

**Entwässerungsgutachten im Bebauungsplan
Mendener Straße/Hahnenfähre – H6**

ERLÄUTERUNGSBERICHT

ESSEN, IM MAI 2023



Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung und Zielsetzung	1
2	Planungsgrundlagen	2
2.1	Bestand und Neubau	2
2.2	Flächenermittlung	4
2.3	Behandlungspflicht	7
2.4	Ableitung Schmutz- und Regenwasser	7
2.5	Überflutungsnachweis DIN 1986-100	9
2.6	Überflutungsgefahr	10
3	Variantenuntersuchung	12
3.1	Versickerung	12
3.1.1	Versickerungsmulde	12
3.1.2	Mulden-Rigolen-Element	15
3.2	Ortsnahe Einleitung	16
3.2.1	Einleitung in den Forstbach	17
3.2.2	Einleitung in die Ruhr	18
3.3	Variantenvergleich Tabellarisch	20
4	Umsetzung der Vorzugsvariante	23
4.1	Technische Umsetzung	23
4.2	Abstimmungen mit Dritten	25
4.3	Empfohlene Festsetzungen für den Bebauungsplan	26
4.4	Kosten	27
5	Überflutungsgefahren	28
6	Zusammenfassung und Fazit	30
7	Anlagen	31

1 VERANLASSUNG UND ZIELSETZUNG

Das Vorliegende Entwässerungsgutachten wurde im Rahmen der Erstellung des Bebauungsplanes „Mendener Straße/ Hahnenfähre – H6“ durch das Amt für Stadtplanung und Wirtschaftsförderung in Mülheim an der Ruhr erstellt. Der Bebauungsplan umfasst zwei geplante Baugebiete. Das nord-östliche Baugebiet liegt an der Mendener Straße und ist für ein Gebäudekomplex vorgesehen. Das süd-westliche Baugebiet liegt an der Hahnenfähre direkt an der Ruhr und ist für die Bebauung mit Einfamilienhäusern vorgesehen.

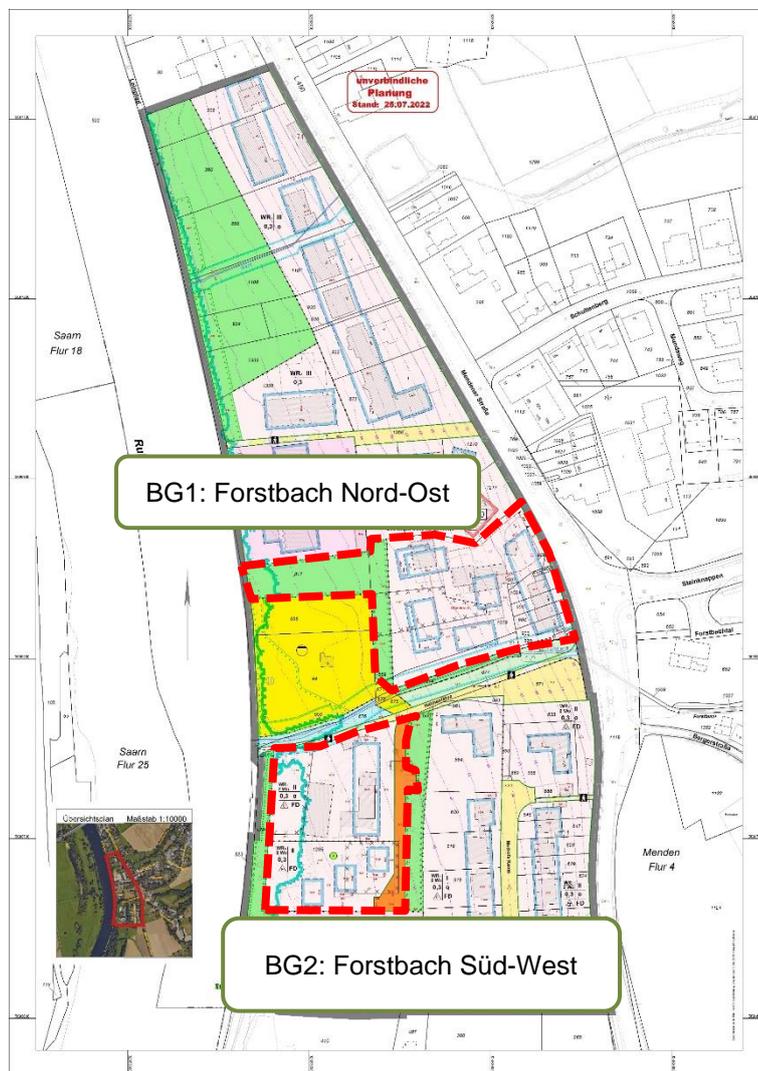
Die Hydrologie des Gebietes ist charakterisiert durch den Forstbach und die Ruhr. Der Forstbach hat ein Einzugsgebiet von 3,07 km². Der Forstbach ist im Bereich des Bebauungsplanes größtenteils verrohrt und mündet in der Nähe des zweiten Bebauungsgebietes in die Ruhr. Die Bereits vorhandene Bebauung wird über ein Mischsystem entwässert.

Zielsetzung des Gutachtens ist die die Untersuchung verschiedener Varianten der Niederschlagsbewirtschaftung. Dabei wurden insbesondere Konzepte unter Berücksichtigung der Versickerung und Einleitung, sowie der Rückhaltung von Niederschlagswasser verglichen. Technische Anlagen wurden hydraulisch durch Nachweise und unter Berücksichtigung von DIN 1986-100, DWA A 102-2, DWA A 102-3, DWA A 117 und DWA A 138 ausgelegt. Die zu entwässernden Flächen wurden bezüglich stofflicher Belastung nach dem DWA A 102-3 und den Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren (Trennerlass) des MKULNV NRW kategorisiert. Durch die lokale Hydrographie ist ein Überflutungsrisiko für die geplante Bebauung nicht auszuschließen. Daher wurde der Bebauungsplan ebenfalls unter den Aspekten Starkregengefahr und Überflutungsschutz betrachtet.

2 PLANUNGSGRUNDLAGEN

2.1 BESTAND UND NEUBAU

Die Planungsgebiete des Bebauungsplanes „Mendener Straße/ Hahnenföhre – H6“ befinden sich im Stadtteilgebiet Holthausen – Menden – Raadt, südlich des Stadtzentrums. Das Gebiet hat eine Fläche von rund 11 ha. Es wird eingegrenzt durch die Landesstraße 450 „Mendener Straße“ in Westen, und östlich durch den Leinpfad an der Ruhr. Es handelt sich durch ein reines Wohngebiet, das neben der Mendener Straße durch die Wohnstraßen Hahnenföhre und Mulhofs Kamp erschlossen ist.



Die vorhandene Entwässerungsinfrastruktur besteht laut Kanalkatasterauszug aus einer Mischwasserkanalisation. Mehrere Mischwasserkanäle, die aus dem Bereich der Mendener Straße, Steinknappen und Bergerstraße kommen, sind im Bereich der Hahnenföhre an einen Mischwasserkanal DN1600 angeschlossen. An diesen schließt zusätzlich ein Kanal mit DN300 aus dem Bereich Mulhofs Kamp sowie ein privater Kanal aus den Liegenschaften 1295 und 836 mit unbekanntem Durchmesser. Nachdem der Mischwasserkanal die

Hahnenfähre kreuzt, wird er über ein RÜB des Ruhrverbandes entlastet. Über ein Pumpwerk und einen Düker wird der klärfähige Mischwasserabfluss zur Kläranlage abgeleitet.

In den zu bebauenden Bereichen sind keine Altlasten vorhanden. Allerdings wurden im Zuge des Bodengutachtens Auffälligkeiten einzelner Analysewerte im südwestlichen Bereich festgestellt. Dies zeigt folgender Auszug aus dem Bodengutachten:

Tab. 1a: Wirkungspfad Boden – Mensch nördliche Untersuchungscluster

Wirkungspfad Boden-Mensch SM+As - Untersuchungen im Königswasseraufschluss

Parameter	Oberbodenmischproben [mg/kg]								Einzelprobe [mg/kg] KRB 10.1 0 - 50 cm	Prüfwerte	
	OBM 1		OBM 2		OBM 3		OBM 4			Kinder- spielflächen	Altlastenerlass Wohngärten*
	0-10 cm	10-35 cm	0-10 cm	10-35 cm	0-10 cm	10-35 cm	0-10 cm	10-35 cm			
Benzo(a)pyren	0,067	0,081	0,16	0,17	0,13	0,10	0,096	0,47	<0,10	2	1
Arsen	12	13	9,4	12	11	12	11	12	6,8	25	25
Blei	82	81	79	74	74	86	97	100	39	200	200
Cadmium	0,88	1,0	0,79	0,80	0,75	1,0	1,2	1,3	0,38	2	2
Chrom	32	34	29	29	29	28	34	28	19	200	-
Nickel	26	30	20	24	20	22	19	20	19	70	-
Quecksilber	0,18	0,17	0,17	0,17	0,12	0,12	0,16	0,21	<0,050	10	5

* gesonderte Prüfwerte Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze gemäß Altlastenerlass vom 14.03.2005
Prüfwertüberschreitungen sind farblich markiert

Tab. 1b: Wirkungspfad Boden – Mensch südliche Untersuchungscluster

Wirkungspfad Boden-Mensch SM+As - Untersuchungen im Königswasseraufschluss

Parameter	Oberbodenmischproben [mg/kg]						Einzelproben [mg/kg] KRB 3.1 0 - 50 cm	Prüfwerte	
	OBM 5		OBM 6		OBM 7			Kinder- spielflächen	Altlastenerlass Wohngärten*
	0-10 cm	10-35 cm	0-10 cm	10-35 cm	0-10 cm	10-35 cm			
Benzo(a)pyren	0,31	0,37	0,24	0,29	0,30	0,27	24	2	1
Arsen	7,5	10	9,6	11	10	11	7,7	25	25
Blei	72	78	91	110	120	94	24	200	200
Cadmium	0,65	0,73	0,84	1,1	1,0	0,95	0,65	2	2
Chrom	21	25	26	26	26	26	26	200	-
Nickel	15	22	23	25	23	26	4,5	70	-
Quecksilber	0,089	0,087	0,16	0,25	0,20	0,24	0,053	10	5

* gesonderte Prüfwerte Boden-Mensch und Boden-Nutzpflanze gemäß Altlastenerlass vom 14.03.2005
Prüfwertüberschreitungen sind farblich markiert

Tab. 2a: Wirkungspfad Boden – Pflanze nördliche Untersuchungscluster

Wirkungspfad Boden-Pflanze Untersuchungen im Königswasseraufschluss bzw. Ammoniumnitratextrakt gem. BBodSchV

Parameter	Oberbodenmischproben [mg/kg]								Boden-Pflanze			
	OBM 1		OBM 2		OBM 3		OBM 4		Prüfwert		Maßnahmenwert	
	0-35 cm (0-0,1/0,1-0,35)		0-35 cm (0-0,1/0,1-0,35)		0-35 cm (0-0,1/0,1-0,35)		0-35 cm (0-0,1/0,1-0,35)		Nutzgärten		Nutzgärten	
	0-35 cm	35 - 60 cm	0-35 cm	35 - 60 cm	0-35 cm	35 - 60 cm	0-35 cm	35 - 60 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm
Benzo(a)pyren	0,067/0,081	0,069	0,16/0,17	0,38	0,13/0,10	0,047	0,096/0,47	0,11	1	1,5		
Arsen*	13	9,9	12	10	12	10	12	10	200	300		
Cadmium ¹	<0,013	0,013	0,071/<0,013	0,073	0,21/0,19	0,10	0,11/0,095	0,042			0,1 ¹	0,15 ¹
Blei ¹	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	0,34/0,17	<0,10	<0,10	<0,10	0,1 ¹	0,15 ¹		
Quecksilber*	0,18	0,11	0,17	0,48	0,12	0,063	0,21	0,11	5	7,5		

Prüfwertüberschreitungen sind farblich markiert * aus beiden Einzelproben aus den Bereichen 0-0,1 cm und 0,1-0,35 cm wurde der jeweils höchste Analysenwert berücksichtigt
1 - im Ammoniumnitratextrakt n. u. = nicht untersucht

Tab. 2b: Wirkungspfad Boden – Pflanze südliche Untersuchungscluster

Wirkungspfad Boden-Pflanze Untersuchungen im Königswasseraufschluss bzw. Ammoniumnitratextrakt gem. BBodSchV

Parameter	Oberbodenmischproben [mg/kg]						Einzelprobe [mg/kg] KRB 3.1 0 - 50 cm	Boden-Pflanze			
	OBM 5		OBM 6		OBM 7			Prüfwert		Maßnahmenwert	
	0-35 cm (0-0,1/0,1-0,35)		0-35 cm (0-0,1/0,1-0,35)		0-35 cm (0-0,1/0,1-0,35)			Nutzgärten		Nutzgärten	
	0-35 cm	35 - 60 cm	0-35 cm	35 - 60 cm	0-35 cm	35 - 60 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	
Benzo(a)pyren	0,31/0,37	0,30	0,24/0,29	0,37	0,30/0,27	0,34	24	1	1,5		
Arsen*	10	9,6	11	10	11	12	7,7	200	300		
Cadmium ¹	<0,10	<0,10	0,025/0,059	<0,013	0,11/0,047	0,015	n.u.			0,1 ¹	0,15 ¹
Blei ¹	<0,013	<0,013	<0,10	<0,10	0,14/<0,1	<0,10	n.u.	0,1 ¹	0,15 ¹		
Quecksilber*	0,089	0,089	0,25	0,17	0,24	0,23	0,053	5	7,5		

Prüfwertüberschreitungen sind farblich markiert * aus beiden Einzelproben aus den Bereichen 0-0,1 cm und 0,1-0,35 cm wurde der jeweils höchste Analysenwert berücksichtigt
1 - im Ammoniumnitratextrakt n. u. = nicht untersucht

Der Durchlässigkeitsbeiwert wird im Bodengutachten auf $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ bis $1 \cdot 10^{-6}$ m/s geschätzt.

Fremdleitungen auf den Planungsflächen umfassen Stromleitungen, Abwasserkanäle der vorhandenen Bebauung und Telekommunikationskabel. Weitere Leitungen wurden nicht recherchiert. Bei den Ortsbegehungen wurden auch keine Hinweise auf weitere Leitungen gefunden.

Das Gelände fällt von der Mendener Straße (45 bis 47,4 m NN) Richtung Ruhr (ca. 37,5 m NN) ab. Das Hinterland ist von einer leicht hügeligen Landschaft um das Naturschutzgebiet Forstbachtal geprägt. Die Gegend ist teils mit Wohnsiedlungen durchzogen und teils landwirtschaftlich genutzt.

Hinweise auf Grundwasserstände und geologische Formationen sind dem Bodengutachten zu entnehmen.

Die Planungsflächen sollen für Wohnbebauung erschlossen werden.

2.2 FLÄCHENERMITTLUNG

Die Flächen beider Baugebiete wurden entsprechend dem DWA 102-2 und den „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“ (Trennerlass) kategorisiert. Da es sich um ein reines Wohngebiet handelt und auf den Verkehrsflächen der beiden Gebiete kein erhöhtes Verkehrsaufkommen ($DTV \leq 300$ bzw. ≤ 50 Wohneinheiten) zu erwarten ist sind alle Flächen nach DWA A 102-2 in die Belastungskategorie 1 einzuordnen. Demnach würde keine Behandlungsbedürftigkeit vorliegen.

Dem Trennerlass zufolge wird jedoch auch Niederschlagswasser von Wohnstraßen, Zufahrten zu Sammelgaragen und Parkplätzen generell unabhängig von der Verkehrsstärke als schwach belastete Flächen (Kategorie 2) kategorisiert. Darunter fallen im Bebauungsplan im BG1 die Zufahrt zur Tiefgarage, sowie die angedachten Stellplätze. Im BG2 zählt die Wohnstraße inklusive der Stellplätze im Westen des Gebietes als solche. In diesen Bereichen sind leichte Belastungen mit Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) und partikulären Schwermetallen bzw. organischen Schadstoffen zu rechnen.

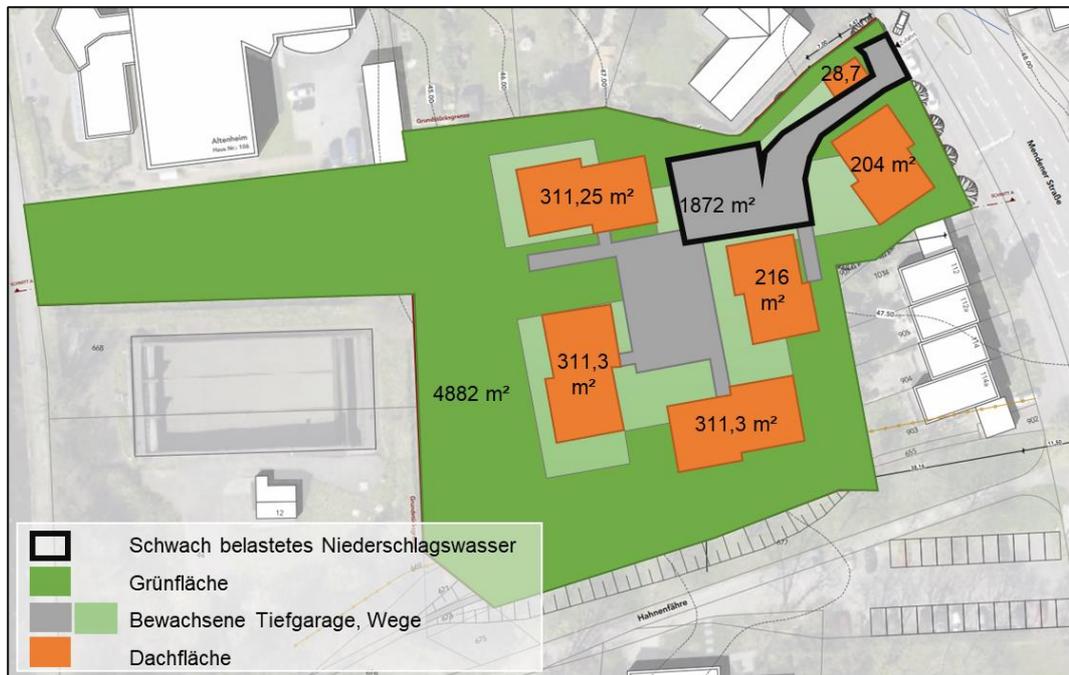


Abbildung 1: Gebiet BG1 Forstbach Nord-Ost: Flächenermittlung und Belastungsgrade

Tabelle 1: Flächenermittlung und Abflussbeiwerte

Gebiet: Forstbach Nord-Ost		
Flächenkategorien	Fläche [m²]	Abflussbeiwert nach DIN 1986-100:2016-12 [-]
Grünfläche	4882	0,2
Bewachsene Tiefgarage, Wege (Fläche nach GRZ)	1872	0,4
Dachflächen	1383	0,9
Gesamtfläche	8137	
Abflusswirksame Fläche A_U bzw. $A_{E,b,k,ab}$	2970	

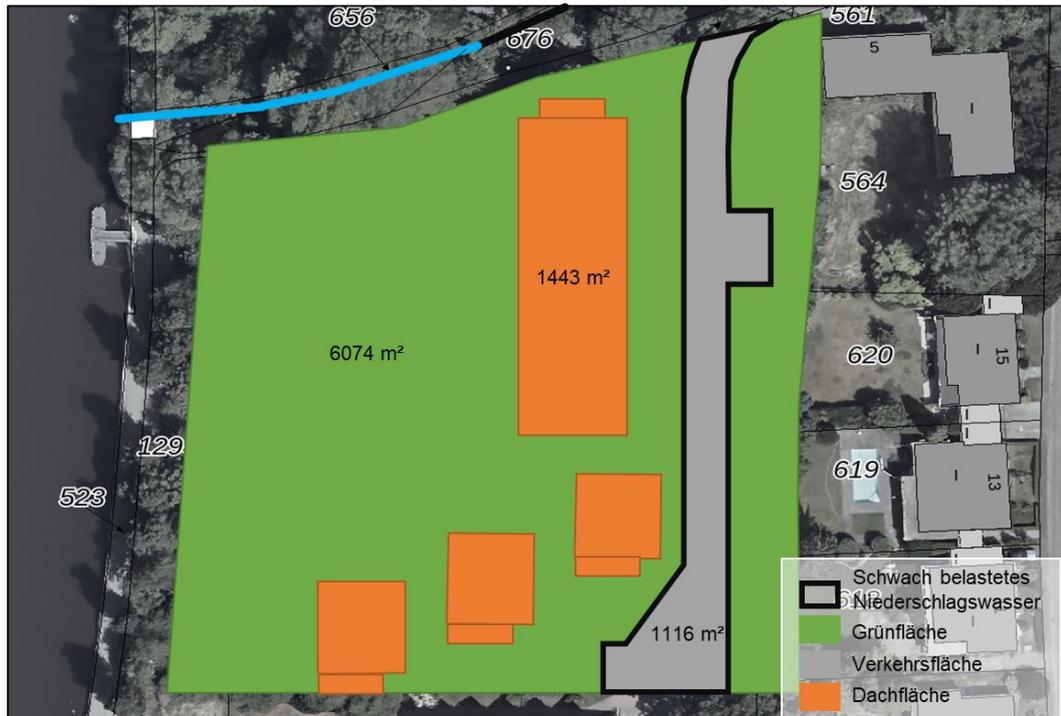


Abbildung 2: Gebiet BG2: Forstbach Süd – West: Flächenermittlung und Belastungsgrade

Tabelle 2: Flächenermittlung und Abflussbeiwerte

Gebiet: Forstbach Süd-West		
Flächenkategorien	Fläche [m²]	Abflussbeiwert nach DIN 1986-100:2016-12 [-]
Grünfläche	6074	0,2
Verkehrsfläche	1116	0,9
Dachflächen	1443	0,9
Gesamtfläche	8530	
Abflusswirksame Fläche A_U bzw. $A_{E,b,k,ab}$	3518	

2.3 BEHANDLUNGSPFLICHT

Nach den für Nordrhein-Westfalen geltenden „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“ (Trennerlass) ist eine direkte Einleitung des Niederschlagswassers ins Gewässer nur dann zulässig, wenn es sich ausschließlich um qualitativ sauberes bzw. nicht wesentlich belastetes Wasser handelt. Eine vorläufige Bewertung des einzuleitenden Niederschlagswassers in Anlehnung an die vorgenannte Arbeitshilfe wurde hierbei durchgeführt. Demnach ist davon auszugehen, dass insbesondere auf Grund der an den Regenwasserkanal angeschlossenen Straßenentwässerung das Niederschlagswasser als „schwach belastetes (=gering verschmutztes) Niederschlagswasser“ kategorisiert wird und somit eine Behandlung des Niederschlagswassers prinzipiell erforderlich ist. Laut Trennerlass kann jedoch von einer zentralen Behandlung des Niederschlagswasser im Einzelfall abgesehen werden, wenn aufgrund der Flächennutzungen nur mit einer „unerheblichen Belastung durch sauerstoffzehrende Substanzen und Nährstoffe“ und einer „geringen Belastung durch Schwermetalle und organische Schadstoffe“ (vgl. Trennerlass) gerechnet werden muss. Dies ist für die vorliegenden Flächen im Planungsgebiet der Fall. Bei den Verkehrsflächen handelt es sich nach RAst06 um eine reine Wohnstraße (Erschließungsstraße ES V) mit einer Verkehrsstärke < 400 Kfz/h. Da es sich bei der Neuerschließung um ein Wohngebiet handelt, ist der LKW-Anteil der Verkehrsbelastung als vernachlässigbar einzustufen. Eine Behandlung ist somit nicht erforderlich.

Sollte dennoch eine Niederschlagswasserbehandlung der Straßenflächen erforderlich werden, wird hier der Einsatz von dezentralen Behandlungsanlagen empfohlen. Die Ergebnisse der Prüfungen und Hinweise des LANUV bezüglich Anforderungen und Betriebsangaben sollen bei der Planung berücksichtigt werden. Nach der Vorbehandlung kann das Niederschlagswasser über die unten aufgeführten Varianten in den Forstbach entwässert werden.

2.4 ABLEITUNG SCHMUTZ- UND REGENWASSER

Gemäß Trennerlass NRW besteht die grundsätzliche Pflicht zur Ortsnahen Niederschlagswasserbeseitigung. Niederschlagswasser von Grundstücken, die erstmals bebaut, befestigt oder an die öffentliche Kanalisation angeschlossen werden, ist nach Maßgabe des § 51a LWG und des RdErl. „Niederschlagswasserbeseitigung gem. § 51a des Landeswassergesetzes“ (RdErl. d. MURL v. 18.5.1998, (MBL NRW. S. 654, ber. S. 918) („§ 51a-Erlass“) vor Ort zu versickern, zu verrieseln oder ortsnah in ein Gewässer einzuleiten. Die ortsnahen Einleitung gemäß § 51a des Landeswassergesetzes erfolgt grundsätzlich im Trennverfahren. Im Rahmen des Gutachtens werden die Möglichkeiten zur Versickerung und ortsnahen Einleitung untersucht.

Ein Anschluss an das Kanalnetz ist ausschließlich für das Schmutzwasser vorgesehen. Die Fläche Nord-Ost BP1 kann voraussichtlich direkt im Freigefälle an den Mischwasserkanal mit einer Rückstausicherung angeschlossen werden. Die südwestliche Fläche BP2 liegt deutlich tiefer als die Mendener Straße. Für den Schmutzwasseranschluss an die Mischwasserkanalisation ist hier ein Schmutzwasserpumpwerk erforderlich. Der Anschluss der Schmutzwasser-Druckrohrleitung des Pumpwerks kann in der Mendener Straße oder dem

Mulhofskamp erfolgen. Bei einem direkten Anschluss an den Hauptsammler Hahnenföhre ist zu beachten, dass bei stärkeren Regenfällen von einem hohen Durchfluss mit großem Wasserdruck im Mischwasserkanal zu rechnen ist. Ein Anschluss ist auf diese Betriebsbedingungen auszurichten (Verlegesicherheit, Rückstauschutz, Überflutungsschutz).

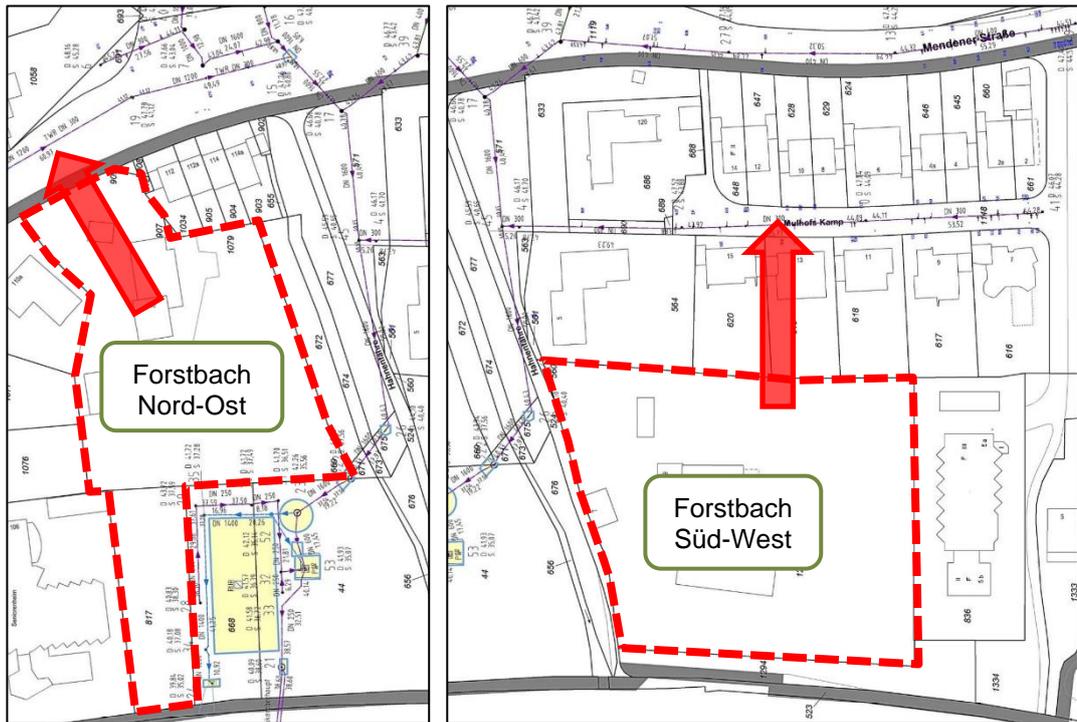


Abbildung 3: Ableitung des Schmutzwassers zur Mischwasserkanalisation an der Mendener Straße

2.5 ÜBERFLUTUNGSNACHWEIS DIN 1986-100

14.9.3 Überflutungsnachweis

Für die Differenz der auf der befestigten Fläche des Grundstücks anfallenden Regenwassermenge, $V_{\text{Rück}}$ (siehe Gleichung 20) in m^3 , zwischen dem mindestens 30-jährigen Regenereignis und dem 2-jährigen Berechnungsregen muss der Nachweis für eine schadhlose Überflutung des Grundstücks erbracht werden. Ist ein außergewöhnliches Maß an Sicherheit erforderlich, ist eine Jährlichkeit des Berechnungsregens größer als 30 a zu wählen. 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. Der nachfolgende Überflutungsnachweis ist in Abhängigkeit von den örtlichen Verhältnissen ggf. auch für Teile der Entwässerungsanlage (z. B. an den Spannungspunkten) zu führen.

$$V_{\text{Rück}} = \left(r_{(D,30)} \cdot A_{\text{ges}} - \left(r_{(D,2)} \cdot A_{\text{Dach}} \cdot C_{s,\text{Dach}} + r_{(D,2)} \cdot A_{\text{FaG}} \cdot C_{s,\text{FaG}} \right) \right) \cdot \frac{D \cdot 60}{10\,000 \cdot 1\,000} \quad (20)$$

Dabei ist

- $V_{\text{Rück}}$ die zurückzuhaltende Regenwassermenge, in Kubikmeter, (m^3);
- 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 zwei Jahren nicht unterschritten werden darf (siehe A.2, Tabelle A.2);
- C_s der Spitzenabflussbeiwert (siehe Tabelle 9);
- A_{Dach} die gesamte Gebäudedachfläche, in Quadratmeter, (m^2);
- A_{FaG} die gesamte befestigte Fläche außerhalb der Gebäude, in Quadratmeter, (m^2);
- A_{ges} die gesamte befestigte Fläche des Grundstücks, in Quadratmeter, (m^2), d. h. $A_{\text{ges}} = A_{\text{Dach}} + A_{\text{FaG}}$.

Gemäß DIN 1986-100 besteht die Notwendigkeit der Bereitstellung von Raum für Rückstau. Nach DIN 1986-100 müssen Entwässerungsanlagen von Grundstücken $>800 \text{ m}^2$ abflusswirksamer Fläche mit Überflutungsprüfung bemessen werden. Dabei ist sicherzustellen, dass die Differenz der Regenwasservolumen eines 30-jährigen Regens und eines 2-jährigen Regens schadlos auf dem Grundstück verbleiben oder abgeführt werden kann.

Die Rückhalteinrichtungen (Versickerung, Ortsnahe Einleitung) werden im Rahmen des Gutachten auf diese Anforderungen ausgelegt.

2.6 ÜBERFLUTUNGSGEFAHR

Überflutungsgefahren im Bereich der Bebauungsflächen bestehen durch

a. Ruhrhochwasser

BP1 Nordost ist von Ruhrhochwasser nicht betroffen.



Abbildung 4: Ruhrhochwasser BP2 Südwest Tn=100a

b. Hochwasser und Sturzfluten des Forstbaches

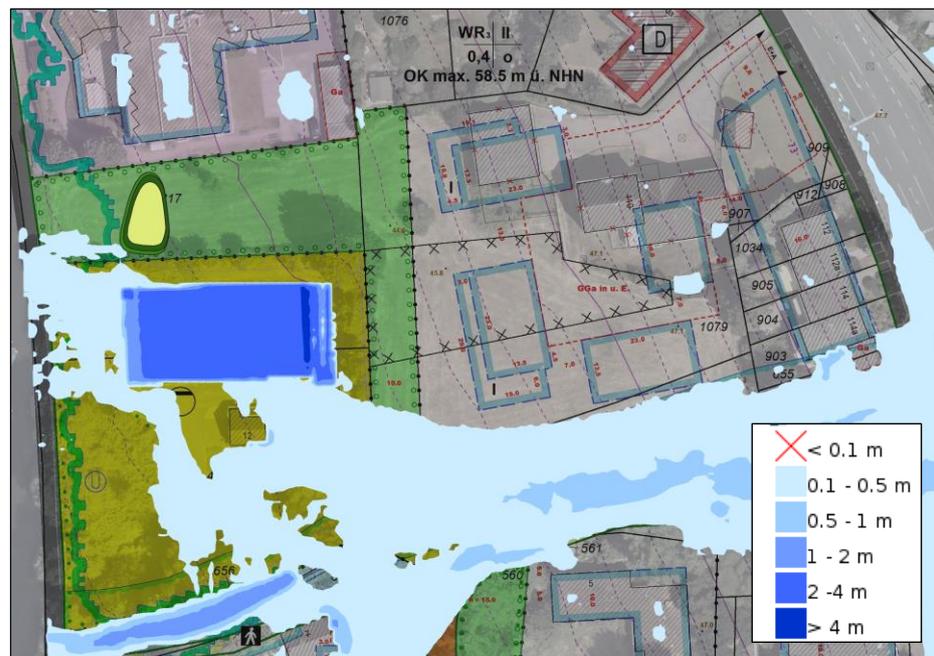


Abbildung 5: Forstbach Hochwasser BP1 Nordost Tn=100a

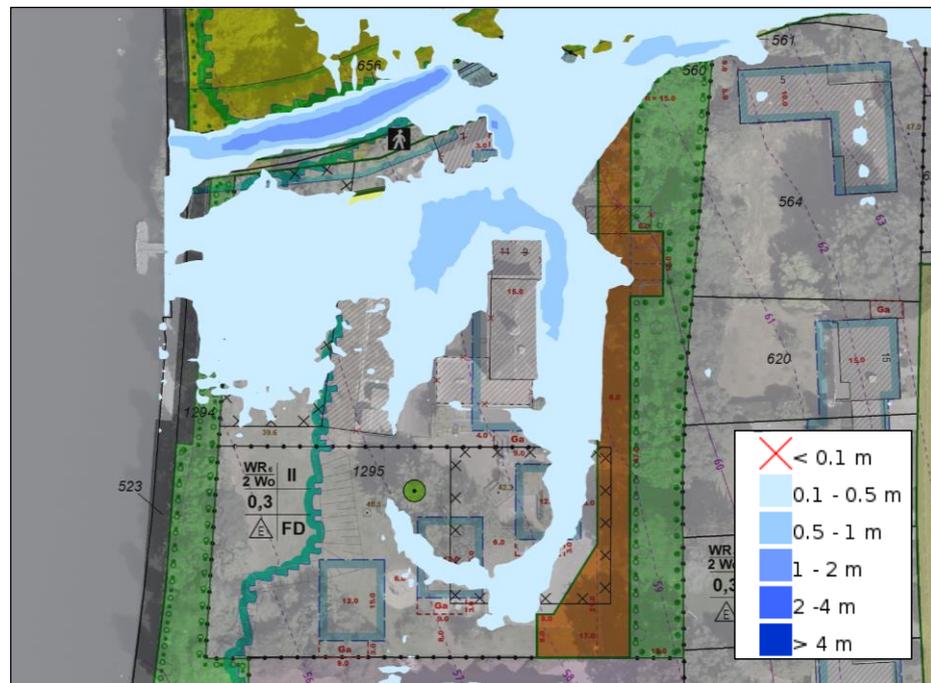


Abbildung 6: Forstbach Hochwasser BP2 Südwest Tn=100a

Beide Szenarien werden im Rahmen des Gutachtens berücksichtigt. Für die Bebauungsplanung im Bereich BP2 Südwest sind Schutzmaßnahmen für das Hochwasser des Forstbachs erforderlich. Das Ruhrhochwasser erreicht die Gartenbereiche, gefährdet allerdings nicht die Bebauung. Aufgrund sehr hoher Grundwasserspiegel bei Ruhrhochwasser können allerdings Kellerräume gefährdet sein.

3 VARIANTENUNTERSUCHUNG

3.1 VERSICKERUNG

Im Rahmen des Bodengutachten wurde die Versickerungsfähigkeit der anstehenden Böden untersucht.

Der Durchlässigkeitsbeiwert wird im Bodengutachten auf

$$k_f = 1 \cdot 10^{-5} \text{ bis } 1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$$

geschätzt.

3.1.1 Versickerungsmulde

Die Versickerungsmulde erfüllt die Zwecke der Regenwassereinleitung in den Boden sowie des Rückhaltes von größeren Wassermengen bei Starkregen. Gemäß DIN 1986-100 ist der Rückhalteraum für ein Ereignis $T_n=30a$ auszulegen. Die maximale Einstautiefe der Mulde wird auf 30cm begrenzt, um Anforderungen an die Verkehrssicherungspflicht zu erfüllen.

Aus der Bemessung der Versickerungsmulden nach DWA A138 und A117 ergeben sich folgende Randbedingungen für die Auslegung der Versickerungsbecken:

Tabelle 3: Bemessung der Versickerungsmulden

Baugebiet	Versickerungsfläche $T_n=5a$ [m ²]	Muldenvolumen $T_n=5a$ [m ³]	Zusätzliches Muldenvolumen nach DIN 1986-100 [m ³]
BG1 Nordost	357	107	116
BG2 Südwest	605	180	231

Der Grundwasserflurabstand beträgt im BG1 Nordost mehr als 2m, im BG2 Südwest ist der Grundwasserstand stark vom Wasserstand der Ruhr abhängig und liegt im Mittel 1,5m unter GOK im Bereich des Baugebietes.

Entsprechend der Bemessungswerte wurden die Mulden in die Planskizzen übertragen. Grundsätzlich können die Muldengrößen in den geplanten Gartenbereichen umgesetzt werden. Aufgrund der geringen Untergrunddurchlässigkeiten sind allerdings große Sohlflächen der Mulden erforderlich.

Für die Versickerungsmulden ist jeweils ein vordefinierter Notüberlauf zum Forstbach oder zur Ruhr erforderlich, um bei extremen Niederschlägen eine sichere Ableitungsmöglichkeit zu gewährleisten. Die Überlaufhäufigkeit liegt bei $T_n=30a$.

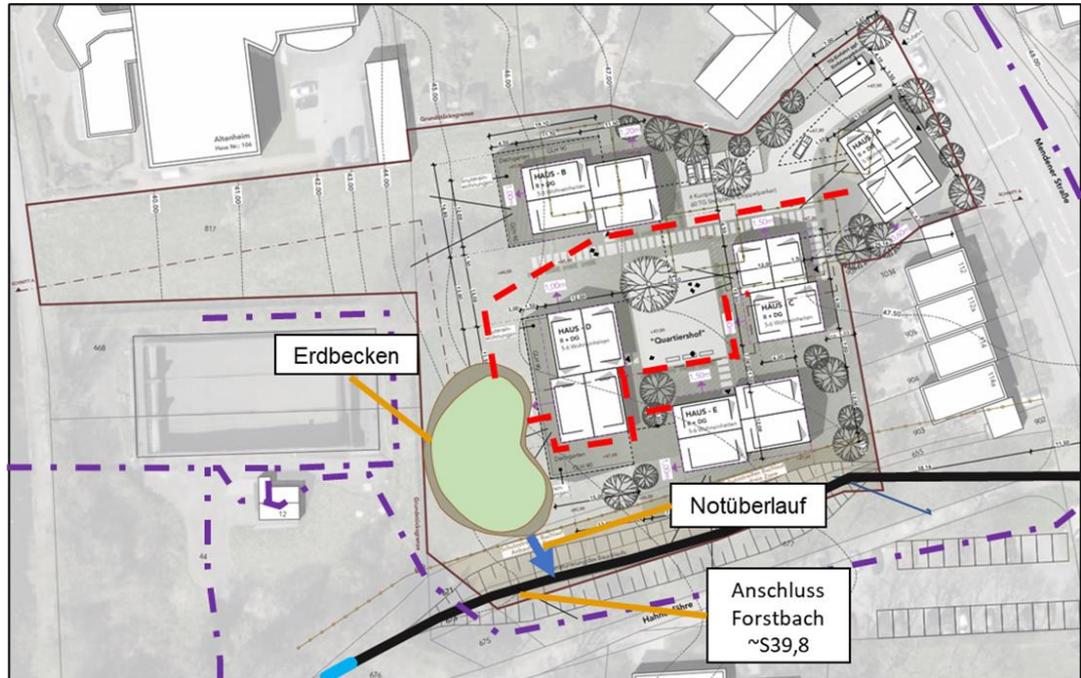


Abbildung 7: Versickerungsmulde Forstbach Nord-Ost

Der Notüberlauf kann baulich aufwändig an die 4m tiefe Verrohrung des Forstbachs angeschlossen werden. Alternativ kann das überlaufende Wasser auch oberflächlich über das Gelände oder den Geweg zum Forstbach abgeleitet werden, da durch die Umsetzung der DIN 1986-100 eine sehr seltene Überlaufhäufigkeit gewährleistet ist.

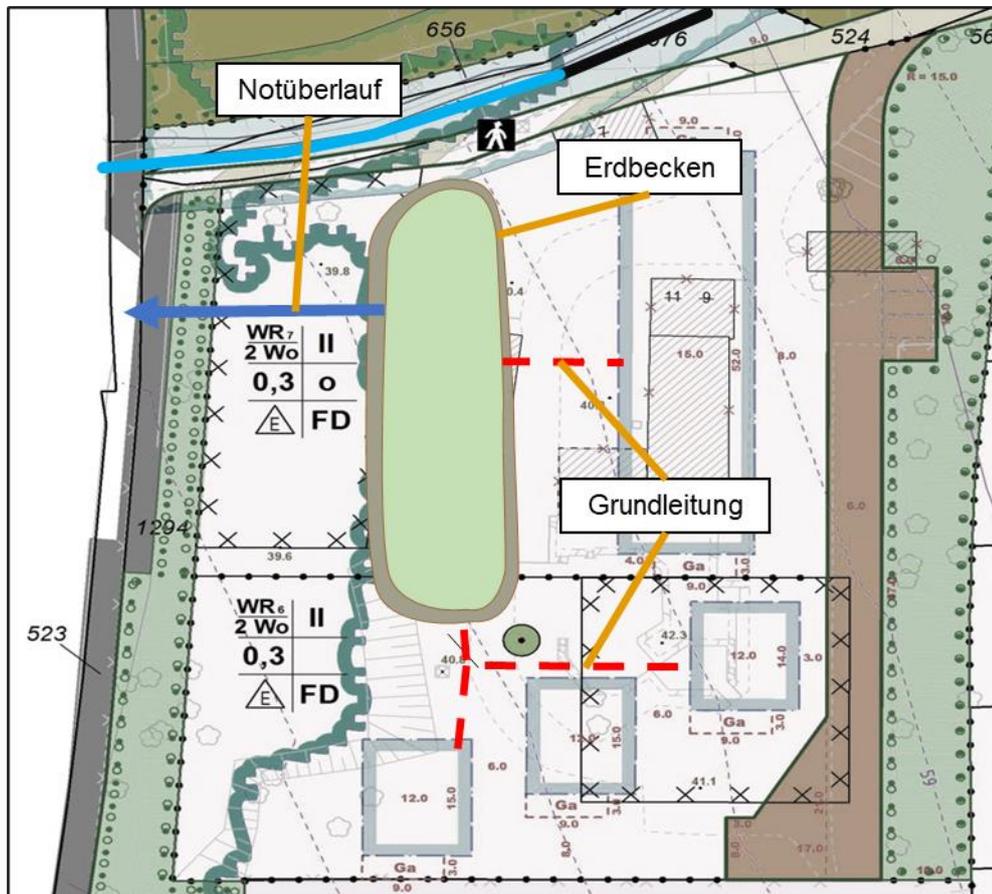


Abbildung 8: Versickerungsmulde Forstbach Süd-West

Für das BG2 Südwest kann ein Notüberlauf zur Ruhr über die Grünfläche und den Leinpfad vorgesehen werden. Aufgrund der sehr seltenen Überlaufhäufigkeiten ($T_n=30a$) durch die Forderungen der DIN 1986-100 kann von einer geringen Gefährdung ausgegangen werden.

3.1.2 Mulden-Rigolen-Element

Alternativ zu einer Versickerungsmulde ist ein Mulden-Rigolen-System im BG1 Nordost möglich. Im BG2 Südwest sind die Grundwasserflurabstände für ein Mulden-Rigolen-System nicht ausreichend.

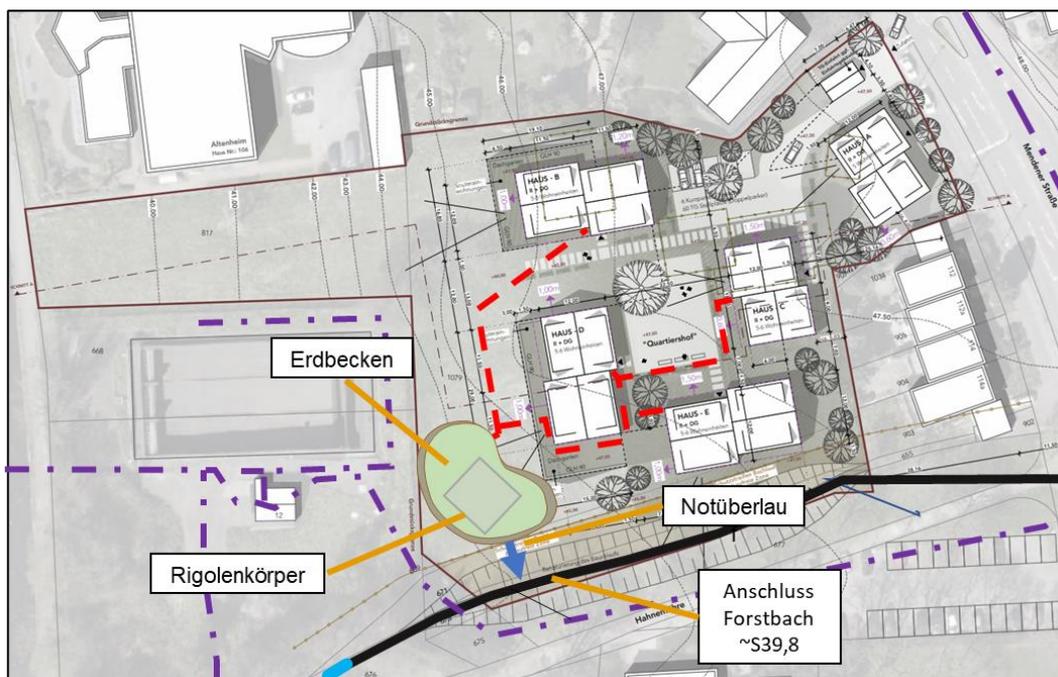


Abbildung 9: Mulde-Rigole-Element Forstbach Süd-West

Das Mulden-Rigolen-System hat den Vorteil einer etwas kompakteren Bauweise, da ein Teil des Speichervolumens unterirdisch in der Rigole angeordnet wird. In dem System ist auch das Gesamtvolumen nach DIN 1986-100 von $V = 127 \text{ m}^3$ vorzuhalten. Die Bodenschicht zwischen Mulde und Rigole kann mit einer Durchlässigkeit von $k_f = 5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ angesetzt werden. Dies bedingt einen höheren Ablauf in die Rigole und ermöglicht ein geringeres Speichervolumen in der Mulde.

3.2 ORTSNAHE EINLEITUNG

Für die Ortsnahe Einleitung gilt eine Rückhaltepflicht, um die Gewässer hydraulisch zu entlasten. Die daraus erforderliche Drosselung der Abflüsse in das Gewässer wird mit einer Drosselabflussspende von

$$q_{dr} = 5 \text{ l/s*ha}$$

behördlich festgelegt. Die minimale Drosselwassermenge wird auf $Q_{dr} = 10 \text{ l/s}$ als geringste technisch umsetzbare Drosselung festgelegt. Einleitungen sollten möglichst diffus gestaltet sein. Die Überlaufhäufigkeit wird mit $T_n=2$ Jahren festgelegt.

Die Überlaufhäufigkeit gemäß Einleitungsbestimmungen in die Oberflächengewässer beträgt $T_n = 5a$. Um die Anforderungen von DIN 1986-100 zu erfüllen, ist ein Volumen für eine Überlaufhäufigkeit von $T_n = 30a$ bereitzustellen. Dieses wird für die maßgebliche Regendauer (5, 10 und 15 Minuten) festgelegt. Hier beträgt die maßgebliche Dauerstufe 10 min. Für diese Dauerstufe wird das Volumen gemäß DWA A117 berechnet.

Das maßgebliche Volumen für das Regenrückhaltebecken bei Einleitungsbeschränkung ermittelt sich gemäß DIN 1986-100 aus dem höheren Wert von $T_n=2a$ und $T_n=30a$ ($D=10\text{min}$).

Tabelle 4: Bemessung der Regenrückhaltebecken

Baugebiet	Beckenfläche $T_n=5a$ [m ²]	Beckenvolumen $T_n=5a$ [m ³]	Beckenvolumen nach DIN 1986-100 [m ³]	Maßgebendes Beckenvolumen [m ³]
BG1 Nordost	110	33	49,5	49,5
BG2 Südwest	137	41	37,5	41

3.2.1 Einleitung in den Forstbach

Die Einleitungen in den Forstbach umfassen zum einen die Einleitung der Drosselwassermenge und zum anderen die Ableitung des Notüberlaufs.

BG1 Nordost:

Im Baugebiet Nordost ist die Zuleitung zum Forstbach im verrohrten Gewässerbereich erforderlich. Die Verrohrung liegt rund 4m unter GOK. Für den Anschluss der Drosselleitung ist eine entsprechend tiefe Baugrube notwendig. Der Notüberlauf kann wie auch bei einer Versickerungsmulde frei über den Gehweg bzw. das Gelände zum Forstbach angeordnet werden.

Zukünftig plant die Stadt Mülheim eine Öffnung des verrohrten Forstbachs in der Hahnenföhre. Eine Einleitung in den dann offenen Forstbach wäre mit dieser Lösung ebenfalls möglich. Die Planung ist in der folgenden Abbildung als Böschungssignatur eingetragen.

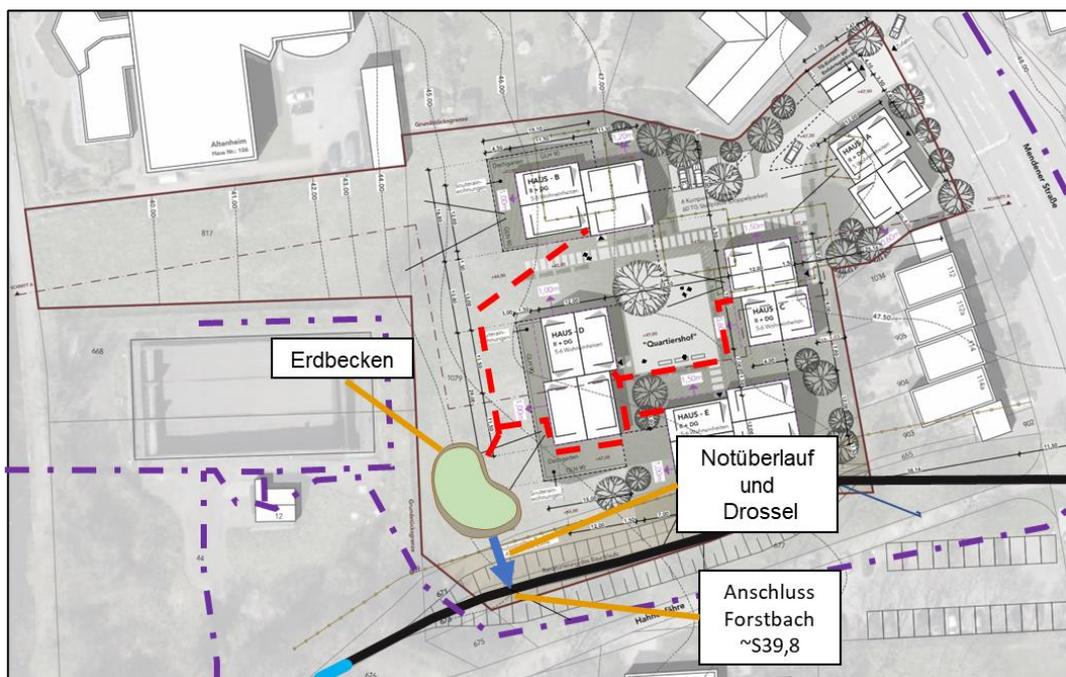


Abbildung 10: Einleitung in den Forstbach, Gebiet Forstbach Nord-Ost

BG2 Südwest:

Im Bereich Südwest kann die Drosselleitung unter dem Gehweg am Forstbach zum Gewässer geführt werden. Der Notüberlauf kann ebenfalls über den Gehweg zum Forstbach geführt werden. Alternativ kann ein Notüberlauf zur Ruhr über die Grünfläche und den Leinpfad vorgesehen werden. Aufgrund der sehr seltenen Überlaufhäufigkeiten ($T_n=30a$) durch die Forderungen der DIN 1986-100 kann von einer geringen Gefährdung ausgegangen werden.

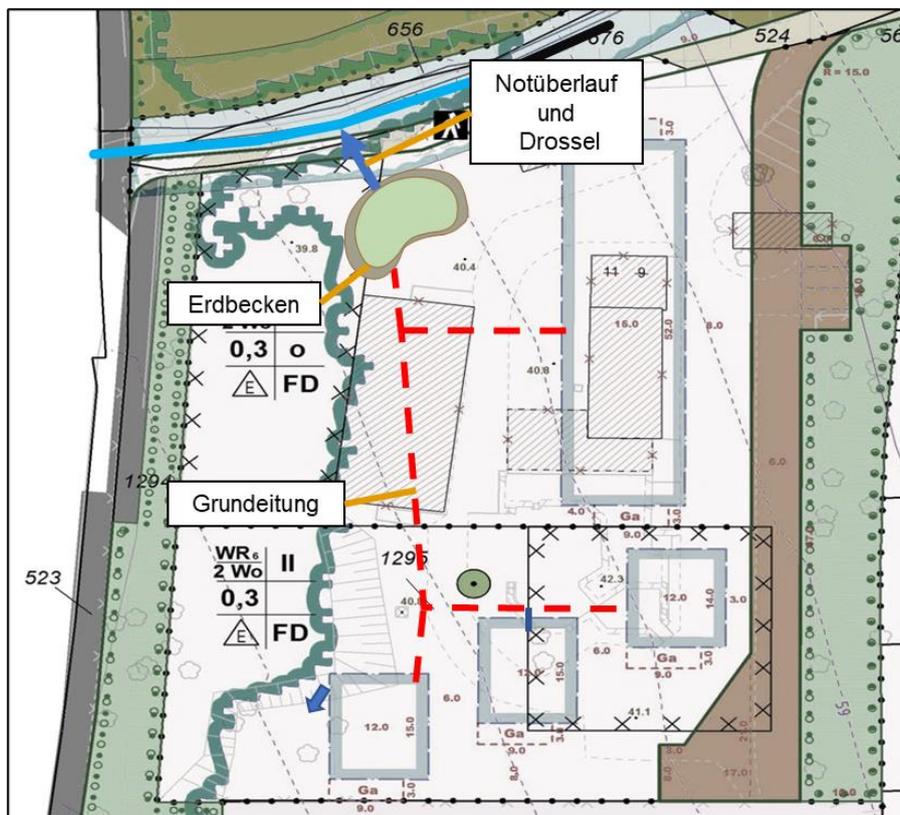


Abbildung 11: Einleitung in den Forstbach, Gebiet Forstbach Süd-West

3.2.2 Einleitung in die Ruhr

Alternativ zur ortsnahen Einleitung in den Forstbach ist auch eine direkte Einleitung in die Ruhr möglich. Die technischen Größen der Rückhaltebecken bleiben gleich.

Tabelle 5: Bemessung der Regenrückhaltebecken

Baugebiet	Beckenfläche Tn=5a [m²]	Beckenvolumen Tn=5a [m³]	Beckenvolumen nach DIN 1986-100 [m³]	Maßgebendes Beckenvolumen [m³]
BG1 Nordost	110	33	49,5	49,5
BG2 Südwest	137	41	37,5	41

BG1 Nordost:

Für BG1 Nordost ergibt sich dabei die Möglichkeit, das Rückhaltebecken im unteren Teil des Grundstücks direkt an der Ruhr anzuordnen. Der Abfluss kann zum Teil oberflächlich in einem rauhen Gerinne zum Becken geleitet werden.

Der Drosselabfluss zur Ruhr kann über eine oberflächennahe Rinne (Schlitzrinne) im Leinpfad in die Ruhr geleitet werden. Bei der Gestaltung der Einleitungsstelle ist eine spätere Querströmung in der Ruhr durch die Einleitung durch eine passende Konstruktion zu vermeiden.

Ein Notüberlauf zur Ruhr kann über die Grünfläche und den Leinpfad vorgesehen werden. Aufgrund der sehr seltenen Überlaufhäufigkeiten (Tn=30a) durch die Forderungen der DIN 1986-100 kann von einer geringen Gefährdung ausgegangen werden.

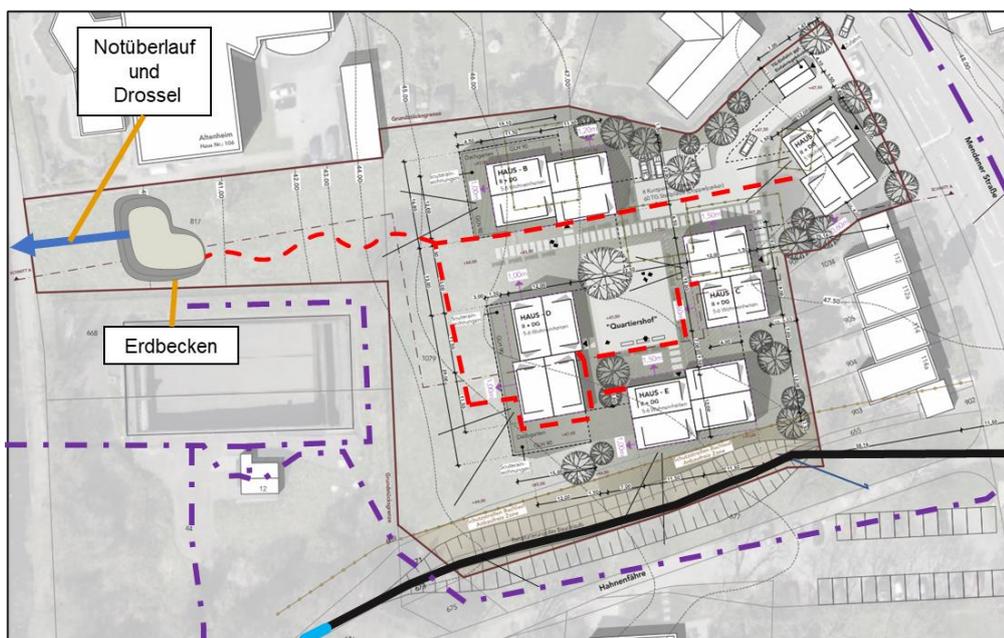


Abbildung 12: Einleitung in die Ruhr, Gebiet Forstbach Nord-Ost

BG2 Südwest:

Für BG2 Südwest ergeben sich keine veränderten Standorte für das Rückhaltebecken. Drosselabfluss und Notüberlauf können in gleicher Weise wie für BG1 Nordost an die Ruhr vorgesehen werden.

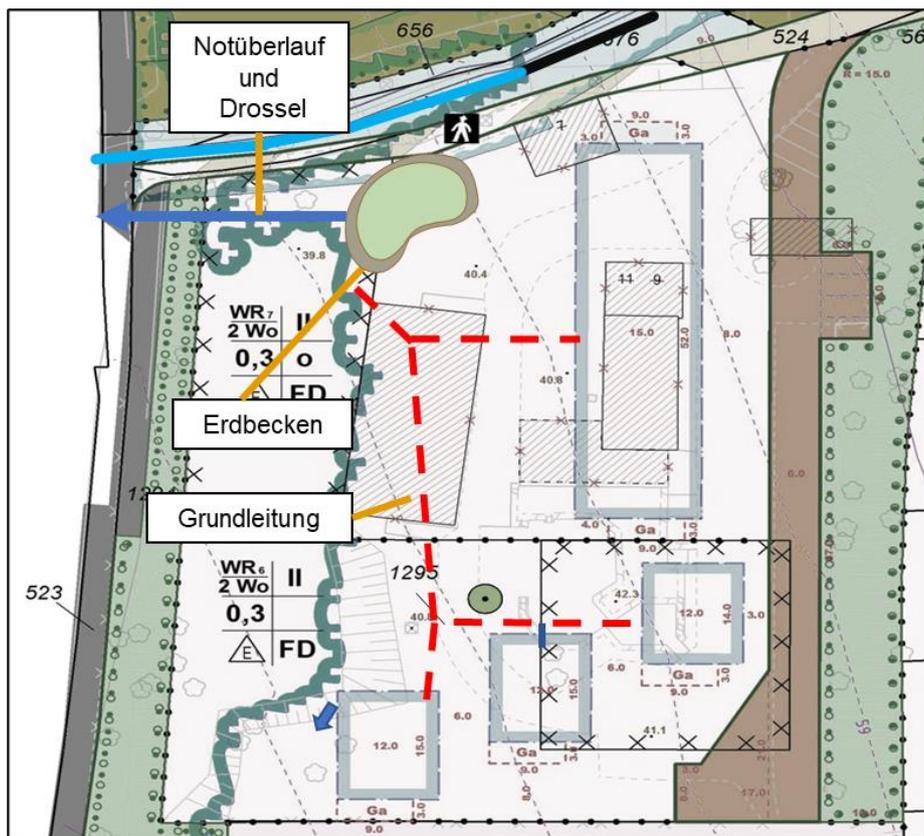


Abbildung 13: Einleitung in die Ruhr, Gebiet Forstbach Süd-West

3.3 VARIANTENVERGLEICH TABELLARISCH

Der Variantenvergleich erfolgt im Rahmen einer Bewertungsmatrix. Das Punktesystem reicht von 0 = sehr ungünstig bis 3 = sehr günstig.

Baulicher Aufwand: Der bauliche Aufwand wird insbesondere durch Baugruben und weitere Bauhilfskonstruktionen sowie durch den Umfang der grob abgeschätzten Investitionskosten bestimmt.

Flächeninanspruchnahme: Insbesondere in den Gartenbereichen der geplanten Baugebiete ist der Flächenbedarf ein kritischer Faktor für die Vermarktung der Grundstücke.

Flächenverfügbarkeit: Die Verfügbarkeit bezieht sich maßgeblich auf die Querung und/oder Nutzung von fremden Liegenschaften, die in öffentlichem oder privaten Eigentum stehen.

Eingriff in Natur und Landschaft: Hier geht der Blick auf die Eingriffs-Ausgleichs-Bilanzierung im Rahmen der Baumaßnahmen sowie die Beeinträchtigung ökologisch wertvoller Landschaftsbestandteile.

Überflutungsschutz bei Starkregen: Bei extremen Niederschlägen laufen die Wassermengen auch maßgeblich auf der Oberfläche ab. Die Gefährdung der geplanten Bebauung ist in diesem Fall Bewertungskriterium.

Funktionsfähigkeit im Überflutungsfall: Bei Überflutungen (Ruhrhochwasser, Starkregen und Forstbachhochwasser) wird das Risiko einer Schädigung der Entwässerungsanlage sowie die Gefährdung der Bebauung durch Rückstau oder Rückfluss beurteilt.

Betrieblicher Aufwand: Der betriebliche Aufwand bezieht sich auf die Wartungsintervalle, die erforderlichen Wartungsmittel sowie eventuelle Reinvestitionserfordernisse für Anlagenteile.

Tabelle 6: Variantenvergleich für das Gebiet Forstbach Nord-Ost

Forstbach Nord-Ost	Baulicher Aufwand	Flächeninanspruchnahme	Flächenverfügbarkeit	Eingriff in Natur und Landschaft	Überflutungsschutz bei Starkregen	Funktionsfähigkeit bei Hochwasser/ Sturzflut	Betrieb	Punkte-Bewertung
Einleitung Forstbach	1	3	2	2	1	1	2	12
Einleitung Ruhr	2	3	3	2	3	2	3	18
Versickerungsmulde	3	1	1	3	1	1	3	13
Mulde-Rigole-Element	1	1	1	3	1	1	2	10

Tabelle 7: Variantenvergleich für das Gebiet Forstbach Süd-West

Forstbach Süd-West	Baulicher Aufwand	Flächeninanspruchnahme [m ²]	Flächenverfügbarkeit	Eingriff in Natur und Landschaft	Überflutungsschutz bei Starkregen	Funktionsfähigkeit bei Hochwasser/ Sturzflut	Betrieb	Bewertung
Einleitung Forstbach	2	2	3	3	3	1	3	17
Einleitung Ruhr	2	2	2	2	3	1	3	15
Versickerungsmulde	2	1	2	3	3	1	3	15
Mulde-Rigole-Element	-	-	-	-	-	-	-	-

Aus dem Variantenvergleich gehen die folgenden Vorzugsvarianten hervor:

- BG1 Nordost: Regenrückhaltebecken mit Einleitung in die Ruhr
- BG2 Südwest: Regenrückhaltebecken mit Einleitung in den Forstbach

4 UMSETZUNG DER VORZUGSVARIANTE

4.1 TECHNISCHE UMSETZUNG

Die Beckengrößen sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. Die Überlaufhöhe wird mit $T_n=2a$ festgelegt.

Tabelle 8: Bemessung der Regenrückhaltebecken

Baugebiet	Beckenfläche $T_n=5a$ [m ²]	Beckenvolumen $T_n=5a$ [m ³]	Beckenvolumen nach DIN 1986-100 [m ³]	Maßgebendes Beckenvolumen [m ³]
BG1 Nordost	110	33	49,5	49,5
BG2 Südwest	137	41	37,5	41

BG1 Nordost:

Das nordöstliche Baugebiet wird über ein Grundleitungsnetz bis zur Grünfläche erschlossen. Von dort wird das Regenwasser über ein offenes Gerinne bergab dem Regenrückhaltebecken zugeleitet. Das Becken wird als Erdbecken mit einer Tiefe von 50 cm mit einer leichten Verwallung zur Ruhr hin gestaltet. Der Ausbau kann als bewachsener Retentionsraum (Wiesenfläche) in die Baumpflanzungen im Gartenbereich integriert werden. Der Drosselabfluss kann an einem Ablauf durch ein Rohr mit einer Blende in einer technisch ähnlich einfachen Bauweise erstellt werden. Der Beckenüberlauf kann als leicht abgesenkte Überlaufschwelle in der Verwallung angeordnet werden. Eine Abdichtung der Beckensohle ist nicht erforderlich, sodass eine Teilversickerung des Regenwassers möglich wird.

Für den Havariefall ist ein Schieber im letzten Schacht des Grundleitungsnetzes vorzusehen, um ein Abfließen von Löschmittel o.ä. in das Becken und die Ruhr zu verhindern.

Die Einleitung in die Ruhr ist als eingetauchtes Rohr unterhalb des Wasserspiegels umzusetzen. Dabei ist eine Querströmung durch die Einleitung zu vermeiden.

Der Ablauf zur Ruhr kann über eine Schlitzrinne oberflächennah oder eine Rohrleitung zur Querung des Leinpfades entlang des Ruhrufers erfolgen.

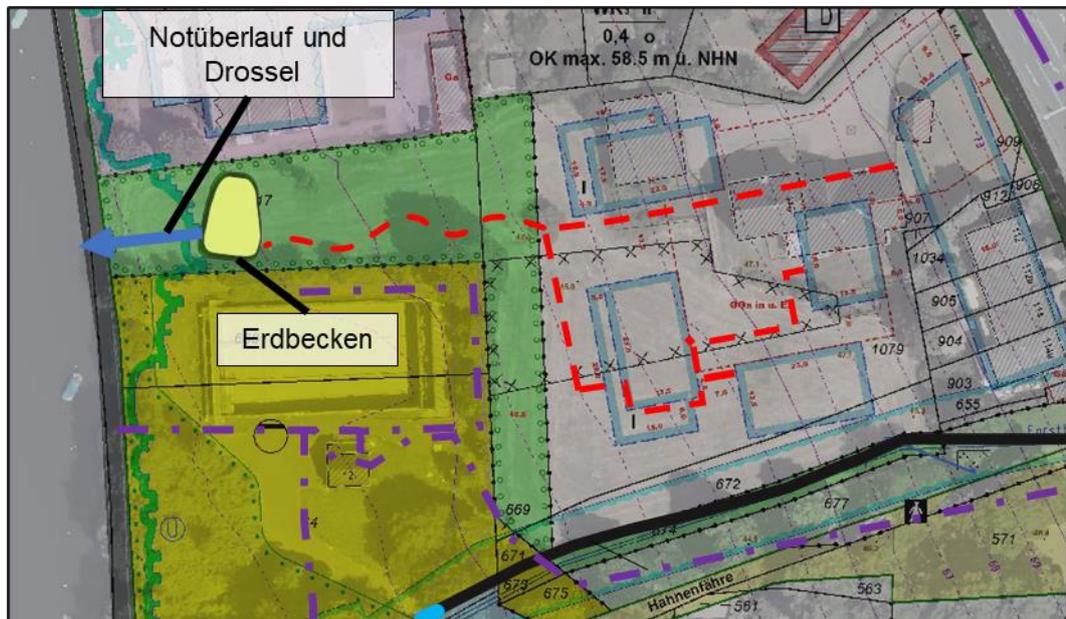


Abbildung 14: Einleitung in die Ruhr, BG1 Nord-Ost, Rückhaltevolumen in der Mulde von $49,5 \text{ m}^3$ mit einer Fläche von 124 m^2 bei 40 cm maximaler Einstautiefe.

BG2 Südwest:

Die Regenentwässerung erfolgt im BG2 durch ein Grundleitungsnetz, das an das Rückhaltbecken angeschlossen wird. Wie in BG1 kann auch hier das Becken als flaches Erdbecken mit 50 cm Tiefe gestaltet werden. Die Einstautiefe wurde mit 40 cm angenommen. Der Ablauf und Notüberlauf des Beckens ist zum Forstbach orientiert. Dorthin ist der Gehweg entlang des Forstbachs mit einer Rohrleitung oder einer Schlitzrinne zu kreuzen. Für das Erdbecken ist keine Sohldichtung erforderlich. Eine Teilversickerung soll ermöglicht werden.

Für Havariefälle ist auch hier ein Schieber im Grundleitungsnetz vor Einleitung in das Erdbecken vorzusehen.

Der Einleitungsbereich sollte möglichst diffus z.B. durch eine Kiesrigole o.ä. gestaltet werden.

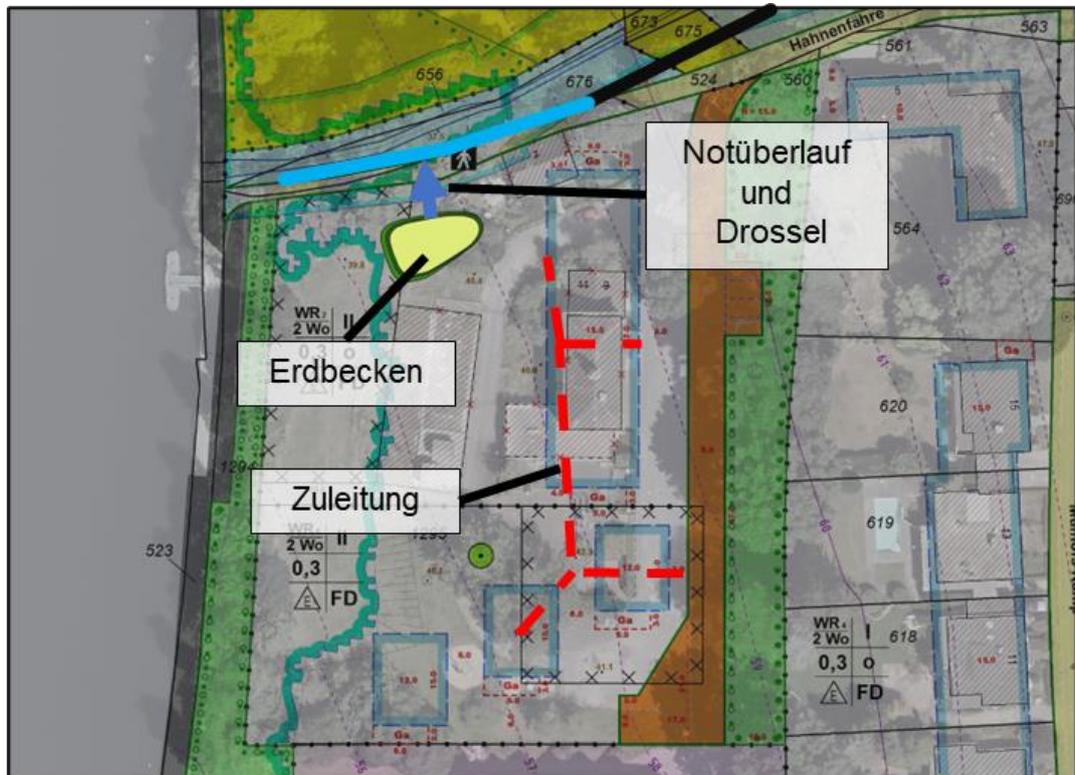


Abbildung 15: Einleitung in den Forstbach, BG2 Süd-West, Rückhaltevolumen in der Mulde von 41 m³ mit einer Fläche von 103 m² bei 40 cm maximaler Einstautiefe.

4.2 ABSTIMMUNGEN MIT DRITTEN

Für die weiteren Planungen sind folgende Träger öffentlicher Belange im Rahmen der Erstellung des Gutachtens beteiligt worden:

- Ruhrverband
- Bezirksregierung Düsseldorf Dezernat 54: Wasserwirtschaft – Ruhrunterhaltung
- Einleitungsantrag UWB Mülheim an der Ruhr

4.3 EMPFOHLENE FESTSETZUNGEN FÜR DEN BEBAUUNGSPLAN

Um die Entwässerung der beiden Baugebiete im Bebauungsplan bereits zu berücksichtigen, können folgende Festsetzungen gemacht werden:

- Sicherung der Flächen: Für die offenen Regenrückhaltebecken sowie das offene Gerinne in BG1 sollten die erforderlichen Flächen im Bebauungsplan als Entwässerungsflächen gekennzeichnet und von Bebauung freigehalten werden.
- Havarieschieber: Für die Rückhaltung von Löschmitteln oder austretenden Leichtflüssigkeiten auf den Verkehrsflächen ist eine Abschieberung des Grundleitungsnetzes zum Becken hin erforderlich.
- Festsetzung der ortsnahen Einleitung in den Forstbach bzw. die Ruhr mit Vorgabe des Einleitungskontingentes von $Q_{dr} = 10 \text{ l/s}$ je Baugebiet sowie einer Überlaufhäufigkeit von $T_n=2a$
- Führung des Überflutungsnachweises nach DN 1986-100
- Der Schmutzwasseranschluss des BG2 Südwest ist über eine rückstausichere Abwasserpumpstation an des Mischwasserkanalnetz anzuschließen.
- Rückstauschutz: Die Rückstauenebene der öffentlichen Kanalisation ist die Geländeoberkante. Geeigneter Rückstauschutz ist vorzusehen.

4.4 KOSTEN

Kostenschätzung

Projekt: 15310
Bereich: Forstbach Nord-Ost
Variante: Einleitung Ruhr

Position	Anzahl	Stückkosten	Gesamtkosten
<u>Hausentwässerung Regenwasser [m]</u> Grundleitung einschl. Schächte DN 600	186	250,00 €	46.500,00 €
<u>Offene Rinne [m]</u> Gerinne mit Wasserbausteinen und Geotextil	50	400,00 €	20.000,00 €
<u>Erdbecken [m³]</u> Erdarbeiten, Profilierung, Einbringen von Rasensaat	49,5	200,00 €	9.900,00 €
<u>Ablaufrinne/ Ablaufrohr [m]</u>	22	500,00 €	11.000,00 €
Gesamtkosten			87.400,00 €

Abbildung 16: Kostenschätzung für das Gebiet Forstbach Nord-Ost

Kostenschätzung

Projekt: 15310
Bereich: Forstbach Süd-West
Variante: Einleitung Forstbach

Position	Anzahl	Stückkosten	Gesamtkosten
<u>Hausentwässerung Regenwasser [m]</u> Grundleitung einschl. Schächte DN 600	115	250,00 €	28.750,00 €
<u>Erdbecken [m³]</u> Erdarbeiten, Profilierung, Einbringen von Rasensaat	41	200,00 €	8.200,00 €
<u>Ablaufrinne/ Ablaufrohr [m]</u>	13	500,00 €	6.500,00 €
Gesamtkosten			43.450,00 €

Abbildung 17: Kostenschätzung für das Gebiet Forstbach Süd-West

5 ÜBERFLUTUNGSGEFAHREN

Die Starkregengefahr wurde im Rahmen des Gutachtens anhand der Starkregengefahrenhinweise Nordrhein-Westfalen (Starkregen NRW) und der Stadt Mülheim bewertet. Die aktuelle Starkregenberechnung berücksichtigt die Verrohrung des Forstbachs. Eine Renaturierung des Forstbachs in einem offenen Gewässerbett verändert die Starkregensituation.

Eine zweite Komponente ist die Hochwassergefahrenkarte der Ruhr. Die geplanten Becken wurden außerhalb der ausgewiesenen Überflutungsbereiche angeordnet.

Aus den Starkregengefahrenkarten geht eine Überflutungsgefahr für das BG2 Südwest hervor. Der Zulauf erfolgt maßgeblich über die Zufahrtsstraße zum Baugebiet. Hier sind geeignete Schutzmaßnahmen wie z.B. die Ableitung der Wasserströme zum Forstbach durch eine Bodenschwelle in der Zufahrtsstraße vorzusehen.

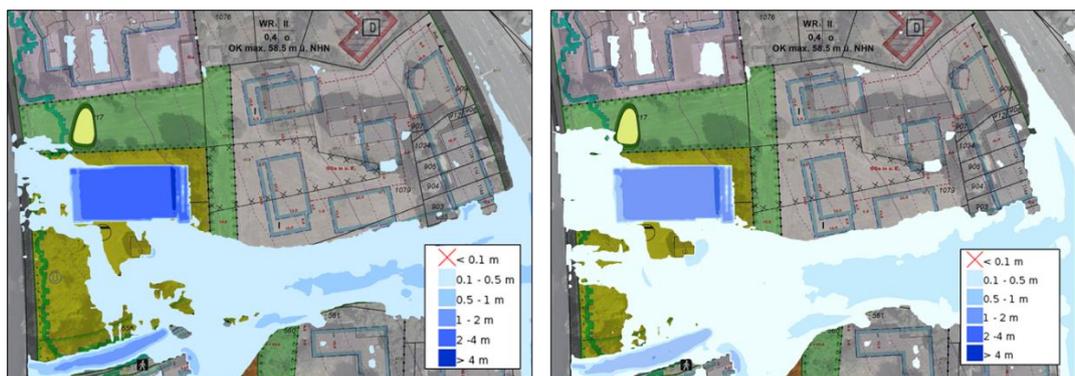


Abbildung 18: Starkregengefahr für ein seltenes Ereignis mit $T = 100a$ (links) und ein extremes Ereignis mit $h_N = 90 \text{ mm}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ (rechts) für das Gebiet Forstbach Nord-Ost.

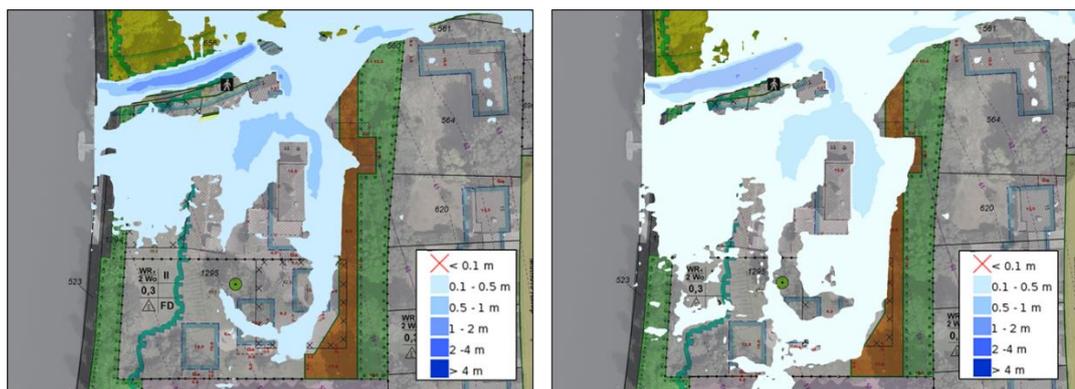


Abbildung 19: Starkregengefahr für ein seltenes Ereignis mit $T = 100a$ (links) und ein extremes Ereignis mit $h_N = 90 \text{ mm}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ (rechts) für das Gebiet Forstbach Süd-West.

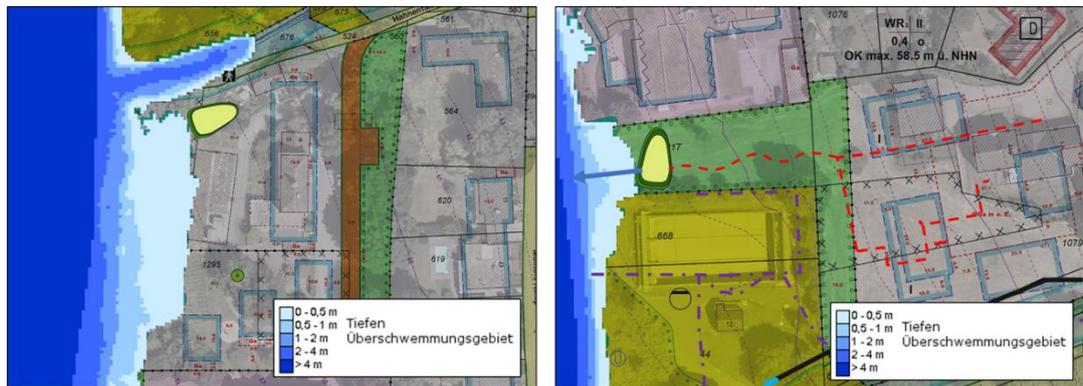


Abbildung 20: Hochwassergefahrenkarte der Ruhr für HQ100 für die Gebiete Forstbach Süd-West (links) und Forstbach Nord-Ost (rechts)

6 ZUSAMMENFASSUNG UND FAZIT

Die Entwässerung der Baugebiete BG1 Nordost und BG2 Südwest im Mündungsbereich des Forstbachs an der Hahnenfährre soll durch einen Bebauungsplan geregelt werden. Das vorliegende Gutachten analysiert die Bestandssituation unter Berücksichtigung der Hochwasser- und Starkregengefahrenkarten und bewertet mehrere Varianten zur Regenentwässerung der beiden Gebiete. Da die Versickerungsleistungen der anstehenden Böden und die Grundwasserflurabstände für das untere Gebiet BG2 Südwest gering sind, ist eine Versickerung nicht als alleinige Entwässerung möglich. Eine Behandlungspflicht besteht für die Regenabflüsse nicht.

Aus dem Variantenvergleich geht eine Einleitung in die Ruhr für das BG1 Nordost sowie eine Einleitung in den Forstbach für das BG2 Südwest hervor. Für beide Einleitungen besteht eine Einleitungsbeschränkung. Gemäß DWA A117 und DIN 1986-100 werden Rückhalteräume bemessen. Die Anordnung der Rückhalteräume orientiert sich an der Topographie, den Hochwassergefahrenbereichen der Ruhr und des Forstbachs sowie den verfügbaren Freiflächen in den Baugebieten. Die Becken sollen nicht abgedichtet werden, sodass eine anteilige Versickerung in den Untergrund möglich ist.



Essen, im Juni 2023

DAHLEM Beratende Ingenieure
GmbH & Co. Wasserwirtschaft KG
Bonsiepen 7
45136 Essen
0201-8967-0

Bearbeitung:
MSc. Lennard Mörsen
Dipl.-Ing. Olaf Häußler

7 ANLAGEN

Ergebnisse der Bemessungsberechnungen nach DWA A117, DWA A138 und DIN 1986-100:

A1: Mulden-Versickerung BG1 Nordost

A2: Mulden-Versickerung BG2 Südwest

A1: Mulden-Rigolen-System BG1 Nordost

A1: Einleitung Forstbach BG1 Nordost

A2: Einleitung Forstbach BG2 Südwest

A1: Einleitung Ruhr BG1 Nordost

A2: Einleitung Ruhr BG2 Südwest

A.1 Variante 1: Bemessung Muldenversickerung

ENTWÄSSERUNGSGUTACHTEN B-PLAN
MENDENER STRAÙE/ HAHNENFÄHRE

Anlage 1



Bemessung von Versickerungsmulden nach DWA-A 138

Projekt: 15310
Bereich: Forstbach Nord-Ost
Variante: Muldenversickerung

Tab. 1: Flächenermittlung

	Typ	Fläche [m²]	C _m [-]	C _s [-]
A _{E1}	Grünfläche	4882	0,2	0,3
A _{E2}	Bewachsene Tiefgarage, Wege	1872	0,4	0,55
A _{E3}	Dachflächen	1383	0,9	1

Eingangsdaten

Abflusswirksame Fläche	$A_U = \Sigma(A_i \cdot \psi_m) =$	2969,9	m²
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_f =$	0,000005	m/s
Korrekturfaktor Ort	$f_{Ort} =$	0,9	-
Korrekturfaktor Methode	$f_{Methode} =$	0,9	-
resultierende Korrekturfaktor	$f_k =$	0,81	-
bemessungsrelevante Infiltrationsrate	$k_i =$	0,00000405	m/s
Maximale Einstauhöhe (T = 5a)	$z_M =$	0,3	m
Mittlere Versickerungsfläche (Gewählt)	$A_{s,m} =$	420,0	m²
Jährlichkeit	T =	5	a
Zuschlagsfaktor (mittleres Risikomaß)	$f_z =$	1,15	-

Tab. 1: Iterative Bemessung des erforderlichen Muldenvolumens

D [min]	r(D,5a)* [l/(s*ha)]	V _{RRR} [m³]
5	286,7	32,9
10	216,7	49,5
15	177,8	60,6
20	152,5	69,0
30	120	80,7
45	92,6	92,2
60	76,4	100,2
90	54,6	104,4
120	43,1	106,9
180	30,8	108,5
240	24,3	108,2
360	17,4	104,3
540	12,4	93,2
720	9,8	80,5
1080	7,1	52,6
1440	5,6	19,6
2880	3,4	0,0
4320	2,5	0,0

* Niederschlagshöhen und -spenden für Rasterfeld S101/Z130 (Kostras DWD 2020)

Erf. Speichervolumen	$V_{erf} =$	108,5	m³
Mittlere Versickerungsfläche (erf. T = 5a)	$A_{s,m} =$	361,7	m²

ENTWÄSSERUNGSGUTACHTEN B-PLAN
MENDENER STRAÙE/ HAHNENFÄHRE

Anlage 1



Überflutungsnachweis nach DWA-A 138, DWA-A 117 DIN 1986-100

Eingangsdaten

Versickerungsleistung $Q_s = 0,85 \text{ l/s}$
 $A_{U,Spitze} + A_{VA} = 4297,2 \text{ m}^2$ (Annahme: $A_{VA} = A_{s,m}$)

Tab. 2: Berechnung der zurückzuhaltenden Regenwassermenge nach Gl. 10 (DWA A 138)

D [min]	r(D; 30a)* [l/s*ha]	V _{Rück} [m ³]
5	503,3	0,0
10	318,3	0,0
15	240	0,0
20	195,8	0,0
30	146,1	3,0
45	108,9	15,6
60	88,1	24,7
90	65,4	38,7
120	52,8	48,7
180	39,1	63,8
240	31,5	74,2
360	23,3	89,4
540	17,3	104,8
720	13,9	112,8
1080	10,3	123,2
1440	8,3	126,2
2880	4,9	108,4
4320	3,7	83,2

* Niederschlagshöhen und -spenden für Rasterfeld S101/Z130 (Kostrá DWD 2020)

$V_{Rück} = 126,0 \text{ m}^3$

Ergebnis

Rückstau in der Fläche möglich? **Nein.**
 Verbleib der Regenwassermenge: **Zusätzlicher Speicherraum.**

$V_{Mulde} = \text{MAX}\{V_{VA,erf} ; V_{Rück}\} = 126,0 \text{ m}^3$

Max. Einstauhöhe gewählt:

$Z_{Mulde} = 0,3 \text{ m}$
 $A_{Mulde} = 420,0 \text{ m}^2$

Bemessung von Versickerungsmulden nach DWA-A 138

Projekt: 15310
Bereich: Forstbach Süd-West
Variante: Muldenversickerung

Tab. 1: Flächenermittlung

	Typ	Fläche [m²]	C _m [-]	C _s [-]
A _{E1}	Grünfläche	6074	0,2	0,3
A _{E2}	Bewachsene Tiefgarage, Wege	1116	0,9	1
A _{E3}	Dachflächen	1443	0,9	1

Eingangsdaten

Abflusswirksame Fläche	$A_U = \sum(A_i \cdot \psi_{m,i}) =$	3517,6	m²
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_f =$	0,000001	m/s
Korrekturfaktor Ort	$f_{Ort} =$	0,9	-
Korrekturfaktor Methode	$f_{Methode} =$	0,9	-
resultierende Korrekturfaktor	$f_k =$	0,81	-
bemessungsrelevante Infiltrationsrate	$k_i =$	0,00000081	m/s
Maximale Einstauhöhe (T = 5a)	$z_M =$	0,3	m
Mittlere Versickerungsfläche (Gewählt)	$A_{s,m} =$	775,0	m²
Jährlichkeit	$T =$	5	a
Zuschlagsfaktor (mittleres Risikomaß)	$f_z =$	1,15	-

Tab. 1: Iterative Bemessung des erforderlichen Muldenvolumens

D [min]	r(D,5a)* [l/(s*ha)]	V _{VA} [m³]
5	286,7	42,2
10	216,7	63,8
15	177,8	78,3
20	152,5	89,5
30	120	105,3
45	92,6	121,5
60	76,4	133,2
90	54,6	141,7
120	43,1	148,0
180	30,8	156,4
240	24,3	162,3
360	17,4	169,9
540	12,4	174,9
720	9,8	177,8
1080	7,1	180,3
1440	5,6	176,5
2880	3,4	165,3
4320	2,5	132,8

* Niederschlagshöhen und -spenden für Rasterfeld S101/Z130 (Kostras DWD 2020)

Erf. Speichervolumen	$V_{VA,erf} =$	180,5	m³
Mittlere Versickerungsfläche (erf. T = 5a)	$A_{s,m} =$	601,7	m²

ENTWÄSSERUNGSGUTACHTEN B-PLAN
MENDENER STRAÙE/ HAHNENFÄHRE

Anlage 2

DAHLEM
Beratende Ingenieure**Überflutungsnachweis nach DWA-A 138, DWA-A 117 DIN 1986-100****Eingangsdaten**

Versickerungsleistung

$$Q_s = 0,31 \quad \text{l/s}$$

$$A_{U,Spitze} + A_{VA} = 5155,9 \quad \text{m}^2 \quad (\text{Annahme: } A_{VA} = A_{s,m})$$

Tab. 2: Berechnung der zurückzuhaltenden Regenwassermenge nach Gl. 10 (DWA A 138)

D [min]	r(D; 30a)* [l/s*ha]	V _{Rück} [m ³]
5	503,3	0,0
10	318,3	0,0
15	240	0,0
20	195,8	0,0
30	146,1	0,0
45	108,9	0,0
60	88,1	0,0
90	65,4	0,0
120	52,8	13,2
180	39,1	33,8
240	31,5	48,8
360	23,3	72,2
540	17,3	98,3
720	13,9	115,5
1080	10,3	143,3
1440	8,3	162,1
2880	4,9	201,8
4320	3,7	232,6

* Niederschlagshöhen und -spenden für Rasterfeld S101/Z130 (Kostras DWD 2020)

$$V_{Rück} = 232,5 \quad \text{m}^3$$

Ergebnis

Rückstau in der Fläche möglich?

Nein.

Verbleib der Regenwassermenge:

Zusätzlicher Speicherraum.

$$V_{Mulde} = \text{MAX}\{V_{VA,erf}; V_{Rück}\} = 232,5 \quad \text{m}^3$$

Max. Einstauhöhe für T = 30a

$$z_{Mulde} = 0,3 \quad \text{m}$$

$$A_{Mulde} = 775,0 \quad \text{m}^2$$

A.2 Variante 2: Bemessung Mulden-Rigolen-Element

ENTWÄSSERUNGSGUTACHTEN B-PLAN
MENDENER STRAÙE/ HAHNENFÄHRE

Anlage 3



Bemessung Mulden-Rigolen-Element nach DWA-A 138

Projekt: 15310

Bereich: Forstbach Nord-Ost

Variante: Mulden-Rigolen-Element (mit Überlauf in Rigolenkörper)

Tab. 1: Flächenermittlung

	Typ	Fläche [m²]	C _m [-]	C _s [-]
A _{E1}	Grünfläche	4882	0,2	0,3
A _{E2}	Bewachsene Tiefgarage, Wege	1872	0,4	0,55
A _{E3}	Dachflächen	1383	0,9	1

Eingangsdaten

Abflusswirksame Fläche	$A_U = \Sigma(A_i \cdot \psi_m) =$	2969,9	m²
Durchlässigkeitsbeiwert	$k_f =$	0,00005	m/s
	$k_i =$	0,0000405	m/s
Maximale Einstauhöhe (Versickerungsfall)	$z_M =$	0,3	m
Mittlere erf. Versickerungsfläche (Iterativ)	$A_{s,m} =$	107,0	= 107 m² ?
Jährlichkeit	$T =$	5	a
Zuschlagsfaktor (mittleres Risikomaß)	$f_z =$	1,15	-
Breite des Rigolenkörpers	$b_R =$	9,6	m
Höhe des Rigolenkörpers	$h_R =$	0,9	m
Speicherkoeffizient (Kiesfüllung)	$s_R =$	0,33	m
	$L_R =$	14,4	m

Tab. 1: Iterative Bemessung des erforderlichen Muldenvolumens

D [min]	r(D,1a) [l/(s*ha)]	r(D,5a)* [l/(s*ha)]	V _M [m³]	L _R [m]
5	233,3	286,7	22,9	0,0
10	148,3	216,7	27,8	4,4
15	112,2	177,8	30,2	7,5
20	90,8	152,5	31,2	9,6
30	67,8	120	32,1	12,0
45	50,7	92,6	31,8	13,7
60	41,1	76,4	30,2	14,4
90	30,4	54,6	24,9	13,4
120	24,6	43,1	18,4	12,5
180	18,1	30,8	2,7	10,8
240	14,7	24,3	0,0	9,6
360	10,8	17,4	0,0	7,8
540	8	12,4	0,0	6,1
720	6,5	9,8	0,0	5,1
1080	4,8	7,1	0,0	3,9
1440	3,9	5,6	0,0	3,2
2880	2,3	3,4	0,0	2,1
4320	1,7	2,5	0,0	1,6

* Niederschlagshöhen und -spenden für Rasterfeld S101/Z130 (Kostra DWD 2020)

	V _{MR,erf} =	73,1	m³
Erf. Speichervolumen	V _{M,erf} =	32,1	m³
Erf. Rigolenvolumen	V _{R,erf} =	41,0	m³

ENTWÄSSERUNGSGUTACHTEN B-PLAN
MENDENER STRAÙE/ HAHNENFÄHRE

Anlage 3

DAHLEM
Beratende Ingenieure**Überflutungsnachweis nach DWA-A 138, DWA-A 117 DIN 1986-100****Eingangsdaten**

Versickerungsleistung $Q_{s,R} = 0,0065$ l/s
 $A_{U,Spitze} + A_{S,R} = 3984,2$ m²

Tab. 2: Berechnung der zurückzuhaltenden Regenwassermenge nach Gl. 10 (DWA A 138)

D [min]	r(D; 30a)* [l/s*ha]	V _{Rück} [m ³]
5	503,3	0,0
10	318,3	2,4
15	240	12,1
20	195,8	19,3
30	146,1	29,9
45	108,9	41,3
60	88,1	49,6
90	65,4	62,2
120	52,8	71,1
180	39,1	84,3
240	31,5	93,1
360	23,3	105,7
540	17,3	117,6
720	13,9	122,7
1080	10,3	127,6
1440	8,3	125,7
2880	4,9	90,3
4320	3,7	48,1

* Niederschlagshöhen und -spenden für Rasterfeld S101/Z130 (Kostra DWD 2020)

$V_{Rück} =$	127,5	m ³
--------------	--------------	----------------

Ergebnis

Rückstau in der Fläche möglich?

Nein.

Verbleib der Regenwassermenge:

Zusätzlicher Speicherraum in der Mulde.

	$V_{MR,erf} =$	127,5	m ³
	$V_{M,erf} =$	86,5	m ³
	$V_{R,erf} =$	41,0	m ³
Maximale Einstauhöhe (Starkregenfall),	$Z_{Mulde} =$	0,4	m
Gewählte Muldenfläche	$A_{Mulde} =$	318,8	m ²

A.3 Variante 3: Bemessung Einleitung Forstbach

ENTWÄSSERUNGSGUTACHTEN B-PLAN
MENDENER STRAÙE/ HAHNENFÄHRE

Anlage 4



Bemessung von Rückhalteräumen bei Einleitungsbeschränkungen (DIN 1986-100:2016-12) in Verbindung mit DWA-A 117 (2017) (Vereinfachtes Verfahren)

Projekt: 15310

Bereich: Forstbach Nord-Ost

Variante: Einleitung Forstbach

Tab. 1: Flächenermittlung

	Typ	Fläche [m²]	C _m [-]	C _s [-]
A ₁	Grünfläche	4882	0,2	0,3
A ₂	Bewachsene Tiefgarage, Wege	1872	0,4	0,55
A ₃	Dachflächen	1383	0,9	1
A ₄	Retentionsraum	81,3	1	1

Eingangsdaten

Abflusswirksame Fläche	$A_U = \sum(A_i \cdot \psi_m) =$	3051,2	m²
Drosselabfluss	$Q_{Dr} =$	10,0	l/s
Zuschlagsfaktor (mittleres Risikomaß)	$f_z =$	1,15	-
Abminderungsfaktor	$f_A =$	1	-
Wiederkehrzeit	$T =$	2	a
Maximale Einstautiefe	$Z_{max} =$	0,4	m

Tab. 2: Iterative Bemessung des erforderlichen Rückhaltevolumens nach Gl. 22 (DIN 1986-100:2016-12)

D [min]	rD(0,2a)* [l/(s*ha)]	V _{RRR} [m³]
5	283,3	26,4
10	178,3	30,6
15	134,4	32,1
20	110	32,5
30	82,2	31,2
45	61,1	26,8
60	49,4	21,0
90	36,7	7,4
120	29,6	0,0
180	21,9	0,0
240	17,7	0,0
360	13,1	0,0
540	9,7	0,0
720	7,8	0,0
1080	5,8	0,0
1440	4,7	0,0
2880	2,8	0,0

* Niederschlagshöhen und -spenden für Rasterfeld S101/Z130 (Kosträ DWD 2020)

V_{RRR,erf} =	32,5	m³
A _{erf} =	81,3	m²
t _E =	0,9	h

ENTWÄSSERUNGSGUTACHTEN B-PLAN
MENDENER STRAÙE/ HAHNENFÄHRE

Anlage 4



Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100

Eingangsdaten

A_{ges}^{*}	=	4800,9	m ²
$A_{U,Spitze}$	=	3958,5	m ²
$Q_s + Q_{Dr} = Q_{Dr}$	=	10,00	l/s
$A_{E,k,b} + A_{VA}$	=	4039,8	m ²
mittlere Geländeneigung:		5	%
Befestigungsgrad:		59	%

*Annahme: Grünflächen mit Spitzenabflussbeiwert

DWA-A 118:2006, Tabelle 4:

mittlere Geländeneigung	Befestigung	kürzeste Regendauer
< 1%	< 50%	15 min
	> 50%	10 min
1% - 4%		10 min
>4%	< 50%	10 min
	> 50%	5 min

Maßgebende kürzeste Regendauer: $D = 10$ min

Tab. 3: Berechnung der zurückzuhaltenden Regenwassermenge nach Gl. 20 (DIN 1986-100:2016-12)

D [min]	r(D; 30a)** [l/s*ha]	V _{Rück} [m ³]
5	503,3	38,8
10	318,3	49,3
15	240	55,8

** Niederschlagshöhen und -spenden für Rasterfeld S101/Z130 (Kostras DWD 2020)

$V_{Rück,erf} =$	49,5	m³
$A_{erf} =$	123,8	m ²

Ergebnis

$V_{erf} = \text{Max}\{V_{RRR,erf}; V_{Rück,erf}\} =$	49,5	m³
$A_{erf} =$	123,8	m ²

Bemessung von Rückhalteräumen bei Einleitungsbeschränkungen (DIN 1986-100:2016-12) in Verbindung mit DWA-A 117 (2017) (Vereinfachtes Verfahren)

Projekt: 15310

Bereich: Forstbach Süd-West

Variante: Einleitung Forstbach

Tab. 1: Flächenermittlung

	Typ	Fläche [m²]	C _m [-]	C _s [-]
A ₁	Grünfläche	6074	0,2	0,3
A ₂	Verkehrsfläche	1116	0,9	1
A ₃	Dachflächen	1443	0,9	1
A ₄	Retentionsraum	102,5	1	1

Eingangsdaten

Abflusswirksame Fläche	$A_U = \sum(A_i \cdot \psi_{m,i}) =$	3620,1	m²
Drosselabfluss	$Q_{Dr} =$	10,0	l/s
Zuschlagsfaktor (mittleres Risikomaß)	$f_z =$	1,15	-
Abminderungsfaktor	$f_A =$	1	-
Wiederkehrzeit	$T =$	2	a
Maximale Einstautiefe	$Z_{max} =$	0,4	m

Tab. 2: Iterative Bemessung des erforderlichen Rückhaltevolumens nach Gl. 22 (DIN 1986-100:2016-12)

D [min]	rD(0,2a)* [l/(s*ha)]	V _{RRR} [m³]
5	283,3	31,9
10	178,3	37,6
15	134,4	40,0
20	110	41,2
30	82,2	40,9
45	61,1	37,6
60	49,4	32,6
90	36,7	20,4
120	29,6	5,9
180	21,9	0,0
240	17,7	0,0
360	13,1	0,0
540	9,7	0,0
720	7,8	0,0
1080	5,8	0,0
1440	4,7	0,0
2880	2,8	0,0

* Niederschlagshöhen und -spenden für Rasterfeld S101/Z130 (Kostras DWD 2020)

V_{RRR,erf} =	41,0	m³
A _{erf} =	102,5	m²
t _E =	1,1	h

ENTWÄSSERUNGSGUTACHTEN B-PLAN
MENDENER STRAÙE/ HAHNENFÄHRE

Anlage 5



Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100

Eingangsdaten

A_{ges}^* =	4483	m ²
$A_{U, Spitze}$ =	4483	m ²
$Q_s + Q_{Dr} = Q_{Dr}$ =	10,00	l/s
$A_{E,k,b} + A_{VA}$ =	4585,9	m ²
mittlere Geländeneigung:	3	%
Befestigungsgrad:	52	%

*Annahme: Grünflächen mit Spitzenabflussbeiwert

DWA-A 118:2006, Tabelle 4:

mittlere Gelände- neigung	Befestigung	kürzeste Regendauer
< 1%	< 50%	15 min
	> 50%	10 min
1% - 4%		10 min
>4%	< 50%	10 min
	> 50%	5 min

Maßgebende kürzeste Regendauer: $D = 10$ min

Tab. 3: Berechnung der zurückzuhaltenden Regenwassermenge nach Gl. 20 (DIN 1986-100:2016-12)

D [min]	$r(D; 30a)^{**}$ [l/s*ha]	$V_{Rück}$ [m ³]
5	503,3	29,6
10	318,3	37,7
15	240	42,6

** Niederschlagshöhen und -spenden für Rasterfeld S101/Z130 (Kostra DWD 2020)

$V_{Rück, erf} =$	37,5	m³
$A_{erf} =$	93,8	m ²

Ergebnis

$V_{erf} = \text{Max}\{V_{RRR, erf}; V_{Rück, erf}\} =$	41,0	m³
$A_{erf} =$	102,5	m ²

A.4 Variante 3: Bemessung Einleitung Ruhr

ENTWÄSSERUNGSGUTACHTEN B-PLAN
MENDENER STRAÙE/ HAHNENFÄHRE

Anlage 6

DAHLEM
Beratende Ingenieure**Bemessung von Rückhalteräumen bei Einleitungsbeschränkungen (DIN 1986-100:2016-12) in Verbindung mit DWA-A 117 (2017) (Vereinfachtes Verfahren)**

Projekt: 15310

Bereich: Forstbach Nord-Ost

Variante: Einleitung Ruhr

Tab. 1: Flächenermittlung

	Typ	Fläche [m ²]	C _m [-]	C _s [-]
A ₁	Grünfläche	4882	0,2	0,3
A ₂	Bewachsene Tiefgarage, Wege	1872	0,4	0,55
A ₃	Dachflächen	1383	0,9	1
A ₄	Retentionsraum	81,3	1	1

Eingangsdaten

Abflusswirksame Fläche	$A_U = \sum(A_i \cdot \psi_m) =$	3051,2	m ²
Drosselabfluss (Annahme: Konstant)	$Q_{Dr} =$	10	l/s
Zuschlagsfaktor (mittleres Risikomaß)	$f_z =$	1,15	-
Abminderungsfaktor	$f_A =$	1	-
Wiederkehrzeit	$T =$	2	a
Max. Einstautiefe	$Z_{max} =$	0,4	m

Tab. 2: Iterative Bemessung des erforderlichen Rückhaltevolumens nach Gl. 22 (DIN 1986-100:2016-12)

D [min]	rD(0,2a)* [l/(s*ha)]	V _{RRR} [m ³]
5	283,3	26,4
10	178,3	30,6
15	134,4	32,1
20	110	32,5
30	82,2	31,2
45	61,1	26,8
60	49,4	21,0
90	36,7	7,4
120	29,6	0,0
180	21,9	0,0
240	17,7	0,0
360	13,1	0,0
540	9,7	0,0
720	7,8	0,0
1080	5,8	0,0
1440	4,7	0,0
2880	2,8	0,0

* Niederschlagshöhen und -spenden für Rasterfeld S101/Z130 (Kosträ DWD 2020)

$V_{RRR,erf} =$	32,5	m ³
$A_{erf} =$	81,3	m ²
$t_E =$	0,9	h

ENTWÄSSERUNGSGUTACHTEN B-PLAN
MENDENER STRAÙE/ HAHNENFÄHRE

Anlage 6

DAHLEM
Beratende IngenieureÜberflutungsnachweis nach DIN 1986-100Eingangsdaten

A_{ges}^{*}	=	4801	m ²
$A_{U,Spitze}$	=	3958,5	m ²
$Q_s + Q_{Dr} = Q_{Dr}$	=	10,00	l/s
$A_{E,k,b} + A_{VA}$	=	4039,8	m ²
mittlere Geländeneigung:		5	%
Befestigungsgrad:		59	%

*Annahme: Grünflächen mit Spitzenabflussbeiwert

DWA-A 118:2006, Tabelle 4:

mittlere Geländeneigung	Befestigung	kürzeste Regendauer
< 1%	< 50%	15 min
	> 50%	10 min
1% - 4%		10 min
>4%	< 50%	10 min
	> 50%	5 min

Maßgebende kürzeste Regendauer: D = 10 min

Tab. 3: Berechnung der zurückzuhaltenden Regenwassermenge nach Gl. 20 (DIN 1986-100:2016-12)

D	r(D; 30a)*	V _{Rück}
[min]	[l/s*ha]	[m ³]
5	503,3	38,8
10	318,3	49,3
15	240	55,8

* Niederschlagshöhen und -spenden für Rasterfeld S101/Z130 (Kostra DWD 2020)

$V_{Rück,erf} =$	49,5	m³
$A_{erf} =$	123,8	m ²

Ergebnis

$V_{erf} = \text{Max}\{V_{RRR,erf}; V_{Rück,erf}\} =$	49,5	m³
$A_{erf} =$	123,8	m ²

ENTWÄSSERUNGSGUTACHTEN B-PLAN
MENDENER STRAÙE/ HAHNENFÄHRE

Anlage 7



Bemessung von Rückhalteräumen bei Einleitungsbeschränkungen (DIN 1986-100:2016-12) in Verbindung mit DWA-A 117 (2017) (Vereinfachtes Verfahren)

Projekt: 15310

Bereich: Forstbach Süd-West

Variante: Einleitung Ruhr

Tab. 1: Flächenermittlung

	Typ	Fläche [m ²]	C _m [-]	C _s [-]
A ₁	Grünfläche	6074	0,2	0,3
A ₂	Verkehrsfläche	1116	0,9	1
A ₃	Dachflächen	1443	0,9	1
A ₄	Retentionsraum	102,5	1	1

Eingangsdaten

Abflusswirksame Fläche	$A_U = \sum(A_i \cdot \psi_m) =$	3620,1	m ²
Drosselabfluss (Mittel)	Q _{Dr} =	10	l/s
Zuschlagsfaktor (mittleres Risikomaß)	f _z =	1,15	-
Abminderungsfaktor	f _A =	1	-
Wiederkehrzeit	T =	2	a
Max. Einstautiefe	Z _{max} =	0,4	m

Tab. 2: Iterative Bemessung des erforderlichen Rückhaltevolumens nach Gl. 22 (DIN 1986-100:2016-12)

D [min]	rD(0,2a)* [l/(s*ha)]	V _{RRR} [m ³]
5	283,3	31,9
10	178,3	37,6
15	134,4	40,0
20	110	41,2
30	82,2	40,9
45	61,1	37,6
60	49,4	32,6
90	36,7	20,4
120	29,6	5,9
180	21,9	0,0
240	17,7	0,0
360	13,1	0,0
540	9,7	0,0
720	7,8	0,0
1080	5,8	0,0
1440	4,7	0,0
2880	2,8	0,0

* Niederschlagshöhen und -spenden für Rasterfeld S101/Z130 (Kostra DWD 2020)

Retentionsvolumen	V_{RRR,erf} = 41,0	m³
Erforderliche Fläche	A _{erf} =	102,5 m ²
Entleerungszeit	t _E =	1,1 h

Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100

Eingangsdaten

A_{ges}^*	=	4483	m ²
$A_{U,Spitze}$	=	4483,4	m ²
$Q_s + Q_{Dr} = Q_{Dr}$	=	10,00	l/s
$A_{E,k,b} + A_{VA}$	=	4585,9	m ²
mittlere Geländeneigung:		3	%
Befestigungsgrad:		52	%

*Annahme: Grünflächen mit Spitzenabflussbeiwert

DWA-A 118:2006, Tabelle 4:

mittlere Gelände- neigung	Befestigung	kürzeste Regendauer
< 1%	< 50%	15 min
	> 50%	10 min
1% - 4%		10 min
>4%	< 50%	10 min
	> 50%	5 min

Maßgebende kürzeste Regendauer: D = 10 min

Tab. 3: Berechnung der zurückzuhaltenden Regenwassermenge nach Gl. 20 (DIN 1986-100:2016-12)

D [min]	r(D; 30a)* [l/s*ha]	V _{Rück} [m ³]
5	503,3	29,6
10	318,3	37,7
15	240	42,6

* Niederschlagshöhen und -spenden für Rasterfeld S101/Z130 (Kostrat DWD 2020)

$V_{Rück,erf}$	=	37,5	m ³
A_{erf}	=	93,8	m ²

Ergebnis

$V_{erf} = \text{Max}\{V_{RRR,erf}; V_{Rück,erf}\}$	=	41,0	m ³
A_{erf}	=	102,5	m ²