

Dr. Hartmut Frankenfeld Geologisches Büro

BAUGRUNDUNTERSUCHUNGEN, BODENMECHANIK, HYDROGEOLOGIE, ERDSTATIK, GUTACHTEN,
ERDBAUBETREUUNG, BERATUNG, UMWELTGEOLOGIE

Meilerweg 3b 51588 Nümbrecht Telefon: 02293-2411 Fax: 02293-4162 email: hf@berg.net

Auftraggeber: Hans Gerd Schumann

Blatt 1 von 3

Projekt: VEP 7 Marienheide

31.01.2023

Projektort: Marienheide

HYDROGEOLOGISCHES GUTACHTEN

INHALT:

	Blatt:
1. Situation	2
2. Hydrogeologische Situation	2
3. Möglichkeiten zur Versickerung von Oberflächenwasser	3
4. Prinzipskizze einer Rohr-Rigole	Abbildung 1

Anlagen:

5 Bodenprofile nach DIN 4023	Anlage 1
Lageplan	Anlage 2
5 Schichtenverzeichnisse	Anlage 3
5 Sickerversuche	Anlage 4

Dr. Hartmut Frankenfeld Geologisches Büro

BAUGRUNDUNTERSUCHUNGEN, BODENMECHANIK, HYDROGEOLOGIE, ERDSTATIK, GUTACHTEN,
ERDBAUBETREUUNG, BERATUNG, UMWELTGEOLOGIE

Meilerweg 3b 51588 Nümbrecht Telefon: 02293-2411 Fax: 02293-4162 email: hf@berg.net

Auftraggeber: Hans Gerd Schumann

Blatt 2 von 3

Projekt: VEP 7 Marienheide

31.01.2023

Projektort: Marienheide

1: SITUATION

Es ist von Herrn Schumann geplant, an der im Lageplan ersichtlichen Stelle eine Wochenendhaus-Siedlung zu errichten. Hierzu sollte geprüft werden, ob das anfallende Oberflächenwasser im Boden zur Versickerung gebracht werden kann.

Die Ergebnisse der Untersuchung werden im folgenden dokumentiert und ausgewertet. Die Bodenprofile werden in Anlage 1 nach DIN 4023 dargestellt.

In Anlage 4 werden die Versickerungsversuche nach USBR ddokumentiert.

Der Lageplan wurde vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt.

2: HYDROGEOLOGISCHE SITUATION

Die zu prüfende Fläche liegt in leichter Hanglage. Sie wird zur Zeit genutzt als Grünland.

Der Boden, welcher das Oberflächenwasser aufnehmen soll, besteht aus verwittertem Sandstein des Devons, über welchem ein sandiger Schluff liegt, welcher das Verwitterungsprodukt des darunterliegenden verwitterten Felses ist.

Grundwasser ist ab ca. 5,0 m Meter zu erwarten.

Die Wasserdurchlässigkeit (kf-Wert) des für die Versickerung vorgesehenen Bodens beträgt in den Bohrlöchern:

B1	2,3	x	10^{-5} m/s
B2	3,0	x	10^{-5} m/s
B3	1,1	x	10^{-5} m/s
B4	7,4	x	10^{-6} m/s
B5	8,2	x	10^{-6} m/s

Dr. Hartmut Frankenfeld Geologisches Büro

BAUGRUNDUNTERSUCHUNGEN, BODENMECHANIK, HYDROGEOLOGIE, ERDSTATIK, GUTACHTEN,
ERDBAUBETREUUNG, BERATUNG, UMWELT GEOLOGIE

Meilerweg 3b 51588 Nümbrecht Telefon: 02293-2411 Fax: 02293-4162 email: hf@berg.net

Auftraggeber: Hans Gerd Schumann

Blatt 3 von 3

Projekt: VEP 7 Marienheide

31.01.2023

Projektort: Marienheide

3. MÖGLICHKEITEN ZUR VERSICKERUNG VON OBERFLÄCHENWASSER

Um die Möglichkeiten zur Versickerung von Oberflächenwasser zu beurteilen, gibt zunächst die DWA-A 138 einen Mindestwert für die Wasserdurchlässigkeit von $k_f = 5 \times 10^{-6}$ m/sec an und eine Obergrenze von $k_f = 5 \times 10^{-3}$ m/sec. Die hier festgestellten Werte liegen zwischen diesen Grenzen.

Die Versickerung des Oberflächenwassers aus den Dachflächen ist aus hydrogeologischer Sicht also möglich. Die Versickerung des Oberflächenwassers aus den geplanten Verkehrsflächen ist ebenfalls möglich.

Alllasten sind aus der Fläche nicht bekannt, und es wurden auch keine Hinweise darauf vorgefunden bei den örtlichen Untersuchungen.

Um die Schadlosgkeit der Versickerung für die Allgemeinheit zu gewährleisten, ist die jeweilige Versickerungseinrichtung von einem Sachkundigen zu dimensionieren und in der Örtlichkeit zu plazieren.

Nach jetzigem Planungsstand (Stand 18.05.2022) empfehle ich für die Versickerung des Oberflächenwassers aus den Dachflächen jeweils eine Rohr-Rigole.

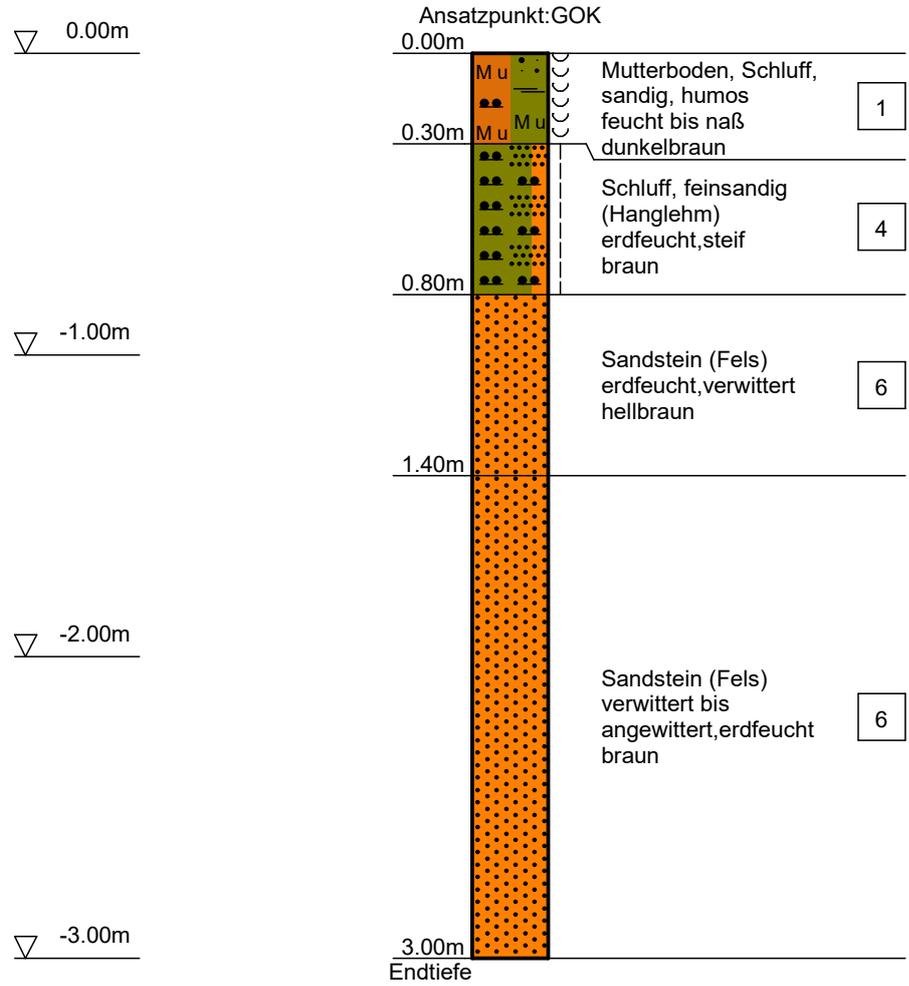
Für die Verkehrsflächen ist zu prüfen, ob diese oberflächlich über die belebte Bodenzone entwässert werden können, oder ob das Wasser ebenfalls in eine oder mehrere Rigolen eingeleitet werden muß.

Um diese Entscheidungen zu treffen, ist jedoch die Vorlage der Endplanung der Baulichkeiten erforderlich.

Nümbrecht, den 31.01.2023
gez. Frankenfeld

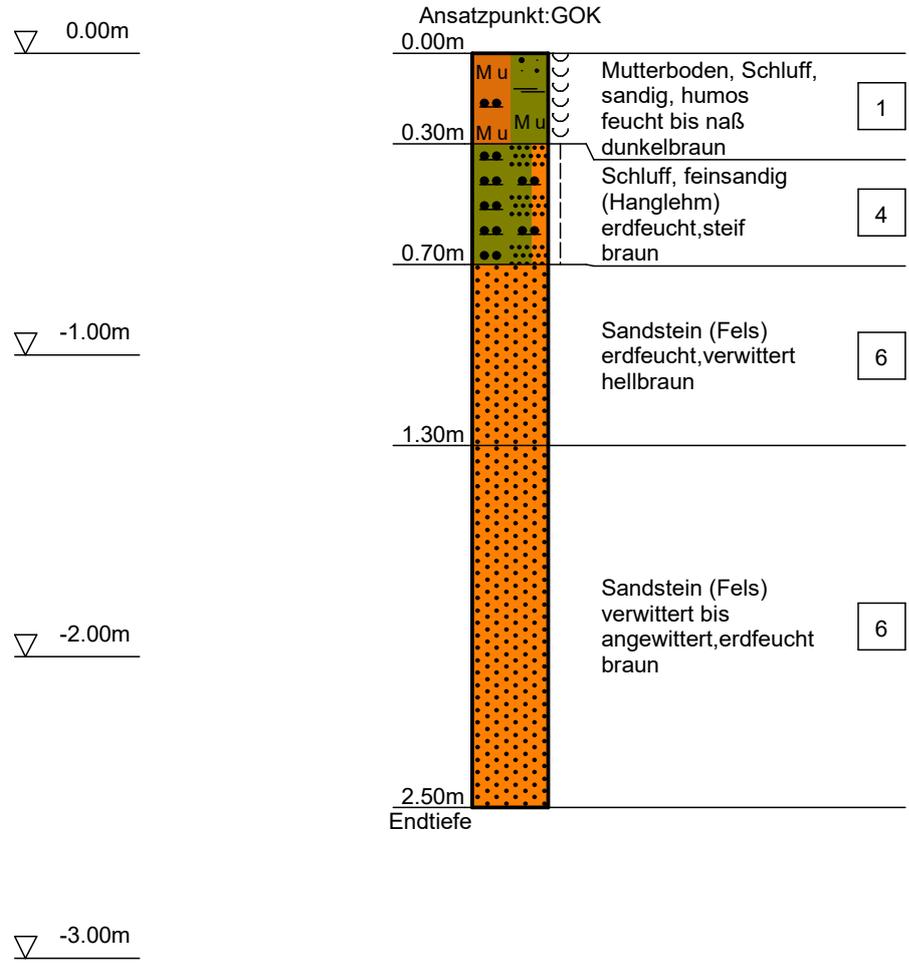
Geologisches Büro Dr. Frankenfeld	Projekt : VEP 7 Marienheide
51588 Nümbrecht, Meilerweg 3b	Projektnr.:
Telefon: 02293-2411 Telefax: 02293-4162	Anlage : 1
email: hf@berg.net	Maßstab : 1: 25

B1



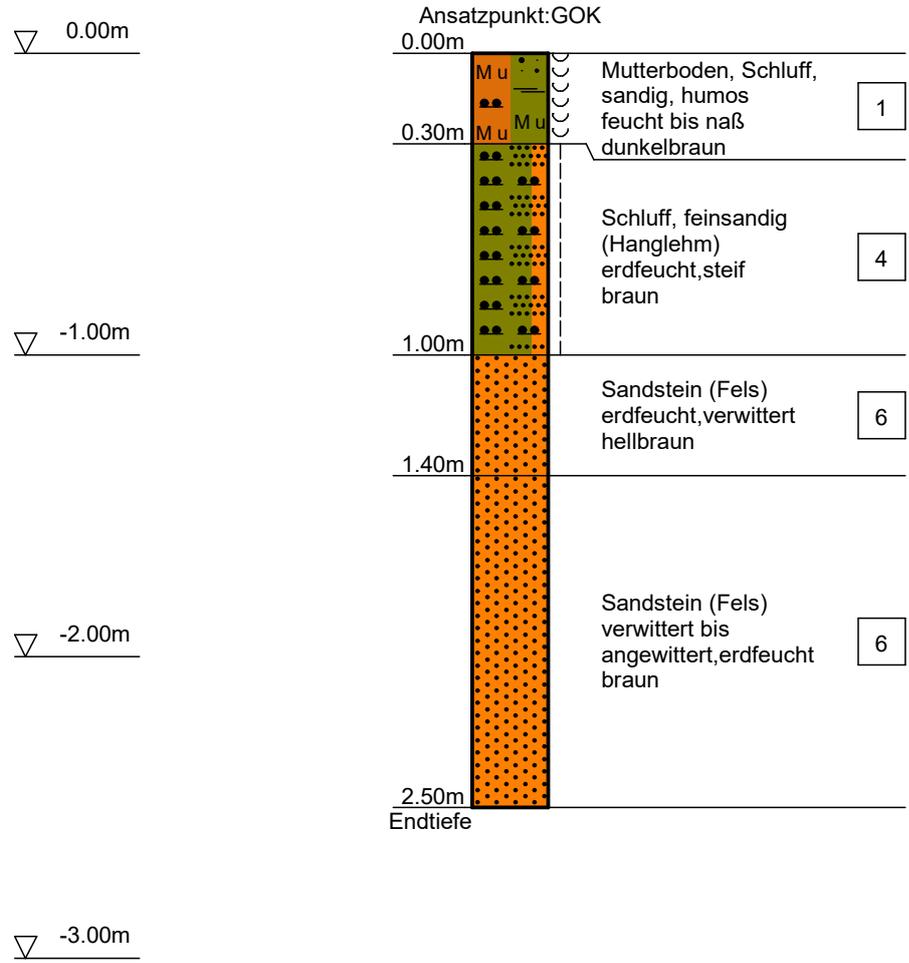
Geologisches Büro Dr. Frankenfeld	Projekt : VEP 7 Marienheide
51588 Nümbrecht, Meilerweg 3b	Projektnr.:
Telefon: 02293-2411 Telefax: 02293-4162	Anlage : 1
email: hf@berg.net	Maßstab : 1: 25

B2



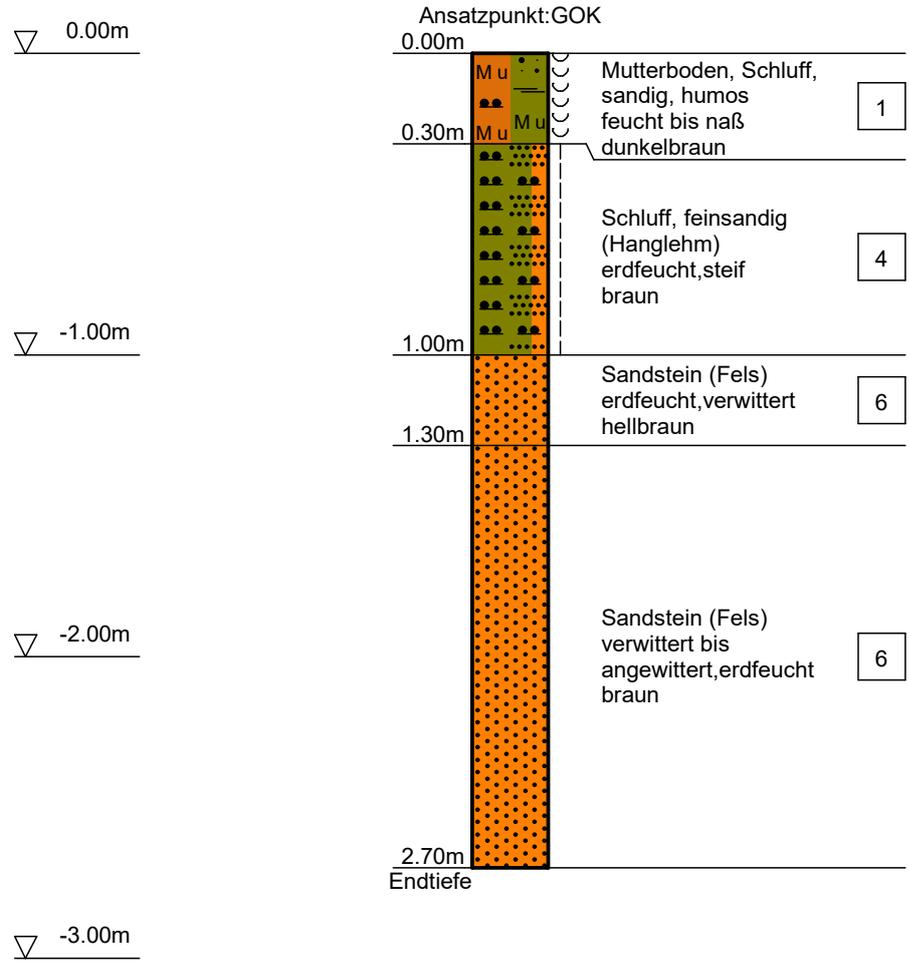
Geologisches Büro Dr. Frankenfeld	Projekt : VEP 7 Marienheide
51588 Nümbrecht, Meilerweg 3b	Projektnr.:
Telefon: 02293-2411 Telefax: 02293-4162	Anlage : 1
email: hf@berg.net	Maßstab : 1: 25

B3



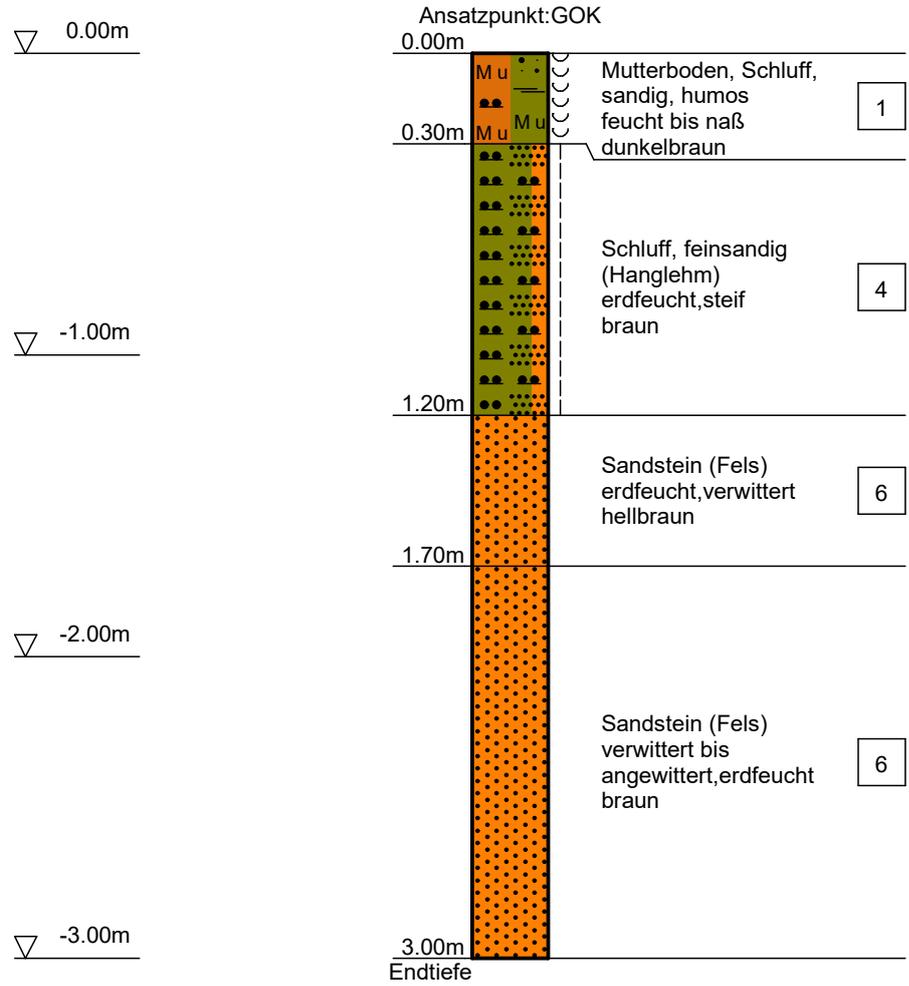
Geologisches Büro Dr. Frankenfeld	Projekt : VEP 7 Marienheide
51588 Nümbrecht, Meilerweg 3b	Projektnr.:
Telefon: 02293-2411 Telefax: 02293-4162	Anlage : 1
email: hf@berg.net	Maßstab : 1: 25

B4



Geologisches Büro Dr. Frankenfeld	Projekt : VEP 7 Marienheide
51588 Nümbrecht, Meilerweg 3b	Projektnr.:
Telefon: 02293-2411 Telefax: 02293-4162	Anlage : 1
email: hf@berg.net	Maßstab : 1: 25

B5





M.: 1:250 i.O.

i: Ansichten / Schnitte

Geologisches Büro Dr. Frankenfeld
 51588 Nümbrecht, Meilerweg 3b
 Telefon: 02293-2411 Telefax: 02293-4162
 email: hf@berg.net

Anlage

Bericht:

Az.:

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Bauvorhaben: **VEP 7 Marienheide**

Bohrung Nr. B1

Blatt 3

Datum:

1	2				3	4	5	6
Bism unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0.30	a) Mutterboden, Schluff, sandig, humos							
	b)							
	c) feucht bis naß	d)	e) dunkelbraun					
	f)	g)	h)	i)				
0.80	a) Schluff, feinsandig (Hanglem)							
	b)							
	c) erdfeucht, steif	d)	e) braun					
	f)	g)	h)	i)				
1.40	a) Sandstein (Fels)							
	b)							
	c) erdfeucht, verwittert	d)	e) hellbraun					
	f)	g)	h)	i)				
3.00 Endtiefe	a) Sandstein (Fels)							
	b)							
	c) verwittert bis angewittert,	d)	e) braun					
	f)	g)	h)	i)				

Geologisches Büro Dr. Frankenfeld
 51588 Nümbrecht, Meilerweg 3b
 Telefon: 02293-2411 Telefax: 02293-4162
 email: hf@berg.net

Anlage

Bericht:

Az.:

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Bauvorhaben: **VEP 7 Marienheide**

Bohrung Nr. B2

Blatt 3

Datum:

1	2				3	4	5	6
Bis ...m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk-gehalt				
0.30	a) Mutterboden, Schluff, sandig, humos							
	b)							
	c) feucht bis naß	d)	e) dunkelbraun					
	f)	g)	h)	i)				
0.70	a) Schluff, feinsandig (Hanglehm)							
	b)							
	c) erdfeucht, steif	d)	e) braun					
	f)	g)	h)	i)				
1.30	a) Sandstein (Fels)							
	b)							
	c) erdfeucht, verwittert	d)	e) hellbraun					
	f)	g)	h)	i)				
2.50 Endtiefe	a) Sandstein (Fels)							
	b)							
	c) verwittert bis angewittert,	d)	e) braun					
	f)	g)	h)	i)				

Geologisches Büro Dr. Frankenfeld
 51588 Nümbrecht, Meilerweg 3b
 Telefon: 02293-2411 Telefax: 02293-4162
 email: hf@berg.net

Anlage

Bericht:

Az.:

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Bauvorhaben: **VEP 7 Marienheide**

Bohrung Nr. B3

Blatt 3

Datum:

1	2				3	4	5	6
Bis ...m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk-gehalt				
0.30	a) Mutterboden, Schluff, sandig, humos							
	b)							
	c) feucht bis naß	d)	e) dunkelbraun					
	f)	g)	h)	i)				
1.00	a) Schluff, feinsandig (Hanglem)							
	b)							
	c) erdfeucht, steif	d)	e) braun					
	f)	g)	h)	i)				
1.40	a) Sandstein (Fels)							
	b)							
	c) erdfeucht, verwittert	d)	e) hellbraun					
	f)	g)	h)	i)				
2.50 Endtiefe	a) Sandstein (Fels)							
	b)							
	c) verwittert bis angewittert,	d)	e) braun					
	f)	g)	h)	i)				

Geologisches Büro Dr. Frankenfeld
 51588 Nümbrecht, Meilerweg 3b
 Telefon: 02293-2411 Telefax: 02293-4162
 email: hf@berg.net

Anlage

Bericht:

Az.:

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Bauvorhaben: **VEP 7 Marienheide**

Bohrung Nr. B4

Blatt 3

Datum:

1	2				3	4	5	6
Bism unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalk- gehalt				
0.30	a) Mutterboden, Schluff, sandig, humos							
	b)							
	c) feucht bis naß	d)	e) dunkelbraun					
	f)	g)	h)	i)				
1.00	a) Schluff, feinsandig (Hanglehm)							
	b)							
	c) erdfeucht, steif	d)	e) braun					
	f)	g)	h)	i)				
1.30	a) Sandstein (Fels)							
	b)							
	c) erdfeucht, verwittert	d)	e) hellbraun					
	f)	g)	h)	i)				
2.70 Endtiefe	a) Sandstein (Fels)							
	b)							
	c) verwittert bis angewittert,	d)	e) braun					
	f)	g)	h)	i)				

Geologisches Büro Dr. Frankenfeld
 51588 Nümbrecht, Meilerweg 3b
 Telefon: 02293-2411 Telefax: 02293-4162
 email: hf@berg.net

Anlage

Bericht:

Az.:

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben

Bauvorhaben: **VEP 7 Marienheide**

Bohrung Nr. B5

Blatt 3

Datum:

1	2				3	4	5	6
Bis ...m unter Ansatz- punkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderproben Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkungen					Art	Nr	Tiefe in m (Unter- kante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung	h) Gruppe	i) Kalkgehalt				
0.30	a) Mutterboden, Schluff, sandig, humos							
	b)							
	c) feucht bis naß	d)	e) dunkelbraun					
	f)	g)	h)	i)				
1.20	a) Schluff, feinsandig (Hanglehm)							
	b)							
	c) erdfeucht, steif	d)	e) braun					
	f)	g)	h)	i)				
1.70	a) Sandstein (Fels)							
	b)							
	c) erdfeucht, verwittert	d)	e) hellbraun					
	f)	g)	h)	i)				
3.00 Endtiefe	a) Sandstein (Fels)							
	b)							
	c) verwittert bis angewittert,	d)	e) braun					
	f)	g)	h)	i)				

Ermittlung Durchlässigkeitsbeiwert

Versickerung im Bohrloch

WELL PERMEAMETER METHOD

Geländedaten

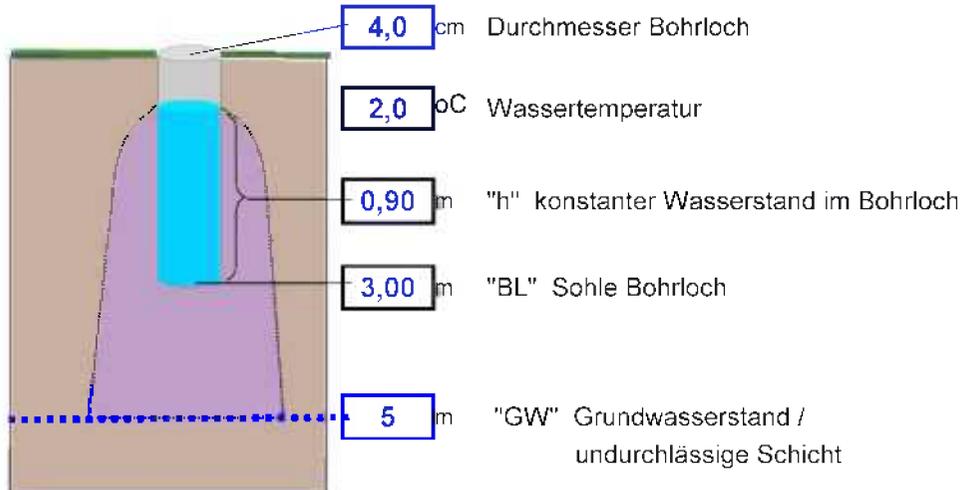
Kalkulation

Projekt: VEP 7 Marienheide
 Sondierpunkt: B1
 Datum: 23.01.23



450 mm Skala Wasserbehälter (1mm ~ 10 ml)

3 min Meßdauer



Randbedingungen - Zwischenwerte :

Versickerungsmenge	4591 ml	
Versickerungszeit	180 sec	
Infiltrationsrate "Q"	25,5 ml/s	<=> 2,6E-5 m³/s
Radius-Bohrloch "r"	0,02 m	
Wert "h"	0,90 m	
Wert "H"	2,90 m	H = Abstand GW - Wasserstand im Bohrloch
Wert "V"	1,29	V = Anpassungsfaktor Wasserviskosität an Wassertemperatur 10 °C

für $H > 3h$ gilt I :

$$k_{10} = k_r = \frac{QV}{2\pi h^2} \left\{ \ln \left[\frac{h}{r} + \sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1} \right] - \frac{1 + \left(\frac{h}{r}\right)^2}{\frac{h}{r}} + \frac{1}{\frac{h}{r}} \right\} \text{ [m/s]}$$

für $h \leq H \leq 3h$ gilt II :

$$k_{10} = k_r = \frac{QV}{2\pi h^2} \left[\frac{\ln\left(\frac{h}{r}\right)}{\frac{1}{6} + \frac{1}{3}\left(\frac{h}{H}\right)^3} \right] \text{ [m/s]}$$

für $H < h$ gilt III :

$$k_{10} = k_r = \frac{QV}{2\pi h^2} \left[\frac{\ln\left(\frac{h}{r}\right)}{\left(\frac{h}{H}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{h}{H}\right)^4} \right] \text{ [m/s]}$$

berechneter k_r -Wert nach Formel I , da $H > 3h$:

2,3 * 10⁻⁵ m/s

entspricht 81,7 mm/h

entspricht 196,0 cm/d

Ermittlung Durchlässigkeitsbeiwert

Versickerung im Bohrloch

WELL PERMEAMETER METHOD

Geländedaten

Kalkulation

Projekt: VEP 7 Marienheide
 Sondierpunkt: B2
 Datum: 23.01.23

Randbedingungen - Zwischenwerte :

Versickerungsmenge	4876 ml	
Versickerungszeit	180 sec	
Infiltrationsrate "Q"	27,1 ml/s	<=> 2,7E-5 m³/s
Radius-Bohrloch "r"	0,02 m	
Wert "h"	0,80 m	
Wert "H"	3,30 m	H = Abstand GW - Wasserstand im Bohrloch
Wert "V"	1,29	V = Anpassungsfaktor Wasserviskosität an Wassertemperatur 10 °C



478 mm Skala Wasserbehälter (1mm ~ 10 ml)

3 min Meßdauer

für $H > 3h$ gilt I :

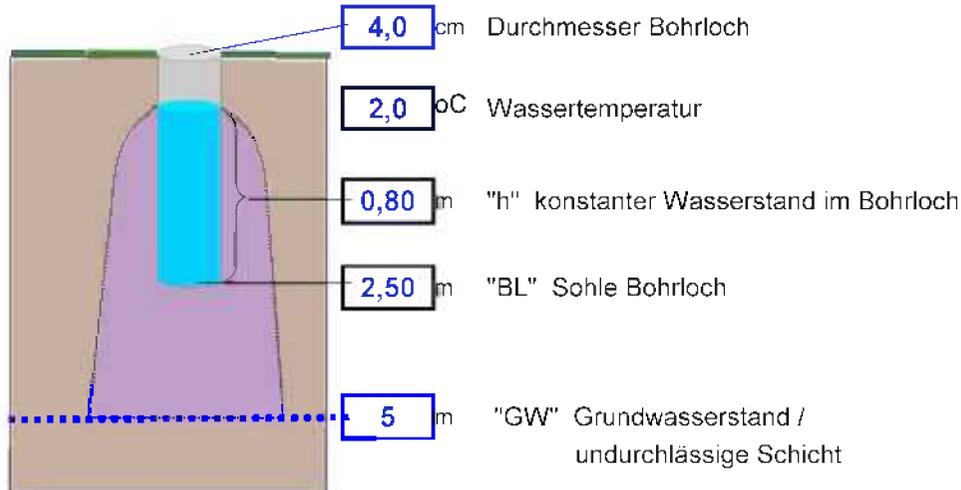
$$k_{sp} = k_r = \frac{QV}{2\pi h^2} \left\{ \ln \left[\frac{h}{r} + \sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1} \right] - \frac{1 + \left(\frac{h}{r}\right)^2}{\frac{h}{r}} + \frac{1}{\frac{h}{r}} \right\} \text{ [m/s]}$$

für $h \leq H \leq 3h$ gilt II :

$$k_{sp} = k_r = \frac{QV}{2\pi h^2} \left[\frac{\ln\left(\frac{h}{r}\right)}{\frac{1}{6} + \frac{1}{3} \left(\frac{h}{H}\right)^3} \right] \text{ [m/s]}$$

für $H < h$ gilt III :

$$k_{sp} = k_r = \frac{QV}{2\pi h^2} \left[\frac{\ln\left(\frac{h}{r}\right)}{\left(\frac{h}{H}\right)^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{H}\right)^4} \right] \text{ [m/s]}$$



berechneter k_s -Wert nach Formel I , da $H > 3h$:

$3,0 \cdot 10^{-5}$ m/s

entspricht 106,2 mm/h

entspricht 254,9 cm/d

Ermittlung Durchlässigkeitsbeiwert

Versickerung im Bohrloch

WELL PERMEAMETER METHOD

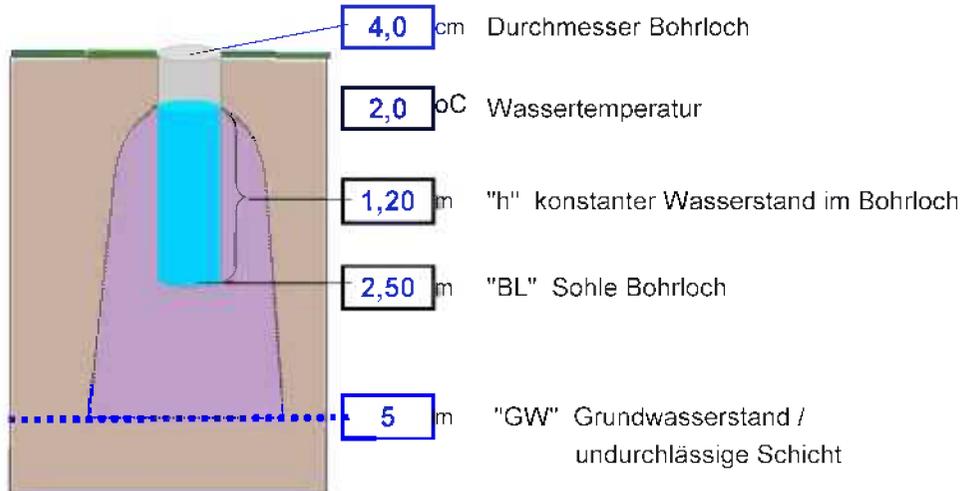
Geländedaten

Kalkulation

Projekt: VEP 7 Marienheide
 Sondierpunkt: B3
 Datum: 23.01.23



357 mm Skala Wasserbehälter (1mm ~ 10 ml)
 3 min Meßdauer



Randbedingungen - Zwischenwerte :

Versickerungsmenge	3642 ml	
Versickerungszeit	180 sec	
Infiltrationsrate "Q"	20,2 ml/s	<=> 2,0E-5 m³/s
Radius-Bohrloch "r"	0,02 m	
Wert "h"	1,20 m	
Wert "H"	3,70 m	H = Abstand GW - Wasserstand im Bohrloch
Wert "V"	1,29	V = Anpassungsfaktor Wasserviskosität an Wassertemperatur 10 °C

für $H > 3h$ gilt I :

$$k_{10} = k_r = \frac{QV}{2\pi h^2} \left\{ \ln \left[\frac{h}{r} + \sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1} \right] - \frac{1 + \left(\frac{h}{r}\right)^2}{\frac{h}{r}} + \frac{1}{\frac{h}{r}} \right\} \text{ [m/s]}$$

für $h \leq H \leq 3h$ gilt II :

$$k_{10} = k_r = \frac{QV}{2\pi h^2} \left[\frac{\ln\left(\frac{h}{r}\right)}{\frac{1}{6} + \frac{1}{3} \left(\frac{h}{H}\right)^3} \right] \text{ [m/s]}$$

für $H < h$ gilt III :

$$k_{10} = k_r = \frac{QV}{2\pi h^2} \left[\frac{\ln\left(\frac{h}{r}\right)}{\left(\frac{h}{H}\right)^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{H}\right)^4} \right] \text{ [m/s]}$$

berechneter k_r -Wert nach Formel I , da $H > 3h$:

1,1 * 10⁻⁵ m/s
 entspricht 39,4 mm/h
 entspricht 94,5 cm/d

Ermittlung Durchlässigkeitsbeiwert

Versickerung im Bohrloch

WELL PERMEAMETER METHOD

Geländedaten

Kalkulation

Projekt: **VEP 7 Marienheide**
 Sondierpunkt: **B4**
 Datum: **23.01.23**

Randbedingungen - Zwischenwerte :

Versickerungsmenge	3581 ml	
Versickerungszeit	180 sec	
Infiltrationsrate "Q"	19,9 ml/s	<=> 2,0E-5 m³/s
Radius-Bohrloch "r"	0,02 m	
Wert "h"	1,55 m	
Wert "H"	3,85 m	H = Abstand GW - Wasserstand im Bohrloch
Wert "V"	1,29	V = Anpassungsfaktor Wasserviskosität an Wassertemperatur 10 °C



351 mm Skala Wasserbehälter (1mm ~ 10 ml)
3 min Meßdauer

für $H > 3h$ gilt I :

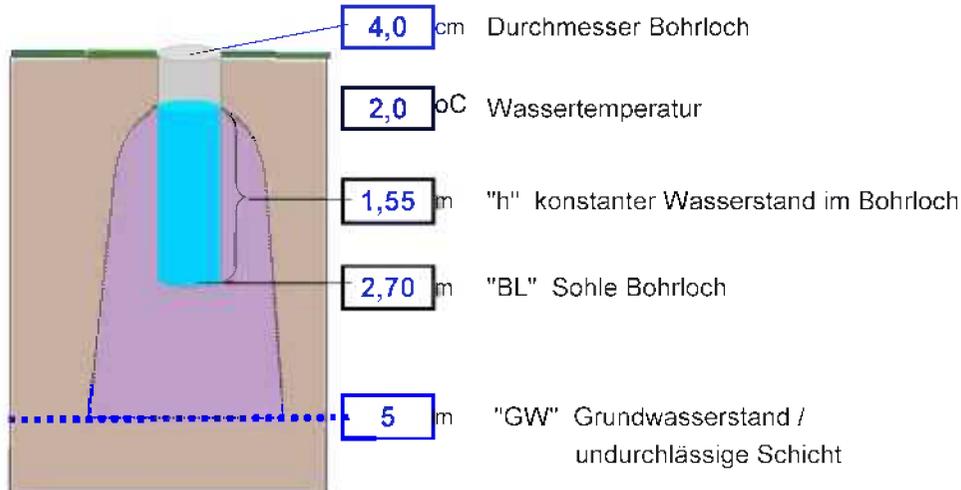
$$k_{10} = k_r = \frac{QV}{2\pi h^2} \left\{ \ln \left[\frac{h}{r} + \sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1} \right] - \frac{1 + \left(\frac{h}{r}\right)^2}{\frac{h}{r}} + \frac{1}{\frac{h}{r}} \right\} \quad [\text{m/s}]$$

für $h \leq H \leq 3h$ gilt II :

$$k_{10} = k_r = \frac{QV}{2\pi h^2} \left[\frac{\ln\left(\frac{h}{r}\right)}{\frac{1}{6} + \frac{1}{3} \left(\frac{h}{H}\right)^3} \right] \quad [\text{m/s}]$$

für $H < h$ gilt III :

$$k_{10} = k_r = \frac{QV}{2\pi h^2} \left[\frac{\ln\left(\frac{h}{r}\right)}{\left(\frac{h}{H}\right)^2 - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{H}\right)^4} \right] \quad [\text{m/s}]$$



berechneter k_r -Wert nach Formel II, da $h \leq H \leq 3h$:

7,4 * 10⁻⁶ m/s
 entspricht 26,7 mm/h
 entspricht 64,0 cm/d

Ermittlung Durchlässigkeitsbeiwert

Versickerung im Bohrloch

WELL PERMEAMETER METHOD

Geländedaten

Kalkulation

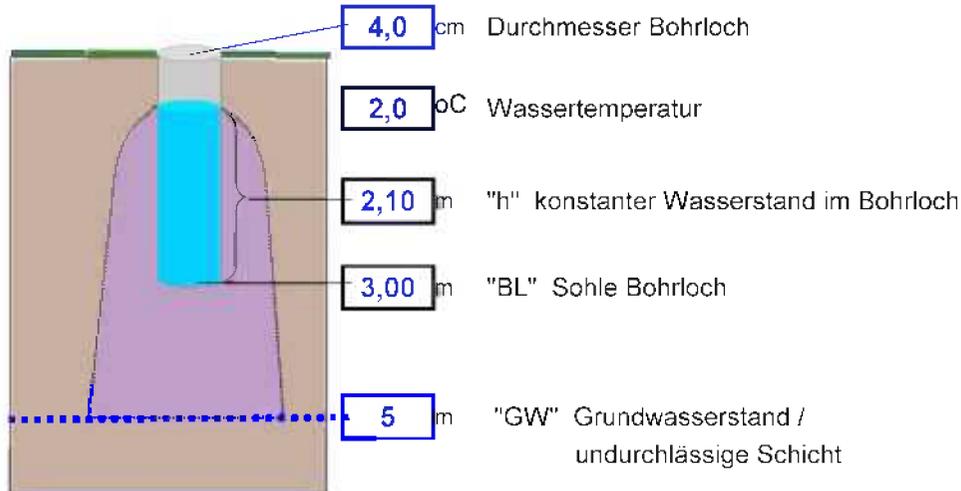
Projekt: VEP 7 Marienheide
 Sondierpunkt: B5
 Datum: 23.01.23

Randbedingungen - Zwischenwerte :

Versickerungsmenge	5591 ml	
Versickerungszeit	180 sec	
Infiltrationsrate "Q"	31,1 ml/s	<=> 3,1E-5 m³/s
Radius-Bohrloch "r"	0,02 m	
Wert "h"	2,10 m	
Wert "H"	4,10 m	H = Abstand GW - Wasserstand im Bohrloch
Wert "V"	1,29	V = Anpassungsfaktor Wasserviskosität an Wassertemperatur 10 °C



548 mm Skala Wasserbehälter (1mm ~ 10 ml)
 3 min Meßdauer



für $H > 3h$ gilt I :

$$k_{sp} = k_r = \frac{QV}{2\pi h^2} \left\{ \ln \left[\frac{h}{r} + \sqrt{\left(\frac{h}{r}\right)^2 + 1} \right] + \frac{1 + \left(\frac{h}{r}\right)^2}{\frac{h}{r}} + \frac{1}{\frac{h}{r}} \right\} \text{ [m/s]}$$

für $h \leq H \leq 3h$ gilt II :

$$k_{sp} = k_r = \frac{QV}{2\pi h^2} \left[\frac{\ln\left(\frac{h}{r}\right)}{\frac{1}{6} + \frac{1}{3}\left(\frac{h}{H}\right)^3} \right] \text{ [m/s]}$$

für $H < h$ gilt III :

$$k_{sp} = k_r = \frac{QV}{2\pi h^2} \left[\frac{\ln\left(\frac{h}{r}\right)}{\left(\frac{h}{H}\right)^2 - \frac{1}{2}\left(\frac{h}{H}\right)^4} \right] \text{ [m/s]}$$

berechneter k_r -Wert nach Formel II , da $h \leq H \leq 3h$:

8,2 * 10⁻⁶ m/s

entspricht 29,5 mm/h

entspricht 70,9 cm/d