

Abzweigstelle Praterinsel (Bau-km 108,0+76 bis Bau-km 108,2+11)**1. Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse :**

			Schlitzwand
Voraussichtliche Verbauart im Tiefenbereich des Tertiärs			
Gesamtdauer der Wasserhaltung in Monaten ca.	T _{WH}	=	10 Mon
Angriffsschacht: Durchmesser	d	=	17 m
Durchmesser des Kreises aus Absenkbrunnen um den Schacht	d _{br}	=	21 m
Angriffsschacht: Tiefe BGS unter GOK	t	=	49 m
Zugangsschacht: Umfang	U	=	53 m
Zugangsschacht: Grundfläche ca.	A	=	227 m ²
GOK ca.			524,9 müNN
Zugangsschacht: tiefste BGS			476,4 müNN
OK-Tertiär			516,0 müNN
Wasserstand Bauzeit HW _{Bau}			517,0 müNN
Bemessungswasserstand HW _{End}			517,5 müNN
Zugangsschacht: Absenkziel			475,9 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))			25,5 m
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen müNN ca.			450,9 müNN
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen ab GOK (ohne Druckluft) ca.			74,0 m
Filterstrecke Entspannungsbrunnen ca.		von	48,5 m
		bis	74,0 m
Angenommene mittlere Gesamtdicke der zu entspannenden bzw. zu entwässernden Tertiärsandlagen gemäß Bodenaufschlüssen	m _{entsp}	=	20,0 m
Erforderliche Gesamtabenkung HW _{Bau} (Mittel)	s	=	41,1 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Quartär bei HW _{Bau} (Mittel)	s _q	=	1,0 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Tertiär bei HW _{End}	s _t	=	40,1 m
Potential der Entspannungswasserhaltung unter Berücksichtigung der Druckluft	s _{ent}	=	41,1 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (= OK Tertiär)			516,0 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HW _{End})	Z _q	=	0,5 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK - 1 m)	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	=	1,5 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)	=	1,5 m
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{Bau} (Mittel)	H _{Bau} (q)	=	1,0 m
Entwässerbarer Porenanteil Quartär	n (q)	=	0,25
Entwässerbarer Porenanteil Tertiär (Mittel Ton/Sand)	n (t)	=	0,15
Bemessungsniederschlag	r _{15(0,1)}	=	0,271 m ³ /(s ha)

2. Berechnung der Wassermengen

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

2.1 Trogwasser (vereinfacht zum erstmaligen Absenken)

$$V_{Trog} = A \times [s(q) \times n(q) + s(t) \times n(t)] = 1422 \text{ m}^3$$

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

$$Q_{Trog} = V_{Trog} \times 1000 / (10 \times 24 \times 3600) = 1,6 \text{ l/s}$$

2.2 Restwasser aus Umströmung der Umschließung:

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

2.3 Sickerwasser aus der Baugrubenumschließung (nur Tiefenbereich Quartär):

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} und über OK-Tertiär (Höhe = $H_{Bau}(q)$). Das im Tertiär zuströmende Wasser wird von der Tertiärwasserhaltung gefasst.

$$Q_{Wand} = U \times H_{Bau}(q) \times 0,002 / 1000 = 0,0001 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{Wand} = 0,1 \text{ l/s}$$

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

$$Q_{Wand} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH / 12) = 2807 \text{ m}^3/\text{TWH}$$

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

Wasserandrang zur Baugrube (Ersatzbrunnen) bei gespanntem Grundwasser:

$$A_{RE} = d_{br} / 2 = 10,5 \text{ m}$$

$$R = 3000 \times s \times \sqrt{k(ts)} = 872 \text{ m}$$

$$Q_{entsp.} = (2 \times \pi \times k(ts) \times m_{entsp} \times s_{ent} / (\ln R - \ln A_{RE})) = 0,0584 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{entsp.} = 58,4 \text{ l/s}$$

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

$$Q_{Entsp} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH / 12) = 1535624 \text{ m}^3/\text{TWH}$$

2.5 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:

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

Diese Niederschlagswassermenge kann bei einer zusätzlichen Pumpleistung von $0,5 \text{ l/s}$ in etwa drei Stunden mit der Restwasserhaltung abgepumpt werden

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

$$Q_{N\text{Jahr}} = 0,95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times A \times \text{TWH} / 12 = \quad \quad \quad 180 \text{ m}^3/\text{TWH}$$

Dies entspricht bei der Restwasserhaltung einer durchschnittlichen Förderrate von: $0,000007 \text{ m}^3/\text{s} =$

$$0,00684 \text{ l/s}$$

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

Trogwasser	1,6 l/s
Sickerwasser Baugrubenumschließung	0,1 l/s
Tertiärentspannung / Tertiärwasserhaltung	58,4 l/s
Niederschlagswasser (Mittel)	0,0 l/s
Niederschlagswasser (Starkregen)	0,5 l/s
Während des Leerpumpens des Troges	1,8 l/s
Wasserhaltungsbetrieb + Starkregen	59,1 l/s
Wasserhaltungsbetrieb	58,5 l/s
<u>Gesamtwassermenge:</u>	1540033 m³

Während des Leerpumpens des Troges ist von folgender maximaler rechnerischer

$$Q_{\text{MAX Absenk}} = \text{Trogw.} + \text{Sickerw.} + \text{Niederschlag} = \quad \quad \quad 1,8 \text{ l/s}$$

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

$$Q_{\text{MAX Rest}} = \text{Sickerwasser} + \text{Tertiärentspannung} + \text{Starkregen} = \quad \quad \quad 59,1 \text{ l/s}$$

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

$$Q_{\text{MAX Rest}} = \text{Sickerw.} + \text{Tertiärentspannung} + \text{Niederschlagswasser} = \quad \quad \quad 58,5 \text{ l/s}$$

3 Berechnung der Grundwasserversickerung

Im normalen Wasserhaltungsbetrieb fallen rechnerisch bis zu ca. 58,5 l/s
an. Es wird die Versickerungsmöglichkeit durch Brunnen oder Rigolen im Quartärkies

Maximal zu versickernde Wassermenge $Q_s =$ 0,0591 m³/s

3.1 Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):

Die rechnerische Dimensionierung der Versickerungsanlage im Quartär wird für 2 Fälle durchgeführt.

1. 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.
2. Aufstau im Brunnen bis max. 1 m unter GOK

Reichweite $R(q)$ des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartärkies

$R(q) = 3000 \times z_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} =$ 54 m

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

$\ln ARE = \ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [HBau^2 - (HBau + z_q)^2] / Q_s =$ 3,90
ARE = 49,60 m

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [HBau^2 - (HBau + z_q)^2] / (\ln R - \ln r_q) =$ -0,0010 m³/s
 $Q_s =$ -1,0 l/s

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$q_s = 2 \times r_q \times \pi \times h'_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} / 15 =$ -0,0068 m³/s
 $q_s =$ -6,8 l/s

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis HW_{End} : 60,1 Stk
rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis GOK - 1m: 1,6 Stk

3.2 Rigolenversickerung im Quartär:

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

$q_s = (b_{Rig} + z/2) \times k_{sick}(q) =$ -0,0013 m³/s je lfdm
 $q_s =$ -1,30 l/s je lfdm
 $L_{rig} = Q_s / q_s =$ 45,4 lfdm

Abzweigstelle Praterinsel (Bau-km 108,0+76 bis Bau-km 108,2+11)**1. Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse (Tunnelvortriebe):**

Gesamtdauer der Wasserhaltung ca.	T _{WH}	=	30 Mon
größte Ausdehnung des zu entwässernden Bereiches O-W	a	=	135 m
mittler Ausdehnung des zu entwässernden Bereiches N-S (35 m bis 45 m inklusive der zu entwässernden Fläche im Schachtbereich)	b	=	40 m
Umfang ca.	U	=	350 m
Grundfläche ca.	A	=	5400 m ²
Tunneldurchmesser bzw. Höhe ca.	d _{Tunnel}	=	10 m
GOK im Mittel ca.			524,0 müNN
tiefste Tunnelsohle			476,5 müNN
höchste Tunnelfirste			503,8 müNN
OK-Tertiär			515,5 müNN
Wasserstand Bauzeit HW _{Bau}			516,8 müNN
Bemessungswasserstand HW _{End}			517,3 müNN
Absenksziel 0,5 m unter Tunnelsohle			476,0 müNN
Angenommene mittlere Gesamtdicke der im Tunnelumgriff zu entspannenden und zu entwässernden Tertiärsandlagen gemäß Bodenaufschlüssen	m _{entsp}	=	16,5 m
Erforderliche Absenkung unter HW _{Bau}	s	=	40,8 m
Druckluftunterstützung	P	=	1,0 bar
Potential der Entspannungswasserhaltung unter Berücksichtigung der Druckluft	s _{ent}	=	30,8 m
Angesetzte Mindesttiefe Entspannungsbrunnen unter Sohle (Minimum aus 1,5 x d _{Tunnel} und 1,1 x (HW _{Bau} - tiefste BGS))			15,0 m
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen müNN ca.			471,0
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen ab GOK ca.			53,0 m
Filterstrecke Entspannungsbrunnen ab GOK ca. 2,5 m über Firste)	(ab	von	7,7 m
		bis	53,0 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (= OK Tertiär)			515,5 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HW _{End})	Z _q	=	0,5 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK - 1 m)	Z _{q max}	=	6,3 m
Stauhöhe in der Rigole	Z _{rig}	=	1,0 m
Brunnenradius (Quartär)	r _q	=	0,30 m
benetzte Filterlänge Quartärversickerung	h' _q	=	1,8 m
Sohlbreite einer Sickerrigole	b _{Rig}	=	0,5 m
k-Wert feinkörniges Tertiär	k (tf)	=	1,0E-08 m/s
k-Wert Tertiärsand (Tertiärentspannung)	k (ts)	=	5,0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies	k (q)	=	5,0E-03 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	ksick (q)	=	1,3E-03 m/s
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{End} (Mittel)	H _{End} (q)	=	1,8 m
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{Bau} (Mittel)	H _{Bau} (q)	=	1,3 m

2. Berechnung der zu fördernden Wassermengen

Die Abschätzung der zu fördernden Wassermengen erfolgt für den Wasserstand HW_{Bau}. Es ist vorgesehen, dass die Wasserhaltung unter einer natürlichen, feinkörnigen Deckschicht nur im gespannten Tertiäraquifer erfolgt.

2.1 Wassermenge der Tertiärentspannung:

Zur überschlägigen Abschätzung des Wasserandrangs einer Tertiärwasserentspannung wird von feinkornarmen Tertiärsandlagen mit der Gesamtmächtigkeit m_{entsp} ausgegangen, die im Tiefenbereich zwischen ca. $0,5 \times d$ über OK-Tunnel und der erforderlicher Entspannungstiefe unterhalb des Tunnels anstehen und von den Entspannungsbrunnen erfasst werden.

Die Entspannung erfolgt bis ca. 0,5 m unter die Tunnelsohle.

Wasserandrang zur Baugrube (Ersatzbrunnen) bei gespanntem Grundwasser:

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

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

$ARE = 45,0 \text{ m}$

$R = 3000 \times s_{\text{ent}} \times \sqrt{k} (ts) = 652 \text{ m}$

$Q_{\text{entsp.}} = (2 \times \pi \times k (ts) \times m_{\text{entsp}} \times s_{\text{ent}} / (\ln(R) - \ln(ARE))) = 0,0596 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{\text{entsp.}} = 59,6 \text{ l/s}$

Bei einer Betriebszeit der Wasserhaltung von TWH fallen entsprechend dieser Abschätzung voraussichtlich etwa

$Q_{\text{Entsp}} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH/12) = 4699758 \text{ m}^3/\text{TWH}$ aus der

Tertiärwasserabsenkung / Tertiärentspannung an.

2.2 Gesamtwassermengen für die Dauer der Wasserhaltungszeit:**Wasseranfall:**

Tertiärentspannung / Tertiärwasserhaltung 4699758 m^3

Fördermengen:

Wasserhaltungsbetrieb $59,6 \text{ l/s}$

3. Berechnung der Grundwasserversickerung:

$$\text{Maximal zu versickernde Wassermenge } Q_s = 0,0596 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.1 Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):

Die rechnerische Dimensionierung der Versickerungsanlage im Quartär wird für 2 Fälle durchgeführt.

1. 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.
2. Aufstau im Brunnen bis max. 1 m unter GOK

Reichweite $R(q)$ des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartärkies

$$R(q) = 3000 \times z_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} = 59 \text{ m}$$

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

$$\ln(ARE_{sick}) = \ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [H_{Bau}^2 - (H_{Bau} + z_q)^2] / Q_s = 3,97$$

$$ARE_{sick} = 53 \text{ m}$$

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [H_{Bau}^2 - (H_{Bau} + z_q)^2] / (\ln R - \ln r_q) = -0,0013 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s = -1,3 \text{ l/s}$$

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$$q_s = 2 \times r_q \times \pi \times h'_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} / 15 = -0,0082 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_s = -8,2 \text{ l/s}$$

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

$$\text{rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis } H_{WEnd}: 46,0 \text{ Stk}$$

$$\text{rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis GOK - 1m: } 1,8 \text{ Stk}$$

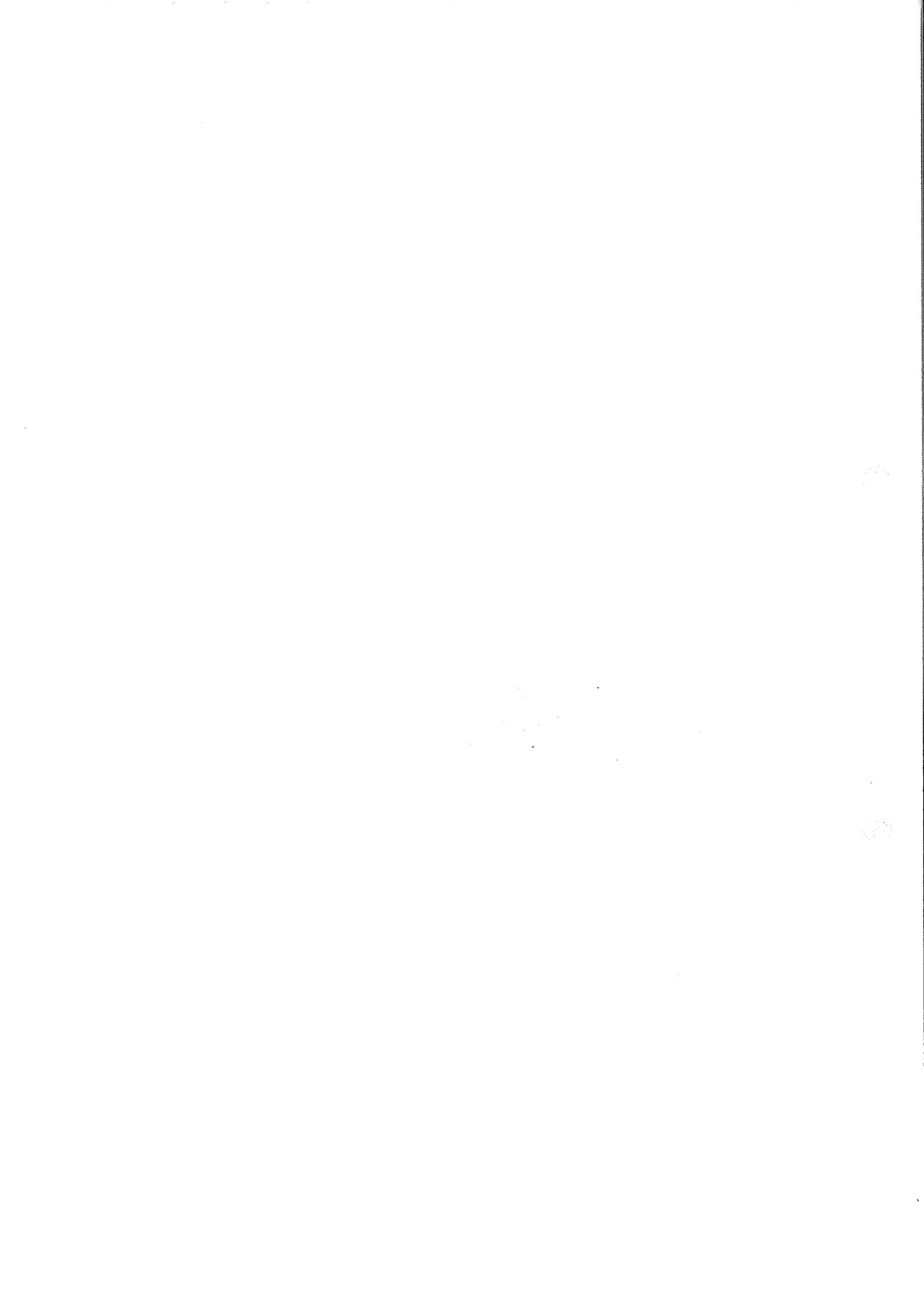
3.2 Rigolenversickerung im Quartär:

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.

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

$$q_s = -1,30 \text{ l/s je lfdm}$$

$$L_{rig} = Q_s / q_s = 45,9 \text{ lfdm}$$



Tunnel in offener Bauweise und Trog Ostast (Bau-km 110,0+44 bis Bau-km 110,3+23)**1. Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse:**

Gesamtdauer der Wasserhaltung ca.	TWH	=	18 Mon
größte Ausdehnung N-S (Sohle unterhalb HWBau)	a	=	252 m
mittlere Ausdehnung W-O (2 Röhren a 10 m)	b	=	20 m
Gesamtlänge der Umschließung ca.	U	=	544 m
Grundfläche ca.	A	=	5040 m ²
GOK (5 müNN bis müNN)			531,5 müNN
tiefste BGS (Südende, mit Anfahrbaugrube gemittelt)			512,7 müNN
höchste BGS (Nordende), max. begrenzt auf HWBau			522,4 müNN
BGS Mittel			517,6 müNN
OK-Tertiär (518,9 müNN bis 518,4 müNN)			518,7 müNN
Angenommene Mindestdicke feinkörniges Tertiär (Trogsohle)	d	=	1,0 m
Wasserstand Bauzeit HW _{Bau}			522,4 müNN
Bemessungswasserstand HW _{End}			523,4 müNN
Absenkziel (Südende)			512,2 müNN
Absenkziel (Nordende)			521,9 müNN
Absenkziel (Mittel)			517,1 müNN
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen im Tieftteil / Südende ca.			502,0 müNN
entspricht Tiefe unter BGS.			10,7 m
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen am Ostende ca.			522,4 müNN
entspricht Tiefe unter BGS.			0,0 m
Angenommene mittlere Gesamtdicke der zu entspannenden Tertiärsandlagen im Tieftteil gemäß Bodenaufschlüssen	m _{entsp.}	=	10,9 m
Gesamtabenkung im Trog bei HW _{Bau} (Mittel)	s	=	5,4 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Quartär bei HW _{Bau} (Mittel)	s _q	=	3,8 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Tertiär bei HW _{Bau}	s _t	=	1,6 m
Potential der Entspannungswasserhaltung bei Entspannung bis zum Niveau der Restwasserhaltung	s _{ent}	=	5,4 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (=OK Tertiär)			518,7 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HW _{End})	Z _q	=	1,0 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK - 1 m)	Z _{q max}	=	8,1 m
Stauhöhe in der Rigole	Z _{rig}	=	1,0 m
Brunnenradius (Quartär)	r _q	=	0,30 m
benetzte Filterlänge Quartärversickerung	h' _q	=	4,8 m
Sohlbreite einer Sickerrigole	b _{Rig}	=	0,5 m
k-Wert feinkörniges Tertiär	k (tf)	=	1,0E-08 m/s
k-Wert Tertiärsand (Tertiärentspannung)	k (ts)	=	5,0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies	k (q)	=	5,0E-03 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	k _{sick} (q)	=	1,3E-03 m/s
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{End} (Mittel)	H _{End} (q)	=	4,8 m
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{Bau} (Mittel)	H _{Bau} (q)	=	3,8 m
Entwässerbarer Porenanteil Quartär	n (q)	=	0,25
Entwässerbarer Porenanteil Tertiär (Mittel Ton/Sand)	n (t)	=	0,15
Bemessungsniederschlag	r _{15(0,1)}	=	0,271 m ³ /(s ha)

2. Berechnung der zu fördernden Wassermengen

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

2.1 Trogwasser (vereinfacht zum erstmaligen Absenken)

$$V_{Trog} = A \times [s(q) \times n(q) + s(t) \times n(t)] = 5935 \text{ m}^3$$

Zum Abpumpen dieser Wassermenge innerhalb von 14 Tagen ist eine Pumpleistung von etwa:

$$Q_{Trog} = V_{Trog} \times 1000 / (10 \times 24 \times 3600) = 4,9 \text{ l/s erforderlich}$$

2.2 Restwasser aus Umströmung der Umschließung:

Infolge der Einbindung der Umschließung in feinkörnige Tertiärschichten sehr geringer Wasserdurchlässigkeit ist die von unten zuströmende Wassermenge gering. Sie kann bei Annahme einer $d = 1,0$ m dicken Sohlschicht mit k (tf) folgendermaßen abgeschätzt werden. Nach Inbetriebnahme der Tertiärentspannung geht die Wassermenge weiter zurück:

$$Q_{Sohle} = A \times k \text{ (tf)} \times s / d = 0,0003 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{Sohle} = 0,27 \text{ l/s}$$

Bei einer Betriebszeit der Wasserhaltung von TWH ist entsprechend dieser Abschätzung voraussichtlich maximal mit folgendem Wasserzutritt aus der Sohle zu rechnen:

$$Q_{Sohle} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH/12) = 12755 \text{ m}^3/\text{TWH}$$

2.3 Wassermenge der Tertiärentspannung:

Zur überschlägigen Abschätzung des Wasserandrangs einer Tertiärwasserentspannung wird von Tertiärsandlagen der Gesamtmächtigkeit m_{entsp} ausgegangen, die im Tiefenbereich zwischen Baugrubensohle und erforderlicher Entspannungstiefe unterhalb der Baugrube anstehen. Die Tertiärentspannung wird auf der gesamten Länge der offenen Bauweise erforderlich, wobei die Tiefe der Entspannungsbrunnen nach Osten abnimmt. Dieser Effekt wird in der Berechnung durch den aus den Aufschlüssen ermittelten Wert für m_{entsp} berücksichtigt.

Wasserandrang zur Baugrube (Ersatzbrunnen) bei gespanntem Grundwasser:

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

$$ARE = a / 3 \text{ (für langgestreckte Baugruben)}$$

$$ARE = 84,0 \text{ m}$$

$$R = 3000 \times s_{ent} \times \sqrt{k \text{ (ts)}} = 113 \text{ m}$$

$$Q_{entsp.} = (2 \times \pi \times k \text{ (ts)} \times m_{entsp} \times s_{ent} / (\ln(R) - \ln(ARE))) = 0,0609 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{entsp.} = 60,9 \text{ l/s}$$

Bei einer Betriebszeit der Wasserhaltung von TWH fällt aus der Tertiärentspannung entsprechend dieser Abschätzung voraussichtlich etwa folgende Wassermenge an:

$$Q_{Entsp} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH/12) = 2879970 \text{ m}^3/\text{TWH}$$

2.4 Sickerwasser aus der Baugrubenumschließung:

Zur Abschätzung der Sickerwassermenge wird $q = 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$ je 1000 m^2 benetzter Fläche der Baugrubenumschließung angenommen. Die Berechnung erfolgt für die gesamte Mantelfläche der Umschließung unter HW_{Bau} . Es ergibt sich eine Sickerwassermenge von etwa:

$$Q_{\text{Wand}} = U \times s \times 0,002 / 1000 = \quad \quad \quad \mathbf{0,0058 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Q_{\text{Wand}} = \quad \quad \quad \mathbf{5,8 \text{ l/s}}$$

Bei einer Betriebszeit der Wasserhaltung von TWH ist entsprechend dieser Abschätzung mit folgender Wassermenge zu rechnen:

$$Q_{\text{Wand}} \times (3600 \times 24 \times 365 \times \text{TWH}/12) = \quad \quad \quad \mathbf{275347 \text{ m}^3/\text{TWH}}$$

2.5 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:

$$Q_{N15} = r_{15(0,2)} \times 15 \text{ min} \times 60 \text{ s} \times A \times 1/10000 \text{ m}^2 = \quad \quad \quad \mathbf{122,9 \text{ m}^3 / 15 \text{ min}}$$

Diese Niederschlagswassermenge kann bei einer zusätzlichen Pumpleistung von $11,4 \text{ l/s}$ in etwa drei Stunden mit der Restwasserhaltung abgepumpt werden.

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

$$Q_{N\text{Jahr}} = 0,95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times A \times \text{TWH}/12 = \quad \quad \quad \mathbf{7182 \text{ m}^3/\text{TWH}}$$

Dies entspricht bei der Restwasserhaltung einer durchschnittlichen Förderrate von:

$$7182 \text{ m}^3 / (\text{TWH} \times 24 \times 3600 \times 365/12) = \quad \quad \quad \mathbf{0,00015 \text{ m/s}} \quad \quad \mathbf{0,15 \text{ l/s}}$$

2.6 Gesamtwassermengen für die Wasserhaltungsdauer:Wasseranfall:

Trogwasser	5935 m ³	4,9 l/s
Sohlwasser	12755 m ³	0,3 l/s
Tertiärentspannung	2879970 m ³	60,9 l/s
Sickerwasser Baugrubenumschließung	275347 m ³	5,8 l/s
Niederschlagswasser (Starkregen)	123 m ³	11,4 l/s
Niederschlagswasser (Mittel)	7182 m ³	0,2 l/s
Gesamtwassermenge:	3181188 m³	

Fördermengen:

Während des Leerpumpens des Troges	11,1 l/s
Wasserhaltungsbetrieb + Starkregen	78,4 l/s
Wasserhaltungsbetrieb	67,1 l/s

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

$$Q_{\text{MAX Absenk}} = \text{Trogw.} + \text{Sohlw.} + \text{Sickerw.} + \text{Niederschlag} = \quad \quad \quad \mathbf{11,1 \text{ l/s}}$$

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

$$Q_{\text{MAX Rest}} = \text{Sohlwasser} + \text{Entspannung} + \text{Sickerwasser} + \text{Starkregen} = \quad \quad \quad \mathbf{78,4 \text{ l/s}}$$

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

$$Q_{MAX\ Rest} = \text{Sohlwasser} + \text{Entspannung} + \text{Sickerw.} + \text{Niederschlagswasser} = 67,1 \text{ l/s}$$

3. Berechnung der Grundwasserversickerung:

Im normalen Wasserhaltungsbetrieb fallen rechnerisch bis zu ca. 67,1 l/s
und bei gleichzeitigem Starkregen bis zu ca. 78,4 an.

Es wird die Versickerung durch Brunnen oder Rigolen im Quartärkies untersucht.

$$\text{Maximal zu versickernde Wassermenge } Q_s = 0,0784 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.1 Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):

Die rechnerische Dimensionierung der Versickerungsanlage im Quartär wird für 2 Fälle durchgeführt.

1. 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.
2. Aufstau im Brunnen bis max. 1 m unter GOK

Reichweite R (q) des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartärkies

$$R(q) = 3000 \times z_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} = 108 \text{ m}$$

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

$$\ln(ARE_{sick}) = \ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [HB_{Bau}^2 - (HB_{Bau} + z_q)^2] / Q_s = 4,24$$

$$ARE_{sick} = 69 \text{ m}$$

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [HB_{Bau}^2 - (HB_{Bau} + z_q)^2] / (\ln R - \ln r_q) = -0,0059 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s = -5,9 \text{ l/s}$$

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$$q_s = 2 \times r_q \times \pi \times h'_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} / 15 = -0,0215 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_s = -21,5 \text{ l/s}$$

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

$$\text{rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis HW}_{End}: 13,3 \text{ Stk}$$

$$\text{rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis GOK}: 1,5 \text{ Stk}$$

3.2 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.

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

$$q_s = -1,30 \text{ l/s je lfdm}$$

$$L_{rig} = Q_s / q_s = 60,3 \text{ lfdm}$$

Haltepunkt Ostbahnhof, Aufgang Mitte - offene Bauweise
(Bau-km 109,3+25 bis Bau-km 109,3+71)

1. Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse:

Gesamtdauer der Wasserhaltung ca.	TWH	=	34 Mon
größte Ausdehnung W-O	a	=	47 m
mittlere Ausdehnung N-S	b	=	38 m
Gesamtlänge der Umschließung ca.	U	=	170 m
Grundfläche ca.	A	=	1786 m ²
GOK (müNN bis müNN)			530,2 müNN
BGS			490,0 müNN
OK-Tertiär (518,8 müNN bis 520,3 müNN)			518,1 müNN
Angenommene Mindestdicke feinkörniges Tertiär (Trogsohle)	d	=	1,0 m
Wasserstand Bauzeit HW _{Bau}			522,6 müNN
Bemessungswasserstand HW _{End}			523,5 müNN
Absenkziel			489,5 müNN
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen			454,1 müNN
entspricht Tiefe unter BGS.			35,9 m
Angenommene mittlere Gesamtdicke der zu entspannenden Tertiärsandlagen im Tieftteil gemäß Bodenaufschlüssen	m _{entsp}	=	21,3 m
Gesamtabsenkung im Trog bei HW _{Bau} (Mittel)	s	=	33,1 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Quartär bei HW _{Bau} (Mittel)	s _q	=	4,5 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Tertiär bei HW _{Bau}	s _t	=	28,6 m
Potential der Entspannungswasserhaltung bei Entspannung bis zum Niveau der Restwasserhaltung	s _{ent}	=	33,1 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (=OK Tertiär)			518,1 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HW _{End})	Z _q	=	0,9 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK - 1 m)	Z _{q max}	=	6,6 m
Stauhöhe in der Rigole	Z _{rig}	=	1,0 m
Brunnenradius (Quartär)	r _q	=	0,30 m
benetzte Filterlänge Quartärversickerung	h _q	=	5,4 m
Sohlbreite einer Sickerrigole	b _{Rig}	=	0,5 m
k-Wert feinkörniges Tertiär	k (tf)	=	1,0E-08 m/s
k-Wert Tertiärsand (Tertiärentspannung)	k (ts)	=	5,0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies	k (q)	=	5,0E-03 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	ksick (q)	=	1,3E-03 m/s
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{End} (Mittel)	H _{End} (q)	=	5,4 m
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{Bau} (Mittel)	H _{Bau} (q)	=	4,5 m
Entwässerbarer Porenanteil Quartär	n (q)	=	0,25
Entwässerbarer Porenanteil Tertiär (Mittel Ton/Sand)	n (t)	=	0,15
Bemessungsniederschlag	r _{15(0,1)}	=	0,271 m ³ /(s ha)

2. Berechnung der zu fördernden Wassermengen

Die Abschätzung der zu fördernden Wassermengen der Restwasserhaltung des wasserundurchlässigen Baugrubentrog es erfolgt für den hohen angenommenen Wasserstand $H_{W Bau}$.

2.1 Trogwasser (vereinfacht zum erstmaligen Absenken)

$$V_{Trog} = A \times [s(q) \times n(q) + s(t) \times n(t)] = 9671 \text{ m}^3$$

Zum Abpumpen dieser Wassermenge innerhalb von 14 Tagen ist eine Pumpleistung von etwa:

$$9671 \times 1000 / (14 \times 24 \times 3600) = 8,0 \text{ l/s erforderlich}$$

2.2. Restwasser aus Umströmung der Umschließung:

Infolge der Einbindung der Umschließung in feinkörnige Tertiärschichten sehr geringer Wasserdurchlässigkeit ist die von unten zuströmende Wassermenge gering. Sie kann bei Annahme einer $d = 1,0 \text{ m}$ dicken Sohlschicht mit $k(ts)$ folgendermaßen abgeschätzt werden. Nach Inbetriebnahme der Tertiärentspannung geht die Wassermenge weiter zurück:

$$Q_{Sohle} = A \times k(ts) \times s / d = 0,0006 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{Sohle} = 0,59 \text{ l/s}$$

Bei einer Betriebszeit der Wasserhaltung von TWH ist entsprechend dieser Abschätzung voraussichtlich maximal mit folgendem Wasserzutritt aus der Sohle zu rechnen:

$$Q_{Sohle} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH/12) = 52822 \text{ m}^3/\text{TWH}$$

2.3 Wassermenge der Tertiärentspannung:

Zur überschlägigen Abschätzung des Wasserandrangs einer Tertiärwasserentspannung wird von Tertiärsandlagen der Gesamtmächtigkeit m_{entsp} ausgegangen, die im Tiefenbereich zwischen Baugrubensohle und erforderlicher Entspannungstiefe unterhalb der Baugrube anstehen. Die Tertiärentspannung wird auf der gesamten Länge der Baugrube erforderlich. Wasserandrang zur Baugrube (Ersatzbrunnen) bei gespanntem Grundwasser:

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

$$ARE = a / 3 \text{ (für langgestreckte Baugruben)}$$

$$ARE = 23,8 \text{ m}$$

$$R = 3000 \times s_{ent} \times \sqrt{k(ts)} = 702 \text{ m}$$

$$Q_{entsp.} = (2 \times \pi \times k(ts) \times m_{entsp} \times s_{ent} / (\ln(R) - \ln(ARE))) = 0,0654 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{entsp.} = 65,4 \text{ l/s}$$

Bei einer Betriebszeit der Wasserhaltung von TWH fällt aus der Tertiärentspannung entsprechend dieser Abschätzung voraussichtlich etwa folgende Wassermenge an:

$$Q_{Entsp} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH/12) = 5846973 \text{ m}^3/\text{TWH}$$

2.4 Sickerwasser aus der Baugrubenumschließung:

Zur Abschätzung der Sickerwassermenge wird $q = 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$ je 1000 m^2 benetzter Fläche der Baugrubenumschließung angenommen. Die Berechnung erfolgt für die gesamte Mantelfläche der Umschließung unter HW_{Bau} . Es ergibt sich eine Sickerwassermenge von etwa:

$$Q_{\text{Wand}} = U \times s \times 0,002 / 1000 = \mathbf{0,0113 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Q_{\text{Wand}} = \mathbf{11,3 \text{ l/s}}$$

Bei einer Betriebszeit der Wasserhaltung von TWH ist entsprechend dieser Abschätzung mit folgender Wassermenge zu rechnen:

$$Q_{\text{Wand}} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH/12) = \mathbf{1005567 \text{ m}^3/\text{TWH}}$$

2.5 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:

$$QN_{15} = r_{15(0,2)} \times 15 \text{ min} \times 60 \text{ s} \times A \times 1/10000 \text{ m}^2 = \mathbf{43,6 \text{ m}^3 / 15 \text{ min}}$$

Diese Niederschlagswassermenge kann bei einer zusätzlichen Pumpleistung von $4,0 \text{ l/s}$ in etwa drei Stunden mit der Restwasserhaltung abgepumpt werden.

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

$$Q_{\text{NJahr}} = 0,95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times A \times TWH/12 = \mathbf{4807 \text{ m}^3/\text{TWH}}$$

Dies entspricht bei der Restwasserhaltung einer durchschnittlichen Förderate von:

$$4807 \text{ m}^3 / (TWH \times 24 \times 3600 \times 365/12) = \mathbf{0,00005 \text{ m/s}} \quad \mathbf{0,05 \text{ l/s}}$$

2.6 Gesamtwassermengen für die Wasserhaltungsdauer:Wasseranfall:

Trogwasser	9671 m ³	8,0 l/s
Sohlwasser	52822 m ³	0,6 l/s
Tertiärentspannung	5846973 m ³	65,4 l/s
Sickerwasser Baugrubenumschließung	1005567 m ³	11,3 l/s
Niederschlagswasser (Starkregen)	44 m ³	4,0 l/s
Niederschlagswasser (Mittel)	4807 m ³	0,1 l/s
Gesamtwassermenge:	6919841 m³	

Fördermengen:

Während des Leerpumpens des Troges	19,9 l/s
Wasserhaltungsbetrieb + Starkregen	81,3 l/s
Wasserhaltungsbetrieb	77,3 l/s

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

$$Q_{\text{MAX Absenk}} = \text{Trogw.} + \text{Sohlw.} + \text{Sickerw.} + \text{Niederschlag} = \mathbf{19,9 \text{ l/s}}$$

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

$$Q_{\text{MAX Rest}} = \text{Sohlwasser} + \text{Entspannung} + \text{Sickerwasser} + \text{Starkregen} = \mathbf{81,3 \text{ l/s}}$$

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

$$Q_{MAX\ Rest} = \text{Sohlwasser} + \text{Entspannung} + \text{Sickerw.} + \text{Niederschlagswasser} = 77,3 \text{ l/s}$$

3. Berechnung der Grundwasserversickerung:

Im normalen Wasserhaltungsbetrieb fallen rechnerisch bis zu ca. 77,3 l/s
und bei gleichzeitigem Starkregen bis zu ca. 81,3 an.

Es wird die Versickerung durch Brunnen oder Rigolen im Quartärkies untersucht.

$$\text{Maximal zu versickernde Wassermenge } Q_s = 0,0813 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.1 Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):

Die rechnerische Dimensionierung der Versickerungsanlage im Quartär wird für 2 Fälle durchgeführt.

1. 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.
2. Aufstau im Brunnen bis max. 1 m unter GOK

Reichweite R (q) des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartärkies

$$R(q) = 3000 \times z_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} = 97 \text{ m}$$

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

$$\ln(ARE_{sick}) = \ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [HB_{Bau}^2 - (HB_{Bau} + z_q)^2] / Q_s = 4,13$$

$$ARE_{sick} = 62 \text{ m}$$

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [HB_{Bau}^2 - (HB_{Bau} + z_q)^2] / (\ln R - \ln r_q) = -0,0063 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s = -6,3 \text{ l/s}$$

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$$q_s = 2 \times r_q \times \pi \times h'_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} / 15 = -0,0245 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_s = -24,5 \text{ l/s}$$

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

$$\text{rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis HW}_{End}: 12,9 \text{ Stk}$$

$$\text{rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis GOK}: 1,6 \text{ Stk}$$

Haltepunkt Ostbahnhof, Hauptaufgang Ost - offene Bauweise (Bau-km 109,4+14 bis Bau-km 109,5+04)

1. Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse:

Gesamtdauer der Wasserhaltung ca.	TWH	=	34 Mon
größte Ausdehnung W-O	a	=	90 m
mittlere Ausdehnung N-S	b	=	16 m
Gesamtlänge der Umschließung ca.	U	=	212 m
Grundfläche ca.	A	=	1440 m ²
GOK (müNN bis müNN)			530,5 müNN
tiefste BGS (Westende)			490,0 müNN
höchste BGS (Ostende), max. begrenzt auf HW _{Bau}			522,6 müNN
BGS Mittel			506,3 müNN
OK-Tertiär			518,1 müNN
Angenommene Mindestdicke feinkörniges Tertiär (Trogsohle)	d	=	1,0 m
Wasserstand Bauzeit HW _{Bau}			522,6 müNN
Bemessungswasserstand HW _{End}			523,6 müNN
Absenkziel (Westende)			489,5 müNN
Absenkziel (Ostende)			522,1 müNN
Absenkziel (Mittel)			505,8 müNN
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen im Tieftteil / Westende ca.			454,1 müNN
entspricht Tiefe unter BGS.			35,9 m
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen am Ostende ca.			522,6 müNN
entspricht Tiefe unter BGS.			0,0 m
Angenommene mittlere Gesamtdicke der zu entspannenden Tertiärsandlagen im Tieftteil gemäß Bodenaufschlüssen	m _{entsp.}	=	19,1 m
Gesamtabsenkung im Trog bei HW _{Bau} (Mittel)	s	=	16,8 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Quartär bei HW _{Bau} (Mittel)	s _q	=	4,5 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Tertiär bei HW _{Bau}	s _t	=	12,3 m
Potential der Entspannungswasserhaltung bei Entspannung bis zum Niveau der Restwasserhaltung	s _{ent}	=	16,8 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (=OK Tertiär)			518,1 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HW _{End})	Z _q	=	1,0 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK - 1 m)	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 einer Sickerrigole	b _{Rig}	=	0,5 m
k-Wert feinkörniges Tertiär	k (tf)	=	1,0E-08 m/s
k-Wert Tertiärsand (Tertiärentspannung)	k (ts)	=	5,0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies	k (q)	=	5,0E-03 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	ksick (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)	=	4,5 m
Entwässerbarer Porenanteil Quartär	n (q)	=	0,25
Entwässerbarer Porenanteil Tertiär (Mittel Ton/Sand)	n (t)	=	0,15
Bemessungsniederschlag	r 15(0,1)	=	0,271 m ³ /(s ha)

2. Berechnung der zu fördernden Wassermengen

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

2.1 Trogwasser (vereinfacht zum erstmaligen Absenken)

$$V_{Trog} = A \times [s(q) \times n(q) + s(t) \times n(t)] = 4277 \text{ m}^3$$

Zum Abpumpen dieser Wassermenge innerhalb von 14 Tagen ist eine Pumpleistung von etwa:

$$4277 \times 1000 / (14 \times 24 \times 3600) = 3,5 \text{ l/s erforderlich}$$

2.2. Restwasser aus Umströmung der Umschließung:

Infolge der Einbindung der Umschließung in feinkörnige Tertiärschichten sehr geringer Wasserdurchlässigkeit ist die von unten zuströmende Wassermenge gering. Sie kann bei Annahme einer $d = 1,0 \text{ m}$ dicken Sohlschicht mit $k(tf)$ folgendermaßen abgeschätzt werden. Nach Inbetriebnahme der Tertiärentspannung geht die Wassermenge weiter zurück:

$$Q_{\text{Sohle}} = A \times k(tf) \times s / d = 0,0002 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{Sohle}} = 0,24 \text{ l/s}$$

Bei einer Betriebszeit der Wasserhaltung von TWH ist entsprechend dieser Abschätzung voraussichtlich maximal mit folgendem Wasserzutritt aus der Sohle zu rechnen:

$$Q_{\text{Sohle}} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH/12) = 21616 \text{ m}^3/\text{TWH}$$

2.3 Wassermenge der Tertiärentspannung:

Zur überschlägigen Abschätzung des Wasserandrangs einer Tertiärwasserentspannung wird von Tertiärstandlagen der Gesamtmächtigkeit m_{entsp} ausgegangen, die im Tiefenbereich zwischen Baugrubensohle und erforderlicher Entspannungstiefe unterhalb der Baugrube anstehen. Die Tertiärentspannung wird auf der gesamten Länge der Baugrube erforderlich, wobei die Tiefe der Entspannungsbrunnen nach Osten abnimmt. Dieser Effekt wird in der Berechnung durch den aus den Aufschlüssen ermittelten Wert für m_{entsp} berücksichtigt.

Wasserandrang zur Baugrube (Ersatzbrunnen) bei gespanntem Grundwasser:

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

$$ARE = a / 3 \text{ (für langgestreckte Baugruben)}$$

$$ARE = 30,0 \text{ m}$$

$$R = 3000 \times s_{\text{ent}} \times \sqrt{k(ts)} = 356 \text{ m}$$

$$Q_{\text{entsp.}} = (2 \times \pi \times k(ts) \times m_{\text{entsp}} \times s_{\text{ent}} / (\ln(R) - \ln(ARE))) = 0,0406 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{entsp.}} = 40,6 \text{ l/s}$$

Bei einer Betriebszeit der Wasserhaltung von TWH fällt aus der Tertiärentspannung entsprechend dieser Abschätzung voraussichtlich etwa folgende Wassermenge an:

$$Q_{\text{Entsp}} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH/12) = 3629983 \text{ m}^3/\text{TWH}$$

2.4 Sickerwasser aus der Baugrubenumschließung:

Zur Abschätzung der Sickerwassermenge wird $q = 0,002 \text{ m}^3/\text{s}$ je 1000 m^2 benetzter Fläche der Baugrubenumschließung angenommen. Die Berechnung erfolgt für die gesamte Mantelfläche der Umschließung unter HW_{Bau} . Es ergibt sich eine Sickerwassermenge von etwa:

$$Q_{\text{Wand}} = U \times s \times 0,002 / 1000 = \mathbf{0,0071 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Q_{\text{Wand}} = \mathbf{7,1 \text{ l/s}}$$

Bei einer Betriebszeit der Wasserhaltung von TWH ist entsprechend dieser Abschätzung mit folgender Wassermenge zu rechnen:

$$Q_{\text{Wand}} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH/12) = \mathbf{636472 \text{ m}^3/\text{TWH}}$$

2.5 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:

$$QN_{15} = r_{15(0,2)} \times 15\text{min} \times 60\text{s} \times A \times 1/10000\text{m}^2 = \mathbf{35,1 \text{ m}^3 / 15 \text{ min}}$$

Diese Niederschlagswassermenge kann bei einer zusätzlichen Pumpleistung von $3,3 \text{ l/s}$ in etwa drei Stunden mit der Restwasserhaltung abgepumpt werden.

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

$$Q_{\text{NJahr}} = 0,95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times A \times TWH/12 = \mathbf{3876 \text{ m}^3/\text{TWH}}$$

Dies entspricht bei der Restwasserhaltung einer durchschnittlichen Förderrate von:

$$3876 \text{ m}^3 / (\text{TWH} \times 24 \times 3600 \times 365/12) = \mathbf{0,00004 \text{ m/s}} \quad \mathbf{0,04 \text{ l/s}}$$

2.6 Gesamtwassermengen für die Wasserhaltungsdauer:Wasseranfall:

Trogwasser	4277 m^3	3,5 l/s
Sohlwasser	21616 m^3	0,2 l/s
Tertiärentspannung	3629983 m^3	40,6 l/s
Sickerwasser Baugrubenumschließung	636472 m^3	7,1 l/s
Niederschlagswasser (Starkregen)	35 m^3	3,3 l/s
Niederschlagswasser (Mittel)	3876 m^3	0,0 l/s
Gesamtwassermenge:	4296224 m^3	

Fördermengen:

Während des Leerpumpens des Troges	10,9 l/s
Wasserhaltungsbetrieb + Starkregen	51,2 l/s
Wasserhaltungsbetrieb	48,0 l/s

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

$$Q_{\text{MAX Absenk}} = \text{Trogw.} + \text{Sohlw.} + \text{Sickerw.} + \text{Niederschlag} = \mathbf{10,9 \text{ l/s}}$$

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

$$Q_{\text{MAX Rest}} = \text{Sohlwasser} + \text{Entspannung} + \text{Sickerwasser} + \text{Starkregen} = \mathbf{51,2 \text{ l/s}}$$

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

$$Q_{MAX\ Rest} = \text{Sohlwasser} + \text{Entspannung} + \text{Sickerw.} + \text{Niederschlagswasser} = 48,0 \text{ l/s}$$

3. Berechnung der Grundwasserversickerung:

Im normalen Wasserhaltungsbetrieb fallen rechnerisch bis zu ca. 48,0 l/s
und bei gleichzeitigem Starkregen bis zu ca. 51,2 an.

Es wird die Versickerung durch Brunnen oder Rigolen im Quartärkies untersucht.

$$\text{Maximal zu versickernde Wassermenge } Q_s = 0,0512 \text{ m}^3/\text{s}$$

3.1 Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):

Die rechnerische Dimensionierung der Versickerungsanlage im Quartär wird für 2 Fälle durchgeführt.

1. 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.

2. Aufstau im Brunnen bis max. 1 m unter GOK

Reichweite R (q) des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartärkies

$$R(q) = 3000 \times z_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} = 108 \text{ m}$$

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

$$\ln(ARE_{sick}) = \ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [HB_{Bau}^2 - (HB_{Bau} + z_q)^2] / Q_s = 3,89$$

$$ARE_{sick} = 49 \text{ m}$$

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [HB_{Bau}^2 - (HB_{Bau} + z_q)^2] / (\ln R - \ln r_q) = -0,0069 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s = -6,9 \text{ l/s}$$

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

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

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

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

$$\text{rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis HW}_{End}: 7,4 \text{ Stk}$$

$$\text{rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis GOK}: 1,0 \text{ Stk}$$

Haltepunkt Ostbahnhof tief - Tunnel
(Bau-km 109,2+30 bis Bau-km 109,4+49)

1. Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse (Tunnelvortriebe):

Gesamtdauer der Wasserhaltung ca.	T _{WH}	=	25 Mon
größte Ausdehnung des zu entwässernden Bereiches W-O	a	=	196 m
mittler Ausdehnung des zu entwässernden Bereiches N-S	b	=	48 m
Umfang ca.	U	=	488 m
Grundfläche ca.	A	=	9408 m ²
Tunneldurchmesser bzw. Höhe ca.	d _{Tunnel}	=	13 m
GOK im Mittel ca.			530,1 müNN
tiefste BGS			490,0 müNN
OK-Tertiär			518,5 müNN
Wasserstand Bauzeit HW _{Bau}			522,4 müNN
Bemessungswasserstand HW _{End}			523,3 müNN
Absenziel 0,5 m unter Tunnelsohle			489,5 müNN
Angenommene mittlere Gesamtdicke der im Tunnelumgriff zu entspannenden und zu entwässernden Tertiärsandlagen gemäß Bodenaufschlüssen	m _{entsp}	=	6,6 m
Erforderliche Absenkung unter HW _{Bau}	s	=	32,9 m
Druckluftunterstützung	P	=	1,0 bar
Potential der Entspannungswasserhaltung unter Berücksichtigung der Druckluft	s _{ent}	=	22,9 m
Angesetzte Mindesttiefe Entspannungsbrunnen unter Sohle (Minimum aus 1,5 x d _{Tunnel} und 1,1 x (HW _{Bau} - tiefste BGS))			18,8 m
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen müNN ca.			480,8
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen ab GOK ca.			49,4 m
Filterstrecke Entspannungsbrunnen ab GOK ca. (ab 2,5 m über Firste)		von bis	25,1 m 49,4 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (= OK Tertiär)			518,5 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HW _{End})	Z _q	=	0,9 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK - 1 m)	Z _{q max}	=	6,7 m
Stauhöhe in der Rigole	Z _{rig}	=	1,0 m
Brunnenradius (Quartär)	r _q	=	0,30 m
benetzte Filterlänge Quartärversickerung	h' _q	=	4,8 m
Sohlbreite einer Sickerrigole	b _{Rig}	=	0,5 m
k-Wert feinkörniges Tertiär	k (tf)	=	1,0E-08 m/s
k-Wert Tertiärsand (Tertiärentspannung)	k (ts)	=	5,0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies	k (q)	=	5,0E-03 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	ksick (q)	=	1,3E-03 m/s
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{End} (Mittel)	H _{End} (q)	=	4,8 m
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{Bau} (Mittel)	H _{Bau} (q)	=	3,9 m

2. Berechnung der zu fördernden Wassermengen

Die Abschätzung der zu fördernden Wassermengen erfolgt für den Wasserstand HW_{Bau}. Es ist vorgesehen, dass die Wasserhaltung unter einer natürlichen, feinkörnigen Deckschicht nur im gespannten Tertiäraquifer erfolgt.

2.1 Wassermenge der Tertiärentspannung:

Zur überschlägigen Abschätzung des Wasserandrangs einer Tertiärwasserentspannung wird von feinkornarmen Tertiärsandlagen mit der Gesamtmächtigkeit m_{entsp} ausgegangen, die im Tiefenbereich zwischen $0,5 \times d$ über OK-Tunnel und der erforderlicher Entspannungstiefe unterhalb des Tunnels anstehen und von den Entspannungsbrunnen erfasst werden.

Die Entspannung erfolgt bis ca. 0,5 m unter die Tunnelsohle.

Wasserandrang zur Baugrube (Ersatzbrunnen) bei gespanntem Grundwasser:

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

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

$ARE = 65,3 \text{ m}$

$R = 3000 \times s_{ent} \times \sqrt{k} (ts) = 486 \text{ m}$

$Q_{entsp.} = (2 \times \pi \times k (ts) \times m_{entsp} \times s_{ent} / (\ln(R) - \ln(ARE))) = 0,0237 \text{ m}^3/\text{s}$

$Q_{entsp.} = 23,7 \text{ l/s}$

Bei einer Betriebszeit der Wasserhaltung von TWH fallen entsprechend dieser Abschätzung voraussichtlich etwa

$Q_{Entsp} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH/12) = 1554873 \text{ m}^3/\text{TWH}$ aus der

Tertiärwasserabsenkung / Tertiärentspannung an.

2.2 Gesamtwassermengen für die Dauer der Wasserhaltungszeit:

Wasseranfall:

Tertiärentspannung / Tertiärwasserhaltung 1554873 m^3

Fördermengen:

Wasserhaltungsbetrieb $23,7 \text{ l/s}$

3. Berechnung der Grundwasserversickerung:Maximal zu versickernde Wassermenge $Q_s =$ 0,0237 m³/s**3.1 Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):**

Die rechnerische Dimensionierung der Versickerungsanlage im Quartär wird für 2 Fälle durchgeführt.

1. 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.
2. Aufstau im Brunnen bis max. 1 m unter GOK

Reichweite R (q) des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartärkies

$$R(q) = 3000 \times z_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} = 97 \text{ m}$$

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

$$\ln(ARE_{sick}) = \ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [HB_{Bau}^2 - (HB_{Bau} + z_q)^2] / Q_s = 3,23$$

$$ARE_{sick} = 25 \text{ m}$$

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [HB_{Bau}^2 - (HB_{Bau} + z_q)^2] / (\ln R - \ln r_q) = -0,0055 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s = -5,5 \text{ l/s}$$

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$$q_s = 2 \times r_q \times \pi \times h'_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} / 15 = -0,0217 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_s = -21,7 \text{ l/s}$$

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis HW_{End}: **4,3 Stk**
 rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis
 GOK - 1m: **0,5 Stk**



Haltepunkt Ostbahnhof tief - Aufgang zur U5
(Bau-km 109,3+71 bis Bau-km 109,4+00)**1. Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse (Tunnelvortriebe):**

Gesamtdauer der Wasserhaltung ca.	TWH	=	3 Mon
größte Ausdehnung des zu entwässernden Bereiches W-O	a	=	29 m
mittler Ausdehnung des zu entwässernden Bereiches N-S	b	=	7 m
Umfang ca.	U	=	72 m
Grundfläche ca.	A	=	203 m ²
Tunneldurchmesser bzw. Höhe ca.	d _{Tunnel}	=	7 m
GOK im Mittel ca.			530,3 müNN
tiefste BGS			503,3 müNN
OK-Tertiär			518,5 müNN
Wasserstand Bauzeit HW _{Bau}			522,4 müNN
Bemessungswasserstand HW _{End}			523,3 müNN
Absenktziel 0,5 m unter Tunnelsohle			502,8 müNN
Angenommene mittlere Gesamtdicke der im Tunnelumgriff zu entspannenden und zu entwässernden Tertiärsandlagen gemäß Bodenaufschlüssen	m _{entsp}	=	5,9 m
Erforderliche Absenkung unter HW _{Bau}	s	=	19,6 m
Druckluftunterstützung	P	=	1,0 bar
Potential der Entspannungswasserhaltung unter Berücksichtigung der Druckluft	S _{ent}	=	9,6 m
Angesetzte Mindesttiefe Entspannungsbrunnen unter Sohle (Minimum aus 1,5 x d _{Tunnel} und 1,1 x (HW _{Bau} - tiefste BGS))			10,5 m
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen müNN ca.			502,3
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen ab GOK ca.			28,0 m
Filterstrecke Entspannungsbrunnen ab GOK ca. (ab 2,5 m über Firste)		von bis	17,5 m 28,0 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (= OK Tertiär)			518,5 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HW _{End})	Z _q	=	0,9 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK - 1 m)	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	=	4,8 m
Sohlbreite einer Sickerrigole	b _{Rig}	=	0,5 m
k-Wert feinkörniges Tertiär	k (tf)	=	1,0E-08 m/s
k-Wert Tertiärsand (Tertiärentspannung)	k (ts)	=	5,0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies	k (q)	=	5,0E-03 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	ksick (q)	=	1,3E-03 m/s
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{End} (Mittel)	H _{End} (q)	=	4,8 m
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{Bau} (Mittel)	H _{Bau} (q)	=	3,9 m

2. Berechnung der zu fördernden Wassermengen

Die Abschätzung der zu fördernden Wassermengen erfolgt für den Wasserstand HW_{Bau}. Es ist vorgesehen, dass die Wasserhaltung unter einer natürlichen, feinkörnigen Deckschicht nur im gespannten Tertiäraquifer erfolgt.

2.1 Wassermenge der Tertiärentspannung:

Zur überschlägigen Abschätzung des Wasserandrangs einer Tertiärwasserentspannung wird von feinkornarmen Tertiärsandlagen mit der Gesamtmächtigkeit m_{entsp} ausgegangen, die im Tiefenbereich zwischen $0,5 \times d$ über OK-Tunnel und der erforderlicher Entspannungstiefe unterhalb des Tunnels anstehen und von den Entspannungsbrunnen erfasst werden.

Die Entspannung erfolgt bis ca. 0,5 m unter die Tunnelsohle.

Wasserandrang zur Baugrube (Ersatzbrunnen) bei gespanntem Grundwasser:

$$\text{ARE} = a \times 0,195 + b \times 0,385 \quad (\text{für rechteckige Baugruben } a > b)$$

$$\text{ARE} = a / 3 \quad (\text{für langgestreckte Baugruben})$$

$$\text{ARE} = 9,7 \text{ m}$$

$$R = 3000 \times s_{\text{ent}} \times \sqrt{k} \quad (\text{ts}) = 204 \text{ m}$$

$$Q_{\text{entsp.}} = (2 \times \pi \times k \quad (\text{ts}) \times m_{\text{entsp}} \times s_{\text{ent}} / (\ln(R) - \ln(\text{ARE})) = 0,0058 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{entsp.}} = 5,8 \text{ l/s}$$

Bei einer Betriebszeit der Wasserhaltung von TWH fallen entsprechend dieser Abschätzung voraussichtlich etwa

$$Q_{\text{Entsp}} \times (3600 \times 24 \times 365 \times \text{TWH}/12) = 46029 \text{ m}^3/\text{TWH} \text{ aus der}$$

Tertiärwasserabsenkung / Tertiärentspannung an.

2.2 Gesamtwassermengen für die Dauer der Wasserhaltungszeit:**Wasseranfall:**

$$\text{Tertiärentspannung / Tertiärwasserhaltung} = 46029 \text{ m}^3$$

Fördermengen:

$$\text{Wasserhaltungsbetrieb} = 5,8 \text{ l/s}$$

3. Berechnung der Grundwasserversickerung:

Maximal zu versickernde Wassermenge $Q_s =$ 0,0058 m³/s

3.1 Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):

Die rechnerische Dimensionierung der Versickerungsanlage im Quartär wird für 2 Fälle durchgeführt.

1. 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.
2. Aufstau im Brunnen bis max. 1 m unter GOK

Reichweite R (q) des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartärkies

$$R(q) = 3000 \times z_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} = 97 \text{ m}$$

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

$$\ln(ARE_{sick}) = \ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [HBau^2 - (HBau + z_q)^2] / Q_s = -0,90$$

$$ARE_{sick} = 0 \text{ m}$$

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [HBau^2 - (HBau + z_q)^2] / (\ln R - \ln r_q) = -0,0055 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s = -5,5 \text{ l/s}$$

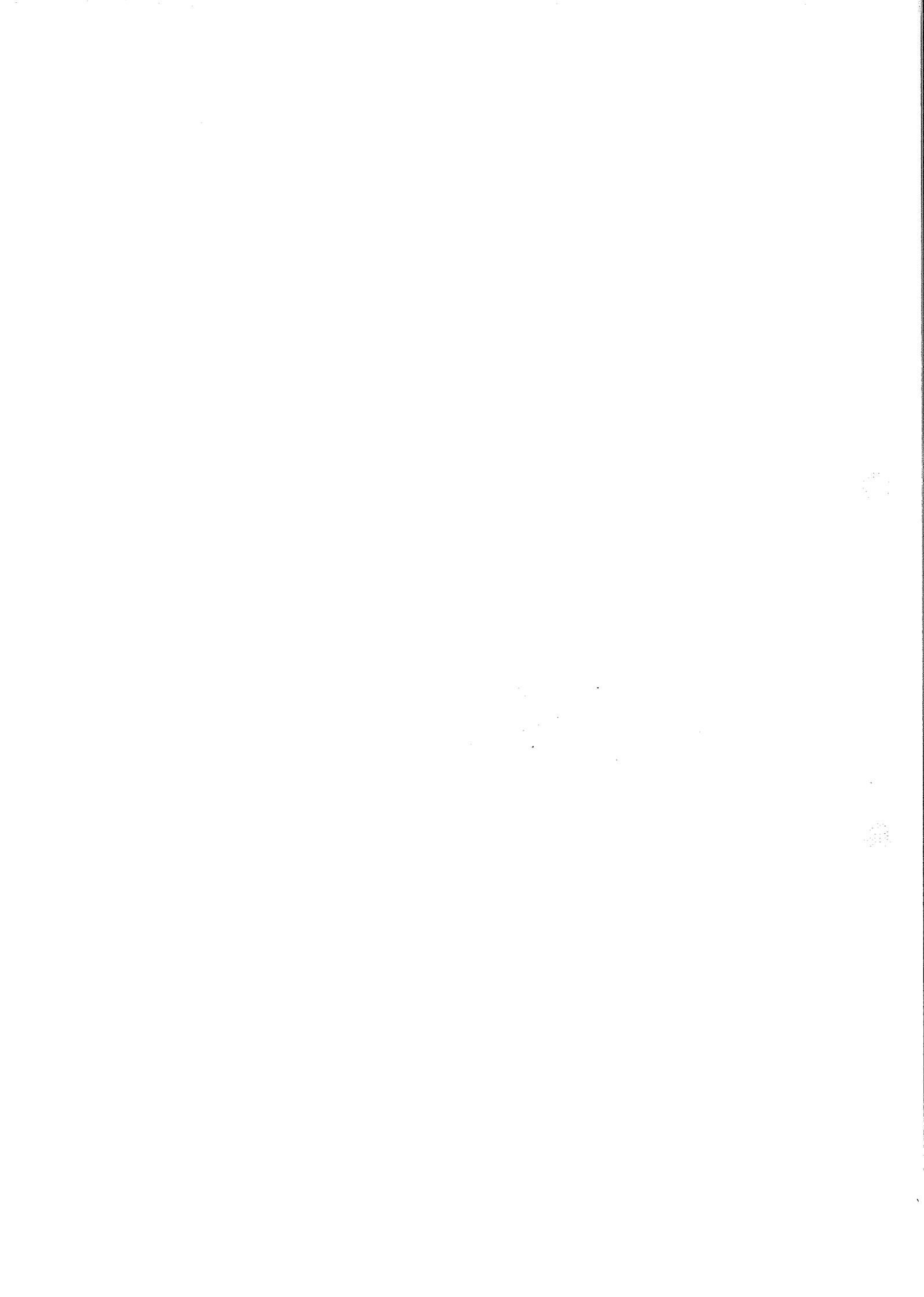
Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$$q_s = 2 \times r_q \times \pi \times h'_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} / 15 = -0,0217 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_s = -21,7 \text{ l/s}$$

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis HW_{End}: 1,1 Stk
 rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis
 GOK - 1m: 0,1 Stk



Rettungsschächte (Vertikalschächte)**1. Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse (Vertikalschächte):**

RS 8

Voraussichtliche Verbauart

Schlitzwand

Gesamtdauer der Wasserhaltung in Monaten ca.	TWH	=	6 Mon
Gesamtdauer der Tertiärwasserhaltung in Monaten ca.	TWH-Tert.	=	2 Mon
Schacht: Durchmesser bzw. größte Abmessung	d bzw. a	=	8 m
Schacht: kleinere Abmessung	b	=	m
Durchmesser des Kreises aus Absenkbrunnen um den Schacht	d br	=	12 m
Schacht: Tiefe BGS unter GOK	t	=	30 m
Schacht: Umfang	U	=	25 m
Schacht: Grundfläche ca.	A	=	50 m
GOK ca.			526,8 müNN
Schacht: tiefste BGS			496,8 müNN
OK-Quartärer Kies			526,8 müNN
OK-Tertiär			517,2 müNN
Wasserstand Bauzeit HW _{Bau}			519,6 müNN
Bemessungswasserstand HW _{End}			520,4 müNN
Schacht: Absenkziel			496,3 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))			12,0 m
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen müNN ca.			484,8 müNN
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen ab GOK ca.			42,0 m
Filterstrecke Entspannungsbrunnen ca.		von bis	30,0 m 42,0 m
Angenommene mittlere Gesamtdicke der zu entspannenden bzw. zu entwässernden Tertiärsandlagen gemäß Bodenaufschlüssen	m _{entsp}	=	11,0 m
Erforderliche Gesamtabenkung HW _{Bau}	s	=	23,3 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Quartär bei HW _{Bau}	s _q	=	2,4 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Tertiär bei HW _{End}	s _t	=	20,9 m
Potential der Entspannungswasserhaltung unter Berücksichtigung der Druckluft	s _{ent}	=	23,3 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (=OK Tertiär)			517,2 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis HW _{End} , max. OK Kies)	Z _q	=	0,8 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK-1 m, max. OK Kies)	Z _{q max}	=	6,2 m
Brunnenradius (Quartär)	r _q	=	0,30 m
benetzte Filterlänge Quartärversickerung	h' q	=	3,2 m
k-Wert Tertiärsand	k (ts)	=	5,0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	ksick (q)	=	1,3E-03 m/s
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{End} (Mittel)	H _{End} (q)	=	3,2 m
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{Bau} (Mittel)	H _{Bau} (q)	=	2,4 m
Entwässerbarer Porenanteil Quartär	n (q)	=	0,25
Entwässerbarer Porenanteil Tertiär (Mittel Ton/Sand)	n (t)	=	0,15
Bemessungsniederschlag	r _{15(0,1)}	=	0,271 m ³ /(s ha)

2. Berechnung der Wassermengen

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

2.1 Trogwasser (vereinfacht zum erstmaligen Absenken)

RS 8

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

188 m³

Zum Abpumpen dieser Wassermenge innerhalb von 3 Tagen ist folgende Pumpleistung erforderlich:

$$Q_{Trog} = V_{Trog} \times 1000 / (3 \times 24 \times 3600) =$$

0,7 l/s

2.2 Restwasser aus Umströmung der Umschließung:

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

2.3 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} im Tiefenbereich des Quartärs und von Sandschichten.

13,4

Höhe der benetzten Mantelfläche der Umschließung

13,4 m

$$Q_{Wand} = U \times s \times 0,002 / 1000 =$$

0,0007 m³/s

$$Q_{Wand} =$$

0,7 l/s

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

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

10620 m³/TWH**2.4 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 etwässernden Tiefenbereich anstehen. Die Entspannung erfolgt bis auf das Niveau der Restwasserhaltung im Schacht.

Wasserandrang zur Baugrube (Ersatzbrunnen) bei gespanntem Grundwasser:

RS 8

$$ARE = d_{br} / 2 \text{ bzw. } 0,195 \times a + 0,385 \times b =$$

6,0 m

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

494 m

$$Q_{entsp.} = (2 \times \pi \times k (ts) \times m_{entsp} \times s_{ent} / (\ln(R) - \ln(ARE))) =$$

0,0183 m³/s

$$Q_{entsp.} =$$

18,3 l/s

Bei einer Betriebszeit der Wasserhaltung von $TWH_{Tert.}$ fallen entsprechend dieser Abschätzung etwa folgende Wassermengen aus der Tertiärwasserhaltung an:

$$Q_{Entsp} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH_{Tert.} / 12) =$$

95934 m³/TWH

2.5 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:

$$Q_{N15} = r_{15(0,2)} \times 15 \text{ min} \times 60 \text{ s} \times A \times 1/10000 \text{ m}^2 = \text{RS 8} \quad 1,2 \text{ m}^3 / 15 \text{ min}$$

Diese Niederschlagswassermenge kann bei einer zusätzlichen Pumpleistung von **0,1 l/s** in etwa drei Stunden mit der Restwasserhaltung abgepumpt werden

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

$$Q_{NJahr} = 0,95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times A \times T_{WH} / 12 = \text{24 m}^3/T_{WH}$$

Dies entspricht bei der Restwasserhaltung einer durchschnittlichen Förderrate von: $0,000002 \text{ m}^3/\text{s} =$

$$\text{0,00151 l/s}$$

2.6 Gesamtwassermengen während der Bauzeit:**Start- und Zielschächte (Vertikalschächte)**

<u>Wasseranfall:</u>	RS 8
Trogwasser	0,7 l/s
Sickerwasser Baugrubenumschließung	0,7 l/s
Tertiärentspannung / Tertiärwasserhaltung	18,3 l/s
Niederschlagswasser (Mittel)	0,0 l/s
Niederschlagswasser (Starkregen)	0,1 l/s
Während des Leerpumpens des Troges, ohne Tertiärentspannung	1,4 l/s
Während des Leerpumpens des Troges, mit Tertiärentspannung	19,7 l/s
Wasserhaltungsbetrieb + Starkregen	19,0 l/s
Wasserhaltungsbetrieb	18,9 l/s
<u>Gesamtwassermenge:</u>	106766 m³

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

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

Während des Leerpumpens des Troges ist nach Inbetriebnahme der Tertiärentspannung von folgender maximaler rechnerischer Wassermenge auszugehen:

$$Q_{MAX \text{ Absenk}} = \text{Trogw.} + \text{Sickerw.} + \text{Tertiärentspannung} + \text{Niederschlag} = \text{19,7 l/s}$$

Nach Inbetriebnahme der Tertiärentspannung und nach dem Leerpumpen des Troges ist unter Berücksichtigung eines Starkregenereignisses von folgender maximaler rechnerischer Restwassermenge auszugehen:

$$Q_{MAX \text{ Rest}} = \text{Sickerwasser} + \text{Tertiärentspannung} + \text{Starkregen} = \text{19,0 l/s}$$

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

$$Q_{MAX \text{ Rest}} = \text{Sickerw.} + \text{Tertiärentspannung} + \text{Niederschlagswasser} = \text{18,9 l/s}$$

3. Start- und Zielschächte (Vertikalschächte): Berechnung der Grundwasserversickerung

RS 8

Im normalen Wasserhaltungsbetrieb bzw. während des Leerpumpens bei gleichzeitiger Tertiärentspannung fallen rechnerisch bis zu ca. an.

19,7 l/s

Maximal zu versickernde Wassermenge $Q_s =$

0,0190 m³/s

3.1 Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):

Die rechnerische Dimensionierung der Versickerungsanlage im Quartär wird für 2 Fälle durchgeführt.

1. 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.
2. Aufstau im Brunnen bis max. 1 m unter GOK

Reichweite $R(q)$ des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartärkies

RS 8

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

87 m

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

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

3,50

$$ARE_{sick} =$$

33,10 m

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

RS 8

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

-0,0032 m³/s

$$Q_s =$$

-3,2 l/s

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

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

-0,0145 m³/s

$$q_s =$$

-14,5 l/s

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis H_{WEnd} , max. OK Kies:

5,9 Stk

rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis GOK-1 m, max. OK Kies:

0,6 Stk

3.2 Rigolenversickerung im Quartär:

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

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

-0,0013 m³/s je lfdm

$$q_s =$$

-1,30 l/s je lfdm

$$L_{rig} = Q_s / q_s =$$

14,6 m

Sohlbreite eine Sicker Rigole

$b_{Rig} =$

=

0,5 m

Stauhöhe in der Rigole

$z_{rig} =$

=

1,0 m

Rettungsschächte (Vertikalschächte)**1. Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse (Vertikalschächte):**

RS 8

Voraussichtliche Verbauart

Schlitzwand

Gesamtdauer der Wasserhaltung in Monaten ca.	TWH =	6 Mon
Gesamtdauer der Tertiärwasserhaltung in Monaten ca.	TWH-Tert. =	2 Mon
Schacht: Durchmesser bzw. größte Abmessung	d bzw. a =	8 m
Schacht: kleinere Abmessung	b =	m
Durchmesser des Kreises aus Absenkbrunnen um den Schacht	d br =	12 m
Schacht: Tiefe BGS unter GOK	t =	33 m
Schacht: Umfang	U =	25 m
Schacht: Grundfläche ca.	A =	50 m
GOK ca.		526,8 müNN
Schacht: tiefste BGS		494,0 müNN
OK-Quartärer Kies		526,8 müNN
OK-Tertiär		517,2 müNN
Wasserstand Bauzeit HW _{Bau}		519,6 müNN
Bemessungswasserstand HW _{End}		520,4 müNN
Schacht: Absenkziel		493,5 müNN
Druckluftunterstützung	P =	0,0 bar
Angesetzte Mindestdiefe Entspannungsbrunnen unter Sohle (Minimum aus 1,5 x d und 1,1 x (HW _{Bau} - tiefste BGS))		12,0 m
Mindestdiefe Entspannungsbrunnen müNN ca.		482,0 müNN
Mindestdiefe Entspannungsbrunnen ab GOK ca.		44,8 m
Filterstrecke Entspannungsbrunnen ca.		32,8 m
	von	44,8 m
	bis	44,8 m
Angenommene mittlere Gesamtdicke der zu entspannenden bzw. zu entwässernden Tertiärsandlagen gemäß Bodenaufschlüssen	m _{entsp} =	11,0 m
Erforderliche Gesamtabenkung HW _{Bau}	s =	26,1 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Quartär bei HW _{Bau}	s _q =	2,4 m
Absenkung innerhalb der Baugrube im Tertiär bei HW _{End}	s _t =	23,7 m
Potential der Entspannungswasserhaltung unter Berücksichtigung der Druckluft	s _{ent} =	26,1 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (=OK Tertiär)		517,2 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis HW _{End} , max. OK Kies)	Z _q =	0,8 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK-1 m, max. OK Kies)	Z _{q max} =	6,2 m
Brunnenradius (Quartär)	r _q =	0,30 m
benetzte Filterlänge Quartärversickerung	h' _q =	3,2 m
k-Wert Tertiärsand	k (ts) =	5,0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	ksick (q) =	1,3E-03 m/s
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{End} (Mittel)	H _{End} (q) =	3,2 m
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{Bau} (Mittel)	H _{Bau} (q) =	2,4 m
Entwässerbarer Porenanteil Quartär	n (q) =	0,25
Entwässerbarer Porenanteil Tertiär (Mittel Ton/Sand)	n (t) =	0,15
Bemessungsniederschlag	r _{15(0,1)} =	0,271 m ³ /(s ha)

2. Berechnung der Wassermengen

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

2.1 Trogwasser (vereinfacht zum erstmaligen Absenken)

$$V_{Trog} = A \times [s(q) \times n(q) + s(t) \times n(t)] = \begin{matrix} \text{RS 8} \\ 209 \text{ m}^3 \end{matrix}$$

Zum Abpumpen dieser Wassermenge innerhalb von 3 Tagen ist folgende Pumpleistung erforderlich:

$$Q_{Trog} = V_{Trog} \times 1000 / (3 \times 24 \times 3600) = 0,8 \text{ l/s}$$

2.2 Restwasser aus Umströmung der Umschließung:

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

2.3 Sickerwasser aus der Baugrubenumschließung (nur Bohrpfahlwand / 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} im Tiefenbereich des Quartärs und von Sandschichten.

$$\begin{aligned} \text{Höhe der benetzten Mantelfläche der Umschließung} & 13,4 \\ Q_{Wand} = U \times s \times 0,002 / 1000 = & 13,4 \text{ m} \\ Q_{Wand} = & 0,0007 \text{ m}^3/\text{s} \\ & 0,7 \text{ l/s} \end{aligned}$$

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

$$Q_{Wand} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH / 12) = 10620 \text{ m}^3/\text{TWH}$$

2.4 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:

$$\begin{aligned} A_{RE} = d_{br} / 2 \text{ bzw. } 0,195 \times a + 0,385 \times b = & \text{RS 8} \\ R = 3000 \times s \times \sqrt{k(ts)} = & 6,0 \text{ m} \\ Q_{entsp.} = (2 \times \pi \times k(ts) \times m_{entsp} \times s_{ent} / (\ln(R) - \ln(A_{RE}))) = & 554 \text{ m} \\ Q_{entsp.} = & 0,0199 \text{ m}^3/\text{s} \\ & 19,9 \text{ l/s} \end{aligned}$$

Bei einer Betriebszeit der Wasserhaltung von $TWH_{Tert.}$ fallen entsprechend dieser Abschätzung etwa folgende Wassermengen aus der Tertiärwasserhaltung an:

$$Q_{Entsp} \times (3600 \times 24 \times 365 \times TWH_{Tert.} / 12) = 104767 \text{ m}^3/\text{TWH}$$

2.5 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:

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

$$\text{RS 8} \\ 1,2 \text{ m}^3 / 15 \text{ min}$$

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

$$0,1 \text{ l/s}$$

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

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

$$24 \text{ m}^3/T_{WH}$$

Dies entspricht bei der Restwasserhaltung einer durchschnittlichen Förderate von:

$$0,000002 \text{ m}^3/\text{s} =$$

$$0,00151 \text{ l/s}$$

2.6 Gesamtwassermengen während der Bauzeit:**Start- und Zielschächte (Vertikalschächte)**Wasseranfall:

Trogwasser	RS 8	0,8 l/s
Sickerwasser Baugrubenumschließung		0,7 l/s
Tertiärentspannung / Tertiärwasserhaltung		19,9 l/s
Niederschlagswasser (Mittel)		0,0 l/s
Niederschlagswasser (Starkregen)		0,1 l/s
Während des Leerpumpens des Troges, ohne Tertiärentspannung		1,5 l/s
Während des Leerpumpens des Troges, mit Tertiärentspannung		21,4 l/s
Wasserhaltungsbetrieb + Starkregen		20,7 l/s
Wasserhaltungsbetrieb		20,6 l/s
<u>Gesamtwassermenge:</u>		115620 m ³

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

$$Q_{MAX \text{ Absenk}} = \text{Trogw.} + \text{Sickerw.} + \text{Niederschlag} = 1,5 \text{ l/s}$$

Während des Leerpumpens des Troges ist nach Inbetriebnahme der Tertiärentspannung von folgender maximaler rechnerischer Wassermenge auszugehen:

$$Q_{MAX \text{ Absenk}} = \text{Trogw.} + \text{Sickerw.} + \text{Tertiärentspannung} + \text{Niederschlag} = 21,4 \text{ l/s}$$

Nach Inbetriebnahme der Tertiärentspannung und nach dem Leerpumpen des Troges ist unter Berücksichtigung eines Starkregenereignisses von folgender maximaler rechnerischer Restwassermenge auszugehen:

$$Q_{MAX \text{ Rest}} = \text{Sickerwasser} + \text{Tertiärentspannung} + \text{Starkregen} = 20,7 \text{ l/s}$$

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

$$Q_{MAX \text{ Rest}} = \text{Sickerw.} + \text{Tertiärentspannung} + \text{Niederschlagswasser} = 20,6 \text{ l/s}$$

3. Start- und Zielschächte (Vertikalschächte): Berechnung der Grundwasserversickerung

Im normalen Wasserhaltungsbetrieb bzw. während des Leerpumpens bei gleichzeitiger Tertiärentspannung fallen rechnerisch bis zu ca. an.

Maximal zu versickernde Wassermenge $Q_s =$

RS 8
21,4 l/s
0,0207 m³/s

3.1 Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):

Die rechnerische Dimensionierung der Versickerungsanlage im Quartär wird für 2 Fälle durchgeführt.

1. 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.
2. Aufstau im Brunnen bis max. 1 m unter GOK

Reichweite $R(q)$ des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartärkies

RS 8
87 m

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

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):
 $\ln(ARE_{sick}) = \ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [H_{Bau}^2 - (H_{Bau} + z_q)^2] / Q_s =$
 $ARE_{sick} =$

3,58
35,78 m

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

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

RS 8
-0,0032 m³/s
-3,2 l/s

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

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

-0,0145 m³/s
-14,5 l/s

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis H_{WEnd} , max. OK Kies: **6,4 Stk**
 rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis GOK-1 m, max. OK Kies: **0,6 Stk**

3.2 Rigolenversickerung im Quartär:

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

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

-0,0013 m³/s je lfdm
 -1,30 l/s je lfdm
15,9 m

Sohlbreite eine Sicker Rigole
 Stauhöhe in der Rigole

$b_{Rig} = 0,5$ m
 $Z_{rig} = 1,0$ m

Rettungsschächte (Stollenbauwerke):**1. Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse (Stollenbauwerke):**

RS8

Gesamtdauer der Wasserhaltung ca.	TWH	=	8 Mon
Zu entwässernde Länge des Stollensystems zusammen mit dem Vertikalschacht im Grundriss ca.	a	=	58 m
Zu entwässernde mittlere Breite im Grundriss ca.	b	=	10 m
Stollendurchmesser bzw. Höhe ca.	d Stollen	=	5 m
Zugangsschacht: Grundfläche ca.	A	=	580 m ²
GOK ca.			526,8 müNN
höchste Stollenfirste ca.			498,0 müNN
tiefste Stollensohle ca.			483,0 müNN
OK-Tertiär			517,2 müNN
Wasserstand Bauzeit HW _{Bau}			519,6 müNN
Bemessungswasserstand HW _{End}			520,4 müNN
Absenkziel			482,5 müNN
Druckluftunterstützung	P	=	1,0 bar
Mindesttiefe Entspannung unter Sohle: ca 1,5 x d Stollen			7,5 m
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen bis müNN ca.			475,5 müNN
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen ab GOK ca.			51,3 m
Filterstrecke Entspannungs- Entwässerungsbrunnen ca.		von bis	29 m 51 m
Angenommene mittlere Gesamtdicke der zu entspannenden bzw. zu entwässernden Tertiärsandlagen gemäß Bodenaufschlüssen	m _{entsp}	=	12 m
Gesamtabsenkung bei HW _{Bau} (Mittel)	s	=	37,1 m
Potential der Entspannungswasserhaltung unter Berücksichtigung der Druckluft	s _{ent}	=	27,1 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (=OK Tertiär)			517,2 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HW _{End})	Z _q	=	0,8 m
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (bis GOK)	Z _{q max}	=	7,2 m
Stauhöhe in der Rigole	Z _{rig}	=	1,0 m
Brunnenradius (Quartär)	r _q	=	0,30 m
benetzte Filterlänge Quartärversickerung	h' _q	=	3,2 m
Sohlbreite eine Sickerrigole	b _{Rig}	=	0,5 m
k-Wert Tertiärsand	k (ts)	=	5,0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	ksick (q)	=	1,3E-03 m/s
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{Bau} (Mittel)	HBau (q)	=	2,4 m

2 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).

2.1 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)	RS 8
ARE = $a / 3$ (für langgestreckte Baugruben)	
ARE =	19,3 m
$R = 3000 \times s \times \sqrt{k (ts)}$ =	787 m
$Q = (2 \times \pi \times k (ts) \times m_{\text{entsp}} \times s_{\text{ent}} / (\ln(R) - \ln(ARE))) =$	0,0276 m ³ /s
Q =	27,6 l/s

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

Q Entsp $\times (3600 \times 24 \times 365 \times \text{TWH} / 12) =$	579495 m³/TWH
---	---------------------------------

3. Berechnung der Grundwasserversickerung

Maximal zu versickernde Wassermenge $Q_s = 0,0276 \text{ m}^3/\text{s}$

3.1 Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):

Die rechnerische Dimensionierung der Versickerungsanlage im Quartär wird für 2 Fälle durchgeführt.

1. 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.
2. Aufstau im Brunnen bis max. 1 m unter GOK

Reichweite $R(q)$ des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartärkies RS 8

$R(q) = 3000 \times z_q \times \sqrt{k_{sick}(q)}$ 87 m

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

$\ln(ARE_{sick}) = \ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [H_{Bau} - (H_{Bau} + z_q)^2] / Q_s = 3,80$
 $ARE_{sick} = 44,56 \text{ m}$

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [H_{Bau}^2 - (H_{Bau} + z_q)^2] / (\ln R - \ln r_q) = -0,0032 \text{ m}^3/\text{s}$
 $Q_s = -3,2 \text{ l/s}$

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$q_s = 2 \times r_q \times \pi \times h'_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} / 15 = -0,0145 \text{ m}^3/\text{s}$
 $q_s = -14,5 \text{ l/s}$

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

rechnerische Mindestanzahl der Brunnen: 8,5 Stk
 rechnerische Mindestanzahl der Brunnen bei Einstau bis GOK-1 m: 0,6 Stk

3.2 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.

$q_s = (b_{Rig} + z/2) \times k_{sick}(q) = -0,0013 \text{ m}^3/\text{s je lfdm}$
 $q_s = -1,30 \text{ l/s je lfdm}$
 $L_{rig} = Q_s / q_s = 21,2 \text{ m}$

