

Hydraulische Berechnungen**Haltepunkt Hbf: gesamter Baubereich von ca. Bau-km 105,4+30 bis Bau-km 105,7+60****Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse:**

Gesamtdauer der Wasserhaltung ca.	TWH	=	48 Mon
Ausdehnung des zur Berechnung verwendeten Bereichs (O-W)	a	=	270 m
mittlere Ausdehnung (N-S)	b	=	50 m
Ausdehnung hochliegende Baugrube (O-W) ca.	a'	=	100 m
Ausdehnung hochliegende Baugrube (N-S) im Mittel ca.	b'	=	60 m
Grundfläche hochliegende Baugrube ca.	A	=	6000 m ²
GOK im Mittel (515,1 bis 521,0 m üNN) ca.			520,0 m üNN
tiefste BGS			476,0 m üNN
OK-Tertiär			513,0 m üNN
Wasserstand Bauzeit HW Bau (515,0 bis 514,8 m üNN)			514,9 m üNN
Bemessungswasserstand HW End (515,9 bis 515,6 m üNN)			515,8 m üNN
Absenktziel 0,5 m unter Tunnelsohle			475,5 m üNN
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen ca.			453,0 m üNN
Angenommene mittlere Gesamtdicke der zu entspannenden und zu entwässernden Tertiärsandlagen (bzw. größte Zustrommächtigkeit zum Absenkttrichter) gemäß Bodenaufschlüssen	m _{entsp}	=	15,0 m
Erforderliche Absenkung unter HW Bau	s	=	39,4 m
Angesetzte Mindesttiefe Entspannungsbrunnen unter Sohle (Die Druckluftunterstützung in den Spritbetonabschnitten ist mitberücksichtigt, siehe Text Abschnitt 10.5.2.2)			23,0 m
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen m üNN ca.			453,0
Mindesttiefe Entspannungsbrunnen ab GOK ca.			67,0 m
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (=OK Tertiär am Versickerungsstandort gemäß Bohrung 2S-5/S01)			511,2 m üNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HW End)	z _q	=	1,2 m
Stauhöhe in der Rigole	z _{rig}	=	1,0 m
Brunnenradius (Quartär)	r _q	=	0,30 m
benetzte Filterlänge Quartärversickerung	h' _q	=	1,2 m
Sohlbreite einer Sickerrigole	b _{rig}	=	0,5 m
k-Wert Tertiärsand (Tertiärentspannung)	k (ts)	=	5,0E-05 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	k _{sick} (q)	=	1,3E-03 m/s
Bemessungsniederschlag	r _{15(0,2)}	=	0,210 m ³ /(s ha)
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW End (Mittel) Versickerung	H _{End} (q)	=	5,4 m
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW Bau (Mittel) Versickerung	H _{Bau} (q)	=	4,2 m

Hydraulische Berechnungen**Haltepunkt Hbf: gesamter Baubereich von ca. Bau-km 105,4+30 bis Bau-km 105,7+60****II Berechnung der Grundwasser-Entsickerung:**Maximal zu versickernde Wassermenge $Q_s =$ 0,083 m³/s**Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):**

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

Reichweite $R(q)$ des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartär Kies

$$R(q) = 3000 \times z_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} = 130 \text{ m}$$

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

$$\ln ARE = \ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [H_{Bau}^2 - (H_{Bau} + z_q)^2] / Q_s = 4,30$$

$$ARE = 74 \text{ m}^2$$

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [H_{Bau}^2 - (H_{Bau} + z_q)^2] / (\ln R - \ln r_q) = -0,0078 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s = -7,8 \text{ l/s}$$

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$$q_s = 2 \times r_q \times \pi \times h'q \times \sqrt{k_{sick}(q)} / 15 = -0,0054 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_s = -5,4 \text{ l/s}$$

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

rechnerische Mindestanzahl der Brunnen: 15,4 Stk

Rigolenversickerung im Quartär:

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

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

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

$$L_{rig} = Q_s/q_s = 64,2 \text{ lfdm}$$

Hydraulische Berechnungen

Haltepunkt Hbf: gesamter Baubereich von ca. Bau-km 105,4+30 bis Bau-km 105,7+60

I Berechnung der zu fördernden Wassermengen

Die Abschätzung der zu fördernden Wassermengen erfolgt für den Wasserstand $H_{W Bau}$. Die Wasserhaltung findet weit überwiegend unter einer natürlichen, feinkörnigen Deckschicht im gespannten Tertiäraquifer statt.

Wassermenge der Tertiärentspannung:

Zur überschlägigen Abschätzung des Wasserandrangs einer Tertiärwasserhaltung / Tertiärwasserentspannung wird von Tertiärsandlagen der Gesamtmächtigkeit m_{entsp} ausgegangen, die im Tiefenbereich zwischen etwa OK Tunnel und erforderlicher Entspannungstiefe unterhalb den Bauwerken anstehen

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)

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

$ARE = 90,0$ m

$R = 3000 \times s \times \sqrt{k} (ts) = 836$ m

$Q_{entsp.} = (2 \times \pi \times k (ts) \times m_{entsp} \times s / (\ln R - \ln ARE)) = 0,0833$ m³/s

$Q_{entsp.} = 83,3$ l/s

Bei einer Betriebszeit der Wasserhaltung von T_{WH} fallen entsprechend dieser Abschätzung voraussichtlich etwa

$Q_{Entsp} \times (3600 \times 24 \times 365 \times T_{WH}/12) = 10509037$ m³/ T_{WH}

aus der Tertiärwasserabsenkung / Tertiärentspannung an.

Niederschlagswasser:

Im Bereich der hochliegenden Baugrube muß das anfallende Niederschlagswasser zeitlich verzögert von der Bauwasserhaltung oder einer eigens hierfür installierten Ringdrainage gefasst und gefördert werden. Beim 15-minütigen Bemessungsregen $r_{15(0,2)}$ fällt in

$Q_{N15} = r_{15(0,2)} \times 15 \text{ min} \times 60 \text{ s} \times A \times 1/10000 \text{ m}^2 = 113,4$ m³ / 15 min

Diese Niederschlagswassermenge kann bei einer zusätzlichen Pumpleistung 10,5 l/s in etwa drei Stunden abgepumpt werden.

Bei einem Jahresniederschlag von ca. 950 mm fällt bei einer angenommenen Bauzeit von T_{WH} bis zur

$Q_{N\text{Jahr}} = 0,95 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times A \times T_{WH}/12 = 22800$ m³/ T_{WH}

Dies entspricht bei der Restwasserhaltung einer durchschnittlichen Förderrate von:

$22800 \text{ m}^3 / (T_{WH} \times 24 \times 3600 \times 365/12) = 0,00018$ m/s 0,18 l/s

Wassermengen für die Wasserhaltungsdauer:

Gesamtdauer der Wasserhaltung 48 Mon

Wasseranfall:

Tertiärentspannung / Tertiärwasserhaltung 83,3 l/s

Niederschlagswasser (Mittel) 0,2 l/s

Wasserhaltungsbetrieb + Starkregen 93,8 l/s

Wasserhaltungsbetrieb 83,5 l/s

Gesamtwassermenge 10531837 m³

Hydraulische Berechnungen

Haltepunkt Hbf: gesamter Baubereich von ca. Bau-km 105,4+30 bis Bau-km 105,7+60

II Berechnung der Grundwasserversickerung:Maximal zu versickernde Wassermenge $Q_s =$ 0,083 m³/s**Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):**

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

Reichweite $R(q)$ des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartär Kies

$$R(q) = 3000 \times z_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} = 130 \text{ m}$$

Die benötigte Fläche nach Dupuit-Thiem (Ersatzradius):

$$\ln ARE = \ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [H_{Bau}^2 - (H_{Bau} + z_q)^2] / Q_s = 4,30$$

$$ARE = 74 \text{ m}^2$$

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$$Q_s = \pi \times k_{sick} \times [H_{Bau}^2 - (H_{Bau} + z_q)^2] / (\ln R - \ln r_q) = -0,0078 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_s = -7,8 \text{ l/s}$$

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$$q_s = 2 \times r_q \times \pi \times h'_q \times \sqrt{k_{sick}(q)} / 15 = -0,0054 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$q_s = -5,4 \text{ l/s}$$

Der geringere Wert aus Abströmung und Fassungsvermögen ist maßgeblich:

rechnerische Mindestanzahl der Brunnen: 15,4 Stk

Rigolenversickerung im Quartär:

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

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

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

$$L_{rig} = Q_s / q_s = 64,2 \text{ lfdm}$$

Hydraulische Berechnungen**Haltepunkt Hbf: gesamter Baubereich von ca. Bau-km 105,4+30 bis Bau-km 105,7+60****I Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse:****Versickerung Richelpark****ca. Bau-km 103,464-103,618:**

UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (=OK Tertiär am Versickerungsstandort gemäß Bohrung 2S-3/22)		=	506,6 müNN
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HW _{End})	z _q	=	1,2 m
k-Wert Tertiärsand (Tertiärentensionung)	k _(ts)	=	5,0e-05 m/s
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	k _(q)	=	6,5e-03 m/s
Bemessungsniederschlag	r _{15(0,2)}	=	0,21 m ³ /(s ha)
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{End} (Mittel) Versickerung	H _{End(q)}	=	8,9 m
Quartäre Grundwassermächtigkeit HW _{Bau} (Mittel) Versickerung	H _{Bau(q)}	=	7,7 m

II Berechnung der Grundwasserversickerung:

Maximal zu versickernde Wassermenge	Q _s	=	0,100 m ³ /s
-------------------------------------	----------------	---	-------------------------

Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):

Die Grundwasserversickerung im Quartär wurde für den ungünstigen Wasserstand HW_{Bau} durchgeführt. Um den Einstau von Nachbargebäuden über natürliche Verhältnisse hinaus zu verhindern, wurde der Aufstau im Nahbereich der Brunnenreihe (Entfernung >4m zu den Brunnen) auf den Wasserstand HW_{End} beschränkt.

Entsprechend den Ergebnissen der hydraulischen Tests an der Bestandsbrunnenanlage (Richelstraße 1) wurde eine Mindestversickerungsleistung von 20 l/s je Brunnen angenommen.

Für die Versickerung im Quartär wird daher von einer Brunnenreihe mit 6 Einzelbrunnen ausgegangen.

Die Berechnung erfolgte mit einem numerischen Grundwassermodell mit folgenden Eigenschaften:

- Finite-Differenzen-Modell (MODFLOW)
- stationäre Strömungsverhältnisse
- freier, ungespannter GW-Leiter
- Modellränder: Festpotenziale im Süden (Zustrom) und Norden (Abstrom)
- Modellränder: No flow im Westen und Osten
- Modellgebiet: 3000 x 3000 m
- Zellgrößen des Modells: 4x4 m im Brunnenbereich bis 600x200m im Außenbereich
- kf-Wert: 0,0065 m/s
- GW-Mächtigkeit: 7,7 m
- GW-Gefälle: 0,3 % (entspr. RGU GW-Gleichenplan Juni 1990)
- Modellorientierung: SSW-NNE (20° GW-Strömungsrichtung)

Die numerischen Berechnungen haben ergeben, dass bei Annahme eines k-Wertes von 6,5e-03 m/s eine Versickerung von 120 l/s verteilt auf 6 Brunnen im Abstand von jeweils 20 m problemlos möglich ist. Vernässungsschäden im Bereich der DB Gebäude sind nicht zu erwarten.