

Stadt Krefeld

Entwässerung des Innovationscampus Krefeld in Form einer Schwammstadt Machbarkeitsstudie

Erläuterungsbericht
Februar 2021 | 1. Ausfertigung
Projektnummer 1346 001



Stadt Krefeld

Entwässerung des Innovationscampus Krefeld in Form einer Schwammstadt

Machbarkeitsstudie

Erläuterungsbericht
Februar 2021 | 1. Ausfertigung
Projektnummer 1346 001

Bearbeitet durch:
Laura Händel M. Sc.
c: Dipl.-Ing. Stefan Koenen

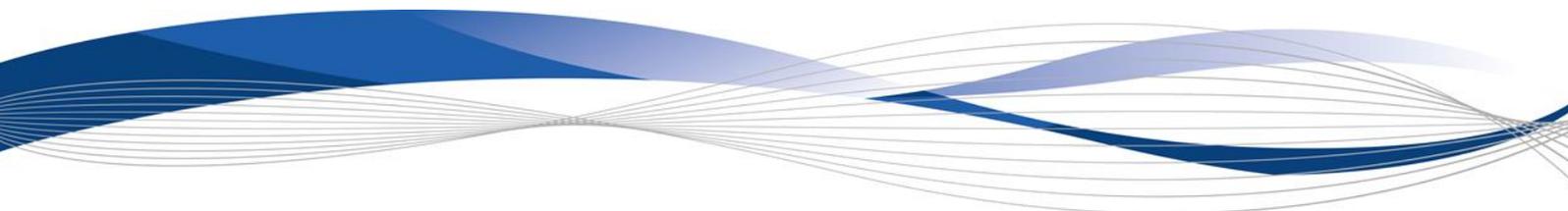
Aufgestellt:
Bochum, im Februar 2021
koe-lh-tie

Stadt Krefeld, im Februar 2021

Der Sachbearbeiter:

Träger der Maßnahme:
Innovationscampus Krefeld LM I GmbH
Innovationscampus Krefeld LM II GmbH

Dipl.-Ing. Stefan Koenen
(geschäftsführender Gesellschafter)



Gesamtinhaltsverzeichnis

I Textteil

- Erläuterungsbericht

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	1
1.1	Veranlassung und Gegenstand der Untersuchung	1
1.2	Projektbeteiligte.....	1
1.3	Zur Verfügung stehende Unterlagen.....	1
2	Wasserwirtschaftliche Randbedingungen.....	2
2.1	Planungsgebiet	2
2.2	Entwässerungsverfahren.....	2
2.3	Vorfluter	3
2.4	Bäkerpfad.....	3
2.5	Bodenverhältnisse.....	3
2.5.1	Aussagen des neuen Bodengutachtens	3
3	Bemessungs-, Ziel- und Nachweisgrößen.....	5
3.1	Niederschlagswasser	5
3.1.1	Versickerung	5
3.1.2	Regenrückhaltung	5
3.1.3	Kanalisation.....	6
3.2	Schmutzwasser	6
4	Funktionsweise von Baum-Rigolen	7
5	Beschreibung der Planung.....	10
5.1	Niederschlagswasser	10
5.1.1	Baum-Rigolen	10
5.1.2	Regenrückhaltung	12
5.1.3	Kanalisation.....	13
5.2	Schmutzwasser	13
6	Vergleich Wartungsaufwand	15
7	Kostenrahmen	16
8	Zusammenfassung.....	18
	Literatur	19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Flächen (Basierend auf der Flächenbilanzierung der BKI vom 18.11.2020).....	2
Tabelle 2: Dimensionen der Baum-Rigolen.....	11
Tabelle 3: Wartungsaufwand Staukanäle.....	15
Tabelle 4: Wartungsaufwand Baum-Rigolen.....	16

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Messstellen Bodenuntersuchungen (aus dem neuen Bodengutachten)	4
Abbildung 2: Längsschnitt durch Baum-Rigolen.....	7
Abbildung 3: Längsschnitt durch Baum-Rigolen während eines Niederschlagsereignisses.....	8
Abbildung 4: Längsschnitt durch Baum-Rigolen im Anschluss an ein Niederschlagsereignis.....	8
Abbildung 5: Baum-Rigolen-Streifen – Draufsicht	9
Abbildung 6: Beispielhafter Aufbau des Gebäudedächer	10
Abbildung 7: Erforderliche Versickerungsflächen für die Baum-Rigolen bei der vorliegenden Worst-Case Betrachtung (Darstellung mit dem städtebaulichen Konzept).....	11
Abbildung 8: Entwässerung über Staukanäle (Darstellung mit dem städtebaulichen Konzept).....	12
Abbildung 9: Schmutzwasserkanäle bei Entwässerung über Baum-Rigolen (Darstellung mit dem städtebaulichen Konzept).....	14
Abbildung 10: Schmutzwasserkanäle bei Entwässerung über Staukanäle (Darstellung mit dem städtebaulichen Konzept).....	15

Verzeichnis der Anlagen

Anlage 1: Bemessung des RRB-Volumens nach DWA-A 117
Anlage 2: Steckbrief Entwässerung über Baum-Rigolen
Anlage 3: Steckbrief Entwässerung über Staukanäle
Anlage 4: Wartungskosten
Anlage 5: Kostenrahmen

1 Allgemeines

1.1 Veranlassung und Gegenstand der Untersuchung

In der Stadt Krefeld soll an der Straße Untergath der Innovations- und Technologicampus Krefeld erschlossen werden. Es ist eine gemischte Nutzung aus den Bereichen Forschung, Lehre und Arbeit sowie weiteren gewerblichen Nutzungen vorgesehen. Für die Entwässerung soll ein innovatives Konzept entwickelt werden, welches mit einer schrittweisen Erschließung der Fläche vereinbar ist.

Für die Erstellung einer Machbarkeitsstudie bzgl. der Entwässerung beauftragte die Innovationscampus Krefeld LM II GmbH die Ingenieurgesellschaft TUTTAHS & MEYER.

1.2 Projektbeteiligte

Träger der Maßnahme

Innovationscampus Krefeld LM I GmbH
Daimlerstraße 10 a
40789 Monheim
Innovationscampus Krefeld LM II GmbH
Daimlerstraße 10 a
40789 Monheim

Ansprechpartner: Herr Weitz

Durchwahl: 0241 1895-172

Erstellung der Studie

TUTTAHS & MEYER Ing.-GmbH
Universitätsstraße 74
44789 Bochum

Telefon: 0234 33305-0

Telefax: 0234 33305-11

Ansprechpartner: Herr Koenen
Frau Händel

Durchwahl: 0234 33305-40

Durchwahl: 0234 33305-16

1.3 Zur Verfügung stehende Unterlagen

Als Grundlage der Untersuchung standen die folgenden Unterlagen zur Verfügung:

- Vorentwurf Städtebauliches Konzept (Stand: 03.09.2020)
- Vorentwurf Bebauungsplan (Stand: 13.11.2020)
- Bodengutachten (09.11.2019)
- Neues Bodengutachten (10.02.2021)
- Kanaldaten des KBK

2 Wasserwirtschaftliche Randbedingungen

2.1 Planungsgebiet

Das Planungsgebiet liegt in Krefeld am Bäckerpfad und weist eine Flächengröße von 44.000 m² auf. Die Fläche ist in drei Teilgebiete aufgeteilt, Teilgebiet Nord, Teilgebiet Mitte und Teilgebiet Süd. Im Teilgebiet Mitte stehen aktuell zwei Gebäude, welche langfristig ggf. abgerissen und neu gebaut werden aber vorläufig erstmal erhalten bleiben. Die Teilgebiete Nord und Süd sind aktuell ungenutzte Wiesenflächen. Der B-Plan steht noch nicht fest, daher wird bzgl. der Flächen von einer Worst-Case Situation ausgegangen. In **Tabelle 1** sind die verschiedenen Flächen, deren Größen und die Abflussbeiwerte aufgelistet.

Tabelle 1: Flächen (Basierend auf der Flächenbilanzierung der BKI vom 18.11.2020)

Fläche	Größe [m ²]	Abflussbeiwert [-]
Verkehrsfläche (*)	4.644	0,9
Bäckerpfad	1.887	0,9
Pflasterfläche	5.853	0,75
Versickerungsfähige Pflasterfläche	5.853	0
Grünfläche	4.335	0,1
Gebäudefläche (**)	28.404	0,5

(*) Die Fläche des Bäckerpfades (1.887 m²) ist hier nicht enthalten

(**) Die Fläche der Bestandsgebäude (1.092 m²) ist enthalten

Für das Gesamtgebiet (ohne Bäckerpfad) ergibt sich ein Abflussbeiwert von $\Psi_{\text{ges}} = 0,47$. Falls einer versickerungsfähigen Pflasterfläche nicht zugestimmt wird und dies ebenfalls als normale Pflasterfläche realisiert wird, beträgt der Abflussbeiwert des Gesamtgebiets $\Psi_{\text{ges, ohne versickerungsfähiges Pflaster}} = 0,56$.

2.2 Entwässerungsverfahren

Im Nachfolgenden wird geprüft, ob der Niederschlagswasserabfluss des Plangebiets behandlungsbedürftig im Sinne der „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“ (Trennerlass NRW 2004) [3] ist. Zu diesem Zweck wird der Niederschlagswasserabfluss entsprechend der erwarteten Herkunftsbereiche kategorisiert.

Kategorie gem. Trennerlass 2004	Herkunftsbereich des Niederschlagsabflusses
Kategorie I: Unbelastetes (= unverschmutztes) Niederschlagswasser	Fuß-, Rad- und Wohnwege
	Dachflächen in Wohngebieten (keine Metaldächer)
	Garagenzufahrten bei Einzelhausbebauung
Kategorie II: Schwach belastetes (= gering verschmutztes) Niederschlagswasser ohne Behandlungsbedarf	Dachflächen in Gewerbe- und Industriegebieten (keine Metaldächer)

Kategorie III: Stark belastetes (= verschmutztes) Niederschlagswasser mit Behandlungsbedarf	Hof- und Verkehrsflächen in Misch-, Gewerbe- und Industriegebieten, soweit sie nicht unter Kategorie II fallen
-------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Anhand der Kategorisierung der Niederschlagswasserabflüsse entsprechend ihrer erwarteten Herkunftsbereiche ist erkennbar, dass die Abflüsse aus dem Planungsgebiet in die Kategorie II einzuordnen sind und somit **kein Behandlungsbedarf** besteht.

Die Entwässerung des Innovationscampus soll über ein innovatives Versickerungsverfahren erfolgen. Dafür werden Baum-Rigolen geplant.

2.3 Vorfluter

Falls die Realisierung von Baum-Rigolen doch nicht umgesetzt wird, ist eine herkömmliche Rückhaltung vor Einleitung erforderlich. Dafür gibt es keine Gewässer in der Nähe des Plangebiets. Das Gebiet ist lediglich von Misch- und Regenwasserkanälen umgeben. Östlich vom Gebiet liegt im Bäckerpfad ein Mischwasserkanal der Dimension Ei 700/1050. Südlich des Teilgebiets Nord liegt ein Mischwasserkanal der Dimension DN 300 im Wendehammer der Untergath. In der südlich gelegenen Straße Untergath und teilweise im Teilgebiet Süd verläuft ein Regenwasserkanal der Dimension DN 1300. Im Süden des Bäckerpfades beginnt ein Mischwasserkanal der Dimension DN 400. Dieser liegt südlich vom DN 1300, dessen Sohle auf einer Höhe von 33,31 m ü. NN und dessen Scheitel somit auf einer Höhe von 34,71 m ü. NN liegt. Die Sohle des DN 400 liegt auf einer Höhe von 34,04 m ü. NN. Dieser Kanal ist vom Norden somit unerreichbar, da er vom DN 1300 blockiert wird.

2.4 Bäckerpfad

Der Bäckerpfad verläuft östlich am Gebiet entlang. Etwas südlich der Bestandsgebäude im Plangebiet fängt im Bäckerpfad ein Mischwasserkanal (Ei 700/1050) an, welcher in Richtung Norden verläuft. Von der südlich gelegenen Straße Untergath bis zum Startschacht dieses Kanals liegt kein weiterer Entwässerungskanal, der südliche Teil des Bäckerpfades entwässert somit diffus. Dies soll im Rahmen dieser Erschließung geändert werden.

2.5 Bodenverhältnisse

Ein aktuelles Bodengutachten mit Aussagen zur Versickerungsfähigkeit des Bodens lag während der Bearbeitung nicht vor, wurde aber nachgereicht. Die Bemessungen werden in der weiteren Planung daraufhin angepasst. Die im Folgenden vorgestellten Untersuchungen basieren auf der Auswertung von Bohrprofilen eines älteren Bodengutachtens (Oktober 2019). Es wird ein mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert des Gebiets von $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ m/s ermittelt und für die Bemessung angesetzt.

2.5.1 Aussagen des neuen Bodengutachtens

In **Abbildung 1** sind die Messstellen der Bodenuntersuchungen dargestellt. An vier Stellen im Untersuchungsgebiet wurden Versickerungsversuche durchgeführt. Zwei der Messstellen liegen im nördlichen (RKS 1 und RKS 4), zwei davon im südlichen Teilgebiet (RKS 2 und RKS 3).

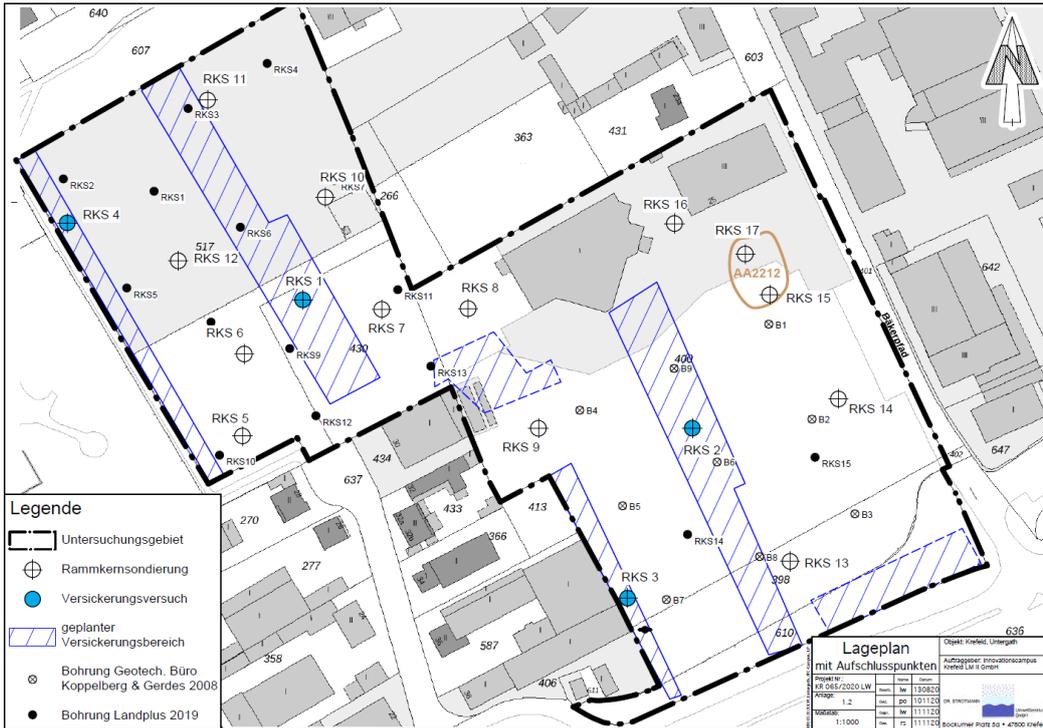


Abbildung 1: Messstellen Bodenuntersuchungen (aus dem neuen Bodengutachten)

Nach DWA-A 138 [4] sind aus Feldmethoden ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte mit einem Korrekturfaktor von 2 zu korrigieren. Für die vier Messstellen ergeben sich somit die folgenden Durchlässigkeitsbeiwerte:

RKS 1: $3,24 \cdot 10^{-5}$ m/s

RKS 2: $1,36 \cdot 10^{-5}$ m/s

RKS 3: $8,58 \cdot 10^{-6}$ m/s

RKS 4: $2,4 \cdot 10^{-6}$ m/s

Der versickerungsfähige Bereich liegt laut DWA-A 138 [4] zwischen $1 \cdot 10^{-6}$ m/s und $1 \cdot 10^{-3}$ m/s. Der vorliegende Boden liegt somit im versickerungsfähigen Bereich.

Die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte der Messstellen RKS 1 und RKS 2 sind höher als der bisher angenommene Wert von $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ m/s und somit günstiger. An den Messstellen RKS 3 und RKS 4 sind die ermittelten Durchlässigkeitsbeiwerte niedriger als der bisher angenommene Wert und somit ungünstiger. Hier wäre ein Bodenaustausch sinnvoll.

Bei den restlichen 13 Rammkernsondierungen wurden größtenteils Böden aufgefunden, welche über eine hohe Durchlässigkeit verfügen (Sand, oberer zulässiger Versickerungsbereich). Lediglich bei fünf dieser Sondierungen wurde schluffiger Boden gefunden, welcher über eine sehr geringe Durchlässigkeit verfügt. In diesen Bereichen wäre ein Bodenaustausch erforderlich.

Das vorliegende Entwässerungskonzept wurde **NICHT** auf Grundlage der soeben vorgestellten Bodenuntersuchungen aufgestellt, es wurde ein mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert des Gebiets von $k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ m/s verwendet.

3 Bemessungs-, Ziel- und Nachweisgrößen

3.1 Niederschlagswasser

3.1.1 Versickerung

Für dezentrale Versickerungsanlagen wird allgemein eine Bemessungshäufigkeit von $n = 0,2$ 1/a angesetzt. Die Einstauhöhe der Mulde ist auf 0,3 m, die Muldentiefe auf 0,5 m begrenzt. Mulden sind mit einer belebten Bodenzone auszustatten, welche über eine geringe Durchlässigkeit verfügen soll, um so Schadstoffe aus dem Niederschlagswasser zu filtern. [4]

Der anstehende Boden unterhalb der Mulde muss über eine ausreichende Durchlässigkeit verfügen, um zu lange Entleerungszeiten zu verhindern. Er darf aber auch nicht zu durchlässig sein, da sonst aufgrund zu geringer Aufenthaltszeiten keine ausreichende Reinigung des Niederschlagswassers möglich ist. Der relevante Versickerungsbereich liegt zwischen $1 \cdot 10^{-3}$ m/s und $1 \cdot 10^{-6}$ m/s. Der Durchlässigkeitsbeiwert der belebten Bodenzone soll im unteren Bereich davon liegen, da in dieser Zone die Reinigung des Niederschlagswassers stattfinden soll. Es wird ein Wert von $k_f = 2 \cdot 10^{-5}$ m/s angesetzt. Der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens wird mit dem Durchlässigkeitsbeiwert der belebten Bodenzone gemittelt. Dieser Mittelwert wird für die Bemessung angesetzt. [4]

Die Größe der undurchlässigen Fläche, welche an eine Versickerungsmulde angeschlossen werden kann, darf höchstens das 15-fache der Versickerungsflächengröße sein. Andernfalls würde es zu einer zu hohen hydraulischen Belastung der Mulde kommen. Es ist also auf ein Verhältnis von $A_u : A_s < 15 : 1$ zu achten. [4]

3.1.2 Regenrückhaltung

In Anlehnung an die „Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren“ (Trennerlass NRW 2004) [3] ist das Niederschlagswasser im Untersuchungsgebiet zu versickern, zu verrieseln oder ortsnah in ein Gewässer einzuleiten. Sollte eine Versickerung nicht realisiert werden, ist eine Rückhaltung erforderlich. Es wird von einer zulässigen Einleitungsmenge von $Q_{E1,zul} = 10$ l/s ausgegangen. Im Nachgang der Bemessungen hat der KBK eine zulässige Einleitungsmenge von $Q_{E1,zul} = 20$ l/s vorgegeben, welcher günstiger ist und zu einem kleineren Rückhaltevolumen führt. Dieser Wert liegt den Bemessungen **NICHT** zugrunde.

Die Bestimmung des Rückhaltevolumens erfolgt mittels des vereinfachten Verfahrens nach DWA-A 117 [2]. Die Bemessungshäufigkeit beträgt $n = 0,5$ 1/a, da ein häufiger Überlauf ins Kanalnetz vermieden werden soll. Es wird davon ausgegangen, dass kein versickerungsfähiges Pflaster verwendet werden darf, der Abflussbeiwert beträgt somit $\Psi = 0,56$.

Unter Berücksichtigung einer starren, unregelmäßigen Drosseleinrichtung mit $Q_{dr,m} = 5$ l/s beträgt das erforderliche Rückhaltevolumen für das Teilgebiet Nord $V_{Nord} = 290$ m³ und für das Teilgebiet Süd $V_{Süd} = 340$ m³. Die tabellarische Bemessung ist in der **Anlage 1** abgelegt.

Im B-Plan sind keine Flächen für eine Regenrückhaltung vorgesehen, daher müssten unterirdische Stauräume geplant werden.

3.1.3 Kanalisation

Als Ziel- und Nachweisgrößen werden gemäß DWA-A 118 [5], Tabelle 3, folgende Überstauhäufigkeiten empfohlen:

Ort	Überstauhäufigkeiten bei Neuplanungen (1-mal in „n“ Jahren)
Ländliche Gebiete	1 in 2
Wohngebiete	1 in 3
Stadtzentren, Industrie- und Gewerbegebiete	Seltener als 1 in 5
Unterirdische Verkehrsanlagen, Unterführungen	Seltener als 1 in 10

Hier handelt es sich um ein Gewerbegebiet, es wird also eine Bemessungshäufigkeit von seltener als 1 in 5 Jahren, also $n = 0,2 \text{ 1/a}$, angesetzt.

3.2 Schmutzwasser

Kanalisierte Einzugsgebietsfläche	A_{Ek}	=	5,1 ha
Spezifischer häuslicher Schmutzwasseranfall	$q_{H,1000E}$	=	4 l/(s·1000E)
Betriebliche Schmutzwasserabflussspende	q_g	=	0,5 l/(s·ha)
Fremdwasserabflussspende bei Trockenwetter	$q_{F,T}$	=	0,1 l/(s·ha)
Regenabflussspende im Schmutzwasserkanal	$q_{R,Tr}$	=	0,4 l/(s·ha)

Daraus ergeben sich die folgenden Abflussmengen:

Häuslicher Schmutzwasserabfluss	Q_H	=	0,3 l/s
Betrieblicher Schmutzwasserabfluss	Q_G	=	1,0 l/s
Fremdwasserabfluss	Q_F	=	0,5 l/s
Gesamter Trockenwetterabfluss	Q_T	=	1,9 l/s
Zusätzlicher Fremdwasseranteil bei Regenwetter	$Q_{R,Tr}$	=	2,0 l/s
Gesamtschmutzwasserabfluss	Q_{ges}	=	3,9 l/s

4 Funktionsweise von Baum-Rigolen

Eine neue und innovative Form des Regenwassermanagements sind Baum-Rigolen. Dabei handelt es sich um Bäume, welche in einem Muldenbett stehen und unterhalb derer ein abgedichteter Speicherraum angelegt ist. Der Speicherraum muss mindestens 1,5 m unterhalb der Sohle der Belebten Bodenzone liegen, außerdem muss ein durchwurzelbares Bodenvolumen von mindestens 12 m³ für die Bäume zur Verfügung stehen [6]. Bei einer 3 x 3 m großen Baum-Rigole würden mit einer Tiefe von 1,5 m genau 12 m³ Bodenvolumen zur Verfügung stehen.

Bei Niederschlag wird das Wasser in das Muldenbett eingeleitet und versickert dort durch die belebte Bodenzone und den anstehenden Boden bis in den Speicherraum. Im Speicherraum steigt der Wasserstand bis zur Oberkante. Das überschüssige Wasser wird an den umgebenden Boden abgegeben und versickert dann zum Grundwasser. Nach dem Ende des Niederschlagsereignisses ziehen die Wurzeln des Baumes das restliche Wasser aus dem Speicherraum und verdunsten es. Auf die Art können Wege und Verkehrsflächen entwässert werden.

Für die Entwässerung der Dachflächen werden zwischen den Baum-Rigolen unterirdische Kies-Rigolen vorgesehen, an welche die Gebäudedächer über Fallrohre direkt angeschlossen werden. Auf die Belebte Bodenzone kann hier verzichtet werden, da jedes Dach mindestens zur Hälfte als Gründächer realisiert werden sollen und dies als Belebte Bodenzone angesehen wird. Es muss aber darauf geachtet werden, dass das Niederschlagswasser des gesamten Daches über den begrüntem Teil des Daches abgeleitet wird.

In **Abbildung 2** ist der angedachte Aufbau von Baum-Rigolen skizziert. Die **Abbildung 3** und die **Abbildung 4** zeigen die Baum-Rigolen während eines Niederschlagsereignisses und im Anschluss an ein Ereignis.

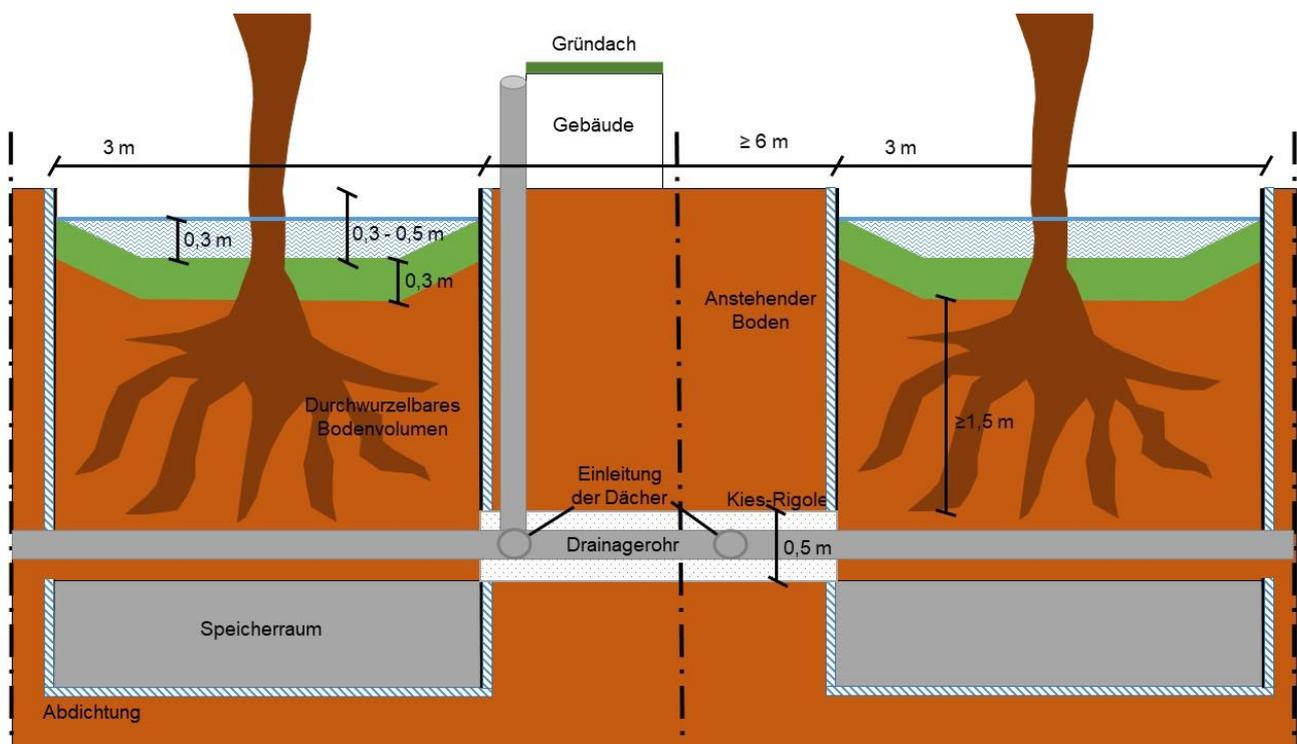


Abbildung 2: Längsschnitt durch Baum-Rigolen

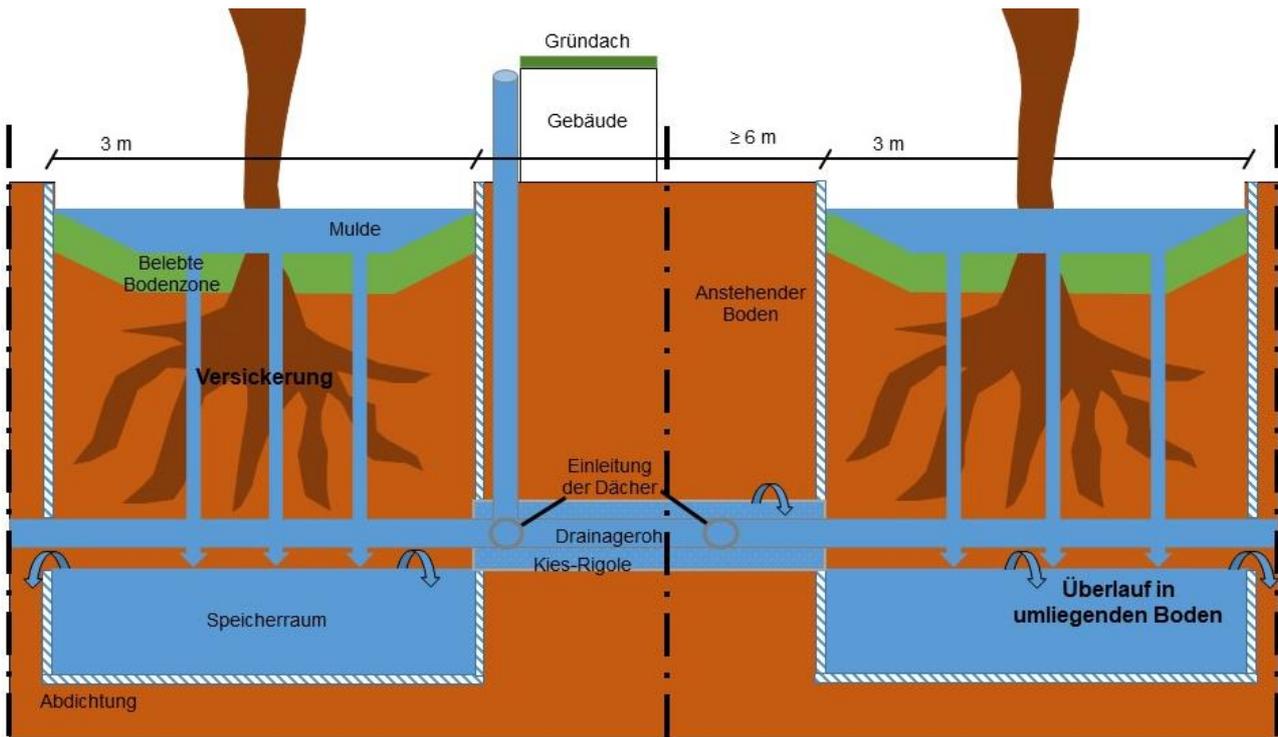


Abbildung 3: Längsschnitt durch Baum-Rigolen während eines Niederschlagsereignisses

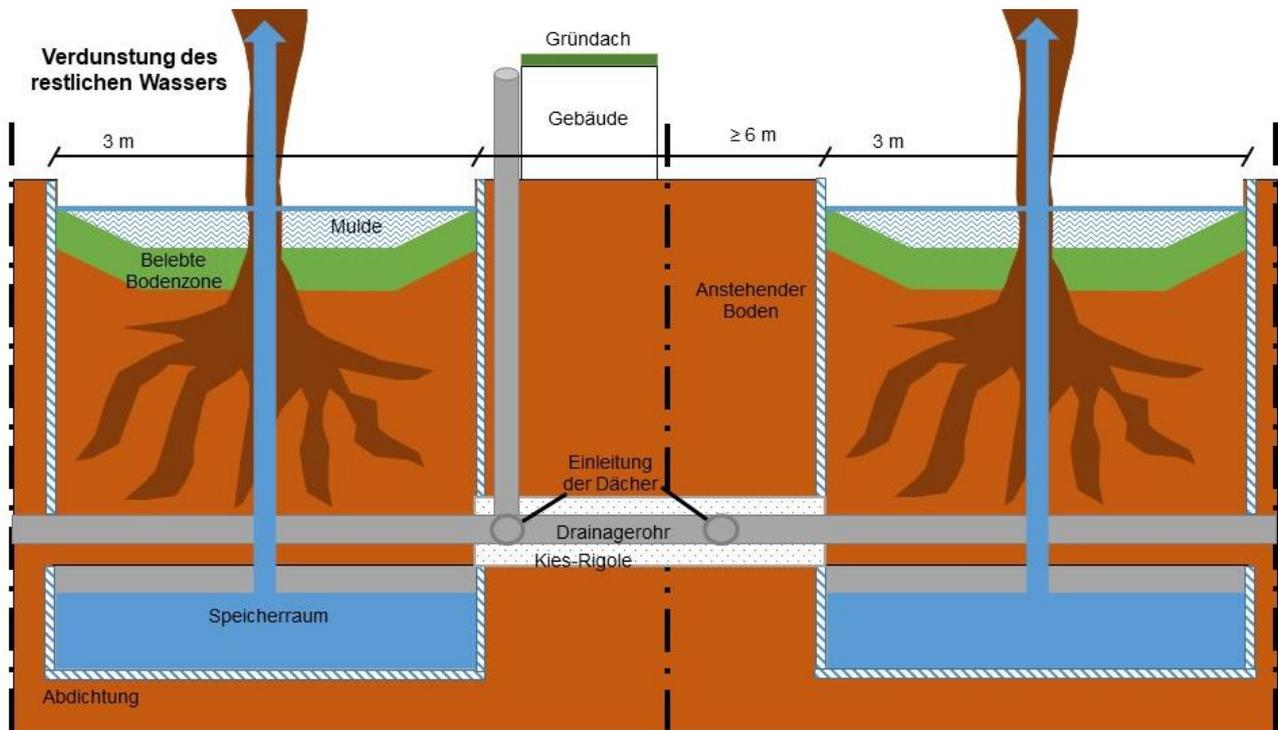


Abbildung 4: Längsschnitt durch Baum-Rigolen im Anschluss an ein Niederschlagsereignis

Mit diesem Aufbau liegen die Sohle der Kiesrigole und die Oberkante des Speicherraumes rd. 2,8 m unterhalb der Geländeoberkante. Es ist ein Abstand der Versickerungsanlage zum mittleren höchsten Grundwasserstand von ≥ 1 m einzuhalten. Laut Bodengutachten liegt der MGHW bei rd. 33,0 m NHN. Die Sohle der Versickerungsanlagen muss somit höher als 34,0 m NHN liegen. Die tiefste Ge-

lände höhe liegt bei rd. 37,5 m ü. NN, die Sohle der Versickerungsanlagen wird mindestens auf einer Höhe von 34,7 m ü. NN liegen. Dieser Abstand kann somit problemlos eingehalten werden.

Ein Notüberlauf in die Kanalisation ist nicht vorgesehen.

Die Baum-Rigolen sollen in Grünstreifen angelegt werden, durch welchen sie über das Drainagerohr verbunden sind. In **Abbildung 5** ist eine Draufsicht davon dargestellt.

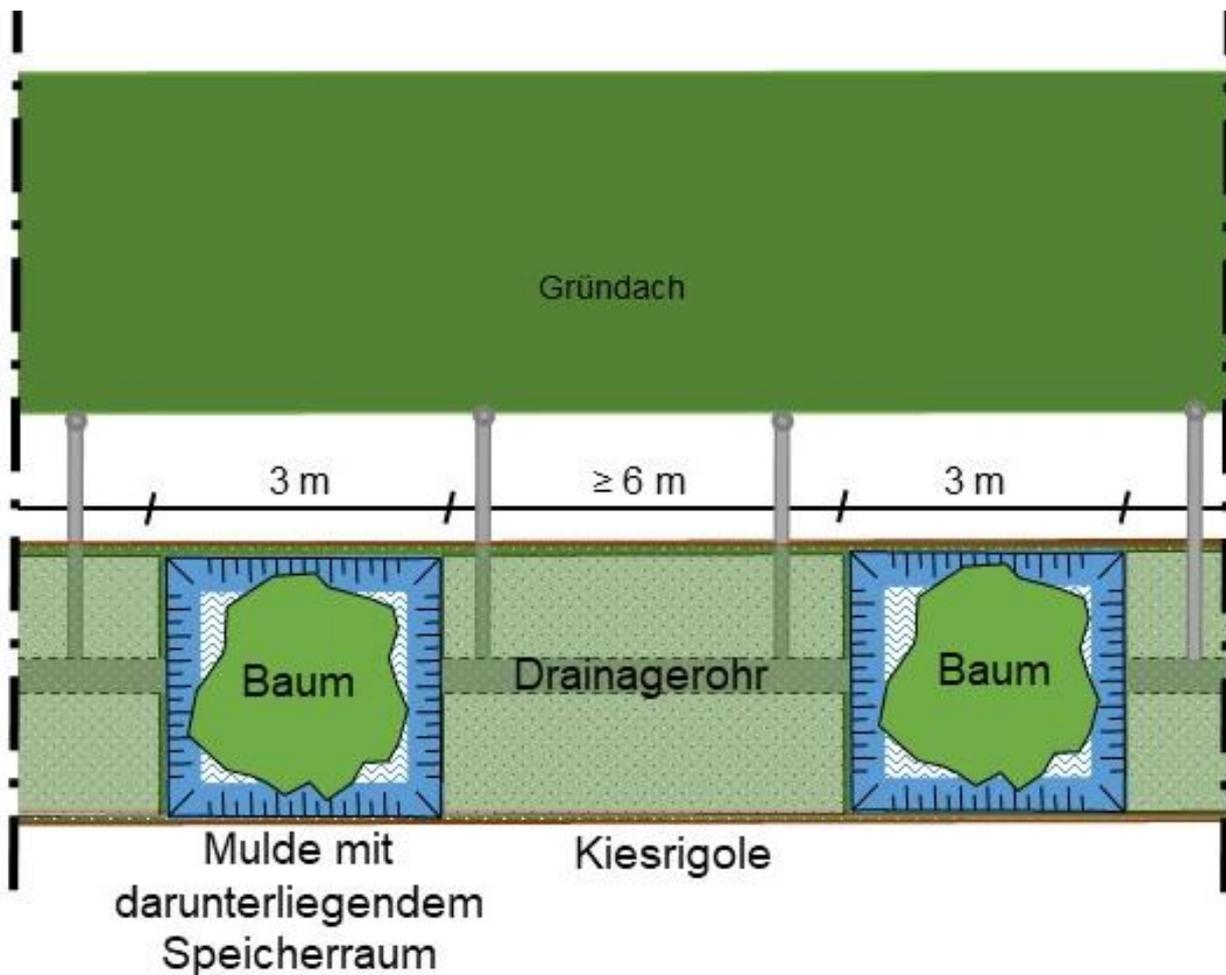


Abbildung 5: Baum-Rigolen-Streifen – Draufsicht

Baum-Rigolen dienen der Versickerung von Niederschlagswasser und verbessern gleichzeitig durch die Verdunstung im Anschluss an ein Niederschlagsereignis das Mikroklima. Zusätzlich erhöhen sie die Bodenfeuchte und sorgen für eine Grundwasseranreicherung.

5 Beschreibung der Planung

5.1 Niederschlagswasser

5.1.1 Baum-Rigolen

Für diese Untersuchung wird von einem sehr ungünstigen Durchlässigkeitsbeiwert des Bodens ausgegangen ($k_f = 1 \cdot 10^{-5}$ m/s).

Für jede Baum-Rigole wird eine Fläche von 9 m^2 vorgesehen ($3 \times 3 \text{ m}$). Die Muldentiefe entspricht der maximalen Einstauhöhe von $0,3 \text{ m}$. Die belebte Bodenzone wird mit einer Dicke von $0,3 \text{ m}$ geplant. Bis zum Drainagerohr, welches durch einen kompletten Baum-Rigolen-Streifen führt, wird eine Tiefe von $1,5 \text{ m}$ geplant. Damit wird die Vorgabe des durchwurzelbaren Bodenvolumens von 12 m^3 eingehalten. Bis auf die Gebäudeflächen werden alle Oberflächen über die Baum-Rigolen entwässern, es wird also eine Fläche von 20.684 m^2 mit einem mittleren Abflussbeiwert von $\Psi = 0,44$ angeschlossen. Diese Flächen entwässern oberirdisch in die Baum-Rigolen, dies muss über das Oberflächengefälle realisiert werden. Der unterirdische Speicherraum wird mit einer Höhe von $0,5 \text{ m}$ geplant. Es wird ein Speicherkoeffizient des Füllmaterials von $0,35$ angesetzt.

Die Kies-Rigole wird mit einer Breite von 3 m , einer Höhe von $0,5 \text{ m}$ und einer Länge von 6 m zwischen den einzelnen Baum-Rigolen angeordnet. Auch hier wird ein Speicherkoeffizient des Füllmaterials von $0,35$ angesetzt. Über Fallrohre werden die Gebäudedächer direkt an das Drainagerohr (DN 150) innerhalb der Rigolen angeschlossen. Es wird somit eine Fläche von 28.404 m^2 angeschlossen. Mindestens die Hälfte der Dächer wird als Gründächer realisiert, die restliche Dachfläche entwässert ebenfalls durch den begrünten Teil. Dadurch kann ein Abflussbeiwert von $\Psi = 0,5$ angesetzt werden. Der Aufbau der Dächer muss in etwa so gestaltet werden wie in **Abbildung 6** beispielhaft dargestellt ist.

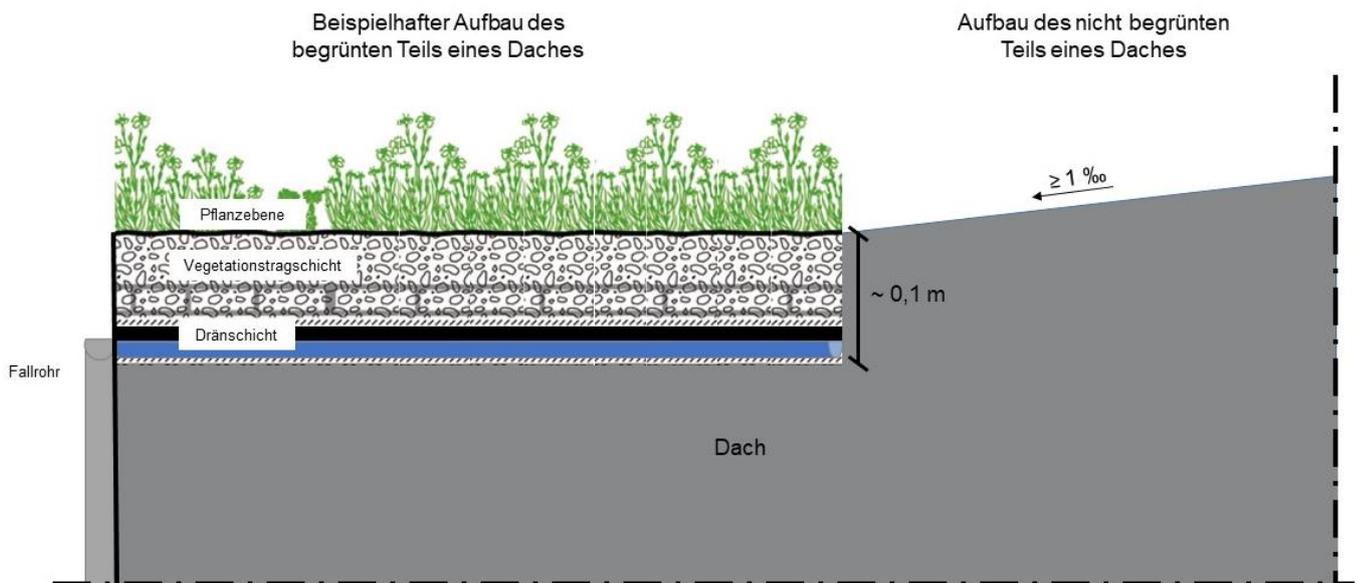


Abbildung 6: Beispielhafter Aufbau des Gebäudedächer

Für die flexible und schrittweise Erschließung des Plangebiets sollte die Herangehensweise geändert werden. Dann sollte berechnet werden, für wie viel m² erschlossene, undurchlässige Fläche wie viele Baum-Rigolen erforderlich wären. Dabei ist darauf zu achten, dass das Verhältnis von $A_u : A_s < 15 : 1$ eingehalten wird. Jede Mulde soll über eine Versickerungsfläche von 9 m² verfügen, es können somit **höchstens** 135 m² undurchlässige Fläche pro Baum-Rigole erschlossen werden. Dies gilt nur in Bezug auf die Flächenverhältnisse und ist unabhängig von Bodenverhältnissen.

Falls die geplanten Gebäude unterkellert werden, ist lt. Bodengutachten ein Abstand zwischen den Gebäuden und den Versickerungsanlagen von ≥ 5 m einzuhalten. Nach DWA-A 138 [4] ist zu Gebäuden ein Abstand der 1,5-fachen Kellertiefe einzuhalten.

5.1.2 Regenrückhaltung

Falls eine Umsetzung der Entwässerung über Baum-Rigolen schlussendlich nicht erfolgt, ist eine Regenrückhaltung in Form von Staukanälen erforderlich. Es sind zwei Staukanäle vorgesehen, einer für das Teilgebiet Nord und einer für das Teilgebiet Süd. Das Teilgebiet Nord erfordert einen Staukanal der Dimension DN 1600 (Länge = 150 m), welcher im Wendehammer der Straße Untergath an den vorhandenen Mischwasserkanal DN 300 angeschlossen wird. Der Staukanal des Teilgebiets Süd wird ebenfalls als DN 1600 geplant (Länge = 190 m). Dieser wird an den Ei-Kanal im Bäckerpfad angeschlossen. In **Abbildung 8** ist dies dargestellt.



Abbildung 8: Entwässerung über Staukanäle (Darstellung mit dem städtebaulichen Konzept)

Nach Abschluss der Untersuchungen wurde vom KBK vorgegeben, dass Kanäle an den Regenwasserkanal der Dimension DN 1300 in der Straße Untergath angeschlossen werden sollen. Dafür ist ein neuer Kanal im Stichweg der Untergath zu bauen (zusätzliche Kosten: rd. 67.000 €). Der DN 1300 liegt deutlich tiefer als der Mischwasserkanal DN 300, die Staukanäle können somit tiefer verlegt

werden. Der Staukanal vom Teilgebiet Süd kann auf kurzem Wege direkt an den DN 1300 angeschlossen werden (Schacht 5506).

5.1.3 Kanalisation

Versickerung über Baum-Rigolen

Baum-Rigolen können mit einem Überlauf ins Kanalnetz ausgebildet werden. Dies ist hier aber nicht vorgesehen, daher ist bei der Entwässerung über Versickerung keine Regenwasserkanalisation im Gebiet erforderlich.

Regenrückhaltung durch Staukanäle

Bei der Realisierung der Rückhaltung in Form von Staukanälen sind lediglich zusätzliche Regenwasserkanäle in der Verkehrsfläche in der Mitte des Gebiets erforderlich. Die Dimension DN 300 ist für die anfallenden Regenwassermengen ausreichend.

Bäckerpfad

Der Bäckerpfad soll aufgrund der prognostizierten hohen Verkehrsbelastung nicht über Versickerungsanlagen entwässert werden. Ein Anschluss an die Staukanäle ist weder sinnvoll noch erforderlich. Es ist daher vorgesehen, den noch nicht kanalisierten südlichen Teil des Bäckerpfades zu kanalisieren. Die Fläche ist rd. 0,19 ha groß, die maßgebende Regenspende beträgt $r_{N,D=15\text{min},T=5a} = 171,9$ l/(s·ha). Der neue Kanal muss somit rd. 33 l/s fassen, ein DN 300 ist ausreichend. Dieser wird an den Mischwasserkanal Ei 700/1050 angeschlossen. Der neue Regenwasserkanal kann entweder auf der Höhe des vorhandenen Ei-Kanals oder deutlich höher verlegt werden. Bei einer hohen Verlegung ist ein Absturzbauwerk erforderlich. Dies wird bevorzugt, da der Kanal ansonsten bis zu 5 m tief verlegt werden müsste.

5.2 Schmutzwasser

Es gibt zwei verschiedene Möglichkeiten, das Schmutzwasser des Gebiets an die umliegenden Kanäle anzuschließen.

Variante 1

Es werden zwei Schmutzwasserkanäle in die Teilgebiete Nord und Süd gelegt und auf kürzestem Weg an die vorhandene Mischwasserkanalisation angeschlossen. Für die rechnerisch anfallende Schmutzwassermenge von 3,9 l/s ist ein Kanal der Dimension DN 250 ausreichend. Der Kanal vom Teilgebiet Nord wird an den Mischwasserkanal DN 300 im Wendehammer der Untergath angeschlossen. Der Kanal vom Teilgebiet Süd wird an den Mischwasserkanal Ei 700/1050 im Bäckerpfad angeschlossen. In **Abbildung 9** ist dies als Prinzip Skizze dargestellt.



Abbildung 9: Schmutzwasserkanäle bei Entwässerung über Baum-Rigolen (Darstellung mit dem städtebaulichen Konzept)

Ein Steckbrief der Entwässerung über Baum-Rigolen mit dieser Ableitung des Schmutzwassers ist in **Anlage 2** abgelegt.

Variante 2

Es wird ausschließlich der Mischwasserkanal Ei 700/1050 im Bäckerpfad als Anschlusskanal für das Schmutzwasser gewählt. Bei Anschluss des Staukanals vom Teilgebiet Süd an diesen Ei-Kanal muss der Anschlusspunkt des Schmutzwassers rd. 20 m weiter nördlich sein als der Startschacht, an welchen der Staukanal anschließen wird. Die nachgereichte Stellungnahme des KBK fordert einen Anschluss der Staukanäle an den Regenwasserkanal DN 1300 in der Untergath, dadurch wäre der zusätzliche Schacht für den Anschluss des Schmutzwassers nicht mehr erforderlich, es wird an den aktuellen Startschacht des Ei-Kanals angeschlossen. Da auch das Teilgebiet Nord an den Ei-Kanal im Bäckerpfad angeschlossen wird, ist ein längerer Schmutzwasserkanal erforderlich als bei der Entwässerung über Baum-Rigolen. In **Abbildung 10** ist diese Variante des Anschlusses des Schmutzwasserkanals dargestellt (Unter der Annahme, dass der Staukanal vom Teilgebiet Süd ebenfalls an den Ei-Kanal im Bäckerpfad anschließt).

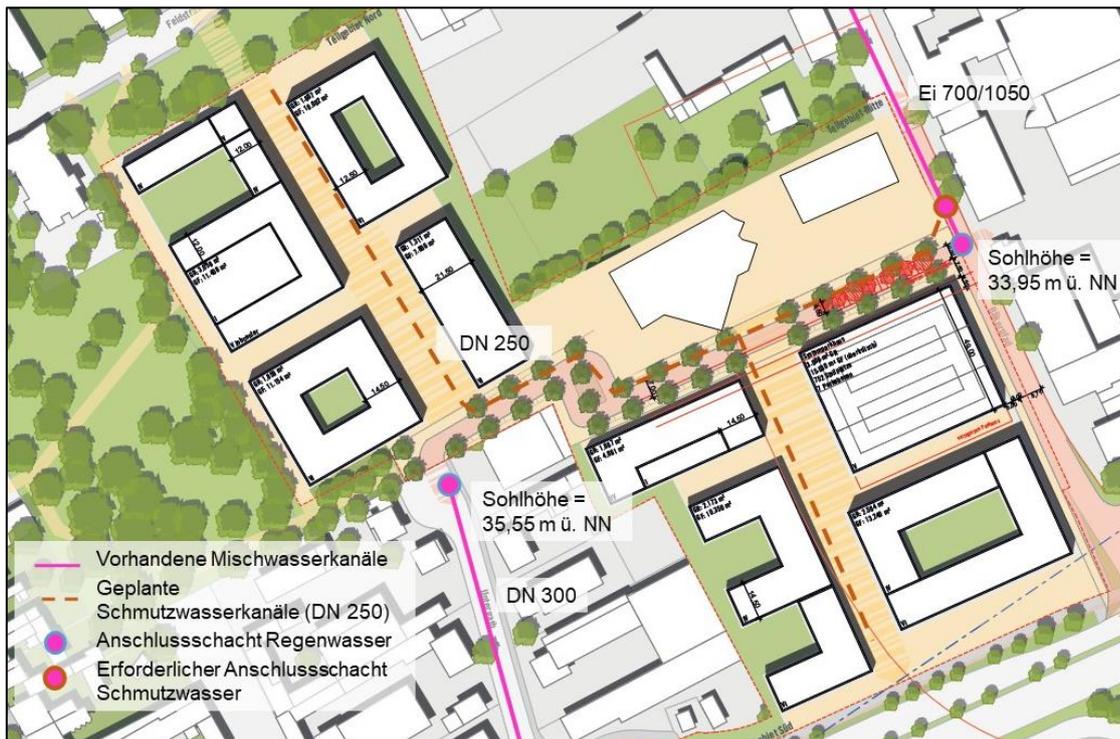


Abbildung 10: Schmutzwasserkanäle bei Entwässerung über Staukanäle (Darstellung mit dem städtebaulichen Konzept)

Ein Steckbrief der Entwässerung über Staukanäle mit dieser Ableitung des Schmutzwassers ist in **Anlage 3** zu finden.

6 Vergleich Wartungsaufwand

Neben den Erschließungskosten ist außerdem der Betrieb der Entwässerungsanlagen relevant. Abhängig von der Form der Entwässerung wird die Wartung unterschiedlich intensiv ausfallen. In **Tabelle 3** ist der Wartungsaufwand für Staukanäle aufgezeigt, **Tabelle 4** zeigt den Wartungsaufwand von Baum-Rigolen.

Tabelle 3: Wartungsaufwand Staukanäle

Anlage	Maßnahme	Intervall
Kanal	Feststellung von Ablagerungen in Regenwasserkanälen	Alle 2 Jahre
	Zustandserfassung der Kanäle	Alle 15 Jahre
Staukanal	Feststellung von Ablagerungen und Verstopfungen in Staukanälen	Nach betrieblich bedeutsamen Niederschlägen, bzw. monatlich
	Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Drosselorgane	Jeden Monat

	Hydraulische Kalibrierung der Drosseleinrichtungen (nur bei geregelten Drosseln)	Alle 5 Jahre
--	----------------------------------------------------------------------------------	--------------

Die jährlichen Wartungskosten betragen rd. 31.000 €/Jahr.

Tabelle 4: Wartungsaufwand Baum-Rigolen

Anlage	Maßnahme	Intervall
Mulde	Mahd der Mulde	Bei Bedarf, mindestens jährlich
	Entfernen von Laub und Störstoffen in den Mulden	Im Herbst und bei Bedarf
	Wiederherstellen der Durchlässigkeit durch Vertikutieren, Schälen oder Bodenaustausch	Bei Bedarf
Speicherraum	Inspektion	Halbjährlich
Rohrrigole	Inspektion der Kontrollschächte der Rohrrigole (ggf. Entfernen von Laub und Ablagerungen)	Halbjährlich
	Inspektion der Rohrstranganfänge der Rohrrigole (ggf. Spülung der Sickerrohre nach Herstellerangaben)	Halbjährlich

Die jährlichen Wartungskosten betragen rd. 6.000 €/Jahr.

Staukanäle müssen häufiger gewartet werden als Baum-Rigolen, da die gesamten Staukanäle nach jedem betrieblich relevanten Niederschlagsereignis kontrolliert werden müssen. Dadurch ergeben sich ebenfalls deutlich höhere Wartungskosten. Eine detaillierte Aufschlüsselung der Wartungskosten findet sich in **Anlage 4**.

7 Kostenrahmen

Es wird der Kostenrahmen nach DIN 276 berechnet. Die Gründächer werden bei jedem Gebäude nur für die Hälfte der Dachflächen geplant. Der Bäkerpfad soll – unabhängig vom gewählten Entwässerungskonzept des Plangebietes – eigenständig über einen Kanal entwässern. Die erforderliche Anzahl der Baum-Rigolen wurden unter Ansatz eines sehr ungünstigen Durchlässigkeitsbeiwertes ermittelt. Die Kosten der Baum-Rigolen können somit noch deutlich geringer ausfallen. Bei den Kosten der Staukanäle sind ebenfalls die Kosten für die Bäume enthalten, um eine Vergleichbarkeit zu garantieren. Eine detaillierte Aufschlüsselung der Kosten ist in **Anlage 5** abgelegt.

Versickerung über Baum-Rigolen		
Maßnahmenbestandteil		Herstellungskosten (netto)
Schmutzwasserkanalisation	Baukosten	126.000 EUR
Baum-Rigolen	Baukosten	513.000 EUR
Kiesrigolen	Baukosten	709.000 EUR
Gründächer	Baukosten	442.000 EUR
Entwässerung Bäckerpfad	Baukosten	40.000 EUR
Zwischensumme der Herstellungskosten		1.830.000 EUR
Baunebenkosten	25 % der Herstellungskosten	458.000 EUR
Zwischensumme, netto		2.288.000 EUR
Mehrwertsteuer	19 %	435.000 EUR
Gesamtprojektkosten, brutto		2.723.000 EUR

Die Gesamtkosten (brutto) betragen 2.723.000 €.

Rückhaltung über Staukanäle		
Maßnahmenbestandteil		Herstellungskosten (netto)
Schmutzwasserkanalisation	Baukosten	194.000 EUR
Regenwasserkanalisation	Baukosten	43.000 EUR
Staukanäle	Baukosten	777.000 EUR
Gründächer	Baukosten	442.000 EUR
Entwässerung Bäckerpfad	Baukosten	40.000 EUR
Zwischensumme der Herstellungskosten		1.496.000 EUR
Baunebenkosten	25 % der Herstellungskosten	374.000 EUR
Zwischensumme, netto		1.870.000 EUR
Mehrwertsteuer	19 %	355.000 EUR
Gesamtprojektkosten, brutto		2.225.000 EUR

Die Gesamtkosten (brutto) betragen 2.225.000 €.

8 Zusammenfassung

In den nächsten Jahren soll eine Fläche in Krefeld schrittweise erschlossen werden. Die Entwässerung soll im Trennverfahren erfolgen.

Zum einen kann das Regenwasser über innovative Verfahren im Gebiet versickert werden. Für die Entwässerung der Oberflächenflächen werden Baum-Rigolen vorgesehen. Die Entwässerung der Gründächer erfolgt über unterirdische Kiesrigolen. Unter Annahme eines ungünstigen Durchlässigkeitsbeiwertes sind 720 m Kiesrigolen und 105 Baum-Rigolen erforderlich, um das gesamte Gebiet zu entwässern. Die Bestandsgebäude, welche in Zukunft ggf. abgerissen und neu gebaut werden, sind in dieser Rechnung bereits enthalten. Die Gesamtkosten (brutto) belaufen sich auf 2.723.000 €.

Zum anderen ist eine klassische Rückhaltung vor Einleitung mittels Staukanälen möglich. Für die Teilgebiete Nord und Süd wird jeweils ein Staukanal der Dimension DN 1600 erforderlich sein. Die Gesamtkosten (brutto) belaufen sich auf 2.225.000 €.

Die nachträglich zur Verfügung gestellten Informationen (Bodengutachten und Stellungnahme des KBK) müssen in der weiteren Planung berücksichtigt werden. Sie stehen der Realisierung aber grundsätzlich nicht im Wege.

Literatur

- [1] *Bund der Ingenieure für Wasserwirtschaft, Abfallwirtschaft und Kulturbau (BWK) e.V.:* Ableitung von immissionsorientierten Anforderungen an Misch- und Niederschlagswassereinleitungen unter Berücksichtigung örtlicher Verhältnisse, November 2007
- [2] *Arbeitsblatt DWA-A 117:* Bemessung von Regenrückhalteräumen, April 2006
- [3] Rd.Erl. d. Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz vom 26.05.2004: Anforderungen an die Niederschlagsentwässerung im Trennverfahren.
- [4] *Arbeitsblatt DWA-A 138:* Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser, April 2005
- [5] *Arbeitsblatt DWA-A 118:* Hydraulische Bemessung und Nachweis von Entwässerungssystemen, März 2006
- [6] Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V., Bonn: FLL-Baumkontrollrichtlinien, „Richtlinien für Regelkontrollen zur Überprüfung der Verkehrssicherheit von Bäumen“, 2010
- [7] Verordnung zur Selbstüberwachung von Abwasseranlagen, Oktober 2013

Anlagen

**Anlage 1:
Bemessung des RRB-Volumens
nach DWA-A 117**

Innovationscampus Krefeld LM II GmbH
Entwässerung des Innovationscampus Krefeld
Bedarfsplanung
Teilgebiet Nord

Bemessung von Rückhalteräumen nach dem vereinfachten Verfahren (DWA-A117, 2013)

AE	2,30 ha
ψ	0,56
AU	1,29 ha
$Q_{E1,zul}$ (BWK-M 3):	10,00 l/s
Überschreitungshäufigkeit:	0,5 /a
Mittlerer Drosselabfluß $Q_{Dr,m}$:	5,00 l/s
Drosselabflussspende $q_{(Dr,R)}$:	4,35 l/(s·ha)
Drosselabflussspende $q_{(Dr,R,u)}$:	3,9 l/(s·ha _u)
f_A :	0,98
f_z :	1,15

Dauerstufe [min]	Niederschlagshöhe hn für n [mm]	Regenspende r [l/(s·ha)]	$r \cdot Q_{Dr,R,u}$ [l/(s·ha)]	spez. Speichervolumen V _{su} [m³/ha]
5	6,6	219,5	215,62	72,90
10	9,9	165,5	161,62	109,29
15	12,1	134,8	130,92	132,79
20	13,7	114,2	110,32	149,19
30	15,9	88,2	84,32	171,05
45	17,9	66,2	62,32	189,63
60	19,2	53,4	49,52	200,90
90	20,9	38,7	34,82	211,90
120	22,2	30,8	26,92	218,42
180	24,1	22,3	18,42	224,18
240	25,6	17,8	13,92	225,87
360	27,9	12,9	9,02	219,53
540	30,3	9,4	5,52	201,49
720	32,2	7,5	3,62	176,15
1080	35,1	5,4	1,52	110,86
Maximalwert				225,87
$V = V_{s,u} \cdot A_u =$		290,92	m³	

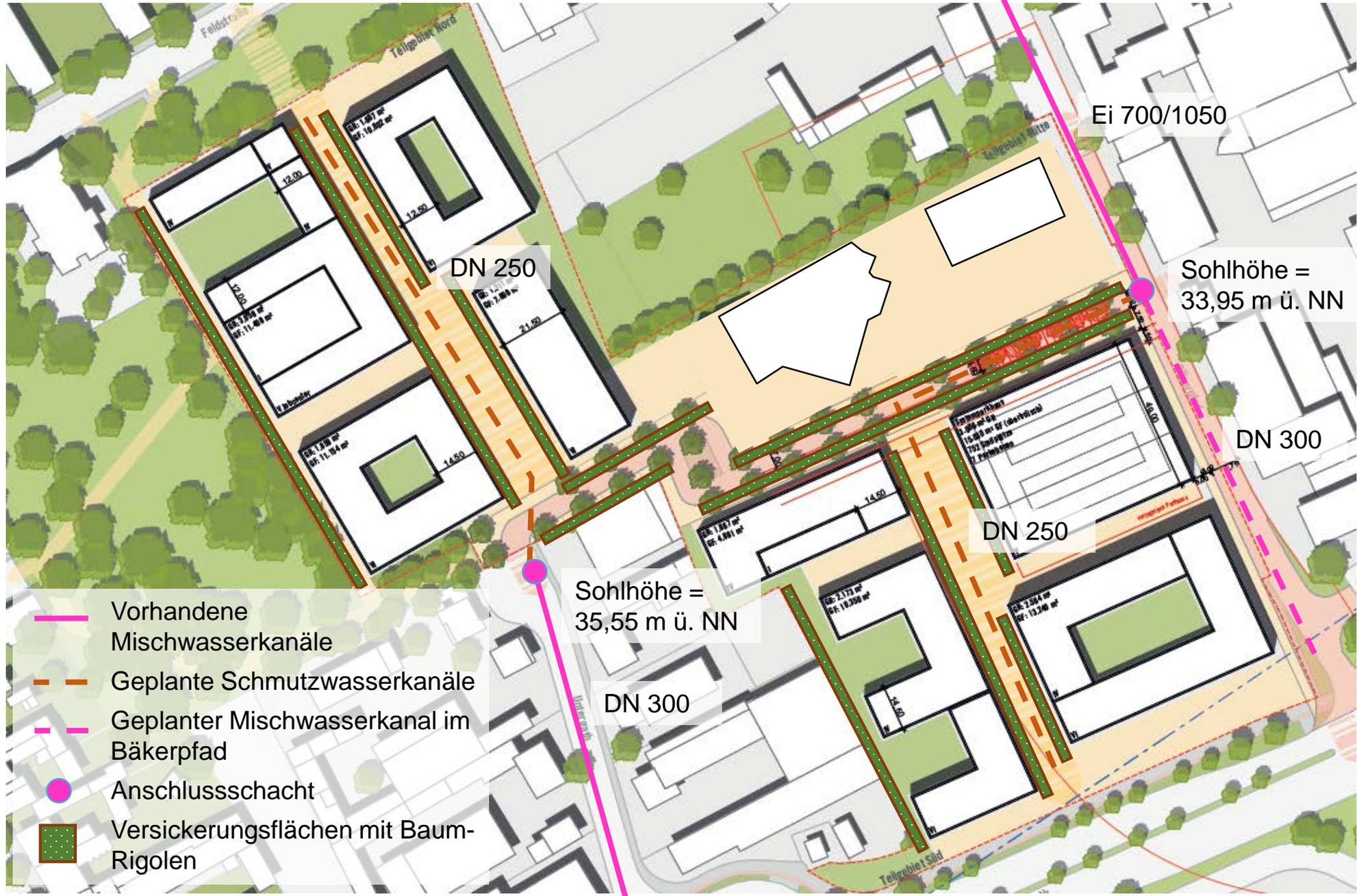
Innovationscampus Krefeld LM II GmbH
Entwässerung des Innovationscampus Krefeld
Bedarfsplanung
Teilgebiet Süd

Bemessung von Rückhalteräumen nach dem vereinfachten Verfahren (DWA-A117, 2013)

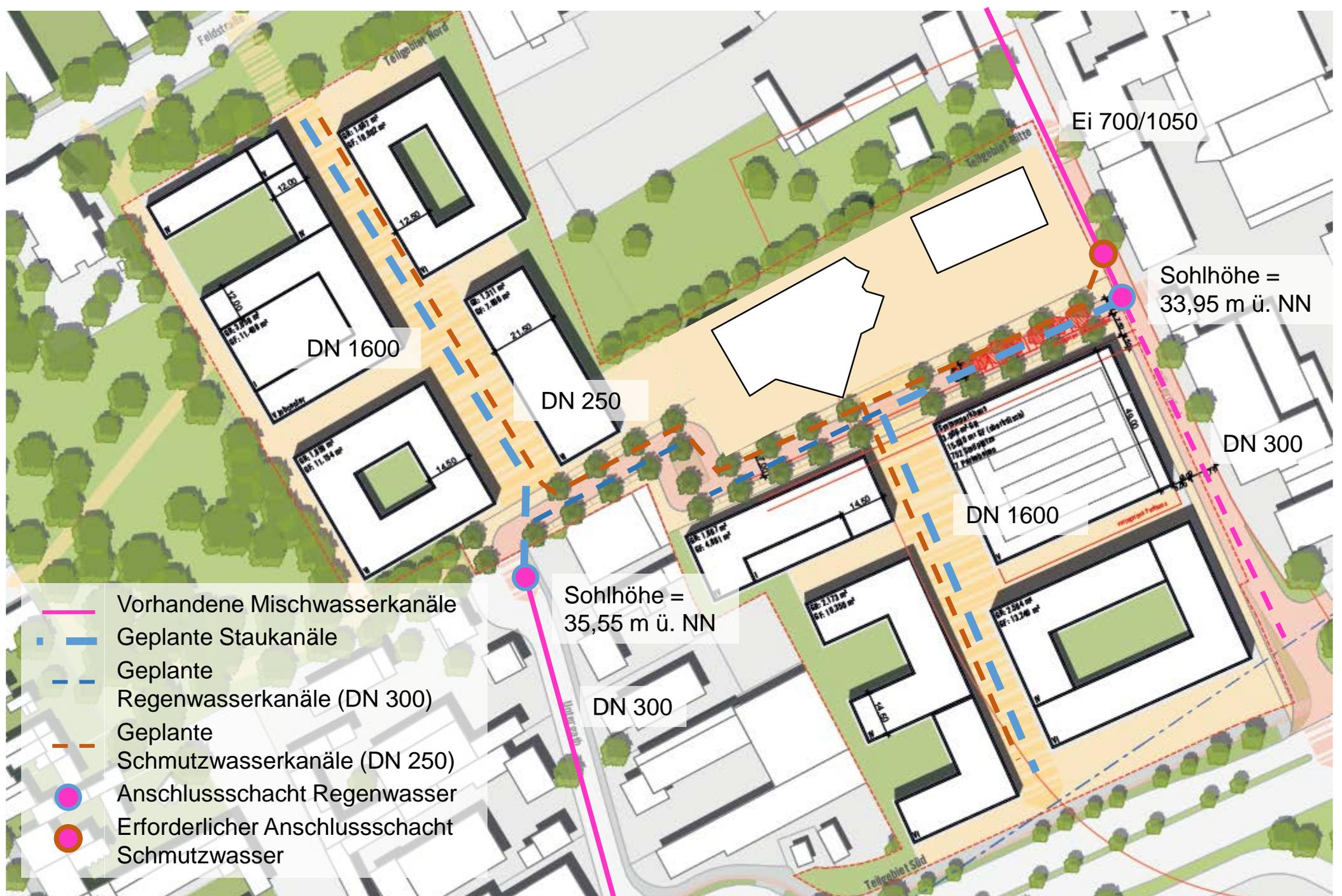
AE	2,61 ha
ψ	0,56
AU	1,46 ha
$Q_{E1,zul}$ (BWK-M 3):	10,00 l/s
Überschreitungshäufigkeit:	0,5 /a
Mittlerer Drosselabfluß $Q_{Dr,m}$:	5,00 l/s
Drosselabflussspende $q_{(Dr,R)}$:	3,83 l/(s·ha)
Drosselabflussspende $q_{(Dr,R,u)}$:	3,4 l/(s·ha _u)
f_A :	0,98
f_z :	1,15

Dauerstufe [min]	Niederschlagshöhe hn für n [mm]	Regenspende r [l/(s·ha)]	$r \cdot Q_{Dr,R,u}$ [l/(s·ha)]	spez. Speichervolumen V _{su} [m³/ha]
5	6,6	219,5	216,08	73,06
10	9,9	165,5	162,08	109,60
15	12,1	134,8	131,38	133,26
20	13,7	114,2	110,78	149,82
30	15,9	88,2	84,78	171,98
45	17,9	66,2	62,78	191,03
60	19,2	53,4	49,98	202,78
90	20,9	38,7	35,28	214,70
120	22,2	30,8	27,38	222,16
180	24,1	22,3	18,88	229,79
240	25,6	17,8	14,38	233,36
360	27,9	12,9	9,48	230,75
540	30,3	9,4	5,98	218,33
720	32,2	7,5	4,08	198,60
1080	35,1	5,4	1,98	144,53
Maximalwert				233,36
$V = V_{s,u} \cdot A_u =$		341,07	m³	

**Anlage 2:
Steckbrief Entwässerung über
Baum-Rigolen**



**Anlage 3:
Steckbrief Entwässerung über
Staukanäle**



- Vorhandene Mischwasserkanäle
- - - Geplante Staukanäle
- - - Geplante Regenwasserkanäle (DN 300)
- - - Geplante Schmutzwasserkanäle (DN 250)
- Anschlussschacht Regenwasser
- Erforderlicher Anschlussschacht Schmutzwasser

Sohlhöhe =
33,95 m ü. NN

Sohlhöhe =
35,55 m ü. NN

DN 1600

DN 250

DN 300

DN 1600

DN 300

**Anlage 4:
Wartungskosten**

Krefeld ITC
Entwässerung Innovationscampus
Kostenrahmen nach DIN 276

Wartung - Baum-Rigolen

Anlage	Maßnahme	Anzahl pro Jahr	Dauer [h]	Stundenlohn (*)	Gesamtkosten/Jahr
Mulde	Mahd der Mulde	1	8	50,00 €	400,00 €
	Entfernen von Laub und Störstoffen in den Mulden	1	1,5	50,00 €	75,00 €
	Wiederherstellen der Durchlässigkeit durch Vertikutieren, Schälen oder Bodenaustausch	0,2	16	50,00 €	160,00 €
Speicherraum	Inspektion Speicherraum	2	5	50,00 €	500,00 €
Rohrigole	optische Inspektion der Kontrollschächte der Rohrigole (ggf. Entfernen von Laub und Ablagerungen)	2	4	200,00 €	1.600,00 €
	Inspektion der Rohrstranganfänge der Rohrigole (ggf. Spülung der Sickerrohre nach Herstellerangaben)	2	8	200,00 €	3.200,00 €
Herstellungskosten, netto					5.935,00 €

Wartung - Staukanäle

Anlage	Maßnahme	Anzahl pro Jahr	Dauer [h]	Stundenlohn (*)	Gesamtkosten/Jahr
Staukanal	Feststellung von Ablagerungen und Verstopfungen in Staukanälen	18	4	300,00 €	21.600,00 €
	Überprüfung der Funktionsfähigkeit der Drosselorgane	12	2	300,00 €	7.200,00 €
Kanal	Feststellung von Ablagerungen in Regenwasserkanälen	0,5	2	300,00 €	300,00 €
	Zustandserfassung der Kanäle	0,07	8	300,00 €	168,00 €
	Auswertung der Zustandserfassung	pauschal			
Herstellungskosten, netto					30.868,00 €

(*) Stundenlohn für ein Wartungsteam bestehend aus 1-3 Personen (und einem Spül-/Kamerafahrzeug)

Anlage 5: Kostenrahmen

