

BV: Tunnel Starnberg

			Startbau- grube Süd	Trog Nord	Düker 2 (Anstrom)	Notausstieg 1 & Düker 2 (Abstrom)	Notausstieg 2	Notausstieg 3	Notausstieg 4	Notausgang 5	Notausstieg 6	Düker 3 (Anstrom)	Düker 3 (Abstrom)	Lüftungs- zentrale (Schacht)	BE Süd	
<u>Ausgangswerte und geometrische Verhältnisse:</u>																
größte Breite (senkrecht zur Fließrichtung)	a	[m]	=	104,0	191,4	7,6	25,0	15,2	11,6	17,0		11,6	13,5	13,5	10,8	
größte Länge (in Fließrichtung)	b	[m]	=	12,0	14,0	7,6	14,0	15,2	11,6	17,0		11,6	11,0	11,0	10,8	
Gesamtlänge der Umschließung ca.	U	[m]	=	232,0	410,8	23,9	78,0	47,8	36,4	53,4		36,4	77,0	77,0	33,9	
Winkel zwischen Achsrichtung und GW-Fließrichtung ca.	Δ	[°]	=	60	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	
max. angeströmte Bauwerksbreite	L	[m]	=	62,4	191,4	7,6	25,0	15,2	11,6	17,0		11,6	13,5	13,5	10,8	
mittlere unterströmte Bauwerksbreite ca.	B	[m]	=	52,0	191,4	7,6	25,0	15,2	11,6	17,0		11,6	13,5	13,5	10,8	
Grundfläche ca.	A	[m²]	=	1248,0	2679,6	45,4	350,0	181,5	105,7	227,0		105,7	116,6	116,6	91,6	
Rettingsstollen: Länge	L _{RSt}	[m]	=				20,0	60,0	11,0	75,0	197,2	2,0	159,0	147,0	19,0	
Rettingsstollen: Radius	r _{RSt}	[m]	=				2,3	2,1	2,4	6,3	5,1	3,5	1,8	1,8	2,5	
GOK ca.		[m üNN]	=	623,30	589,20	625,45	625,01	609,00	610,20	600,00		590,50	611,00	614,50	617,70	626,40
tiefe BGS gem. Planung (UK Bodenplatte)		[m üNN]	=	611,80	574,00	596,55	596,55	591,19	577,75	556,68		566,77	573,00	572,95	570,29	
UK Umschließung (nach Länge gewichteter Mittelwert)		[m üNN]	=	601,60	566,85	592,55	592,55	587,19	566,05	552,68		565,40	569,10	568,55	565,29	
OK-Tertiär bzw. OK-Seeton bzw. OK-bindige Moräne		[m üNN]	=	607,00	580,00	606,70	606,70	592,50	578,97	589,80		583,41	591,03	578,16	592,40	606,20
OK-Tertiär (Ton/Schluff) bzw. OK-Seeton bzw. OK-bindige Moräne		[m üNN]	=	606,80	580,00	606,70	606,70	592,50	578,97	589,80		583,41	591,03	578,16	592,40	606,20
OK-Tertiär (Sand) bzw. OK-fluviatiler Sand		[m üNN]	=	607,00	583,30	596,55	596,55	591,80	565,00	575,00		560,50	568,00	568,00	561,80	
OK-Tertiär bzw. Sandschicht (Sand für Entspannung)		[m üNN]	=	603,80	567,20	595,55	595,55	588,30	565,00	551,00		560,50	568,00	568,00	561,80	
UK-Tertiär bzw. Sandschicht (Sand für Entspannung)		[m üNN]	=	602,80	564,20	593,55	593,55	587,80	564,00	550,00		559,50	567,00	567,00	560,10	
Unterströmungsquerschnitt im Quartär	T	[m]	=	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	
Quartärer Bemessungswasserstand im Endzustand	HW _{End,Q}	[m üNN]	=	617,65	585,90	615,70	615,70	608,60	595,63	595,22		586,00	594,27	595,30	595,27	617,65
Quartärer Bemessungswasserstand während der Bauzeit	HW _{Bau,Q}	[m üNN]	=	616,90	585,20	614,84	614,84	607,80	594,13	593,72		585,30	592,77	594,37	593,77	616,90
Tertiärer Bemessungswasserstand im Endzustand	HW _{End,T}	[m üNN]	=	617,55		612,09	612,09	611,03	611,03	595,22		588,70	611,33	611,33	595,27	
Tertiärer Bemessungswasserstand während der Bauzeit	HW _{Bau,T}	[m üNN]	=	616,05		610,59	610,59	609,53	609,53	593,72		587,50	609,83	609,53	593,77	
Absenkeziel (0,3 m unter BGS)		[m üNN]	=	611,50	573,70	596,25	596,25	590,89	577,45	556,38		566,47	572,70	572,65	569,99	
Gesamtabenkung im Trog bei HW _{Bau,Q}	s	[m]	=	5,40	11,50	18,59	18,59	16,91	16,68	37,34		18,83	20,07	21,72	23,78	
Absenkung im Trog Quartär bei HW _{Bau,Q}	sq	[m]	=	5,40	5,20	8,14	8,14	15,30	15,16	3,92		1,89	1,74	16,21	1,37	
Absenkung im Trog Tertiär bei HW _{Bau,Q}	st	[m]	=		6,30	10,45	10,45	1,61	1,52	33,42		16,94	18,33	5,51	22,41	
UK Filter Versickerungsbrunnen Quartär (=OK Tertiär)		[m üNN]	=	607,00	580,00	606,70	606,70	592,50	578,97	589,80		583,41	591,03	578,16	592,40	606,20
Stauhöhe im Sickerbrunnen Quartär (max. HW _{End,Q})	zq	[m]	=	0,75	0,70	0,86	0,86	0,80	1,50	1,50		0,70	1,50	0,93	1,50	0,75
Stauhöhe in der Rigole	zrig	[m]	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Brunnenradius (Quartär)	r _q	[m]	=	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30		0,30	0,30	0,30	0,30	
Brunnenradius (Tertiär)	r _t	[m]	=	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30		0,30	0,30	0,30	0,30	
benetzte Filterlänge Quartärversickerung	h [*] q	[m]	=	11,40	6,60	9,86	9,86	16,90	18,16	6,92		3,29	4,74	18,07	4,37	12,20
Sohlbreite einer Sickerrigole	b _{Rig}	[m]	=	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	1,00	
k-Wert feinkörniges Tertiär	k (tf)	[m/s]	<	1,0E-08	1,0E-08	1,0E-08	1,0E-08	1,0E-08	1,0E-08	1,0E-08		1,0E-08	1,0E-08	1,0E-08	1,0E-08	
k-Wert Tertiärsand	k (ts-Entsp)	[m/s]	=	5,0E-05	5,0E-05	5,0E-05	5,0E-05	5,0E-05	5,0E-05	5,0E-05		5,0E-05	5,0E-05	5,0E-05	5,0E-05	
k-Wert Quartärkies (Anströmung Br., natürl. Strömung)	k (q)	[m/s]	=	5,0E-03	5,0E-03	5,0E-03	5,0E-03	5,0E-03	5,0E-03	5,0E-03		5,0E-03	5,0E-03	5,0E-03	5,0E-03	
k-Wert Quartärkies (Versickerung)	ksick (q)	[m/s]	=	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04		5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	5,0E-04	
Quartäre Grundwassermächtigkeit bei HW _{End,Q} (Mittel)	H HW _{End (q)}	[m]	=	10,65	5,90	9,00	9,00	16,10	16,66	5,42		2,59	3,24	17,14	2,87	11,45
Quartäre Grundwassermächtigkeit bei HW _{Bau,Q} (Mittel)	H HW _{Bau (q)}	[m]	=	9,90	5,20	8,14	8,14	15,30	15,16	3,92		1,89	1,74	16,21	1,37	10,70
Grundwassergefälle bei HW _{End,Q} ca.	i		=	0,006	0,001	0,006	0,006	0,005	0,010	0,025		0,002	0,010	0,025	0,025	
Entwässerbarer Porenanteil Quartär	n (q)		=	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25		0,25	0,25	0,25	0,25	
Entwässerbarer Porenanteil Tertiär	n (t)		=	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15		0,15	0,15	0,15	0,15	
Bemessungsniederschlag	r 15(0,2)	m³/(s ha)	=	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193		0,193	0,193	0,193	0,193	
Mittlerer Jahresniederschlag	NS _{mittel}	m³/m²	=	1,10	1,10	1,100	1,100	1,10	1,10	1,10		1,10	1,10	1,10	1,10	

BV: Tunnel Starnberg

		Startbau- grube Süd	Trog Nord	Düker 2 (Anstrom)	Notausstieg 1 & Düker 2 (Abstrom)	Notausstieg 2	Notausstieg 3	Notausstieg 4	Notausgang 5	Notausstieg 6	Düker 3 (Anstrom)	Düker 3 (Abstrom)	Lüftungs- zentrale (Schacht)	BE Süd
<u>I Berechnung der zu fördernden Wassermengen</u>														
Bauzeit	[Wochen] =	124	43	39	39	35	39	52	43	22	22	22	52	
Niederschlagswasser:														
Im dichten Baugrubentrog muß das anfallende Niederschlagswasser zeitlich verzögert von der Wasserhaltung gefördert werden. Beim 15-minütigen Bemessungsregen $n_{5(0,2)}$ fällt in der Baugrube folgende Wassermenge an:														
$Q_{N15} = r_{15(0,2)} \times 15 \text{ min} \times 60 \text{ s} \times A \times 1/10000 \text{ m}^2$	[m³/15 min] =	21,68	46,54	0,79	6,08	3,15	1,84	3,94		1,84	2,03	2,03	1,59	
Diese Niederschlagswassermenge kann bei einer zusätzlichen Pumpleistung von														
Pumpleistung = $Q_{N15} / (3600 \cdot 3)$	[l/s] =	2,01	4,31	0,07	0,56	0,29	0,17	0,37		0,17	0,19	0,19	0,15	
in etwa drei Stunden mit der Restwasserhaltung abgepumpt werden.														
Bei dem angenommenen mittleren Jahresniederschlag NS_{mittel} fällt bei der geschätzten Bauzeit bis zur Inbetriebnahme einer geordneten Oberflächenentwässerung folgende Wassermenge an														
$Q_{NBauzeit} = (NS_{\text{mittel}}/365) \times A \times \text{Bauzeit [Wochen]} \times 7 =$	[m³/Bauzeit] =	3265	2431	37	288	134	87	249		49	54	54	100	
Dies entspricht bei der Restwasserhaltung einer durchschnittlichen Förderrate von:														
$Q = Q_{NBauzeit} / (\text{Bauzeit} \times 24 \times 3600) =$	[m³/s]	0,00004	0,00009	0,00000	0,00001	0,00001	0,00000	0,00001		0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	
	[l/s]	0,04	0,09	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01		0,00	0,00	0,00	0,00	
<u>Wasserundurchlässiger Verbau</u>														
Die Abschätzung der zu fördernden Wassermengen der Restwasserhaltung des wasser- undurchlässigen Baugrubentroges erfolgt für den Wasserstand $HW_{\text{Bau,Q}}$.														
Trogwasser (vereinfacht zum erstmaligen Absenken)														
$V_{\text{Trog}} = A \times [s \times n(q)]$	[m³] =	1684,80	7703,85	210,83	1626,63	767,12	440,70	2118,86		497,50	585,20	633,31	544,61	
Zum Abpumpen dieser Wassermenge innerhalb einer Arbeitswoche ist eine Pumpleistung erforderlich von etwa:														
$V_{\text{Trog}} \times 1000 / (5 \times 24 \times 3600)$	[l/s] =	3,90	17,83	0,49	3,77	1,78	1,02	4,90		1,15	1,35	1,47	1,26	
Restwasser aus der Dichtsohle														
Zur Abschätzung der Sickerwassermenge wird $q = 0,0015 \text{ m}^3/\text{s}$ je 1000 m^2 benetzter Fläche der Unterwasserbetonsohle angenommen. Es ergibt sich eine Sickerwassermenge von etwa:														
$Q_{\text{Sohle}} = 0,0015 / 1000 \times A$	[m³/s]	0,00187	0,00402	0,00007	0,00053	0,00027	0,00016	0,00034		0,00016	0,00017	0,00017	0,00014	
	[l/s]	1,87	4,02	0,07	0,53	0,27	0,16	0,34		0,16	0,17	0,17	0,14	
Bei der geschätzten Bauzeit bis zur Auftriebsicherheit ist entsprechend dieser Abschätzung voraussichtlich maximal mit folgendem Wasserzutritt aus der Sohle zu rechnen:														
$Q_{\text{Sohle}} \times (3600 \times 24 \times 7 \times \text{Anzahl Wochen})$	[m³/Bauzeit] =	140391,01	104530,12	1605,04	12383,28	5761,67	3739,16	10707,65		2109,27	2327,78	2327,78	4321,59	

BV: Tunnel Starnberg

	Startbau- grube Süd	Trog Nord	Düker 2 (Anstrom)	Notausstieg 1 & Düker 2 (Abstrom)	Notausstieg 2	Notausstieg 3	Notausstieg 4	Notausgang 5	Notausstieg 6	Düker 3 (Anstrom)	Düker 3 (Abstrom)	Lüftungs- zentrale (Schacht)	BE Süd
--	------------------------	-----------	----------------------	---	------------------	------------------	------------------	-----------------	------------------	----------------------	----------------------	------------------------------------	--------

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 $H_{WBau,Q}$. Es ergibt sich eine Sickerwassermenge von etwa:

$Q_{Wand} = U \times H_{WBau} \times q \times 0,002 / 1000$	[m³/s]	=	0,0046	0,0043	0,0004	0,0013	0,0015	0,0011	0,0004	0,0001	0,0003	0,0025	0,0001
Q_{Wand}	[l/s]	=	4,59	4,27	0,39	1,27	1,46	1,10	0,42	0,14	0,27	2,50	0,09

Bei der geschätzten Bauzeit bis zur Auftriebsicherheit ist entsprechend dieser Abschätzung voraussichtlich etwa mit folgender Wassermenge an Sickerwasser aus der Baugrubenumschließung zu rechnen:

$Q_{Wand} \times (3600 \times 24 \times 7 \times \text{Anzahl Wochen})$	[m³/Bauzeit]	=	344497,95	111107,66	9168,41	29951,97	30931,05	26062,34	13168,31	1832,88	3565,37	33215,30	2923,74
---	--------------	---	-----------	-----------	---------	----------	----------	----------	----------	---------	---------	----------	---------

Wassermenge der Tertiärentspannung

Zur überschlägigen Abschätzung des Wasserandrangs einer Tertiärwasserentspannung, die bei der vorgesehenen Ausführung erforderlich ist, wird von einer tertiären Sandschicht ausgegangen, die unterhalb einer geringdurchlässigen tertiären Tonschicht ansteht und von den Entspannungsbrunnen, die bis zu Tiefen von überschlägig mindestens um den Betrag der Grundwasserabsenkung s unter die Baugrubensohle ausgeführt werden müssen, erfasst wird.

Ermittlung der Auftriebsicherheit

Wichte Boden γ_B	[kN/m³]	=	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00
Wichte Beton γ_{Beton}	[kN/m³]	=			25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
Wichte Wasser γ_W	[kN/m³]	=	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Grundwasserüberdeckung $h_0 = H_{WBau} - OK \text{ Tertiär (Sand für Entsp.)}$	[m]	=	13,10	18,00	8,14	8,14	19,50	29,13	42,72	24,80	24,77	26,37	31,97
Bodenüberdeckung $t = \text{tiefste BGS} - OK \text{ Tertiär (Sand für Entsp.)}$	[m]	=	8,00	6,80	1,00	1,00	2,89	12,75	5,68	6,27	5,00	4,95	8,49
Volumen Bohrpfähle/Schlitzwand $V_{Verbau} = (GOK-UK \text{ Verbau}) \times \pi \times (r_{\text{außen}}^2 - r_{\text{innen}}^2)$	[m³]	=			1603,09	5485,29	2208,34	3371,83	5380,01	1916,94	3750,22	4112,71	3712,88
Teilsicherheitsbeiwert für "Stabilisierende ständige Einwirkungen $\gamma_{G,stab}$ "		=	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Stabilisierende ständige Einwirkungen $G_{k,stab} \times \gamma_{G,stab} = t^* \gamma_B \times \gamma_{G,stab} (+ V_{Verbau} \times \gamma_{Beton} \times \gamma_G)$ [kN]		=	152,00	129,20	19,00	19,00	54,91	242,25	107,92	45646,46	95,00	94,05	161,31
Teilsicherheitsbeiwert für "Destabilisierende ständige Einwirkungen $\gamma_{G,dst}$ "		=	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
Destabilisierende Einwirkungen $A_k \times \gamma_{G,dst} = h_0 \times \gamma_W \times \gamma_{G,dst}$	[kN]	=	137,55	189,00	85,47	85,47	204,75	305,87	448,56	260,40	260,09	276,89	335,69
Sicherheit gegen Aufschwimmen η		=	1,11	0,68	0,22	0,22	0,27	0,79	0,24	175,29	0,37	0,34	0,48
Tertiärwasserentspannung		=	nicht erf.	erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich	erforderlich	nicht erf.	erforderlich	erforderlich	erforderlich

Ermittlung der erforderlichen Entspannung

zulässige Grundwasserüberdeckung $h_{0,zul} = (t^* \gamma_B \times \gamma_{G,stab}) / (\gamma_W \times \gamma_{G,dst})$	[m]	=		12,30	1,81	1,81	5,23	23,07	10,28		9,05	8,96	15,36
erforderliche Entspannung $s_{Entsp} = h_0 - h_{0,zul}$	[m]	=		5,70	6,33	6,33	14,27	6,06	32,44		15,72	17,41	16,61

Ermittlung der erforderlichen Aufschlusstiefe

Differenz Grundwasserüberdeckung und Bodenüberdeckung $h_{lt} = h_0 - t$	[m]	=		11,20	7,14	7,14	16,61	16,38	37,04		19,77	21,42	23,48
erforderliche Bodenüberdeckung $t_{\text{erf}} = (h_{lt} \times \gamma_W \times \gamma_{G,dst}) / (\gamma_B \times \gamma_{G,stab} \times \gamma_W \times \gamma_{G,dst})$	[m]	=		13,84	8,82	8,82	20,52	20,23	45,76		24,42	26,46	29,00
UK Entspannungsbrunnen = BGS - t_{erf}	[m üNN]	=		560,16	587,73	587,73	570,67	557,52	510,92		548,58	546,49	541,29

Anfallende Grundwassermengen der Tertiärentspannung

$R = 3000 \times s_{Entsp} \times v_k \text{ (ts-Entsp)}$	[m]	=		120,81	134,29	134,29	302,72	128,52	688,20		333,52	369,38	352,29
$A_{RE} = va \times b / \pi$	[m]	=		29,21	4,29	10,56	8,58	6,54	9,59		6,88	6,88	6,09
$H_{TS} = H_{WBau} - UK\text{-Tertiär (Sand für Entsp.)}$	[m]	=		21,00	8,14	8,14	20,00	30,13	43,72		25,77	27,37	33,67
$h_{TS} = H_{TG} - s_{Entsp}$	[m]	=		15,30	1,81	1,81	5,73	24,07	11,28		10,05	9,96	17,06
$m_{TG} = OK\text{-Tertiär (Sand für Entsp.)} - UK\text{-Tertiär (Sand für Entsp.)}$	[m]	=		3,00	2,00	2,00	0,50	1,00	1,00		1,00	1,00	1,70

Brunnen vollkommen (vollk.) oder unvollkommen (unvollk.):
OK-Tertiär (Ton/Schluff) < UK Entspannungsbrunnen, dann unvollkommen

$Q_{Entsp} = 2 \times \pi \times k \text{ (ts-Entsp)} \times m_{TG} \times s_{Entsp} / (\ln R - \ln A_{RE})$	[m³/s]	=		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00
Q_{Entsp}	[l/s]	=		0,06	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02		0,02	0,02	0,03

BV: Tunnel Starnberg

		Startbau- grube Süd	Trog Nord	Düker 2 (Anstrom)	Notausstieg 1 & Düker 2 (Abstrom)	Notausstieg 2	Notausstieg 3	Notausstieg 4	Notausgang 5	Notausstieg 6	Düker 3 (Anstrom)	Düker 3 (Abstrom)	Lüftungs- zentrale (Schacht)	BE Süd
Erhöhung für unvollkommene Brunnen														
$Q_{Entsp,u} = Q_{Entsp} * 1,25$	[m³/s]	=		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,00	
	[l/s]	=		0,06	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02		0,02	0,02	0,03	
Fassungsvermögen eines Entspannungsbrunnens														
$Q_{Entsp} = 2 * \pi * r_t * m_{TG} * \sqrt{k} * (ts - Entsp) / 15$	[m³/s]	=		0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00	0,01	
	[l/s]	=					1,48	2,96	2,96		2,96	2,96	5,04	
Abschätzung der Anzahl an Entspannungsbrunnen														
$n_{Br,Entsp} = Q_{Entsp} / q_{Entsp}$ bzw. $Q_{Entsp,u} / q_{Entsp}$		=		0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01		0,01	0,01	0,01	
$n_{Br,Entsp}$		=		0,10	0,10	0,10	1,00	1,00	1,00		1,00	1,00	1,00	
Bei der gegebenen Bauzeit fallen entsprechend dieser Abschätzung voraussichtlich etwa folgende Wassermengen für die Tertiärwasserentspannung an:														
Q_{Entsp} bzw. $Q_{Entsp,u} * (3600 * 24 * 7 \text{ Bauzeit [Wochen]})$	[m³]	=	1523,79	721,68	758,23	161,31	368,06	472,34			201,20	200,79	805,72	
Rettingsstollen														
vereinfachte Wassermenge im Ausbruchsmaterial: $V_{RSt} = r_{RSt}^2 * \pi * L_{RSt} * n$ (q) bzw. n (t)														
	[m³]	=			79,52	198,04	49,76	1402,76	0,00	11,55	242,76	224,44	55,96	
vorausseilende Entwässerung:														
Vortriebszeit	[Wochen]	=						8,00	16,00					
angenommene Zuströmung	[l/s]	=						2,00	2,00					
Wassermenge aus vorausseilender Entwässerung	[m³]	=						9676,80	19353,60					
Gesamtmenge Rettungstollen	[m³]	=			79,52	198,04	49,76	11079,56	19353,60		11,55	242,76	224,44	55,96
Bohrarbeiten (Anker, Filterstränge, Horizontalentwässerungsbrunnen)														
geplante Ankerbohrmeter unter HW_{Bau} (ca.)	[m]	=	4500,00	525,00										
Bohrzeit je Meter	[m/h]	=	15,00	15,00										
Annahme zuströmende Wassermenge bei Ankerbohrarbeiten	[l/s]	=	5,00	5,00										
Wassermenge Ankerbohrarbeiten	[m³]	=	5400,00	630,00										
geplante Bohrmeter im Fehlmannverfahren	[m]	=		1050,00							450,00	660,00		
Bohrzeit je Meter	[m/h]	=		1,00							1,00	1,00		
Annahme zuströmende Wassermenge bei Fehlmannverfahren	[l/s]	=		5,00							5,00	5,00		
Wassermenge Fehlmannverfahren	[m³]	=		18900,00							8100,00	11880,00		
geplante Bohrmeter im Karosan-Verfahren	[m]	=			600,00	600,00								
Bohrzeit je Meter	[m/h]	=			1,00	1,00								
Annahme zuströmende Wassermenge bei Karosan-Verfahren	[l/s]	=			0,20	0,20								
Wassermenge Karosan-Verfahren	[m³]	=			432,00	432,00								
Gesamtmenge Bohrarbeiten	[m³]	=	5400,00	19530,00	432,00	432,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8100,00	11880,00	0,00	
Gesamtwassermengen für die Bauzeit:														
Niederschlagswasser (Mittel)	[m³]	=	3264,63	2430,73	37,32	287,96	133,98	86,95	248,99	0,00	49,05	54,13	54,13	100,49
	[l/s]	=	0,04	0,09	0,00	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Niederschlagswasser (Starkregen)	[l/s]	=	2,01	4,31	0,07	0,56	0,29	0,17	0,37	0,00	0,17	0,19	0,19	0,15
Trogwasser	[m³]	=	1684,80	7703,85	210,83	1626,63	767,12	440,70	2118,86	0,00	497,50	585,20	633,31	544,61
	[l/s]	=	3,90	17,83	0,49	3,77	1,78	1,02	4,90	0,00	1,15	1,35	1,47	1,26
Sohlwasser	[m³]	=	140391,01	104530,12	1605,04	12383,28	5761,67	3739,16	10707,65	0,00	2109,27	2327,78	2327,78	4321,59
	[l/s]	=	1,87	4,02	0,07	0,53	0,27	0,16	0,34	0,00	0,16	0,17	0,17	0,14
Sickerwasser Baugrubenumschließung	[m³]	=	344497,95	111107,66	9168,41	29951,97	30931,05	26062,34	13168,31	0,00	1832,88	3565,37	33215,30	2923,74
	[l/s]	=	4,59	4,27	0,39	1,27	1,46	1,10	0,42	0,00	0,14	0,27	2,50	0,09
Tertiärentspannung	[m³]	=		1523,79	721,68	758,23	161,31	368,06	472,34	0,00	201,20	200,79	805,72	
	[l/s]	=		0,06	0,03	0,03	0,01	0,02	0,02	0,00	0,02	0,02	0,03	
Rettingsstollen (Gesamtmenge)	[m³]	=				79,52	198,04	49,76	11079,56	19353,60	11,55	242,76	224,44	55,96
Bohrarbeiten (Gesamtmenge)	[m³]	=	5400,00	19530,00	432,00	432,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8100,00	11880,00	0,00	
Gesamtwassermenge für die Baumaßnahme	[m³]	=	495238,40	246826,21	12175,31	45519,62	37953,18	30746,98	37795,72	19353,60	4500,24	15076,46	48535,77	8752,15
Während des Leerpumpens des Troges ist von folgender maximaler rechnerischer Wassermenge auszugehen:														
$Q_{MAX} \text{ Absenk} = \text{Trogw.} + \text{Sohlw.} + \text{Sickerw.} + \text{Niederschlag}$	[l/s]	=	10,41	26,22	0,95	5,57	3,52	2,29	5,67		1,45	1,80	4,14	1,49

BV: Tunnel Starnberg

			Startbau- grube Süd	Trog Nord	Düker 2 (Anstrom)	Notausstieg 1 & Düker 2 (Abstrom)	Notausstieg 2	Notausstieg 3	Notausstieg 4	Notausgang 5	Notausstieg 6	Düker 3 (Anstrom)	Düker 3 (Abstrom)	Lüftungs- zentrale (Schacht)	BE Süd
Nach Herstellung der Baugrube ist unter Berücksichtigung eines Starkregeneignisses und Bohrarbeiten von folgender maximaler rechnerischer Restwassermenge auszugehen:															
Q MAX Rest = Sohlw. + Sickerw. + Tertiärentw. + Starkregen + Bohrarbeiten	[l/s]	=	13,47	22,66	0,76	2,59	2,03	1,45	1,14		0,47	5,65	7,87	0,40	20,72
Ohne Berücksichtigung des Starkregens reduziert sich die rechnerische Restwassermenge nach dem Leerpumpen des Troges auf:															
Q MAX Rest = Sohlw. + Sickerw.+ Tertiärentw. + Niederschlagsw.	[l/s]	=	6,51	8,44	0,49	1,84	1,75	1,28	0,78		0,30	0,46	2,69	0,26	

BV: Tunnel Starnberg

	Startbau- grube Süd	Trog Nord	Düker 2 (Anstrom)	Notausstieg 1 & Düker 2 (Abstrom)	Notausstieg 2	Notausstieg 3	Notausstieg 4	Notausgang 5	Notausstieg 6	Düker 3 (Anstrom)	Düker 3 (Abstrom)	Lüftungs- zentrale (Schacht)	BE Süd
--	------------------------	-----------	----------------------	---	------------------	------------------	------------------	-----------------	------------------	----------------------	----------------------	------------------------------------	--------

II Berechnung einer Grundwasserversickerung:

Im normalen Wasserhaltungsbetrieb bzw. bei zusätzlich auftretenden Starkregenereignissen fallen rechnerisch etwa oben genannte Wassermengen an. Es wird die Versickerungsmöglichkeit durch Brunnen im Quartärkies untersucht.

Maximal zu versickernde Wassermenge Q_s	[m ³ /s]	=	0,0135	0,0227	0,0008	0,0026	0,0020	0,0014	0,0011	0,0005	0,0056	0,0079	0,0004	0,0207
---	---------------------	---	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Brunnenversickerung (Quartär ungespannt):

Die rechnerische Abschätzung der Brunnenversickerung im Quartär wird mit durchschnittlichen Untergrundverhältnissen im Bereich des Bauvorhabens 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 etwa auf den Wasserstand HW_{End} beschränkt.

Reichweite R (q) des Aufstaukegels bei Versickerung im Quartärkies

$R(q) = 3000 \times z_q \times \sqrt{k_{sick}(q)}$	[m]	=	50,3	47,0	57,7	57,7	53,7	100,6	100,6	47,0	100,6	62,4	100,6	50,3
--	-----	---	------	------	------	------	------	-------	-------	------	-------	------	-------	------

Die benötigte Fläche nach Deputit-Thiem (Ersatzradius):

$\ln ARE = \ln R(q) + \pi \times k_{sick}(q) \times [HB_{Bau}^2 - (HB_{Bau} + z_q)^2] / Q_s$		=	3,9	3,8	4,0	4,0	4,0	4,6	4,6	3,8	4,6	4,1	4,6	3,9
ARE	[m]	=	50,2	46,9	55,8	57,1	52,6	95,1	98,1	46,3	100,3	62,0	96,5	50,2

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

Vom Einzelbrunnen abströmende Wassermenge:

$Q_{s,EB} = \pi \times k_{sick} \times [HB_{Bau}^2 - (HB_{Bau} + z_q)^2] / (\ln R - \ln r_q)$	[m ³ /s]	=	-0,0047	-0,0024	-0,0044	-0,0044	-0,0076	-0,0129	-0,0038	-0,0010	-0,0020	-0,0091	-0,0017	-0,0051
$Q_{s,EB}$	[l/s]	=	-4,7	-2,4	-4,4	-4,4	-7,6	-12,9	-3,8	-1,0	-2,0	-9,1	-1,7	-5,1

Fassungsvermögen eines Sickerbrunnens:

$q_s = 2 \times r_q \times p \times h'q \times \sqrt{k_{sick}(q)} / 15$	[m ³ /s]	=	0,032	0,019	0,028	0,028	0,047	0,051	0,019	0,009	0,013	0,051	0,012	0,034
q_s	[l/s]	=	32,0	18,5	27,7	27,7	47,5	51,0	19,4	9,2	13,3	50,8	12,3	34,3

Die vom Einzelbrunnen abströmende, maßgebende Wassermenge beträgt

$Q_{s,EB}$	[l/s]	=	-4,7	-2,4	-4,4	-4,4	-7,6	-12,9	-3,8	-1,0	-2,0	-9,1	-1,7	-5,1
------------	-------	---	------	------	------	------	------	-------	------	------	------	------	------	------

Zur Versickerung der max. anfallenden Wassermenge Q_s wäre rechnerisch folgende Anzahl an Versickerungsbrunnen mit dem Durchmesser r_q bis OK-Tertiär erforderlich.

$n_{Brunnen} = Q_s / Q_{s,EB}$		=	2,9	9,4	0,2	0,6	0,3	0,1	0,3	0,5	2,8	0,9	0,2	4,1
$n_{Brunnen}$ (rechnerisch)		=	3	10	1	1	1	1	1	1	3	1	1	5

Es wird alternativ eine Rigolenversickerung untersucht.

Rigolenversickerung im Quartär:

Die Abschätzung der Sickerleistung erfolgt in Anlehnung an DVWG 138 .

$q_s = (bRig + z/2) \times k_{sick}(q)$	[m ³ /s je lfm]	=	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
q_s	[l/s je lfm]	=	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
$L_{Rig} = Q_s / q_s$	[m]	=	18,0	30,2	1,0	3,5	2,7	1,9	1,5	0,6	7,5	10,5	0,5	27,6

Die Versickerung der rechnerisch maximal anfallenden Wassermenge ist in Rigolen mit $b = 1,0$ m Sohlbreite, die $z = 1$ m tief eingestaut werden können, bei folgender Mindestgesamtlänge rechnerisch möglich:

	[m]		18	31	2	4	3	2	2	1	8	11	1	28
--	-----	--	----	----	---	---	---	---	---	---	---	----	---	----

BV: Tunnel Starnberg

Startbau- grube Süd	Trog Nord	Düker 2 (Anstrom)	Notausstieg 1 & Düker 2 (Abstrom)	Notausstieg 2	Notausstieg 3	Notausstieg 4	Notausgang 5	Notausstieg 6	Düker 3 (Anstrom)	Düker 3 (Abstrom)	Lüftungs- zentrale (Schacht)	BE Süd
------------------------	-----------	----------------------	---	------------------	------------------	------------------	-----------------	------------------	----------------------	----------------------	------------------------------------	--------

III Berechnung des Grundwasseraufstaus:

Allgemein wird der Grundwasserstrom durch in das Grundwasser reichende Bauwerke behindert. Hierdurch entsteht auf der Anströmseite ein Aufstau und auf der Abströmseite ein Sunk. Die Berechnungen erfolgen für die Bauzeit bei HW_{Bau} , für die fertigen Bauwerke bei HW_{End} , mit dem auf Seite 1 angegebenen Grundwassergefälle.

Berechnung für den Bauzustand

Grundwasseraufstau bei ausschließlicher Umströmung nach Schneider

Umströmung des Neubaus allein

$$\Delta h_{um} = i \times L / 2 \times \cos^2 \Delta \quad [m] = \quad 0,08 \quad 0,02 \quad 0,08 \quad 0,04 \quad 0,06 \quad 0,21 \quad 0,01 \quad 0,07 \quad 0,17 \quad 0,14$$

Grundwasseraufstau bei ausschließlicher Unterströmung nach Schneider

Druckhöhenverlust

$$\Delta h_B = i \times \cos \Delta \times (H_{HWBau} (q) \times k (q) / T \times k (q)) \times B / 2 \quad \Delta h_B =$$

$$\Delta h'_{0,B} = i \times \cos \Delta \times 2 \times H_{HWBau} (q) \times k (q) / (\pi \times k_0 (q)) \times \ln((1 + \cos(\pi \times T / (2 \times (H_{HWEnd} (q) + \Delta h_B)))) / \sin(\pi \times T / (2 \times (H_{HWEnd} (q) + \Delta h_B)))) \quad \Delta h'_{0,B} =$$

Anhebung des Wasserspiegels

$$\Delta h_{0,B} = 0,049 \times \ln((1 + \cos(\pi \times T / (2 \times (H_{HWBau} (q) + \Delta h'_{0,B} + \Delta h_B)))) / \sin(\pi \times T / (2 \times (H_{HWBau} (q) + \Delta h'_{0,B} + \Delta h_B)))) \quad \Delta h_{0,B} =$$

Aufstau bei Unterströmung

$$\Delta h_{unter} = - i \times \cos \Delta \times 2 \times H_{HWBau} (q) \times k (q) / (\pi \times k_0 (q)) \times \ln(\sin(\pi \times T / (2 \times (H_{HWBau} (q) + \Delta h_{0,B} + \Delta h_B)))) + \Delta h_B \quad \Delta h_{unter} \quad [m] =$$

Grundwasseraufstau bei Um- und Unterströmung nach Schneider

$$\Delta h = 1 / (1 / \Delta h_{um} + 1 / \Delta h_{unter}) \quad \Delta h \quad [m] = \quad 0,078 \quad 0,023 \quad 0,075 \quad 0,038 \quad 0,058 \quad 0,213 \quad 0,012 \quad 0,068 \quad 0,169 \quad 0,135$$

Es ergibt sich in etwa folgender rechnerischer Grundwasseraufstau auf der Anströmseite und ein Sunk gleicher Größe auf der Abströmseite: [cm]

8	2	8	4	6	21	1	7	17	14
---	---	---	---	---	----	---	---	----	----

BV: Tunnel Starnberg

	Startbau- grube Süd	Trog Nord	Düker 2 (Anstrom)	Notausstieg 1 & Düker 2 (Abstrom)	Notausstieg 2	Notausstieg 3	Notausstieg 4	Notausgang 5	Notausstieg 6	Düker 3 (Anstrom)	Düker 3 (Abstrom)	Lüftungs- zentrale (Schacht)	BE Süd	
Berechnung für den Endzustand														
Grundwasseraufstau bei ausschließlicher Umströmung nach Schneider														
Umströmung des Neubaus allein														
$\Delta h_{um} = i \times L / 2 \times \cos^2 \Delta$	[m]	=	0,08	0,02	0,08	0,04	0,06	0,21		0,01	0,07	0,17	0,14	
Grundwasseraufstau bei ausschließlicher Unterströmung nach Schneider														
<u>Druckhöhenverlust</u>														
$\Delta h_B = i \cdot \cos \Delta \cdot (H_{HWEnd} (q) \cdot k (q) / T \cdot k (q)) \cdot B / 2$	Δh_B	=												
$\Delta h'_{0,B} = i \cdot \cos \Delta \cdot 2 \cdot H_{HWEnd} (q) \cdot k (q) / (\pi \cdot k_0 (q)) \cdot \ln((1 + \cos(\pi \cdot T / (2 \cdot (H_{HWEnd} (q) + \Delta h_B)))) / \sin(\pi \cdot T / (2 \cdot (H_{HWEnd} (q) + \Delta h_B))))$	$\Delta h'_{0,B}$	=												
<u>Anhebung des Wasserspiegels</u>														
$\Delta h_{0,B} = 0,049 \cdot \ln((1 + \cos(\pi \cdot T / (2 \cdot (H_{HWEnd} (q) + \Delta h'_{0,B} + \Delta h_B)))) / \sin(\pi \cdot T / (2 \cdot (H_{HWEnd} (q) + \Delta h'_{0,B} + \Delta h_B))))$	$\Delta h_{0,B}$	=												
<u>Aufstau bei Unterströmung</u>														
$\Delta h_{unter} = - i \cdot \cos \Delta \cdot 2 \cdot H_{HWEnd} (q) \cdot k (q) / (\pi \cdot k_0 (q)) \cdot \ln(\sin(\pi \cdot T / (2 \cdot (H_{HWEnd} (q) + \Delta h_{0,B} + \Delta h_B)))) + \Delta h_B$	Δh_{unter}	[m]	=											
Grundwasseraufstau bei Um- und Unterströmung nach Schneider														
$\Delta h = 1 / (1 / \Delta h_{um} + 1 / \Delta h_{unter})$	Δh	[m]	=	0,078	0,023	0,075	0,038	0,058	0,213		0,012	0,068	0,169	0,135
Es ergibt sich in etwa folgender rechnerischer Grundwasseraufstau auf der Anströmseite und ein Sunk gleicher Größe auf der Abströmseite:	[cm]		8	2	8	4	6	21		1	7	17	14	