

Anlage 2

Wasserrechtsentwurf „Hirtberg II“

Hydrotechnischer Nachweis

Entwurfsverfasser: Ingenieurbüro H. Dietlmeier
84076 Pfeffenhausen

.....
(Dietlmeier)

Datum: Mai 2025

HYDROTECHNISCHE BERECHNUNGEN FÜR DAS GEBIET BAUGEBIET HIRTBERG ZUR REGENRÜCKHALTUNG UND BEHANDLUNG DES NIEDERSCHLAGSWASSERS

1. BEWERTUNGSVERFAHREN NACH ATV-DVWK-MERKBLATT M 153

1.1 Undurchlässige Flächen:

1.1.1 Baugebiet "Baugebiet Hirtberg II"

		Fläche	Ψ	A_u
1	Dach und-Terrassenfl WA A1 =	6709,00 m ²	0,90	6038,10 m ²
2	Verkehrsflächen A2 =	1910,00 m ²	0,90	1719,00 m ²
3	Gehwegflächen A3 =	514,50 m ²	0,75	385,88 m ²
4	Grünflächen SO A4 =	0,00 m ²	0,15	0,00 m ²
5	Grünfläche im RRB A5 =	867,00 m ²	0,15	130,05 m ²
6	Wasserfläche RRB A6 =	100,00 m ²	1,00	100,00 m ²
SUMME "Baugebiet Hirtberg II"		$A_{EK} = 10100,50 \text{ m}^2$	$A_u = 8373,03 \text{ m}^2$	
SUMME "Baugebiet Hirtberg II"		$A_{EK} = 1,01 \text{ ha}$	$A_u = 0,84 \text{ ha}$	

1.2 Qualitative Gewässerbelastung:

Gewässer	Typ	Gewässerpunkte G
Mühlbach (großer Hügel-und Berglandbach)	G5	18

Flächenanteil f_i (Kapitel 4)		Luft L_i (Tabelle 2)		Flächen F_i (Tabelle 3)		Abflussbelastung B
$A_{u,i}$	f_i	Typ	Punkte	Typ	Punkte	$B_i = f_i \times (L_i + F_i)$
1 0,6038	0,719	L1	1	F2	8	6,471
2 0,1719	0,205	L1	1	F3	12	2,665
3 0,0386	0,046	L1	1	F3	12	0,598
4 0,0000	0,000	L1	1	F1	5	0,000
5 0,0130	0,015	L1	1	F1	5	0,090
6 0,0100	0,012	L1	1	F1	5	0,072
$A_u = 0,84$	$\Sigma = 1,00$			Abflussbelastung B = ΣB_i :		9,896

$B \leq G$

\Rightarrow Eine Regenwasserbehandlung ist nicht erforderlich!

2. BEMESSUNG DER REGENRÜCKHALTUNG ALS ZENTRALE, ÖFFENTLICHE RÜCKHALTUNG für unterschiedliche Regenereignisse nach DWA-A 117

2.1 Abfluss aus dem unbebauten Gebiet (vor der Baumaßnahme):

Um eine Abschätzung vornehmen zu können, ob der Abfluss aus den Baugebieten eine Verschärfung der Abflussverhältnisse zur Folge hat, wird nachfolgend der Abfluss aus der unbebauten Fläche des kanalisierten Einzugsgebiets berechnet. Grundlage dafür ist ein 1-jährliches Regenereignis von 15-minütiger Dauer

Fläche aus dem unbebauten Gebiet: $A_{ges} = 1,01 \text{ ha}$

Regenspende:

$$r_{D,n} = hn \times F \\ r_{15,1} = 10,0 \times 11,111 = 111,11 \text{ l/(sxha)}$$

mittlere Geländeneigung: ca. 8 % => Neigungsgruppe 3

Abflussbeiwert für unbebaute Flächen: 0,15 bis 0,20 (gewählt: für die Bemessung "ungünstigerer" Fall => 0,15)

Regenabfluss, unbebaut: $Q_{RW;15,1} = 111,1 \times 0,15 \times 1,01 = 16,8333 \text{ l/s}$

Aus der betrachteten unbebauten Fläche des Gebiets "Baugebiet Hirtberg"

(insgesamt 1,67 ha) ergibt sich somit ein **Regenabfluss von ca.**

16 l/s bei einem durchschnittlichen 1-jährlichen Regenereignis von 15-minütiger Dauer.

2.2 Allgemeine Angaben, Einleitung, Vorfluter:

Die Gewässerfolge nach der Einleitung aus dem Baugebiet stellt sich wie folgt dar:

Einleitung: Mühlbach

$$A_{EO} = \text{ca. } 20,00 \text{ km}^2$$

$$\mathbf{MNQ = ca. } 2,0 \text{ l/(sxkm}^2\text{)} \times A_{EO} = 2,0 \times 20 = \mathbf{40,00 \text{ l/s}}$$

$$\mathbf{MQ = ca. } 6,0 \text{ l/(sxkm}^2\text{)} \times A_{EO} = 6,0 \times 20 = \mathbf{120,00 \text{ l/s}}$$

Der Drosselabfluss Q_{dr} zur Begrenzung der eingeleiteten Abflusspitzen wird aus der zulässigen Regenabflusspende q_r und der undurchlässigen Gesamtfläche gemäß ATV-M 153 wie folgt ermittelt:

$$Q_{dr} = q_r \times A_u \text{ in l/s} \quad q_r = \text{ca. } 120,00 \text{ l/(sxha); großer Hügel- und} \\ A_u = 0,84 \text{ ha Berglandbach (siehe oben)}$$

$$Q_{dr} = 120,00 \times 0,84 = \mathbf{100,8 \text{ l/s}}$$

Der maximal zulässige Abfluss $Q_{dr,max}$ zur Vermeidung von Abflussspitzen aus weiter unterstrom folgenden Einleitungen wird über den Einleitungswert e_w in Abhängigkeit der Korngröße der Gewässersedimente und dem Mittelwasserabfluss MQ gemäß ATV-M 153 mit folgender Formel berechnet:

$$Q_{dr,max} = e_w \times MQ \text{ in l/s} \quad e_w = 3,00$$

Einleitung: $Q_{dr,max} = 120,00 \times 3,00 = 360,00 \text{ l/s}$

Keine weiteren Einleitungen in den Mühlbach

Maßgebend wäre somit der maximal zulässige Abfluss Q_{dr} mit 100,00 l/s !

Für das Gebiet Baugebiet Hirtberg wird somit in Anlehnung an den Abfluss im unbebauten Zustand ein Abfluss

Q_{dr} in Höhe von 36,00 l/s gewählt.

Gewählt: 36,00 l/s

2.3 Angaben zur Berechnung des Rückhaltevolumens:

Das erforderliche Speichervolumen wird aus der maximalen Differenz der in einem Zeitraum gefallenen Niederschlagsmenge und dem in diesem Zeitraum über die Drossel weitergeleiteten Abflussvolumen ermittelt.

Vorgabe für die Bemessung ist die Niederschlagsmenge eines 5-jährigen, 10-jährigen, 20-jährigen und eines 50-jährigen Regenereignisses.

Der Trockenwetterabfluss $Q_{T,d,am}$ wird nicht berücksichtigt, um den ungünstigsten Bemessungsfall zu ermitteln.

Undurchlässige Fläche Au:

$$A_u = 8.373,03 \text{ m}^2 = 0,84 \text{ ha} \quad (\text{siehe 1.1.1 bis 1.1.3})$$

Regenanteil der Drosselabflussspende bezogen auf die undurchlässige Fläche Au:

$$q_{dr,R,Au} = (Q_{Dr} - Q_{T,d,am}) / A_u = 36,00 / 0,84 = 42,8571 \text{ l/(s*ha)}$$

Spezifisches Speichervolumen bezogen auf die undurchlässige Fläche Au:

$$V_{s,u} = (r_{D,n} - q_{DR,R,Au}) * D * f_z * f_A * 0,06 \text{ [m}^3/\text{ha]}$$

$$V = V_{s,u} * A_u \quad \Rightarrow f_z = \text{Zuschlagfaktor} = 1,2 \text{ (geringes Risiko)} \\ f_A = \text{Abminderungsfaktor} = 1,0$$

$$V_{s,u} = (r_{D,n} - 42,857) * D * 1,0 * 1,2 * 0,06 \text{ [m}^3/\text{ha}] \\ (r_{D,n} - 42,857) * D * 0,072 \text{ [m}^3/\text{ha}]$$

2.4 Berechnung Regenrückhaltevolumen (50-jährig): $r_D, (0,02)$:

Regenspenden: $r_{D,n} = h_n \times F$ (aus Tabelle Niederschlagshöhen für Pfeffenhausen; Werte für 50-jähriges Regenereignis)

Dauer	Niederschlagshöhe h_n	Faktor F	Regenspende $r_{D,0,05}$	$V_{s,u}$	$V [m^3]$
5 min	15,9 mm	x 33,333 =	529,99 l/(s*ha)	175,37 m ³ /ha	147,31
10 min	22,8 mm	x 16,67 =	169,37 l/(s*ha)	91,09 m ³ /ha	76,52
15 min	27,0 mm	x 11,111 =	300,00 l/(s*ha)	277,71 m ³ /ha	233,28
20 min	31,3 mm	x 8,333 =	260,82 l/(s*ha)	313,87 m ³ /ha	263,65
30 min	36,9 mm	x 5,556 =	205,02 l/(s*ha)	350,27 m ³ /ha	294,23
45 min	43,0 mm	x 3,704 =	159,27 l/(s*ha)	377,18 m ³ /ha	316,83
60 min	47,7 mm	x 2,778 =	132,51 l/(s*ha)	387,30 m³/ha	325,33
90 min	50,4 mm	x 1,852 =	93,34 l/(s*ha)	327,13 m ³ /ha	274,79
120 min	52,5 mm	x 1,389 =	72,92 l/(s*ha)	259,74 m ³ /ha	218,18
180 min	55,6 mm	x 0,926 =	51,49 l/(s*ha)	111,88 m ³ /ha	93,98
240 min	58 mm	x 0,694 =	40,25 l/(s*ha)	-45,05 m ³ /ha	-37,84
360 min	61,6 mm	x 0,463 =	28,52 l/(s*ha)	-371,62 m ³ /ha	-312,16

Erforderliches Rückhaltevolumen: $V_{RRB,erf} = V_{s,u} * A_u = V_{max} = 325,33 \text{ m}^3$

Gewähltes Rückhaltevolumen: $V_{RRB,gew.} = 374 \text{ m}^3$

Klimazuschlag 15 % $48,8 \text{ m}^3 \rightarrow V: 374,1 \text{ m}^3$

5 Berechnung Regenrückhaltevolumen (20-jährig): $r_D, (0,05)$:

Regenspenden: $r_{D,n} = h_n \times F$ (aus Tabelle Niederschlagshöhen für Pfeffenhausen; Werte für 20-jähriges Regenereignis)

Dauer	Niederschlagshöhe h_n	Faktor F	Regenspende $r_{D,0,05}$	$V_{s,u}$	$V [m^3]$
5 min	12,0 mm	x 33,333 =	400,00 l/(s*ha)	128,57 m ³ /ha	108,00
10 min	16,4 mm	x 16,667 =	273,34 l/(s*ha)	165,95 m ³ /ha	139,40
15 min	19,4 mm	x 11,111 =	215,55 l/(s*ha)	186,51 m ³ /ha	156,67
20 min	24,7 mm	x 8,333 =	205,83 l/(s*ha)	234,68 m ³ /ha	197,13
30 min	24,7 mm	x 5,556 =	137,23 l/(s*ha)	203,85 m ³ /ha	171,23
45 min	27,7 mm	x 3,704 =	102,60 l/(s*ha)	193,57 m ³ /ha	162,60
60 min	29,8 mm	x 2,778 =	82,78 l/(s*ha)	172,47 m³/ha	144,87
90 min	33,1 mm	x 1,852 =	61,30 l/(s*ha)	119,51 m ³ /ha	100,39
120 min	35,7 mm	x 1,389 =	49,59 l/(s*ha)	58,17 m ³ /ha	48,86
180 min	39,7 mm	x 0,926 =	36,76 l/(s*ha)	-79,02 m ³ /ha	-66,38
240 min	42,8 mm	x 0,694 =	29,70 l/(s*ha)	-227,36 m ³ /ha	-190,98

Erforderliches Rückhaltevolumen: $V_{RRB,erf} = V_{s,u} * A_u = V_{max} = 197,13 \text{ m}^3$

Gewähltes Rückhaltevolumen: $V_{RRB,gew.}$: 227 m³

Klimazuschlag 15 % **29,6 m³ -> V: 226,7 m³**

2.6 Berechnung Regenrückhaltevolumen (10-jährig): r D, (0,1):

Regenspenden: $r_{D,n} = h_n \times F$ (aus Tabelle Niederschlagshöhen für Pfeffenhausen;
 Werte für 10-jähriges Regenereignis)

Dauer	Niederschlagshöhe h_n	Faktor F	Regenspende $r_{D,0,05}$	$V_{s,u}$	V [m ³]
5	min 12,0 mm	x 33,33 =	400,00 l/(s*ha)	128,57 m ³ /ha	108,00
10	min 16,4 mm	x 16,67 =	273,34 l/(s*ha)	165,95 m ³ /ha	139,40
15	min 19,4 mm	x 11,11 =	215,55 l/(s*ha)	186,51 m ³ /ha	156,67
20	min 21,6 mm	x 8,333 =	179,99 l/(s*ha)	197,47 m ³ /ha	165,87
30	min 24,7 mm	x 5,556 =	137,23 l/(s*ha)	203,85 m ³ /ha	171,23
45	min 27,7 mm	x 3,704 =	102,60 l/(s*ha)	193,57 m³/ha	162,60
60	min 29,8 mm	x 2,778 =	82,78 l/(s*ha)	172,47 m ³ /ha	144,87
90	min 33,1 mm	x 1,852 =	61,30 l/(s*ha)	119,51 m ³ /ha	100,39
120	min 35,7 mm	x 1,389 =	49,59 l/(s*ha)	58,17 m ³ /ha	48,86
180	min 39,7 mm	x 0,926 =	36,76 l/(s*ha)	-79,02 m ³ /ha	-66,38
240	min 42,8 mm	x 0,694 =	29,70 l/(s*ha)	-227,36 m ³ /ha	-190,98

Erforderliches Rückhaltevolumen: $V_{RRB,erf.}$ = $V_{s,u} * A_u$ = V_{max} = 171,23 m³

Gewähltes Rückhaltevolumen: $V_{RRB,gew.}$: 197 m³

Klimazuschlag 15 % **25,7 m³ -> V: 196,9 m³**

2.7 Berechnung Regenrückhaltevolumen Nord (5-jährig): r D, (0,2):

Regenspenden: $r_{D,n} = h_n \times F$ (aus Tabelle Niederschlagshöhen für Pfeffenhausen;
 Werte für 5-jähriges Regenereignis)

Dauer	Niederschlagshöhe h_n	Faktor F	Regenspende $r_{D,0,05}$	$V_{s,u}$	V [m ³]
5	min 9,9 mm	x 33,33 =	330,00 l/(s*ha)	103,37 m ³ /ha	86,83
10	min 13,8 mm	x 16,67 =	230,00 l/(s*ha)	134,74 m ³ /ha	113,18
15	min 16,5 mm	x 11,11 =	183,33 l/(s*ha)	151,71 m ³ /ha	127,44
20	min 18,4 mm	x 8,333 =	153,33 l/(s*ha)	159,08 m³/ha	133,63
30	min 21,1 mm	x 5,556 =	117,23 l/(s*ha)	160,65 m ³ /ha	134,95
45	min 23,7 mm	x 3,704 =	87,78 l/(s*ha)	145,55 m ³ /ha	122,26
60	min 25,5 mm	x 2,778 =	70,84 l/(s*ha)	120,89 m ³ /ha	101,55
90	min 28,3 mm	x 1,852 =	52,41 l/(s*ha)	61,90 m ³ /ha	52,00
120	min 30,5 mm	x 1,389 =	42,36 l/(s*ha)	-4,30 m ³ /ha	-3,61
180	min 33,9 mm	x 0,926 =	31,39 l/(s*ha)	-148,61 m ³ /ha	-124,83
240	min 36,5 mm	x 0,694 =	25,33 l/(s*ha)	-302,87 m ³ /ha	-254,41

Erforderliches Rückhaltevolumen: $V_{RRB,erf} = V_{s,u} * A_u = V_{max} = 134,95 \text{ m}^3$

Gewähltes Rückhaltevolumen: $V_{RRB,gew.} = 156 \text{ m}^3$

Klimazuschlag 15 % $20,2 \text{ m}^3 \rightarrow V: 155,2 \text{ m}^3$

3. BEMESSUNG DER REGENRÜCKHALTUNG ALS ZENTRALE RÜCKHALTUNG

Im Bereich des Bebauungsplanes "Baugebiet Hirtberg" und "Hirtberg Erweiterung" soll das anfallende Niederschlagswasser in das Regenrückhaltebecken und anschließend über die Druckrohrleitung DA 280 in den Mühlbach eingeleitet werden.

Nachdem gemäß Bodengutachten der anstehende Baugrund nicht geeignet ist, das anfallende Niederschlagswasser aus den befestigten Flächen gezielt zu versickern, wird ein Regenrückhaltebecken angeordnet, in dem selbiges Niederschlagswasser zurückgehalten werden soll und nur mit einer Drosselwassermenge von 36 l/s weitergeleitet wird. Das erforderliche Speichervolumen ergibt sich unter der Voraussetzung, dass das Rückhaltebecken mit einem Regenereignis mit 5-jährlicher Wiederkehr bemessen wird. Bis zur Höhe der Überlaufschwelle kann ein Volumen von 135 m³ zwischengespeichert werden. Bei einem Klimazuschlag von 15 % und Berücksichtigung von Niederschlagsereignissen mit einer geringeren Jährlichkeit, wird die Überlaufschwelle des Drosselbauwerks überschritten und es kann das anfallende Niederschlagswasser mit der Vollfüllleistung der Druckrohrleitung DA 280 von Q = 197 l/s in den Mühlbach weitergeleitet werden.

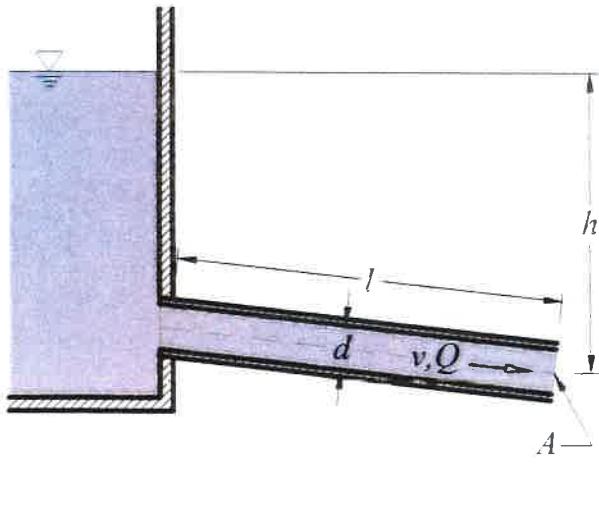
Die Vollfüllkapazität des Regenrückhaltebeckens ist ausreichend, um Niederschlagsereignisse bis zu einer Wiederkehrzeit von 100 Jahren im Rückhaltebecken zu speichern, ohne die hydraulische Belastungsfähigkeit des Mühlbachs zu überschreiten.

AUSFLUSS MIT ANSCHLIEBENDER ROHRLEITUNG
EINGABE

Stauhöhe	h =	15 m	i
Rohrdurchmesser	d =	0.23 m	i
Rohrlänge	l =	225 m	i
Rauheit der Rohrleitung	k =	0,0015 mm	i
Summe örtlicher Verlustbeiwerte	$\Sigma\zeta$ =	0,15 -	i
Fallbeschleunigung	g =	9,81 m/s ²	i
Temperatur	T =	10 °C	i
Dichte	ρ =	1000 kg/m ³	i

ERGEBNIS

Ausfluss	Q =	0,197 m ³ /s	
Austrittsgeschwindigkeit	v =	4,752 m/s	
Fläche des Rohrquerschnitts	A =	0,042 m ²	
Ausflussbeiwert	μ_A =	0,277 -	
Widerstandsbeiwert	λ =	0,0121 -	i
Reynolds-Zahl	Re =	834.926,2 -	i
Dynamische Viskosität	η =	0,00131 N s/m ²	i
Kinematische Viskosität	ν =	1,3091E-6 m ² /s	i

ABBILDUNG

FORMELN

$$Q = v \cdot A \quad (1)$$

$$v = \mu_A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad (2)$$

$$\mu_A = \frac{1}{\sqrt{1 + \lambda \cdot \frac{l}{d} + \Sigma \zeta}} \quad (3)$$

$$\lambda = \left[-2 \cdot \log \left(\frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{k/d}{3,71} \right) \right]^{-2} \quad (4)$$

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} \quad (5)$$

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad (6)$$

$$\eta = \frac{0,001779}{1 + 0,03368 \cdot T + 0,000221 \cdot T^2} \quad (7)$$

INFORMATION

Die Berechnung des Ausflusses mit anschließender Rohrleitung erfolgt nach dem gleichen Ansatz, wie die Berechnung des [Ausflusses aus Bodenöffnungen und kleinen Seitenöffnungen](#). Der Ausflussbeiwert wird hier jedoch nicht direkt eingegeben, sondern unter Berücksichtigung der Energieverluste in der Rohrleitung (infolge von Reibung und lokalen Einzelverlusten) iterativ ermittelt. Dabei wird das [Widerstandsverhalten](#) der Rohrleitung für den hydraulischen Übergangsbereich nach der Formel von Prandtl-Colebrook gemäß Gleichung (4) angewendet.

Bei einem Ausfluss unter Wasser ist als Stauhöhe die Wasserspiegeldifferenz zwischen Ober- und Unterwasser einzugeben, analog zur Darstellung auf [dieser Seite](#).

REFERENZEN

- [1] Detlef Aigner, Gerhard Böllrich: Handbuch der Hydraulik für Wasserbau und Wasserwirtschaft. 1. Auflage. Beuth Verlag, Berlin 2015.