

## Geotechnisches Gutachten

### Erschließung Baugebiet Gehrenäcker II Waldburg

<u>Projekt Nr.</u>	A1501015
<u>Bauvorhaben</u>	Erschließung Baugebiet Gehrenäcker II, Waldburg
<u>Auftraggeber</u>	Gemeinde Waldburg Hauptstraße 20 88289 Waldburg
<u>Datum</u>	12.03.2015
<u>Bearbeitung</u>	Dipl. Ing. (FH) Ralf. Frankovsky

## Inhalt

1. Vorgang
2. Geomorphologische Situation, Bodenschichten, Bodenklassifizierung, Bodenkennwerte, Erdbebenklassifizierung
3. Schicht- und Grundwasserverhältnisse, Durchlässigkeit der anstehenden Bodenschichten, Versickerungsmöglichkeiten
4. Gründung und baubegleitende Maßnahmen

## Anlagen

- 1.1 Übersichtslageplan, M. 1:20.000
- 1.2 Lageplan mit Untersuchungspunkten, M. 1:500
- 2.1 Geologisches Profil 1: RKS2 – RKS6 – RKS8 – RKS11, M. d. H. 1:75
- 2.2 Geologisches Profil 2: RKS1 – RKS4 – RKS5 – RKS7 – RKS9 – RKS10, M. d. H. 1:75
- 2.3 Geologisches Profil 3: RKS3 – RKS12 – RKS13 – RKS16, M. d. H. 1:75
- 2.4 Geologisches Profil 4: RKS14 – RKS15 – RKS17 – RKS18, M. d. H. 1:75
- 3 Auswertung Sickerversuch RKS11/15
- 4.1-4 Fundamentdiagramme Einzel- und Streifenfundamente

## Unterlagen

- [1] Zimmermann & Meixner, Amtzell  
Projekt Nr. 61-1005, Erschließung BG Gehrenäcker II und Bau einer Querungshilfe in der Bodnegger Straße, Waldburg
- [1.1] Lageplan gepl. Schürfgruben, M 1:500 vom 24.05.2013

## **1. Vorgang**

Die Gemeinde Waldburg plant die Erschließung des Baugebietes Gehrenäcker II am südlichen Ortsausgang von Waldburg. Unser Büro wurde von der Gemeinde beauftragt, eine Baugrunderkundung im Projektgebiet auszuführen und ein geotechnisches Gutachten zu erstellen. Zu diesem Zweck wurden im Projektgebiet am 19.02.15 insgesamt 18 Rammkernsondierungen (RKS1/15 bis RKS18/15) abgeteuft. Die Anzahl und Lage der Untersuchungsstellen waren vom Ingenieurbüro Zimmermann & Meixner vorgegeben und wurden von diesem nach Lage und Höhe eingemessen. Die Lage der Aufschlusspunkte ist im Lageplan der Anlage 1.2 dargestellt. Die Höhen der Ansatzpunkte, ebenso wie die detaillierte, nach DIN EN ISO 14688-1 und -2, DIN 18 196 und DIN 18 300 klassifizierte Bodenaufnahme, sind in den geologischen Profilen der Anlagen 2.1, 2.2, 2.3 und 2.4 aufgeführt.

Um die Durchlässigkeit der anstehenden Böden beurteilen zu können, wurde in der Rammkernsondierung RKS11/15 ein Sickersversuch innerhalb des Moränenkieses durchgeführt. Die Ergebnisse des Versuches sind in der Anlage 3 enthalten.

## **2. Geomorphologische Situation, Bodenschichten, bautechnische Beschreibung, Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung**

### *2.1 Geomorphologische Situation*

Das Untersuchungsgebiet befindet sich am südlichen Ortsausgang von Mochenwangen unmittelbar östlich der Bodnegger Straße auf den Flurstücken Nr. 609 (teilweise), 610, 613/2, 613/9 und 615 (teilweise). Die Grundstücke sind momentan, bis auf ein Scheunengebäude auf dem Flst. Nr. 613/2, unbebaut und werden derzeit als Wiese genutzt. Das Gelände fällt von Nordwesten nach Südosten in sehr leichtem Gefälle ab. Im Westen wird das Baugebiet durch die Bodnegger Straße, bzw. im nördlichen Teilbereich durch bebaute Grundstücke begrenzt. Im Osten und teilweise im Norden schließen ebenfalls bebaute Grundstücke an das Untersuchungsgebiet an. Im Süden wird das Baugebiet durch einen Feldweg und daran anschließende unbebaute Grundstücke begrenzt.

Aus geologischer Sicht befindet sich das Untersuchungsgebiet in der weitläufigen Moränenlandschaft des Alpenvorlandes, das während und am Ende der Würmeiszeit durch den Rheinvorlandgletscher geprägt wurde. Im Untersuchungsbereich bestehen die Glazialböden (Moränenablagerungen) vorwiegend aus Grundmoräne in welcher immer wieder Moränenkiese und lokal auch Moränensande eingeschaltet sind. Im Holozän wurden, bedingt durch Erosions- bzw. Verwitterungsprozesse, Verwitterungsböden (hier: Verwitterungslehm + Verwitterungskies) gebildet. Eine Mutterbodenauflage schließt im Wesentlichen die Schichtenfolge nach oben hin ab. Im Bereich der RKS10/15 wurden unter einer aufgefüllten Mutterbodenlage aufgefüllte Kiese mit einer Schichtmächtigkeit von 0,80 m angetroffen, dabei könnte es sich um einen alten Feldweg handeln.

### *2.2 Bodenschichten*

Anhand der ausgeführten Aufschlüsse kann am Projektstandort von folgender genereller Schichtenfolge ausgegangen werden:

Auffüllungen (lokal)	(rezent)
Mutterboden	(Quartär: Holozän)
Verwitterungsdecke	(Quartär: Pleistozän bis Holozän)
Grundmoräne, mit Moränenkies + -sand	(Quartär: Pleistozän).

Im Einzelnen wurden mit den 18 Rammkernsondierungen folgende Schichtglieder bzw. Schichttiefen festgestellt.

Tabelle 1a: Schichtglieder und Schichttiefen RKS1 bis RKS5 (von - bis m unter Gelände)

Aufschluss Ansatzhöhe m ü. NN	RKS1/15 698.066	RKS2/15 698.418	RKS3/15 698.896	RKS4/15 698.276	RKS5/15 695.004
Auffüllungen (ungegliedert)	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Mutterboden	0,00 – 0,30	0,00 – 0,20	0,00 – 0,40	0,00 – 0,40	0,00 – 0,50
Verwitterungslehm	0,30 – 0,90	0,20 – 1,50	0,40 – 2,00	0,40 – 2,10	0,50 – 1,20
Verwitterungskies	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	1,20 – 1,90
Moränensand	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Moränenkies	2,30 – 3,10	n. a.	n. a.	n. a.	4,90 – 6,00*
Grundmoräne	0,90 – 2,30 3,10 – 4,70*	1,50 – 4,40*	2,00 – 4,80*	2,10 – 5,10*	1,90 – 4,90

\* Endtiefe n. a. = bis zur Endtiefe nicht angetroffen

Tabelle 1b: Schichtglieder und Schichttiefen RKS6 bis RKS10 (von - bis m unter Gelände)

Aufschluss Ansatzhöhe m ü. NN	RKS6/15 694.780	RKS7/15 694.204	RKS8/15 693.517	RKS9/15 693.194	RKS10/15 693.495
Auffüllungen (ungegliedert)	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	0,00 – 1,30
Mutterboden	0,00 – 0,40	0,00 – 0,60	0,00 – 0,60	0,00 – 0,50	n. a.
Verwitterungslehm	0,40 – 1,40	0,60 – 1,60	0,60 – 1,40	0,50 – 1,60	1,30 – 2,60
Verwitterungskies	n. a.	1,60 – 2,70	1,40 – 1,90	1,60 – 1,90	n. a.
Moränensand	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.
Moränenkies	3,10 – 4,40 4,90 – 5,50*	5,40 – 6,00*	2,40 – 2,80	n. a.	2,60 – 3,70 3,90 – 4,20
Grundmoräne	1,40 – 3,10 4,40 – 4,90	2,70 – 5,40	1,90 – 2,40 2,80 – 5,30*	1,90 – 6,00*	3,70 – 3,90 4,20 – 6,00*

\* Endtiefe n. a. = bis zur Endtiefe nicht angetroffen

Tabelle 1c: Schichtglieder und Schichttiefen RKS11 bis RKS15 (von - bis m unter Gelände)

<b>Aufschluss Ansatzhöhe m ü. NN</b>	<b>RKS11/15 691.485</b>	<b>RKS12/15 696.407</b>	<b>RKS13/15 694.612</b>	<b>RKS14/15 696.307</b>	<b>RKS15/15 696.110</b>
Auffüllungen (ungegliedert)	n. a.				
Mutterboden	0,00 – 0,60	0,00 – 0,50	0,00 – 0,50	0,00 – 0,50	0,00 – 0,40
Verwitterungslehm	0,60 – 1,70	0,50 – 1,30	0,50 – 1,20	0,50 – 1,40	0,40 – 2,40
Verwitterungskies	1,70 – 2,20	1,30 – 1,90	1,20 – 2,00	1,40 – 2,10	n. a.
Moränensand	n. a.	1,90 – 2,30	n. a.	n. a.	n. a.
Moränenkies	3,30 – 5,00*	2,30 – 3,20	5,10 – 6,00*	3,00 – 3,40*	n. a.
Grundmoräne	2,20 – 3,30	3,20 – 4,40*	2,00 – 5,10	2,10 – 3,00	2,40 – 4,40*

\* Endtiefe n. a. = bis zur Endtiefe nicht angetroffen

Tabelle 1d: Schichtglieder und Schichttiefen RKS16 bis RKS18 (von - bis m unter Gelände)

<b>Aufschluss Ansatzhöhe m ü. NN</b>	<b>RKS16/15 693.642</b>	<b>RKS17/15 695.020</b>	<b>RKS18/15 696.449</b>
Auffüllungen (ungegliedert)	n. a.	n. a.	n. a.
Mutterboden	0,00 – 0,55	0,00 – 0,30	0,00 – 0,30
Verwitterungslehm	0,55 – 1,10	0,30 – 1,90	0,30 – 1,80
Verwitterungskies	1,10 – 1,70	n. a.	n. a.
Moränensand	n. a.	n. a.	n. a.
Moränenkies	n. a.	n. a.	3,70 – 4,20*
Grundmoräne	1,70 – 5,60*	1,90 – 4,20*	1,80 – 3,70

\* Endtiefe n. a. = bis zur Endtiefe nicht angetroffen

## 2.3 Bautechnische Beschreibung der Schichten

### Auffüllungen

(die genaue Zusammensetzung der einzelnen Lagen ist der Anlage 2.2 zu entnehmen)

Bei den angetroffenen Auffüllungen im Bereich der RKS10/15, handelt es sich vermutlich um einen ehemaligen Feldweg. Unter einer 50 cm starken, aufgefüllten Oberbodenschicht (Schluff, schwach sandig, vereinzelt kiesig, humos) folgt ein 10 cm starker schwach schluffiger, sandiger Feinkies. Der Kiesboden ist auffällig schwarzbraun gefärbt, es sind immer wieder kleine Asphalt- und / oder Schlackereste vorhanden. Der Kiesboden hat in diesem Bereich einen leicht beißenden Geruch. Unter dem Feinkies folgt ein unauffällig graubraun gefärbter, schwach schluffiger, sandiger sowie schwach steiniger Fein- bis Grobkies bis 1,30 m u. GOK. Der aufgefüllte Schluff hat weiche Konsistenz, die nichtbindigen Böden liegen in lockerem Lagerungszustand vor. Die Auffüllungen sind zum Abtrag von Lasten nicht heran zu ziehen.

Eine altlastentechnische Bewertung der Auffüllungen erfolgte auftragsgemäß nicht. Innerhalb der Auffüllungen wurden bei den Untersuchungsstellen, bis auf die erwähnten Asphaltreste, keine weiteren anthropogenen Einschlüsse festgestellt (z. B. Bauschutt, Hausmüll, etc.). Die Auffüllungen zeigten die oben erwähnten organoleptischen Auffälligkeiten (schwarzbraune Farbe, leicht beißender Geruch). Es kann grundsätzlich nicht ausgeschlossen werden, dass auf dem Baufeld noch an anderer Stelle Auffüllungen vorhanden sind. Beim Aushub der Auffüllungen ist der fachtechnische Entsorgungsweg einzuhalten. Es ist ein Sachverständiger für Altlasten hinzu zu ziehen.

### Mutterboden

Der dunkelbraun gefärbte Oberboden am Projektstandort besteht aus einem schwach tonigen bis tonigen, feinsandigen, sowie humosen. Die Konsistenz ist weich. Der Oberboden ist zum Abtrag von Lasten nicht geeignet. Der Mutterboden kann als kulturfähiger Oberboden wiederverwertet werden.

### Verwitterungsdecke (Verwitterungslehm + Verwitterungskies)

Die Verwitterungsdecke setzt sich aus einem gering tonigen bis tonigen, schwach sandigen bis sandigen sowie schwach kiesigen bis lokal kiesigen Schluff (Verwitterungslehm) und einem schluffigen bis stark schluffigen, sandigen Fein- bis Grobkies (Verwitterungskies) zusammen. Die Konsistenz des Verwitterungslehms ist weich bis steif. Der Verwitterungskies ist locker bis mitteldicht gelagert, seine bindige Matrix hat überwiegen weiche bis steife Konsistenz. Die Verwitterungsdecke ist zum Abtrag von Gebäudelasten mäßig geeignet. Die Verwitterungsdecke ist frost- und witterungsempfindlich. Bei Wasserzutritt weicht der Boden schnell auf und verliert an Tragfähigkeit.

## Grundmoräne

Die angetroffene Grundmoräne ist als ein schwach toniger bis toniger, sandiger, kiesiger bis stark kiesiger Schluff zu beschreiben. Lokal ist der eiszeitliche Boden steinig bis stark steinig. Innerhalb der Grundmoräne ist mit Steinen ( $\varnothing > 63 - 200 \text{ mm}$ ) und Blöcken ( $\varnothing > 200 - 600 \text{ mm}$ ) zu rechnen. Lokal können auch große Blöcke ( $\varnothing > 600 \text{ mm}$ ) eingeschalten sein.

Die Konsistenz der Grundmoräne ist im oberen Bereich steif und geht mit zunehmender Tiefe über steif bis halbfest in halbfeste bis feste Konsistenz über. Nach der DIN 18300 sind gemischtkörnige Böden weicher bis halbfester Konsistenz in die Bodenklasse 4 und Böden mit fester Konsistenz in die Bodenklasse 6 zu rechnen, während steinige Böden zur Bodenklasse 5 gehören. Bei mehr als 30% Blöcken ( $\varnothing > 200 - 600 \text{ mm}$ ) gehört der Boden zur Bodenklasse 6, während große Blöcke ( $\varnothing > 600 \text{ mm}$ ) zur Bodenklasse 7 gerechnet werden. Die Grundmoräne ist, bei mindestens steifer Konsistenz, als gut tragfähig einzustufen. Auch die Grundmoräne weicht bei Wasserzutritten, z.B. durch Niederschläge oder Schichtwasseraustritte auf und verliert dann oberflächlich ihre Tragfähigkeit.

## Moränenkies

Der Moränenkies wurde im Untersuchungsgebiet als ein überwiegend schwach schluffiger, sandiger bis stark sandiger sowie schwach steiniger bis steiniger Fein- bis Grobkies angetroffen. Im Moränenkies ist ebenfalls mit Blöcken ( $\varnothing > 200 - 600 \text{ mm}$ ) und lokal auch größeren Blöcken ( $\varnothing > 600 \text{ mm}$ ) zu rechnen. Der Kiesboden ist mitteldicht, in größeren Tiefen auch mitteldicht bis dicht gelagert. Mit Erreichen des Moränenkieses wurde in den Rammkernsondierungen RKS8, RKS10 und RKS14 Schichtwasser aufgeschlossen (s. auch Abschnitt 3). Der Moränenkies kommt im Untersuchungsgebiet erfahrungsgemäß in Linsen- und / oder Rinnenform innerhalb der Grundmoräne vor. Der Moränenkies kann als gut tragfähig bezeichnet werden. Im freien Anschnitt, z. B. bei Baugruben, neigt der Kiesboden im Schichtwasserbereich zum Ausfließen.

## Moränensand

Der lediglich in der Rammkernsondierung RKS2/15 angetroffene Moränensand, setzt sich aus einem schluffigen bis stark schluffigen sowie kiesigen Fein- bis Grobsand zusammen. Der Lagerungszustand des Sandbodens ist locker bis mitteldicht. Der Moränensand liegt bei der o. g. Untersuchungsstelle als dünne Lage ( $D = 30 \text{ cm}$ ) oberhalb der Grundmoräne. In ungestörtem Zustand (ohne Zutritt von Wasser) ist der Moränensand als gut tragfähig zu bezeichnen. Ist der Sandboden im Bereich von Gründungssohlen wassergesättigt, wird empfohlen diesen Bereich bis zur Grundmoräne auszutauschen. Der Moränensand war der Ansprache zufolge stark feucht bis nass, ein Zulauf von Wasser in das Bohrloch konnte jedoch nicht gemessen werden. Es ist davon auszugehen, dass der Moränensand nach längeren Niederschlägen Schichtwasserführend ist. Im Schichtwasser wird der Moränensand im freien Anschnitt (z. B. bei Baugruben) ausfließen. Der Moränensand neigt bei Wassersättigung und mechanischer Einwirkung (z. B. durch Vibration) zur Verflüssigung (Liquefaction). Im dann

vorhandenen Boden-Wasser-Gemisch können keine Scherbeanspruchungen mehr aufgenommen werden. Dann gehört der Boden zur Bodenklasse 2.

## 2.4 Bodenkennwerte und Klassifizierung

Entsprechend der Baugrundsichtung der Profilschnitte (Anlagen 2.1 bis 2.4) sowie der Beschreibung der Böden, werden im Folgenden die für den Erdbau notwendigen Bodenkennwerte und Bodenklassen angegeben:

Tabelle 2: Charakteristische Bodenkennwerte (Erfahrungswerte vergleichbarer Böden)

Schicht	Wichte (erdfeucht) $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Wichte (unter Auftrieb) $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Reibungswinkel $\varphi'$ [°]	Kohäsion (dräniert) $c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Steifemodul $E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Auffüllungen (Mutterboden)	15 – 16	5 – 6	17,5 – 20,0	0	[0,5 – 1,0]
Auffüllungen (Kies)	19 – 20	9 – 10	30,0 – 32,5	0	[4 – 8]
Verwitterungslehm	18 – 19	8 – 9	25,0 – 27,5	0 – 2	4 – 6
Verwitterungskies	19 – 20	9 – 10	30,0 – 32,5	0	5 – 8
Grundmoräne mind. steif	19 – 22*	9 – 12*	25,0 – 27,5	3 – 6	20 – 30
Grundmoräne steif bis halbfest	19 – 22*	9 – 12*	25,0 – 27,5	6 – 10	30 – 50
Moränensand	19 – 20	9 – 10	30,0 – 32,5**	0	20 – 30**
Moränenkies	20 – 22*	20 – 22*	32,5 – 35,0	0	40 – 50

\* Steine und Blöcke

\*\* kann sich bei Verflüssigung deutlich verringern

Die vorgenannten Mittelwerte leiten sich aus den vorliegenden Untersuchungen und aus Erfahrungswerten von vergleichbaren Böden ab. Die Bodenparameter gelten für die anstehenden Schichten im ungestörten Lagerungsverband. Bei Auflockerungen oder Aufweichungen durch den Baubetrieb oder Witterungseinflüssen können sich die Parameter deutlich ändern.

Tabelle 3: Klassifizierung der Böden

Schicht	Bodengruppe DIN18196	Bodenklasse DIN18300	Bodenklasse DIN18301	Frost- empfindlichkeit ZTV E-StB 09	Verdichtbar- keitsklasse ZTV A-StB 12
Auffüllungen (Mutterboden )	(OU)	1	BO1	F3	-
Auffüllungen (Kies)	(GU)	3	BN1	F1 od. F2 <sup>x</sup>	V1
Verwitterungslehm	UL / UM	4	BB2	F3	V3
Verwitterungskies	GU*	4	BN2	F3	V2
Grundmoräne	UL / UM GU* / X	4, 5, (6,7) <sup>xx</sup>	BB2-4 BS1-3 <sup>xx</sup>	F3	V3
Moränensand	SU*	(2), 3	BN2	F3	V2 Mit Wasser V3
Moränenkies	GU / X lok. GW	3, (5) <sup>xx</sup>	BN1 BS1-3 <sup>xx</sup>	F1 bei GW F1 od. F2 bei GU <sup>x</sup>	V1

<sup>x</sup> nur durch Kornverteilung zu bestimmen

<sup>xx</sup> je nach Anteil und Größe der Steine und Blöcke / bei fester Konsistenz Bkl.6

Blöcke > 600 mm sind in der Grundmoräne und im Moränenkies möglich (dann Bkl. 7)

## 2.5 Erdbebenklassifizierung

Entsprechend der „Karte der Erdbebenzonen und geologischen Untergrundklassen für Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg, 2005“ befindet sich das Untersuchungsgebiet in der **Erdbebenzone 1** (Gebiet, in der gemäß des zugrunde gelegten Gefährdungsniveaus rechnerisch die Intensität  $6,5 \leq I < 7$  zu erwarten ist) und der **Untergrundklasse S** (Gebiete tiefer Beckenstrukturen mit mächtigen Sedimentfüllungen).

Entsprechend der DIN 4149 / 2005-04, Abs. 5.2.3 Baugrundklassen ist bei einer Gründung in der Grundmoräne oder dem Moränenkies die **Baugrundklasse C** (grobkörnige bzw. gemischtkörnige Lockergesteine in mitteldichter Lagerung bzw. in mindestens steifer Konsistenz) zugrunde zu legen.

## 3. Schicht- und Grundwasserverhältnisse, Durchlässigkeit der anstehenden Böden, Versickerungsmöglichkeiten nach dem DWA-A-138

### 3.1 Grundwasserverhältnisse

Während den Aufschlussarbeiten am 19.02.2015 wurde in den Rammkernsondierungen RKS8, RKS10 und RKS14 Wasser angetroffen.

Es wurden folgende Wasserstände gemessen (die Rammkernsondierungen in welchen bis zur Endtiefe kein Wasser angetroffen wurde, werden in der unten stehenden Tabelle nicht aufgelistet):

Tabelle 4: Schicht- / Grundwasserstände in den Rammkernsondierungen am 19.02.2015

Untersuchungspunkt	Wasser angebohrt		Wasser nach Bohrende*	
	m u. Gel.	m ü. NN	m u. Gel.	m ü. NN
RKS8/15	2,60 [MG]	690.92	Nicht messbar	-
RKS10/15	3,90 [MG]	689.59	Nicht messbar	-
RKS14/15	3,00 [MG]	693.31	↑ 2,60	↑ 693.71

\* keine Ruhewasserspiegel!      ↑ Anstieg      [MG]      Moränenkies

Bei dem angetroffenen Wasser handelt es sich um Schichtwasser, welches innerhalb des Moränenkieses vorhanden ist. Lokal ist das Schichtwasser sehr leicht unterhalb der undurchlässigeren Grundmoräne eingespannt. Die Schichtwasservorkommen sind lokal begrenzt und unterschiedlich ergiebig. Einzelne schichtwasserführende Lagen können miteinander verbunden sein.

Nach lang anhaltenden Niederschlägen muss, auch bedingt durch die Morphologie, mit größeren Wassermengen gerechnet werden. Das Schichtwasser kann dann stärker unter der Grundmoräne eingespannt sein, d. h. die druckentspannten Wasserspiegel können höher liegen.

Nach lang anhaltenden Niederschlägen muss in stark kiesigen und sandigen Bereichen der Grundmoräne und der Verwitterungsdecke mit temporärem Schichtwasser gerechnet werden.

**3.2 Durchlässigkeit der anstehenden Böden, Versickerungsmöglichkeiten nach dem DWA-A 138 (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abfall und Abwasser e. V. – Arbeitsblatt DWA-A 138 – Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser)**

Die Versickerung von Niederschlagswasser setzt einen durchlässigen Untergrund und einen ausreichenden Abstand zur Grundwasseroberfläche voraus. Der Untergrund muss die anfallenden Sickerwassermengen aufnehmen können. Die Versickerung kann direkt erfolgen oder das Wasser kann über ein ausreichend dimensioniertes Speichervolumen durch eine Sickeranlage mit verzögerter Versickerung in Trockenperioden dem Untergrund zugeführt werden.

Nach dem DWA-A 138 (April 2005) sollte der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens, in dem die Versickerung stattfinden soll, zwischen  $k_f = 1,0 \cdot 10^{-03}$  m/s und  $k_f = 1,0 \cdot 10^{-06}$  m/s liegen.

Die Mächtigkeit des Sickerraumes sollte, bezogen auf den mittleren höchsten Grundwasserstand, rd. 1,0 m betragen, um eine ausreichende Filterstrecke für eingeleitete Niederschlagsabflüsse zu gewährleisten. Bei Durchlässigkeitsbeiwerten von  $k_f < 1,0 \cdot 10^{-06}$  m/s ist eine Regenwasserbewirtschaftung über eine Versickerung nicht mehr gewährleistet, so dass die anfallenden Wassermengen über ein Retentionsbecken abzuleiten sind.

Der Untergrund im Untersuchungsgebiet besteht vorwiegend aus lehmigen Böden. Diese Bodenschichten sind erfahrungsgemäß schwach durchlässig bis sehr schwach durchlässig.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte der Verwitterungsdecke und der Grundmoräne liegen erfahrungsgemäß mit  $k_f < 1,0 \cdot 10^{-07}$  m/s außerhalb der Anforderungen des DWA-A 138 zur abschließlichen Versickerung von Oberflächenwasser.

Der Durchlässigkeitsbeiwert des Moränenkieses hängt stark von den bindigen Anteilen ab. Gering schluffiger Moränenkies kann erfahrungsgemäß  $k_f$ -Werte von  $> 1,0 \cdot 10^{-04}$  m/s aufweisen, wobei die  $k_f$ -Werte von schluffigen bis stark schluffigen Moränenkiesen bei  $1,0 \cdot 10^{-05}$  bis  $1,0 \cdot 10^{-06}$  m/s liegen.

Die  $k_f$ -Werte des Moränensandes liegen je nach Feinanteil zwischen  $k_f = 5,0 \cdot 10^{-05}$  bis  $1,0 \cdot 10^{-06}$  m/s.

Um die Durchlässigkeit des Moränenkieses am Standort des geplanten Sickerbeckens zu bestimmen, wurde in der Rammkernsondierung RKS11/15 ein Sicker Versuch ausgeführt. Anhand der aufgezeichneten Absenkungen wird der vertikale Durchlässigkeitsbeiwert ermittelt (vgl. Anlage 3).

Der vertikale Durchlässigkeitsbeiwert aus dem Sicker Versuch sowie der zugehörige Bemessungs –  $k_f$  – Wert nach dem Arbeitsblatt DWA - A 138, Tab. B.1, sind in der Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Ergebnisse des Sicker Versuches (Werte der Anlage 3)

Aufschluss Versuchstiefe	vertikale Durchlässigkeit $k_f$ -Wert Feldversuch (m/s)	vertikale Durchlässigkeit $k_f$ -Wert Bemessung (m/s)	Bodenart
RKS11/15 3,70 m u. GOK (Anlage 3)	$1,19 \cdot 10^{-4}$	(Korrekturfaktor 2) $2,37 \cdot 10^{-4}$	<u>Moränenkies</u> Fein- bis Grobkies sandig, schwach steinig Bodengruppe <b>GW</b>

Der ermittelte, vertikale Durchlässigkeitsbeiwert (vgl. Tabelle 5) stuft den Moränenkies im oberen Schichtbereich bei der Rammkernsondierung RKS11/15 als einen „stark durchlässigen“ ( $k_f = 1,0 \cdot 10^{-02}$  bis  $1,0 \cdot 10^{-04}$  m/s) Boden ein.

Die Verwitterungsdecke und die Grundmoräne sind zur direkten Versickerung von Niederschlagswasser, gemäß den Bedingungen des Arbeitsblattes DWA-A 138, aufgrund ihrer geringen Durchlässigkeit nicht geeignet.

Der Moränenkies und der Moränensand wären bezüglich ihrer  $k_f$ -Werte zur direkten Versickerung geeignet. Diese Schichteinheiten kommen jedoch erfahrungsgemäß in Linsen- und oder Rinnenform mit einem begrenzten Speichervolumen innerhalb der Grundmoräne vor. Die räumliche Ausdehnung des Moränenkieses am geplanten Beckenstandort (RKS11/15) ist nicht bekannt. Es wird empfohlen, zusätzliche Erkundungen (Schürfgruben oder Rammkernsondierungen) im Bereich des geplanten Beckenstandorts auszuführen, um die Ausdehnung des Moränenkieses in diesem Bereich bestimmen zu können

*Anmerkung:*

*Auf eine Bestimmung der Durchlässigkeitsbeiwerte der anderen Schichteinheiten im Feldversuch wurde, in Absprache mit dem Planungsbüro, verzichtet.*

#### **4. Gründung und baubegleitende Maßnahmen**

Vorbemerkung:

Der Untersuchungsrahmen für dieses Gutachten entspricht nicht dem Untersuchungsprogramm für Einzelbauwerke gemäß dem Eurocode 7, Teil 2 (DIN EN 1997-2:2010-10 einschließlich DIN EN 1997-2/NA:2010-12 und DIN 4020:2010-12).

Es ist eine Erkundung und geotechnische Bewertung für Einzelbauwerke oder eine höher auflösende Erkundung für das Untersuchungsgebiet anzuraten.

Die nachfolgenden Ausführungen und Berechnungen sollen als allgemeine Hinweise und Entscheidungshilfen zur Bebauungsform (mit oder ohne Keller) verstanden werden.

##### **4.1 Gründung**

Von den geplanten Gebäuden liegen noch keine Detailpläne vor. Die geologischen Schnitte sind in den Anlagen 2.1 bis 2.4 enthalten. Entsprechend Abschnitt 2.3 sind die Bauwerkslasten in die mindestens steife Grundmoräne, dem Moränenkies oder dem wasserfreien Moränensand abzutragen.

Die Oberkante der Grundmoräne wurde bei den Aufschlüssen auf folgenden Höhenkoten erkundet:

RKS1/15:	697.17 m ü. NN / 0,90 m unter Geländeoberkante (Grundmoräne)
RKS2/15:	696.92 m ü. NN / 1,50 m unter Geländeoberkante (Grundmoräne)
RKS3/15:	696.90 m ü. NN / 2,00 m unter Geländeoberkante (Grundmoräne)
RKS4/15:	696.18 m ü. NN / 2,10 m unter Geländeoberkante (Grundmoräne)
RKS5/15:	693.10 m ü. NN / 1,90 m unter Geländeoberkante (Grundmoräne)
RKS6/15:	693.38 m ü. NN / 1,40 m unter Geländeoberkante (Grundmoräne)
RKS7/15:	691.50 m ü. NN / 2,70 m unter Geländeoberkante (Grundmoräne)
RKS8/15:	691.62 m ü. NN / 1,90 m unter Geländeoberkante (Grundmoräne)

RKS9/15:	691.29 m ü. NN / 1,90 m unter Geländeoberkante (Grundmoräne)
RKS10/15:	690.89 m ü. NN / 2,60 m unter Geländeoberkante (Moränenkies)
RKS11/15:	689.28 m ü. NN / 2,20 m unter Geländeoberkante (Grundmoräne)
RKS12/15:	694.51 m ü. NN / 1,90 m unter Geländeoberkante (Moränensand)
RKS13/15:	692.61 m ü. NN / 2,00 m unter Geländeoberkante (Grundmoräne)
RKS14/15:	694.21 m ü. NN / 2,10 m unter Geländeoberkante (Grundmoräne)
RKS15/15:	693.71 m ü. NN / 2,40 m unter Geländeoberkante (Grundmoräne)
RKS16/15:	691.94 m ü. NN / 1,70 m unter Geländeoberkante (Grundmoräne)
RKS17/15:	693.12 m ü. NN / 1,90 m unter Geländeoberkante (Grundmoräne)
RKS18/15:	694.65 m ü. NN / 1,80 m unter Geländeoberkante (Grundmoräne)

Es wird vorgeschlagen, Gebäude einheitlich in den gut tragfähigen Moränenablagerungen auf Fundamenten oder einer tragenden Bodenplatte zu gründen.

Werden Gebäude nicht unterkellert, so sind die Fundamente, sofern sie aufgrund der erforderlichen frostsicheren Einbindetiefe nicht ohnehin in den tragfähigen Böden zu liegen kommen (Froststeinwirkungszone II,  $t$  mind. 1,00 m), über Fundamentvertiefungen bis auf die Moränenablagerungen zu führen. Dazu werden senkrechte Gräben bis zu den Moränenablagerungen mindestens steifer Konsistenz ausgehoben und unmittelbar nach Aushub bis auf die Oberkante der geplanten Fundamente mit Magerbeton aufgefüllt. Die Fundamentvertiefungen dürfen unter keinen Umständen betreten werden und sind direkt nach dem Aushub mit Magerbeton zu verfüllen.

Bei einer Gründung nicht unterkellertes Gebäude auf einer elastisch gebetteten Bodenplatte, ist die Verwitterungsdecke durch einen Bodenersatzkörper auszutauschen. Der Bodenersatzkörper ist aus einem feinkornarmen ( $< 5\%$  Schluffanteil) Kiessand herzustellen, lagenweise einzubauen und zu verdichten ( $D_{Lage} \leq 0,30$  m). Die Mindestdicke des Bodenersatzkörpers sollte, sofern er nicht schon in der Grundmoräne zu liegen kommt,  $d = 1,20$  m nicht unterschreiten. Die ordnungsgemäße Verdichtung des Bodenersatzkörpers ist mittels statischen Plattendruckversuchen zu überprüfen (empfohlen:  $E_{v2} \geq 100$  MN/m<sup>2</sup>). Der Bodenersatzkörper ist so weit über den Rand der Bodenplatte auszubilden, dass sich ein Lastausbreitungswinkel von  $45^\circ$  einstellen kann. Der Bodenersatzkörper ist vom anstehenden Boden durch ein Geotextil zu trennen (GRK3). Sollte die Gründungssohle stark aufgeweicht sein, so sind in diesen Bereichen zur Stabilisierung der Sohle zusätzlich Schroppen (gebrochenes Material) einzudrücken.

In den Anlagen 4.1 bis 4.4 sind Fundamentdiagramme für die Vorbemessung von Einzel- und Streifenfundamenten enthalten, welche in den Moränenablagerungen gründen. Berechnungsgrundlage sind die DIN EN 1997-2:2009-09 (EC7) mit nationalem Anhang (DIN EN 1997-1/NA:2010-12), die DIN 1054:2010-12 sowie die DIN 4017:2006-03. Es liegt der Lastfall BS-P (ständige Bemessungssituation) zugrunde und das Verhältnis von veränderlichen zu Gesamtlasten wurde mit 0,50 vorausgesetzt.

Der Bemessungswert des Sohlwiderstandes  $\sigma_{R,d}$  ist in den oben genannten Anlagen in Abhängigkeit von der Fundamentgeometrie und für eine mittige Belastung dargestellt.

(Anmerkung: Im rechten Bereich der Diagramme und den Tabellen ist zusätzlich noch der Wert  $\sigma_{E,k}$  angegeben. Dieser Wert entspricht dem aufnehmbaren Sohldruck nach der DIN 1054:2005-01).

Bei einem Ausnutzungsgrad von  $\mu \leq 1,0$  und einer Begrenzung der rechnerischen Setzung auf z. B.  $s \leq 1,5$  cm (die Setzungen werden in der Berechnung über die charakteristischen Lasten ermittelt) ist, je nach gewählter Fundamentgeometrie, folgender Bemessungswert des Sohlwiderstandes anzusetzen (Auszüge aus den Anlagen 4.1 bis 4.4):

Anlage 4.1 – quadratisches Einzelfundament (a / b = 1) – Randfundament (Einbindetiefe = 1,00 m)

Fundament a x b = 0,80 x 0,80 m:  $\sigma_{R,d} = 392 \text{ kN/m}^2$ ,  $R_{n,d} = 250 \text{ kN}$ ,  $z_{ugh}.s = 0,62 \text{ cm}$   
Fundament a x b = 1,20 x 1,20 m:  $\sigma_{R,d} = 418 \text{ kN/m}^2$ ,  $R_{n,d} = 601 \text{ kN}$ ,  $z_{ugh}.s = 0,98 \text{ cm}$   
Fundament a x b = 1,60 x 1,60 m:  $\sigma_{R,d} = 444 \text{ kN/m}^2$ ,  $R_{n,d} = 1.136 \text{ kN}$ ,  $z_{ugh}.s = 1,38 \text{ cm}$ .

Anlage 4.2 – quadratisches Einzelfundament (a / b = 1) - Mittelfundament (h = 0,60 m)

Fundament a x b = 0,80 x 0,80 m:  $\sigma_{R,d} = 296 \text{ kN/m}^2$ ,  $R_{n,d} = 189 \text{ kN}$ ,  $z_{ugh}.s = 0,46 \text{ cm}$   
Fundament a x b = 1,20 x 1,20 m:  $\sigma_{R,d} = 322 \text{ kN/m}^2$ ,  $R_{n,d} = 463 \text{ kN}$ ,  $z_{ugh}.s = 0,74 \text{ cm}$   
Fundament a x b = 1,60 x 1,60 m:  $\sigma_{R,d} = 348 \text{ kN/m}^2$ ,  $R_{n,d} = 890 \text{ kN}$ ,  $z_{ugh}.s = 1,06 \text{ cm}$ .

Anlage 4.3 – Streifenfundament l = 10 m - Randfundament (Einbindetiefe = 1,00 m)

Fundament b = 0,60 m, l = 10 m:  $\sigma_{R,d} = 292 \text{ kN/m}^2$ ,  $R_{n,d} = 175 \text{ kN/m}$ ,  $z_{ugh}.s = 0,79 \text{ cm}$   
Fundament b = 0,80 m, l = 10 m:  $\sigma_{R,d} = 312 \text{ kN/m}^2$ ,  $R_{n,d} = 249 \text{ kN/m}$ ,  $z_{ugh}.s = 1,06 \text{ cm}$   
Fundament b = 1,00 m, l = 10 m:  $\sigma_{R,d} = 332 \text{ kN/m}^2$ ,  $R_{n,d} = 332 \text{ kN/m}$ ,  $z_{ugh}.s = 1,34 \text{ cm}$ .

Anlage 4.4 – Streifenfundament l = 10 m – Mittelfundament (h = 0,60 m)

Fundament b = 0,60 m, l = 10 m:  $\sigma_{R,d} = 225 \text{ kN/m}^2$ ,  $R_{n,d} = 135 \text{ kN/m}$ ,  $z_{ugh}.s = 0,58 \text{ cm}$   
Fundament b = 0,80 m, l = 10 m:  $\sigma_{R,d} = 244 \text{ kN/m}^2$ ,  $R_{n,d} = 195 \text{ kN/m}$ ,  $z_{ugh}.s = 0,80 \text{ cm}$   
Fundament b = 1,00 m, l = 10 m:  $\sigma_{R,d} = 263 \text{ kN/m}^2$ ,  $R_{n,d} = 263 \text{ kN/m}$ ,  $z_{ugh}.s = 1,03 \text{ cm}$ .

**Achtung: Die angegebenen Werte ( $\sigma_{R,d}$ ) sind Bemessungswerte des Sohlwiderstands, keine aufnehmbaren Sohldrücke nach DIN 1054:2005-01 und keine zulässigen Bodenpressungen nach DIN 1054:1976-11.**

Je nach gewählter Fundamentgeometrie ist entweder die Grundbruchsicherheit (rote Linie im Diagramm) oder die Begrenzung der Setzungen (hier 1,50 cm gewählt - blaue Linie im Diagramm) maßgebend für den aufnehmbaren Sohldruck.

Die Diagramme für die Vorbemessung der Randfundamente können herangezogen werden, wenn bei unterkellerten Gebäuden gewährleistet wird, dass ein Ausweichen des Fundamentes in Richtung Kellerseite durch ausreichend dicke Kellerwände oder einen massiv ausgebildeten Fußboden verhindert wird. Ansonsten sind auch für Randfundamente die Diagramme für Mittelfundamente heranzuziehen.

Die Diagramme für die Vorbemessung der Mittelfundamente gelten bei unterkellerten Gebäuden mit einer Fundamenthöhe von  $h = 0,60$  m.

Für nicht unterkellerte Gebäude, welche über Magerbetonvertiefungen in den Moränenablagerungen gegründet werden, gelten die Diagramme für Randfundamente (Mindesteinbindetiefe 1,00 m).

Die Größe der zulässigen Setzungen ist vom zuständigen Planungsbüro festzulegen.

Bei den angegebenen Tragfähigkeitswerten ist die gegenseitige Beeinflussung von benachbarten Fundamenten noch nicht berücksichtigt. Es wird vorgeschlagen, die Vorbemessung der Fundamente nach den Fundamentdiagrammen in den Anlagen 4.1 bis 4.4 vorzunehmen. Bei schräger oder ausmittiger Belastung sind die Bemessungswerte nicht auf die Fläche  $A$  ( $a \times b$ ), sondern auf die Ersatzfläche  $A'$  ( $a' \times b'$ ) anzusetzen.

*Anmerkung: nach EC7, 6.5.2.2, mit ergänzender Regelung A(1) aus der DIN1054:2010, sind die Exzentrizität und die Lastneigung aus den charakteristischen Lasten zu ermitteln.*

Nach Vorlage der aktuellen Bauwerkslasten sind bei setzungsempfindlichen Tragkonstruktionen die gegenseitigen Beeinflussungen der Fundamente und die Verträglichkeit der Setzungsdifferenzen bzw. Fundamentverdrehungen mit einer Setzungsberechnung zu überprüfen.

Zur Bestimmung der zulässigen Bodenpressung für andere Fundamentabmessungen als in den Diagrammen angegeben, ist Kontakt mit dem Unterzeichner aufzunehmen.

Werden Gebäude auf einer tragenden Bodenplatte über einen Bodenersatzkörper in der Grundmoräne gegründet oder liegen die Bodenplatten schon in der Grundmoräne auf (unterkellerte Gebäude), so kann zur Vorbemessung der Bodenplatte ein Bettungsmodul in der Größenordnung von  $k_s = 6 - 10$  MN/m<sup>3</sup> angesetzt werden.

Liegt der Bodenersatzkörper noch in der Verwitterungsdecke, so kann zur Vorbemessung ein Bettungsmodul von  $k_s = 3 - 5$  MN/m<sup>3</sup> angesetzt werden.

Der exakte Bettungsmodulverlauf kann nach Angabe der einwirkenden Lasten, über den Steifemodul des Bodens, anhand einer detaillierten Setzungsberechnung von unserem Büro bestimmt werden. Dies wird vor allem in dem zuletzt genannten Fall dringend empfohlen.

Die Verwitterungsdecke und die Grundmoräne sind witterungsempfindlich. Sie weichen bei Wasserzutritt schnell auf. Es wird empfohlen, die Gründungssohlen unmittelbar nach dem Aushub mit Magerbeton zu versiegeln oder eine Schutzschicht ( $D = 10$  bis  $20$  cm) bis vor dem Betonieren in der Baugrubensohle zu belassen.

#### 4.2 Baugruben

Im Baugebiet sind frei geböschte Baugruben möglich. Generell sind in der Verwitterungsdecke und den wasserfreien Moränenkiesen- und sanden Böschungen mit  $45^\circ$  nach der DIN 4124 ohne rechnerischen Nachweis der Standsicherheit bis zu einer Tiefe von  $5$  m möglich. In der Grundmoräne mindestens steifer Konsistenz sind Böschungswinkel bis  $60^\circ$  möglich. Auf die Einhaltung der lastfreien Bereiche an der Böschungskrone, entsprechend DIN 4124, so wie die Einhaltung der weiteren Randbedingungen zur Anwendung der Norm, wird hingewiesen. Freie Böschungen sind mit Planen o.ä. gegen Witterungseinflüsse zu sichern.

Schneiden Baugruben wasserführende Lagen an (z. B. in den Moränenkiesen und -sand), können die oben genannten Böschungswinkel ohne zusätzliche Maßnahmen nicht eingehalten werden. Bei geringen Schichtwasserzutritten können die freien Böschungen mit Stützscheiben aus Einkornbeton gesichert werden. Ist der Schichtwasserandrang stark, wird empfohlen die Baugruben mittels eines statischen Verbaus zu sichern. Hierzu eignet sich zum Beispiel ein Trägerbohlwandverbau („Berliner Verbau“) oder ein Spundwandverbau.

Wird ein Trägerbohlwandverbau ausgeführt, so wird es lokal zu einem Einfließen von Schichtwasser und Bodenteilchen in die Baugrube kommen, was zu einer Setzung der dahinter liegenden Straßen und Leitungen führen wird. Es wird deshalb empfohlen, entlang von Straßen (Erschließungsstraßen) einen Spundwandverbau auszuführen.

Aufgrund der mit zunehmender tiefe hohen Konsistenz der Grundmoräne sowie lokal vorkommenden Steinen oder auch Blöcken, sind die Träger bzw. die Spunddielen mit zunehmender Tiefe nur schwer bis gar nicht ramm- bzw. rüttelbar. In diesem Fall sind Austausch- bzw. Auflockerungsbohrungen vorzusehen. Die Standsicherheit der Verbaumaßnahmen ist rechnerisch nachzuweisen.

Details zur Baugrubensicherung können mit Voranschreiten der Planung mit unserem Büro abgestimmt werden. Es wird empfohlen unmittelbar vor Baubeginn einen Probeschurf anzulegen, um die aktuelle Schichtwassersituation überprüfen zu können.

#### 4.3 *Bauwerksabdichtung*

Im Baugebiet muss mit Schicht- und Hangwasser gerechnet werden (s. Abschnitt 3.1).

Auf Grund der überwiegend geringen Durchlässigkeit des Untergrundes (Verwitterungslehm, Grundmoräne) ist in der Arbeitsraumverfüllung eines unterkellerten Gebäudes mit anstauendem Sicker- bzw. Schichtwasser zu rechnen.

Die Abdichtung der Bodenplatte und der erdberührten Wände ist gemäß Abschnitt 9 der DIN 18195-6 gegen aufstauendes Sicker- bzw. Schichtwasser (drückendes Wasser) zu bemessen.

#### 4.4 *Kanalbaumaßnahmen*

Die Sohle eines eventuell erforderlichen Kanals ist noch nicht bekannt, so dass hierzu in allgemeiner Form Stellung genommen wird.

Baugruben und Gräben im Projektgebiet können gemäß Abschnitt 4.2 ausgehoben werden.

Alternativ zur freien Böschung und in Schichtwasserbereichen ist die Sicherung mit Grabenverbaugeräten möglich. Der Einsatz von Grabenverbaugeräten minimiert die Aushubmenge und die Grabenbreite. Die Verbaufeln sind in Schichtwasserbereichen kontinuierlich vor dem Aushub des Bodens einzudrücken um eine seitliche Stützung der Grabenwände zu gewährleisten (Absenkverfahren). Ein Vorseilen des Aushubs vor dem Grabenverbaugerät ist in diesen Bereichen zu vermeiden. Auftretendes Schichtwasser ist in den Kanalgräben mit einer offenen Wasserhaltung zu fassen.

Kommen die Kanalrohre mit Ihrer Sohle in der mindestens steifen Grundmoräne oder dem Moränenkies zu liegen, so sind keine besonderen Maßnahmen zur Gründung der Rohre nötig. Die Grundmoräne und der Moränenkies sind lokal als steinig bis lokal stark steinig anzusprechen. Es ist immer wieder mit Blöcken in der Grundmoräne und dem Kiesboden zu rechnen. Um eine gleichmäßige Bettung der Rohre zu erhalten, wird empfohlen, den unteren Bettungsbereich aus einem feinkörnigem Kies-Sand Gemisch herzustellen. Die Dicke der unteren Bettung muss gemäß DIN EN 1610 mindestens  $a = 100 \text{ mm} + 1/10 \text{ DN [mm]}$  betragen.

Liegen die Kanalsohlen in den darüber liegenden Schichten (Verwitterungslehm + Verwitterungskies) ist als Gründungspolster ein Bodenersatzkörper (Kiessand, Schluffanteil < 5%) mit einer Mächtigkeit von  $D = 40 \text{ cm}$  einzubauen. Der Bodenersatzkörper ist von der anstehenden Grundmoräne durch ein Vlies (GRK3) zu trennen. Sollte die Gründungssohle stark aufgeweicht sein, so sind in diesen Bereichen zur Stabilisierung der Sohle zusätzlich Schroppen (gebrochenes Material) einzudrücken.

Für die Verfüllung der Kanalgräben können die Verwitterungsdecke und die Grundmoräne nicht verwendet werden. Diese Böden besitzen beim Wiedereinbau in den Kanalgräben eine

größere Durchlässigkeit als der anstehende Baugrund. Bei einem Wasserzutritt werden diese Böden aufgeweicht, es werden ggf. Feinbestandteile ausgewaschen, dies führt zu Setzungen im Straßenbereich. Zudem lässt sich die Verwitterungsdecke, mit Hinweis auf ihre Konsistenz, ohne zusätzliche Bodenverbesserungsmaßnahmen nicht verdichten.

Die Verwitterungsdecke und die Grundmoräne können nur dann zur Verfüllung der Kanalgräben herangezogen werden, wenn sie vorab durch ein Kalk-Zement Bindemittel verbessert werden.

#### 4.5 Straßenbaumaßnahmen

Es ist davon auszugehen, dass die Erschließungsstraßen oberflächennah in der Verwitterungsdecke zu liegen kommen. Diese Böden sind nach den ZTV E-StB 09 als sehr frostempfindlich (F3) einzustufen. Des Weiteren sind diese Böden witterungsempfindlich. Nach den ZTV E-StB 09 und der RStO ist auf dem Erdplanum eines F2/F3 Untergrundes ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  gefordert. Dieser Wert wird im Bereich des weichen bis steifen Verwitterungslehms vermutlich nicht erreicht werden. Es wird empfohlen den Verformungsmodul des Erdplanums vor der Baumaßnahme durch Plattendruckversuche zu untersuchen.

Sollte das Erdplanum den geforderten Verformungsmodul nicht erreichen, sind baugrundverbessernde Maßnahmen notwendig. Es wird vorgeschlagen, den frostsicheren Straßenaufbau auf einem mindestens 0,40 m dicken Bodenersatzkörper aus Kiessand (Schluffanteil < 5 %) aufzubauen. Der Bodenersatzkörper ist lagenweise einzubauen und zu verdichten. Zwischen anstehendem Baugrund und Bodenersatzkörper ist ein Trennvlies (GRK3) einzulegen. Der fachgerechte Einbau des Bodenersatzkörpers ist anhand von Plattendruckversuchen zu überprüfen.

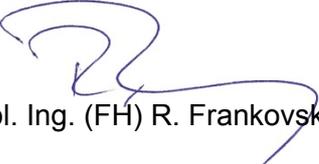
Alternativ zu einer Gründung des Oberbaus auf einem Bodenersatzkörper kann der Verwitterungslehm im oberen Bereich auch einer Bodenverbesserung (Einfrästiefe mind. 40 cm) mit Tragschichtenbinder (z. B. DOROSOL C30, ca. 3 - 5 % Gew.-Anteil) unterzogen werden. Mit dieser Maßnahme wird die oben genannte Anforderung erreicht (Nachweis nach Verbesserung:  $E_{v2} \geq 70 \text{ MN/m}^2$ ).

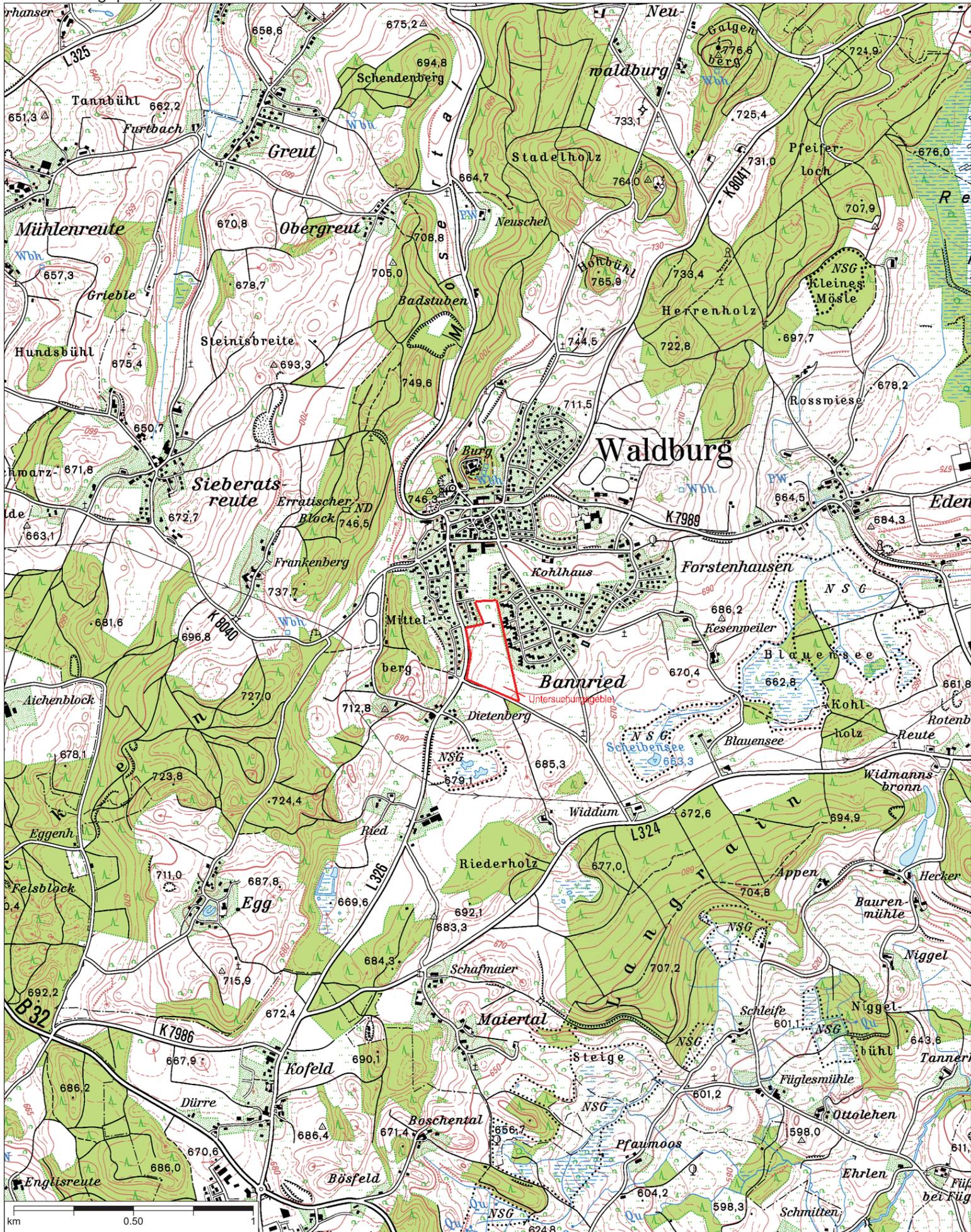
Es wird empfohlen, im Vorfeld ein Probefeld mit den oben beschriebenen Baugrundverbesserungen anzulegen und das zu fordernde Verformungsmodul nachzuweisen. Bei nicht Erreichen der o. g. Werte ist die Dicke des Bodenersatzkörpers zu vergrößern.

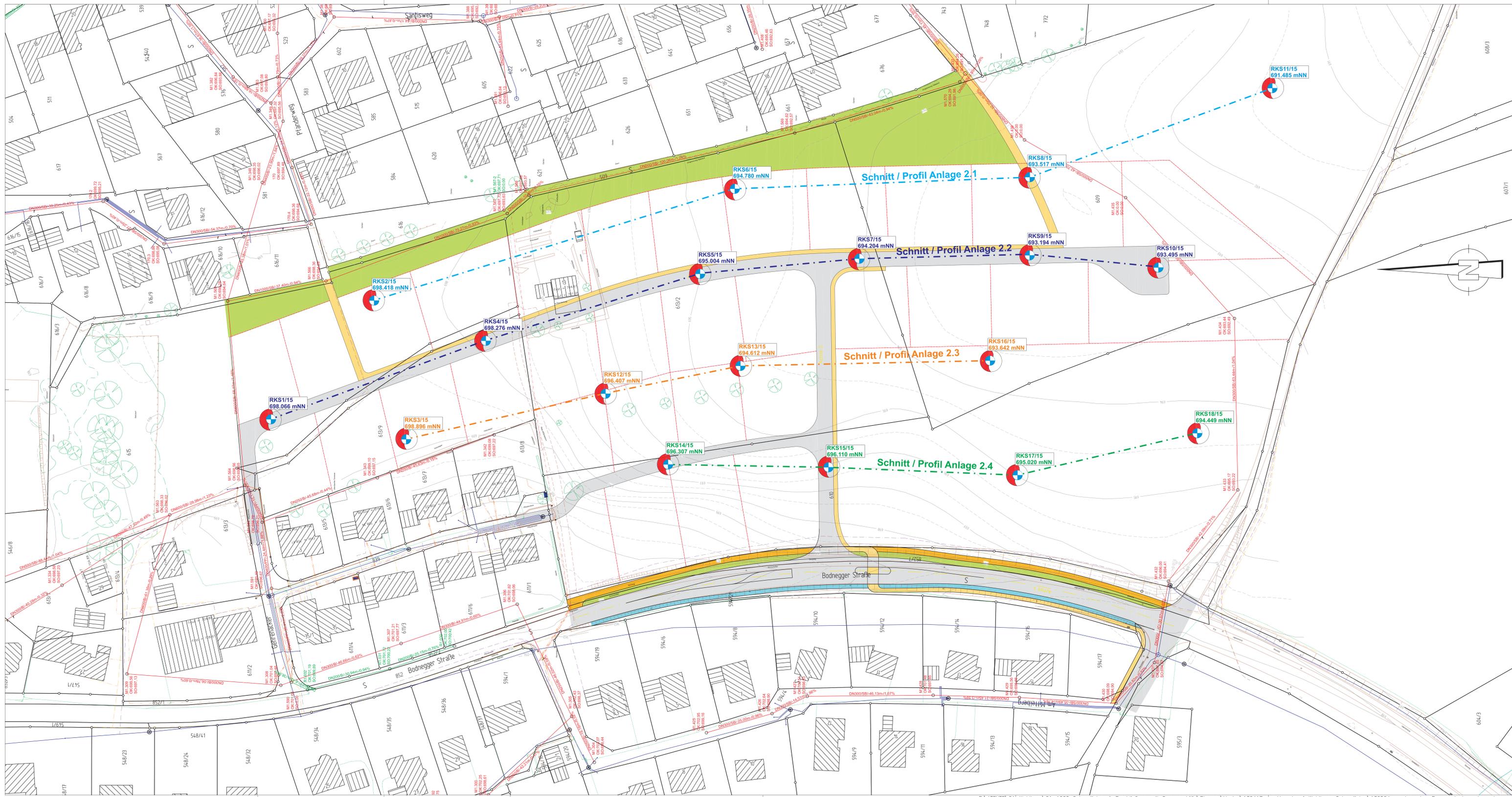
### Anmerkungen

Die im Gutachten enthaltenen Angaben beziehen sich auf die bei den Untersuchungsstellen ermittelten Bodenschichten und deren geotechnischen Eigenschaften. Abweichungen von den gemachten Angaben (Schichttiefen, Bodenzusammensetzung, Wasserstände etc.) können auf Grund einer Heterogenität des Untergrundes nicht ausgeschlossen werden. Ferner ist eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten und eine laufende Überprüfung der angebotenen Bodenverhältnisse im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen und Folgerungen erforderlich. Es wird deshalb empfohlen zur Abnahme der Gründungssohlen den Verfasser des Gutachtens heranzuziehen. Der Unterzeichner ist in die weiteren Planungen mit einzubeziehen.

Eine Vervielfältigung des Berichtes bedarf der Zustimmung des auf Seite 1 genannten Auftraggebers. Der Bericht darf nur komplett und zusammen mit allen dazugehörigen Anlagen weitergegeben bzw. vervielfältigt werden.

  
Dipl. Ing. (FH) R. Frankovsky





**Legende Bestand**

- Grenze aus dem Liegenschaftskataster
- Fahrhand (befestigt)
- Fahrhand (unbefestigt)
- Böschung
- Mauer
- Hecke
- Zaun
- Ungrenzung Gebäud.
- Schachdeckel
- Wasserschacht
- Beleuchtungsmast
- Pflanz
- Obstbaum
- Laubb.
- Busch
- Nadelbaum
- Höhenlinie 1m
- Höhenlinie 0.5m

**Legende Kanal / Wasserversorgung**

- Haltung Mischwasser
- Haltung Kanalschacht stlgelegt
- Haltung Regenwasser
- Haltung Wasserleitung

**Legende Versorgungsleitungen**

- Kabel BIW Leitung
- Telekom Leitung
- Gasleitung
- Stromleitung 1kV
- Stromleitung 20kV

**Legende Baugrunderkundung**

- Rammkernsondierung (RKS)

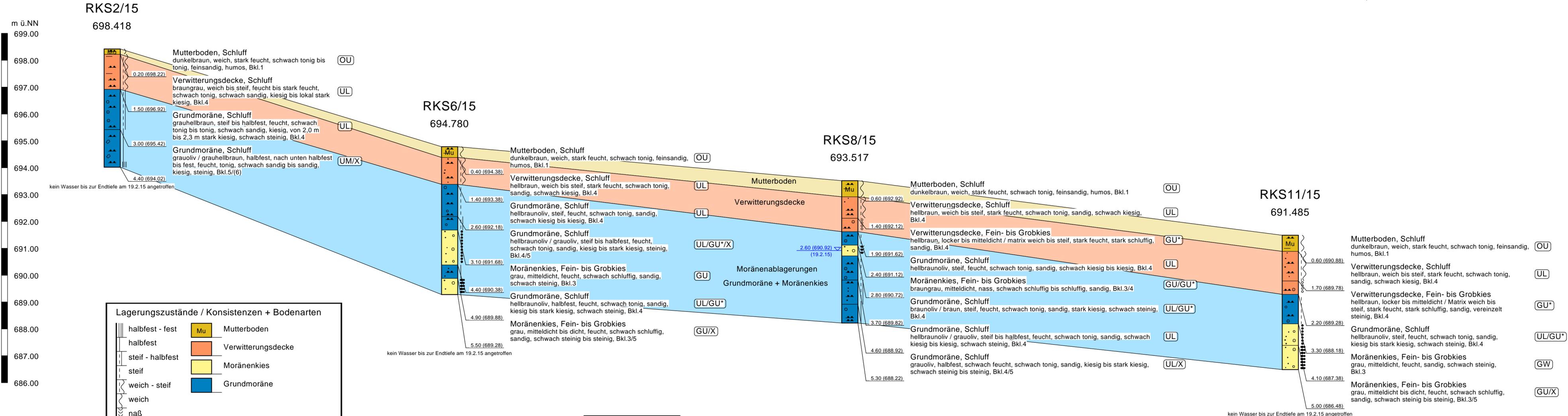
VORABZUG

geändert Datum Zeichen Inhalt der Änderung	
Vorhabensträger: <b>Kreis Ravensburg Gemeinde Waldburg</b>	
Erschließung <b>BG Gehrenäcker II und Bau einer Querungshilfe in der Bodnegger Straße gepl. Schürftgruben</b>	
Aufgestellt: Antzell, den	
<b>Anlage 1</b> Plan 1 Projekt Nr.: 61-1005 Datum 24.05.2013 Zeichen WE gezeichnet geprüft Lageplan	
 Projektnummer A1501015 Erschließung BG Gehrenäcker II, Waldburg Anl. 1.2, Lageplan mit Untersuchungspunkten M 1:500	

# Geologisches Profil 1: RKS2 - RKS6 - RKS8 - RKS11

Norden --> Süden

Geologisches Profil 1: RKS2 - RKS6 - RKS8 - RKS11  
 M. d. H. 1:75, M. d. L. unmaßstäblich



Lagerungszustände / Konsistenzen + Bodenarten	
halbfest - fest	Mutterboden (Mu)
halbfest	Verwitterungsdecke
steif - halbfest	Moränenkies
steif	Grundmoräne
weich - steif	
weich	
naß	
locker	
mitteldicht	
dicht	

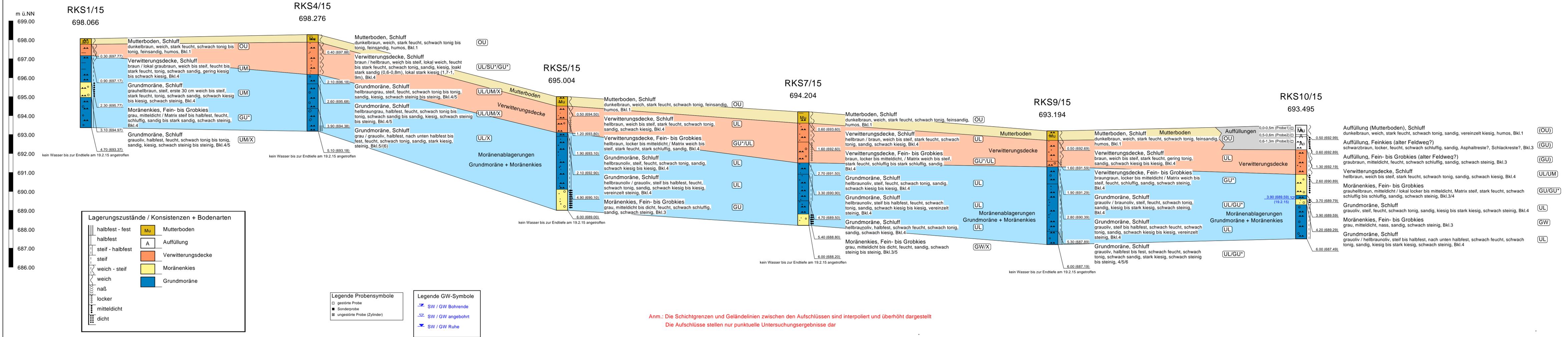
Legende GW-Symbole		Legende Probensymbole	
	SW / GW Bohrende		gestörte Probe
	SW / GW angebohrt		Sonderprobe
	SW / GW Ruhe		ungestörte Probe (Zylinder)

Anm.: Die Schichtgrenzen und Geländelinien zwischen den Aufschlüssen sind interpoliert und überhöht dargestellt  
 Die Aufschlüsse stellen nur punktuelle Untersuchungsergebnisse dar

# Geologisches Profil 2: RKS1 - RKS4 - RKS5 - RKS7 - RKS9 - RKS10

Norden --> Süden

Geologisches Profil 2: RKS1 - RKS4 - RKS5 - RKS7 - RKS9 - RKS10  
 M. d. H. 1:75, M. d. L. unmaßstäblich



**Lagerungszustände / Konsistenzen + Bodenarten**

halbfest - fest	<b>Mu</b>	Mutterboden
halbfest	<b>A</b>	Auffüllung
steif - halbfest	<b>OU</b>	Verwitterungsdecke
steif	<b>UM</b>	Moränenkies
weich - steif	<b>GU*</b>	Grundmoräne
weich		
naß		
locker		
mitteldicht		
dicht		

**Legende Probensymbole**

□	gestörte Probe
■	Sonderprobe
⊠	ungestörte Probe (Zylinder)

**Legende GW-Symbole**

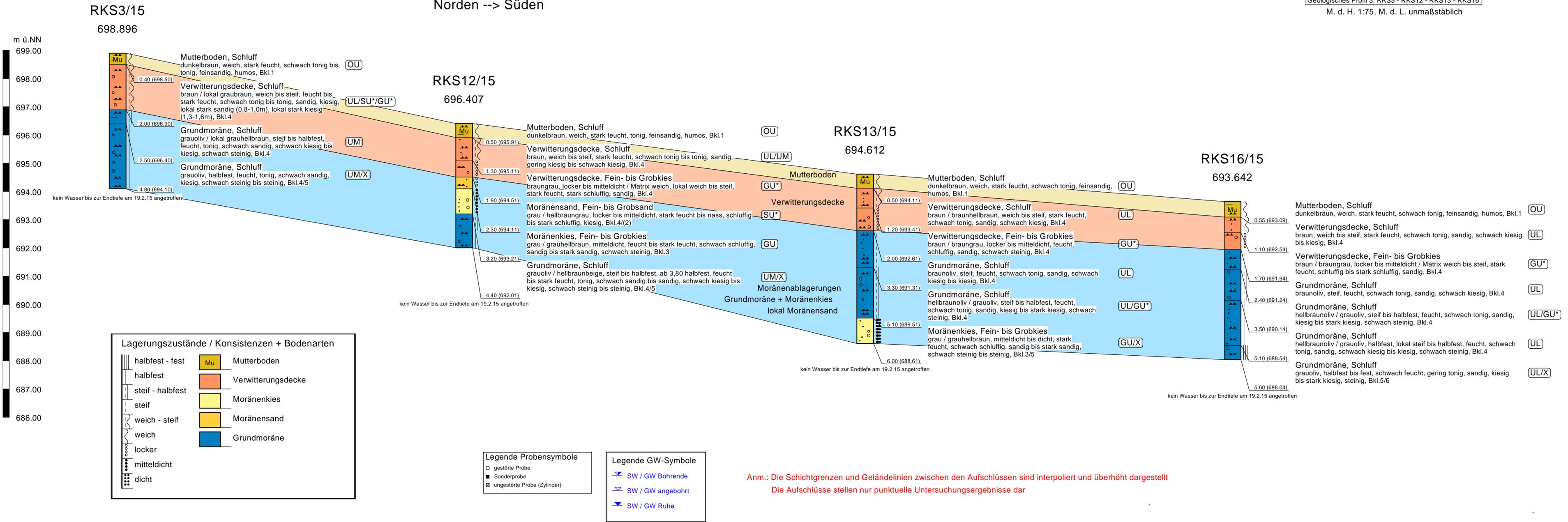
↘	SW / GW Bohrende
↘	SW / GW angebohrt
↘	SW / GW Ruhe

Anm.: Die Schichtgrenzen und Geländelinien zwischen den Aufschlüssen sind interpoliert und überhöht dargestellt.  
 Die Aufschlüsse stellen nur punktuelle Untersuchungsergebnisse dar.

# Geologisches Profil 3: RKS3 - RKS12 - RKS13 - RKS16

Norden --> Süden

Geologisches Profil 3: RKS3 - RKS12 - RKS13 - RKS16  
M. d. H. 1:75, M. d. L. unmaßstäblich



halbfest - fest	Mu	Mutterboden
halbfest		Verwitterungsdecke
steif - halbfest		Moränenkies
steif		Moränensand
weich - steif		Grundmoräne
weich		
locker		
mitteldicht		
dicht		

□	gestörte Probe
■	Sonderprobe
▣	ungestörte Probe (Zylinder)

↘	SW / GW Bohrende
↘	SW / GW angebohrt
↘	SW / GW Ruhe

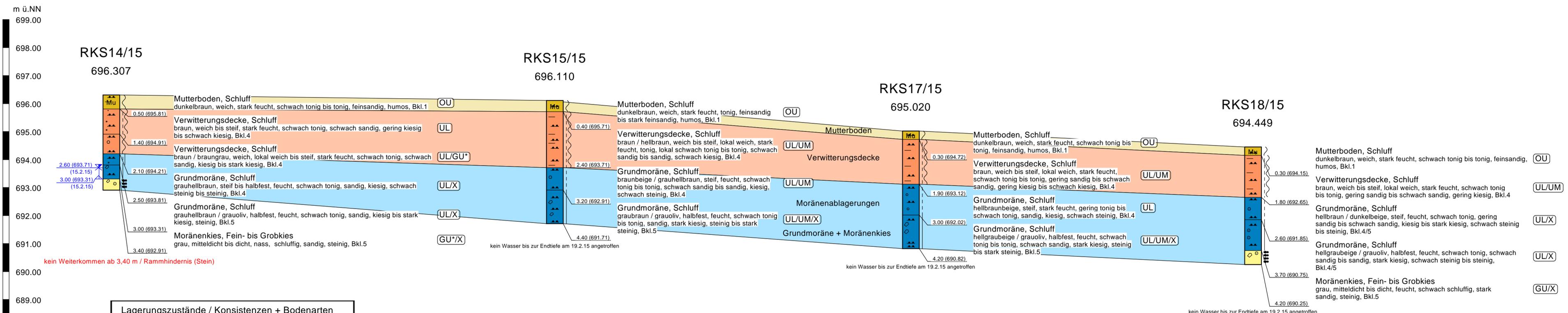
Anm.: Die Schichtgrenzen und Geländelinien zwischen den Aufschlüssen sind interpoliert und überhöht dargestellt.  
Die Aufschlüsse stellen nur punktuelle Untersuchungsergebnisse dar.

# Geologisches Profil 4: RKS14 - RKS15 - RKS17 - RKS18

Norden --> Süden

<b>fm geotechnik</b> <small>Wiesflecken 6 88279 Amtzell</small>	Projekt	Anlage
	<b>Erschließung Baugebiet Gehrenäcker II</b> Waldburg	2.4
<small>Mayrhalde 11 87452 Altusried</small>	Projekt Nr.	A1501015

Geologisches Profil 4: RKS14 - RKS15 - RKS17 - RKS18  
 M. d. H. 1:75, M. d. L. unmaßstäblich



kein Weiterkommen ab 3,40 m / Rammhindernis (Stein)

kein Wasser bis zur Endtiefe am 19.2.15 angetroffen

kein Wasser bis zur Endtiefe am 19.2.15 angetroffen

kein Wasser bis zur Endtiefe am 19.2.15 angetroffen

halbfest	Mu	Mutterboden
steif - halbfest		Verwitterungsdecke
steif		Moränenkies
weich - steif		Grundmoräne
weich		
naß		
mitteldicht		
dicht		

□	gestörte Probe
■	Sonderprobe
⊠	ungestörte Probe (Zylinder)

↙	SW / GW Bohrende
↘	SW / GW angebohrt
↕	SW / GW Ruhe

Anm.: Die Schichtgrenzen und Geländelinien zwischen den Aufschlüssen sind interpoliert und überhöht dargestellt  
 Die Aufschlüsse stellen nur punktuelle Untersuchungsergebnisse dar

**Absenkversuch im Bohrloch, Einleitung über GW-Spiegel**

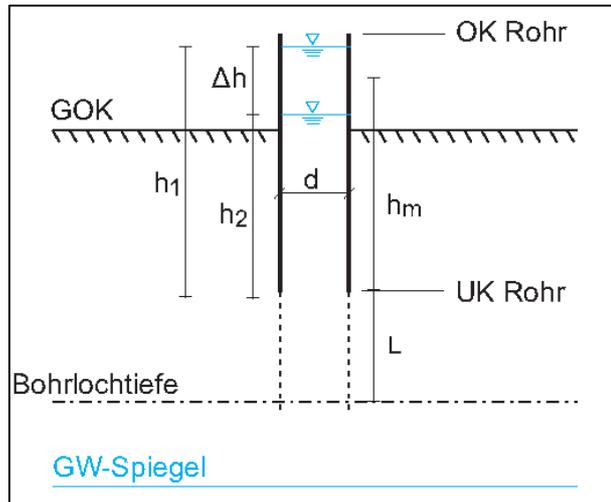
gemäß Insituit für Bau und Umwelt IBU, Hochschule Rapperswill HSR

Erschließung BG Gehrenäcker II, Waldburg

Sickerversuch Nr.: 1

Aufschluss: RKS11/15	Bodenart: Moränenkies	Versuchsdatum: 19.02.2015
----------------------	-----------------------	---------------------------

Eingangsparameter:	
Rohrdurchmesser d [m]:	0,025
OK Rohr [m ü. GOK]:	0,30
UK Rohr [m u. GOK]:	3,70
Rohrlänge gesamt [m]:	4,00
Bohrlochtiefe [m u. GOK]:	3,70
freie Bohrlochstrecke L [m]:	0,00
GW-Spiegel [m u. GOK]:	6,00 (Annahme)
WSP u. OK Rohr Versuchsbeginn [m]	0,00
WSP ü. UK Rohr Versuchsbeginn [m]	4,00



Durchlässigkeitsbeiwert  $k_f$  [m/s]:

$$k_f = C \times \frac{1}{h_m} \times \frac{\Delta h}{\Delta t}$$

mit C [m] bei Einleitung über GW-Spiegel:

$$C = \frac{d^2}{4 \times (d + \frac{L}{3})}$$

**C = 6,250E-03 m**

Versuchsparameter:

t [sec]	Δt [sec]	WSP u. OK Rohr [m]	Wassersäule h[m]	$h_m$ [m]	Δh [m]	$k_f$ [m/s]
0	0,00	0,00	4,00			
5	5,00	0,35	3,65	3,83	0,35	1,14E-04
10	10,00	0,59	3,41	3,71	0,59	9,95E-05
15	15,00	1,06	2,94	3,47	1,06	1,27E-04
20	20,00	1,59	2,41	3,21	1,59	1,55E-04
25	25,00	1,68	2,32	3,16	1,68	1,33E-04
30	30,00	2,05	1,95	2,98	2,05	1,44E-04
60	60,00	2,59	1,41	2,71	2,59	9,97E-05
90	90,00	3,29	0,71	2,36	3,29	9,70E-05
120	120,00	3,89	0,11	2,06	3,89	9,86E-05

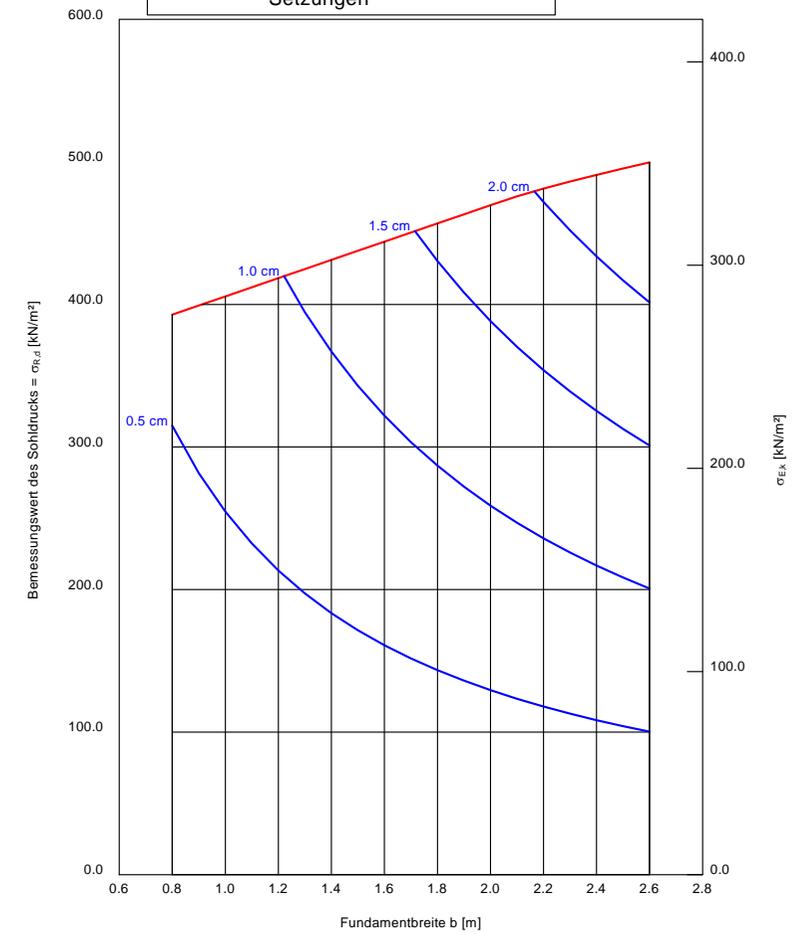
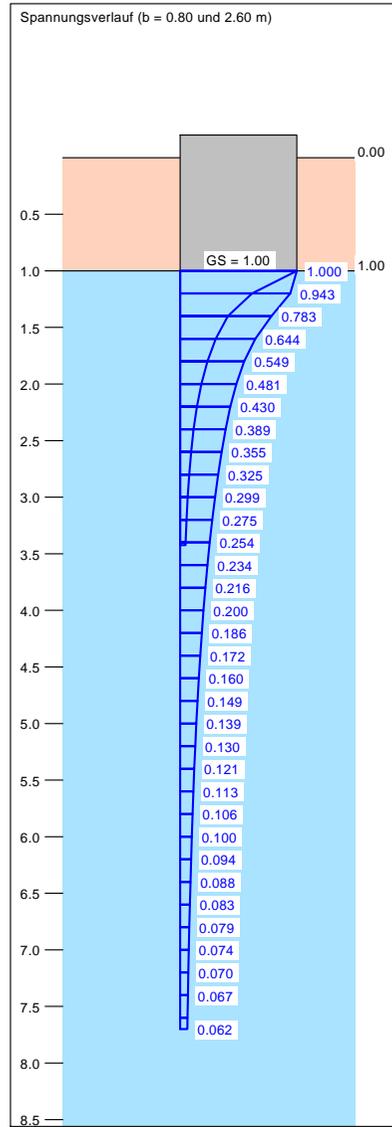
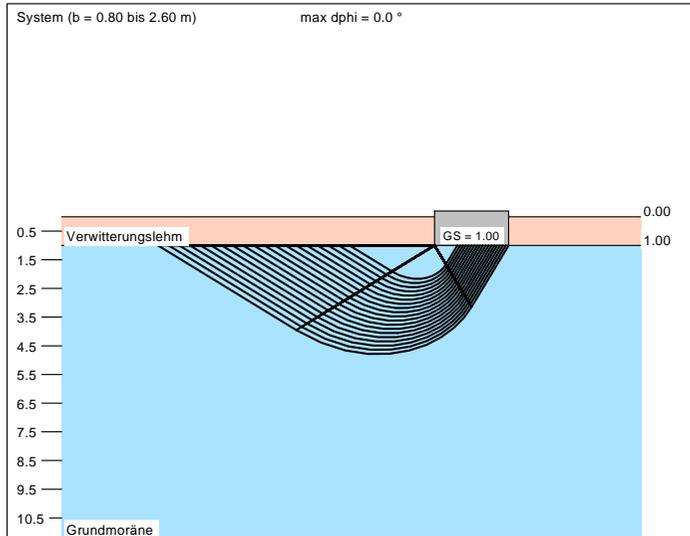
**Mittelwert Feldersuch  $k_f$ : 1,19E-04**

**Bemessungswert nach DWA A-138 (Faktor 2)  $k_f$ : 2,37E-04**

Fundamentdiagramm Einzelfundament in den Moränenablagerungen  
Randfundament - Mindesteinbindetiefe 1,00 m

Boden	Tiefe [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	1.00	18.0	9.0	25.0	0.0	5.0	0.00	Verwitterungslehm
	>1.00	19.0	9.0	27.5	3.0	25.0	0.00	Grundmoräne

Berechnungsgrundlagen:  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Einzelfundament (a/b = 1.00)  
 $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 Gründungssohle = 1.00 m  
 Grundwasser = 4.00 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %  
 — Solldruck  
 — Setzungen



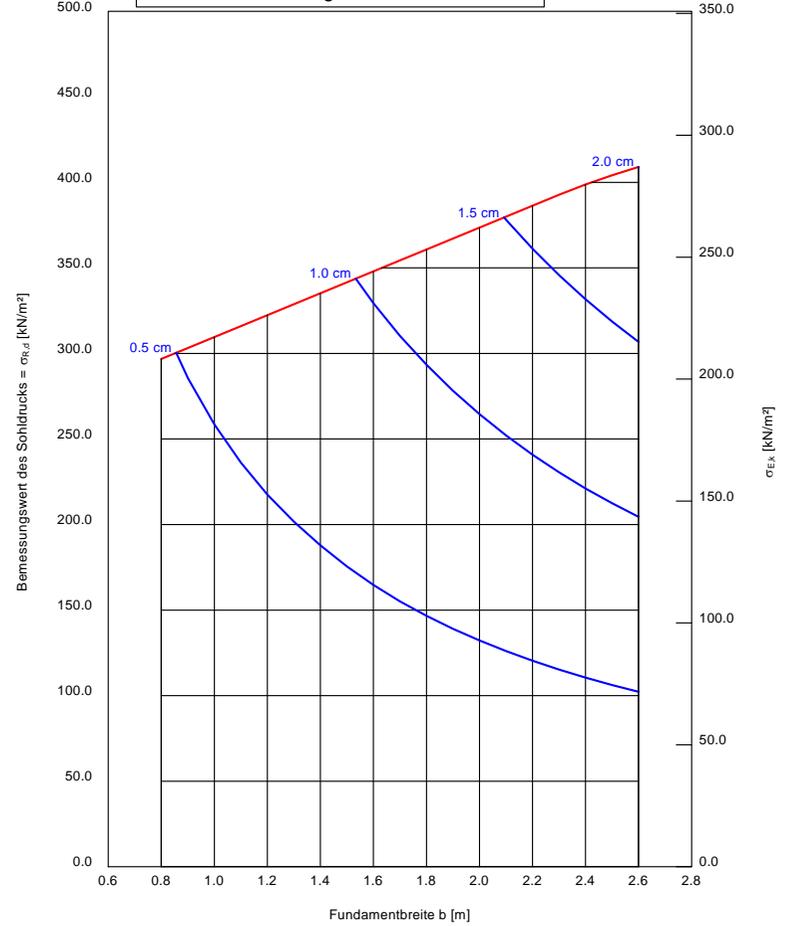
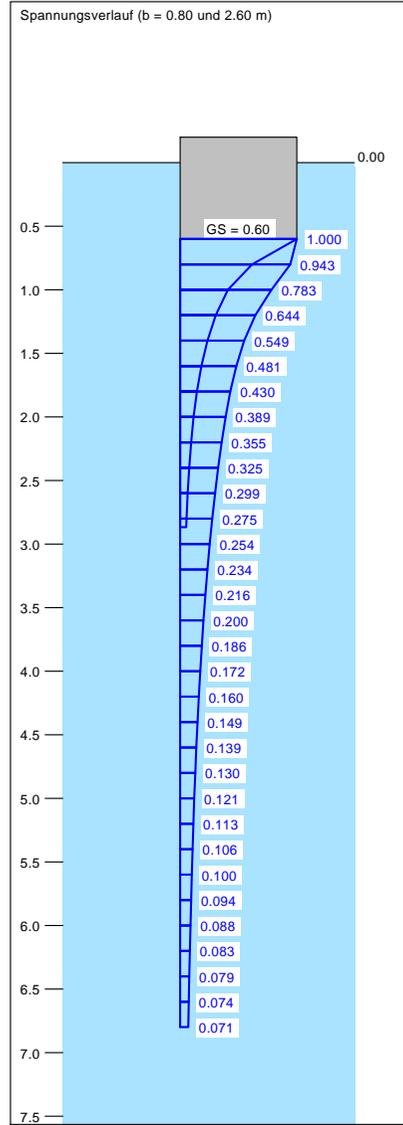
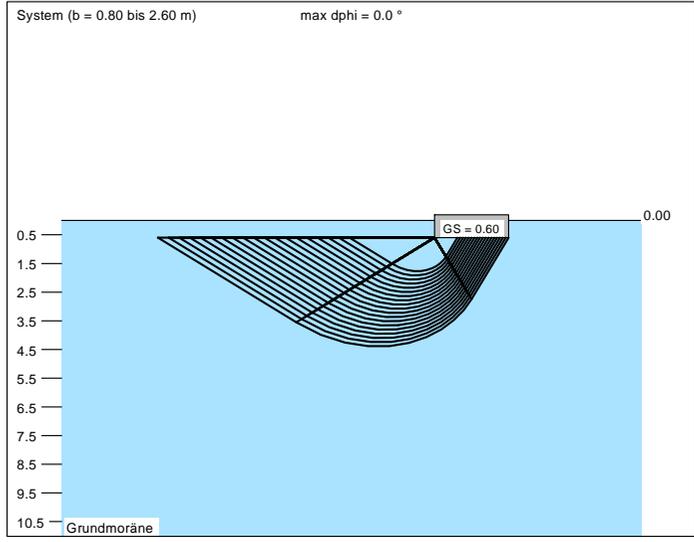
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$R_{n,d}$ [kN]	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	s [cm]	cal $\varphi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$t_g$ [m]
0.80	0.80	392.8	251.4	275.7	0.62	27.5	3.00	19.00	18.00	3.42
0.90	0.90	399.2	323.4	280.2	0.71	27.5	3.00	19.00	18.00	3.65
1.00	1.00	405.6	405.6	284.6	0.80	27.5	3.00	19.00	18.00	3.87
1.10	1.10	412.0	498.5	289.1	0.89	27.5	3.00	19.00	18.00	4.11
1.20	1.20	418.4	602.5	293.6	0.98	27.5	3.00	19.00	18.00	4.36
1.30	1.30	424.8	717.9	298.1	1.08	27.5	3.00	19.00	18.00	4.62
1.40	1.40	431.2	845.2	302.6	1.18	27.5	3.00	19.00	18.00	4.87
1.50	1.50	437.6	984.6	307.1	1.28	27.5	3.00	19.00	18.00	5.12
1.60	1.60	444.0	1136.7	311.6	1.38	27.5	3.00	19.00	18.00	5.36
1.70	1.70	450.4	1301.7	316.1	1.48	27.5	3.00	19.00	18.00	5.61
1.80	1.80	456.8	1480.0	320.6	1.59	27.5	3.00	19.00	18.00	5.85
1.90	1.90	463.2	1672.1	325.1	1.70	27.5	3.00	19.00	18.00	6.09
2.00	2.00	469.6	1878.4	329.5	1.81	27.5	3.00	19.00	18.00	6.33
2.10	2.10	475.8	2098.3	333.9	1.93	27.5	3.00	18.97	18.00	6.57
2.20	2.20	481.2	2328.9	337.7	2.04	27.5	3.00	18.84	18.00	6.80
2.30	2.30	486.1	2571.6	341.1	2.15	27.5	3.00	18.66	18.00	7.03
2.40	2.40	490.8	2827.1	344.4	2.26	27.5	3.00	18.46	18.00	7.26
2.50	2.50	495.3	3095.7	347.6	2.38	27.5	3.00	18.26	18.00	7.48
2.60	2.60	499.7	3377.7	350.6	2.49	27.5	3.00	18.05	18.00	7.70

zul  $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

Fundamentdiagramm Einzelfundament in den Moränenablagerungen  
Mittelfundament - h = 0,60 m

Boden	Tiefe [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	10.00	19.0	9.0	27.5	3.0	25.0	0.00	Grundmoräne

Berechnungsgrundlagen:  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Einzelfundament (a/b = 1.00)  
 $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 Gründungssohle = 0.60 m  
 Grundwasser = 4.00 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %  
 — Solldruck  
 — Setzungen



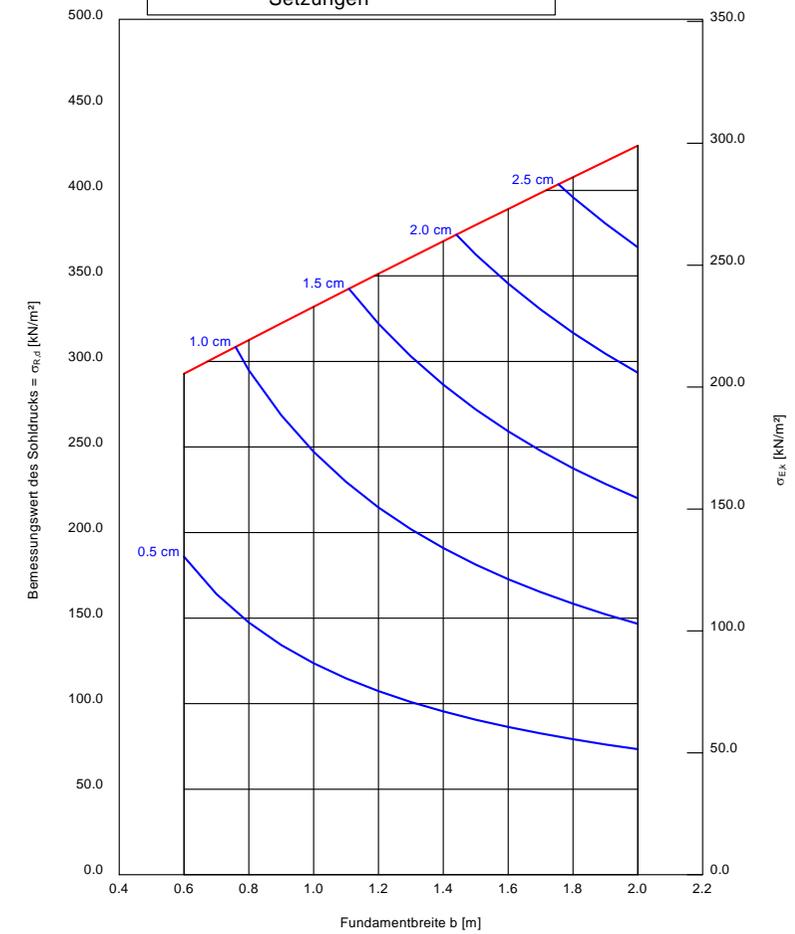
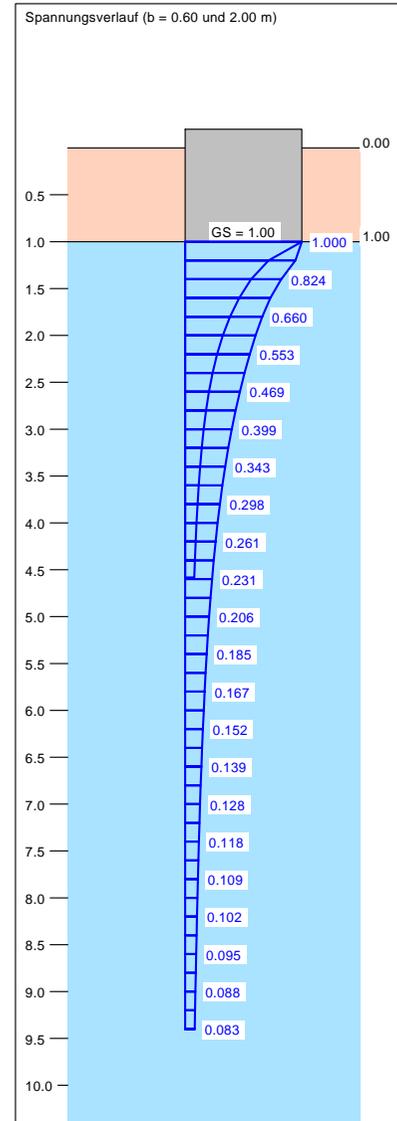
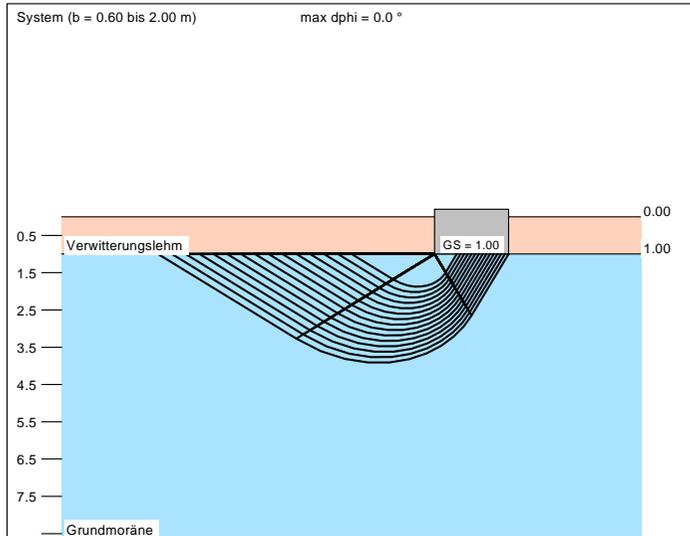
a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$R_{n,d}$ [kN]	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	s [cm]	cal $\varphi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$t_g$ [m]
0.80	0.80	296.8	189.9	208.3	0.46	27.5	3.00	19.00	11.40	2.87
0.90	0.90	303.2	245.6	212.8	0.53	27.5	3.00	19.00	11.40	3.08
1.00	1.00	309.6	309.6	217.3	0.60	27.5	3.00	19.00	11.40	3.29
1.10	1.10	316.0	382.3	221.7	0.67	27.5	3.00	19.00	11.40	3.49
1.20	1.20	322.4	464.2	226.2	0.74	27.5	3.00	19.00	11.40	3.69
1.30	1.30	328.8	555.6	230.7	0.82	27.5	3.00	19.00	11.40	3.88
1.40	1.40	335.2	656.9	235.2	0.89	27.5	3.00	19.00	11.40	4.09
1.50	1.50	341.6	768.5	239.7	0.97	27.5	3.00	19.00	11.40	4.32
1.60	1.60	348.0	890.8	244.2	1.06	27.5	3.00	19.00	11.40	4.55
1.70	1.70	354.4	1024.1	248.7	1.14	27.5	3.00	19.00	11.40	4.78
1.80	1.80	360.8	1168.9	253.2	1.23	27.5	3.00	19.00	11.40	5.01
1.90	1.90	367.2	1325.5	257.7	1.32	27.5	3.00	19.00	11.40	5.24
2.00	2.00	373.6	1494.2	262.1	1.41	27.5	3.00	19.00	11.40	5.47
2.10	2.10	380.0	1675.6	266.6	1.51	27.5	3.00	19.00	11.40	5.70
2.20	2.20	386.4	1870.0	271.1	1.60	27.5	3.00	19.00	11.40	5.92
2.30	2.30	392.8	2077.7	275.6	1.70	27.5	3.00	19.00	11.40	6.15
2.40	2.40	398.8	2297.0	279.8	1.80	27.5	3.00	18.95	11.40	6.37
2.50	2.50	404.1	2525.5	283.6	1.90	27.5	3.00	18.83	11.40	6.59
2.60	2.60	409.0	2765.1	287.0	2.00	27.5	3.00	18.67	11.40	6.80

zul  $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{R,k} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{R,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{R,k} / 1.99$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamlasten(G+Q) [-] = 0.50

Fundamentdiagramm  
 Streifenfundament in den Moränenablagerungen  
 Randfundament - Mindesteinbindetiefe 1,00 m

Boden	Tiefe [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	1.00	18.0	9.0	25.0	0.0	5.0	0.00	Verwitterungslehm
	>1.00	19.0	9.0	27.5	3.0	25.0	0.00	Grundmoräne

Berechnungsgrundlagen:  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Streifenfundament (a = 10.00 m)  
 $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 Gründungssohle = 1.00 m  
 Grundwasser = 4.00 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %  
 — Sohldruck  
 — Setzungen

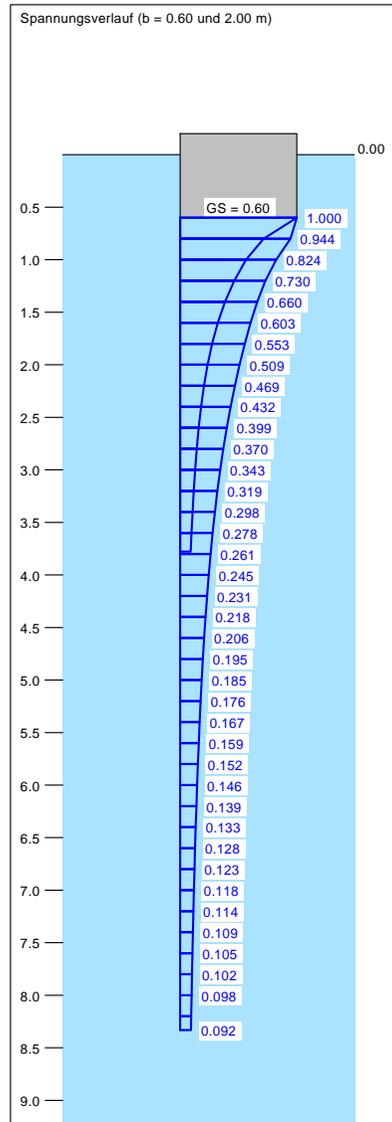
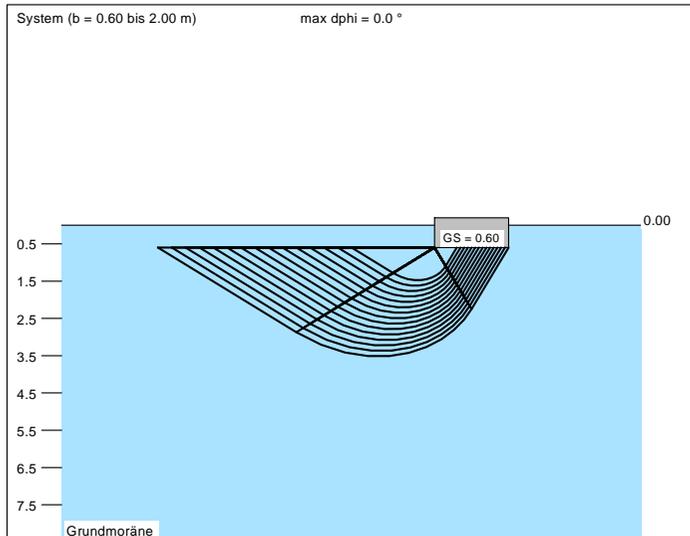


a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$R_{n,d}$ [kN/m]	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	s [cm]	cal $\varphi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$t_g$ [m]
10.00	0.60	292.8	175.7	205.5	0.79	27.5	3.00	19.00	18.00	4.58
10.00	0.70	302.7	211.9	212.4	0.92	27.5	3.00	19.00	18.00	4.99
10.00	0.80	312.5	250.0	219.3	1.06	27.5	3.00	19.00	18.00	5.39
10.00	0.90	322.3	290.1	226.2	1.20	27.5	3.00	19.00	18.00	5.77
10.00	1.00	332.0	332.0	233.0	1.34	27.5	3.00	19.00	18.00	6.15
10.00	1.10	341.7	375.8	239.8	1.49	27.5	3.00	19.00	18.00	6.51
10.00	1.20	351.3	421.5	246.5	1.64	27.5	3.00	19.00	18.00	6.86
10.00	1.30	360.8	469.0	253.2	1.79	27.5	3.00	19.00	18.00	7.20
10.00	1.40	370.3	518.4	259.9	1.94	27.5	3.00	19.00	18.00	7.54
10.00	1.50	379.7	569.6	266.5	2.09	27.5	3.00	19.00	18.00	7.86
10.00	1.60	389.1	622.6	273.1	2.25	27.5	3.00	19.00	18.00	8.18
10.00	1.70	398.4	677.3	279.6	2.41	27.5	3.00	19.00	18.00	8.50
10.00	1.80	407.7	733.9	286.1	2.57	27.5	3.00	19.00	18.00	8.80
10.00	1.90	416.9	792.2	292.6	2.74	27.5	3.00	19.00	18.00	9.11
10.00	2.00	426.1	852.2	299.0	2.90	27.5	3.00	19.00	18.00	9.40

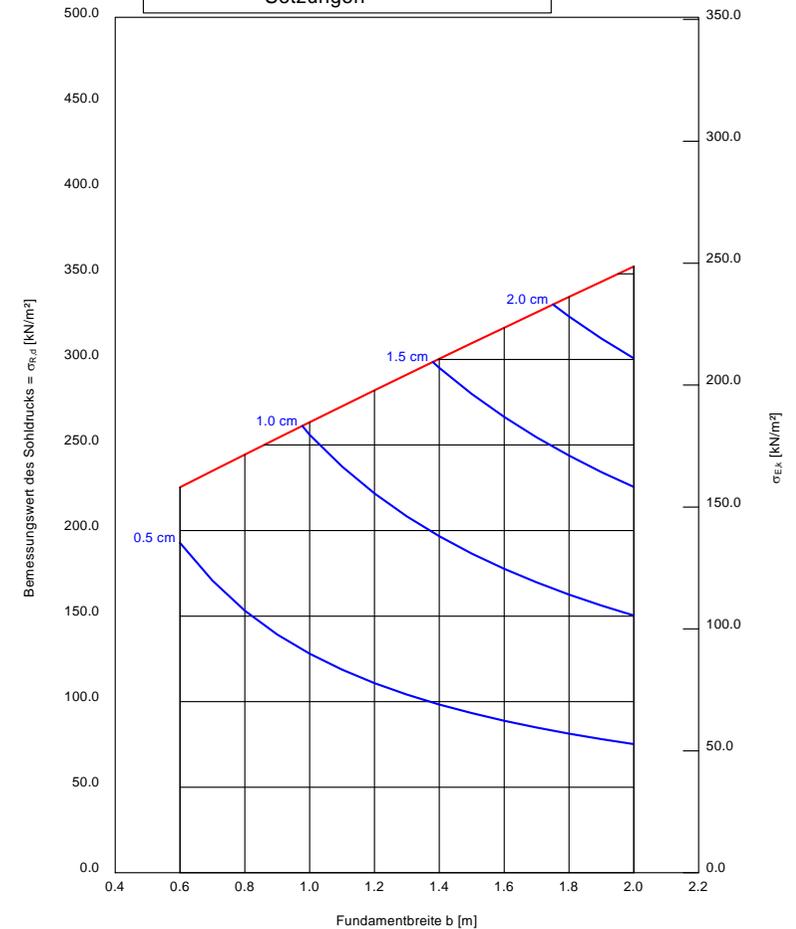
zul  $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{v,d} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{v,d} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{v,d} / 1.99$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

Fundamentdiagramm Streifenfundament in den Moränenablagerungen  
Mittelfundament - h = 0,60 m

Boden	Tiefe [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	10.00	19.0	9.0	27.5	3.0	25.0	0.00	Grundmoräne



Berechnungsgrundlagen:  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Streifenfundament (a = 10.00 m)  
 $\gamma_{Gr} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_Q + (1 - 0.500) \cdot \gamma_G$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.425$   
 Anteil Veränderliche Lasten = 0.500  
 Gründungssohle = 0.60 m  
 Grundwasser = 4.00 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %  
 — Sohldruck  
 — Setzungen



a [m]	b [m]	$\sigma_{R,d}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$R_{n,d}$ [kN/m]	zul $\sigma/\sigma_{E,k}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	s [cm]	cal $\varphi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_2$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$t_g$ [m]
10.00	0.60	225.3	135.2	158.1	0.58	27.5	3.00	19.00	11.40	3.78
10.00	0.70	234.9	164.4	164.8	0.69	27.5	3.00	19.00	11.40	4.10
10.00	0.80	244.4	195.5	171.5	0.80	27.5	3.00	19.00	11.40	4.47
10.00	0.90	253.9	228.5	178.1	0.91	27.5	3.00	19.00	11.40	4.83
10.00	1.00	263.3	263.3	184.7	1.03	27.5	3.00	19.00	11.40	5.18
10.00	1.10	272.6	299.9	191.3	1.15	27.5	3.00	19.00	11.40	5.53
10.00	1.20	281.9	338.3	197.8	1.27	27.5	3.00	19.00	11.40	5.86
10.00	1.30	291.2	378.5	204.3	1.40	27.5	3.00	19.00	11.40	6.19
10.00	1.40	300.3	420.5	210.8	1.53	27.5	3.00	19.00	11.40	6.51
10.00	1.50	309.5	464.2	217.2	1.66	27.5	3.00	19.00	11.40	6.83
10.00	1.60	318.6	509.7	223.5	1.79	27.5	3.00	19.00	11.40	7.14
10.00	1.70	327.6	556.9	229.9	1.93	27.5	3.00	19.00	11.40	7.45
10.00	1.80	336.5	605.8	236.2	2.07	27.5	3.00	19.00	11.40	7.75
10.00	1.90	345.5	656.4	242.4	2.21	27.5	3.00	19.00	11.40	8.04
10.00	2.00	354.3	708.6	248.6	2.36	27.5	3.00	19.00	11.40	8.33

zul  $\sigma = \sigma_{E,k} = \sigma_{a,k} / (\gamma_{Gr} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{a,k} / (1.40 \cdot 1.43) = \sigma_{a,k} / 1.99$  (für Setzungen)  
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamlasten(G+Q) [-] = 0.50