

Hydraulische Berechnungen**Injektionsschächte Bau-km 103,7+00 und Bau-km 103,7+45****Injektionsschächte****Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse:**

Voraussichtliche verbauart im Tiefenbereich des Tertiärs

		km 103,7+00	km 103,7+45
		Bohrpfahl od. Spundwand	Bohrpfahl od. Spundwand
Gesamtdauer der Wasserhaltung ca.	T _{WH} =	7	7 Mon
Zugangsschacht: Durchmesser	d =	7	7 m
Durchmess des Kreises aus Absenkbrunnen um den Schacht	d _{br}	11	11 m
Zugangsschacht: Tiefe BGS unter GOK	t =	14	15 m
Zugangsschacht: Umfang	U =	41	41 m
Zugangsschacht: Grundfläche ca.	A =	33	33 m ²
GOK ca.		523,1	523,2 müNN
Zugangsschacht: tiefste BGS		509,6	508,7 müNN
OK-Tertiär		510,0	511,0 müNN
Wasserstand Bauzeit HW _{Bau}		516,5	516,5 müNN
Bemessungswasserstand HW _{End}		517,6	517,6 müNN
Zugangsschacht: Absenkziel		509,1	508,2 müNN
Druckluftunterstützung	P =	0,0	0,0 bar
Angesetzte Mindesttiefe Entspannungsbrunnen unter Sohle (Minimum aus 1,5 x d und 1,1 x (HW _{Bau} - tiefste BGS))		7,6	8,6 m
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen müNN ca.		502,0	500,1 müNN
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen ab GOK ca.		21,1	23,1 m
Filterstrecke Entspannungsbrunnen ca.	von bis	13,5 21,1	14,5 m 23,1 m
Angenommene mittlere Gesamtdicke der zu entspannenden bzw. zu entwässernden Tertiärsandlagen gemäß Bodenaufschlüssen	m _{entsp} =	3,0	3,0 m
Erforderliche Gesamtabenkung HW _{Bau} (Mittel)	s =	7,4	8,3 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Quartär bei HW _{Bau}	s _q =	6,5	5,5 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Tertiär bei HW _{End}	s _t =	0,9	2,8 m
Potential der Entspannungswasserhaltung unter Berücksichtigung der Druckluft	s _{ent} =	7,4	8,3 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (=OK Tertiär)		510,0	511,0 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HW _{End})	Z _q =	1,1	1,1 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK)	Z _{q max} =	6,6	6,7 m
Stauhöhe in der Rigole	Z _{rig} =	1,0	1,0 m
Brunnenradius (Quartär)	r _q =	0,30	0,30 m
benetzte Filterlänge Quartärversickerung	h' _q =	7,6	6,6 m
Sohlbreite eine Sickerrigole	b _{Rig} =	0,5	0,5 m
k-Wert Tertiärsand	k (ts) =	5,0E-05	5,0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	k _{sick} (q) =	1,3E-03	1,3E-03 m/s
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{End} (Mittel)	H _{End} (q) =	7,6	6,6 m
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{Bau} (Mittel)	H _{Bau} (q) =	6,5	5,5 m
Entwässerbarer Porenanteil Quartär	n (q) =	0,25	0,25
Entwässerbarer Porenanteil Tertiär (Mittel Ton/Sand)	n (t) =	0,15	0,15
Bemessungsniederschlag mit 10-jähriger Häufigkeit	r _{15(0,1)} =	0,271	0,271 m ³ /(s ha)

2. SBS - PFA 1: Anhang 5 zu Anlage 18.1 A
Hydraulische Berechnungen
Injektionsschächte Bau-km 103,7+00 und Bau-km 103,7+45

I Injektionsschächte: Berechnung der Wassermengen

Die Abschätzung der zu fördernden Wassermengen der Restwasserhaltung des wasserundurchlässigen Baugrubentrogos erfolgt für den hohen angenommenen Wasserstand HW_{Bau} .

Trogwasser (vereinfacht zum erstmaligen Absenken)

$$V_{Trog} = A \times [s(q) \times n(q) + s(t) \times n(t)] =$$

km 103,6+91	km 103,7+41
58	60 m ³

Zum Abpumpen dieser Wassermenge innerhalb von 10 Tagen ist eine Pumpleistung von etwa:

$$V_{Trog} \times 1000 / (10 \times 24 \times 3600) =$$

0,1	0,1 l/s
-----	---------

Restwasser aus Umströmung der Umschließung:

Restwasser aus Umströmung der Umschließung wird nicht angesetzt, da das den Schächten von unten durch eine Sohlschicht zuströmende Wasser, bei ausreichender Brunnenanzahl und Tiefe vollständig von der Tertiärentspannung aufgenommen wird.

Sickerwasser aus der Baugrubenumschließung:

Zur Abschätzung der Sickerwassermenge wird einheitlich $q = 0,002$ m³/s je 1000 m² benetzter Fläche der Baugrubenumschließung angenommen. Die Berechnung erfolgt für die benetzte Mantelfläche der Umschließung unter HW_{Bau} .

Höhe der benetzten Mantelfläche der Umschließung	km 103,6+91	km 103,7+41
	4,4	11,9 m
$Q_{Wand} = U \times s \times 0,002 / 1000 =$	0,0004	0,0010 m ³ /s
$Q_{Wand} =$	0,4	1,0 l/s

Bei einer Bauzeit TWH ist entsprechend dieser Abschätzung voraussichtlich etwa mit folgender Wassermenge zu rechnen:

$Q_{Wand} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH / 12) =$	km 103,6+91	km 103,7+41
aus der Baugrubenumschließung an.	6611	17881 m ³ /TWH

Wassermenge der Tertiärentspannung:

Zur überschlägigen Abschätzung des Wasserandrangs einer Tertiärwasserhaltung wird von Tertiärsandlagen der Gesamtmächtigkeit m_{entsp} ausgegangen, die im zu entspannenen Tiefenbereich anstehen.

Die Entspannung erfolgt bis auf das Niveau der Restwasserhaltung im Schacht.

Wasserandrang zur Baugrube (Ersatzbrunnen) bei gespanntem Grundwasser:

$A_{RE} = d_{br} / 2 =$	km 103,6+91	km 103,7+41
	5,3	5,3 m
$R = 3000 \times s \times \sqrt{k(ts)} =$	157	176 m
$Q_{entsp.} = (2 \times \pi \times k(ts) \times m_{entsp} \times s_{ent} / (\ln R - \ln A_{RE})) =$	0,0021	0,0022 m ³ /s
$Q_{entsp.} =$	2,1	2,2 l/s

Bei einer Betriebszeit der Wasserhaltung von TWH fallen entsprechend dieser Abschätzung etwa folgende Wassermengen aus der Tertiärwasserhaltung/entspannung an:

$Q_{entsp} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH / 12) =$	km 103,6+91	km 103,7+41
	37758	40966 m ³ /TWH

Hydraulische Berechnungen**Injektionsschächte Bau-km 103,7+00 und Bau-km 103,7+45****Niederschlagswasser:**

Im dichten Baugrubentrog muß das anfallende Niederschlagswasser zeitlich verzögert von der Wasserhaltung gefördert werden. Beim 15-minütigen Bemessungsregen $r_{15(0,2)}$ fällt in der Baugrube folgende Wassermenge an:

	km 103,6+91	km 103,7+41	
$Q_{N15} = r_{15(0,2)} \times 15\text{min} \times 60\text{s} \times A \times 1/10000\text{m}^2 =$	0,8	0,8	m ³ /15 min

Das Niederschlagswasser kann bei einer zusätzlichen Pumpleistung von in etwa drei Stunden mit der Restwasserhaltung abgepumpt werden

0,1	0,1 l/s
-----	---------

Bei einem Jahresniederschlag von ca. 950 mm fällt bei einer angenommenen Bauzeit (TWH) bis zur Inbetriebnahme einer geordneten Oberflächenentwässerung folgende Wassermenge an:

	km 103,6+91	km 103,7+41	
$Q_{NJahr} = 0,95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times A \times \text{TWH} / 12 =$	18	18	m ³ /TWH

Dies entspricht bei der Restwasserhaltung einer durchschnittlichen Förderrate von:

0,000001	0,000001 m/s
----------	--------------

0,00100	0,00100 l/s
---------	-------------

Gesamtwassermengen während der Bauzeit:**Injektionsschächte**Wasseranfall:

	km 103,6+91	km 103,7+41	
Trogwasser	0,1	0,1	l/s
Sickerwasser Baugrubenumschließung	0,4	1,0	l/s
Tertiärentspannung / Tertiärwasserhaltung	2,1	2,2	l/s
Niederschlagswasser (Mittel)	0,0	0,0	l/s
Niederschlagswasser (Starkregen)	0,1	0,1	l/s
Während des Leerpumpens des Troges	0,4	1,0	l/s
Wasserhaltungsbetrieb + Starkregen	2,5	3,3	l/s
Wasserhaltungsbetrieb	2,4	3,2	l/s
<u>Gesamtwassermenge:</u>	44446	58925	m ³

Während des Leerpumpens des Troges ist von folgender maximaler rechnerischer Wassermenge auszugehen:

$Q_{MAX \text{ Absenk}} = \text{Trogw.} + \text{Sickerw.} + \text{Niederschlag} =$	0,4	1,0	l/s
--	------------	------------	-----

Nach Inbetriebnahme der Tertiärentspannung ist unter Berücksichtigung eines Starkregenereignisses von folgender maximaler rechnerischer Restwassermenge auszugehen:

$Q_{MAX \text{ Rest}} = \text{Sickerwasser} + \text{Tertiärentspannung} + \text{Starkregen} =$	2,5	3,3	l/s
--	------------	------------	-----

Ohne Berücksichtigung des Starkregens reduziert sich die rechnerische Restwassermenge nach dem Leerpumpen des Troges auf:

$Q_{MAX \text{ Rest}} = \text{Sickerw.} + \text{Tertiärentspannung} + \text{Niederschlagswasser} =$	2,4	3,2	l/s
---	------------	------------	-----

2. SBS - PFA 1: Anhang 5 zu Anlage 18.1 A
Hydraulische Berechnungen
Injektionsschächte Bau-km 103,7+00 und Bau-km 103,7+45

Blatt 5. 4

II Rettungsschächte: Berechnung der Grundwasserversickerung

Im normalen Wasserhaltungsbetrieb fallen rechnerisch bis zu ca. km 103,6+91 km 103,7+41
 an. Es wird die Versickerungsmöglichkeit durch Brunnen oder Rigolen im Quartärkies untersucht. 2,4 3,2 l/s

Maximal zu versickernde Wassermenge $Q_s =$ 0,0025 0,0033 m³/s

Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):

Die rechnerische Abschätzung der Brunnenversickerung im Quartär wird für den ungünstigen Wasserstand H_{WBau} durchgeführt. Um den Einstau von Nachbargebäuden über natürliche Verhältnisse hinaus zu verhindern, wird der Aufstau im Brunnen für die Berechnung auf den Wasserstand H_{WEnd} beschränkt.

Reichweite $R(q)$ des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartärkies km 103,6+91 km 103,7+41

$R(q) = 3000 \times z_q \times \sqrt{k_{sick}(q)}$ 119 119 m

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

$\ln ARE = \ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [H_{Bau} - (H_{Bau} + z_q)^2] / Q_s =$ -20,69 -11,82
 $ARE =$ 0,00 0,00 m

Der Aufstaukegel reicht je nach Versickerungsstandort unter Nachbargrundstücke, geht aber nicht über H_{WEnd} hinaus.

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [H_{Bau}^2 - (H_{Bau} + z_q)^2] / (\ln R - \ln r_q) =$ **-0,0106** **-0,0091 m³/s**
 $Q_s =$ -10,6 -9,1 l/s

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$q_s = 2 \times r_q \times \pi \times h'_q \times \sqrt{k_{sick}(q) / 15} =$ -0,0344 -0,0299 m³/s
 $q_s =$ -34,4 -29,9 l/s

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

rechnerische Mindestanzahl der Brunnen: **0,2** **0,4 Stk**

Rigolenversickerung im Quartär:

Die Abschätzung der Sickerleistung erfolgt in Anlehnung an ATV 138 für eine Rigole mit 0,5 m Breite, die 1 m hoch eingestaut werden kann.

$q_s = (b_{Rig} + z/2) \times k_{sick}(q) =$ -0,0013 -0,0013 m³/s je lfdm
 $q_s =$ -1,30 -1,30 l/s je lfdm
 $L_{rig} = Q_s / q_s =$ **1,9** **2,5 lfdm**