KOMMUNALER HINWEIS
in Beratung, 12. Juli 2017

KomNet ABWASSER
Kommunales Netzwerk der Abwasserbetriebe

Die Hinweise werden in Abstimmung mit kommunalen Abwasserbetrieben verfasst.
Sie bieten anderen Kommunen einen Rückhalt für die eigenen Argumentationen.

Überflutungsnachweis nach DIN 1986 Teil 100 für große Grundstücke (> 800 m²)

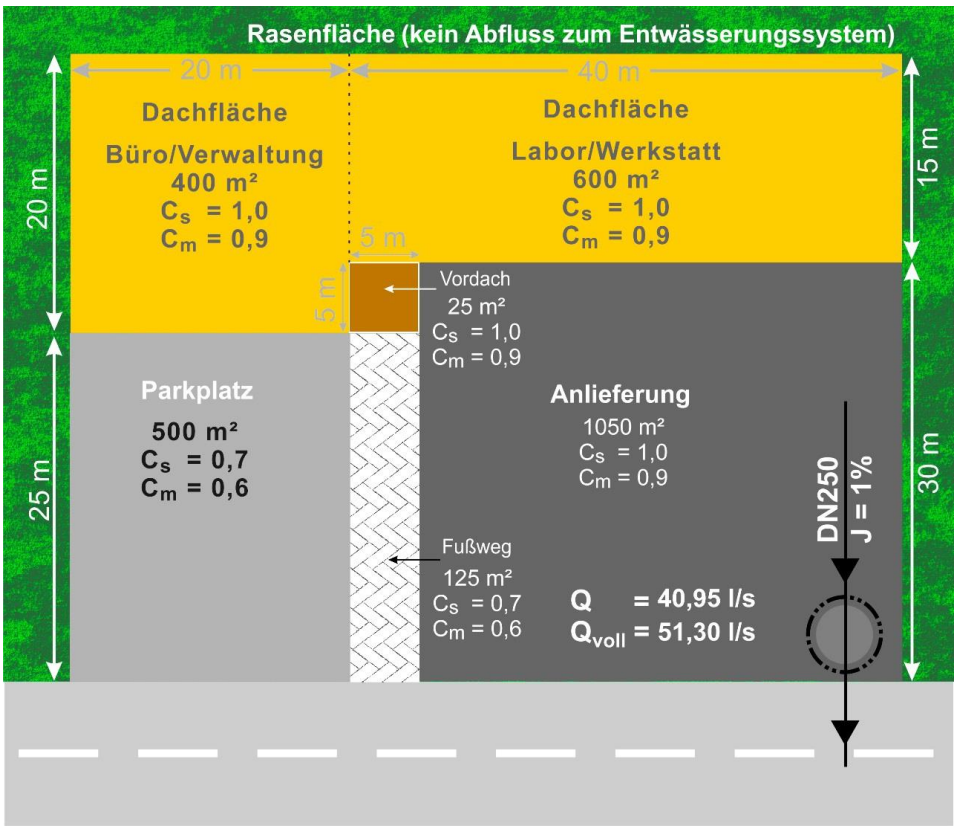
Muster-Aufgaben mit Lösungen

Aufgabenbeschreibung:

Die Kommune fordert für das Grundstück eines Gewerbebetriebes einen Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100.

Annahmen:

- Das Grundstück liegt in Bonn
- Mittlere Geländeneigung < 1%
- Befestigungsgrad >50%
- Keine Einleitungsbeschränkung



Aufgabe 1:

a) Führen Sie den Überflutungsnachweis für den Fall, dass die Grundstücksleitung nach DIN 1986 – 100 berechnet wurden.

b) Führen Sie den Nachweis unter der Voraussetzung, dass die Grundleitungen nach DWA-A 118:2006, Tabelle 4 und dem 2-jährigen Regenereignis bemessen wurden.

Aufgabe 2:

Die Kommune fordert für das Grundstück aus Aufgabenstellung 1 einen Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100, jedoch ist aufgrund der Auslastung der öffentlichen Kanalisation eine Einleitungsbeschränkung von 12 l/s einzuhalten.

Zur Bearbeitung der Fragestellungen stehen folgende Tabellen zur Verfügung:

DIN 1986-100, Tabelle 9 Abflussbeiwerte C

Tabelle 9 — Abflussbeiwerte *C* zur Ermittlung des Regenwasserabflusses

Nr.	Art der Flächen Die Abflussbeiwerte beziehen sich ausschließlich auf Flächen, die potentiell einen Abfluss zum Entwässerungssystem haben.	Spitzenabflussbeiwert C_s	Mittlerer Abflussbeiwert[c] C_m Berechnung von V_{RRR}
1	Wasserundurchlässige Flächen, z. B.		
	Dachflächen		
	— Schrägdach		
	— Metall, Glas, Schiefer, Faserzement	1,0	0,9
	— Ziegel, Abdichtungsbahnen	1,0	0,8
	— Flachdach (Neigung bis 3° oder etwa 5 %		
	— Metall, Glas, Faserzement	1,0	0,9
	— Abdichtungsbahnen	1,0	0,9
	— Kiesschüttung	0,8	0,8
	— Begrünte Dachflächen[a]		
	— Extensivbegrünung (> 5°)	0,7	0,4
	— Intensivbegrünung, ab 30 cm Aufbaudicke (≤ 5°)	0,2	0,1
	— Extensivbegrünung, ab 10 cm Aufbaudicke (≤ 5°)	0,4	0,2
	— Extensivbegrünung, unter 10 cm Aufbaudicke (≤ 5°)	0,5	0,3
	Verkehrsflächen (Straßen, Plätze, Zufahrten, Wege)		
	— Betonflächen	1,0	0,9
	— Schwarzdecken (Asphalt)	1,0	0,9
	— befestigte Flächen mit Fugendichtung, z. B. Pflaster mit Fugenverguss	1,0	0,8
	Rampen		
	— Neigung zum Gebäude, unabhängig von der Neigung und der Befestigungsart	1,0	1,0
2	**Teildurchlässige und schwach ableitende Flächen, z. B. Verkehrsflächen (Straßen, Plätze, Zufahrten, Wege)**		
	— Betonsteinpflaster, in Sand oder Schlacke verlegt, Flächen mit Platten	0,9	0,7
	— Pflasterflächen, mit Fugenanteil > 15 %, z. B. 10 cm × 10 cm und kleiner oder fester Kiesbelag	0,7	0,6
	— wassergebundene Flächen	0,9	0,7
	— lockerer Kiesbelag, Schotterrasen, z. B. Kinderspielplätze	0,3	0,2
	— Verbundsteine mit Sickerfugen, Sicker-/Drainsteine	0,4	0,25
	— Rasengittersteine (mit häufigen Verkehrsbelastungen, z. B. Parkplatz)	0,4	0,2
	— Rasengittersteine (ohne häufige Verkehrsbelastungen, z. B. Feuerwehrzufahrt)	0,2	0,1
	Sportflächen mit Dränung		
	— Kunststoff-Flächen, Kunststoffrasen	0,6	0,5
	— Tennenflächen	0,3	0,2
	— Rasenflächen	0,2	0,1
3	**Parkanlagen, Rasenflächen, Gärten**		
	— flaches Gelände	0,2[b]	0,1
	— steiles Gelände	0,3[b]	0,2

[a] Siehe auch [7] für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, die dort genannten Werte sind C_s-Werte

[b] Bei diesen Flächen ist für den Überflutungsnachweis ein möglicher höherer Abflussbeitrag je nach örtlichen Gegebenheiten (z. B. Gefälle, Boden, Vegetation) zu prüfen.

[c] Aufgrund der Anwendung einer einheitlichen Wiederkehrzeit (T = 2 a) und des begrenzten Anwendungsspektrums für die Bemessung von V_{RRR} wird hier jeweils nur ein Wert für C_m genannt. Die in den DWA-Regelwerken genannten Wertespektren beziehen sich auf unterschiedliche Wiederkehrzeiten und Planungssituationen.

Arbeitsblatt DWA-A 118 Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen (Ausgabe 03/2006) Tabelle 2
oder DIN 1986-100 Anhang A.2 Tab. A2

Mittlere Geländeneigung	Befestigung	kürzeste Regendauer (nach dieser Norm r_2 in min)
< 1 %	≤ 50 %	15 min
	> 50 %	10 min
1 % bis 4 %	–	10 min
> 4 %	≤ 50 %	10 min
	> 50 %	5 min

Auszug aus dem KOSTRA-Atlas für die Stadt Bonn
KOSTRA ATLAS (Auszug für Bonn)

Rasterfeld : Spalte 11, Zeile 58
Ortsname : Bonn (NW)
Bemerkung :
Zeitspanne : Januar - Dezember

Dauerstufe	Wiederkehrintervall T [a]															
	1		2		5		10		20		30		50		100	
	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN
5 min	4.5	148.6	6.1	204.4	8.3	278.2	10.0	334.0	11.7	389.8	12.7	422.5	13.9	463.6	15.6	519.5
10 min	7.3	121.5	9.5	159.0	12.5	208.5	14.8	246.0	17.0	283.5	18.3	305.4	20.0	333.0	22.2	370.5
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	10.7	89.1	13.7	114.2	17.7	147.5	20.7	172.6	23.7	197.8	25.5	212.5	27.7	231.1	30.7	256.2
30 min	12.7	70.3	16.2	90.2	21.0	116.6	24.6	136.5	28.2	156.4	30.3	168.1	32.9	182.8	36.5	202.7
45 min	14.4	53.4	18.7	69.2	24.3	90.1	28.6	105.8	32.8	121.6	35.3	130.9	38.5	142.5	42.7	158.3
60 min	15.5	43.1	20.3	56.4	26.7	74.1	31.5	87.5	36.3	100.9	39.1	108.7	42.7	118.6	47.5	131.9
90 min	17.3	32.0	22.4	41.4	29.1	53.9	34.2	63.3	39.3	72.7	42.2	78.2	46.0	85.2	51.1	94.6
2 h	18.6	25.9	23.9	33.2	30.9	43.0	36.2	50.3	41.5	57.7	44.6	62.0	48.5	67.4	53.8	74.8
3 h	20.8	19.2	26.4	24.4	33.8	31.3	39.4	36.4	45.0	41.6	48.2	44.7	52.4	48.5	58.0	53.7
4 h	22.4	15.6	28.2	19.6	35.9	25.0	41.8	29.0	47.6	33.0	51.0	35.4	55.3	38.4	61.1	42.4
6 h	25.0	11.6	31.1	14.4	39.3	18.2	45.4	21.0	51.6	23.9	55.2	25.5	59.7	27.6	65.9	30.5
9 h	27.8	8.6	34.3	10.6	42.9	13.2	49.4	15.3	55.9	17.3	59.7	18.4	64.5	19.9	71.1	21.9
12 h	30.0	6.9	36.8	8.5	45.7	10.6	52.5	12.2	59.3	13.7	63.2	14.6	68.2	15.8	75.0	17.4
18 h	33.3	5.1	41.3	6.4	52.0	8.0	60.0	9.3	68.1	10.5	72.8	11.2	78.7	12.1	86.8	13.4
24 h	35.8	4.1	44.8	5.2	56.6	6.6	65.6	7.6	74.5	8.6	79.8	9.2	86.4	10.0	95.3	11.0
48 h	42.8	2.5	53.9	3.1	68.7	4.0	79.8	4.6	91.0	5.3	97.5	5.6	105.7	6.1	116.8	6.8
72 h	47.5	1.8	59.9	2.3	76.3	2.9	88.8	3.4	101.2	3.9	108.4	4.2	117.6	4.5	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)]

DIN 1986-100 Anhang A 1 Ermittlung der Regenspenden (Auszug)

A.1 Ermittlung der Regenspenden

Die Ermittlung der Regenspenden kann nach Tabelle A.1 erfolgen.

Tabelle A.1 — Regenspenden in Deutschland[5)]

Ort	Dachflächen bzw. Flächen nach 14.7		Grundstücksflächen					
	Regendauer D = 5 min		Regendauer D = 5 min		Regendauer D = 10 min		Regendauer = 15 min	
	Bemessung	Notentwässerung	Bemessung	Überflutungsprüfung	Bemessung	Überflutungsprüfung	Bemessung	Überflutungsprüfung
	$r_{(5,5)}$	$r_{(5,100)}$	$r_{(5,2)}$	$r_{(5,30)}$	$r_{(10,2)}$	$r_{(10,30)}$	$r_{(15,2)}$	$r_{(15,30)}$
	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)
Aachen	266	463	206	384	161	290	133	241
Aschaffenburg	293	529	221	434	171	317	141	259
Augsburg	352	684	250	550	187	373	153	293
Aurich	277	506	207	414	157	297	128	240
Bad Kissingen	395	790	274	631	199	420	159	326
Bad Salzuflen	339	630	250	513	188	365	153	293
Bad Tölz	444	767	345	638	258	461	209	372
Bamberg	303	527	235	437	179	320	146	260
Bayreuth	346	644	256	524	201	395	169	329
Berlin	331	582	254	481	196	359	162	296
Bielefeld	285	533	209	433	163	315	137	257
Bocholt	255	432	201	361	157	272	130	225
Bonn	285	533	209	433	163	315	137	257
Braunschweig	330	633	237	511	180	362	148	292
Bremen	246	434	189	358	149	269	125	223
Bremerhaven	314	580	232	473	170	326	137	257

5) Die Ermittlung der Regenspenden erfolgte durch das Institut für technisch-wissenschaftliche Hydrologie GmbH (itwh) unter Verwendung von KOSTRA-DWD-2010, für die der Deutsche Wetterdienst (DWD) die Urheberrechte besitzt. Die aufgeführten Regenspenden beziehen sich auf das KOSTRA-Rasterfeld, in welches das Zentrum des Ortes mit den angegebenen Koordinaten fällt. Übernommen wurden entsprechend 14.2.2 jeweils die Werte an der oberen Grenze der angegebenen Niederschlagsbereiche.

Lösung Aufgabe 1 a)

Zunächst wird überprüft ob für das vorliegende Grundstück überhaupt ein Überflutungsnachweis zu führen ist.

Grundsätzlich gilt nach DIN 1986-100 , dass nur Entwässerungsanlagen für die Ableitung des Niederschlagswassers von kleinen Grundstücken ohne Überflutungsnachweis bemessen werden können, soweit der Netzbetreiber keine anderen Vorgaben macht.

„Als klein gelten Grundstücke mit bis zu 800 m² abflusswirksamer Fläche, für die ein Anschlusskanal DN 150 ausreichend ist.“ [DIN 1986-100]

I. Ermittlung der Spitzenabflussbeiwerte

Als erstes müssen die Spitzenabflussbeiwerte C_S der einzelnen Flächen des Grundstückes aus Tabelle 9 nach DIN 1986 – 100 ermittelt werden. In der neuen DIN 1986-100 heißt es in Tabelle 9 in der Kopfzeile unter „Art der Flächen“:

„Die Abflussbeiwerte beziehen sich ausschließlich auf Flächen, die potentiell einen Abfluss zum Entwässerungssystem haben.“

Damit sind auch die mit Rasenflächen, Gärten und Parkanlagen für die Berechnung von der abflusswirksamen Fläche erfasst.

In diesem Beispiel sind die Werte schon gegeben:

Büro C_S = 1,0
Labor C_S = 1,0
Parkplatz C_S = 0,7
Vordach C_S = 1,0
Anlieferung C_S = 1,0 und
Fußweg C_S = 0,7

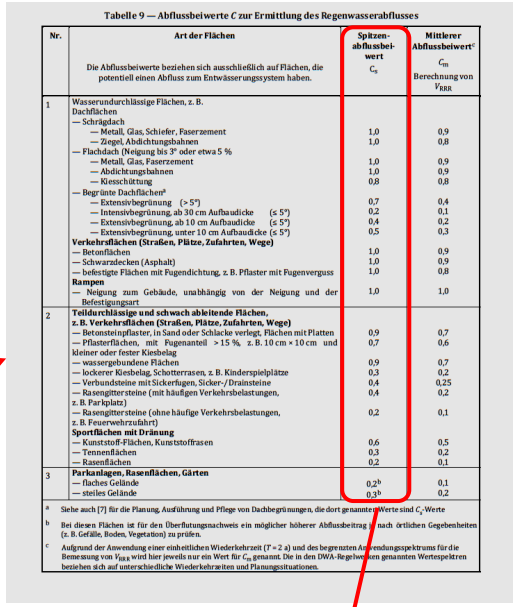


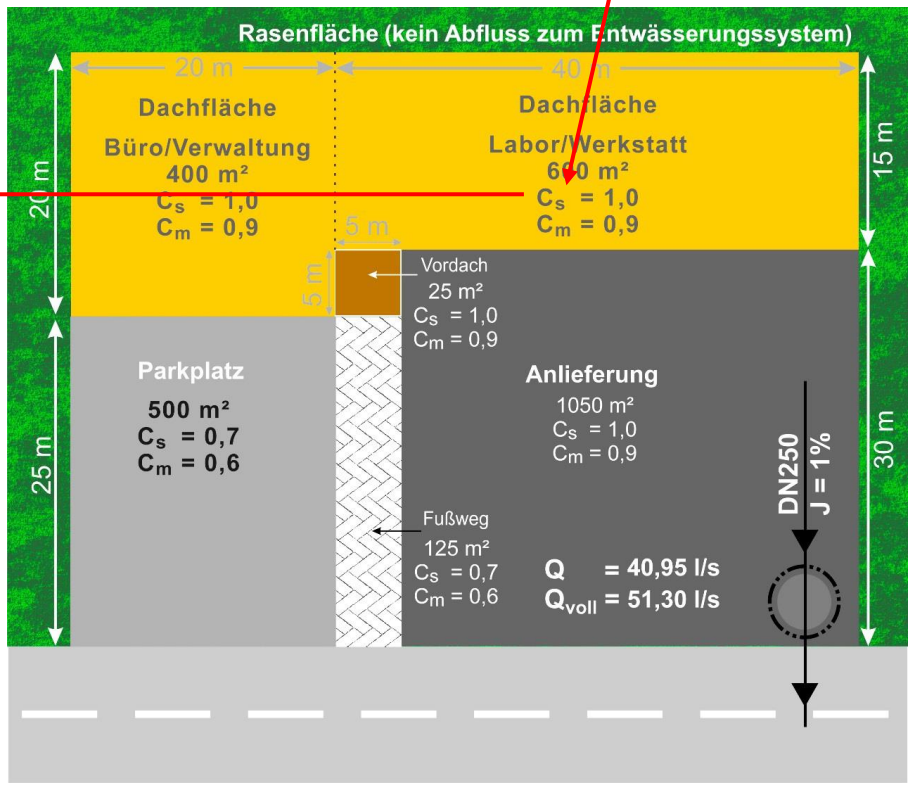
Tabelle 9 — Abflussbeiwerte C zur Ermittlung des Regenwasserabflusses

Nr.	Art der Flächen Die Abflussbeiwerte beziehen sich ausschließlich auf Flächen, die potentiell einen Abfluss zum Entwässerungssystem haben.	Spitzenabflussbeiwert C_s	Mittlerer Abflussbeiwert[c] C_m Berechnung von V_{RRR}
1	Wasserundurchlässige Flächen, z. B. Dachflächen		
	— Schrägdach		
	— Metall, Glas, Schiefer, Faserzement	1,0	0,9
	— Ziegel, Abdichtungsbahnen	1,0	0,8
	— Flachdach (Neigung bis 3° oder etwa 5 %		
	— Metall, Glas, Faserzement	1,0	0,9
	— Abdichtungsbahnen	1,0	0,9
	— Kiesschüttung	0,8	0,8
	— Begrünte Dachflächen[a]		
	— Extensivbegrünung (> 5°)	0,7	0,4
	— Intensivbegrünung, ab 30 cm Aufbaudicke (≤ 5°)	0,2	0,1
	— Extensivbegrünung, ab 10 cm Aufbaudicke (≤ 5°)	0,4	0,2
	— Extensivbegrünung, unter 10 cm Aufbaudicke (≤ 5°)	0,5	0,3
	Verkehrsflächen (Straßen, Plätze, Zufahrten, Wege)		
	— Betonflächen	1,0	0,9
	— Schwarzdecken (Asphalt)	1,0	0,9
	— befestigte Flächen mit Fugendichtung, z. B. Pflaster mit Fugenverguss	1,0	0,8
	Rampen		
	— Neigung zum Gebäude, unabhängig von der Neigung und der Befestigungsart	1,0	1,0
2	**Teildurchlässige und schwach ableitende Flächen, z. B. Verkehrsflächen (Straßen, Plätze, Zufahrten, Wege)**		
	— Betonsteinpflaster, in Sand oder Schlacke verlegt, Flächen mit Platten	0,9	0,7
	— Pflasterflächen, mit Fugenanteil > 15 %, z. B. 10 cm × 10 cm und kleiner oder fester Kiesbelag	0,7	0,6
	— wassergebundene Flächen	0,9	0,7
	— lockerer Kiesbelag, Schotterrasen, z. B. Kinderspielplätze	0,3	0,2
	— Verbundsteine mit Sickerfugen, Sicker-/Drainsteine	0,4	0,25
	— Rasengittersteine (mit häufigen Verkehrsbelastungen, z. B. Parkplatz)	0,4	0,2
	— Rasengittersteine (ohne häufige Verkehrsbelastungen, z. B. Feuerwehrzufahrt)	0,2	0,1
	Sportflächen mit Dränung		
	— Kunststoff-Flächen, Kunststoffrasen	0,6	0,5
	— Tennenflächen	0,3	0,2
	— Rasenflächen	0,2	0,1
3	**Parkanlagen, Rasenflächen, Gärten**		
	— flaches Gelände	0,2[b]	0,1
	— steiles Gelände	0,3[b]	0,2

[a] Siehe auch [7] für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, die dort genannten Werte sind C_f-Werte

[b] Bei diesen Flächen ist für den Überflutungsnachweis ein möglicher höherer Abflussbeitrag je nach örtlichen Gegebenheiten (z. B. Gefälle, Boden, Vegetation) zu prüfen.

[c] Aufgrund der Anwendung einer einheitlichen Wiederkehrzeit ($T = 2$ a) und des begrenzten Anwendungsspektrums für die Bemessung von V_{RRR} wird hier jeweils nur ein Wert für C_m genannt. Die in den DWA-Regelwerken genannten Wertespektren beziehen sich auf unterschiedliche Wiederkehraiten und Planungssituationen.



II. Ermittlung der abflusswirksamen Fläche

Wie in den Punkten ① – ③ beschrieben werden die abflusswirksamen Flächen ermittelt.

① Über die Flächen der Dächer (Verwaltung, Labor und Vordach) sowie die Spitzenabflussbeiwerte der einzelnen Flächen, werden die abflusswirksamen Flächen der Dächer berechnet.

Fläche × Spitzenabflussbeiwert = abflusswirksame Fläche
600 m² × 1,0 = 600 m²

② Ebenso wird mit den Flächen außerhalb des Gebäudes verfahren.

③ Anschließend werden die Flächen und auch die abflusswirksamen Flächen jeweils addiert und zu den Flächen A_{ges} und A_U zusammengefasst

A_{ges} = 1025 + 1675 = 2700 m²
A_U = 1025 + 1487,5 = 2512,5 m²

Im vorliegenden Grundstück beträgt die abflusswirksame Fläche 2512,5 m² und ist somit deutlich größer als die geforderten 800 m².

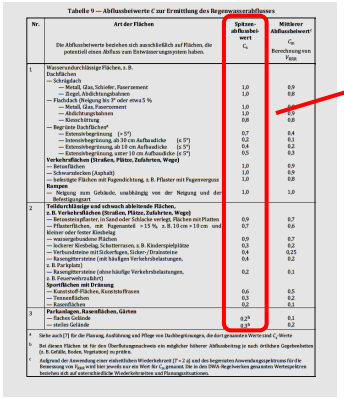


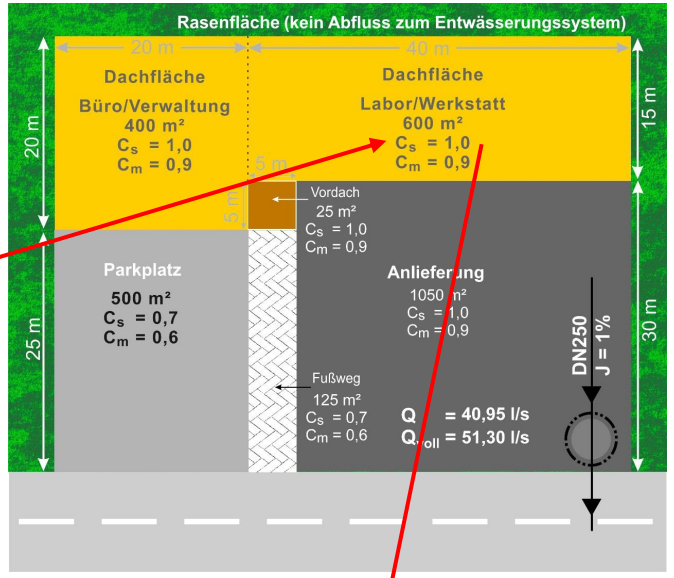
Tabelle 9 — Abflussbeiwerte C zur Ermittlung des Regenwasserabflusses

Nr.	Art der Flächen Die Abflussbeiwerte beziehen sich ausschließlich auf Flächen, die potentiell einen Abfluss zum Entwässerungssystem haben.	Spitzenabflussbeiwert C_s	Mittlerer Abflussbeiwert C_m Berechnung von V_{RRR}
1	Wasserundurchlässige Flächen, z. B. Dachflächen: — Schrägdach — Metall, Glas, Schiefer, Pappdach	1,0	0,9
	— Ziegel, Abdichtungsbahnen	1,0	0,8
	— Flachdach (Neigung bis 3° oder etwa 5 % — Metall, Glas, Pappdach	1,0	0,9
	— Abdichtungsbahnen	1,0	0,9
	— Kiesschüttung	0,8	0,8
	— Begrünte Dachflächen[a] — Extensivbegrünung (>5°)	0,7	0,4
	— Intensivbegrünung, ab 30 cm Aufbaudicke (≤ 5°)	0,2	0,1
	— Extensivbegrünung, ab 15 cm Aufbaudicke (≤ 5°)	0,4	0,2
	— Extensivbegrünung, unter 10 cm Aufbaudicke (≤ 5°)	0,5	0,3
	Verkehrsflächen (Straßen, Plätze, Zufahrten, Wege)		
	— Betonflächen	1,0	0,9
	— Schwarzdecken (Asphalt)	1,0	0,9
	— befestigte Flächen mit Fugendichtung, z. B. Pflaster mit Fugenverguss	1,0	0,8
	Sonstiges — Neigung zum Gebäude, unabhängig von der Neigung und der Befestigungsart	1,0	1,0
2	**Teilbefestigte und schwach abflusswirksame Flächen, z. B. Verkehrsflächen (Straßen, Plätze, Zufahrten, Wege)**		
	— Betonsteinpflaster, in Sand oder Splitt verlegt, Flächen mit Platten	0,9	0,7
	— Pflasterflächen, mit Fugenanteil >15 %, z. B. 10 cm × 10 cm und kleiner oder fester Kiesbelag	0,7	0,6
	— wassergebundene Flächen	0,9	0,7
	— lockerer Kiesbelag, Schotterrasen, z. B. Kinderspielplätze	0,3	0,2
	— Verbundsteine mit Sickerfugen, Sicker-/Drainsteine	0,4	0,25
	— Rasengittersteine (mit häufigen Verkehrsbelastungen, z. B. Parkplatz)	0,4	0,2
	— Rasengittersteine (ohne häufige Verkehrsbelastungen, z. B. Feuerwehrzufahrt)	0,2	0,1
	Sportflächen mit Drainung		
	— Kunststoff-Flächen, Kunststoffrasen	0,6	0,5
	— Tennenflächen	0,3	0,2
	— Rasenflächen	0,2	0,1
3	**Parkanlagen, Rasenflächen, Gärten**		
	— flaches Gelände	0,2[b]	0,1
	— steiles Gelände	0,3[b]	0,2

[a] Siehe auch [7] für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen, die dort genannten Werte sind C_s Werte

[b] Bei diesen Flächen ist für den Überflutungsnachweis ein möglicher höherer Abflussbeitrag in noch örtlichen Gegebenheiten (z. B. Gefälle, Boden, Vegetation) zu prüfen.

[c] Aufgrund der Anwendung einer exponentiellen Wiederkehrzeit ($T = 2$ a) und den begrenzten Anwendungsgebieten für die Berechnung von V_{RRR} wird hier jeweils nur ein Wert für C_m genannt. Die in den DWA-Regelwerken genannten Wertespektren beziehen sich auf zeitnahe die Wiederkehrzeiten und Planungssituationen.



Flächen

		Fläche	Abfluss-beiwert	abflusswirksame Fläche
		A in m²	C aus Tab. 9	A*C
Dachflächen	Büro/Verwaltung	400	1	400
	Labor/Werkstatt	600	1	600 ①
	Vordach	25	1	25
Summe Dachflächen		1025		1025
Flächen außerhalb Gebäude	Parkplatz	500	0,7	350 ②
	Fußweg	125	0,7	87,5
	Anlieferung	1050	1	1050
Summe Flächen außerh. Gebäude A_{FaG}		1675		1487,5 ③
Gesamtfläche (A_{ges} und A_U)	Summe in m²	2700		2512,5

Für sehr große Grundstücke gilt:

„Grundleitungen von Grundstücken nach DIN EN 752, d. h. bis 200 ha Ages bzw. bis etwa 60 ha AE,b, die größere schadlos überflutbare Hof-, Parkflächen oder andere Außenanlagen entwässern, können nach DWA-A 118:2006, Tabelle 4 bemessen werden. Dabei darf die Jährlichkeit des Berechnungsregens einmal in zwei Jahren nicht unterschritten werden.“ [DIN 1986-100 S. 83]

„Bei Grundstücken über 200 ha sollten die Bemessung des Leitungsnetzes und der Nachweis der Überflutung entsprechend DWA-A 118 mit Abflusssimulationsmodellen durchgeführt werden.“ [DIN 1986-100 S. 84]

Nun muss ein Überflutungsnachweis geführt werden.
Für den Nachweis nach Gleichung 20 gilt:

Für die Differenz der auf der befestigten Fläche des Grundstücks anfallenden Regenwassermenge, VRück in m³, zwischen dem mindestens 30-jährigen Regenereignis und dem 2-jährigen Berechnungsregen muss der Nachweis für eine schadlose Überflutung des Grundstücks erbracht werden.

Ist ein außergewöhnliches Maß an Sicherheit erforderlich, ist eine Jährlichkeit des Berechnungsregens größer als 30 Jahre zu wählen. [DIN 1986-100 S. 84]

Die unschädliche Überflutung kann auf der Fläche des eigenen Grundstückes, z.B. durch Hochborde oder Mulden, wenn keine Menschen, Tiere oder Sachgüter gefährdet sind, oder über andere Rückhalteräume, wie Rückhaltebecken, erfolgen, soweit die Niederschlagswasserableitung nicht auf andere Weise sichergestellt ist. [DIN 1986-100 S. 84]

$$V_{Rück} = (r_{(D,30)} \cdot A_{ges} - (r_{(D,2)} \cdot A_{Dach} \cdot C_{s,Dach} + r_{(D,2)} \cdot A_{FaG} \cdot C_{s,FaG})) \cdot \frac{D \cdot 60}{10\,000 \cdot 1\,000}$$

(20)

Dabei ist:

$V_{Rück}$	die zurückzuhaltende Regenwassermenge, in Kubikmeter (m³) (20)
D	die kürzeste maßgebende Regendauer in Minuten (min), für die Bemessung der Entwässerung außerhalb der Gebäude nach DWA-A 118:2006, Tabelle 4, sonst D = 5 min für einen Berechnungsregen, dessen Jährlichkeit einmal in 2 Jahren nicht unterschritten werden darf (s. A.2, Tabelle A.2);
C_s	der Spitzenabflussbeiwert (siehe Tabelle 9)
A_{Dach}	die gesamte Gebäudedachfläche, in Quadratmeter, (m²)
A_{FaG}	die gesamte befestigte Fläche außerhalb der Gebäude, in Quadratmeter, (m²)
A_{ges}	die gesamte befestigte Fläche des Grundstückes, in Quadratmeter, (m²), d.h. $A_{ges} = A_{Dach} + A_{FaG}$

In einem weiteren Schritt werden nun die Regenspenden ermittelt.

III. Ermittlung der Regenspenden

Zur Ermittlung der Regenspende muss erst die maßgebende kürzeste Regendauer nach DWA A 118 Tabelle 4 für I< 1% und Befestigungsgrad > 50% bestimmt werden:

Info:

Die kürzeste Regendauer legt die Dauer des maßgebenden Regenereignisses fest. Es gilt je höher die Geländeneigung und je höher der Befestigungsgrad ist, desto mehr Regenwasser belastet die Grundleitungen. Diese Belastung wird in der Berechnung über eine entsprechende Regendauer mit gewisser Intensität ausgedrückt. Je kürzer die Regendauer, desto größer die Regenspende.

Arbeitsblatt DWA-A 118 Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen (Ausgabe 03/2006) Tabelle 2 oder Kommentar zur DIN 1986-100 Anhang A.2 Tab. A.2

Mittlere Geländeneigung	Befestigung	kürzeste Regendauer (nach dieser Norm r_2 in min)
< 1 %	≤ 50 %	15 min
	> 50 %	10 min
1 % bis 4 %	–	10 min
> 4 %	≤ 50 %	10 min
	> 50 %	5 min

Mit dem Ergebnis aus Tabelle A.2 werden in Tabelle A.1 nach DIN 1986 – 100 die Regenspenden ermittelt.
Das Grundstück befindet sich in Bonn.
Daher ergeben sich die Regenspenden:

Berechnungsregenspende
r (D,T)= r $(10,2)$= 163 l/(s*ha)
Überflutungsregenspende
r (D,T)= r $(10,30)$= 315 l/(s*ha)

Die Werte können auch aus dem KOSTRA-DWD-2010 (Stand der Technik) entnommen werden. Liegen örtliche von der zuständigen Behörde veröffentlichte Regenspenden, die auf Grundlage der neuen Erkenntnisse entsprechend der im KOSTRA-Atlas angewandten Berechnungsmethode berechnet wurden, vor, können auch diese verwendet werden.

DIN 1986-100 Anhang A.1 Ermittlung der Regenspenden (Auszug)

Die Ermittlung der Regenspenden kann nach Tabelle A.1 erfolgen.

Tabelle A.1 — Regenspenden in Deutschland[5)]

Ort	Dachflächen bzw. Flächen nach 14.7		Grundstücksflächen					
	Regendauer D = 5 min		Regendauer D = 5 min		Regendauer D = 10 min		Regendauer = 15 min	
	Bemessung	Notentwässerung	Bemessung	Überflutungsprüfung	Bemessung	Überflutungsprüfung	Bemessung	Überflutungsprüfung
	$r_{(5,5)}$	$r_{(5,100)}$	$r_{(5,2)}$	$r_{(5,30)}$	$r_{(10,2)}$	$r_{(10,30)}$	$r_{(15,2)}$	$r_{(15,30)}$
	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)
Aachen	266	463	206	384	161	290	133	241
Aschaffenburg	293	529	221	434	171	317	141	259
Augsburg	352	684	250	550	187	373	153	293
Aurich	277	506	207	414	157	297	128	240
Bad Kissingen	395	790	274	631	199	420	159	326
Bad Salzuflen	339	630	250	513	188	365	153	293
Bad Tölz	444	767	345	638	258	461	209	372
Bamberg	303	527	235	437	179	320	146	260
Bayreuth	346	644	256	524	201	395	169	329
Berlin	331	582	254	481	196	359	162	296
Bielefeld	285	533	209	433	163	315	137	257
Bocholt	255	432	201	361	157	272	130	225
Bonn	285	533	209	433	163	315	137	257
Braunschweig	330	633	237	511	180	362	148	292
Bremen	246	434	189	358	149	269	125	223
Bremerhaven	314	580	232	473	170	326	137	257

IV. Ermittlung des erforderlichen Rückhaltevolumens

Mit den ermittelten **Flächen**, der kürzesten maßgebenden **Regendauer** für die Bemessung außerhalb der Gebäude und den maßgebenden **Regenspenden** für die unterschiedlichen Jährlichkeiten wird das erforderliche Rückhaltevolumen errechnen:

$$V_{Rück} = (r_{(D,30)} \times A_{ges} – (r_{(D,2)} \times A_{Dach} \times C_{S,Dach} + r_{(D,2)} \times A_{FaG} \times C_{S,FaG})) \times (D \times 60) / (10\,000 \times 1\,000)$$

$$V_{Rück} = (315 \times 2700 – (163 \times 1025 + 163 \times 1487{,}5)) \times (10 \times 60) / (10\,000 \times 1\,000) = 26{,}46\ m^3$$

Nach Gleichung 20 beträgt die zurückzuhaltende Regenwassermenge $V_{Rück} = 26{,}46\ m^3$

Zur Überprüfung der Bemessungen von Grundleitungen, insbesondere im Altbestand befindende Leitungen, wird zusätzlich das Rückhaltevolumen nach Gleichung 21 berechnet.

Lösung Aufgabe 1 b)

In diesem Fall ist der Überflutungsnachweis unter der Voraussetzung zu führen, dass die Grundleitung nach DWA-A 118 bemessen wurde. Sind die Grundleitungen nach DWA-A118:2006, Tabelle 4 und dem 2- jährigen Regenereignis bemessen, so kann statt des Bemessungsabflusses der (meist größere) maximale Abfluss der Grundleitungen bei Vollfüllung angesetzt werden. Dies wird in Gleichung 21 umgesetzt.

$$V_{Rück} = \left(\frac{r_{(D,30)} \cdot A_{ges}}{10\,000} - Q_{voll} \right) \cdot \frac{D \cdot 60}{1\,000} \qquad (21)$$

für D = 5, 10 und 15 Minuten.

Der größte dieser drei Werte für $V_{Rück}$ ist maßgebend.

Dabei ist $V_{Rück}$ iterativ für die Regendauer D von 5, 10 und 15 Minuten jeweils zu berechnen. Der größte Wert für $V_{Rück}$ ist dann maßgebend. Die Nachweisführung ist für ein Wiederkehrintervall von T = 30 zu führen.

I. Ermittlung der Überflutungsregenspenden für 5, 10 und 15 Minuten

Das Grundstück befindet sich in Bonn.
Nun werden die Regenspenden für die Jährlichkeit von 30 Jahren untersucht.
Dazu werden die Regendauern von 5, 10, 15 Minuten herausgesucht.

$$r_{(5,30)} = 433\ {}^{l}/_{(s*ha)}$$

$$r_{(10,30)} = 315\ {}^{l}/_{(s*ha)}$$

$$r_{(15,30)} = 257\ {}^{l}/_{(s*ha)}$$

Die Vollfüllungsleistung der Anschlussleitung ist in der Aufgabenstellung gegeben mit:

Q_{voll} = 51,3 l/s

Die Ermittlung der Regenspenden kann nach Tabelle A.1 erfolgen.

Tabelle A.1 — Regenspenden in Deutschland[5)]

Ort	Dachflächen bzw. Flächen nach 14.7		Grundstücksflächen					
	Regendauer D = 5 min		Regendauer D = 5 min		Regendauer D = 10 min		Regendauer D = 15 min	
	Bemessung	Notentwässerung	Bemessung	Überflutungsprüfung	Bemessung	Überflutungsprüfung	Bemessung	Überflutungsprüfung
	$r_{(5,5)}$	$r_{(5,100)}$	$r_{(5,2)}$	$r_{(5,30)}$	$r_{(10,2)}$	$r_{(10,30)}$	$r_{(15,2)}$	$r_{(15,30)}$
	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)	l/(s·ha)
Aachen	266	463	206	384	161	290	133	241
Aschaffenburg	293	529	221	434	171	317	141	259
Augsburg	352	684	250	550	187	373	153	293
Aurich	277	506	207	414	157	297	128	240
Bad Kissingen	395	790	274	631	199	420	159	326
Bad Salzuflen	339	630	250	513	188	365	153	293
Bad Tölz	444	767	345	638	258	461	209	372
Bamberg	303	527	235	437	179	320	146	260
Bayreuth	346	644	256	524	201	395	169	329
Berlin	331	582	254	481	196	359	162	296
Bielefeld	285	533	209	433	163	315	137	257
Bocholt	255	432	201	361	157	272	130	225
Bonn	285	533	209	433	163	315	137	257
Braunschweig	330	633	237	511	180	362	148	292
Bremen	246	434	189	358	149	269	125	223
Bremerhaven	314	580	232	473	170	326	137	257

II. Ermittlung der Rückhaltevolumen

Durch jeweiliges einsetzen der ermittelten Regenspenden zu den verschiedenen Regendauern ergibt sich aus Gleichung 21:

$$V_{Rück} = \left(\frac{r_{(D,30)} * A_{ges}}{10\,000} - Q_{voll}\right) * \frac{D * 60}{1\,000} \qquad (21)$$

$V_{Rück, D=5}$ = 19,68 m³

$V_{Rück, D=10}$ = 20,25 m³

$V_{Rück, D=15}$ = 16,28 m³

III. Vergleich der berechneten Rückhaltevolumen

Maßgebend ist der größte Wert aus den 3 Berechnungen gemäß Gleichung 21.

Also ist das erforderliche Rückhaltevolumen: $V_{Rück} = 20{,}25\ m^3$

IV. Wahl des erforderlichen Rückhaltevolumens

Nach Gleichung 20 und Gleichung 21 ergeben sich nun folgende Ergebnisse:

Gleichung 20: $V_{Rück} = 26{,}46\ m^3$
Gleichung 21: $V_{Rück} = 20{,}25\ m^3$

Das größere Volumen aus Gleichung 20 und 21 ist für den Überflutungsnachweis schadlos nachzuweisen.

Gleichung 20: $V_{Rück} = 26{,}46\ m^3$

V. Ermittlung der Aufstauhöhe

Das schadlos nachzuweisende Volumen $V_{Rück} = 26{,}46\ m^3$ kann in diesem Beispiel über die Anlieferungsfläche und den Parkplatz nachgewiesen werden. Diese beiden sind vom Quergefälle so auszubilden, dass das Regenwasser schadlos aufzunehmen ist bis die Straßenabläufe diese wieder ins Kanalsystem ableiten können.

Annahme:

1. Anlieferung $A_E = 1.050\ m^2$ → anrechenbar 840 m² über Quergefälle
2. Parkplatz $A_E = 500\ m^2$ → anrechenbar 400 m² über Quergefälle

$V_{Rück}$	/ A_E	=	m Höhe des schadlosen Aufstaus in der Fläche
26,46 m³	/ (840m² + 400 m²)	=	0,02 m

Vorausgesetzt, die OKF-Höhe der Gebäude liegt höher und das Regenwasser kann nicht über die Zufahrt oder auf die umgebenden Grundstücke fließen.

Lösung Aufgabe 2:

In diesem Fall wurde von der zuständigen Behörde eine Einleitungsbeschränkung festgelegt.

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

„14.8.1 Bemessung von Rückhalteräumen bei Einleitungsbeschränkungen
Für den Fall der Begrenzung der Einleitung ist zusätzlich zum Überflutungsnachweis die Berechnung des erforderlichen Rückhaltevolumens (Regenrückhalteraum (RRR)) entsprechend DWA-A 117 mit dem „einfachen Verfahren“ durchzuführen. Hierbei wird vereinfachend vorausgesetzt, dass die Jährlichkeit T des Berechnungsregens (einheitlich bezogen auf die gesamte abflusswirksame Fläche des Grundstücks), der der zulässigen Überschreitungshäufigkeit des RRR entspricht. Die Einleitungsbeschränkung muss den Drosselabfluss in l/s und die Jährlichkeit T der zulässigen Überschreitung enthalten.“
[DIN 1986-100 S. 85]

Es gilt Gleichung 22:

In Anknüpfung an DWA-A 117 gilt für Grundstücksentwässerungsanlagen für die Bemessung des Rückhalteraumes RRR Gleichung (22).

$$V_{RRR} = \frac{A_u \cdot r_{D,T}}{10.000} \cdot D \cdot f_z \cdot 0{,}06 - D \cdot f_z \cdot Q_{Dr} \cdot 0{,}06 \qquad (22)$$

Dabei ist:

V_{RRR} das Volumen des Rückhalteraumes RRR, in Kubikmeter (m³)

A_u die abflusswirksame (undurchlässige) Fläche des Grundstücks, in Quadratmeter, (m²) für die Berechnung V_{RRR}, d.h. Addition der jeweiligen Einzelfächen A_n, multipliziert mit dem jeweils zugehörigen mittleren Ablussbeiwert C_m nach Tabelle 9,

(hier: $A_u = A_{Dach} \cdot C_{m,Dach} + A_{FaG} \cdot C_{m,FaG}$) *oder* $A_u = A_{ges} \cdot C_{m,resultierend}$

Der resultieren mittlere Abflussbeiwert $C_{m,resultierend}$ ergibt sich als flächengewichteter Mittelwert der in Tabelle 9 definierten Abflussbeiwerte C_m der Teilfächen.

$$C_{m,resultierend} = (A_1 \cdot C_{m,1} + A_2 \cdot C_{m,2} + \ldots A_x \cdot C_{m,x}) / A_{ges}$$

$r_{D,T}$ die Regenspende in *l/s* (s • ha) der Regendauer *D* und der Jährlichkeit *T*

D die Regendauer, in Minuten (min)

f_z das mittlere Risikomaß mit dem Zuschlagfaktor f_z = 1,15 für Grundstücksentwässerun anlagen bei Anwendung des „einfachen Verfahrens“ entsprechend DWA-A 117;

Q_{Dr} der Drosselabfluss (konstant) des RRR in Liter je Sekunde, (*l/s*) der in der Regel als arithmetisches Mittel zwischen dem Abfluss bei Speicherbeginn und Vollfüllung ermitte werden kann;

0,06 der Dimensionsfaktor zur Umrechnung von *l/s* in m³/min.

Anmerkung 1: Der in DWA-A117 genannte Abminderungsfaktor f_A wird wegen der kurzen Fließzeiten vernachlässigt (f_A

I. Ermittlung des mittleren Abflussbeiwertes

Zuerst wird der Abflussbeiwert für die Flächen bestimmt.
Dieses Mal wird jedoch der mittlere Abflussbeiwert benutzt.
Zur Ermittlung der abflusswirksamen undurchlässigen Fläche wird die Tabelle 9 nach DIN 1986–100 benötigt.

II. Ermittlung der abflusswirksamen Fläche

Wie in den Punkten 1. – 3. beschrieben, werden dann die abflusswirksamen Flächen ermittelt.

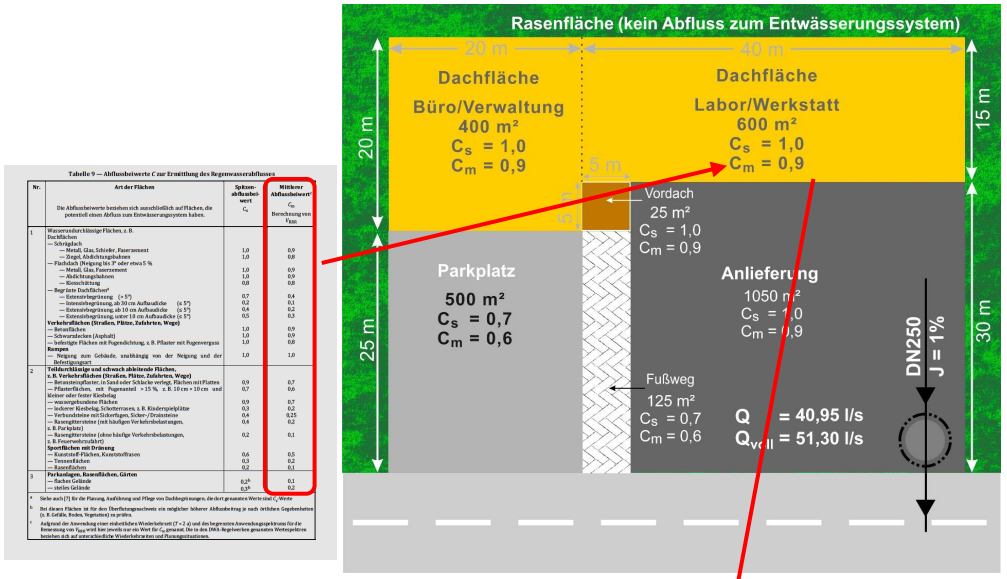
1 Über die Flächen der Dächer (Verwaltung, Labor und Vordach) sowie die mittleren Abflussbeiwerte der einzelnen Flächen, werden die abflusswirksamen Flächen der Dächer berechnet.

Fläche × Mittlerer Abflussbeiwert = abflusswirksame Fläche
600 m² × 0,9 = 540 m²

2 Ebenso wird mit den Flächen außerhalb des Gebäudes verfahren.

3 Anschließend werden die abflusswirksamen Flächen jeweils addiert und zu der Fläche A_U zusammengefasst

A_U = 922,5 m² + 1320 m² = 2242,5 m²



Flächen

		Fläche	Abfluss-beiwert	abflusswirksame Fläche
		A in m²	C aus Tab. 9	A*C
Dachflächen	Büro/Verwaltung	400	0,9	360
	Labor/Werkstatt	600	0,9	540 (1)
	Vordach	25	0,9	22,5
Summe Dachflächen		1025		922,5
Flächen außerhalb Gebäude	Parkplatz	500	0,6	300 (2)
	Fußweg	125	0,6	75
	Anlieferung	1050	0,9	945
Summe Flächen außerh. Gebäude A_{FaG}		1675		1320
Gesamtfläche (A_{ges} und A_U)	Summe in m²	2700		2242,5 (3)

III. Ermittlung der zurückzuhaltenden Regenwassermenge je Regendauer

Anschließend erfolgt die Iterative Berechnung nach Gleichung 22
durch Änderung von D, solange bis das Ergebnis für V_{RRR} kleiner wird.

> Info:
> Hier wird der 2-jährige Bemessungsregen zur Berechnung genommen, da angenommen wird, dass die öffentliche Kanalisation in diesem Beispiel auf die Wiederkehrzeit des Regenereignisses von 2 Jahren ausgelegt wurde.
>
> Je nach Bemessung in der Kommune müssen die Regenspenden an vor Ort geltende Wiederkehrzeiten angepasst werden.

Iterationsschritt 1

a) Im ersten Iterationsschritt wird mit der Regendauer D=5 Minuten und dem Standort in Bonn die Regenspende nach dem KOSTRA-Atlas ermittelt.

b) Mit Hilfe der abflusswirksamen Fläche, der Regenspende für T = 2 Jahre und Dauerstufe D = 5 Minuten sowie dem Drosselabfluss aus der Aufgabenstellung, wird die zurückzuhaltende Regenwassermenge für das Regenereignis berechnet.

Dauerstufe	Wiederkehrintervall T [a]															
	1		2		5		10		20		30		50		100	
	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN
5 min	4.5	148.6	6.8	204.4	8.3	278.2	10.0	334.0	11.7	389.8	12.7	422.5	13.9	463.6	15.6	519.5
10 min	7.3	121.5	9.5	159.0	12.5	208.5	14.8	246.0	17.0	283.5	18.3	305.4	20.0	333.0	22.2	370.5
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	10.7	89.1	13.7	114.2	17.7	147.5	20.7	172.6	23.7	197.8	25.5	212.5	27.7	231.1	30.7	256.2
30 min	12.7	70.3	16.2	90.2	21.0	116.6	24.6	136.5	28.2	156.4	30.3	168.1	32.9	182.8	36.5	202.7
45 min	14.4	53.4	18.7	69.2	24.3	90.1	28.6	105.8	32.8	121.6	35.3	130.9	38.5	142.5	42.7	158.3
60 min	15.5	43.1	20.3	56.4	26.7	74.1	31.5	87.5	36.3	100.9	39.1	108.7	42.7	118.6	47.5	131.9
90 min	17.3	32.0	22.4	41.4	29.1	53.9	34.2	63.3	39.3	72.7	42.2	78.2	46.0	85.2	51.1	94.6
2 h	18.6	25.9	23.9	33.2	30.9	43.0	36.2	50.3	41.5	57.7	44.6	62.0	48.5	67.4	53.8	74.8
3 h	20.8	19.2	26.4	24.4	33.8	31.3	39.4	36.4	45.0	41.6	48.2	44.7	52.4	48.5	58.0	53.7
4 h	22.4	15.6	28.2	19.6	35.9	25.0	41.8	29.0	47.6	33.0	51.0	35.4	55.3	38.4	61.1	42.4
6 h	25.0	11.6	31.1	14.4	39.3	18.2	45.4	21.0	51.6	23.9	55.2	25.5	59.7	27.6	65.9	30.5
9 h	27.8	8.6	34.3	10.6	42.9	13.2	49.4	15.3	55.9	17.3	59.7	18.4	64.5	19.9	71.1	21.9
12 h	30.0	6.9	36.8	8.5	45.7	10.6	52.5	12.2	59.3	13.7	63.2	14.6	68.2	15.8	75.0	17.4
18 h	33.3	5.1	41.3	6.4	52.0	8.0	60.0	9.3	68.1	10.5	72.8	11.2	78.7	12.1	86.8	13.4
24 h	35.8	4.1	44.8	5.2	56.6	6.6	65.6	7.6	74.5	8.6	79.8	9.2	86.4	10.0	95.3	11.0
48 h	42.8	2.5	53.9	3.1	68.7	4.0	79.8	4.6	91.0	5.3	97.5	5.6	105.7	6.1	116.8	6.8
72 h	47.5	1.8	59.9	2.3	76.3	2.9	88.8	3.4	101.2	3.9	108.4	4.2	117.6	4.5	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)]

$$V_{RRR} = A_U \times (r_{(D,T)} / 10\,000) \times D \times f_Z \times 0{,}06 - D \times f_Z \times Q_{Dr} \times 0{,}06$$
$$V_{RRR} = 2242{,}5 \times (204{,}4 / 10\,000) \times 5 \times 1{,}15 \times 0{,}06 - 5 \times 1{,}15 \times 12 \times 0{,}06 = 11{,}67\ m^2$$

Entsprechend wird für die Regendauern von 10, 15, 20 Minuten und 30 Minuten vorgegangen.

Dauerstufe	Wiederkehrintervall T [a]															
	1		2		5		10		20		30		50		100	
	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN
5 min	4.5	148.6	6.1	204.4	8.3	278.2	10.0	334.0	11.7	389.8	12.7	422.5	13.9	463.6	15.6	519
10 min	7.3	121.5	9.5	159.0	12.5	208.5	14.8	246.0	17.0	283.5	18.3	305.4	20.0	333.0	22.2	370
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
20 min	10.7	89.1	13.7	114.2	17.7	147.5	20.7	172.6	23.7	197.8	25.5	212.5	27.7	231.1	30.7	256
30 min	12.7	70.3	16.2	90.2	21.0	116.6	24.6	136.5	28.2	156.4	30.3	168.1	32.9	182.8	36.5	202
45 min	14.4	53.4	18.7	69.2	24.3	90.1	28.6	105.8	32.8	121.6	35.3	130.9	38.5	142.5	42.7	158
60 min	15.5	43.1	20.3	56.4	26.7	74.1	31.5	87.5	36.3	100.9	39.1	108.7	42.7	118.6	47.5	131
90 min	17.3	32.0	22.4	41.4	29.1	53.9	34.2	63.3	39.3	72.7	42.2	78.2	46.0	85.2	51.1	94
2 h	18.6	25.9	23.9	33.2	30.9	43.0	36.2	50.3	41.5	57.7	44.6	62.0	48.5	67.4	53.8	74
3 h	20.8	19.2	26.4	24.4	33.8	31.3	39.4	36.4	45.0	41.6	48.2	44.7	52.4	48.5	58.0	53
4 h	22.4	15.6	28.2	19.6	35.9	25.0	41.8	29.0	47.6	33.0	51.0	35.4	55.3	38.4	61.1	42
6 h	25.0	11.6	31.1	14.4	39.3	18.2	45.4	21.0	51.6	23.9	55.2	25.5	59.7	27.6	65.9	30
9 h	27.8	8.6	34.3	10.6	42.9	13.2	49.4	15.3	55.9	17.3	59.7	18.4	64.5	19.9	71.1	21
12 h	30.0	6.9	36.8	8.5	45.7	10.6	52.5	12.2	59.3	13.7	63.2	14.6	68.2	15.8	75.0	17
18 h	33.3	5.1	41.3	6.4	52.0	8.0	60.0	9.3	68.1	10.5	72.8	11.2	78.7	12.1	86.8	13
24 h	35.8	4.1	44.8	5.2	56.6	6.6	65.6	7.6	74.5	8.6	79.8	9.2	86.4	10.0	95.3	11
48 h	42.8	2.5	53.9	3.1	68.7	4.0	79.8	4.6	91.0	5.3	97.5	5.6	105.7	6.1	116.8	6
72 h	47.5	1.8	59.9	2.3	76.3	2.9	88.8	3.4	101.2	3.9	108.4	4.2	117.6	4.5	130.0	5

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)]

Iterationsschritt 2

a) Ermittlung der Regenspende für die Regendauer D = 10 Minuten.

b) Ermittlung des Volumens für den Regenrückhalteraum.

$V_{RRR} = A_U \times (r_{(D,T)} / 10\,000) \times D \times f_Z \times 0{,}06 - D \times f_Z \times Q_{Dr} \times 0{,}06$

$V_{RRR} = 2242{,}5 \times (159{,}0 / 10\,000) \times 10 \times 1{,}15 \times 0{,}06 - 10 \times 1{,}15 \times 12 \times 0{,}06 = 16{,}32\ m^2$

Dauerstufe	Wiederkehrintervall T [a]															
	1		2		5		10		20		30		50		100	
	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	
5 min	4.5	148.6	6.1	204.4	8.3	278.2	10.0	334.0	11.7	389.8	12.7	422.5	13.9	463.6	15.6	
10 min	7.3	121.5	9.5	159.0	12.5	208.5	14.8	246.0	17.0	283.5	18.3	305.4	20.0	333.0	22.2	
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	
20 min	10.7	89.1	13.7	114.2	17.7	147.5	20.7	172.6	23.7	197.8	25.5	212.5	27.7	231.1	30.7	
30 min	12.7	70.3	16.2	90.2	21.0	116.6	24.6	136.5	28.2	156.4	30.3	168.1	32.9	182.8	36.5	
45 min	14.4	53.4	18.7	69.2	24.3	90.1	28.6	105.8	32.8	121.6	35.3	130.9	38.5	142.5	42.7	
60 min	15.5	43.1	20.3	56.4	26.7	74.1	31.5	87.5	36.3	100.9	39.1	108.7	42.7	118.6	47.5	
90 min	17.3	32.0	22.4	41.4	29.1	53.9	34.2	63.3	39.3	72.7	42.2	78.2	46.0	85.2	51.1	
2 h	18.6	25.9	23.9	33.2	30.9	43.0	36.2	50.3	41.5	57.7	44.6	62.0	48.5	67.4	53.8	
3 h	20.8	19.2	26.4	24.4	33.8	31.3	39.4	36.4	45.0	41.6	48.2	44.7	52.4	48.5	58.0	
4 h	22.4	15.6	28.2	19.6	35.9	25.0	41.8	29.0	47.6	33.0	51.0	35.4	55.3	38.4	61.1	
6 h	25.0	11.6	31.1	14.4	39.3	18.2	45.4	21.0	51.6	23.9	55.2	25.5	59.7	27.6	65.9	
9 h	27.8	8.6	34.3	10.6	42.9	13.2	49.4	15.3	55.9	17.3	59.7	18.4	64.5	19.9	71.1	
12 h	30.0	6.9	36.8	8.5	45.7	10.6	52.5	12.2	59.3	13.7	63.2	14.6	68.2	15.8	75.0	
18 h	33.3	5.1	41.3	6.4	52.0	8.0	60.0	9.3	68.1	10.5	72.8	11.2	78.7	12.1	86.8	
24 h	35.8	4.1	44.8	5.2	56.6	6.6	65.6	7.6	74.5	8.6	79.8	9.2	86.4	10.0	95.3	
48 h	42.8	2.5	53.9	3.1	68.7	4.0	79.8	4.6	91.0	5.3	97.5	5.6	105.7	6.1	116.8	
72 h	47.5	1.8	59.9	2.3	76.3	2.9	88.8	3.4	101.2	3.9	108.4	4.2	117.6	4.5	130.0	

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)]

Iterationsschritt 3

a) Ermittlung der Regenspende für die Regendauer D = 15 Minuten.

b) Ermittlung des Volumens für den Regenrückhalteraum.

$$V_{RRR} = A_U \times (r_{(D,T)} / 10\,000) \times D \times f_Z \times 0{,}06 - D \times f_Z \times Q_{Dr} \times 0{,}06$$

$$V_{RRR} = 2242{,}5 \times (132{,}5 / 10\,000) \times 15 \times 1{,}15 \times 0{,}06 - 15 \times 1{,}15 \times 12 \times 0{,}06 = 18{,}33\ m^2$$

Dauerstufe	Wiederkehrintervall T [a]															
	1		2		5		10		20		30		50		100	
	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN
5 min	4.5	148.6	6.1	204.4	8.3	278.2	10.0	334.0	11.7	389.8	12.7	422.5	13.9	463.6	15.6	519.5
10 min	7.3	121.5	9.5	159.0	12.5	208.5	14.8	246.0	17.0	283.5	18.3	305.4	20.0	333.0	22.2	370.5
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	10.7	89.1	13.7	114.2	17.7	147.5	20.7	172.6	23.7	197.8	25.5	212.5	27.7	231.1	30.7	256.2
30 min	12.7	70.3	16.2	90.2	21.0	116.6	24.6	136.5	28.2	156.4	30.3	168.1	32.9	182.8	36.5	202.7
45 min	14.4	53.4	18.7	69.2	24.3	90.1	28.6	105.8	32.8	121.6	35.3	130.9	38.5	142.5	42.7	158.3
60 min	15.5	43.1	20.3	56.4	26.7	74.1	31.5	87.5	36.3	100.9	39.1	108.7	42.7	118.6	47.5	131.9
90 min	17.3	32.0	22.4	41.4	29.1	53.9	34.2	63.3	39.3	72.7	42.2	78.2	46.0	85.2	51.1	94.6
2 h	18.6	25.9	23.9	33.2	30.9	43.0	36.2	50.3	41.5	57.7	44.6	62.0	48.5	67.4	53.8	74.8
3 h	20.8	19.2	26.4	24.4	33.8	31.3	39.4	36.4	45.0	41.6	48.2	44.7	52.4	48.5	58.0	53.7
4 h	22.4	15.6	28.2	19.6	35.9	25.0	41.8	29.0	47.6	33.0	51.0	35.4	55.3	38.4	61.1	42.4
6 h	25.0	11.6	31.1	14.4	39.3	18.2	45.4	21.0	51.6	23.9	55.2	25.5	59.7	27.6	65.9	30.5
9 h	27.8	8.6	34.3	10.6	42.9	13.2	49.4	15.3	55.9	17.3	59.7	18.4	64.5	19.9	71.1	21.9
12 h	30.0	6.9	36.8	8.5	45.7	10.6	52.5	12.2	59.3	13.7	63.2	14.6	68.2	15.8	75.0	17.4
18 h	33.3	5.1	41.3	6.4	52.0	8.0	60.0	9.3	68.1	10.5	72.8	11.2	78.7	12.1	86.8	13.4
24 h	35.8	4.1	44.8	5.2	56.6	6.6	65.6	7.6	74.5	8.6	79.8	9.2	86.4	10.0	95.3	11.0
48 h	42.8	2.5	53.9	3.1	68.7	4.0	79.8	4.6	91.0	5.3	97.5	5.6	105.7	6.1	116.8	6.8
72 h	47.5	1.8	59.9	2.3	76.3	2.9	88.8	3.4	101.2	3.9	108.4	4.2	117.6	4.5	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)]

Iterationsschritt 4

a) Ermittlung der Regenspende für die Regendauer
D = 20 Minuten

b) Ermittlung des Volumens für den Regenrückhalteraum

$V_{RRR} = A_U \times (r_{(D,T)} / 10\,000) \times D \times f_Z \times 0{,}06 - D \times f_Z \times Q_{Dr} \times 0{,}06$

$V_{RRR} = 2242{,}5 \times (114{,}2 / 10\,000) \times 20 \times 1{,}15 \times 0{,}06 - 20 \times 1{,}15 \times 12 \times 0{,}06 = 18{,}78\ m^2$

Dauerstufe	Wiederkehrintervall T [a]															
	1		2		5		10		20		30		50		100	
	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN	hN	rN
5 min	4.5	148.6	6.1	204.4	8.3	278.2	10.0	334.0	11.7	389.8	12.7	422.5	13.9	463.6	15.6	519.5
10 min	7.3	121.5	9.5	159.0	12.5	208.5	14.8	246.0	17.0	283.5	18.3	305.4	20.0	333.0	22.2	370.5
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	10.7	89.1	13.7	114.2	17.7	147.5	20.7	172.6	23.7	197.8	25.5	212.5	27.7	231.1	30.7	256.2
30 min	12.7	70.3	16.2	90.2	21.0	116.6	24.6	136.5	28.2	156.4	30.3	168.1	32.9	182.8	36.5	202.7
45 min	14.4	53.4	18.7	69.2	24.3	90.1	28.6	105.8	32.8	121.6	35.3	130.9	38.5	142.5	42.7	158.3
60 min	15.5	43.1	20.3	56.4	26.7	74.1	31.5	87.5	36.3	100.9	39.1	108.7	42.7	118.6	47.5	131.9
90 min	17.3	32.0	22.4	41.4	29.1	53.9	34.2	63.3	39.3	72.7	42.2	78.2	46.0	85.2	51.1	94.6
2 h	18.6	25.9	23.9	33.2	30.9	43.0	36.2	50.3	41.5	57.7	44.6	62.0	48.5	67.4	53.8	74.8
3 h	20.8	19.2	26.4	24.4	33.8	31.3	39.4	36.4	45.0	41.6	48.2	44.7	52.4	48.5	58.0	53.7
4 h	22.4	15.6	28.2	19.6	35.9	25.0	41.8	29.0	47.6	33.0	51.0	35.4	55.3	38.4	61.1	42.4
6 h	25.0	11.6	31.1	14.4	39.3	18.2	45.4	21.0	51.6	23.9	55.2	25.5	59.7	27.6	65.9	30.5
9 h	27.8	8.6	34.3	10.6	42.9	13.2	49.4	15.3	55.9	17.3	59.7	18.4	64.5	19.9	71.1	21.9
12 h	30.0	6.9	36.8	8.5	45.7	10.6	52.5	12.2	59.3	13.7	63.2	14.6	68.2	15.8	75.0	17.4
18 h	33.3	5.1	41.3	6.4	52.0	8.0	60.0	9.3	68.1	10.5	72.8	11.2	78.7	12.1	86.8	13.4
24 h	35.8	4.1	44.8	5.2	56.6	6.6	65.6	7.6	74.5	8.6	79.8	9.2	86.4	10.0	95.3	11.0
48 h	42.8	2.5	53.9	3.1	68.7	4.0	79.8	4.6	91.0	5.3	97.5	5.6	105.7	6.1	116.8	6.8
72 h	47.5	1.8	59.9	2.3	76.3	2.9	88.8	3.4	101.2	3.9	108.4	4.2	117.6	4.5	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)]

Iterationsschritt 5

a) Ermittlung der Regenspende für die Regendauer
D = 30 Minuten

b) Ermittlung des Volumens für den Regenrückhalteraum

$V_{RRR} = A_U \times (r_{(D,T)} / 10\,000) \times D \times f_Z \times 0{,}06 - D \times f_Z \times Q_{Dr} \times 0{,}06$

$V_{RRR} = 2242{,}5 \times (90{,}2 / 10\,000) \times 30 \times 1{,}15 \times 0{,}06 - 30 \times 1{,}15 \times 12 \times 0{,}06 = 17{,}03\ m^2$

Da das Volumen im Vergleich zum Iterationsschritt 4 kleiner wird, kann die Iteration zu diesem Zeitpunkt abgebrochen werden.

IV. Ermittlung der zurückzuhaltenden Regenwassermenge

Die Ergebnisse der Volumenberechnungen für D = 5, D = 10, D = 15, D = 20 und D = 30 [min] werden verglichen und der größere Wert herausgegriffen.

Iterationen:

1) $V_{RRR} = 2242{,}5 \times (204{,}4 / 10\,000) \times 5 \times 1{,}15 \times 0{,}06 - 5 \times 1{,}15 \times 12 \times 0{,}06 = 11{,}67\ m^2$

2) $V_{RRR} = 2242{,}5 \times (159{,}0 / 10\,000) \times 10 \times 1{,}15 \times 0{,}06 - 10 \times 1{,}15 \times 12 \times 0{,}06 = 16{,}32\ m^2$

3) $V_{RRR} = 2242{,}5 \times (132{,}5 / 10\,000) \times 15 \times 1{,}15 \times 0{,}06 - 15 \times 1{,}15 \times 12 \times 0{,}06 = 18{,}33\ m^2$

4) $V_{RRR} = 2242{,}5 \times (114{,}2 / 10\,000) \times 20 \times 1{,}15 \times 0{,}06 - 20 \times 1{,}15 \times 12 \times 0{,}06 = 18{,}78\ m^2$

5) $V_{RRR} = 2242{,}5 \times (90{,}2 / 10\,000) \times 30 \times 1{,}15 \times 0{,}06 - 30 \times 1{,}15 \times 12 \times 0{,}06 = 17{,}03\ m^2$

Ergebnis aus der Iteration nach Gleichung 22:

$V_{RRR} = 18{,}78\ m^3$

Vergleich der Ergebnisse aus Gleichung 22 (zul. Abfluss in die Kanalisation = Drosselabfluss von 12 l/s)
mit den Ergebnissen aus Gleichung 20 (zul. Abfluss in die Kanalisation = Niederschlagsmenge des zweijährigen Bemessungsregens)
und Gleichung 21 (zulässiger Abfluss in die Kanalisation =Vollfüllungsmenge des Anschlusskanals)
und daraus Wahl des größten erforderlichen Volumens:

Gleichung 20: $V_{Rück} = 26{,}46\ m^3$

Gleichung 21: $V_{Rück} = 20{,}25\ m^3$

Gleichung 22: $V_{RRR} = 18{,}78\ m^3$

Es sind für den Überflutungsnachweis $V_{Rück} = 26{,}46\ m^3$ schadlos nachzuweisen.

Das Volumen aus Gleichung 22 ist beispielsweise unterirdisch über Stauraumkanäle oder oberirdisch über Rückhaltebecken zurückzuhalten. In diesem Beispiel wird angenommen, dass das Volumen aus Gleichung 22 über Stauraumkanäle und deren Schächten zurückgehalten wird.

DN 1200 → Fläche Kreisdurchmesser = 1,08 m²

Länge des gewählten Stauraumkanals = 17,50m

V_{RRR} = 1,08m² * 17,50m = 18,90 m³

Da 18,90 m³ über Stauraumkanäle nachgewiesen wurden, sind noch

$V_{Rück}$ = 26,46m³ - 18,90 m³ = 7,56 m³ über die Rückhaltung durch geschickte Oberflächengestaltung nachzuweisen.