

# **Anlage B7.1**

## **Beschreibung der Entwässerungsmaßnahmen**

Berechnungen und Nachweise

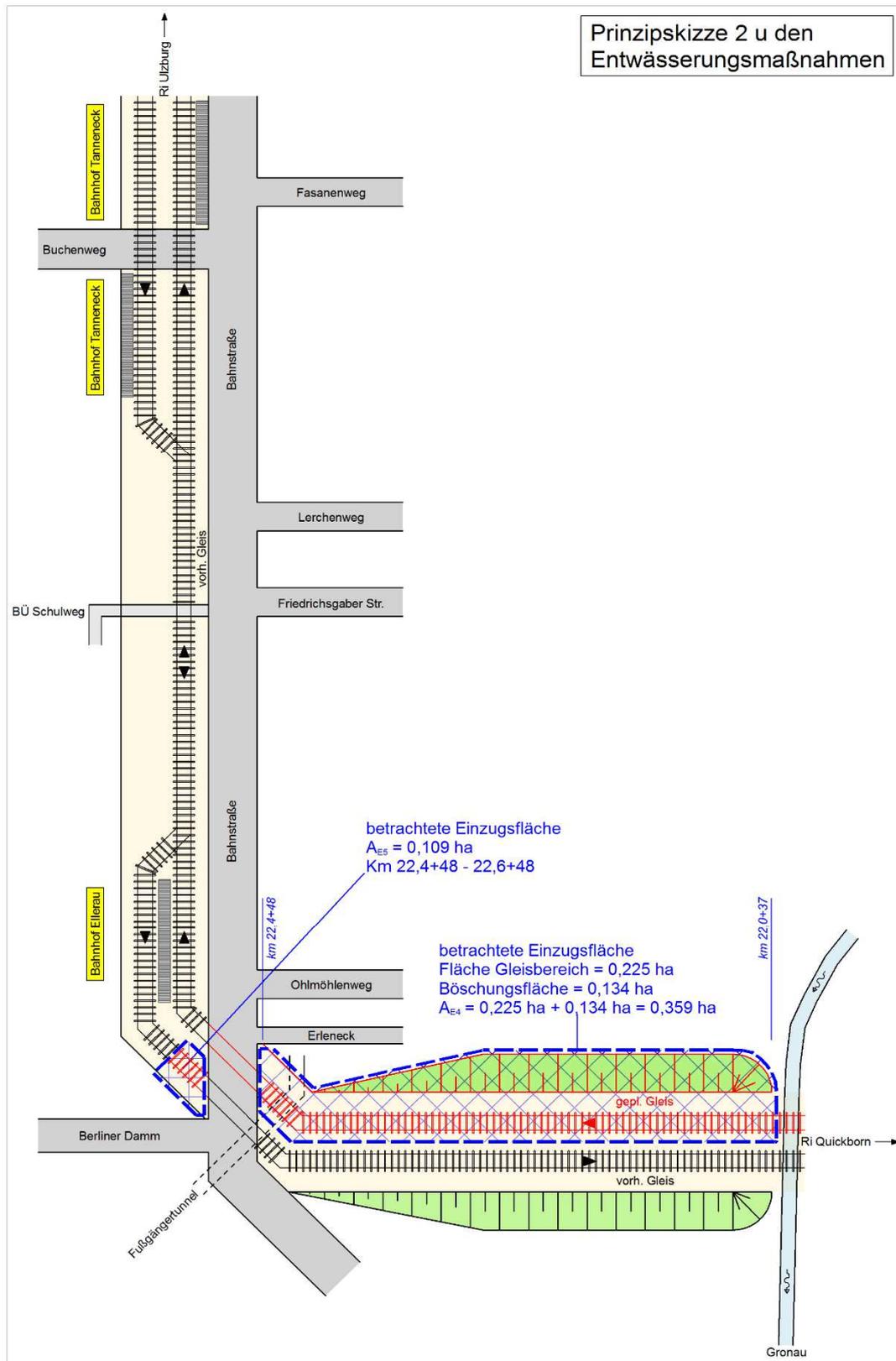
Entwässerungsmaßnahmen zum  
Zweigleisiger Ausbau der AKN Strecke A1/S21  
zwischen den AKN Bahnhöfen Quickborn und [Ellerau](#)

### **DECKBLATT**

Vollständig überarbeitete Fassung vom 05.07.2019



Prinzipskizze 2 u den Entwässerungsmaßnahmen



KOSTRA-DWD 2010

Deutscher Wetterdienst - Hydrometeorologie -



Niederschlagshöhen und -spenden  
nach KOSTRA-DWD 2010

Rasterfeld : Spalte: 34, Zeile: 19,  
Ortsname : Ellerau (SH)  
Bemerkung :  
Zeitspanne : Januar - Dezember

Dauerstufe	hN 1 a	rN 1 a	hN 2 a	rN 2 a	hN 5 a	rN 5 a	hN 10 a	rN 10 a	hN 20 a	rN 20 a	hN 30 a	rN 30 a	hN 50 a	rN 50 a	hN 100 a	rN 100 a
5 min	4,7	156,9	6,3	211,4	8,5	283,4	10,1	337,8	11,8	392,3	12,7	424,2	13,9	464,3	15,6	518,8
10 min	7,5	124,2	9,7	161,3	12,6	210,4	14,9	247,6	17,1	284,7	18,4	306,4	20,0	333,8	22,3	371,0
15 min	9,2	102,8	11,9	132,5	15,5	171,7	18,1	201,4	20,8	231,1	22,4	248,4	24,3	270,3	27,0	300,0
20 min	10,5	87,7	13,6	113,0	17,6	146,5	20,6	171,8	23,7	197,1	25,4	211,9	27,7	230,6	30,7	255,9
30 min	12,2	67,7	15,8	88,0	20,7	114,7	24,3	136,0	27,9	155,2	30,1	167,0	32,8	182,0	36,4	202,2
45 min	13,6	50,5	18,0	66,7	23,8	88,1	28,1	104,2	32,5	120,4	35,1	129,9	38,3	141,8	42,7	158,0
60 min	14,5	40,3	19,5	54,1	26,0	72,3	31,0	86,1	36,0	99,9	38,9	108,0	42,5	118,1	47,5	131,9
90 min	16,3	30,2	21,9	40,5	29,2	54,1	34,8	64,4	40,3	74,6	43,5	80,6	47,6	88,2	53,2	98,5
2 h	17,8	24,7	23,8	33,0	31,7	44,0	37,7	52,4	43,7	60,7	47,2	65,6	51,6	71,7	57,6	80,0
3 h	20,0	18,5	26,7	24,7	36,6	32,9	42,3	39,1	49,0	45,3	52,9	49,0	57,8	53,5	64,5	59,7
4 h	21,8	15,1	29,0	20,1	38,6	26,8	45,8	31,8	53,1	36,9	57,3	39,8	62,7	43,5	69,9	48,6
6 h	24,5	11,3	32,6	15,1	43,3	20,0	51,4	23,8	59,5	27,5	64,2	29,7	70,2	32,5	78,3	36,2
9 h	27,6	8,5	36,6	11,3	48,6	15,0	57,6	17,8	66,7	20,6	72,0	22,2	78,6	24,3	87,7	27,1
12 h	30,0	6,9	39,8	9,2	52,7	12,2	62,5	14,5	72,3	16,7	78,0	18,1	85,2	19,7	95,0	22,0
18 h	34,1	5,3	44,3	6,8	57,8	8,9	68,0	10,5	78,2	12,1	84,1	13,0	91,7	14,1	101,9	15,7
24 h	37,3	4,3	47,8	5,5	61,7	7,1	72,2	8,4	82,7	9,6	88,8	10,3	96,6	11,2	107,1	12,4
48 h	46,3	2,7	57,5	3,3	72,4	4,2	83,6	4,8	94,8	5,5	101,4	5,9	109,7	6,3	120,9	7,0
72 h	52,5	2,0	64,2	2,5	79,6	3,1	91,2	3,5	102,9	4,0	109,7	4,2	118,3	4,6	130,0	5,0

Legende

- T Wiederkehrintervall, Jährlichkeit in [a]: mittlere Zeitspanne, in der ein Ereignis einen Wert einmal erreicht oder überschreitet
- D Dauerstufe in [min, h]: definierte Niederschlagsdauer einschließlich Unterbrechungen
- hN Niederschlagshöhe in [mm]
- rN Niederschlagsspende in [l(s\*ha)]

Für die Berechnung wurden folgende Klassenfaktoren verwendet:

Wiederkehrintervall	15 min	60 min	12 h	72 h
1 a	0,50	0,50	0,50	0,50
100 a	0,50	0,50	0,50	0,50

Wenn die angegebenen Werte für Planungszwecke herangezogen werden, sollte für rN(D;T) bzw. hN(D;T) in Abhängigkeit vom Wiederkehrintervall

- bei 0,5 a <= T <= 5 a ein Toleranzbetrag von ±10%,
- bei 5 a < T <= 50 a ein Toleranzbetrag von ±15%,
- bei 50 a < T <= 100 a ein Toleranzbetrag von ±20%

Berücksichtigung finden.



## AKN Strecke A1/S21 zwischen Quickborn und Ellerau

### Entwässerungsnachweis

#### Abkürzungen

$A_E$ = Fläche [ha]	$Q_S$ = Versickerungsrate [ $m^3/s$ ]
$A$ = Abflussquerschnitt [ $m^2$ ]	$R$ = hydraulischer Radius $A_{Gr}/U_{Gr}$ [m]
$b$ = Breite des Grabens [m]	$r_E$ = Einleitmenge [ $l/(s*ha)$ ]
$d$ = Regendauer	$r_{d,a}$ = Regenspende [ $l/(s*ha)$ ]
$h$ = Höhe des Grabens [m]	$t_d$ = Entleerungszeit [min]
$l$ = Sohlgefälle [m/m]	$U_{Gr}$ = benetzter Grabenumfang
$k_s$ = Geschwindigkeitsbeiwert [ $m^{1/3}/s$ ]	$v$ = mittlere Fließgeschwindigkeit
$k_f$ = Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	$V_A$ = Stauvolumen mit Abfluss [ $m^3$ ]
$L$ = Länge des Grabens [m]	$V_{Gr}$ = Stauvolumen Graben [ $m^3$ ]
$n$ = Neigung	$V_R$ = Stauvolumen ohne Abfluss [ $m^3$ ]
$Q_A$ = Abflussmenge [l/s]	$\psi_s$ = Spitzenabflussbeiwert [-]
$Q_R$ = Regenzufluss/abfluss [l/s]	$f_z$ = Zuschlagfaktor (Vorbeugung einer Unterbemessung)

Die Regenspende  $r_{d,a}$  wurde der KOSTRA-DWD Tabelle 2010 entnommen (  $a = 10$  Jahre)

Abschnitt 1: Quickborn Malchower Brücke - km 20,9+14	→ SEL 1: TE AKN
Abschnitt 2: km 20,9+14 - BÜ Feldbehnsweg	→ SEL 2: Gronau Süd
Abschnitt 3: Quickborn BÜ Feldbehnsweg - Gronau	→ SEL 3: Versickerung
Abschnitt 4: Gronau - Ellerau BÜ Bahnstr.	→ SEL 4: Versickerung
Abschnitt 5: Ellerau BÜ Bahnstr. - Bahnhof Ellerau	→ SEL 5: Versickerung

#### Angewendete Formeln

##### Berechnung des Regenabflusses $Q_R$

$$Q_R = r_{d,a} * \psi_s * A_E \text{ [l/s]}$$

$\psi_s = 0,4$  gem. RIL 836.4601 Bild 6, Ansatz für das ges. Betrachtungsgebiet

##### Abflussleistung $Q_A$

$$Q_A = v * A \text{ [l/s]} \quad (\text{Geschwindigkeitsbeiwert } k_s \text{ für Gräben/Mulden gem. RIL 836.4602 , Bild 6})$$

bei Gräben/Mulden:  $v = k_s * R^{2/3}$  mit  $k_s = 30 \text{ m}^{1/3}/s$  (Graben) u.  $k_s = 40 \text{ m}^{1/3}/s$  (Mulde)

##### Berechnung Stauvolumen $V_{Gr}$ des Grabens

$$V_{Gr} = L * A_{Gr} \text{ [m}^3\text{]}$$

##### Berechnung des Stauvolumens $V_R$ nach Dauer $d$

$$V_R = Q_R * d * 60 / 1000 \text{ [m}^3\text{]}$$

##### Berechnung des Stauvolumens $V_A$ nach Dauer $d$ mit Abfluss $Q_A$

$$V_A = [(Q_R * d * 60) - (Q_A * d * 60)] / 1000 \text{ [m}^3\text{]} * f_z$$

##### Berechnung der Zeit $t_d$ bis Grabenentleerung

$$t_d = V_A * 1000 / (Q_A * 60) \text{ [min]}$$

### Abschnitt 1: Quickborn 20,5+08 - km 20,9+14

Einleitstelle: vorh. Tiefenentwässerung (TE) der AKN, km 20,5+08

Annahme: Abflussleistung  $Q_A$  der TE > 35 l/s (DN 300, 9,5 ‰ Sohlgefälle)

Grabenquerschnitt:

Zur Vermeidung des Einstaus von Oberflächenwasser in die Planumsschutzschicht (PSS) werden bei der Berechnung nur die untersten 10 cm des Grabens angesetzt.

$$A_{Gr} = h \cdot b + n \cdot h^2 \quad h = 0,10 \quad b = 0,40 \quad n = 1,5$$

$$A_{Gr} = 0,055 \quad m^2$$

benetzter Grabenumfang:

$$U_{Gr} = b + [h^2 + (n \cdot h)^2]^{0,5} \quad m$$

$$U_{Gr} = 0,761 \quad m$$

hydraulischer Radius:

$$R = A/U \quad m$$

$$R = 0,072 \quad m$$

Sohlgefälle des Grabens:

$$I = 5,71/1000 \quad [m/m] \quad (\text{ermittelt aus Höhenangaben der Gleisgradienten})$$

$$I \approx 0,006 \quad m/m$$

mittlere Fließgeschwindigkeit:

$$v = 30 \cdot 0,072^{2/3} \cdot 0,006^{1/2}$$

$$v = 0,393 \quad m/s$$

$$L_1 = 406 \quad m \quad A_{E1} = 0,388 \quad ha \quad V_{Gr1} = 22,3 \quad m^3 \quad Q_{A1} = 21,6 \quad l/s$$

d	Wiederkehrzeit 10 Jahre			
	$Q_{R1}$ [l/s]	$V_{R1}$ [m³]	$V_{A1}$ [m³]	$t_{d1}$ [min]
<b>5 min</b>	52,44	15,73	11,09	8,54
<b>10 min</b>	38,44	23,06	12,09	9,31
<b>15 min</b>	31,27	28,14	10,39	8,00
<b>20 min</b>	26,67	32,00	7,24	5,58
<b>30 min</b>	20,96	37,72	0,00	0,00
<b>45 min</b>	16,18	43,68	0,00	0,00
<b>60 min</b>	13,37	48,12	0,00	0,00
<b>90 min</b>	10,00	53,99	0,00	0,00
<b>2 h</b>	8,13	58,57	0,00	0,00
<b>3 h</b>	6,07	65,55	0,00	0,00
<b>4 h</b>	4,94	71,09	0,00	0,00
<b>6 h</b>	3,69	79,81	0,00	0,00
<b>9 h</b>	2,76	89,53	0,00	0,00
<b>12 h</b>	2,25	97,24	0,00	0,00
<b>18 h</b>	1,63	105,63	0,00	0,00
<b>24 h</b>	1,30	112,67	0,00	0,00
<b>48 h</b>	0,75	128,76	0,00	0,00
<b>72 h</b>	0,54	140,83	0,00	0,00

Die größte Wassermenge ergibt sich bei einem Bemessungsregen mit der Dauer von 10 min. mit

$$V_a = 12,09 \quad m^3 < V_{Gr} = 22,3 \quad m^3$$

**Abschnitt 2: km 20,9+14 - km 21,6+85 (BÜ Feldbehnsweg)**

Einleitstelle: Gronau Süd, km 22,0+31

**Bahngraben:**

Grabenquerschnitt: (siehe Abschnitt 1)

benetzter Grabenumfang: (siehe Abschnitt 1)

hydraulischer Radius: (siehe Abschnitt 1)

Sohlgefälle des Grabens:

$l = 6,19/1000$  [m/m] (ermittelt aus Höhenangaben der Gleisgradienten)

$l \approx 0,006$  m/m

mittlere Fließgeschwindigkeit:

$v = 30 \cdot 0,072^{2/3} \cdot 0,006^{1/2}$

$v = 0,41$  m/s

Abflussleistung  $Q_A = 22,5$  l/s

**Kanalrohr Kunststoff (PP):**

Durchmesser DN = 250 mm  $\rightarrow A_{KR} = 0,049$  m<sup>2</sup>

Sohlgefälle des Kanalrohres: 1,53 ‰ gem. Gradiente im Bahnübergangsbereich Feldbehnsweg mit einer betrieblichen Wandrauheit  $k_b = 0,5$  ergibt sich nach ATV-DVWK-A 110

mittlere Fließgeschwindigkeit:  $v = 0,542$  m/s Abflussleistung  $Q_A = 26,6$  l/s

**Bahnmulde:**

Muldenquerschnitt: Kreisabschnitt mit  $h = 0,10$  m  $b = 0,40$  m

daraus resultiert ein Radius  $r = 0,25$  m und mit Kreisabschnittsformel  $A = r^2 \cdot (\pi \cdot \alpha / 180 - \sin \alpha)$

$A_{Mu} = 0,033$  m<sup>2</sup>

benetzter Grabenumfang: mit  $U = \pi \cdot r \cdot \alpha / 180$

hydraulischer Radius:

$U_{Mu} = 0,464$  m

$R = 0,071$  m

Sohlgefälle der Mulde: 4,43 m Höhenunterschied auf 326 m Länge =  $l = 0,014$  m/m

mittlere Fließgeschwindigkeit:

$v = 40 \cdot 0,071^{2/3} \cdot 0,014^{1/2} = 0,800$  m/s

Abflussleistung  $Q_A = 26,4$  l/s

$L_2 = 771$  m

$A_{E2} = 0,723$  ha

$V_{Gr2} = 42,4$  m<sup>3</sup>

$Q_{A2} = 22,5$  l/s

Wiederkehrzeit 10 Jahre				
	$Q_{R2}$ [l/s]	$V_{R2}$ [m <sup>3</sup> ]	$V_{A2}$ [m <sup>3</sup> ]	$t_{d2}$ [min]
d [min]	10	10	10	10
5	97,62	29,29	27,03	20
10	71,56	42,93	35,30	26
15	58,20	52,38	38,53	28
20	49,65	59,58	39,05	29
30	39,02	70,23	35,60	26
45	30,11	81,31	24,56	18
60	24,88	89,58	10,15	8
90	18,61	100,50	0,00	0
2 h	15,14	109,03	0,00	0
3 h	11,30	122,04	0,00	0
4 h	9,19	132,34	0,00	0
6 h	6,88	148,57	0,00	0
9 h	5,14	166,67	0,00	0
12 h	4,19	181,03	0,00	0
18 h	3,03	196,64	0,00	0
24 h	2,43	209,74	0,00	0
48 h	1,39	239,71	0,00	0
72 h	1,01	262,18	0,00	0

Die größte Wassermenge ergibt sich bei einem Bemessungsregen mit der Dauer von 20 min. mit

$V_a = 39,05$  m<sup>3</sup> <  $V_{Gr} = 42,4$  m<sup>3</sup>.

**Abschnitt 3: Quickborn BÜ Feldbehnsweg - Gronau, km 21,6+93 - km 22,0+31**  
**Einleitstelle: Versickerung**

maßgebender  $k_f$  Wert für den Gleisbereich = PSS aus KG 2 =  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s

maßgebender  $k_f$  Wert für den Böschungsbereich = Oberbodenabdeckung =  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s

$$A_{E3} = 0,187 \text{ ha} \quad k_f = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

<b>Gleisbereich</b>				
Wiederkehrzeit 10 Jahre				
	$Q_{R3}$ [l/s]	$Q_S$ [l/s]	$V_{A3}$ [m³]	$t_{d3}$ [min]
<b>d [min]</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
5	63,17	46,75	4,93	1,76
10	46,30	46,75	0,00	0,00
15	37,66	46,75	0,00	0,00
20	32,13	46,75	0,00	0,00
30	25,25	46,75	0,00	0,00
45	19,49	46,75	0,00	0,00
60	16,10	46,75	0,00	0,00
90	12,04	46,75	0,00	0,00
2 h	9,80	46,75	0,00	0,00
3 h	7,31	46,75	0,00	0,00
4 h	5,95	46,75	0,00	0,00
6 h	4,45	46,75	0,00	0,00
9 h	3,33	46,75	0,00	0,00
12 h	2,71	46,75	0,00	0,00
18 h	1,96	46,75	0,00	0,00
24 h	1,57	46,75	0,00	0,00
48 h	0,90	46,75	0,00	0,00
72 h	0,65	46,75	0,00	0,00

Nachweis  $Q_R < Q_S$ ; Bei der Regendauer von 5 min erfolgt keine komplette Versickerung. Höhe der verbleibenden Wassermenge auf der PSS;  $h_d = V_A/A_E = 4,93 \text{ m}^3/1870 \text{ m}^2 = 0,00264 \text{ m} = 0,264 \text{ cm}$

$$A_{E3} = 0,145 \text{ ha} \quad k_f = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

<b>Böschungsbereich</b>				
Wiederkehrzeit 10 Jahre				
	$Q_{R3}$ [l/s]	$Q_S$ [l/s]	$V_{A3}$ [m³]	$t_{d3}$ [min]
<b>d [min]</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
5	48,85	72,30	0,00	0,00
10	35,80	72,30	0,00	0,00
15	29,12	72,30	0,00	0,00
20	24,84	72,30	0,00	0,00
30	19,52	72,30	0,00	0,00
45	15,07	72,30	0,00	0,00
60	12,45	72,30	0,00	0,00
90	9,31	72,30	0,00	0,00
2 h	7,58	72,30	0,00	0,00
3 h	5,65	72,30	0,00	0,00
4 h	4,60	72,30	0,00	0,00
6 h	3,44	72,30	0,00	0,00
9 h	2,57	72,30	0,00	0,00
12 h	2,10	72,30	0,00	0,00
18 h	1,52	72,30	0,00	0,00
24 h	1,21	72,30	0,00	0,00
48 h	0,69	72,30	0,00	0,00
72 h	0,51	72,30	0,00	0,00

Nachweis  $Q_R < Q_S$  für jeden betrachteten Bemessungsregen

### Abschnitt 4: Gronau - Ellerau BÜ Bahnstraße, km 22,0+37 - 22,4+48

#### Einleitstelle: Versickerung

maßgebender  $k_f$  Wert für den Gleisbereich = PSS aus KG 2 =  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s

maßgebender  $k_f$  Wert für den Böschungsbereich = Oberbodenabdeckung =  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s

$$A_{E4} = 0,225 \text{ ha} \quad k_f = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

<b>Gleisbereich</b>				
Wiederkehrzeit 10 Jahre				
	$Q_{R3}$ [l/s]	$Q_S$ [l/s]	$V_{A3}$ [m³]	$t_{d3}$ [min]
<b>d [min]</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
5	75,94	56,20	5,92	1,76
10	55,66	56,20	0,00	0,00
15	45,27	56,20	0,00	0,00
20	38,62	56,20	0,00	0,00
30	30,35	56,20	0,00	0,00
45	23,42	56,20	0,00	0,00
60	19,36	56,20	0,00	0,00
90	14,48	56,20	0,00	0,00
2 h	11,78	56,20	0,00	0,00
3 h	8,79	56,20	0,00	0,00
4 h	7,15	56,20	0,00	0,00
6 h	5,35	56,20	0,00	0,00
9 h	4,00	56,20	0,00	0,00
12 h	3,26	56,20	0,00	0,00
18 h	2,36	56,20	0,00	0,00
24 h	1,89	56,20	0,00	0,00
48 h	1,08	56,20	0,00	0,00
72 h	0,79	56,20	0,00	0,00

Nachweis  $Q_R < Q_S$ ; Bei der Regendauer von 5 min erfolgt keine komplette Versickerung. Höhe der verbleibenden Wassermenge auf der PSS;  $h_d = V_A/A_E = 5,92 \text{ m}^3/2250 \text{ m}^2 = 0,00263 \text{ m} = 0,263 \text{ cm}$

$$A_{E4} = 0,134 \text{ ha} \quad k_f = 1 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

<b>Böschungsbereich</b>				
Wiederkehrzeit 10 Jahre				
	$Q_{R3}$ [l/s]	$Q_S$ [l/s]	$V_{A3}$ [m³]	$t_{d3}$ [min]
<b>d [min]</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
5	45,27	67,00	0,00	0,00
10	33,18	67,00	0,00	0,00
15	26,99	67,00	0,00	0,00
20	23,02	67,00	0,00	0,00
30	18,09	67,00	0,00	0,00
45	13,96	67,00	0,00	0,00
60	11,54	67,00	0,00	0,00
90	8,63	67,00	0,00	0,00
2 h	7,02	67,00	0,00	0,00
3 h	5,24	67,00	0,00	0,00
4 h	4,26	67,00	0,00	0,00
6 h	3,19	67,00	0,00	0,00
9 h	2,39	67,00	0,00	0,00
12 h	1,94	67,00	0,00	0,00
18 h	1,41	67,00	0,00	0,00
24 h	1,13	67,00	0,00	0,00
48 h	0,64	67,00	0,00	0,00
72 h	0,47	67,00	0,00	0,00

Nachweis  $Q_R < Q_S$  für jeden betrachteten Bemessungsregen

**Abschnitt 5: Ellerau BÜ Bahnstr. - Bahnhof Ellerau, km 22,4+48 - km 22,6+48**

**Einleitstelle: Versickerung**

maßgebender  $k_f$  Wert für den Gleisbereich = PSS aus KG 2 =  $5 \cdot 10^{-5}$  m/s

$$A_{E5} = 0,109 \text{ ha} \quad k_f = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$$

**Gleisbereich**

Wiederkehrzeit 10 Jahre				
	$Q_{R3}$ [l/s]	$Q_S$ [l/s]	$V_{A3}$ [m³]	$t_{d3}$ [min]
<b>d [min]</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
5	36,82	27,25	2,87	1,76
10	26,99	27,25	0,00	0,00
15	21,95	27,25	0,00	0,00
20	18,73	27,25	0,00	0,00
30	14,72	27,25	0,00	0,00
45	11,36	27,25	0,00	0,00
60	9,38	27,25	0,00	0,00
90	7,02	27,25	0,00	0,00
2 h	5,71	27,25	0,00	0,00
3 h	4,26	27,25	0,00	0,00
4 h	3,47	27,25	0,00	0,00
6 h	2,59	27,25	0,00	0,00
9 h	1,94	27,25	0,00	0,00
12 h	1,58	27,25	0,00	0,00
18 h	1,14	27,25	0,00	0,00
24 h	0,92	27,25	0,00	0,00
48 h	0,52	27,25	0,00	0,00
72 h	0,38	27,25	0,00	0,00

Nachweis  $Q_R < Q_S$ ; Bei der Regendauer von 5 min erfolgt keine komplette Versickerung. Höhe der verbleibenden Wassermenge auf der PSS;  $h_d = V_A/A_E = 2,87 \text{ m}^3 / 1090 \text{ m}^2 = 0,00263 \text{ m} = 0,263 \text{ cm}$