

2. SBS - PFA 1: Anhang 4 zu Anlage 18.1

Hydraulische Berechnungen Rettungsschächte:

(RS2 Bau-km 103,8+72, RS3 Bau-km 104,4+45, RS4 Bau-km 105,0+40)

Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse (Vertikalschächte):

Voraussichtliche Verbauart

			RS 2	RS 3	RS 4
			Bohrpfahl Spritzbeton	Bohrpfahl wand	Bohrpfahl wand
Gesamtdauer der Wasserhaltung in Monaten ca.	TWH	=	6	6	6 Mon
Zugangsschacht: Durchmesser	d	=	10	10	10 m
Durchmesser des Kreises aus Absenkbrunnen um den Schacht	d br	=	14	14	14 m
Zugangsschacht: Tiefe BGS unter GOK	t	=	37	20	23 m
Zugangsschacht: Umfang	U	=	31	31	31 m
Zugangsschacht: Grundfläche ca.	A	=	79	79	79 m ²
GOK ca.			522,9	521,4	520,0 müNN
Zugangsschacht: tiefste BGS			485,9	501,4	497,0 müNN
OK-Tertiär			512,0	511,5	511,0 müNN
Wasserstand Bauzeit HW _{Bau}			516,4	515,8	515,4 müNN
Bemessungswasserstand HW _{End}			517,5	517,0	516,7 müNN
Zugangsschacht: Absenkziel			485,4	500,9	496,5 müNN
Druckluftunterstützung	P	=	0,0	0,0	0,0 bar
Angesetzte Mindesttiefe Entspannungsbrunnen unter Sohle (Minimum aus 1,5 x d und 1,1 x (HW _{Bau} - tiefste BGS))			15,0	15,0	15,0 m
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen müNN ca.			470,9	486,4	482,0 müNN
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen ab GOK ca.			52,0	35,0	38,0 m
Filterstrecke Entspannungsbrunnen ca.		von bis	37,0 52,0	20,0 35,0	23,0 38,0 m
Angenommene mittlere Gesamtdicke der zu entspannenden bzw. zu entwässernden Tertiärsandlagen gemäß Bodenaufschlüssen	m _{entsp}	=	10,0	11,0	10 m
Erforderliche Gesamtabenkung HW _{Bau} (Mittel)	s	=	31,0	14,9	18,9 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Quartär bei HW _{Bau} (Mittel)	s _q	=	4,4	4,3	4,4 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Tertiär bei HW _{End}	s _t	=	26,6	10,6	14,5 m
Potential der Entspannungswasserhaltung unter Berücksichtigung der Druckluft	s _{ent}	=	31,0	14,9	18,9 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (=OK Tertiär)			512,0	511,5	511,0 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HW _{End})	Z _q	=	1,1	1,2	1,3 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK)	Z _{q max}	=	6,5	5,6	4,6 m
Stauhöhe in der Rigole	Z _{rig}	=	1,0	1,0	1,0 m
Brunnenradius (Quartär)	r _q	=	0,30	0,30	0,30 m
benetzte Filterlänge Quartärversickerung	h' _q	=	5,5	5,5	5,7 m
Sohlbreite eine Sickerrigole	b _{Rig}	=	0,5	0,5	0,5 m
k-Wert Tertiärsand	k (ts)	=	5,0E-05	5,0E-05	5,0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	ksick (q)	=	1,3E-03	1,3E-03	1,3E-03 m/s
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{End} (Mittel)	H _{End} (q)	=	5,5	5,5	5,7 m
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{Bau} (Mittel)	H _{Bau} (q)	=	4,4	4,3	4,4 m
Entwässerbarer Porenanteil Quartär	n (q)	=	0,25	0,25	0,25
Entwässerbarer Porenanteil Tertiär (Mittel Ton/Sand)	n (t)	=	0,15	0,15	0,15
Bemessungsniederschlag mit 10-jähriger Häufigkeit	r _{15(0,1)}	=	0,271	0,271	0,271 m ³ /(s ha)

Hydraulische Berechnungen Rettungsschächte:**(RS2 Bau-km 103,8+72, RS3 Bau-km 104,4+45, RS4 Bau-km 105,0+40)****I Rettungsschächte (Vertikalschächte): Berechnung der Wassermengen**

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

Trogwasser (vereinfacht zum erstmaligen Absenken)

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

RS 2	RS 3	RS 4
400	209	257 m ³

Zum Abpumpen dieser Wassermenge innerhalb von 10 Tagen ist folgend Pumpleistung erforderlich:

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

0,5	0,2	0,3 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 (nur Bohrpfahlwand / Schlitzwand):

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	4,4	11,9	15,9 m
$Q_{Wand} = U \times s \times 0,002 / 1000 =$	0,0003	0,0007	0,0010 m ³ /s
$Q_{Wand} =$	0,3	0,7	1,0 l/s

Bei einem Betrieb der Wasserhaltung von TWH ist entsprechend dieser Abschätzung etwa mit folgender Wassermenge zu rechnen:

$$Q_{Wand} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH / 12) =$$

4359	11789	15752 m ³ /TWH
-------------	--------------	----------------------------------

Wassermenge der Tertiärentspannung / Tertiärenwässerung:

Zur überschlägigen Abschätzung des Wasserandrangs der Tertiärwasserhaltung wird von feinkornarmen Tertiärsandlagen der Gesamtmächtigkeit m_{entsp} ausgegangen, die im zu entspannenen und zu entwässernden Tiefenbereich anstehen. Die Entspannung erfolgt bis auf das Niveau der Restwasserhaltung im Schacht.

Wasserandrang zur Baugrube (Ersatzbrunnen) bei gespanntem Grundwasser:

	RS 2	RS 3	RS 4
$A_{RE} = d_{br} / 2 =$	7,0	7,0	7,0 m
$R = 3000 \times s \times \sqrt{k(ts)} =$	658	316	401 m
$Q_{entsp.} = (2 \times \pi \times k(ts) \times m_{entsp} \times S_{ent} / (\ln R - \ln A_{RE})) =$	0,0214	0,0135	0,0147 m ³ /s
$Q_{entsp.} =$	21,4	13,5	14,7 l/s

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

$$Q_{Entsp} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH / 12) =$$

338035	213088	231285 m ³ /TWH
---------------	---------------	-----------------------------------

Hydraulische Berechnungen Rettungsschächte: (RS2 Bau-km 103,8+72, RS3 Bau-km 104,4+45, RS4 Bau-km 105,0+40)

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:

	RS 2	RS 3	RS 4
$Q_{N15} = r_{15(0,2)} \times 15\text{min} \times 60\text{s} \times A \times 1/10000\text{m}^2 =$	1,9	1,9	1,9 m ³ / 15 min

Diese Niederschlagswassermenge kann bei einer zusätzlichen Pumpleistung von in etwa drei Stunden mit der Restwasserhaltung abgepumpt werden

	RS 2	RS 3	RS 4
	0,2	0,2	0,2 l/s

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

	RS 2	RS 3	RS 4
$Q_{NJahr} = 0,95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times A \times \text{TWH} / 12 =$	37	37	37 m ³ /TWH

Dies entspricht bei der Restwasserhaltung einer durchschnittlichen Förderrate von:

	RS 2	RS 3	RS 4
	0,000002	0,000002	0,000002 m/s =

	RS 2	RS 3	RS 4
	0,00237	0,00237	0,00237 l/s

Gesamtwassermengen während der Bauzeit:

Rettungsschächte (Vertikalschächte)

Wasseranfall:

	RS 2	RS 3	RS 4
Trogwasser	0,5	0,2	0,3 l/s
Sickerwasser Baugrubenumschließung	0,3	0,7	1,0 l/s
Tertiärentspannung / Tertiärwasserhaltung	21,4	13,5	14,7 l/s
Niederschlagswasser (Mittel)	0,0	0,0	0,0 l/s
Niederschlagswasser (Starkregen)	0,2	0,2	0,2 l/s
Während des Leerpumpens des Troges	0,7	1,0	1,3 l/s
Wasserhaltungsbetrieb + Starkregen	21,9	14,4	15,8 l/s
Wasserhaltungsbetrieb	21,7	14,3	15,7 l/s
<u>Gesamtwassermenge:</u>	342831	225124	247332 m ³

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

	RS 2	RS 3	RS 4
$Q_{MAX \text{ Absenk}} = \text{Trogw.} + \text{Sickerw.} + \text{Niederschlag} =$	0,7	1,0	1,3 l/s

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

	RS 2	RS 3	RS 4
$Q_{MAX \text{ Rest}} = \text{Sickerwasser} + \text{Tertiärentspannung} + \text{Starkregen} =$	21,9	14,4	15,8 l/s

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

	RS 2	RS 3	RS 4
$Q_{MAX \text{ Rest}} = \text{Sickerw.} + \text{Tertiärentspannung} + \text{Niederschlagswasser} =$	21,7	14,3	15,7 l/s

Hydraulische Berechnungen Rettungsschächte:**(RS2 Bau-km 103,8+72, RS3 Bau-km 104,4+45, RS4 Bau-km 105,0+40)****II Rettungsschächte (Vertikalschächte): Berechnung der Grundwasserversickerung**

	RS 2	RS 3	RS 4
Im normalen Wasserhaltungsbetrieb fallen rechnerisch bis zu ca.	21,7	14,3	15,7 l/s
an. Es wird die Versickerungsmöglichkeit durch Brunnen oder Rigolen im Quartärkies untersucht.			
Maximal zu versickernde Wassermenge $Q_s =$	0,0219	0,0144	0,0158 m ³ /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

	RS 2	RS 3	RS 4
$R(q) = 3000 \times z_q \times \sqrt{k_{sick}(q)}$	119	130	141 m

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

$\ln ARE = \ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [H_{Bau}^2 - (H_{Bau} + z_q)^2] / Q_s =$	2,75	1,54	1,56
ARE =	15,60	4,66	4,77 m

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

	RS 2	RS 3	RS 4
$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [H_{Bau}^2 - (H_{Bau} + z_q)^2] / (\ln R - \ln r_q) =$	-0,0074	-0,0079	-0,0087 m ³ /s
$Q_s =$	-7,4	-7,9	-8,7 l/s

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$q_s = 2 \times r_q \times \pi \times h'_q \times (k_{sick}(q) / 15) =$	-0,0249	-0,0249	-0,0258 m ³ /s
$q_s =$	-24,9	-24,9	-25,8 l/s

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

rechnerische Mindestanzahl der Brunnen:	2,9	1,8	1,8 Stk
---	------------	------------	----------------

Rigolenversickerung im Quartär:

Die Abschätzung der Sickerleistung erfolgt in Anlehnung an ATV 138 für eine Rigole mit 0,5 m Breite, die

$q_s = (b_{Rig} + z/2) \times k_{sick}(q) =$	-0,0013	-0,0013	-0,0013 m ³ /s je lfdm
$q_s =$	-1,30	-1,30	-1,30 l/s je lfdm
$L_{rig} = Q_s / q_s =$	16,8	11,1	12,2 lfdm

Hydraulische Berechnungen Rettungsschächte:**(RS2 Bau-km 103,8+72, RS3 Bau-km 104,4+45, RS4 Bau-km 105,0+40)**

Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse (Stollenbauwerke):		RS 2	RS 3	RS 4
Gesamtdauer der Wasserhaltung ca.	TWH =	6	8	10 Mon
Zu entwässernde Länge des Stollensystems zusammen mit dem Vertikalschacht im Grundriss ca.	a =	85	120	185 m
Zu entwässernde mittlere Breite im Grundriss ca.	b =	10	10	10
Stollendurchmesser bzw. Höhe ca.	d Stollen =	5	5	5 m
Zugangsschacht: Grundfläche ca.	A =	850	1200	1850 m ²
GOK ca.		522,9	521,4	520,0 müNN
höchste Stollenfirste ca.		502,0	510,0	505,0 müNN
tiefste Stollensohle ca.		487,0	495,0	482,0 müNN
OK-Tertiär		512,0	511,5	511,0 müNN
Wasserstand Bauzeit HW _{Bau}		516,4	515,8	515,4 müNN
Bemessungswasserstand HW _{End}		517,5	517,0	516,7 müNN
Absenkziel		486,5	494,5	481,5 müNN
Druckluftunterstützung	P =	1,0	1,0	1,0 bar
Mindesttiefe Entspannung unter Sohle: ca 1,5 x d Stollen		7,5	7,5	7,5 m
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen bis müNN ca.		479,5	487,5	474,5 müNN
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen ab GOK ca.		43,4	33,9	45,5 m
Filterstrecke Entspannungs- Entwässerungsbrunnen ca.	von bis	20 43	11 34	15 m 46 m
Angenommene mittlere Gesamtdicke der zu entspannenden bzw. zu entwässernden Tertiärsandlagen gemäß Bodenaufschlüssen	m _{entsp} =	10,0	13	11 m
Gesamtabsenkung bei HW _{Bau} (Mittel)	s =	29,9	21,3	33,9 m
Potential der Entspannungswasserhaltung unter Berücksichtigung der Druckluft	s _{ent} =	19,9	11,3	23,9 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (=OK Tertiär)		512,0	511,5	511,0 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HW _{End})	Z _q =	1,1	1,2	1,3 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK)	Z _{q max} =	6,5	5,6	4,6 m
Stauhöhe in der Rigole	Z _{rig} =	1,0	1,0	1,0 m
Brunnenradius (Quartär)	r _q =	0,30	0,30	0,30 m
benetzte Filterlänge Quartärversickerung	h _q =	5,5	5,5	5,7 m
Sohlbreite eine Sickerrigole	b _{Rig} =	0,5	0,5	0,5 m
k-Wert Tertiärsand	k (ts) =	5,0E-05	5,0E-05	5,0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	k _{sick} (q) =	1,3E-03	1,3E-03	1,3E-03 m/s
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{Bau} (Mittel)	HB _{Bau} (q) =	4,4	4,3	4,4 m

Hydraulische Berechnungen Rettungsschächte:**(RS2 Bau-km 103,8+72, RS3 Bau-km 104,4+45, RS4 Bau-km 105,0+40)****I Rettungsschächte (Stollenbauwerke): Berechnung der zu fördernden Wassermengen**

Die Abschätzung der zur Herstellung der Stollen zu fördernden Wassermengen erfolgt für den hohen angenommenen Wasserstand HW_{Bau} als Zuströmung zu einer (fiktiven) Baugrube in der alle zu errichtenden Stollen liegen (Ersatzbrunnenverfahren).

Wassermenge der Tertiärwasserhaltung- und Entspannung:

Zur überschlägigen Abschätzung des Wasserandrangs wird der Zustrom in allen Tertiärsandlagen der Gesamtmächtigkeit m_{Entsp} berechnet, die von Brunnen im Tiefenbereich des Stollens und der darunter liegenden Entspannungstiefe erfasst werden.

Die Entspannung erfolgt bis auf Höhe UK-Stollen - 0,5 m

Wasserandrang zur Baugrube (Ersatzbrunnen) bei gespanntem Grundwasser:

	RS 2	RS 3	RS 4
$ARE = a \times 0,195 + b \times 0,385$ (für rechteckige Baugruben)			
$ARE = a / \xi$ (für langgestreckte Baugruben)			
ARE =	28,3	40,0	61,7 m
$R = 3000 \times s \times \sqrt{k} (ts) =$	634	452	719 m
$Q = (2 \times \pi \times k (ts) \times m_{\text{Entsp}} \times s_{\text{Ent}} / (\ln R - \ln ARE) =$	0,0201	0,0190	0,0336 m ³ /s
Q =	20,1	19,0	33,6 l/s

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

$Q_{\text{Entsp}} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH / 12) =$	317120	400185	883634 m ³ /TWH
---	---------------	---------------	-----------------------------------

Hydraulische Berechnungen Rettungsschächte:**(RS2 Bau-km 103,8+72, RS3 Bau-km 104,4+45, RS4 Bau-km 105,0+40)****II Rettungsschächte (Stollenbauwerke): Berechnung der Grundwasserversickerung**Maximal zu versickernde Wassermenge $Q_s =$ 0,0201 0,0190 0,0336 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 H_{WEnd} begrenzt.

Reichweite R (q) des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartärkies

	RS 2	RS 3	RS 4
R (q) = $3000 \times z_q \times \sqrt{k_{sick}(q)}$ =	119	130	141 m

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

	RS 2	RS 3	RS 4
$\ln ARE = \ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [H_{Bau} - (H_{Bau} + z_q)^2] / Q_s =$	2,57	2,34	3,35
ARE =	13,03	10,41	28,54 m

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [H_{Bau}^2 - (H_{Bau} + z_q)^2] / (\ln R - \ln r_q) =$	-0,0074	-0,0079	-0,0087 m ³ /s
$Q_s =$	-7,4	-7,9	-8,7 l/s

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$q_s = 2 \times r_q \times \pi \times h'q \times \sqrt{(k_{sick}(q) / 15)} =$	-0,0249	-0,0249	-0,0258 m ³ /s
$q_s =$	-24,9	-24,9	-25,8 l/s

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:
rechnerische Mindestanzahl der Brunnen:

2,7	2,4	3,9 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	-0,0013 m ³ /s je lfdm
$q_s =$	-1,30	-1,30	-1,30 l/s je lfdm
$L_{rig} = Q_s / q_s =$	15,5	14,6	25,9 m

Hydraulische Berechnungen Rettungsschächte:

(RS2 Bau-km 103,8+72, RS3 Bau-km 104,4+45, RS4 Bau-km 104,9+47)

Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse (Vertikalschächte):

Voraussichtliche Verbauart			RS 2	RS 3	RS 4
			Bohrpfahl- wand	Bohrpfahl- / Schlitz- wand	Bohrpfahl- wand
Gesamtdauer der Wasserhaltung in Monaten ca.	TWH	=	7	7	7 Mon
Zugangsschacht: Durchmesser	d	=	10	10	10 m
Durchmesser des Kreises aus Absenkbrunnen um den Schacht	d br	=	14	14	14 m
Zugangsschacht: Tiefe BGS unter GOK	t	=	14	21.5	21 m
Zugangsschacht: Umfang	U	=	31	31	31 m
Zugangsschacht: Grundfläche ca.	A	=	79	79	79 m ²
GOK ca.			522.0	522.9	520.3 müNN
Zugangsschacht: tiefste BGS			508.0	501.4	499.3 müNN
OK-Tertiär			512.0	511.5	511.0 müNN
Wasserstand Bauzeit HWBau			516.4	515.8	515.4 müNN
Bemessungswasserstand HWEnd			517.5	517.0	516.7 müNN
Zugangsschacht: Absenkziel			507.5	500.9	498.8 müNN
Druckluftunterstützung	P	=	0.0	0.0	0.0 bar
Angesetzte Mindesttiefe Entspannungsbrunnen unter Sohle (Minimum aus 1,5 x d und 1,1 x (HWBau - tiefste BGS))			9.2	15.0	15.0 m
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen müNN ca.			498.8	486.4	484.3 müNN
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen ab GOK ca.			23.2	36.5	36.0 m
Filterstrecke Entspannungsbrunnen ca.			von bis	14.0 21.5	21.0 m 21.0 m
Angenommene mittlere Gesamtdicke der zu entspannenden bzw. zu entwässernden Tertiärsandlagen gemäß Bodenaufschlüssen			=	3.2 16.8	5.4 m
Erforderliche Gesamtabenkung HWBau (Mittel)			s	=	8.9 14.9 16.6 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Quartär bei HWBau (Mittel)			sq	=	4.4 4.3 4.4 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Tertiär bei HWEnd			st	=	4.5 10.6 12.2 m
Potential der Entspannungswasserhaltung unter Berücksichtigung der Druckluft			s _{ent}	=	8.9 14.9 16.6 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (=OK Tertiär)					512.0 511.5 511.0 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HWEnd)			zq	=	1.1 1.2 1.3 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK)			zq max	=	5.6 7.1 4.9 m
Stauhöhe in der Rigole			zrig	=	1.0 1.0 1.0 m
Brunnenradius (Quartär)			rq	=	0.30 0.30 0.30 m
benetzte Filterlänge Quartärversickerung			h'q	=	5.5 5.5 5.7 m
Sohlbreite eine Sickerrigole			b Rig	=	0.5 0.5 0.5 m
k-Wert Tertiärsand			k (ts)	=	5.0E-05 5.0E-05 5.0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)			ksick (q)	=	1.3E-03 1.3E-03 1.3E-03 m/s
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW End (Mittel)			H End (q)	=	5.5 5.5 5.7 m
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW Bau (Mittel)			H Bau (q)	=	4.4 4.3 4.4 m
Entwässerbarer Porenanteil Quartär			n (q)	=	0.25 0.25 0.25
Entwässerbarer Porenanteil Tertiär (Mittel Ton/Sand)			n (t)	=	0.15 0.15 0.15
Bemessungsniederschlag mit 10-jähriger Häufigkeit			r 15(0,1)	=	0.271 0.271 0.271 m ³ /(s ha)

2. SBSS PFA 1: Anhang 4 zu Anlage 18.1 A
Hydraulische Berechnungen Rettungsschächte:
(RS2 Bau-km 103,8+72, RS3 Bau-km 104,4+45, RS4 Bau-km 104,9+47)

I Rettungsschächte (Vertikalschächte): Berechnung der Wassermengen

Die Abschätzung der zu fördernden Wassermengen der Restwasserhaltung des wasserundurchlässigen Baugrubentroges erfolgt für den hohen angenommenen Wasserstand HWBau .

Trogwasser (vereinfacht zum erstmaligen Absenken)

	RS 2	RS 3	RS 4
$V_{Trog} = A \times [s(q) \times n(q) + s(t) \times n(t)] =$	139	209	230 m³

Zum Abpumpen dieser Wassermenge innerhalb von 10 Tagen ist folgend Pumpleistung erforderlich:

$Q_{Trog} \times 1000 / (10 \times 24 \times 3600) =$	0.2	0.2	0.3 l/s
---	-----	-----	---------

Restwasser aus Umströmung der Umschließung:

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

Sickerwasser aus der Baugrubenumschließung (nur Bohrfahlwand / Schlitzwand):

Zur Abschätzung der Sickerwassermenge wird einheitlich $q = 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$ je 1000 m^2 benetzter Fläche der Baugrubenumschließung angenommen. Die Berechnung erfolgt für die benetzte Mantelfläche der Umschließung unter HWBau.

Höhe der benetzten Mantelfläche der Umschließung	5.2	11.8	10.7 m
$Q_{Wand} = U \times s \times 0,002 / 1000 =$	0.0003	0.0007	0.0007 m³/s
$Q_{Wand} =$	0.3	0.7	0.7 l/s

Bei einem Betrieb der Wasserhaltung von TWH ist entsprechend dieser Abschätzung etwa mit folgender Wassermenge zu rechnen:

$Q_{Wand} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH / 12) =$	6010	13639	12367 m³/TWH
---	------	-------	--------------

Wassermenge der Tertiärentspannung / Tertiärenwässerung:

Zur überschlägigen Abschätzung des Wasserandrangs der Tertiärwasserhaltung wird von feinkornarmen Tertiärsandlagen der Gesamtmächtigkeit m_{entsp} ausgegangen, die im zu entspannenen und zu entwässernden

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

Wasserandrang zur Baugrube (Ersatzbrunnen) bei gespanntem Grundwasser:

	RS 2	RS 3	RS 4
$ARE = d_{br} / 2 =$	7.0	7.0	7.0 m
$R = 3000 \times s \times \sqrt{k} (ts) =$	189	316	352 m
$Q_{entsp} = (2 \times \pi \times k (ts) \times m_{entsp} \times s_{ent} / (\ln R - \ln ARE)) =$	0.0027	0.0206	0.0072 m³/s
$Q_{entsp} =$	2.7	20.6	7.2 l/s

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

$Q_{Entsp} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH / 12) =$	49955	379684	132216 m³/TWH
--	-------	--------	---------------

Hydraulische Berechnungen Rettungsschächte:**(RS2 Bau-km 103,8+72, RS3 Bau-km 104,4+45, RS4 Bau-km 104,9+47)****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:

	RS 2	RS 3	RS 4
$QN_{15} = r_{15(0,2)} \times 15\text{min} \times 60\text{s} \times A \times 1/10000\text{m}^2 =$	1.9	1.9	1.9 m ³ / 15 min

Diese Niederschlagswassermenge kann bei einer zusätzlichen Pumpleistung von in etwa drei Stunden mit der Restwasserhaltung abgepumpt werden

	0.2	0.2	0.2 l/s
--	-----	-----	---------

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

$$Q_{\text{NJahr}} = 0,95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times A \times \text{TWH} / 12 =$$

	44	44	44 m ³ /TWH
	RS 2	RS 3	RS 4

Dies entspricht bei der Restwasserhaltung einer durchschnittlichen Förderrate von:

	0.000002	0.000002	0.000002 m/s =
--	----------	----------	----------------

	0.00237	0.00237	0.00237 l/s
--	---------	---------	-------------

Gesamtwassermengen während der Bauzeit:**Rettungsschächte (Vertikalschächte)**Wasseranfall:

	RS 2	RS 3	RS 4
Trogwasser	0.2	0.2	0.3 l/s
Sickerwasser Baugrubenumschließung	0.3	0.7	0.7 l/s
Tertiärentspannung / Tertiärwasserhaltung	2.7	20.6	7.2 l/s
Niederschlagswasser (Mittel)	0.0	0.0	0.0 l/s
Niederschlagswasser (Starkregen)	0.2	0.2	0.2 l/s
Während des Leerpumpens des Troges	0.5	1.0	0.9 l/s
Wasserhaltungsbetrieb + Starkregen	3.2	21.6	8.0 l/s
Wasserhaltungsbetrieb	3.0	21.4	7.9 l/s
<u>Gesamtwassermenge:</u>	56148	393576	144857 m³

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

$Q_{\text{MAX Absenk}} = \text{Trogw.} + \text{Sickerw.} + \text{Niederschlag} =$	0.5	1.0	0.9 l/s
---	-----	-----	---------

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

$Q_{\text{MAX Rest}} = \text{Sickerwasser} + \text{Tertiärentspannung} + \text{Starkregen} =$	3.2	21.6	8.0 l/s
---	-----	------	---------

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

$Q_{\text{MAX Rest}} = \text{Sickerw.} + \text{Tertiärentspannung} + \text{Niederschlagswasser} =$	3.0	21.4	7.9 l/s
--	-----	------	---------

2. SBSS PFA 1: Anhang 4 zu Anlage 18.1 A
Hydraulische Berechnungen Rettungsschächte:
(RS2 Bau-km 103,8+72, RS3 Bau-km 104,4+45, RS4 Bau-km 104,9+47)

II Rettungsschächte (Vertikalschächte): Berechnung der Grundwasserversickerung

Im normalen Wasserhaltungsbetrieb fallen rechnerisch bis zu ca.

RS 2	RS 3	RS 4
3.0	21.4	7.9 l/s

 an. Es wird die Versickerungsmöglichkeit durch Brunnen oder Rigolen im Quartärkies untersucht.

Maximal zu versickernde Wassermenge $Q_s =$

0.0032	0.0216	0.0080 m ³ /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

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

RS 2	RS 3	RS 4
119	130	141 m

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

$\ln ARE = \ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [H_{WBau}^2 - (H_{WBau} + z_q)^2] / Q_s =$

-9.03	2.64	-1.73	
ARE =	0.00	13.99	0.18 m

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [H_{WBau}^2 - (H_{WBau} + z_q)^2] / (\ln R - \ln r_q) =$

RS 2	RS 3	RS 4	
-0.0074	-0.0079	-0.0087 m ³ /s	
$Q_s =$	-7.4	-7.9	-8.7 l/s

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$q_s = 2 \times r_q \times \pi \times h'_q \times \sqrt{k_{sick}(q) / 15} =$

-0.0249	-0.0249	-0.0258 m ³ /s	
$q_s =$	-24.9	-24.9	-25.8 l/s

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

rechnerische Mindestanzahl der Brunnen:

0.4	2.7	0.9 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

$q_s = (b_{Rig} + z/2) \times k_{sick}(q) =$

-0.0013	-0.0013	-0.0013 m ³ /s je lfdm		
$q_s =$	-1.30	-1.30	-1.30 l/s je lfdm	
$L_{rig} =$	$Q_s/q_s =$	2.5	16.6	6.2 lfdm

Hydraulische Berechnungen Rettungsschächte:

(RS2 Bau-km 103,8+72, RS3 Bau-km 104,4+45, RS4 Bau-km 104,9+47)

Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse (Stollenbauwerke):			RS 2	RS 3	RS 4
Gesamtdauer der Wasserhaltung ca.	TWH	=	15	15	15 Mon
Zu entwässernde Länge des Stollensystems zusammen mit dem Vertikalschacht im Grundriss ca.	a	=	75	100	130 m
Zu entwässernde mittlere Breite im Grundriss ca.	b	=	10	10	10
Stollendurchmesser bzw. Höhe ca.	d Stollen	=	5	5	5 m
Zugangsschacht: Grundfläche ca.	A	=	750	1000	1300 m ²
GOK ca.			522.0	522.9	520.3 müNN
höchste Stollenfirste ca.			512.5	507.0	503.5 müNN
tiefste Stollensohle ca.			496.0	489.0	483.0 müNN
OK-Tertiär			512.0	511.5	511.0 müNN
Wasserstand Bauzeit HWBau			516.4	515.8	515.4 müNN
Bemessungswasserstand HWEnd			517.5	517.0	516.7 müNN
Absenkziel			495.5	488.5	482.5 müNN
Druckluftunterstützung	P	=	1.0	1.0	1.0 bar
Mindesttiefe Entspannung unter Sohle: ca 1,5 x d Stollen			6.8	6.8	6.8 m
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen bis müNN ca.			489.3	482.3	476.3 müNN
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen ab GOK ca.			32.8	40.7	44.1 m
Filterstrecke Entspannungs- Entwässerungsbrunnen ca.		von	10	16	17 m
		bis	33	41	44 m
Angenommene mittlere Gesamtdicke der zu entspannenden bzw. zu m _{entsp} entwässernden Tertiärsandlagen gemäß Bodenaufschlüssen		=	10.0	17	10.5 m
Gesamtabsenkung bei HWBau (Mittel)	s	=	20.9	27.3	32.9 m
Potential der Entspannungswasserhaltung unter Berücksichtigung der Druckluft	s _{ent}	=	10.9	17.3	22.9 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (=OK Tertiär)			512.0	511.5	511.0 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HWEnd)	z _q	=	1.1	1.2	1.3 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK)	z _{q max}	=	5.6	7.1	4.9 m
Stauhöhe in der Rigole	z _{rig}	=	1.0	1.0	1.0 m
Brunnenradius (Quartär)	r _q	=	0.30	0.30	0.30 m
benetzte Filterlänge Quartärversickerung	h'q	=	5.5	5.5	5.7 m
Sohlbreite eine Sickerrigole	b Rig	=	0.5	0.5	0.5 m
k-Wert Tertiärsand	k (ts)	=	5.0E-05	5.0E-05	5.0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	ksick (q)	=	1.3E-03	1.3E-03	1.3E-03 m/s
Quartäre Grundwassermächtigkeit HWBau (Mittel)	HBau (q)	=	4.4	4.3	4.4 m

2. SBSS PFA 1: Anhang 4 zu Anlage 18.1 A
Hydraulische Berechnungen Rettungsschächte:
(RS2 Bau-km 103,8+72, RS3 Bau-km 104,4+45, RS4 Bau-km 104,9+47)

I Rettungsschächte (Stollenbauwerke): Berechnung der zu fördernden Wassermengen

Die Abschätzung der zur Herstellung der Stollen zu fördernden Wassermengen erfolgt für den hohen angenommenen Wasserstand HW_{Bau} als Zuströmung zu einer (fiktiven) Baugrube in der alle zu errichtenden Stollen liegen (Ersatzbrunnenverfahren).

Wassermenge der Tertiärwasserhaltung- und Entspannung:

Zur überschlägigen Abschätzung des Wasserandrangs wird der Zustrom in allen Tertiärsandlagen der Gesamtmächtigkeit m_{entsp} berechnet, die von Brunnen im Tiefenbereich des Stollens und der darunter liegenden Entspannungstiefe erfasst werden.

Die Entspannung erfolgt bis auf Höhe UK-Stollen - 0,5 m

Wasserandrang zur Baugrube (Ersatzbrunnen) bei gespanntem Grundwasser:

	RS 2	RS 3	RS 4
ARE = $a \times 0,195 + b \times 0,385$ (für rechteckige Baugruben)			
ARE = $a / 3$ (für langgestreckte Baugruben)			
ARE =	25.0	33.3	43.3 m
$R = 3000 \times s \times \sqrt{k} (ts) =$	443	579	698 m
$Q = (2 \times \pi \times k (ts) \times m_{\text{entsp}} \times s_{\text{ent}} / (\ln R - \ln ARE) =$	0.0119	0.0324	0.0272 m ³ /s
Q =	11.9	32.4	27.2 l/s

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

Q _{Entsp} x (3600 x 24 x 365 x TWH / 12) =	469426	1275704	1071427 m ³ /TWH
---	--------	---------	-----------------------------

2. SBSS PFA 1: Anhang 4 zu Anlage 18.1 A
Hydraulische Berechnungen Rettungsschächte:
(RS2 Bau-km 103,8+72, RS3 Bau-km 104,4+45, RS4 Bau-km 104,9+47)

II Rettungsschächte (Stollenbauwerke): Berechnung der Grundwasserversickerung

Maximal zu versickernde Wassermenge $Q_s =$ 0.0119 0.0324 0.0272 m³/s

Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):

Die rechnerische Abschätzung der Brunnenversickerung im Quartär wird für den ungünstigen Wasserstand HWBau durchgeführt. Um den Einstau von Nachbargebäuden über natürliche Verhältnisse hinaus zu verhindern, wird der Aufstau im Brunnen für die Berechnung auf HWEnd begrenzt.

Reichweite R (q) des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartärkies	RS 2	RS 3	RS 4
R (q) = $3000 \times z_q \times \sqrt{k_{sick}(q)}$ =	119	130	141 m
Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius): ln ARE = $\ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [HBau - (HBau + z_q)^2] / Q_s =$	1.04	3.38	2.97
ARE =	2.84	29.43	19.55 m

Der Aufstaukegel reicht je nach Versickerungsstandort unter Nachbargrundstücke, geht aber nicht über HWEnd hinaus.

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [HBau^2 - (HBau + z_q)^2] / (\ln R - \ln r_q) =$	-0.0074	-0.0079	-0.0087 m ³ /s
$Q_s =$	-7.4	-7.9	-8.7 l/s

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$q_s = 2 \times r_q \times \pi \times h'q \times \sqrt{k_{sick}(q)} / 15 =$	-0.0249	-0.0249	-0.0258 m ³ /s
$q_s =$	-24.9	-24.9	-25.8 l/s

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:
rechnerische Mindestanzahl der Brunnen:

1.6	4.1	3.1 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	-0.0013 m ³ /s je lfdm
$q_s =$	-1.30	-1.30	-1.30 l/s je lfdm
$L_{rig} = Q_s / q_s =$	9.2	24.9	20.9 m