweiler
Datum:	18.01.2012
Auftraggeber:	Abnoba Forst- und Immobilien GmbH <u>über:</u> Eifel Ferienpark Prümatal GmbH Schwimmbadstraße 7 54649 Waxweiler
Verteiler:	Abnoba GmbH 3-fach <u>über:</u> b+ architectes, Herrn Oik vorab per Email

Dieser Bericht umfasst 40 Seiten und 5 Anlagen.



Inhaltsverzeichnis:

1.	Vorgang	3
2.	Unterlagen und Beschreibung der Baumaßnahme	3
3.	Baugrund	4
3.1	Geländebeschreibung und Aufschlussprogramm	4
3.2	Geologische Übersicht und Erkundungsprogramm	6
3.3	Baugrundbeschreibung	7
3.4	Hydrogeologische Verhältnisse	13
3.5	Erdbautechnische Laborversuche	15
3.6	Bodengruppen, Bodenklassen und Frostempfindlichkeitsklassen	19
3.7	Bodenkenngrößen	20
4.	Zusammenfassende Beurteilung der Baugrundverhältnisse	20
5.	Erdbautechnische Angaben	21
5.1	Abtrag	21
5.2	Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen	28
5.3	Auftrag	30
5.4	Qualitätssicherung	32
5.5	Baustraßen	32
6.	Bebauung	33
7.	Straßen und Verkehrsflächen	36
8.	Entwässerungskanalbau	37
9.	Versickerung	38
10.	Zusammenfassung	39

Anlagen:

- 1 Lageplan
- 2 Schnitte mit Fotodokumentation der Baggerschürfe
- 3 Standsicherheitsberechnungen
- 4 Bodenmechanische Laborversuche
- 5 Auswertung der Infiltrationsversuche



1. Vorgang

Die Eifel Ferienpark Prümatal GmbH plant die Erweiterung des Ferienparks in Waxweiler.

Dr. Jung + Lang Ingenieure GmbH wurden vom Bauherrn mit der Durchführung von Bau-
grunduntersuchungen und der Erarbeitung eines Geotechnischen Berichtes beauftragt.

Der vorliegende Bericht behandelt alle notwendigen Angaben für die Erschließung, einschließlich der erdbautechnischen Angaben, Gründungsangaben für die Häuser, Tragfähigkeit im Planum der Verkehrsflächen und der Kanäle.

Umwelttechnische Untersuchungen und Bewertungen sind auftragsgemäß nicht Bestandteil des Berichtes.

2. Unterlagen und Beschreibung der Baumaßnahme

Der Bearbeitung vorliegenden Berichtes liegen folgende Unterlagen zugrunde:

- [1] Lageplan zur Flurstückszerlegung, Plannummer 7.00, M 1 : 500, b+ architectes S.à.r.l, Luxembourg vom 15.07.2011
- [2] Querprofile (Gesamtgeländeschnitte), M 1 : 500, b+ architectes S.à.r.l, Luxembourg vom August 2011
- [3] Querschnitt Musterhäuser 4 + 8 Personen, M 1 : 50, b+ architectes S.à.r.l, Luxembourg per Email erhalten am 26.03.2010
- [4] Retentionskonzept, Lageplan, M 1 : 2.000, b+ architectes S.à.r.l, Luxembourg, per Email erhalten am 02.02.2011
- [5] Planungsbesprechung am 10.01.2012, Herr Olk / b+ architectes mit Dr. Jung / Dr. Jung + Lang Ingenieure
- [6] Geologische Karte Rheinland-Pfalz, Blatt Waxweiler

Die Erweiterungsfläche befindet sich auf einer Fläche von ca. 200 m x 250 m hangseitig / südlich des bestehenden Ferienparks und reicht bis zur Straße nach Lauperath (K 137).

Im Rahmen der Erschließung sind Straßen, Parkflächen und Entwässerungsleitungen geplant. Die einzelnen Parzellen werden mit Ferienhäusern für 4, 6 oder 8 Personen bebaut. Hierzu liegen 3 verschiedene, jeweils eingeschossige Haustypen vor, die jeweils in Leichtbauweise auf elastisch gebetteter Bodenplatte gegründet werden.

Die Gradienten der Erschließungsstraßen verläuft im Längsgefälle, wobei die Trassenführung durch Auf- und Abtrag zu terrassieren ist.

Die Rohrsohle der Entwässerungskanäle verläuft etwa 3-4 m unter Geländeoberkante.

Der Erschließung bzw. Bebauung gehen umfangreiche Geländemodellierungen und Terrassierungen voraus, da sich der Hauptteil der Erweiterungsfläche im Bereich eines nach Süden einfallenden Hangs befindet. Zur Terrassierung sind Auf- und Abtragsflächen bzw. teils Stützkonstruktionen geplant.

3. Baugrund

3.1 Geländebeschreibung und Aufschlussprogramm

Das Baufeld kommt in Hanglage mit unterschiedlicher Geländeneigung zu liegen.

Der obere Hangbereich verläuft zwischen der K 137 und einem vorhandenen, hangparallelen Wirtschaftsweg (unbefestigter Waldweg) und ist flach geneigt (ca. 8 – 10 %).

Unterhalb des Wirtschaftsweges befindet sich der steilere, mittlere und untere Hangbereich, der mit Neigungen von ca. 25 – 35 % nach Norden einfällt und an den bestehenden Ferienpark anschließt.

An der Westseite des Baugebiets wechselt die Geländeneigung nach Ost und umschließt die Ortslage Waxweiler talkesselartig.

Das Baufeld ist zurzeit bewachsen, wobei im oberen, flacheren Teilstück Wiese, im Hanggelände Baumbewuchs vorherrscht. Das Gelände ist inzwischen bereits gerodet.

Nachfolgende Abbildungen zeigen die örtliche Situation:



Abbildung 1: Luftbild mit Erweiterungsfläche (Quelle: Google Maps®)



Abbildung 2: Oberer, flacher Hangbereich entlang K137, Blick Richtung Süden



Abbildung 3: Oberer Hangbereich, Blick Richtung Norden



Abbildung 4: Hangparalleler Wirtschaftsweg zwischen oberem und mittlerem Hangbereich



Abbildung 5: Mittlerer Hangbereich, Blick Richtung Westen



Abbildung 6: Mittlerer Hangbereich, Blick Richtung Südwesten



Abbildung 7: Unterer Hangbereich, Blick Richtung Westen

3.2 Geologische Übersicht und Erkundungsprogramm

Die Baugrundverhältnisse im Bereich des geplanten Baugebietes werden gebildet von Fels / Felsersatz des Unteren Devon (Unter- und Oberems), der aus einer Wechselfolge von Ton-Silt- und Sandsteinen besteht.

Der Fels wird im Untersuchungsgebiet von Hang- und Decklehmen überlagert. Lokal sind anthropogene Auffüllungen vorhanden.

Nachfolgende Abbildung zeigt einen Auszug der Geologischen Karte [6].



Abbildung 8: Auszug aus der Geologischen Karte, Blatt Waxweiler [6]

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurde ein mehrstufiges Untersuchungsprogramm bestehend aus

- 23 Baggerschürfen (Sch)
- 23 Sondierbohrungen (BS)
- 25 Sondierungen mit der Schweren Rammsonde (DPH)

ausgeführt.

Die Lage der Aufschlüsse ist dem Lageplan der Anlage 1 zu entnehmen.

Die Ergebnisse der Felduntersuchung sind in Form von 9 Geländeschnitten dargestellt (Anlage 2), wobei die Geländegeometrie aus [2] übernommen wurde.

Fotos der Baggerschürfen sind in den Baugrundschnitten enthalten.

Die erkundeten Böden wurden unter bodenmechanischen Gesichtspunkten angesprochen.

3.3 Baugrundbeschreibung

Mit den Aufschlüssen wurden folgende Baugrundsichten festgestellt, wobei nicht alle Schichten in den jeweiligen Bohrungen und Schürfen erkundet wurden:

- Oberboden / Mutterboden
- Auffüllungen (nur lokal vorhanden)
- Decklehme
- Hanglehme
- Kiesige Sande
- Felsersatz / Fels

Die Schichten werden nachfolgend beschrieben.

Oberboden / Mutterboden

Die oberste Schicht des Baugrundes wird von graubraunem bis dunkelbraunem Mutter- und Oberboden, teilweise mit Grasnarbe, gebildet. Im ursprünglich bewaldeten Hangbereich handelt es sich hierbei um durchwurzelten Waldboden.

Partiell fehlt der Oberboden, eine mitunter nur leicht verwurzelte Schicht ist jedoch durchgängig vorhanden.

Zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung war der Oberboden / Mutterboden feucht bis stark feucht.

Die Mächtigkeit des Oberbodens unterliegt starken Schwankungen und beträgt 0,1 m bis 0,5 m. Für die weitere Planung kann von einer mittleren Mächtigkeit des Oberbodens / Ackerbodens von etwa 0,3 m ausgegangen werden.

Auffüllungen

Im Bereich der geplanten Parkplätze am südwestlichen Rand des Baufeldes (Einfahrt von K137) wurden Auffüllungen erkundet.



Abbildung 9: Bereich der Auffüllungen



Abbildung 10: Ablagerungsstelle Waxweiler



Die Auffüllungen liegen im Bereich einer Altablagerung, die im Bodenschutzkataster der SGD Nord erfasst ist (s. Abbildung 10 = Ablagerungsstelle Waxweiler, Auf Kell, Reg. Nr. 232 01 311 - 0204). Über die Zusammensetzung der Ablagerung liegen keine Informationen vor.

Gemäß den durchgeführten Aufschlüssen handelt es sich um Tone in der Hauptmatrix, in die unterschiedliche Fremdbestandteile wie Betonbruch, Bauschuttreste, auch Keramik, Schwarzdecke und Holzstückchen eingelagert sind.

Die Konsistenz der bindigen Matrix ist weich.

Die Auffüllungen wurden bis in Tiefen von 2,5 m bis 6 m aufgeschlossen, wobei die Basis der Auffüllungen nur in Schurf Sch 33 in einer Tiefe von 5,5 m erreicht wurde.

Die Sondierung DPH 28 zeigte bis 2,5 m Tiefe stark wechselnde Schlagzahlen ($N_{2,0} = 1 - 6$) und damit verbunden eine große Inhomogenität der Auffüllungen und endete bei 2,5 m Tiefe abrupt. Dabei ist unklar, ob es sich um ein Rammhindernis oder bereits das Festgestein handelt. Mit Hinblick auf die Ergebnisse der beiden Schürfen muss davon ausgegangen werden, dass die Basis der Auffüllungen nicht erreicht wurde.

Weitere Auffüllungen in Form umgelagerter Böden können im Bereich der Musterhäuser (s. Abschnitt „Hanglehme“) sowie nördlich der Straße (siehe Abschnitt „Decklehme“) vorhanden sein.

Decklehme

Decklehme wurden hauptsächlich in den flach geneigten, oberen Hangpartien im südöstlichen Geländebereich aufgeschlossen.

Die nachfolgende Abbildung 11 gibt einen Überblick über die ungefähre Verbreitung der Decklehme, wobei zwischen den durchgeführten Aufschlüssen interpoliert wurde.

Die Mächtigkeit der Decklehme beträgt zwischen 0,4 m und 3,1 m, wobei die Schichtdicke überwiegend ca. 1 - 2 m beträgt.

Die mächtigste Deckschicht befindet sich im Bereich der Bohrung BS 31 unmittelbar angrenzend zur K137. Dabei ist nicht auszuschließen, dass es sich zumindest teilweise um umgelagerte Aushubmassen im Zuge der Straßentrassierung handelt.



Abbildung 11: Verbreitungsgebiet der Decklehm

Bei den Decklehmen handelt es sich übergeordnet um Tone mit wechselnden schluffigen, sandigen und kiesigen Nebenbodenanteilen. Kiesige Anteile werden dabei überwiegend von Sandstein-, Siltstein- und Tonsteinstücken gestellt. Lokal können auch die Sandanteile überwiegen.

Die Konsistenzen der Decklehm unterliege starken Schwankungen und reichen von breiig bis halbfest. Homogenbereiche waren im Rahmen der Baugrunduntersuchungen nicht festzustellen.



Die Sondierungen belegen den Decklehmen bei stark variierenden Schlagzahlen von $N_{10} = 1$ bis 12 eine geringe bis mittlere Tragfähigkeit. Einzelne höhere Schlagzahlen sind auf Rammhindernisse wie z.B. eingelagerte Steine zurückzuführen und kein Indiz für eine höhere Tragfähigkeit der gesamten Schicht.

Hanglehme

Im nahezu gesamten Hangbereich wurden unterhalb des Oberbodens Hanglehme bzw. Hangschutt erkundet, der nachfolgend einheitlich als Hanglehm bezeichnet wird.

Im Bereich der östlich gelegenen Bohrungen BS 19, BS 20, BS 21, BS 27 wurden keine Hanglehme festgestellt.

Im oberen, flachen Hangbereich (südlicher Bereich) folgen die Hanglehme unterhalb der Decklehme, wobei eine visuelle Unterscheidung der Hang- und der Decklehme schwierig ist, da sowohl Kornverteilung und Färbung ähnlich ausgeprägt sind.

In den Baugrundschnitten der Anlage 2 sind als Hanglehme vorwiegend gemischtkörnige Böden bezeichnet, die als Gemisch aus Felsbruchstücken und Sanden mit meist hohen Feinkorngehalten vorliegen. Bereichsweise sind auch die tonigen oder schluffigen Anteile prägend ("verlehmt").

Tendenziell besitzen die Hanglehme gegenüber den Decklehmen eine geringere Feuchtigkeit und damit eine höhere Konsistenz und höhere Tragfähigkeit. Die Sondierungen mit der Schweren Rammsonde belegen den Hanglehmen (mit Ausnahme der Oberzone bei 0,5 m – 1,0 m Tiefe) mit Schlagzahlen von i.M. $N_{10} = 5 - 10$ eine mittlere Tragfähigkeit.

Auch im Bereich der Hanglehme ist anhand vereinzelt höherer Schlagzahlen mit eingelagerten Steinen oder Felsblöcken zu rechnen.

Die Mächtigkeit der Hanglehme unterliegt im Untersuchungsgebiet starken Schwankungen und reicht von wenigen Dezimetern (Steilbereich) bis zu 5 m (Flachbereich Musterhäuser bei Sch 3). Überwiegend wurden dabei Mächtigkeiten der Hanglehme von etwa 1 – 2 m festgestellt.

Größere Mächtigkeiten beschränken sich auf den Bereich der Musterhäuser bzw. die Tallage (Sch 1, Sch 3, Sch 4, Sch 14 und Sch 33).

Die Basis der Hanglehme wurde nicht in allen Aufschlüssen erreicht. Die Schürfen Sch 3, 4, 14, 33 und 39 sowie die Bohrungen BS 23 und BS 41 endeten im Bereich der Hanglehme.



Felsersatz

Unterhalb der Deck- bzw. der Hanglehne folgt das Festgestein des Unteren Devons, das in der Oberzone aufgewittert und zu Lockerboden zersetzt ist (Felsersatz).

Der Felsersatz liegt wechselweise als zersetzter Sand- bzw. Schluffstein bzw. als Ton und Schluff von überwiegend halbfester Konsistenz sowie in Form von mürben bis brüchigen Sandsteinstücken vor.

Die Kornzusammensetzung unterliegt engräumigen Wechseln, so dass anhand der vorliegenden Aufschlüsse keine Homogenbereiche erkennbar sind.

Die Mächtigkeit des Felsersatzes reicht von wenigen Zentimetern bis zu 2 m, wobei zur Abgrenzung zum unterlagernden Festgestein auch die durchgeführten Sondierungen herangezogen wurden.

Der Übergang von zersetztem zu entfestigtem Fels ist fließend, so dass der Felsersatz aus bodenmechanischer Sicht nur in einigen Aufschlüssen als separate Schicht ausgewiesen wurde.

Fels

Der Übergang zum entfestigten bis angewitterten Festgestein kann erfahrungsgemäß mit dem Festgehen der Sondierungen mit der Schweren Rammsonde bei Schlagzahlen $N_{10} > 100$ Schläge gleichgesetzt werden.

Im oberen, flachen Hangbereich wurde der Felshorizont in Tiefenlagen von 1,5 – 2,8 m festgestellt. Davon ausgenommen ist der (wahrscheinlich aufgefüllte) Bereich angrenzend zur K 137 (Aufschlüsse BS 31, Sch 39).

Im steileren, mittleren Hangbereich steht entfestigter bis angewitterter Fels in einer Tiefe von 0,8 m – 2,8 m an.

Im unteren Hangbereich (Bereich Musterhäuser bzw. vorhandener Ferienpark) ist demgegenüber eine deutlich mächtigere Lockerbodenüberdeckung vorhanden. Das Festgestein wurde hier erst in Tiefen bis zu 5,3 m (Sondierung DPH 1.2) festgestellt. Im Bereich der Schürfe Sch 3 wird der Felshorizont demgegenüber auch tiefer erwartet.

Im flacheren Hangbereich wurde mit den Aufschlüssen oftmals nur die Oberzone des Festgesteins erreicht.

Der Fels wurde übergeordnet als Sand- und Schluff-/Siltsteine von geringer bis mittlerer Härte erkundet. Der Fels liegt meist plattig bis dickplattig, vereinzelt auch dünnbankig mit einer überwiegend ausgeprägten Klüftigkeit vor.



Die Trennflächen im Festgestein fallen überwiegend schräg zur Böschungsneigung, meist unter 70-80°, lokal auch flacher unter 45-60° zur Horizontalen. Homogenbereiche sind auf der Basis der punktuellen Aufschlüsse nicht ableitbar. Lokal sind auch engräumige Wechsel im Trennflächengefüge vorhanden.

Die einzelnen Schichteinfallen sind in den Einzelprofilen der Anlage 2 beschrieben.

Das Festgestein konnte mit dem bei der Baugrunduntersuchung eingesetzten Kettenbagger (Typ: ZAXIS 280 LCN) gelöst werden. Vor allem in den Hanglagen des steileren Geländes wurde der Fels bis 3,7 m Tiefe (Schürfe Sch 6) aufgeschlossen, was zumindest in Teilbereichen eine eher geringe Festigkeit bzw. Mineralverbund belegt.

Die Felsqualität nimmt tendenziell mit der Tiefe zu.

Generell sind im Baufeld jedoch aufgrund der starken tektonischen Gebirgsfaltung engräumige Wechsel der Felsqualität, Schichtung und Trennflächengefüge zu erwarten. In Teilbereichen muss mit harten und/oder kompakten Felsformationen gerechnet werden, die zum Lösen ggf. auch Meißeleinsatz erfordern.

Zusammenfassung:

In nachfolgender Tabelle 1 sind als Grundlage für die weitere Planung und Kalkulation die Unterkante des Oberbodens und die Tiefenlage der Horizonte von Felsersatz und Fels (jeweils bezogen auf GOK) dargestellt.

Tabelle 1: Zusammenstellung UK Oberboden/Felsersatz/Fels

Schurf [Sch]	UK Mutterboden [m unter Ansatzpunkt]	OK Felsersatz Bodenklasse 6 [m unter Ansatzpunkt]	OK Fels Bodenklasse 6-7 [m unter Ansatzpunkt]
1	0,4	3,6	„ ⁽¹⁾
3	0,5	„ ⁽²⁾	„ ⁽¹⁾
4	0,4	„ ⁽²⁾	„ ⁽¹⁾
5	0,4	1,6	2,0
6	0,4	„ ⁽²⁾	0,8
7	0,4	„ ⁽²⁾	1,2
8	0,5	„ ⁽²⁾	1,7
9	0,4	„ ⁽²⁾	1,8
10	0,4	„ ⁽²⁾	1,6
11	0,4	2,0	2,4
12	0,4	„ ⁽²⁾	1,6
13	0,5	„ ⁽²⁾	1,7
14	0,3	„ ⁽²⁾	„ ⁽¹⁾
15	0,4	1,1	1,6
16	0,5	1,7	2,3
17	0,5	„ ⁽²⁾	1,9
18	0,6	1,7	2,2
19	0,2	„ ⁽²⁾	1,9
20	0,1	1,2	„ ⁽¹⁾
21	nicht ausgebildet	1,0	„ ⁽¹⁾
22	0,1	1,5	„ ⁽¹⁾



Fortsetzung Tabelle 1: Zusammenstellung UK Oberboden/Felsersatz/Fels

Schurf [Sch]	UK Mutterboden [m unter Ansatzpunkt]	OK Felsersatz Bodenklasse 6 [m unter Ansatzpunkt]	OK Fels Bodenklasse 6-7 [m unter Ansatzpunkt]
23	0,2	-(2)	-(1)
24	0,2	-(2)	-(1)
25	0,2	0,6	-(1)
26	0,2	1,1	-(1)
27	0,1	1,4	1,9
28	0,4	-(2)	-(1)
29	0,4	1,3	-(1)
30	0,3	0,8	-(1)
31	0,3	-(2)	3,4
32	0,1	-(2)	-(1)
33	0,03 (3)	-(2)	-(1)
34	0,3	1,1	-(1)
35	nicht ausgebildet	-(2)	1,3
37	nicht ausgebildet	-(2)	1,6
39	0,2	-(2)	-(1)
41	nicht ausgebildet	-(2)	-(1)
43	0,2	-(2)	1,0
44	nicht ausgebildet	-(2)	0,9
45	0,6	1,0	-(1)
46	0,3	-(2)	0,8

(1) Fels mit Schurf nicht erkundet

(2) Felsersatz nicht ausgebildet

(3) nur Grasharbe vorhanden

3.4 Hydrogeologische Verhältnisse

Mit den Bohrungen und Schürfen wurde kein Grundwasser erkundet.

Grundwasser wird auch aufgrund der Hanglage des Baufeldes für die geplante Maßnahme und die voraussichtlichen Gründungstiefen nicht maßgebend.

Allerdings ist mit dem Auftreten von Schicht-/Hangwasser zu rechnen, das sich auf undurchlässigeren Horizonten insbesondere nach Niederschlägen stauen kann. Insbesondere im mittleren und unteren Hangbereich ist mit zum Teil ergiebigen und konzentrierten Oberflächen- und Schichtwasser zu rechnen.

Bei Durchführung der Baugrunduntersuchungen im unteren Hangbereich im Mai 2009 wurden trotz trockener Witterung folgende Schichtwassereintritte festgestellt:

Tabelle 2: Schichtwassereintritte in den Schürfen

Aufschluss	Wassereintritte [m] unter Ansatzpunkt
Sch 1	0,6
Sch 8	1,6
Sch 9	0,5 / 1,3 / 2,2
Sch 11	2,1
Sch 13	0,7 / 1,2
Sch 14	2,3 / 3,0
Sch 16	1,9
Sch 39	3,6

Schichtwasser wurde somit vorwiegend in den unteren Hangbereichen der nördlichen Bau-
 felddhälfte erkundet, wobei insbesondere in niederschlagsreichen Perioden auch in den übrigen
 Bereichen des Baufeldes mit Schichtwasser und Wasseraustritten im Böschungsbereich
 zu rechnen ist.

Im unteren Hangbereich war die Geländeoberfläche infolge von Wasseraustritten stark
 durchnässt und eingestaut.

In Geländerinnen ist auch strömendes Oberflächenwasser mit der Folge von Erosionsbildung
 zu beobachten.

Nachfolgende Abbildungen zeigen Beispiele des Oberflächen-, Schicht- und Stauwassers bei
 trockener Witterung im Zuge der Baugrunduntersuchungen im Mai 2009.



**Abbildung 12: Strömendes Wasser
 im unteren Hangbereich (Haus 101)**



**Abbildung 13: Strömendes Wasser
 im oberen, flachen Hangbereich (Parkplätze)**



Abbildung 14: Schichtwasseraustritte
Schürfe SCH 9 (Haus 101)

In Hinblick darauf ist im Bau- und Endzustand eine kontrollierte Entwässerung des Baufeldes sicherzustellen.



Abbildung 15: Oberflächen-/Stauwasser
im unteren Hangbereich (Haus 96)

Gemäß Wasserwirtschaftsverwaltung Rheinland Pfalz (www.geoportal-wasser.rlp.de) befindet sich das Baufeld nicht im Bereich einer festgesetzten oder geplanten Wasserschutzzone.

3.5 Erdbautechnische Laborversuche

Zur Absicherung der bodenmechanischen Kenngrößen und der erdbautechnischen Eigenschaften wurden an entnommenen Bodenproben bodenmechanische Klassifizierungsversuche im Labor durchgeführt.

Hanglehme:

Die Korngrößenverteilung der Hanglehme wurde an 3 Proben durch Nasssiebungen bzw. Sieb-Schlamm-Analysen nach DIN 18123 untersucht. Die ermittelten Kornverteilungskurven sind in Anlage 4 grafisch dargestellt.

Nachfolgende Abbildung zeigt den Körnungsbereich der Hanglehme.

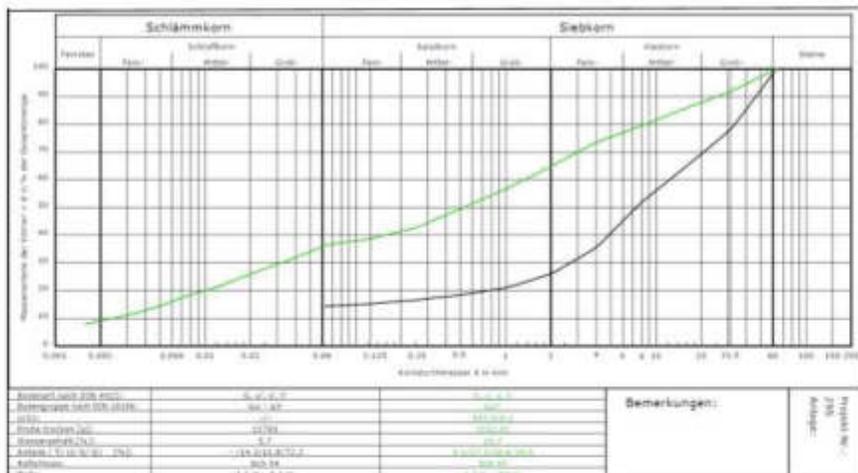


Abbildung 17: Körnungsband des Felsersatzes

Demnach handelt es sich beim Felsersatz des Sch 34 um einen schwach schluffigen, schwach sandigen, schwach tonigen Kies der Bodengruppe GU-GT nach DIN 18196, beim Felsersatz des Sch 47 um einen sandigen, schluffigen, schwach tonigen Kies (Bodengruppe GU*-GT* nach DIN 18196).

Die Plastizitätseigenschaften der bindigen Decklehme wurden durch Ermittlung der Zustandsgrenzen nach Atterberg gemäß DIN 18122 untersucht.

Nach den durchgeführten Untersuchungen sind die Decklehme des Schurf Sch 47 als mittel plastische Tone der Bodengruppe TM nach DIN 18196 einzustufen.

Die Konsistenz der Probe war demnach weich (Konsistenzzahl $I_c = 0,65$).

Die Verdichtbarkeit der aufgeschlossenen Böden wurde durch 4 Proctorversuche nach DIN 18127 untersucht. Die grafische Darstellung der Proctorkurven ist Anlage 4 enthalten.

Die Hanglehme besitzen demnach einen zur Verdichtung optimalen Wassergehalt $w_{pr} = 9,9\%$ bis $10,9\%$ bei einer Proctordichte $\rho_{pr} = 2,01\text{ t/m}^3$ (unter Berücksichtigung des Überkornanteils korrigierte Werte). Der optimale Wassergehalt der Decklehme wurde mit $19,8\%$ bei $\rho_{pr} = 2,01\text{ t/m}^3$ ermittelt. Der Felsersatz hat gemäß Anlage 5 einen optimalen Wassergehalt von $7,3\%$ bei $\rho_{pr} = 2,22\text{ t/m}^3$ (korrigierter Wert).

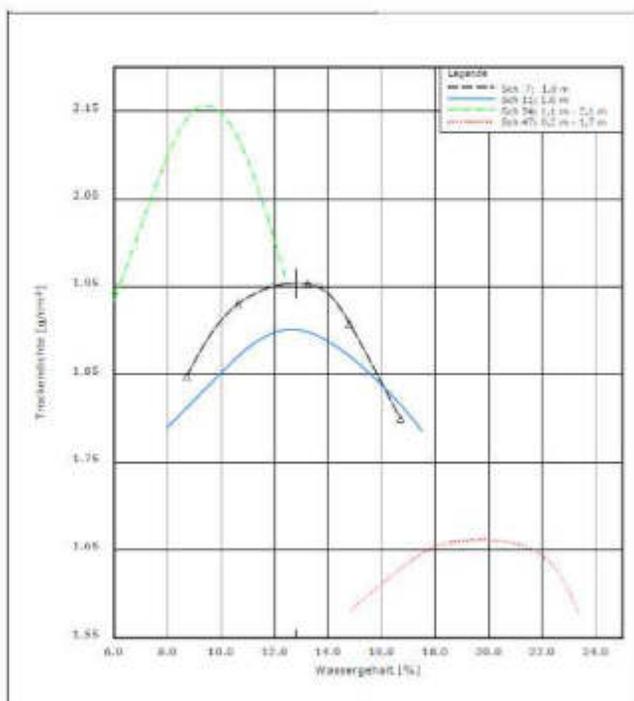


Abbildung 18: Mehrfachdarstellung der Proctorkurven

Die natürlichen Wassergehalte der Deckschichten wurden an 7 Proben durch Ofentrocknung bestimmt und betragen $w_n = 5,7\%$ bis $25,0\%$. Insgesamt unterliegen die natürlichen Wassergehalte somit starken Schwankungen.

Tendenziell ist festzustellen, dass die Wassergehalte der Hanglehme bei etwa $12 - 15\%$ leicht über dem zur Verdichtung optimalen Wassergehalt liegen $w_n > w_{pr}$. Gleiches gilt für die Decklehme ($w_n = 25\%$).

Die bindigen Deckschichten sind somit vor der qualifizierten Verdichtung abzutrocknen bzw. zu homogenisieren.

Der Felsersatz weist demgegenüber Wassergehalte auf, die etwa dem optimalen Wassergehalt entsprechen $w_n \approx w_{p1} \pm 2\%$.

Die grob-/gemischtkörnigen Deckschichten besitzen somit tendenziell zur Verdichtung günstige Wassergehalte.

3.6 Bodengruppen, Bodenklassen und Frostempfindlichkeitsklassen

Die aufgeschlossenen Schichten wurden den jeweiligen Bodengruppen nach DIN 18196 und Bodenklassen nach DIN 18300 zugeordnet.

Die Einstufung in die Frostempfindlichkeitsklassen erfolgte nach ZTVE-StB 09 Tabelle 1. Die Zuordnung entspricht der Schichtenzusammenfassung in den Aufschlussprofilen.

Tabelle 3: Bodengruppen, -klassen, Frostempfindlichkeitsklassen

Bodenart ¹	Bodengruppen nach DIN 18196, Feisgruppen nach MB FGSV	Bodenklasse nach DIN 18300	Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 09
Oberboden / Ackerboden	OH, OT, TL, TM	1, 4	F2 - F3
Auffüllungen	SU*, ST*, GU*, GT*, TL, TM, X	4, 5	F3
Decklehme	ST*, UL, UM, TL, TM	2, 4	F3
Hanglehme	ST*, SU*, GT*, GU*, UL, UM, TL, TM, X	4, 5	F3
Felsersatz	(TL, TM, UL, UM, ST*, GT*) SG-SF/ VZ	4, 6	F3
Fels	SG-SF/ VA- VE	6 - 7	-

¹ Gemischt- und feinkörnige Böden können bei Wasserzunahme verbleiben und sind dann in Bodenklasse 2 einzuordnen.



3.7 Bodenkenngrößen

Auf der Grundlage vorhandener Erfahrungswerte wurden den definierten Schichten Bodenkenngrößen zugeordnet.

Dabei handelt es sich um Bemessungswerte nach dem Globaisicherheitskonzept (cal-Werte) bzw. um charakteristische Werte nach dem Teilsicherheitskonzept gemäß DIN 1054-2005 (Index k).

Tabelle 4: Bodenkenngrößen

Bodenart	Wichte γ [kN/m ³]	Wichte u.A. γ' [kN/m ³]	Reibungswinkel ϕ' [°]	Kohäsion c' [kN/m ²]	Steifemodul E_s [MN/m ²]
Auffüllungen	18	9	25	2 - 5	5
Decklehme	20	10	27,5	0 - 5	5 - 15
Hanglehme	20	10	27,5 - 32,5	2 - 10	8 - 25
Felsersatz	21	12	27,5 - 35	5 - 15 ²	20 - 80
Fels	22	13	35	10 - 25 ²	80 - 150

² schichtparallel darf keine Kohäsion angesetzt werden

4. Zusammenfassende Beurteilung der Baugrundverhältnisse

Die oberste Schicht des Baugrundes wird unterhalb des Oberbodens von Decklehmern bzw. Hanglehmern gebildet, die eine geringe bis mittlere Tragfähigkeit aufweisen.

Die Schichtmächtigkeiten unterliegen jeweils starken Schwankungen und reichen von wenigen Dezimetern bis mehrere Meter.

Darunter folgt das Festgestein, das in der Oberzone aufgewittert und zu Lockerboden zersetzt ist. Der Felsersatz ist dabei überwiegend geringmächtig ausgebildet.

In Teilbereichen der geplanten Parkplätze (Einfahrt von K137) sind Auffüllungen eines registrierten Ablagerungsbereiches vorhanden.

Im Mittel kann von einer Lockerbodenüberdeckung (Decklehm + Hanglehm) von 2 - 3 m ausgegangen werden. Demgegenüber größere Mächtigkeiten sind lediglich im unteren Hangbereich (Umfeld der Musterhäuser und Bestand) vorhanden. Im mittleren, steilen Hangbereich sowie im oberen, flacheren Gelände wurden geringere Lockerbodenmächtigkeiten festgestellt.



Demnach werden im oberen, flacheren Geländeteil, in dem nur geringe Einschnitte ins Gelände notwendig werden, größtenteils Erdbewegungen im Lockerboden stattfinden,

Im mittleren, steileren Hangbereich sind zur Geländemodellierung umfangreichere Eingriffe in das Gelände notwendig. Hier schneidet der Abtrag auch ins Festgestein ein.

Die Haupttrennflächen des Festgesteins verlaufen überwiegend steil geneigt in Böschungsfallrichtung sowie teilweise auch flach geneigt und querschlägig. Für Anschnitte im Festgestein herrscht somit hinsichtlich der Standsicherheit überwiegend eine günstige Schichtung vor. Aufgrund engräumiger Wechsel der Felsqualität und Schichtneigung sind jedoch auch Bereiche mit ungünstigem Schichteinfallen möglich, die nach örtlicher Festlegung zu sichern sind.

Die im Abtragsbereich zum Aushub gelangenden Böden sind durchgängig feinkornreich und somit stark wasser-/witterungsempfindlich. Bei den im Rahmen der Baugrunduntersuchung festgestellten Wassergehalten sind die Aushubmassen (abgesehen von oberflächennah bereits jetzt stark feuchten bis aufgeweichten Decklehmen) größtenteils wieder einbaufähig.

Die Felsmassen zerfallen beim Lösevorgang größtenteils in geeignete Körnung und sind dann ebenfalls wieder einbaufähig. Ggf. sind grobe Felsblöcke vor dem Einbau zu zerkleinern.

5. Erdbautechnische Angaben

5.1 Abtrag

5.1.1 Oberer, flacher Geländebereich

Im oberen, flachen Geländebereich sind voraussichtlich nur geringe Erdbewegungen erforderlich.

Zur Überbrückung der vorhandenen Höhendifferenzen sind Abtragböschungen mit Neigungen $\beta < 1 : 2$ vorgesehen (s. Abbildung 19).

Die Aushubarbeiten erstrecken sich überwiegend auf den Bereich der Lockerböden (hier: Decklehme und Hanglehme).

Untergeordnet kommen die Abtragböschungen auch im Felsersatz/Fels zu liegen, siehe hierzu Abs. 5.1.2.

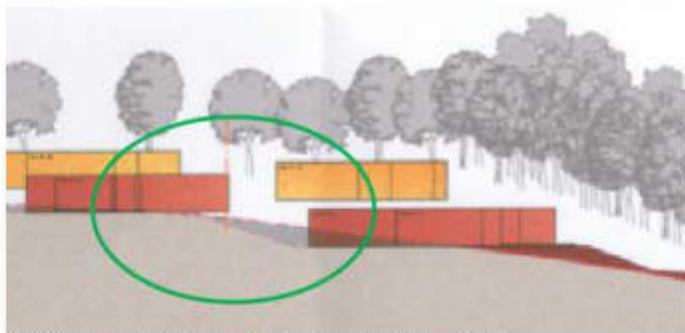


Abbildung 19: Abtragsböschung im südlichen Baufeld

Die Herstellung von Geländeanschnitten im Zuge der Modellierung des Baufeldes kann gemäß folgendem Ablaufplan erfolgen:

- Abtrag und seitliches Lagern des Mutterbodens
- Herstellen des Einschnittes (Quergefälle $\geq 5\%$):
- Boden/Fels lösen und bei geeigneten Wassergehalten möglichst sofort wieder im Auftrag einbauen
- Planum herstellen (abziehen, abschieben, lösen, ggf. reißen)
- Verdichten mittels Schwerer Walzenzüge
- Nachprofilieren (ggf. Ausgleichsschicht mit geeignetem Material einbauen)
- Abschließende Verdichtung
- Prüfung der Tragfähigkeit und Verdichtung (siehe Abschnitt 5.4)
- Oberbau herstellen
- Alternativ: Schutz der fertig gestellten Planien vor Witterungseinflüssen
- Umgehend Begrünen der Böschungsflächen

Wenn es der Baustellenbetrieb erfordert die Aushubmassen zwischenzulagern, sind die Böden auf Mieten verdichtet aufzubauen und vor Witterungseinflüssen (Durchfeuchtung / Austrocknung) zu schützen.

Die Oberflächen der freigelegten Böden (auch der Zwischenplanien) und zwischengelagerten Massen sind zur Vermeidung von Stauwasser mit Gefälle anzulegen.

Standsicherheit:

Die Einschnitte erfolgen vornehmlich im Festgestein bzw. Hangschutt, so dass die Böschungen in Hinblick auf die zu erwartenden geringen Höhen bei Neigungen bis max. 1 : 1,5 ausreichend standsicher sind.

Zur Überprüfung der Böschungsstandsicherheit wurden Standsicherheitsberechnungen mit dem Lamellenverfahren nach BISHOP gemäß DIN 4084 und DIN 1054 durchgeführt.



Die berechneten Ausnutzungsgrade μ sind in Anlage 3 grafisch zusammengefasst.

Die Berechnungen belegen, dass die gemäß DIN 1054 geforderten Ausnutzungsgrade $\mu \leq 1,0$ unter Berücksichtigung der entsprechenden Teilsicherheitsbeiwerte für Lastfall 1 durchgängig eingehalten werden.

Schutz der Böschungsoberflächen:

Die Böschungsoberflächen sind umgehend nach dem Profilieren der endgültigen Einschnittsböschungen zu begrünen, um Erosionsschäden infolge von Niederschlägen zu vermeiden.

Bei einer Neigung bis 1 : 1,5 kann die Begrünung i.d.R. durch das Andecken einer ca. 10 cm mächtigen Oberbodenschicht in Verbindung mit Spritzansaat erfolgen.

Entwässerung:

Der anstehende Untergrund im Bereich des Planums ist als nur gering durchlässig einzustufen.

Daher ist das Planum gemäß ZTVE-StB 09 zu entwässern und mit den erforderlichen Längs- bzw. Querneigungen gemäß ZTVE-StB 09 anzulegen.

Die Baumaßnahmen greifen nicht in das Grundwasser ein.

Neben Anfall von Oberflächenwasser muss jedoch mit bereichsweise ergiebigem Schichtwasser in den Einschnittsbereichen gerechnet werden.

Dieser Schichtwasseranfall wird im Bereich des flacheren Geländes nach den Ergebnissen der Erkundung nur eine geringe Ergiebigkeit aufweisen.

In Hinblick auf diese zu erwartenden geringen Wassermengen wird empfohlen, das anfallende Wasser über eine verbreiterte Frostschuttschicht aus dem Bereich des Planums abzuleiten (s. auch Abs. 7).

Zeigen sich beim Aushub weiche Schichten bzw. stärkere Schichtwasseraustritte, ist die Böschungsneigung abzufachen bzw. die Böschungsfächen sind durch Auflegen eines Auflastfilters (gebrochenes Material z. B. der Körnung 0/100) mit einer Mächtigkeit von $d \approx 0,7$ m zu sichern.

5.1.2 Mittlerer, steiler Geländebereich

Im mittleren Hangbereich sind zur Geländemodellierung steilere Böschungsneigungen als 1 : 2 mit Böschungshöhen von bis zu 7 m vorgesehen.

Zur Ermittlung der maximal zulässigen Böschungsneigung wurden Standsicherheitsberechnungen nach DIN 4084 durchgeführt.

Die Berechnungsergebnisse sind in Anlage 3 enthalten.



Die Standsicherheitsberechnungen ergeben, dass im Lockerboden zur Gewährleistung eines DIN-konformen Standsicherheitsniveaus maximale Böschungsneigungen von 1 : 1,5 ausführbar sind.

Demgegenüber sind im Festgestein bei günstigem Schichteinfallen steilere Neigungen von 45° möglich.

Bei guter Felsqualität in Verbindung mit einem günstigen Trennflächengefüge sind auch Böschungsneigungen von 60° realisierbar, was im Zuge der Bauausführung zu überprüfen ist.

Allerdings wird das anstehende Festgestein ohne weitere Maßnahmen verwittern, was mit reduzierten Festigkeiten und einem abnehmenden, mineralischen Verbund einhergeht.

Bei steileren Böschungen im Festgestein als 1 : 1,5 ist daher grundsätzlich zumindest ein Witterungsschutz erforderlich.

Hinsichtlich des Witterungsschutzes und einer möglichen Begrünung wird empfohlen, einen Fachplaner einzuschalten.

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Pflege der Begrünung dieser steilen Böschungen schwierig ist.

Hinweise zur Planung:

Aufgrund der bereits steilen Hanglage sind zur Terrassierung teilweise steilere Böschungsneigungen als 1 : 1,5 bzw. zusätzliche Stützkonstruktionen erforderlich.

Die Stützkonstruktionen sollen dabei aus gestalterischen Gründen rückwärtig der geplanten Bebauung errichtet werden.

Zur Beschränkung des Platzbedarfs für die geplante Bebauung ist vorgesehen, die Gebäude in steilen Hanglagen talseitig auf Einzelstützen aufzuständern.

Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht die Vorgehensweise im steileren Geländeabschnitt.



Abbildung 20: Systemschnitt steileres Gelände: Erfordernis von Aufständering und Stützkonstruktion

Zum Abtrag der überlagernden Lockerböden siehe Abs. 5.1.1.

Der Abtrag im Festgestein wird nachfolgend beschrieben.

Der vorliegende Fels der Bodenklassen 6 und 7 ist nach den Beobachtungen im Zuge der Baggererschürfen voraussichtlich größtenteils bis in die erforderlichen Tiefen mittels schwerem Bagger und Felszähnen zu lösen.

In Teilbereichen soll auch Meißeleinsatz berücksichtigt werden.

Beim Lösen des Festgesteins sind die Hinweise des Merkblattes der FGSV für die gebirgschonende Ausführung von Spreng- und Abtragsarbeiten an Felsböschungen zu beachten.

Der Fels ist dem Trennflächenverlauf folgend zu lösen.

Auflockerungen des verbleibenden Felsverbandes sind beim Aushub zu vermeiden.



Ein maßgerechtes Lösen ist im Festgestein daher nicht möglich, so dass mit unvermeidbarem Mehraushub zu rechnen ist.

Temporäre Abtragsböschungen, die durch eine Stützkonstruktion gesichert werden, können unter 60° geböscht werden, wenn das Trennflächengefüge günstig ist.

In temporären oder dauerhaften Felsböschungen können ausbrechende Klüfte bzw. ungünstiges Schichteinfallen auftreten, die ggf. durch zusätzliche Maßnahmen wie z.B. Vernagelung mit Spritzbetonschale, Drahtnetzisierung (nach Erfordernis in Verbindung mit Erosionsschutzmatten) und Rückverhängung mit Felsnägeln, Sichern einzelner Felskeile durch Vernagelung zu sichern sind.

Die Länge der Felsnägel ist durch erdstatische Berechnungen zu ermitteln und kann vorab mit einer Länge von etwa 3 m bis 6 m abgeschätzt werden.

Vorab wird empfohlen, für die erforderliche Sicherung der Festgesteinsböschungen von einem Flächenanteil von etwa 15 % auszugehen.

Eine Festlegung der zu sichernden Bereiche ist jedoch aufgrund der engräumig wechselnden Felsqualität auf Grundlage der durchgeführten Baugrunduntersuchungen nicht zuverlässig möglich, so dass die Sicherungsmaßnahmen im Zuge der Bauausführung durch den Baugrundgutachter festzulegen sind.

In Abhängigkeit der Felsqualität und des Trennflächengefüges ist zu berücksichtigen, dass vorgenannte Maßnahmen auch abschnittsweise bzw. parallel dem Aushub folgend ausgeführt werden müssen.

Für die weitere Planung und Kalkulation wird empfohlen, einen Massenansatz für die Sicherung von Felsböschungen zu berücksichtigen

Ausführungshinweise:

Entsprechend den Erkundungsergebnissen ist insbesondere in den steileren Lagen des Hangs Schichtwasser zu erwarten.

Infolge des teils hohen Durchtrennungsgrads des Felses tritt Schichtwasser lokal z.T. konzentriert über Klüfte aus. Weiterhin sind Schichtwasser an den Übergängen z.B. Oberboden-unterlagernde Lockerböden-Fels(-zersatz) insbesondere bei stärkeren Niederschlägen zu erwarten.

Zur Entwässerung sind daher bauzeitlich offene Wasserhaltungen vorzusehen und nach Bedarf zu betreiben.

Zur dauerhaften Fassung des anfallenden Schichtwassers sind Rinnen an den Böschungskronen vorzusehen, die mittels Rigolen entwässert werden müssen (s. Abs. 9).

Nach dem Herstellen der Böschungen sind diese technisch zu begrünen (vgl. Abs. 5.1.1 und oben).

Im Übergangsbereich von Lockerböden (Neigung 1:1,5) zum Fels ist eine Berme anzuordnen.

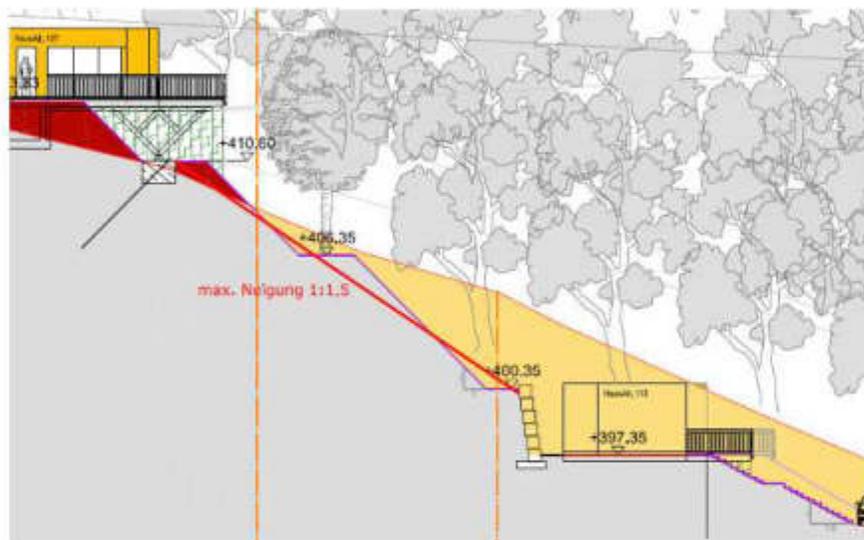


Abbildung 21: Anlegen der Einschnittsböschungen (Beispiel)

5.1.3 Standsicherheit der Einschnittsböschungen

Nach [1] und [2] kommen die geplanten Einschnittsböschungen in folgenden, prinzipiellen Baugrund- und Geländesituationen zu liegen:

Fall 1: Einschnittsböschung im Lockerboden

Fall 2: Einschnittsböschung im Lockerboden mit Stützkonstruktion

Fall 3: Einschnittsböschung im Lockerboden und Festgestein mit Stützkonstruktion

Die Böschungsstandsicherheit wurde jeweils durch Standsicherheitsberechnungen untersucht.

Die Berechnungsergebnisse sind in Anlage 3 dargestellt.



Grundlage für die Berechnung der Standsicherheit nach DIN 4084:2005 sind die Bodenkenngrößen der Tabelle 3. Betrachtet wurden Böschungshöhen < 7 m.

Zusammenfassend sind die Ergebnisse der Standsicherheitsberechnungen in der nachfolgenden Tabelle 5 dargestellt:

Tabelle 5: Standsicherheitsberechnung (Einschnitt)

Fall	Neigung	Ausnutzungsgrad μ	Bemerkungen
1	1 : 1,5	0,87	Anlage 3.2
2	1 : 1,5	0,69	Anlage 3.3
3	1 : 1,5 im Lockerboden, 1 : 1 im Festgestein	0,69	Anlage 3.4 Witterungsschutz im Fels notwendig

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass steilere Böschungen als 1 : 1,5 im Lockerboden zur Gewährleistung eines regelkonformen Standsicherheitsniveaus nicht zulässig sind.

Auch quer zur Erschließungsachse angelegte Böschungen (zwischen den einzelnen Grundstückspartellen) sind unter einer maximalen Neigung von 1 : 1,5 anzulegen.

Im Festgestein sind steilere Anschnitte nur in Kombination mit zusätzlichen Maßnahmen zulässig, da das Festgestein nicht dauerhaft verwitterungsbeständig ist.

Gleichzeitig geht aus den Berechnungen hervor, dass Schichtwasser die Standsicherheit nachteilig beeinträchtigt und daher dauerhaft abzuführen ist bzw. die Böschungsaußenhaut wasserdurchlässig ausgebildet werden muss.

Die Entwässerung ist auch bei Anschüttungen bzw. im Auftragsbereich im Bau- und Endzustand sicherzustellen, sie hierzu auch Abs. 5.3.

5.2 Wiederverwendbarkeit der Aushubmassen

Zum Abtrag / Aushub gelangen im Wesentlichen die Decklehme, die Hanglehme und die (zersetzten bis angewitterten) Massen aus dem Festgestein des Devons.

Die Decklehme und die Hanglehme sind feinkornreich.

Sie sind ohne weitere Maßnahmen nur dann qualifiziert einbaufähig, wenn sie nicht durchnässt / aufgeweicht sind und mindestens steife – halbsteife Konsistenzen besitzen.

Daraus folgt, dass die Decklehme, insbesondere im oberen Meter mit den festgestellten erhöhten Wassergehalten bzw. weichen Konsistenzen nicht qualifiziert einbaufähig sind.

Die Decklehme können daher lediglich in untergeordneten Flächen ohne Qualitätsanforderungen sowie unter Inkaufnahme von Setzungen eingebaut werden.



Gleiches gilt für evtl. zum Aushub gelangende Auffüllungen¹.

Die **Hanglehme** sind bei den zum Zeitpunkt der Baugrunderkundung festgestellten natürlichen Wassergehalten größtenteils wieder einbaufähig. Diese können jedoch jahreszeitlich bzw. witterungsbedingt deutlichen Schwankungen unterliegen.

Aufgrund des hohen Feinkornanteils sind die Hanglehme stark witterungsempfindlich und bei erhöhten Wassergehalten nicht mehr ausreichend verdichtbar.

Der Wiedereinbau der Hanglehme setzt daher zunächst günstige natürliche Wassergehalte in Verbindung mit einer fachgerechten Zwischenlagerung und günstige Witterungsbedingungen beim Einbau voraus und ist daher mit einem erhöhten Witterungs- und Ausführungsrisiko verbunden.

Der zum Aushub gelangende **Felszersatz** ist übergeordnet als **Sand** mit Sandsteinbrocken ausgebildet und für einen verdichteten Wiedereinbau grundsätzlich geeignet. Allerdings ist auch hier zu beachten, dass die Böden vor Durchnässung geschützt werden (s.o.).

Der als **Ton** ausgebildete **Felszersatz** ist bei den festgestellten steifen bis halbfesten Konsistenzen für einen verdichteten Wiedereinbau ebenfalls grundsätzlich geeignet.

Allerdings sind die geforderten Verdichtungsgrade bei leicht erhöhten Wassergehalten oder Austrocknung des Materials nicht erreichbar.

Der Wiedereinbau des Tons setzt günstige Witterungsbedingungen sowie eine intensive fachtechnische Begleitung und Verdichtungsprüfung voraus.

Der in Teilbereichen zum Aushub gelangende **Fels** zerfällt beim Lösen erfahrungsgemäß grobstückig in Stein- und Blockgröße.

Der **Fels** ist als Schüttmaterial zum qualifizierten Wiedereinbau im Auftragsbereich generell geeignet, wenn die Kantenlängen des Felsbruchs auf 2/3 der Schütthöhe durch Zerkleinern beschränkt werden.

Bei plattigem Zerfall des Festgesteins kann eine Zerkleinerung gegebenenfalls auch durch Überfahren mittels schwerer Walze und Stampffußbandage erzielt werden.

Beim Wiedereinbau des Felsaushubs ist ein hohlraumarmere Einbau sicher zu stellen.

Gegebenenfalls ist eine Beimischung fehlender Kornfraktionen erforderlich.

Beim Lösen des Festgesteins entstehen in der Aushubsohle unvermeidbare Unebenheiten infolge von Ausbrüchen.

¹ Beim Aushub von erkennbaren Fremdbestandteilen wie z.B. Ziegel-, Bauschutt- oder Betonresten oder organoleptischen Auffälligkeiten ist vor dem Wiedereinbau die umwelttechnische Unbedenklichkeit nachzuweisen.



Diese sind durch Aufbringen einer Ausgleichsschicht z.B. aus Sand (Felszersatz) auszugleichen.

Für die weitere Planung soll eine Mächtigkeit der Ausgleichsschicht von im Mittel etwa 0,2 m berücksichtigt werden.

5.3 Auftrag

Die Geländeaufschüttung kann grundsätzlich durch Wiedereinbau von geeigneten Decklehm, Hanglehmen, Felszersatz und Fels hergestellt werden, wenn die Hinweise aus Absatz 5.2 beachtet werden und feinkornreiches Material einen zur Verdichtung günstigen Wassergehalt ($w_h = w_{pr}$) aufweist.

Die Schüttilagen sind auf Verdichtungsgrade $D_{pr} \geq 100 \%$ zu verdichten.

Bei feinkörnigen Böden (Hanglehm, Felszersatz) ist zusätzlich der Luftporengehalt auf $n_a \leq 12 \%$ zu beschränken.

Das Schüttmaterial ist lagenweise einzubauen.

Die Schüttilagen sind auf $d \leq 0,3$ m beim Einbau des Tons sowie auf $d \leq 0,4$ m beim Einbau von Sand und Felsschüttungen zu beschränken.

Größere Schüttilagestärken sind zulässig, wenn die ausreichende Verdichtung anhand von Probefeldern nachgewiesen wird.

Die einzelnen Schüttilagen sind umgehend zu verdichten, um Veränderungen der Wassergehalte durch Austrocknung oder Durchnässung (infolge von Niederschlägen) zu vermeiden.

Zur Vermeidung von Stauwasser sind die Schüttilagen mit einem Gefälle von mindestens 3 % nach außen geneigt herzustellen.

Die Schüttilagen sind mit dem vorhandenen Gelände nach ZTVE-StB 09 zu verzahnen.

In Hinblick auf die große Witterungsempfindlichkeit der Abtragsmassen sind beim Wiedereinbau des Materials Verzögerungen im Bauablauf bei wechselhaftem oder schlechtem Wetter zu erwarten.

Eine demgegenüber höhere Planungssicherheit ist durch den Einbau von grobkörnigem Liefermaterial oder Felsschüttung mit geringer Witterungsempfindlichkeit erreichbar.

Als Liefermaterial sind grundsätzlich folgende Bodenarten nach DIN 18196 geeignet:

- grobkörnige Böden der Gruppen SW, GW
- gemischtkörnige Böden der Gruppen GU, GT, SU, ST
- Gemische aus gebrochenem Gestein der Körnung 0/56 bis 0/100 mit stetiger Körnungslinie und einem maximalen Feinkornanteil $d_{0,063\text{mm}} \leq 15 \%$



Recyclingbaustoffe sind bei entsprechender umwelttechnischer Eignung ebenfalls zulässig.

Nach den Ergebnissen von Standsicherheitsberechnungen sind Auftragsböschungen unter einer maximalen Neigung von 1 : 1,5 ausreichend standsicher (Ausnutzungsgrad $\mu = 0,77$; Böschungshöhe bis 6 m).

Bei den Berechnungen wurde für die Auftragsmassen ein Reibungswinkel von $\Phi = 35^\circ$ bei einer Kohäsion von $c = 0 \text{ kN/m}^2$ angesetzt, was einem kiesig geprägten Hanglehm oder einem gebrochenen Felsmaterial entspricht.

Zulässig sind auch folgende Kombinationen aus Scherparametern, die im Zuge der Bauausführung anhand des Schüttmaterials zu überprüfen sind.

Tabelle 6: Anforderungen an das Auftragsmaterial bei Böschungsneigungen von 1 : 1,5

Reibungswinkel Φ [°]	Kohäsion c [kN/m ²]
35	0
32,5	0
30	3
27,5	5
25	7

Aufgrund der festgestellten Schichtwasservorkommen sind die Auftragsbereiche vor Einbau des Schüttmaterial zu entwässern bzw. ist zur Vermeidung von aufstauendem Sickerwasser zur Aufschüttung stark durchlässiges Material (z.B. Felsschüttung) zu verwenden.

Ein Aufstau von Sickerwasser im Auftragsbereich in der Aufschüttung oder ist zu vermeiden.

Ggf. aufgeweichte Böden in der Aufstandsfläche der Aufschüttungen sind auszutauschen und durch Felsschüttungen zu ersetzen.

Die Dammaufstandsflächen sind vor Überschüttung gutachterlich abzunehmen.

Bei Auftragshöhen > 5 m ist im Lockerboden ein Reibungsfuß aus Felsschüttung $d = 0,5 \text{ m}$ einzubauen.

Der Reibungsfuß ist dauerhaft zu entwässern.

Die Böschungen sind zur Vermeidung von Erosionsschäden unmittelbar nach der Fertigstellung zu begrünen, siehe auch Abs. 5.1.



5.4 Qualitätssicherung

In den Aufstandsflächen der Auftragsbereiche (Dammaufstandsflächen) sind Verformungsmodul von E_{v2} -Wert $\geq 30 \text{ MN/m}^2$; $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$ nachzuweisen, um die u. g. Anforderungen beim Bau der Aufschüttungen einhalten zu können (Mindestanforderungen).

In den einzelnen Schüttlagen des Geländeauftrags sind Verdichtungsgrade $D_{pr} \geq 100 \%$ nachzuweisen, um die Eigensetzungen des Materials zu reduzieren und einen möglichst hohlraumarmen Auftrag zu gewährleisten. Bei grobkörnigem Material kann der Nachweis indirekt mittels statischen Plattendruckversuchen (Anforderung $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,3$) erfolgen.

Dynamische Plattendruckversuche zum Nachweis ausreichender Verdichtung sind nicht geeignet und daher nicht zulässig.

Auf dem Planum der Verkehrs- und Gründungsflächen (Auf- und Abtrag) ist ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Zur Qualitätssicherung im Zuge der Geländemodellierung wird die Prüfmethode M 3 der ZTV E-StB 09 vorgeschlagen.

Die Anwendung der Methode M 3 setzt voraus, dass das Arbeitsverfahren entweder aufgrund von Erfahrungen oder als Ergebnis vorlaufender Testfelder festgelegt ist.

Testfelder können auch im Baubereich angelegt werden.

Die Mindestanzahl der Eigenüberwachungsprüfungen beträgt 1 Prüfung je 1.000 m^2 .

Der Umfang an Fremdüberwachung sollte mindestens $1/3$ der Eigenüberwachungsprüfungen umfassen.

Grundsätzlich gelten bei der Qualitätssicherung die Anforderungen der ZTV E-StB 09.

5.5 Baustraßen

Nach Abschieben des Oberbodens stehen im Baufeld Deck- und Hanglehne an.

Diese sind empfindlich gegen Wasserzutritt und weichen bei mechanischer oder dynamischer Beanspruchung dann schnell auf.

Zur Durchführung der Erdarbeiten wird die Anlage von Baustraßen notwendig werden.

Als Material für die Baustraßen ist entsprechend geeignetes grobkörniges Material der Körnung 0/45 bis 0/100 zu verwenden.

Unter Umständen kann es wirtschaftlich sein, das im Zuge des Aushubs gewonnene Felsmaterial zu brechen und als untere Schüttlage für Baustraßen zu verwenden.

Zur Trennung des Schüttmaterials der Baustraßen vom anstehenden bindigen Untergrund wird das Einlegen eines festen Geotextils (mindestens Robustheitsklasse GRK 4 nach Merkblatt FGSV) erforderlich.

Generell sollte eine Mächtigkeit der Baustraße von ca. $d \approx 0,4$ bis $0,8$ m nicht unterschritten werden.

Die Baustraßen sind zu unterhalten.

6. Bebauung

Nach der Terrassierung werden im Gelände voraussichtlich 65 eingeschossige Bungalows errichtet.

Die geplante Bebauung umfasst drei verschiedene, eingeschossige Musterhaustypen in Leichtbauweise, die auf elastisch gebetteten Bodenplatten gegründet werden.

Bei Ausführung eines frostsicheren Aufbau unterhalb der Bodenplatten bis mindestens 80 cm unter zukünftiger Geländeoberkante werden die oberflächennah vorhandenen weichen Böden (Decklehm / Hanglehm) mit geringer Tragfähigkeit weitgehend durchgründet.

Nach [5] ist folgender Aufbau unter den Gebäuden vorgesehen:

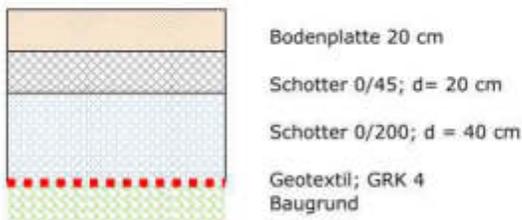


Abbildung 22: Aufbau unter den Bungalows

Unterhalb der Bodenplatten wird eine Tragschicht in einer Stärke von 60 cm eingebaut.

Sie kann in der unteren, 40 cm starken Lage aus einem gebrochenen Gemisch 0/200 mit einem max. Feinkorngehalt $d_{0,063\text{mm}} = 10$ % hergestellt werden.

Die untere Schüttlage ist zur Vermeidung weiterer Aufweichungen im Bereich von bindigen Lockerböden nur statisch zu verdichten. Der Einbau muss dann jedoch zumindest in 2-3 Schüttlagen erfolgen.



Zur besseren Begehrbarkeit sind die oberen 20 cm der Tragschicht aus einem Schotter 0/45 nach ZTV SoB herzustellen und dynamisch auf einen Verdichtungsgrad $D_{95} \geq 100\%$ zu verdichten.

Die Verdichtung ist zu überprüfen.

Die Tragschichten sind zu entwässern.

Im Bereich der Außenwände / bei tiefer liegendem Umgebungsgelände ist die Frostsicherheit durch entsprechende Anpassung des frostsicheren Material zu gewährleisten.

Zwischen Tragschichten und natürlichem Baugrund ist ein Geotextil der Robustheitsklasse GRK 4 nach FGSV-Merkblatt einzulegen.

Die Aushubsohle kommt somit im Bereich der Hanglage überwiegend in Abtrag (Felsersatz/Fels) oder in planmäßig verdichtetem Geländeauftrag zu liegen.

Im Bereich des flacher geneigten Geländes stehen in der Aushubsohle überwiegend Deck- und Hanglehne von mindestens steifer Konsistenz an.

Aufgeweichte Böden sind durch ein Mehr an Tragschichtmaterial auszugleichen.

Zur Bemessung der Bodenplatten der Bungalows ist folgender Bettungsmodul anzusetzen:

$k_s = 30 \text{ MN/m}^3$ im Felsersatz, Fels und Geländeauftrag

$k_s = 15 \text{ MN/m}^3$ im Deck- und Hanglehm

Sofern sich aus der Geländemodellierung die Erfordernis von Aufständungen mit Lastkonzentrationen auf Einzelfundamenten ergibt, sind die Einzelfundamente im planmäßig verdichteten Geländeauftrag (Mindestmächtigkeit 1 m unter der Fundamentsohle) oder im Festgestein abzusetzen.

Aufgrund der Nähe zu bestehenden bzw. neu angelegten Böschungen ist der aufnehmbare Sohldruck bei Einbindetiefen $t \geq 0,5 \text{ m}$ auf

$$\sigma_s = 200 \text{ kN/m}^2$$

zu beschränken.

Die Gründungssohlen durch den Baugrundgutachter zu überprüfen.

Unter Ansatz des vorgenannten Sohldrucks werden rechnerisch Setzungen resultieren, die ein Maß von 1-2 cm nicht überschreiten.



Etwa 50 % der Setzungen werden parallel zur Lastaufbringung auftreten, so dass nach Abschluss der Baumaßnahme nur noch mit geringen Setzungen kleiner als 1 cm zu rechnen ist.

Setzungsunterschiede werden nur wenige Millimeter betragen und sind erfahrungsgemäß unschädlich für die geplante Bebauung.

Zusammenfassend gelten die in Tabelle 7 aufgeführten Gründungsparameter.

Tabelle 7: Gründungsparameter

Gründungsart	Flachgründung auf Tragschicht elastisch gebettete Bodenplatte talseits ggf. Einzelfundamente (Aufständigung)
Gründungsniveau	ca. 0,6 m unter GOK Einzelfundamente sind auf tragfähigen Schichten (Felszersatz, Fels, Geländeauftrag) abzusetzen
Zulässige Bodenpressung	200 kN/m ²
Bettungsmodul	$k_s = 15.000 \text{ kN/m}^3$ in Deck- und Hanglehmen $k_s = 30.000 \text{ kN/m}^3$ in Fels, Felszersatz, Auftrag
Setzungen und Setzungsdifferenzen	$s \leq 1 \text{ cm}$, $\Delta s \leq 0,5 \text{ cm}$
Sohlrreibungswinkel	$\varphi' = 32,5^\circ$
Sonstiges	Abnahme der Gründungssohlen erforderlich
Abdichtung	Bodenplatte gegen Bodenfeuchte (DIN 18195-4)

Bei der Gründung von bergseits der Bungalows örtlich erforderlichen Stützkonstruktion kann davon ausgegangen werden, dass deren Gründungssohle im Festgestein zu liegen kommt bzw. durch Einbau eines gering mächtigen Unterbetonpolsters das Festgestein erreicht wird.

Zur Bemessung der Gründung der Stützkonstruktionen ist somit ein aufnehmbarer Sohldruck von

$$\sigma_s = 450 \text{ kN/m}^2$$

anzusetzen.

Die Gründung im Festgestein ist im baupraktischen Sinn als setzungsfrei einzustufen.

Im Festgestein kann ein Sohlreibungswinkel von 35° angesetzt werden.

7. Straßen und Verkehrsflächen

Die geplanten Verkehrsflächen kommen zum Teil im flacheren, zum Teil im steiler geneigten Gelände zu liegen.

Angaben zur höhenmäßigen Anordnung der Verkehrsflächen sowie zur Bauklasse nach RStO 01 liegen derzeit nicht vor.

Es kann davon ausgegangen werden, dass in den Planien der Verkehrsflächen unterschiedliche Böden (Lockerböden, Felsersatz/Fels, Geländeauftrag) zu liegen kommen.

Alle Böden sind als sehr frostempfindlich nach ZTVE-StB 09 einzustufen (F3-Böden).

Damit wird ein frostsicherer Aufbau erforderlich.

Nach RStO 01 ist auf dem Planum ein Verformungsmodul $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nachzuweisen.

Die vorhandenen Tragfähigkeiten im Baufeld sind wie folgt zu bewerten (s. Tabelle 8):

Tabelle 8: Maßnahmen zur Erhöhung der Tragfähigkeit im Planum

Baugrundschrift	Vorhandener Verformungsmodul E_{v2} (geschätzt) [MN/m ²]	Erforderlicher Bodenaustausch zum Erreichen des nach RStO geforderten Verformungsmoduls [m]
Auffüllungen (Bereich Parkplatz Südost, Straße)	5 - 10	0,4 - 0,6
Decklehme	5 - 10	0,4 - 0,6
Hanglehme	10 - 15	0,3 - 0,5
Felsersatz	25	0,2 - 0,3
Fels	> 45	rd. 0,2 m zum Ausgleich aushubbedingter Unebenheiten

Als Bodenaustausch ist gebrochenes Material der Körnung 0/45 bis 0/56 (Frostschutzmaterial gemäß TL SoB StB 04) einzubauen und auf Verdichtungsgrade $D_{pr} \geq 100 \%$ zu verdichten. Die Verdichtung ist nachzuweisen.

Zwischen Bodenaustausch und feinkörnigem Untergrund ist ein trennendes Geotextil der Robustheitsklasse GRK 3 einzulegen.

Die tatsächlich erforderliche Mächtigkeit ist im Zuge der Bauausführung festzulegen, wobei eine fachgutachterliche Begleitung in Verbindung mit Probeflächen empfohlen wird.

Im Bereich des Geländeauftrags wird die geforderte Tragfähigkeit im Planum beim Einbau grobkörniger Böden planmäßig erreicht, wenn die Schütthöhen mindestens rd. 1 m betragen.



8. Entwässerungskanalbau

Die geplanten Entwässerungskanäle kommen vollständig im Bereich der Erschließungsstraßen zu liegen.

Nach [5] liegt die Rohrsohle voraussichtlich bis zu etwa 3 – 4 m unter Geländeoberkante.

Die Kanaldimension wird mit < DN 300 angenommen.

Der Baugrund in der Rohrsohle wird von Hanglehmen bzw. Festgestein mit ausreichender Tragfähigkeit gebildet.

Maßnahmen zur Erhöhung der Tragfähigkeit in der Kanalsohle sind lediglich im Bereich weicher Decklehme (wahrscheinlich in den o.g. Tiefen nicht mehr vorhanden) sowie Auffüllungen (südöstliches Baufeld) notwendig.

Im mittleren, steileren Hangbereich sind neben dem Ausgleich aushubbedingter Felsausbrüche in den Sohlen Dränagen in Splitt 5/16 einzubauen, die zur Fassung und Ableitung des anfallenden Schichtwassers geeignet ist. Oberhalb der Dränage ist zur Ausbildung eines geeigneten Rohauflagers Schotter z.B. 0/32 nach ZTV SoB-StB in einer Mächtigkeit von etwa 0,15 – 0,25 m einzubauen und auf $D_{95} \geq 100\%$ zu verdichten.

Somit ergeben sich folgende erforderliche erdbautechnische Maßnahmen:

Tabelle 9: Maßnahmen in der Kanalsohle

Bereich	Kanalsohle	Maßnahmen
Altablagerung / Auffüllungen	Nicht tragfähig, teilweise Schichtwasser	50 cm Bodenaustausch, ggf. Dränage
Südlicher Bereich (flache Geländeneigung)	Tragfähig, nur geringer Schichtwasserandrang zu erwarten	- (lokal ggf. offene Wasserhaltung)
Nördlicher Bereich (steileres Gelände)	Tragfähig, Lokal starker Wasserandrang, im Festgestein unebene Aushubsohle	Dränage + Ausgleich der Unebenheiten, Wasserhaltung

Zum Herstellen des Kanalgrabens im Festgestein ist durchgängig Bodenklasse 7 für den Fels zu erwarten.

Die Gräben sind nach den Ergebnissen der Baugrunderkundung voraussichtlich kurzzeitig ausreichend standfest, allerdings besteht Gefahr durch einbrechende Lockerböden und herabfallendes Gestein.

Die Gräben sind daher grundsätzlich mittels eines eingestellten Verbaus zu sichern.



Zur Fassung und Ableitung des Wassers ist eine offene Wasserhaltung vorzuhalten und nach Bedarf zu betreiben.

Hinsichtlich der Verfüllung des Kanalgrabens gelten die Verdichtungsanforderungen wie an den Geländeauftrag (s. Abs. 5.3).

9. Versickerung

Im Rahmen der Erweiterung des Ferienparks ist geplant, anfallendes Niederschlagswasser dezentral zu versickern.

Versickerungsflächen sind östlich der Bebauung sowie im Nordwesten vorgesehen.

In diesen Flächen wurden 5 Bohrungen ausgeführt (s. Lageplan der Anlage 1).

Zur Untersuchung der Versickerungsfähigkeit des Untergrundes wurden im Bereich der geplanten Versickerungsanlagen 4 Bohrlochinfilitrationsversuche mit fallender Druckhöhe durchgeführt.

Die Versuchsergebnisse sind in Anlage 4 enthalten.

Mit den Eingießversuchen wurden Durchlässigkeitsbeiwerte von

$$k_{e,k} = 1,7 \times 10^{-8} \text{ m/s bis } 6,7 \times 10^{-9} \text{ m/s}$$

ermittelt.

Der Baugrund ist aufgrund der Versuche als schwach bis sehr schwach durchlässig im Sinne der DIN 18130-1 zu bewerten.

Mit den Bohrlochinfilitrationsversuchen wurden sehr geringe Durchlässigkeiten ermittelt, die außerhalb des entwässerungstechnisch relevanten Bereichs nach DWA-A 138 (1×10^{-3} m/s bis 1×10^{-6} m/s) liegen.

Dadurch ist ein längerer Einstau der Versickerungsfläche und ein reduziertes Rückhalte- und Umwandlungsvermögen infolge anaerober Verhältnisse in der ungesättigten Versickerungszone möglich.

Eine ergänzende Ableitungsmöglichkeit des Niederschlagswassers ist daher vorzusehen.



10. Zusammenfassung

Für die Erweiterung des Eifel - Ferienparks Prümatal in Waxweiler wurden Baugrunduntersuchungen durchgeführt und Hinweise zur Erschließung und Bebauung erarbeitet.

Der Baugrund wird in den oberen Schichten von gering tragfähigen Decklehmen und Hanglehmen mit geringer bis mittlerer Tragfähigkeit gebildet. Unterlagernd folgt der tragfähige Felsersatz / Fels.

Im Einfahrtsbereich zur K137 sind auch Auffüllungen eines registrierten Ablagerungsbereiches vorhanden.

Die Deck- und Hanglehme sind in der Regel zwischen 1 und 2 m mächtig, der Übergang zum Festgestein erfolgt mit geringmächtiger Verwitterungs-/Zersatzzone.

In den Hanglagen tritt lokal stark Schichtwasser aus.

Die weichen bis durchnässten oberflächennahen Decklehme sind nicht qualifiziert einbaufähig.

Die Hanglehme und der Felsersatz sind bei den erkundeten Wassergehalten voraussichtlich ausreichend verdichtbar. Allerdings sind die Böden aufgrund des hohen Feinkornanteils stark witterungsempfindlich.

Der Fels zerfällt beim Lösevorgang teilweise in geeigneter Körnung, ggf. ist eine Zerkleinerung vor dem Wiedereinbau erforderlich.

Einschnitts- und Auftragsböschungen sind unter max. Böschungsneigungen von 1 : 1,5 anzulegen und zu begrünen.

Im Bereich von Felsböschungen sind bei günstigem Schichteinfallen auch steilere Böschungsneigungen von 45° bis 60° ggf. in Verbindung mit Sicherungsmaßnahmen realisierbar.

Oberflächen und Schichtwasser aus dem Baufeld im Bau- und Endzustand ist kontrolliert zu fassen und zu beseitigen.

Die geplanten Gebäude können flach auf Bodenplatten bzw. auf Einzelfundamenten gegründet werden.

Im Bereich des Straßenplanums ist lokal Bodenaustausch zur Erhöhung der Tragfähigkeit erforderlich.

Die Rohrsohlen der geplanten Entwässerungskanäle kommen voraussichtlich überwiegend in ausreichend tragfähigen Böden zu liegen. Die Gräben sind mittels eingestelltem Verbau zu sichern.



Die Qualität im Erdbau ist mit dem Prüfumfang gemäß ZTV E-StB 09 im Rahmen von Eigenüberwachungs- und Kontrollprüfungen zu überwachen.

Die Gründungssohlen der Gebäude und Aufstandsflächen der Aufschüttungen sind in der Örtlichkeit durch den Baugrundgutachter zu überprüfen.

Weitere Hinweise können dem vorliegenden Bericht entnommen werden.

Trier, 18.01.2012

gesehen:

Dr. Jung + Lang Ingenieure GmbH
Geotechnik und Umwelt
Am Wissenschaftspark 25+27
54296 Trier

Dr.-Ing. Stefan Jung

bearbeitet:

Dipl.-Ing. Martin Recktenwald



ANLAGE 0

Legende



Anlage 0: Legende

ZEICHENERKLÄRUNG (s. DIN 4023)

UNTERSUCHUNGSSTELLEN

	SOH	Schurf
	B	Bohrung
	BK	Bohrung mit durchgehender Kerngewinnung
	BP	Bohrung mit Gewinnung nicht gekerner Proben
	BuP	Bohrung mit Gewinnung unvollständiger Proben
	DL	Rammsondierung leichte Sonde DIN 4094
	DHL	Rammsondierung mittelschwere Sonde DIN 4094
	DH	Rammsondierung schwere Sonde DIN 4094
	BS	Sondebohrung
	CP	Drucksondierung nach DIN 4094
	RAS	Rammrammsondierung
	GW	Grundwassermetastufe

PROBENTNAHME UND GRUNDWASSER

	Proben-Gesamtheit nach DIN 4021, Tab.1
	Grundwasser angebohrt
	Grundwasser nach Bohrende
	Aufwasserstand
	Schichtwasser angebohrt
	Sondeprobe
	Bohrprobe (Eimer 5 l)
	Bohrprobe (Glas 0,7l)
	kein Grundwasser
	Verwechelte Bohrkernprobe

BODENARTEN

Auffüllung	
Böden	mit Böden
Geschleibemergel	mergelig
Kies	kiesig
Mudde	orgamisch
Sand	sandig
Schluff	schluffig
Steine	steinig
Ton	tonig
Tuff	humus

A	
Y	
Mg	
G	
F	
S	
U	
X	
T	
H	

FELSARTEN

Z	
Zv	
Gr	
Kal	
Kalk	
Met	
Met	
Sat	
Ust	
Tst	

KORNGRÖßENBEREICH

f	fein
m	mittel
g	groß

NEBENANTEILE

·	schwach (< 15 %)
•	stark (ca. 30-40 %)
••	sehr schwach
•••	sehr stark

KONSISTENZ

brg		sch	
stf		hst	
ftc			

FEUCHTIGKEIT

F	
AS	
KS	

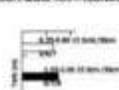
RAMMSONDIERUNG NACH DIN 4094

Beispielwert für 20 cm Sondierlänge



	200 N	500 N	1000 N
Schichtstärken	5,00 cm	5,00 cm	5,00 cm
Schichtgewicht	10,00 kg	25,00 kg	50,00 kg
Schichtgeschwindigkeit	5,00 cm	5,00 cm	5,00 cm
Einwirkzeit	10,00 s	10,00 s	10,00 s
Penetration	20,0 cm	20,0 cm	20,0 cm

BOHRLÖCHRAMMSONDIERUNG NACH DIN 4094

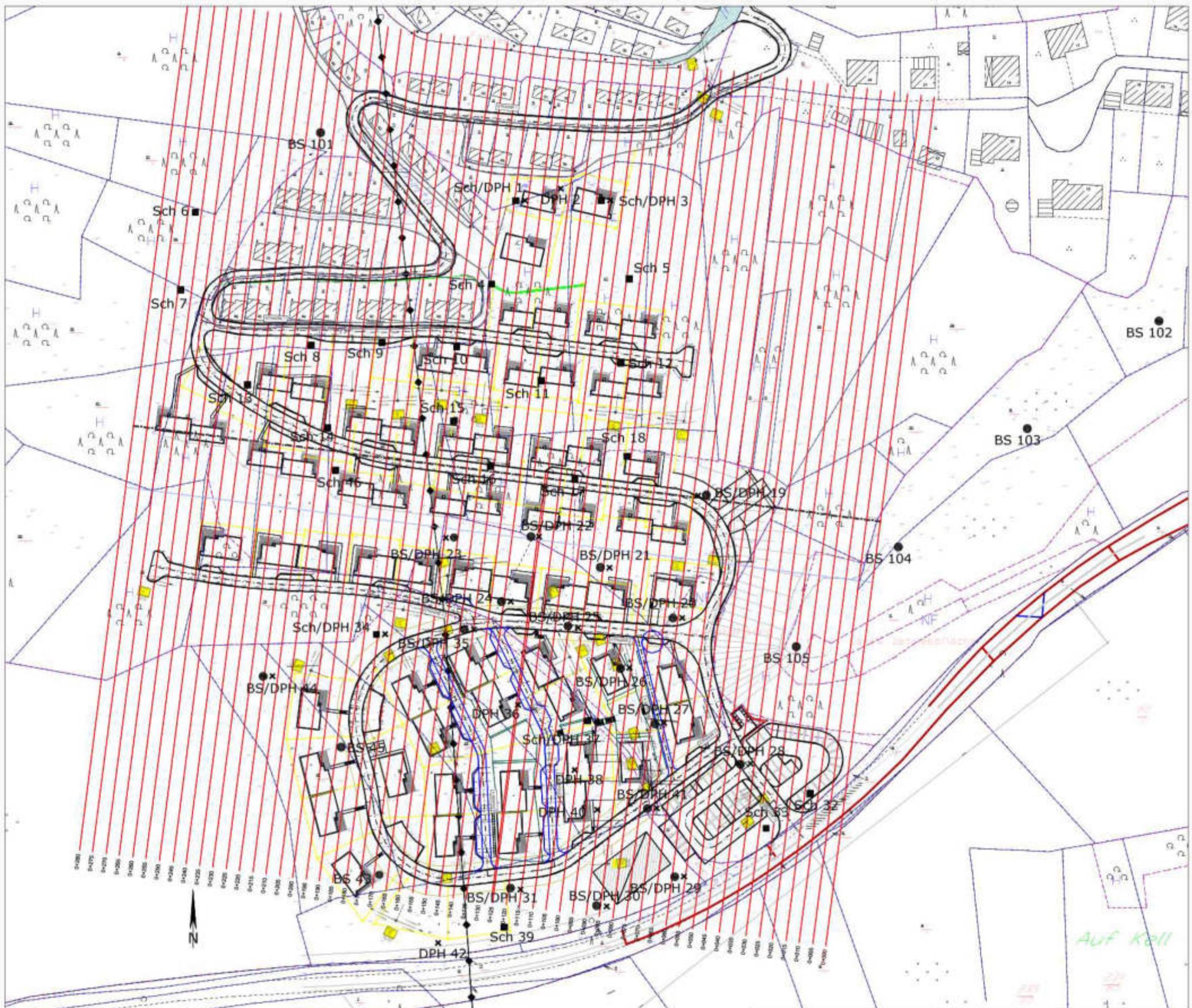


offene Bohrer
geschlossene Bohrer



ANLAGE 1

Lageplan



Projekt: Erweiterung Eifel Ferienpark Prümatal in Waxweiler	
Planbezeichnung: Lageplan	
Anlage Nr.:	
Maßstab: 1 : 1000	
Bearbeiter: Dr. Stefan Jung	Datum: Jan. 2012
Gezeichnet: Anja Merches	
Datum: 295_Lp_nov.dwg	
Projekt-Nr.: 295	



06115 Saarbrücken
 Tel: 0681 / 92799870
 Fax: 0681 / 92799879
 E-Mail: info@j-l-ingenieure.com

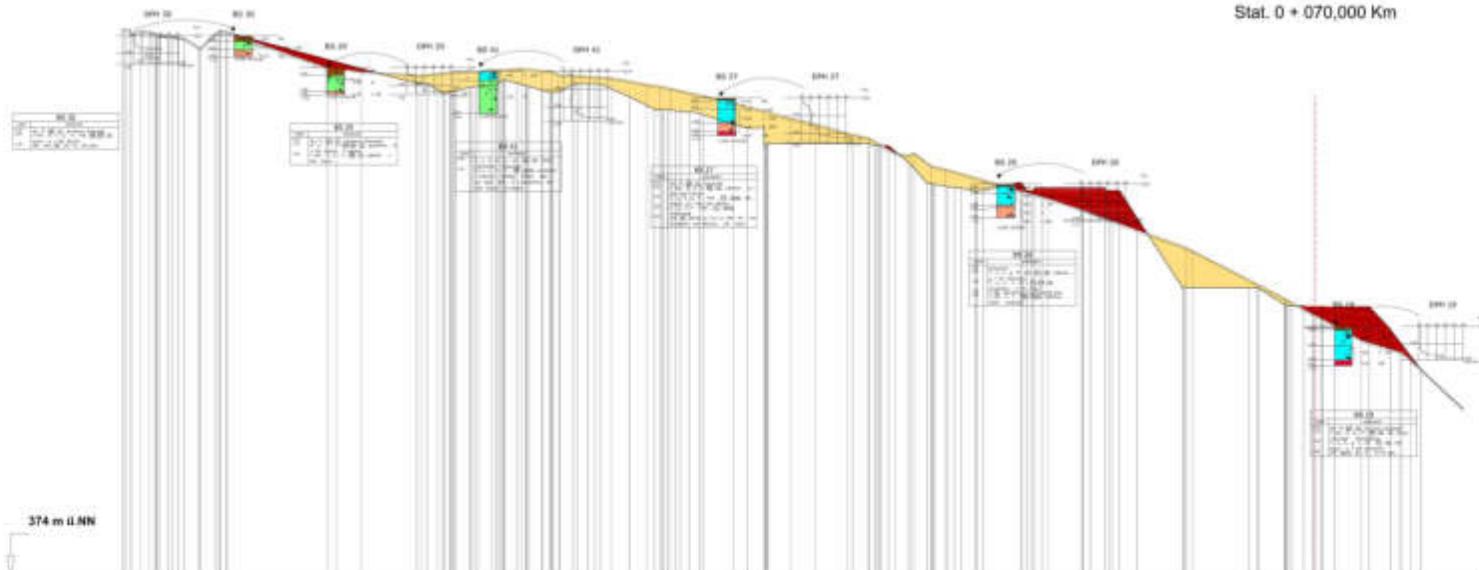
Am Wissenschaftspark 25+27
 54296 Trier
 Tel: 0651 / 4627963
 Fax: 0651 / 4627964

Auf Kell



A N L A G E 2

Schnitte mit Fotodokumentation der Baggerschürfe



	0+00	0+05	0+10	0+15	0+20	0+25	0+30	0+35	0+40	0+45	0+50	0+55	0+60	0+65	0+70	0+75	0+80	0+85	0+90	0+95	0+100
URGELÄNDEHÖHE	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83	452,83
GEPLANTE GELÄNDEHÖHE	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800	412,800
	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275	-41,0275

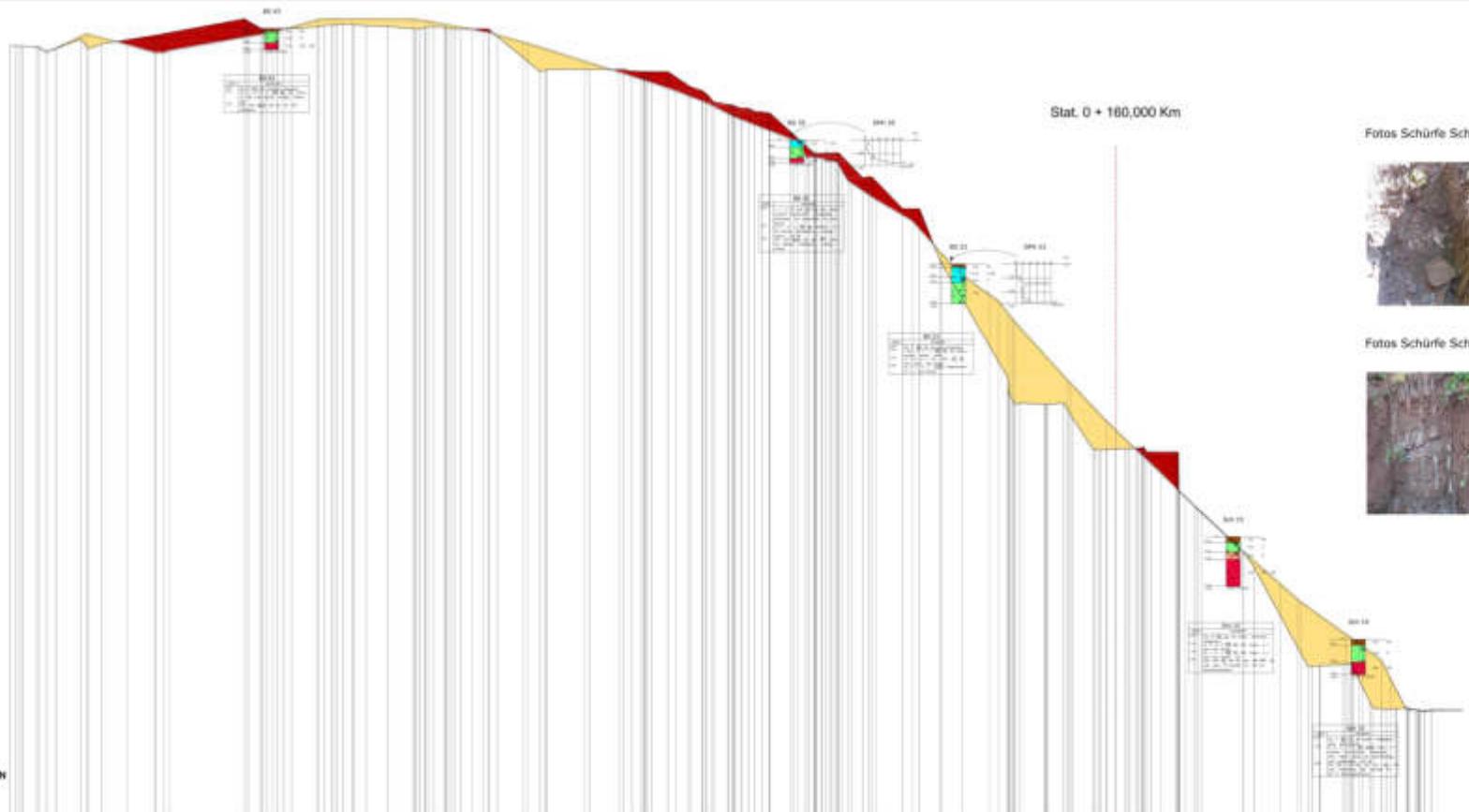
- Legende**
- Aufschüttungen
 - Ausgrabungen
 - Hangschuttschicht
 - Pflaster
 - Fahrbahn

Projekt:
 Entwurf eines Fernverkehrs-Planes in München

Planzeichnung:
 Station 0+070



Blatt Nr.: 1.1
 Maßstab: 1:2000
 Datum: 10.08.2010
 Projekt: Fernverkehrs-Plan
 Blatt: 1.1
 Blattgröße: 297x420
 Blatttitel: Station 0+070



Stat. 0 + 160,000 Km

Fotos Schürfe Sch 10



Fotos Schürfe Sch 15



URGELÄNDEHÖHE	GEPLANTE GELÄNDEHÖHE
-103,00	178,428
	178,440
	178,452
	178,464
	178,476
	178,488
	178,500
	178,512
	178,524
	178,536
	178,548
	178,560
	178,572
	178,584
	178,596
	178,608
	178,620
	178,632
	178,644
	178,656
	178,668
	178,680
	178,692
	178,704
	178,716
	178,728
	178,740
	178,752
	178,764
	178,776
	178,788
	178,800
	178,812
	178,824
	178,836
	178,848
	178,860
	178,872
	178,884
	178,896
	178,908
	178,920
	178,932
	178,944
	178,956
	178,968
	178,980
	178,992
	179,004
	179,016
	179,028
	179,040
	179,052
	179,064
	179,076
	179,088
	179,100
	179,112
	179,124
	179,136
	179,148
	179,160
	179,172
	179,184
	179,196
	179,208
	179,220
	179,232
	179,244
	179,256
	179,268
	179,280
	179,292
	179,304
	179,316
	179,328
	179,340
	179,352
	179,364
	179,376
	179,388
	179,400
	179,412
	179,424
	179,436
	179,448
	179,460
	179,472
	179,484
	179,496
	179,508
	179,520
	179,532
	179,544
	179,556
	179,568
	179,580
	179,592
	179,604
	179,616
	179,628
	179,640
	179,652
	179,664
	179,676
	179,688
	179,700
	179,712
	179,724
	179,736
	179,748
	179,760
	179,772
	179,784
	179,796
	179,808
	179,820
	179,832
	179,844
	179,856
	179,868
	179,880
	179,892
	179,904
	179,916
	179,928
	179,940
	179,952
	179,964
	179,976
	179,988
	179,000

- Legende**
- Tü
 - Talgangschicht (Hangschicht)
 - Gravel
 - Aufschüttungen
 - Überboden

Projekt:
 Auftraggeber:
 Maßstab: 1:100
 Datum:
 Zeichner:
 Geprüft:
 Freigegeben:
 Datum:
 Projekt:
 Auftraggeber:
 Maßstab: 1:100
 Datum:
 Zeichner:
 Geprüft:
 Freigegeben:
 Datum:

Fotos Schürfe Sch 13



Stat. 0 + 270,000 Km

374 m ü.NN

Fotos Schürfe Sch 6



Fotos Schürfe Sch 7



URGELANDEHÖHE	-26,66	404,37	-20,23	401,60	-16,08	400,04	-8,03	398,07	0,00	393,79	2,31	393,03	5,34	392,04	19,31	386,47	21,25	387,88	22,26	387,55	30,78	386,43	31,79	385,19	32,64	384,61	33,66	384,77	36,43	383,82	36,68	383,06	37,18	383,70	41,47	383,00	43,10	383,37	45,27	383,72	45,17	383,70	51,21	383,81	53,63	383,81	54,83	383,84	55,66	383,92	73,61	383,94	75,36	383,71	80,36	383,58	86,48	383,02	87,52	383,05	93,69	382,25	95,37	382,61																												
GEPLANTE GELÄNDEHÖHE	-18,638	400,262	-4,105	393,536	-2,307	391,350	-2,104	391,350	-1,696	391,350	-1,540	390,185	-1,517	389,980	-0,678	390,001	-0,511	390,001	-0,486	390,000	0,000	390,000	0,019	390,000	1,183	390,000	1,301	390,000	1,632	390,000	5,103	390,000	5,527	390,000	8,103	390,000	8,168	389,696	8,740	389,650	14,310	386,978	21,489	386,524	22,585	385,340	23,285	385,128	31,069	385,067	31,355	384,963	31,657	384,868	33,877	384,767	36,432	383,623	36,624	383,692	37,195	383,697	41,467	383,691	43,157	383,699	45,273	383,712	45,165	383,709	53,013	383,775	59,659	383,630	61,729	383,358	62,011	383,358	62,011	383,358	73,610	383,944	81,360	383,583	86,483	383,023	87,523	383,048	93,691	382,250	95,370	382,612

Legende

- Oberboden
- Aufbungen
- Decklehm
- Hangschutt (Hanglehm)
- Felsersatz
- Fels

Projekt:
 Erweiterung Eifel Parkpark Freizeit in Wasserloo

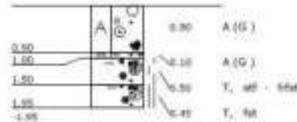
Planbestimmung:
 Station 0+270

Dr.-Ing. J. Ludwig
ingeturm

Blatt Nr.: 2/2
 Maßstab: 1 : 250/100

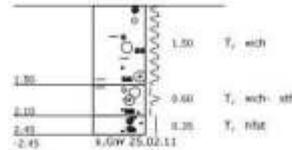
Bestand: 13.06.2014
 Datum: 13.06.2014
 Blatt: 2/2
 Projekt: 001

BS 101



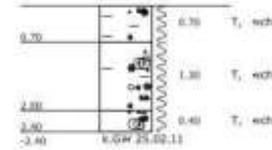
BS 101	
TIEFE	BODENART
0.90	A(G), u, s, f, s, f, f, wch, braun, g
2.00	A(G), u, s, f, f, graubraun, g = Binn2
1.00	T, u, s, f, aff - Mt, braun, g = Tat - Stücke
1.05	T, u, s, f, Mt, g = Tat - Stücke

BS 102



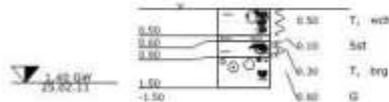
BS 102	
TIEFE	BODENART
1.30	T, u, s, f, wch, braun, g = Set - Lage 3 on bei 0,8 m
2.15	T, u, s, f, wch - aff, braun, g = Set und Tisch
2.45	T, u, s, f, Mt, rotbraun, g = Set und Tisch

BS 103



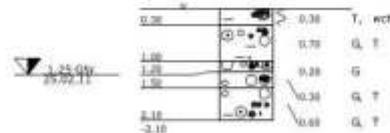
BS 103	
TIEFE	BODENART
0.70	T, u, s, f, wch, braun
2.00	T, u, s, f, wch, g = Set - Stücke, schiefel
2.40	T, u, s, f, wch, braun, g = Steine und Schiefer

BS 104



BS 104	
TIEFE	BODENART
0.50	T, u, s, f, wch, braun, g = Set - Stücke
0.60	Set, h, grav
0.90	T, u, s, f, brg, braun
1.30	G, s, f, f, graubraun, g = Set, hart

BS 105



BS 105	
TIEFE	BODENART
0.30	T, u, s, f, wch, braun, g = Set - Stücke
1.00	G, f, h, grav
1.30	Set, hart
1.30	G, s, f, f, graubraun
2.10	G, T, u, s, f, braun-rotbraun

Projekt:
Erweiterung Eifel Ferienpark Prümatal in Waxweiler

Planbezeichnung:
Einzelprofile

		Anlage Nr.: 2.10
		Maßstab: d. H. 1 : 100
Bearbeiter: Dr. Stefan Jung	Datum:	
Gezeichnet: Anja Pierches	Jan. 2012	
Dat: 295_Schnitte.dwg		
Projekt-Nr.: 295		

Dr. Jung + Lang
Ingenieure GmbH
Geotechnik und Umwelt

Heinrich-Barth-Straße 30
66115 Saarbrücken
Tel: 0681 / 92799870
Fax: 0681 / 92799879
E-Mail: info@j-l-ingenieure.com

Am Wissenschaftspark 25+27
54296 Trier
Tel: 0651 / 4627863
Fax: 0651 / 4627864
E-Mail: info@j-l-ingenieure.com

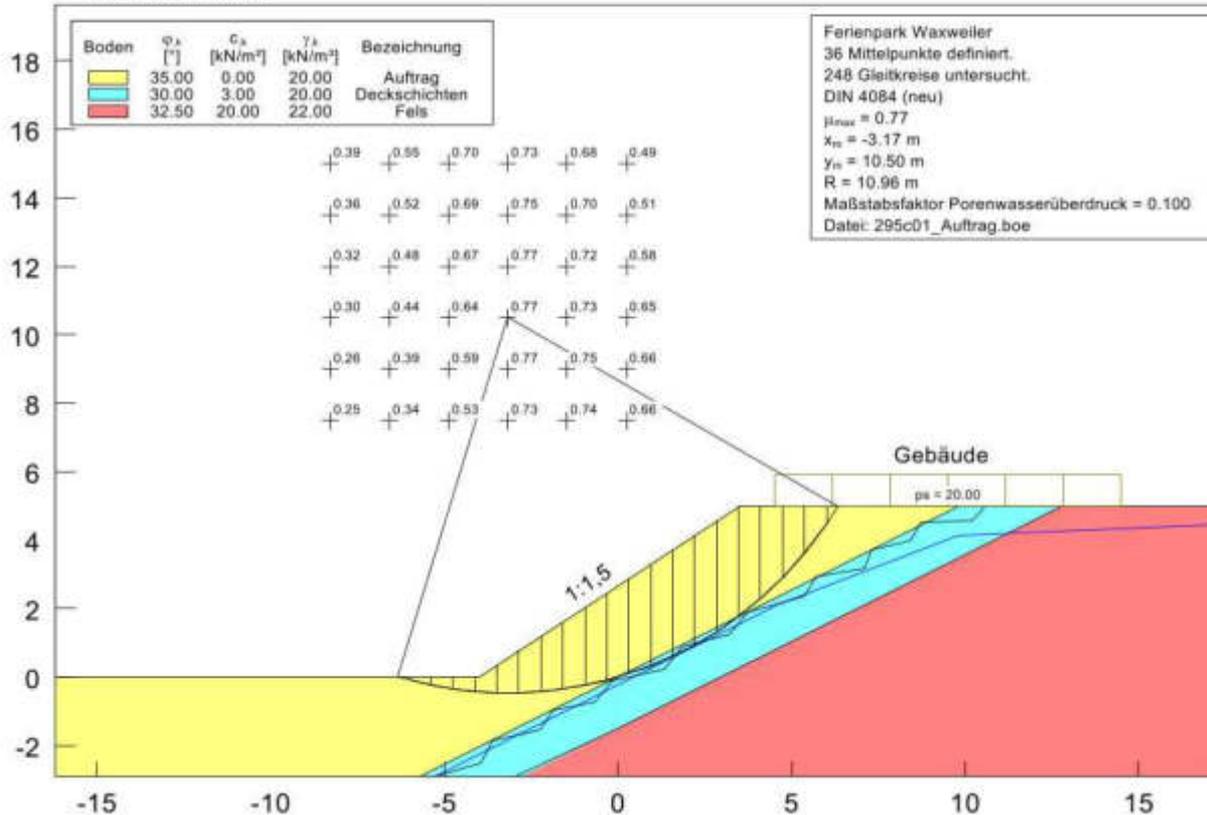


A N L A G E 3

Stand sicherheitsberechnungen

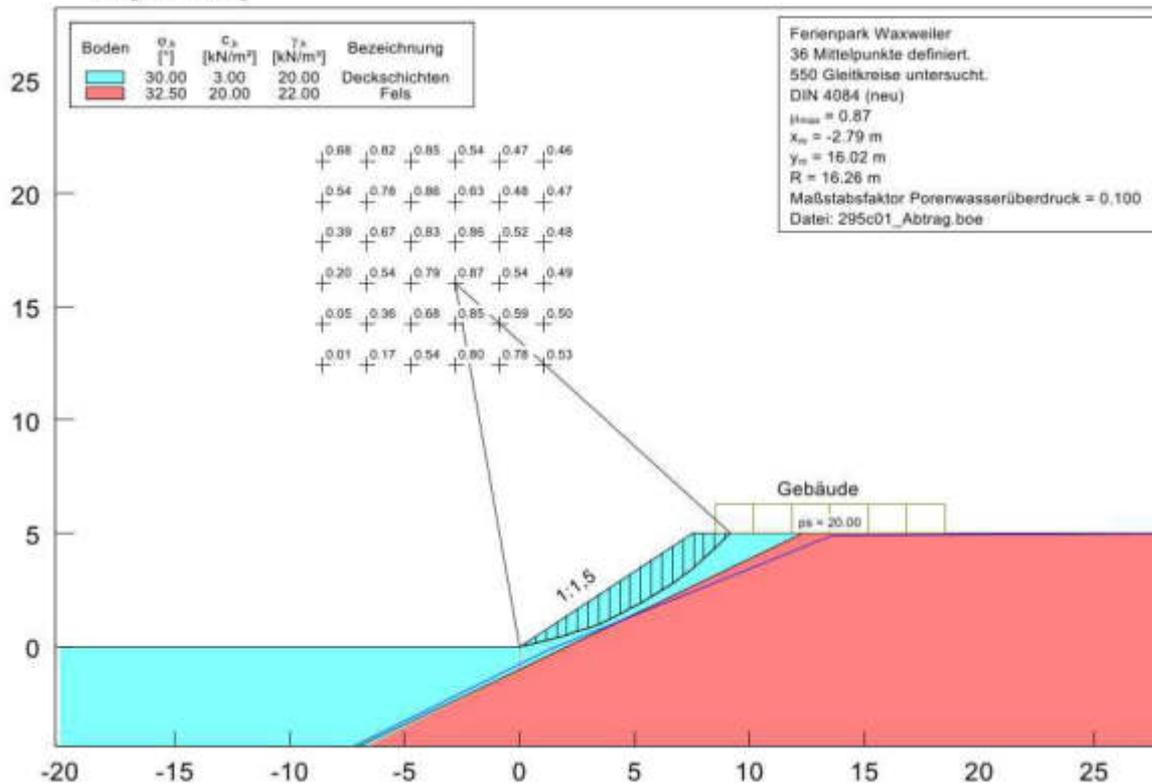


Anlage 3.1 Auftrag



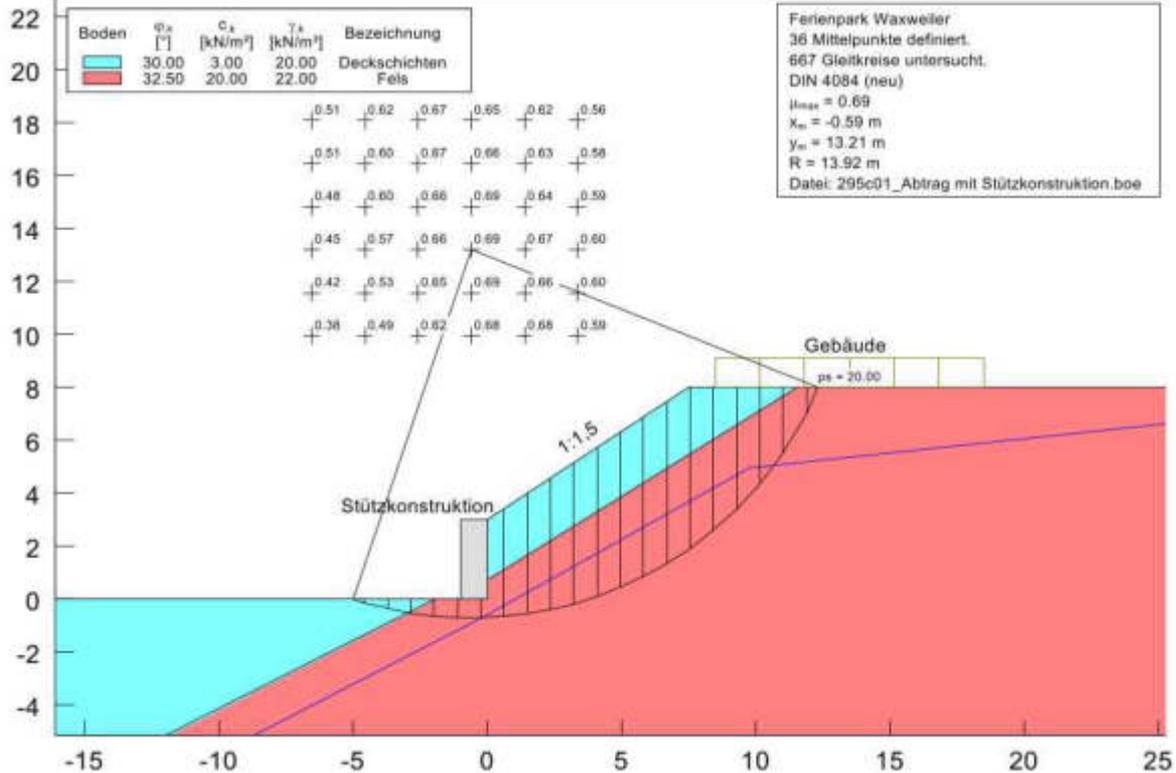


Anlage 3.2 Abtrag



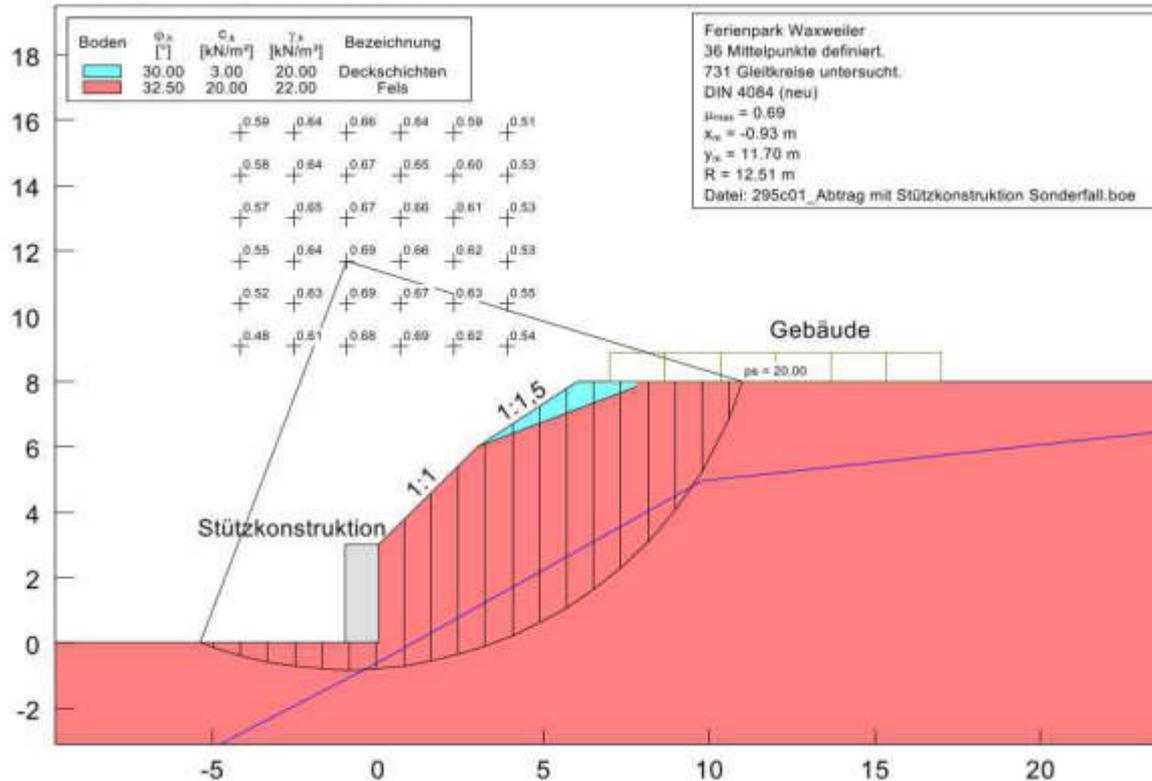


Anlage 3.3 Abtrag mit Stützkonstruktion





Anlage 3.4 Abtrag mit Stützkonstruktion





A N L A G E 4

Bodenmechanische Laborversuche



Entnahme		Bodenbeschreibung			Bodenkenngrößen							
Aufschluss	Tiefe [m]	Entnahmeart	Bodenart	Boden- gruppe	Konsis- tenz	Zustandsgrenzen		Wasser- gehalt	Feinkorn- gehalt	W _p [%]	Proctor ρ _{pro} [t/m ³]	ρ _s [%]
						w _L [%]	w _p [%]	I _c				
Sch 1	1,0	g	U _g s,t	UL - TL					15,1	50,4		
	3,0	g	U _g *s,t	UL - TL					14,4	43,6		
Sch 7	1,0	g	U _g *s,t	UL - TL					12,2	45,5	1,95 2,01	15,2
						korr. ρ _{pro} und korr. w _p (unter Berücksichtigung des Überkornanteils ≥ 32,5 mm)						
Sch 11	1,0	g	G _u *s,t	GU*					14,4	39,4	1,90 2,01	21,3
						korr. ρ _{pro} und korr. w _p (unter Berücksichtigung des Überkornanteils ≥ 32,5 mm)						
Sch 34	1,1 - 2,1	g	G _u *s,t	GU - GT					5,7	14,3	2,16 2,22	22,5
						korr. ρ _{pro} und korr. w _p (unter Berücksichtigung des Überkornanteils ≥ 32,5 mm)						
Sch 39	0,2 - 1,7	g	U _g s,t	TM		37,5	22,2	0,65	25,0	72,1		
	1,7 - 4,0	g	G _g s,u,t	GU*					10,7	36,1		
						korr. ρ _{pro} und korr. w _p (unter Berücksichtigung des Überkornanteils ≥ 32,5 mm)						

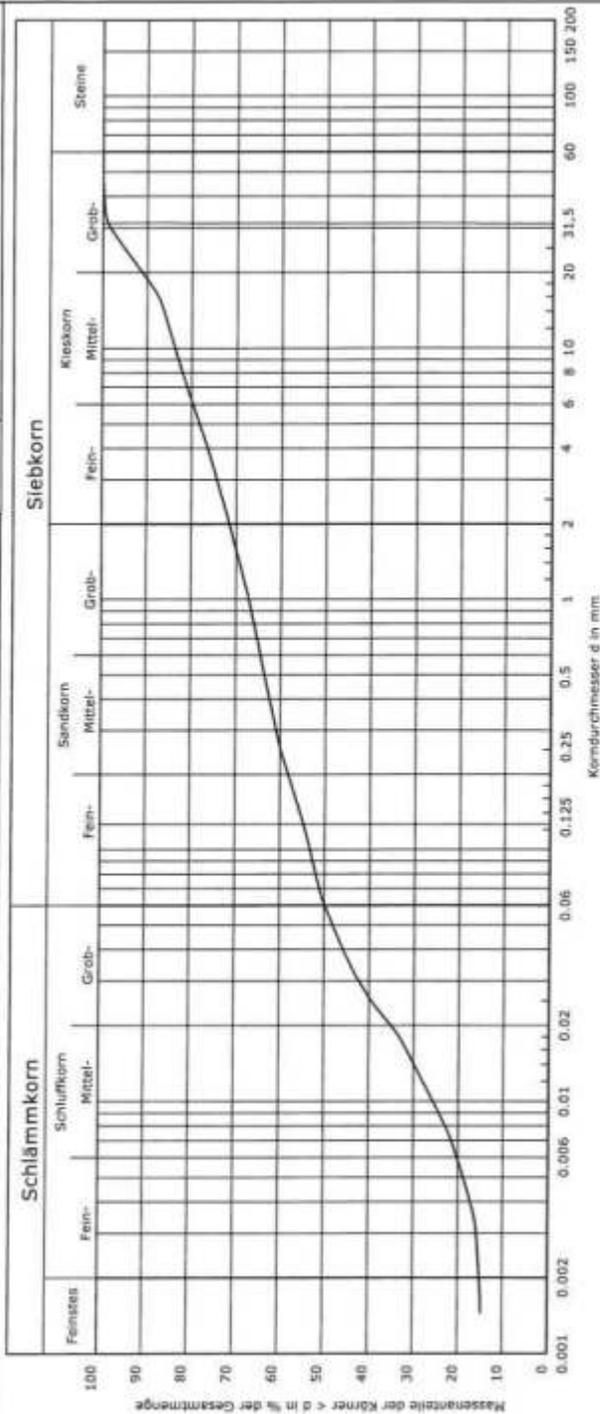
Korngrößenverteilung

nach DIN 18123

Projektbez.: Erweiterung Eifel Ferienpark Prümthal
 in Waxweiler

Aufschluß: Sch 1
 Tiefe: 1,0 m
 Probe entnommen am: 19.05.2009
 Probe entnommen von: Jg

Bearbeiter: gb Datum: 04.06.2009 gepr.: fl



Bodenart nach DIN 4022:	U, g, s, t
Bodengruppe nach DIN 18156:	Us - TL
U/Cc:	-/-
Probe trocken [g]:	4585
Wassergehalt [%]:	15,1
Anteile (T / U / S / G) [%]:	15,1 / 35,2 / 21,2 / 28,5

Bemerkungen:

Projekt-Nr.:
 295
 Anlage: 42



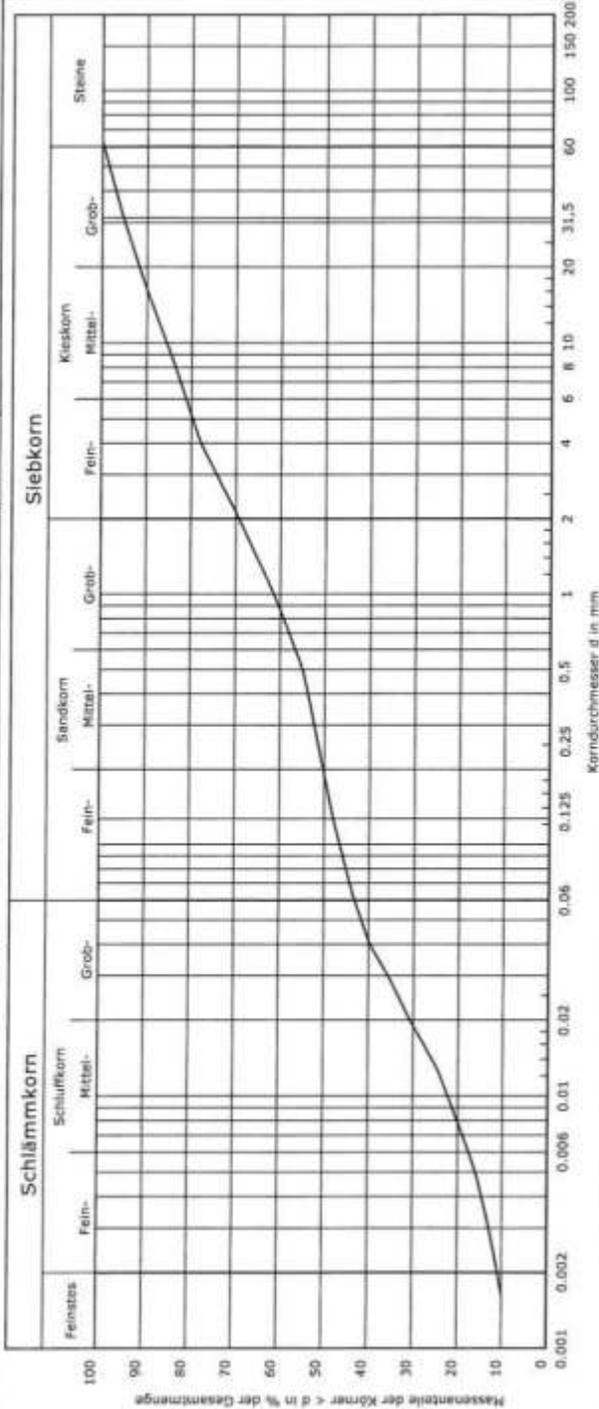
Korngrößenverteilung

nach DIN 18123

Projektbez.: Erweiterung Eifel Ferienpark Prümthal
 in Waxweiler

Aufschluss: Sch 1
 Tiefe: 3,0 m
 Probe entnommen am: 19.05.2009
 Probe entnommen von: Jg

Bearbeiter: gh Datum: 05.06.2009 gepr.: fl



Bodenart nach DIN 4022:	U ₁ , S ₁ , t'
Bodenklasse nach DIN 18186:	UL - TL
U/Ce:	-/-
Probe trocken [g]:	4023
Wassergehalt [%]:	14,4
Anteil (T/ U/ S/ G) [%]:	11.0/32.6/25.8/30.4

Projekt-Nr.:
 295
 Anlage: **43**

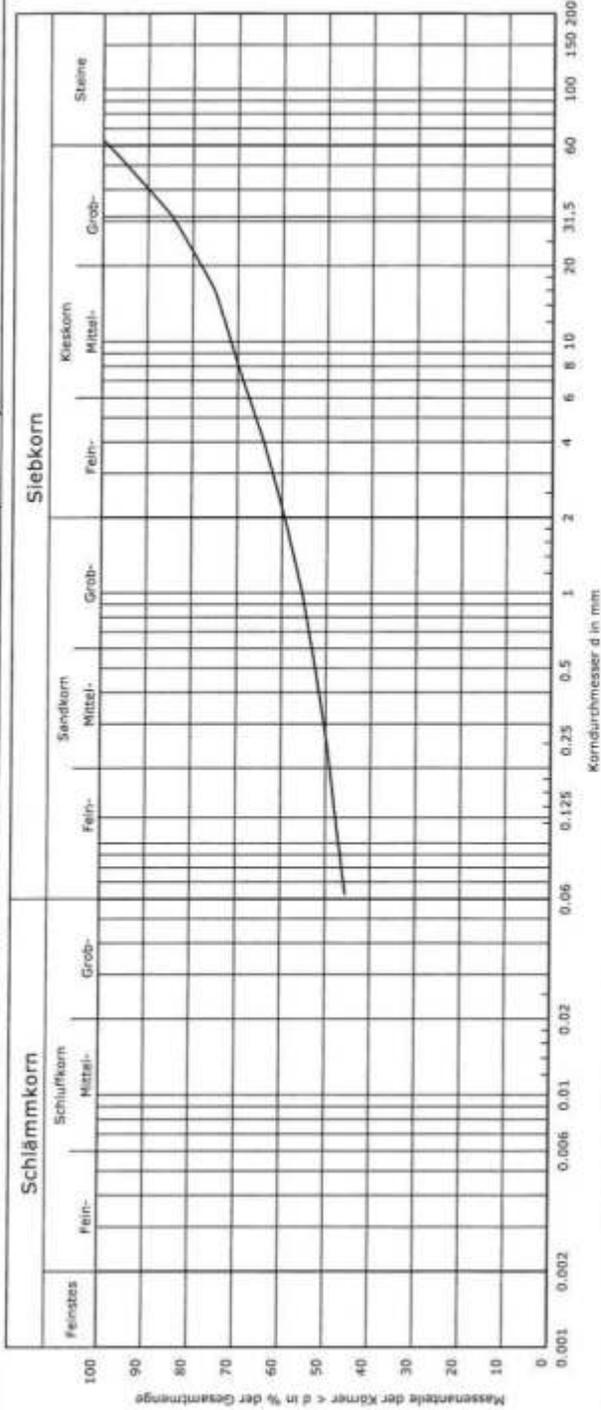
Bemerkungen:

Korngrößenverteilung
 nach DIN 18123

Projektbez.: Erweiterung Eiffel Ferienpark Prjmtal
 in Waxweiler

Aufschluss: Sch 7
 Tiefe: 1,0 m
 Probe entnommen am: 19.05.2009
 Probe entnommen von: J9

Bearbeiter: gh Datum: 08.06.2009 gepr.: fl



Bodenart nach DIN 4022:	U_1, σ_1, σ_1'
Bodengruppe nach DIN 18196:	UL - TL
U/Cc:	-/-
Probe trocken [g]:	10364
Wassergehalt [%]:	12.2
Anteile (T + U/ S/ G) [%]:	- /45.5/14.0/39.4

Projekt-Nr.: 295
 Anlage: 4.4

Bemerkungen:



Proctorversuch

nach DIN 18127 - P 150 -Y

Aufschluss:..... Sch 7

Tiefe:..... 1,0 m

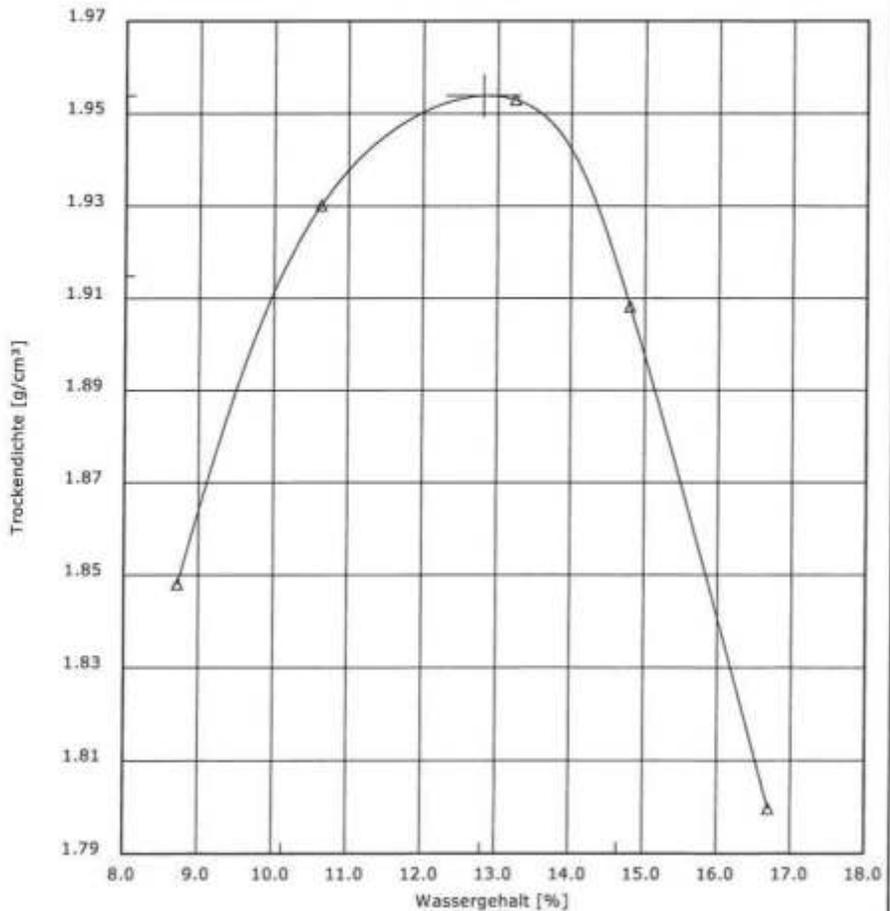
Entnahmeart:..... gestört

Bodenart:..... U,g*,s',t'

Entnahmedatum:.... 19.05.2009

Bearbeiter: gh

Datum: 08.06.2009



100 % der Proctordichte $\rho_{pr} = 1.954 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt $w_{pr} = 12.8 \%$

98.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.915 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 10.1 / 14.7 \%$

natürlicher Wassergehalt $w = 12,2 \%$

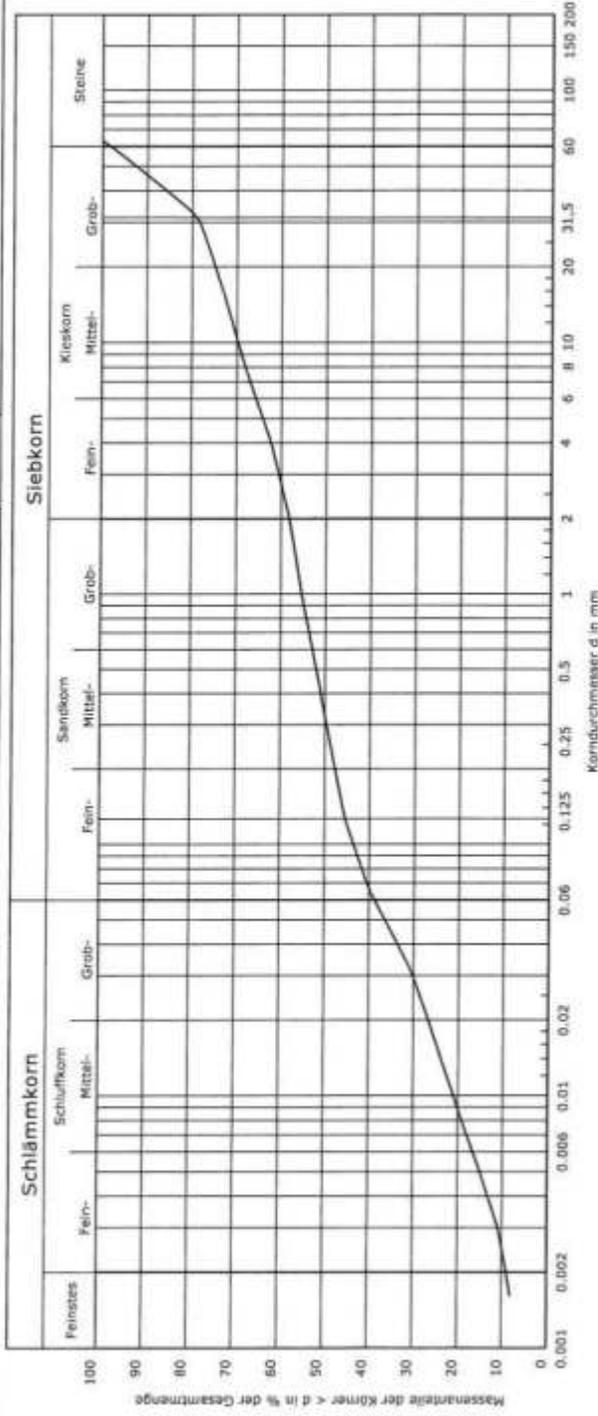
Anteil des Überkornes $\bar{U} = 15,2 \%$

Korngrößenverteilung
 nach DIN 18123

Projektbez.: Erweiterung Eiffel Ferienpark Prümthal
 in Waxweiler

Aufschluss: Sch 11
 Tiefe: 1,0 m
 Probe entnommen am: 19.05.2009
 Probe entnommen von: Jg

Bearbeiter: gh Datum: 08.06.2009 gepr.: fi



Bodenart nach DIN 4022:	G, u, s, t
Bodengruppe nach DIN 18196:	GU*
U/C:	1097 H/0.1
Probe trocken [g]:	10203
Wassergehalt [%]:	14,4
Anteile (T/ U/ S/ G) [%]:	9,0/30,4/18,8/40,1

Bemerkungen:

Projekt-Nr.: 295
 Anlage: 46



Proctorversuch

nach DIN 18127 - P 150 -Y

Aufschluss:..... Sch 11

Tiefe:..... 1,0 m

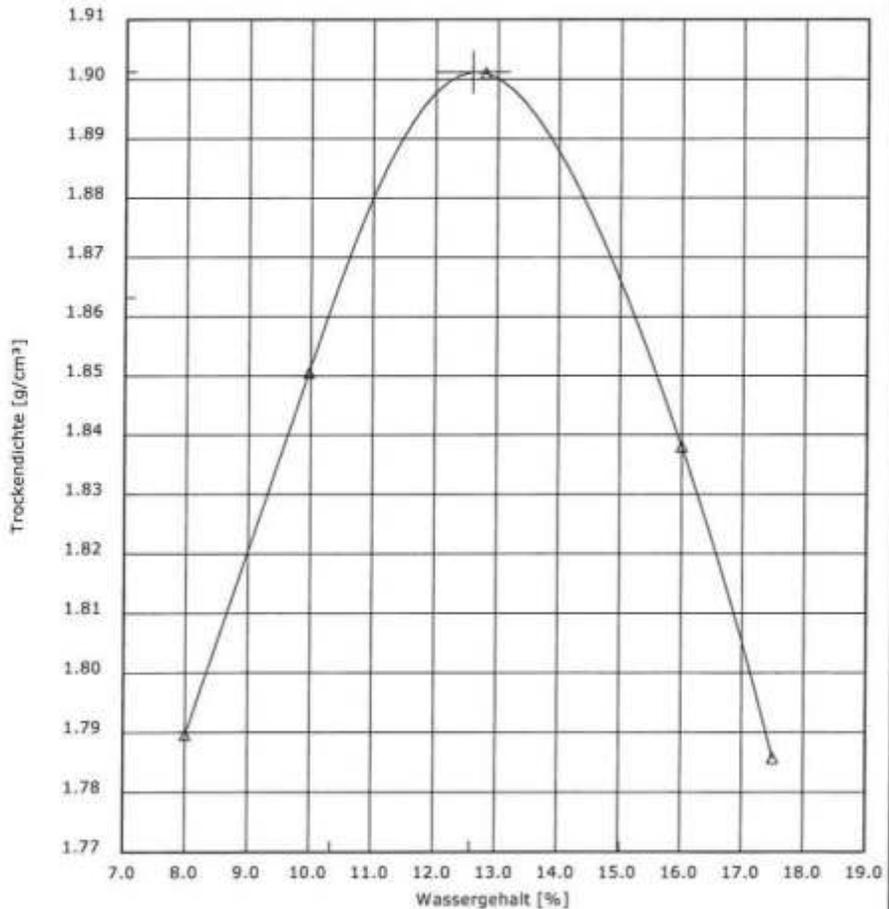
Entnahmear:..... gestört

Bodenart:..... G,u*,s,t'

Entnahmedatum:.... 19.05.2009

Bearbeiter: gh

Datum: 08.06.2009



100 % der Proctordichte $\rho_{pc} = 1.901 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt $w_{pc} = 12.6 \%$

98.0 % der Proctordichte $\rho_d = 1.863 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 10.3 / 15.0 \%$

natürlicher Wassergehalt $w = 14,4 \%$

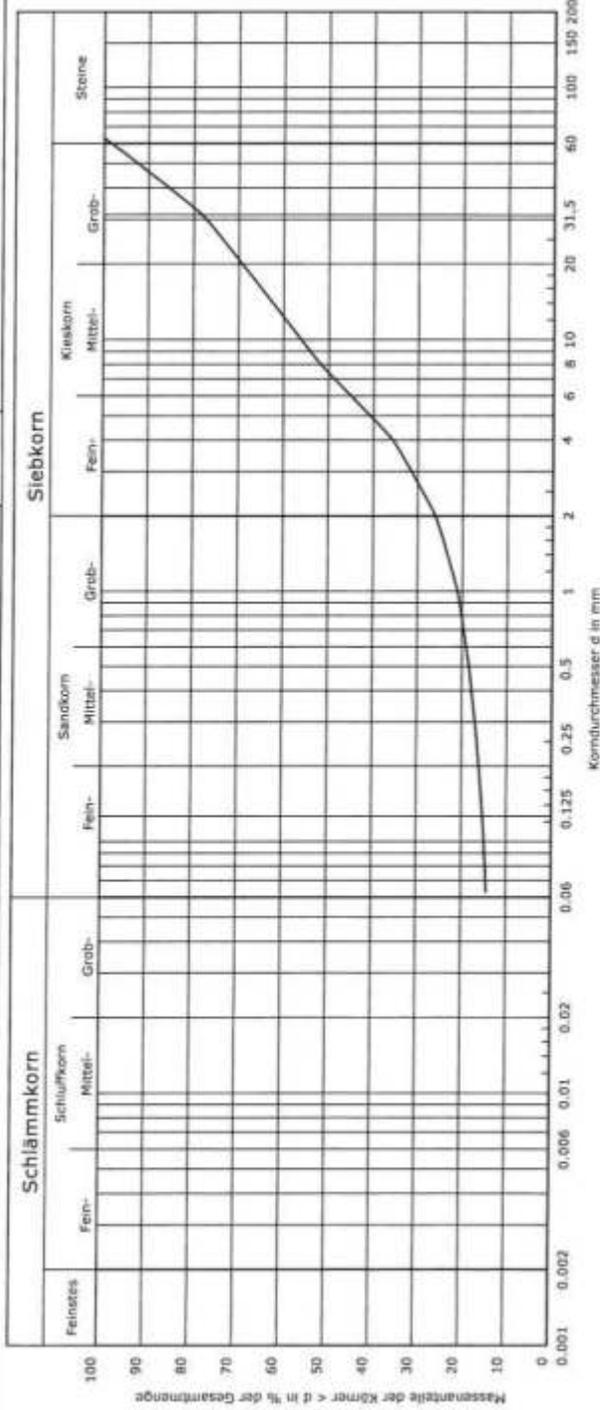
Anteil des Überkornes $\bar{U} = 21,3 \%$

Korngrößenverteilung
 nach DIN 18123

Projektbez.: Erweiterung Eiffel Ferienpark Prümthal
 in Waxweiler

Aufschluss: Sch 34
 Tiefe: 1,1 m - 2,1 M
 Probe entnommen am: 08.01.2009
 Probe entnommen von: Jg

Bearbeiter: gh Datum: 15.06.2009 gepr.: fl



Bodenart nach DIN 4022:	G _s , u _s , s _s , t _s
Bodenklasse nach DIN 18196:	GU - GT
U/Cc:	-/-
Probe trocken [g]:	11709
Wassergehalt [%]:	5,7
Anteil (T + U / S / G) [%]:	- / 14,3 / 11,8 / 72,2

Bemerkungen:

Projekt-Nr.: 295
 Anlage: 48



Proctorversuch

nach DIN 18127 - P 150 -Y

Aufschluss:..... Sch 34

Tiefe:..... 1,1 m - 2,1 m

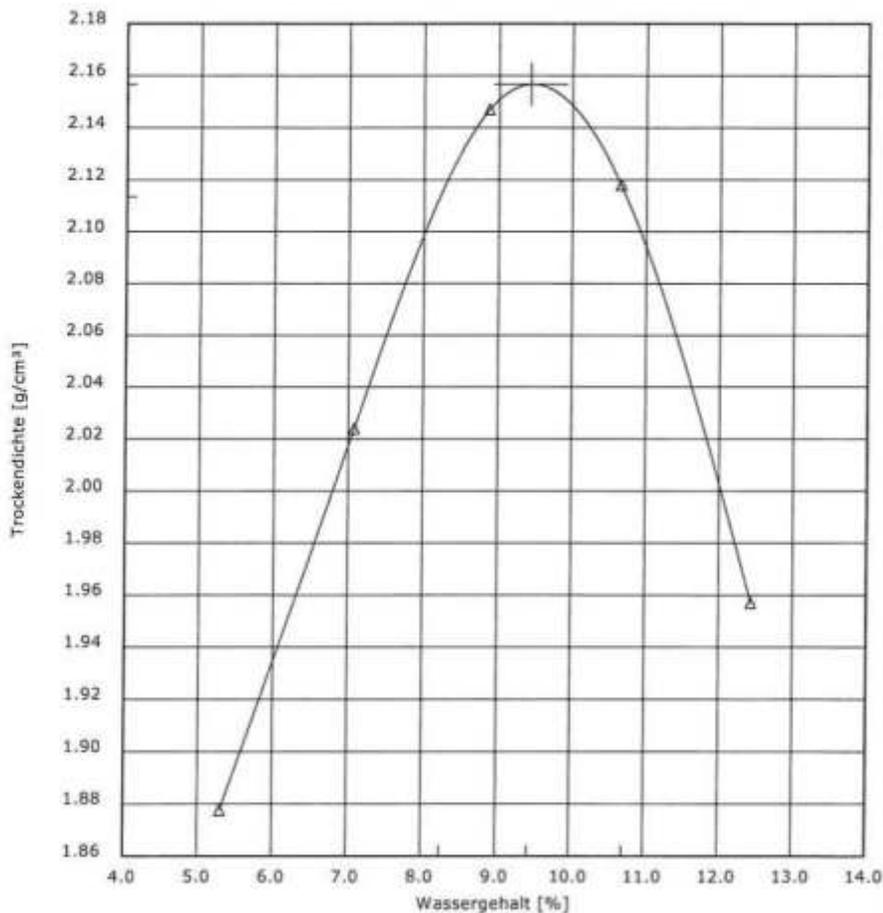
Entnahmart:..... gestört

Bodenart:..... G_u's₁t'

Entnahmedatum:... 08.01.2009

Bearbeiter: gh

Datum: 16.06.2009



100 % der Proctordichte $\rho_{100} = 2.157 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt $w_{100} = 9.4 \%$

98.0 % der Proctordichte $\rho_{98} = 2.114 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 8.3 / 10.7 \%$

natürlicher Wassergehalt $w = 5.7 \%$

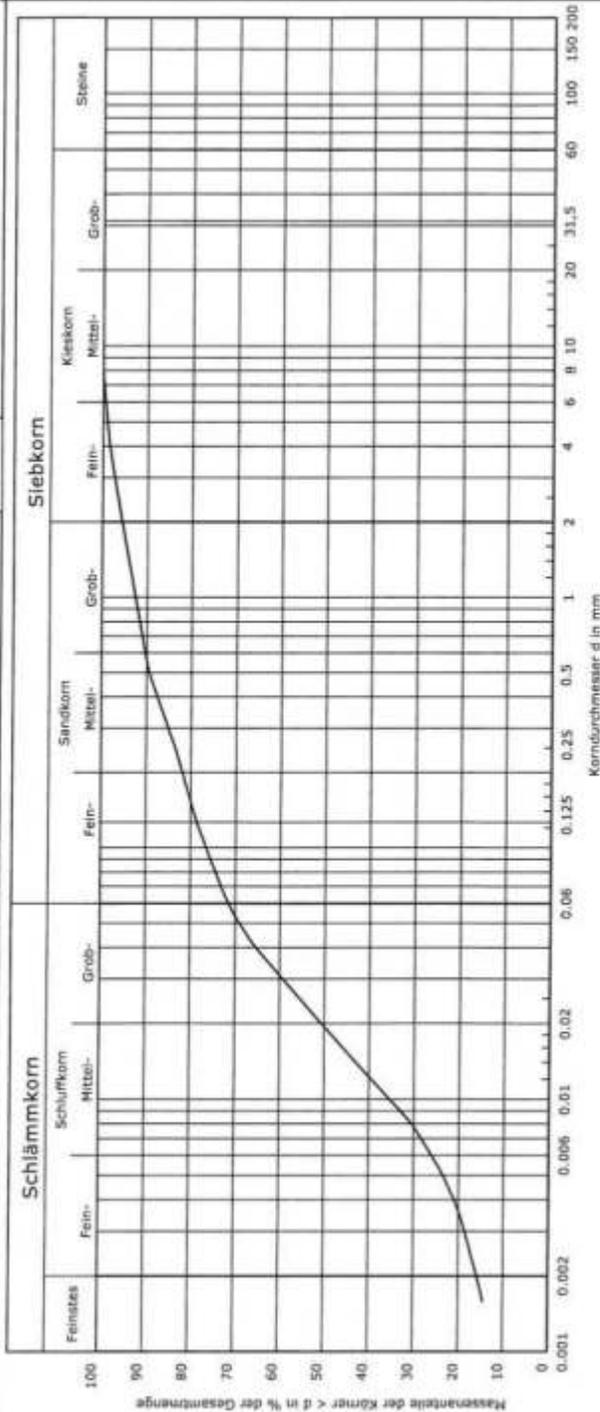
Anteil des Überkornes $\bar{U} = 22.5 \%$

Korngrößenverteilung
 nach DIN 18123

Projektbez.: Erweiterung Eifel Ferienpark Prümatal
 in Waxweiler

Aufschluss: Sch 39
 Tiefe: 0,2 m - 1,7 m
 Probe entnommen am: 08.01.2009
 Probe entnommen von: Jg

Bearbeiter: gh Datum: 15.06.2009 gepr.: fl



Bodenart nach DIN 4022:	U, s, t
Bodengruppe nach DIN 18196:	TM
U/Cc:	-/-
Probe trocken [g]:	635,51
Wassergehalt [%]:	25,0
Anteile (T / U / S / G) [%]:	15,9 / 96,2 / 23,5 / 4,4

Bemerkungen:
 Tonanteile sind prägend

Projekt-Nr.:
 295
 Anlage: 4/6

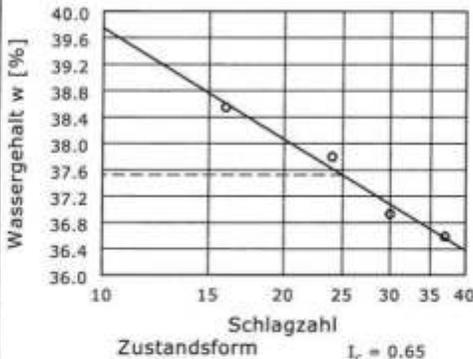


Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

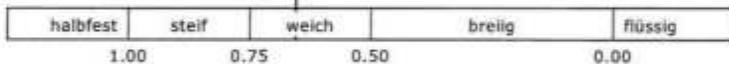
Bearbeiter: gh

Datum: 16.06.2009

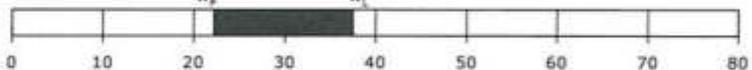
Aufschluss:..... Sch 39
Tiefe:..... 0,2 m - 1,7 m
Entnahmart:..... gestört
Bodenart:..... U,s,t
Entnahmedatum:.... 08.01.2009



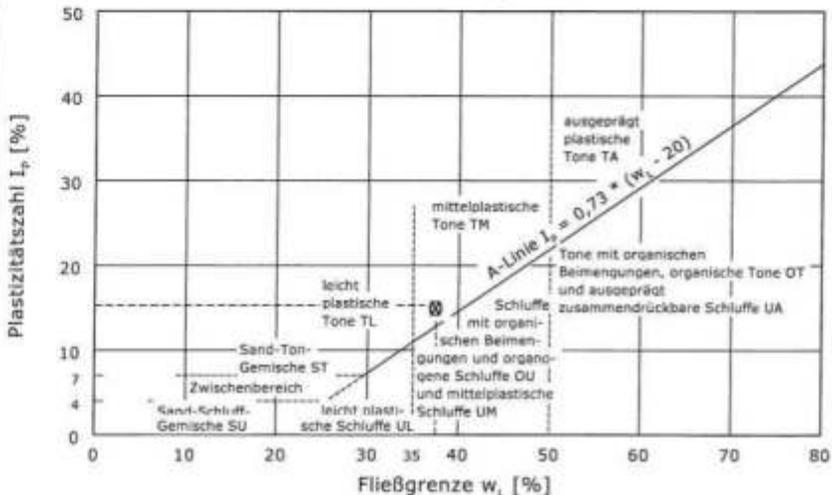
Wassergehalt $w = 25.0 \%$
Fließgrenze $w_L = 37.5 \%$
Ausrollgrenze $w_p = 22.2 \%$
Plastizitätszahl $I_p = 15.3 \%$
Konsistenzzahl $I_c = 0.65$
Anteil Überkorn $\bar{u} = 12.2 \%$
Wassergeh. Überk. $w_{\bar{u}} = 7.0 \%$
Korr. Wassergehalt = 27.5%



Plastizitätsbereich (w_L bis w_p) [%]



Plastizitätsdiagramm





Proctorversuch

nach DIN 18127 - P 100 -Y

Aufschluss:..... Sch 39

Tiefe:..... 0,2 m - 1,7 m

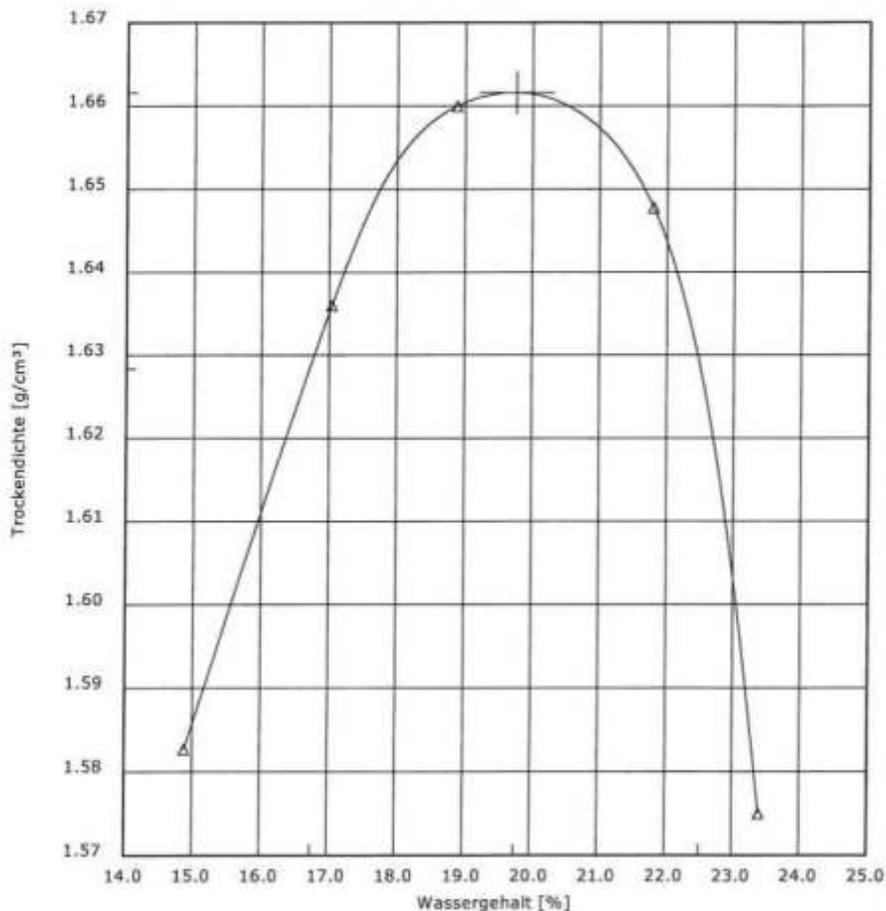
Entnahmart:..... gestört

Bodenart:..... U,s,t

Entnahmedatum:... 08.01.2009

Bearbeiter: gh

Datum: 08.06.2009



100 % der Proctordichte $\rho_{pr} = 1.662 \text{ g/cm}^3$

Optimaler Wassergehalt $w_{pr} = 19.8 \%$

98.0 % der Proctordichte $\rho_g = 1.628 \text{ g/cm}^3$

min/max Wassergehalt $w = 16.7 / 22.5 \%$

natürlicher Wassergehalt $w = 25.0 \%$

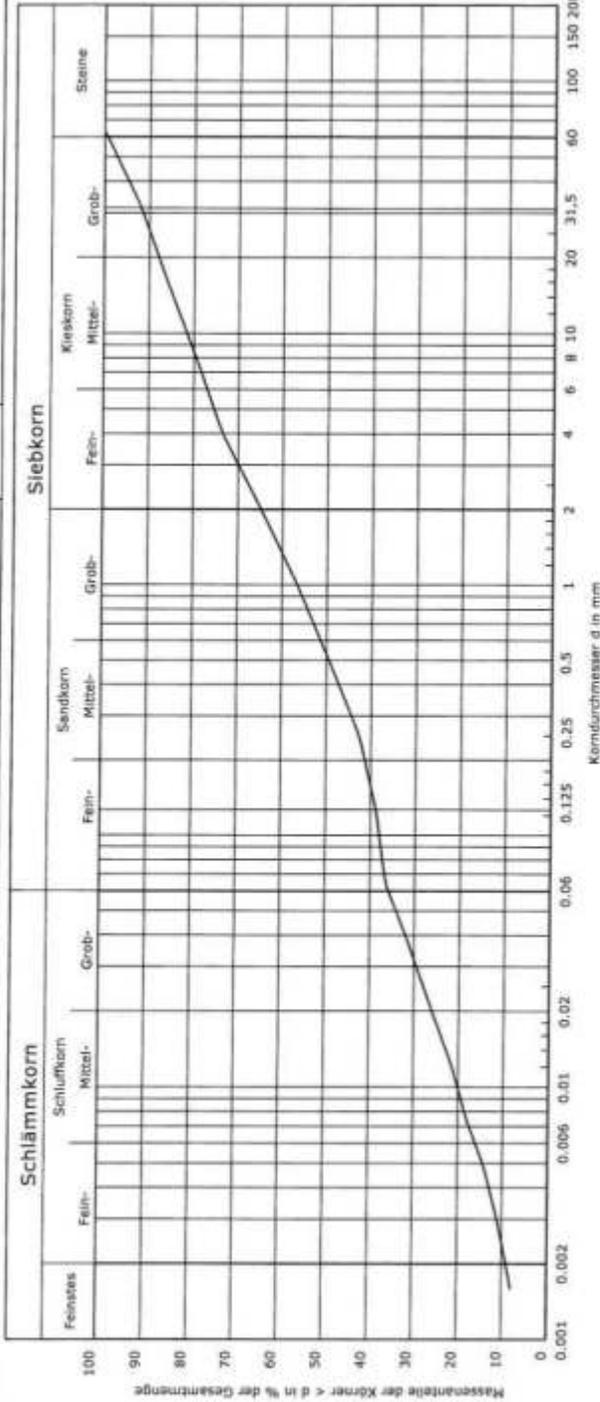
Anteil des Überkornes $\bar{U} = 0.0 \%$

Korngrößenverteilung
 nach DIN 18123

Projektbez.: Erweiterung Eifel Ferienpark Prümthal
 in Waxweiler

Aufschluss: Sch 39
 Tiefe: 1,7 m - 4,0 m
 Probe entnommen am: 08.01.2009
 Probe entnommen von: Jg

Bearbeiter: gh Datum: 08.06.2009 gepr.: fl



Bodenart nach DIN 4022:	G, S, U, t'
Bodengruppe nach DIN 18196:	GU*
U/Cc:	552,0/0,3
Probe trocken [g]:	3152,92
Wassergehalt [%]:	10,7
Anteil (V / U / S / G) [%]:	9-1/27,2/28,6/34,5

Bemerkungen:

Projekt-Nr.:
 295
 Anlage: 413



A N L A G E 5

Auswertung der Infiltrationsversuche



BOHRLOCHINFILTRATIONSVERSUCH

Anlage 5.1

Bohrung: **BS 101**

Bohrlochdurchmesser: 60 mm

Tiefe Bohrlochsohle [m]: 1,95

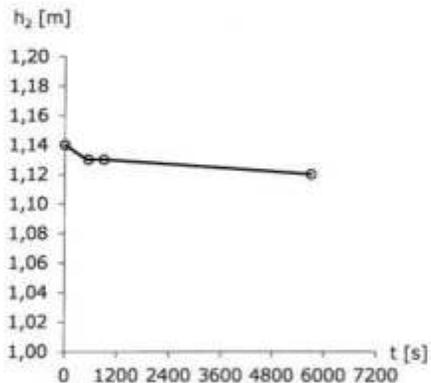
Datum: 03.02.2011

Bodenart: siehe Bohrprofil

Ausgeführt: Biondo

Messungen:

w [m]	h [m]	t [s]
0,810	1,140	0
0,820	1,130	540 (9 Min.)
0,820	1,130	900 (15 Min.)
0,830	1,120	5700 (95 Min.)



Auswertung nach Lang/Huder:

$$k_{f,u} = \frac{d}{28} \frac{1}{h_m} \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

d = 0,060 m

h₁ = 1,140 m

h_m = 1,130 m

w = Wasserstand unter Geländeoberkante

h = Wasserstand über Bohrlochsohle

h₁ = Wasserstand zu Beginn der Messung [m]

h₂ = Wasserstand am Ende der Messung [m]

Δh = gefallener Wasserspiegel h₁ - h₂ [m]

Δt = Versuchszeit t₂ - t₁ [s]

h_m = mittlerer Wasserstand = (h₁ + h₂) · 0,5 [m]

d = Durchmesser des zylindrischen Loches

k_{f,u} = Durchlässigkeitsbeiwert [m/s] im ungesättigten Boden

k_{f,u} = 6,7E-09 m/s



BOHRLOCHINFILTRATIONSVERSUCH

Anlage 5.2

Bohrung: **BS 102**

Bohrlochdurchmesser: 60 mm

Tiefe Bohrlochsohle [m]: 2,45

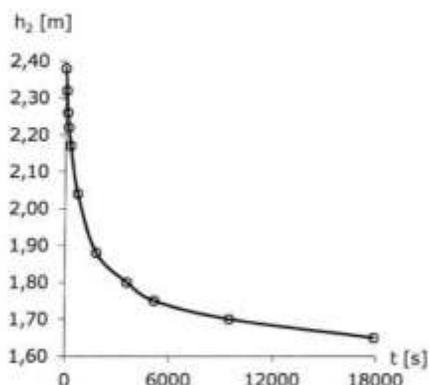
Datum: 25.02.2011

Bodenart: T,u,s',g'-g

Ausgeführt: Hartmann

Messungen:

w [m]	h [m]	t [s]
0,070	2,380	0
0,130	2,320	60
0,190	2,260	120
0,230	2,220	180
0,280	2,170	300
0,410	2,040	720
0,570	1,880	1800
0,650	1,800	3570
0,700	1,750	5160
0,750	1,700	9480
0,800	1,650	17880



Auswertung nach Lang/Huder :

$$k_{f,u} = \frac{d}{28} \frac{1}{h_m} \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

d = 0,060 m
 h₁ = 1,880 m
 h_m = 1,765 m

- w = Wasserstand unter Geländeoberkante
- h = Wasserstand über Bohrlochsohle
- h₁ = Wasserstand zu Beginn der Messung [m]
- h₂ = Wasserstand am Ende der Messung [m]
- Δh = gefallener Wasserspiegel h₁ - h₂ [m]
- Δt = Versuchszeit t₂ - t₁ [s]
- h_m = mittlerer Wasserstand = (h₁ + h₂) · 0,5 [m]
- d = Durchmesser des zylindrischen Loches
- k_{f,u} = Durchlässigkeitsbeiwert [m/s] im ungesättigten Boden

k_{f,u} = 1,7E-08 m/s



BOHRLOCHINFILTRATIONSVERSUCH

Anlage 5.3

Bohrung: **BS 103**

Bohrlochdurchmesser: 60 mm

Tiefe Bohrlochsohle [m]: 2,4

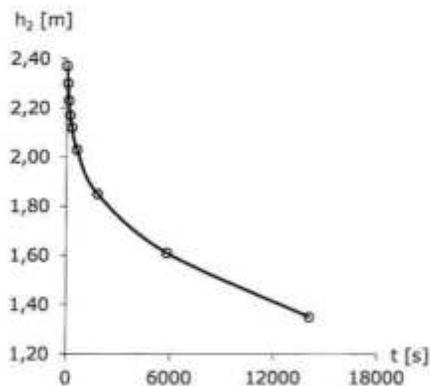
Datum: 25.02.2011

Bodenart: T,u,s'-s,g'-g

Ausgeführt: Hartmann

Messungen:

w [m]	h [m]	t [s]
0,030	2,370	0
0,100	2,300	60
0,170	2,230	120
0,230	2,170	180
0,280	2,120	300
0,370	2,030	600
0,550	1,850	1800
0,790	1,610	5820
1,050	1,350	14100



Auswertung nach Lang/Huder:

$$k_{r,u} = \frac{d}{28} \frac{1}{h_m} \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

d = 0,060 m
 h₁ = 2,030 m
 h_m = 1,690 m

w = Wasserstand unter Geländeoberkante
 h = Wasserstand über Bohrlochsohle
 h₁ = Wasserstand zu Beginn der Messung [m]
 h₂ = Wasserstand am Ende der Messung [m]
 Δh = gefallener Wasserspiegel h₁ - h₂ [m]
 Δt = Versuchszeit t₂ - t₁ [s]
 h_m = mittlerer Wasserstand = (h₁ + h₂) · 0,5 [m]
 d = Durchmesser des zylindrischen Loches
 k_{r,u} = Durchlässigkeitsbeiwert [m/s] im ungesättigten Boden

k_{r,u} = 6,4E-08 m/s



BOHRLOCHINFILTRATIONSVERSUCH

Anlage 5.4

Bohrung: **BS 104**

Bohrlochdurchmesser: 60 mm

Tiefe Bohrlochsohle [m]: 1,5

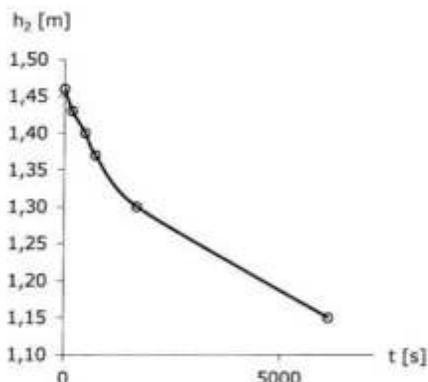
Datum: 25.02.2011

Bodenart: T,u,s'-s,g'-g

Ausgeführt: Hartmann

Messungen:

w [m]	h [m]	t [s]
0,040	1,460	0
0,070	1,430	180
0,100	1,400	480
0,130	1,370	720
0,200	1,300	1680
0,350	1,150	6120



Auswertung nach Lang/Huder :

$$k_{f,u} = \frac{d}{28} \frac{1}{h_m} \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

d = 0,060 m
 h₁ = 1,370 m
 h_m = 1,260 m

w = Wasserstand unter Geländeoberkante
 h = Wasserstand über Bohrlochsohle
 h₁ = Wasserstand zu Beginn der Messung [m]
 h₂ = Wasserstand am Ende der Messung [m]
 Δh = gefallener Wasserspiegel h₁ - h₂ [m]
 Δt = Versuchszeit t₂ - t₁ [s]
 h_m = mittlerer Wasserstand = (h₁ + h₂) · 0,5 [m]
 d = Durchmesser des zylindrischen Loches
 k_{f,u} = Durchlässigkeitsbeiwert [m/s] im ungesättigten Boden

k_{f,u} = 6,9E-08 m/s