

<u>Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse - Oberer Vertikalschacht RS3</u>		
Voraussichtliche Verbauart Vertikalschacht: Bohrpfahl-/ Schlitzwand		
Gesamtdauer der Wasserhaltung in Monaten ca.	TWH	23 Mon
Zugangsschacht: Durchmesser	d	12 m
Durchmesser des Kreises aus Absenkbrunnen um den Schacht	d _{br}	14 m
Zugangsschacht: Tiefe BGS unter GOK	t	22 m
Zugangsschacht: Umfang U	U	36 m
Zugangsschacht: Grundfläche	A	104 m ²
GOK ca.		522,7 müNN
Zugangsschacht: tiefste BGS		500,4 müNN
OK-Tertiär		511,5 müNN
Wasserstand Bauzeit	HW _{Bau}	515,8 müNN
Bemessungswasserstand	HW _{End}	517,0 müNN
Zugangsschacht: Absenkziel		499,9 müNN
Druckluftunterstützung	p	0,0 bar
Angesetzte Mindesttiefe Entspannungsbrunnen unter Sohle (Minimum aus 1,5 x d und 1,1 x (HW _{Bau} - tiefste BGS))		16,9 m
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen müNN ca.		483,5 müNN
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen ab GOK ca.		39,2 m
Filterstrecke Entspannungsbrunnen ca.	von bis	22,3 m 39,2 m
Angenommene mittlere Gesamtdicke der zu entspannenden bzw. zu entwässernden Tertiärsandlagen gemäß Bodenaufschlüssen	m _{entsp}	16,8 m
Erforderliche Gesamtabenkung HW _{Bau (Mittel)}	S	15,9 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Quartär bei HW _{Bau (Mittel)}	S _(q)	4,3 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Tertiär bei HW _{End}	S _(t)	11,6 m
Potential der Entspannungswasserhaltung unter Berücksichtigung der Druckluft	S _{ent}	15,9 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (=OK Tertiär)		511,5 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HW _{End})	Z _(q)	1,2 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK)	Z _{(q) max}	6,9 m
Stauhöhe in der Rigole	Z _(Rig)	1,0 m
Brunnenradius (Quartär)	r _(q)	0,30 m
Benetzte Filterlänge Quartärversickerung	h' _(q)	5,5 m
Sohlbreite eine Sickerrigole	b _(Rig)	0,5 m
k-Wert Tertiärsand	k _(ts)	5,0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	k _{sick (q)}	1,3E-03 m/s
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{End (Mittel)}	H _{End (q)}	5,5 m
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{Bau (Mittel)}	H _{Bau (q)}	4,3 m
Entwässerbarer Porenanteil Quartär	n _(q)	0,25
Entwässerbarer Porenanteil Tertiär (Mittel Ton/Sand)	n _(t)	0,15
Bemessungsniederschlag mit 10-jähriger Häufigkeit	r _{15(0,1)}	0,271 m ³ /(s ha)

I Berechnung der Wassermengen - Oberer Vertikalschacht RS3

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

Trogwässer (vereinfacht zum erstmaligen Absenken)

$$V_{\text{Trog}} = A \times [s_{(q)} \times n_{(q)} + s_{(t)} \times n_{(t)}] \quad 293 \text{ m}^3$$

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

$$Q_{\text{Trog}} \times 1000 \text{ l} / (10 \times 24 \times 3600) \quad 0,3 \text{ l/s}$$

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 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 HW_{Bau} .

$$\begin{aligned} \text{Höhe der benetzten Mantelfläche der Umschließung} & \quad 11,8 \text{ m} \\ Q_{\text{Wand}} = U \times s \times 0,002 / 1000 & \quad 0,0008 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_{\text{Wand}} = & \quad 0,8 \text{ l/s} \end{aligned}$$

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

$$Q_{\text{Wand}} \times (3600 \times 24 \times 365 \times \text{TWH} / 12) \quad 51353 \text{ m}^3/\text{TWH}$$

Wassermenge der Tertiärentspannung / Tertiärentwässerung:

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

Wasserandrang zur Baugrube (Ersatzbrunnen) bei gespanntem Grundwasser:

$$\begin{aligned} \text{ARE} = d_{br}/2 & \quad 7,0 \text{ m} \\ R = 3000 \times s \times \sqrt{k_{(ts)}} = & \quad 337 \text{ m} \\ Q_{\text{Entsp}} = (2 \times \pi \times k_{(ts)} \times m_{\text{entsp}} \times s_{\text{emt}} / (\ln R - \ln \text{ARE})) = & \quad 0,0217 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_{\text{Entsp}} = & \quad 21,7 \text{ l/s} \end{aligned}$$

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

$$Q_{\text{Entsp}} \times (3600 \times 24 \times 365 \times \text{TWH} / 12) = \quad 1308983 \text{ m}^3/\text{TWH}$$

Niederschlagswasser:

Im dichten Baugrubentrog muss das anfallende Niederschlagswasser zeitlich verzögert von der Wasserhaltung gefördert werden.

Beim 15-minütigen Bemessungsregen $r_{15(0,1)}$ fällt in der Baugrube folgende Wassermenge an:

$$Q_{N15} = r_{15(0,1)} \times 15 \text{ min} \times 60 \text{ s} \times A \times 1/10000 \text{ m}^2 \quad \mathbf{2,5 \text{ m}^3/15\text{min}}$$

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

$$Q_{N\text{Jahr}} = 0,95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times A \times \text{TWH} / 12 = \quad \mathbf{189 \text{ m}^3/\text{TWH}}$$

Dies entspricht bei der Restwasserhaltung einer durchschnittlichen Förderrate von: 0,000002 m/s =

$$0,00237 \text{ l/s}$$

Gesamtwassermengen während der Bauzeit - Oberer Vertikalschacht RS3:

Wasseranfall:

Trogwässer	0,3 l/s
Sickerwasser Baugrubenumschließung	0,8 l/s
Tertiärentspannung / Tertiärwasserhaltung	21,7 l/s
Niederschlagswasser (Mittel)	0,0 l/s
Niederschlagswasser (Starkregen)	0,2 l/s
Während des Leerpumpens des Troges	1,2 l/s
Wasserhaltungsbetrieb + Starkregen	22,7 l/s
Wasserhaltungsbetrieb	22,5 l/s

Gesamtwassermenge: **1360819 m³**

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

$$Q_{\text{MAX Absenk}} = \text{Trogw.} + \text{Sickerw.} + \text{Niederschlag} = \quad \mathbf{1,2 \text{ l/s}}$$

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

$$Q_{\text{MAX Rest}} = \text{Sickerwasser} + \text{Tertiärentspannung} + \text{Starkregen} = \quad \mathbf{22,7 \text{ l/s}}$$

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

$$Q_{\text{MAX Rest}} = \text{Sickerw.} + \text{Tertiärentspannung} + \text{Niederschlagswasser} = \quad \mathbf{22,5 \text{ l/s}}$$

II Berechnung der Grundwasserversickerung - Oberer Vertikalschacht RS3

Im normalen Wasserhaltungsbetrieb fallen rechnerisch bis zu ca. an. 22,5 l/s
 Es wird die Versickerungsmöglichkeit durch Brunnen oder Rigolen im Quartärkies untersucht.

Maximal zu versickernde Wassermenge $Q_s =$ 0,0227 m³/s

Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):

Die rechnerische Abschätzung der Brunnenversickerung im Quartär wird für den ungünstigen Wasserstand HW_{Bau} durchgeführt.

Um den Einstau von Nachbargebäuden über natürliche Verhältnisse hinaus zu verhindern, wird der Aufstau im Brunnen für die Berechnung auf den Wasserstand HW_{End} beschränkt.

Reichweite $R_{(q)}$ des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartärkies

$$R_{(q)} = 3000 \times z_{(q)} \times \sqrt{k_{sick (q)}} = \quad \quad \quad 130 \text{ m}$$

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

$$\ln ARE = \ln R_{(q)} + \pi \times k_{sick (q)} \times [H_{Bau}^2 - (H_{Bau} + z_{(q)})^2] / Q_s = \quad \quad \quad 2,75$$

$$ARE = \quad \quad \quad 15,65 \text{ m}$$

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [H_{Bau}^2 - (H_{Bau} + z_{(q)})^2] / (\ln R - \ln r_{(q)}) = \quad \quad \quad -0,0079 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s = \quad \quad \quad -7,9 \text{ l/s}$$

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$$q_s = 2 \times r_{(q)} \times \pi \times h'_q \times \sqrt{k_{sick (q)}} / 15 = \quad \quad \quad -0,0249 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_s = \quad \quad \quad -24,9 \text{ l/s}$$

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

rechnerische Mindestanzahl der Brunnen: **2,9 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.

$$q_s = (b_{Rig} + z/2) \times k_{sick (q)} = \quad \quad \quad -0,0013 \text{ m}^3/\text{s je m}$$

$$q_s = \quad \quad \quad -1,3 \text{ l/s je m}$$

$$L_{Rig} = Q_s / q_s = \quad \quad \quad 17,5 \text{ m}$$

Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse - Verbindungsbauwerk, Schachtkopfkaverne und unterer Vertikalschacht RS3:

Gesamtdauer der Wasserhaltung ca.	TWH	34 Mon
Zu entwässernde Länge des Stollensystems zusammen mit dem Vertikalschacht im Grundriss ca.	a	65 m
Zu entwässernde mittlere Breite im Grundriss ca.	b	10 m
Stollendurchmesser bzw. Höhe ca.	d_{Stollen}	5 m
Zugangsschacht: Grundfläche ca.	A	650 m ²
GOK ca.		522,7 müNN
höchste Stollenfirste ca.		507,6 müNN
tiefste Stollensohle ca.		487,2 müNN
OK-Tertiär		511,5 müNN
Wasserstand Bauzeit	HW_{Bau}	515,8 müNN
Bemessungswasserstand	HW_{End}	517,0 müNN
Absenkziel		486,7 müNN
Druckluftunterstützung	p	0,8 bar
Mindesttiefe Entspannung unter Sohle: ca 1,5 x d Stollen		6,8 m
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen bis müNN ca.		480,4 müNN
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen ab GOK ca.		42,3 m
Filterstrecke Entspannungs- Entwässerungsbrunnen ca.	von bis	16 m 42 m
Angenommene mittlere Gesamtdicke der zu entspannenden bzw. zu entwässernden Tertiärsandlagen gemäß Bodenaufschlüssen	m_{entsp}	17 m
Gesamtabenkung bei HW_{Bau} (Mittel)	s	29,1 m
Potential der Entspannungswasserhaltung unter Berücksichtigung der Druckluft	s_{ent}	21,1 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (=OK Tertiär)		511,5 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HW_{End})	$Z_{(q)}$	1,2 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK)	$Z_{(q) \text{ max}}$	6,9 m
Stauhöhe in der Rigole	$Z_{(Rig)}$	1,0 m
Brunnenradius (Quartär)	$r_{(q)}$	0,30 m
benetzte Filterlänge Quartärversickerung	$h'_{(q)}$	5,5 m
Sohlbreite eine Sickerrigole	$b_{(Rig)}$	0,5 m
k-Wert Tertiärsand	$k_{(ts)}$	5,0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	$k_{\text{sick (q)}}$	1,3E-03 m/s
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW_{Bau} (Mittel)	$H_{\text{Bau (q)}}$	4,3 m

I Berechnung der zu fördernden Wassermengen - Verbindungsstollen, Schachtkopfkaverne und Unterer Vertikalschacht RS3:

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:

$ARE = a \times 0,195 + b \times 0,385$ (für rechteckige Baugruben)

$ARE = a / 3$ (für langgestreckte Baugruben)

$ARE = 21,7 \text{ m}$

$R = 3000 \times s \times \sqrt{k} \text{ (ts) } = 618 \text{ m}$

$Q = (2 \times \pi \times k_{(ts)} \times m_{\text{entsp}} \times s_{\text{eml}} / (\ln R - \ln ARE)) = 0,0337 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q = 33,7 \text{ l/s}$

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

$Q_{\text{Entsp}} \times (3600 \times 24 \times 365 \times \text{TWH} / 12) = 3008269 \text{ m}^3/\text{TWH}$

II Berechnung der Grundwasserversickerung - Verbindungsstollen, Schachtkopfkaverne und Unterer Vertikalschacht RS3:

Maximal zu versickernde Wassermenge $Q_s =$ 0,0337 m³/s

Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):

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

Reichweite $R_{(q)}$ des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartärkies

$$R_{(q)} = 3000 \times z_{(q)} \times \sqrt{k_{sick (q)}} = \quad \quad \quad 130 \text{ m}$$

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

$$\ln ARE = \ln R (q) + \pi \times k_{sick (q)} \times [H_{Bau}^2 - (H_{Bau} + z_{(q)})^2] / Q_s = \quad \quad \quad 3,44$$

$$ARE = \quad \quad \quad 31,17 \text{ m}$$

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [H_{Bau}^2 - (H_{Bau} + z_{(q)})^2] / (\ln R - \ln r_{(q)}) = \quad \quad \quad -0,0079 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s = \quad \quad \quad -7,9 \text{ l/s}$$

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$$q_s = 2 \times r_{(q)} \times \pi \times h'_{(q)} \times \sqrt{k_{sick (q)}} / 15 = \quad \quad \quad -0,0249 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_s = \quad \quad \quad -24,9 \text{ l/s}$$

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

rechnerische Mindestanzahl der Brunnen: **4,3 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.

$$q_s = (b_{Rig} + 2/2) \times k_{sick (q)} = \quad \quad \quad -0,0013 \text{ m}^3/\text{s je m}$$

$$q_s = \quad \quad \quad -1,3 \text{ l/s je m}$$

$$L_{Rig} = Q_s / q_s = \quad \quad \quad 25,9 \text{ m}$$