

**DATA Block III GmbH
Hohenzollerndamm 151
14199 Berlin**

Entwässerungskonzept für das B-Plan-Gebiet „Gewerbegebiet an der Altlandsberger Chaussee“ in 15366 Neuenhagen bei Berlin

Aufgestellt:

Hoppegarten, 24.02.2023

Bearbeitung: Dr. Ing. Harald Sommer

M.Sc. Livius Hausner

Dipl.-Ing. Andrea Koch

Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH

Rennbahnallee 109A, D-15366 Hoppegarten

Tel. +49 3342 3595 - 0

Fax. +49 3342 3595 - 29

E-Mail: info@sieker.de

Internet: www.sieker.de



Sieker

Die Regenwasserexperten
The Stormwater Experts



Inhaltsverzeichnis

1	Veranlassung	4
2	Datengrundlagen	5
3	Rahmenbedingungen	6
3.1	Lage des Entwässerungsgebietes.....	6
3.2	Topografie.....	6
3.3	Geologie und Baugrund	6
3.4	Altlasten.....	8
3.5	Hydrogeologie	8
3.6	Bestandsituation.....	8
3.7	Einleitbedingungen und Abfluss in das öffentliche Kanalnetz.....	8
3.8	Gesetzliche und planerische Grundlagen für die Regenwasser-bewirtschaftung.....	9
4	Angaben zum Bebauungsplan.....	10
4.1	Geplante Nutzung, Flächengrößen und Versiegelung.....	10
4.2	Festgelegte Maßnahmen mit Bezug zur Regenwasserbewirtschaftung	10
5	Regenwasserbewirtschaftungskonzept	12
5.1	Hintergrund.....	12
5.2	Das Schwammstadt-Prinzip und die Kaskade der Regenwasserbewirtschaftung	13
5.3	Bebauungsplan Gewerbegebiet an der Altlandsberger Chaussee – Annahmen für die Bearbeitung	14
5.4	Verwendete Regenwasserbewirtschaftungselemente	15
5.4.1	Gründachsysteme (Blaugrünes Dach).....	15
5.4.2	Fassadenbegrünung	16
5.4.3	Mulden	17
5.4.4	Rigolen.....	18
5.4.5	Mulden-Rigolen-System.....	19
5.4.6	Tiefbeet-Rigolen	20
5.4.7	Baum-Rigolen.....	21
5.4.8	Constructed Wetlands	22
5.4.9	Vorreinigung durch Filterschächte oder Reinigungsrinnen	23
5.5	Entwässerungskonzept des Plangebiets.....	24
5.5.1	Erläuterungen zum Entwässerungskonzept	26



6	Hydrologische Berechnung mit STORM.....	28
6.1	Grundlagen Auslegung Entwässerung (Regenwasser).....	28
6.2	Berechnungsgrundlagen und Modell.....	29
6.3	Starkregenbetrachtung/Überflutungsfall (T = 100 a).....	29
6.4	Ergebnisse.....	30
6.4.1	Ergebnisse der Berechnungen.....	30
6.4.2	Wasserbilanz	31
7	Zusammenfassung	33
8	Hinweise/Anmerkungen	34
9	Anhang	35
Anlage 1	Pläne	35
Anlage 1.1	Flächenanteile, Annahmen und Konzept für die Regenwasserbewirtschaftung, Maßstab 1 : 2.500, 24.02.2023 (Quelle: Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH)	35

1 Veranlassung

Die TOPOS Stadtplanung Landschaftsplanung Stadtforschung wurde von der Gemeinde Neuenhagen für die Erstellung des Bebauungsplans „Gewerbegebiet an der Altlandsberger Chaussee“ beauftragt. Das Planungsgebiet erstreckt sich über eine Fläche von ca. 40 ha. Davon sind ca. 20 ha für eine bauliche Nutzung vorgesehen. Das Bebauungsplangebiet ist in Abbildung 1 dargestellt. Grundsätzlich ist in Brandenburg eine dezentrale, naturnahe Niederschlagsentwässerung gefordert, die sich durch eine möglichst geringe Veränderung des örtlichen Wasserhaushalts auszeichnet. Eine Einleitung von Regenwasser in den Vorfluter ist nur dann zulässig, wenn dies nicht vermeidbar ist.

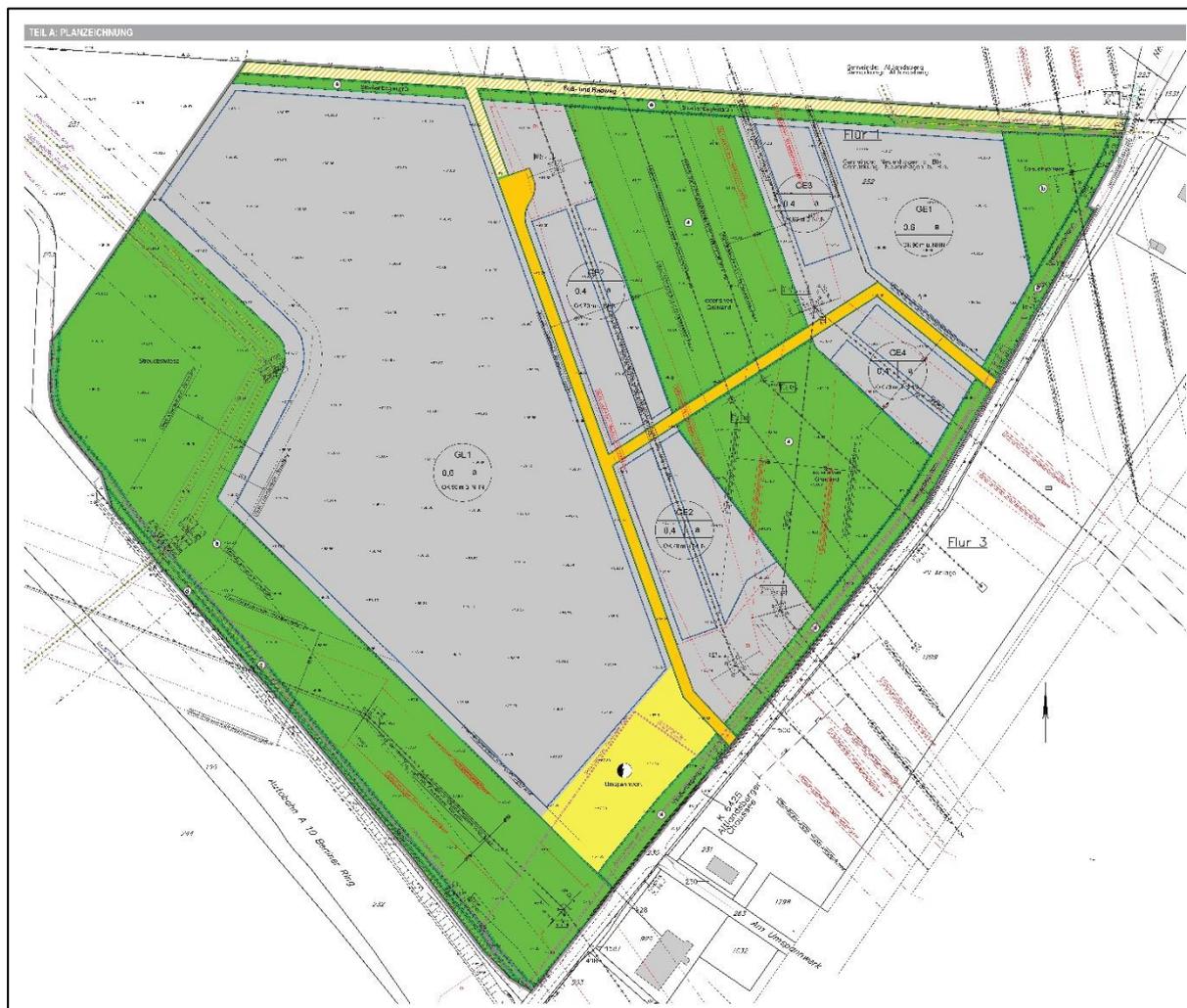


Abbildung 1: Planzeichnung des Bebauungsplans „Gewerbegebiet an der Altlandsberger Chaussee“
[Quelle: Vorentwurf 15.08.2022, TOPOS Stadtplanung Landschaftsplanung Stadtforschung]

Die Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH (IPS) wurde von der DATA Block III GmbH beauftragt, ein Entwässerungskonzept für das B-Plan-Gebiet zu erstellen.



2 Datengrundlagen

Folgende Datengrundlagen wurden für die Erstellung des Entwässerungskonzepts genutzt:

- [1] Bebauungsplan „Gewerbegebiet an der Altlandsberger Chaussee“ in Neuenhagen bei Berlin, Vorentwurf: 15.08.2022 (Quelle: TOPOS Stadtplanung Landschaftsplanung Stadtforschung)
- [2] Begründung zum Bebauungsplan „Gewerbegebiet an der Altlandsberger Chaussee“ in Neuenhagen bei Berlin, Vorentwurf: 15.08.2022 (Quelle: TOPOS Stadtplanung Landschaftsplanung Stadtforschung)
- [3] Vermessungsplan des Plangebietes, 28.04.2022 (Quelle: Vermessungsbüro Dipl.-Ing. Joachim Robert)
- [4] Geotechnischer Bericht 248/09/22 zum Bauvorhaben Neuenhagen b. Berlin, Altlandsberger Straße, Flur 1, FS 252, Neubau Rechenzentrum, 28.09.2022 (Quelle: Dipl. Geologe Andrea Rott)

3 Rahmenbedingungen

3.1 Lage des Entwässerungsgebietes

Das Planungsgebiet befindet sich im Norden der Gemeinde Neuenhagen bei Berlin direkt westlich der Altlandsberger Chaussee, im Westen und Süden begrenzt durch die Bundesautobahn A10, im Norden begrenzt durch die Gemeindegrenze zu Altlandsberg. Das gesamte Planungsgebiet besitzt eine Fläche von ca. 40 ha und wurde bisher ackerbaulich genutzt.

3.2 Topografie

Die Geländehöhen des Planungsgebietes weisen ein Nord-Süd-Gefälle auf. Sie reichen von ca. 62 m NHN im Norden bis ca. 57 m NHN im Süden (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Geländehöhen im Bereich des Planungsgebietes [Quelle: DGM 1 Stand 2014, LGB]

3.3 Geologie und Baugrund

Das Untersuchungsgebiet liegt im Bereich der Ostbrandenburgischen Platte, speziell im Bereich der Barnim-Hochfläche (-platte). Entsprechend dem geotechnischen Bericht [4] ist das Baugebiet durch Sedimente des Quartärs gekennzeichnet, wobei es sich überwiegend um Sande und Geschiebelehm der Weichselkaltzeit handelt. Im Rahmen der Baugrunduntersuchung wurden acht Rammkernsondierungen (RKS 1/22 – RKS 8/22) mit Endtiefen von 7 m bis 8 m abgeteuft (siehe Abbildung 3). Die Geländedeckschicht bildet eine 0,40 m bis 0,50 m mächtige Lage Oberboden. Darunter folgt eine Wechsellagerung aus nichtbindigen (SE, SU) und schwach bindigen (SU*) Sanden und Geschiebelehm (SU*+ST, ST*), dessen Anteil deutlich überwiegt. Die genaue Abfolge der einzelnen Schichten in den jeweiligen Aufschlüssen können den Anlagen des geotechnischen Berichtes entnommen werden [4].

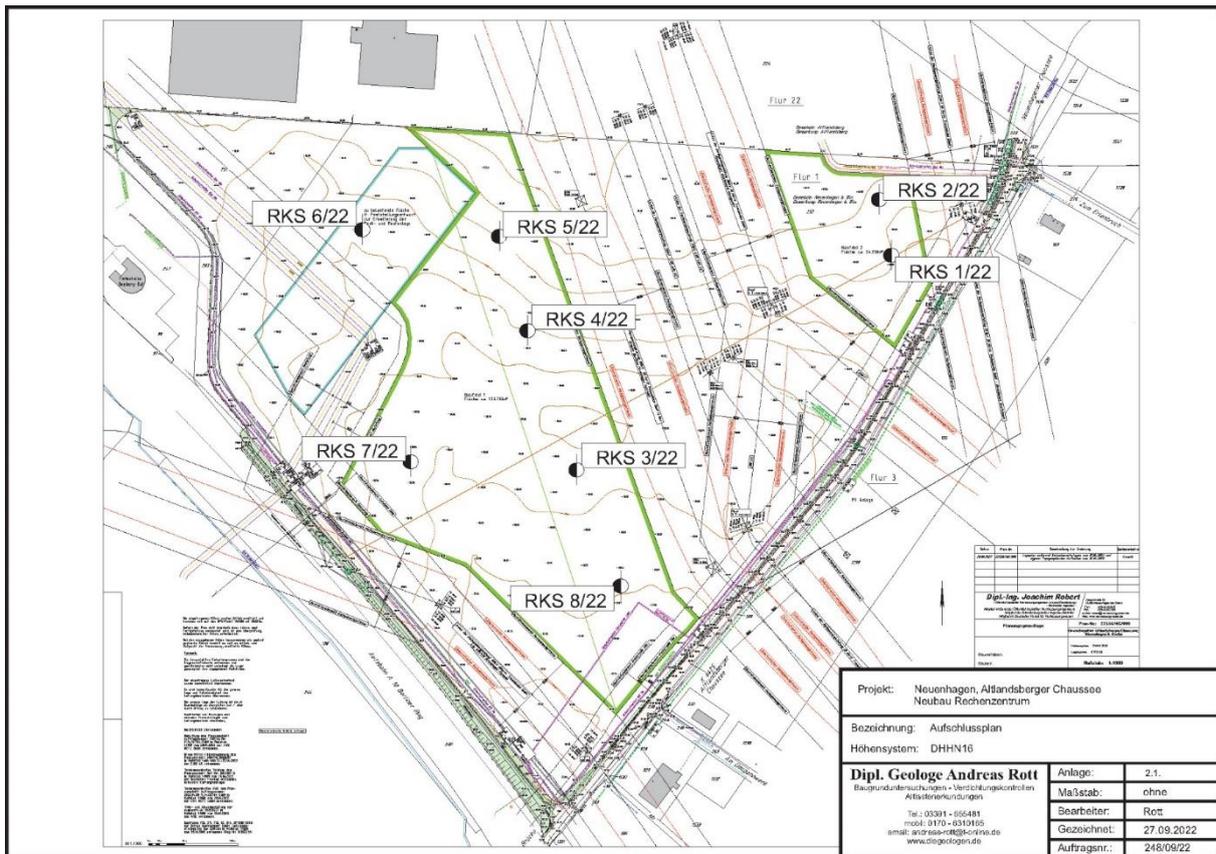


Abbildung 3: Aufschlussplan der Rammkernsondierungen [4]

Den Rammkernsondier-Aufschlüssen wurden in unterschiedlichen Tiefen Bodenproben entnommen und einer Kornverteilungsanalyse unterzogen. Die mathematisch ermittelten k_f -Werte liegen zwischen $9,8 \cdot 10^{-5}$ m/s und $2,3 \cdot 10^{-7}$ m/s (siehe Tabelle 1) [4].

Tabelle 1: Durchlässigkeitsbeiwerte (k_f) aus Auswertung der Kornverteilungskurven [4]

Sondierung	Tiefe [m]	k_f -Wert [m/s]	Bodengruppe nach DIN 18196
RKS 1/22	0,40 - 0,80	$4,4 \times 10^{-5}$	SU
RKS 2/22	1,00 - 2,00	$2,3 \times 10^{-7}$	SU*+ST
RKS 3/22	0,80 - 2,00	$4,5 \times 10^{-7}$	SU*+ST
RKS 4/22	0,50 - 1,10	$9,8 \times 10^{-5}$	SE
RKS 5/22	3,20 - 5,00	$1,1 \times 10^{-6}$	SU*
RKS 6/22	0,80 - 2,00	$2,3 \times 10^{-7}$	SU*
RKS 7/22	4,90 - 5,80	$8,1 \times 10^{-6}$	SU
RKS 8/22	3,50 - 4,60	$1,1 \times 10^{-6}$	SU*
SE	enggestufte Sande		
SU	Sand-Schluff-Gemische (5 bis 15% $\leq 0,06$ mm)		
SU*	Sand-Schluff-Gemische (15 bis 40% $\leq 0,06$ mm)		
SU*+ST	Sand-Schluff-Gemische (15 bis 40% $\leq 0,06$ mm) + Sand-Ton-Gemische (5 bis 15% $\leq 0,06$ mm)		
ST*	Sand-Ton-Gemische (15 bis 40% $\leq 0,06$ mm)		



Gemäß dem geotechnischen Bericht ist eine reine Versickerung von Niederschlagswasser nur stark eingeschränkt oberflächennah möglich. Vorgeschlagen wird der Einsatz einer Kombination aus Rückhaltung (Rückhaltebecken) und Sickerteich (-becken) und Nutzung des gesammelten Niederschlagswassers zur Bewässerung von Grünflächen/Farming, oder zur Löschwassergewinnung. Der Nachweis der Versickerungsfähigkeit im Bereich geplanter Versickerungsanlagen wird empfohlen [4].

3.4 Altlasten

Laut „Begründung zum Bebauungsplan“ sind im Geltungsbereich des B-Plan-Gebietes keine Altlasten oder Altlastverdachtsflächen bekannt [2].

3.5 Hydrogeologie

Bei den im Rahmen der Baugrunduntersuchung bis zu 8 m tiefen Rammkernsondierungen wurde der Grundwasserspiegel nicht angeschnitten. Laut hydrogeologischer Karte liegt der Grundwasserspiegel im Planungsgebiet zwischen + 48 m NHN und + 50 m NHN. Bezogen auf das Gelände entspricht das einem Grundwasserflurabstand von 10 m - 12 m. Der Grundwasserleiter ist bedeckt und voraussichtlich gespannt. Der zu erwartende höchste Grundwasserstand (zeHGW) kann mit ≥ 8 m angesetzt werden [4].

Auf der Geländeoberfläche und über den geringer durchlässigen Schichten muss bei starken und/oder langanhaltenden Regenfällen sowie zur Schneeschmelze mit Stauwasserbildung gerechnet werden. Im Geschiebelehm können sandige und Wasserführende Schichten vorkommen [4]

Gemäß der Karte – Wasserschutzgebiete im Land Brandenburg liegt das Bebauungsplangebiet in keinem Wasserschutzgebiet [4].

3.6 Bestandsituation

Die Fläche des räumlichen Geltungsbereiches des B-Plans wird im Flächennutzungsplan (FNP) der Gemeinde Neuenhagen bei Berlin als Fläche für Landwirtschaft dargestellt. Zukünftig soll diese Fläche als Gewerbefläche ausgewiesen werden. Die Änderung des FNPs erfolgt in einem Parallelverfahren [2].

3.7 Einleitbedingungen und Abfluss in das öffentliche Kanalnetz

Eine Einleitung in den öffentlichen Regenwasserkanal ist nicht vorgesehen. Eine ortsnahe, dezentrale Regenwasserbewirtschaftung ist zu bevorzugen.

Kann in einem Baugebiet das anfallende Niederschlagswasser nicht vollständig versickert werden, ist gemäß der Fachinformation „Regenwasserbewirtschaftung in Neubaugebieten“ des Ministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz des Landes Brandenburg (MUGV, 2011) zu prüfen, ob die Restabflüsse einem nächstgelegenen Oberflächengewässer zugeführt werden können. Maßgebend sind dabei gemäß der Arbeits- und Merkblattreihe DWA-A/M 102 „Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer“ emissions- und immissionsbezogene Bewertungen und Regelungen sowie die Betrachtung der Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers, um die Abweichungen des lokalen Wasserhaushalts in Siedlungsgebieten vom Wasserhaushalt der zugehörigen un bebauten Kulturlandschaft gering zu halten. Der Gebietsabfluss soll demzufolge mit geeigneten Maßnahmen zur Niederschlagswasserbewirtschaftung dem ehemals gegebenen Oberflächenabfluss angeglichen werden. Hier wird ein



natürlicher und demnach maximal zulässiger Gebietsabfluss von 2,0 l/(s*ha) angesetzt, der bereits in verschiedenen Regenwasserbewirtschaftungskonzepten für die Gemeinde Neuenhagen mit der Unteren Wasserbehörde abgestimmt wurde und dem entsprechend in Bebauungsplänen sowie genehmigten Einleiterlaubnissen für verschiedene Baugebiete der Gemeinde Neuenhagen bereits festgelegt wurde.

3.8 Gesetzliche und planerische Grundlagen für die Regenwasserbewirtschaftung

Gemäß § 54 Abs. 3 und 4 des Brandenburgischen Wassergesetzes (BbgWG) soll das auf dem Grundstück anfallende Niederschlagswasser dort verbleiben:

„(3) Die Versiegelung des Bodens oder andere Beeinträchtigungen der Versickerung zur Grundwasserneubildung dürfen nur soweit erfolgen, wie dies unvermeidbar ist. [...] (4) Soweit eine Verunreinigung des Grundwassers nicht zu besorgen ist und sonstige Belange nicht entgegenstehen, ist Niederschlagswasser zu versickern [...].“

Des Weiteren besteht laut § 66 BdgWG (Umsetzung des § 18a WHG) eine Pflicht zur Abwasserbeseitigung. Diese wird im Absatz 2 folgendermaßen spezifiziert:

„Anstelle der Gemeinden sind zur Beseitigung von Niederschlagswasser verpflichtet: 1. die Grundstückseigentümer, Erbbauberechtigten oder Nutzer der Grundstücke nach § 9 des Sachenrechtsbereinigungsgesetzes, soweit die Satzung der Gemeinde nach § 54 Abs. 4 dies vorsieht, 2. die Träger von öffentlichen Verkehrsanlagen, soweit das Niederschlagswasser außerhalb im Zusammenhang bebauter Ortsteile anfällt.“

Maßgeblich für die technische Ausführung der Regenwasserbewirtschaftung sind die technischen Richtlinien DWA-A 117 (Bemessung von Regenrückhalteräumen), DWA-A 138 (Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser), DWA-A/M 102 (Grundsätze zur Bewirtschaftung und Behandlung von Regenwetterabflüssen zur Einleitung in Oberflächengewässer) sowie DIN 1986-100 (Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke). Diese Richtlinien wurden bei der Erstellung des Entwässerungskonzepts zugrunde gelegt.



4 Angaben zum Bebauungsplan

4.1 Geplante Nutzung, Flächengrößen und Versiegelung

Bei dem Bebauungsplan „Gewerbegebiet an der Altlandsberger Chaussee“ handelt es sich um einen Angebots-Bebauungsplan, welcher die überbaubaren Grundstücksflächen in den Gewerbegebieten durch Baugrenzen und maximal zulässiger GRZ regelt. Konkrete Baukörper und Gebäudestellungen für die Gewerbegebiete des Bebauungsplans gibt es noch nicht. Diese können erst in den jeweiligen Genehmigungsverfahren verbindlich dargestellt werden.

Die Gesamtfläche des B-Plangebietes beträgt gemäß den Festsetzungen zum Stand des Vorentwurfs 40,18 ha. Sie beinhaltet neben Flächen für vier Gewerbegebiete auch Verkehrsflächen, verschiedene Grünflächen sowie eine Fläche für ein Umspannwerk (siehe Abbildung 1 und Tabelle 2).

Tabelle 2: Flächenbilanz des Bebauungsplans

Geplante Nutzung	Flächen- größe [m ²]	GRZ	bebaubare Fläche gemäß GRZ [m ²]	Bei max. Überschreitung der GRZ (bis 0,6/0,8) für Neben- anlagen, Zuwegungen etc. max. versiegelbare Fläche [m ²]	Unversiegelte Freiflächen [m ²]
gesamte GE-Fläche	220.410		121.170	165.240	55.170
GE1 west	142.180	0,60	85.310	113.740	28.440
GE1 ost	22.790	0,60	13.680	18.230	4.560
GE2 süd	17.480	0,40	6.990	10.490	6.990
GE2 nord	19.650	0,40	7.860	11.790	7.860
GE3	9.900	0,40	3.960	5.940	3.960
GE4	8.410	0,40	3.370	5.050	3.360
Versorgungsfläche (Umspannwerk)	9.860	/	/	k. A.	k. A.
Straßenverkehrsfläche	8.750	/	/	k. A.	k. A.
Verkehrsflächen mit Zweckbe- stimmung Fuß- u. Radverkehr	7.430	/	/	k. A.	k. A.
Streuobst	81.330	/	/	0	81.330
extensives Grünland	53.710	/	/	0	53.710
Straßenbegleitgrün	20.310	/	/	0	20.310
SUMME	401.800				

4.2 Festgelegte Maßnahmen mit Bezug zur Regenwasserbewirtschaftung

Der Vorentwurf des Bebauungsplans enthält folgende Maßnahmen mit Bezug zur Regenwasserbewirtschaftung, die im Rahmen des Entwässerungskonzeptes zu berücksichtigen sind:

- Implementierung von umfassender Dach- und Fassadenbegrünung zur Einbindung der Neubauten in das Umfeld.
- Nutzung erneuerbarer Energien (Gründach mit Photovoltaik möglich).
- Zufahrten und Wege werden, wo es möglich ist, nicht vollversiegelt, sondern teilversiegelt
- Versickern des anfallenden Regenwassers mittels Retentionsflächen zur Förderung der Grundwasserneubildung.



-
- Umwandlung der unversiegelten Bereiche (Intensivacker) in extensives Grünland, Gehölzpflanzungen, Anlage von Streuobstwiesen.
 - Neuanlage von Grünflächen mit Baum- und Strauchpflanzungen gemäß Festsetzungen des Bebauungsplans. Beseitigung von Störungen des Landschaftsbildes (Sicherheitszaun) oder Minderung von deren Wahrnehmbarkeit u.a. durch Gehölzpflanzungen.

5 Regenwasserbewirtschaftungskonzept

5.1 Hintergrund

Die Versiegelung von Oberflächen hat negative Auswirkungen auf den natürlichen Wasserkreislauf. Der oberirdische Abfluss wird stark erhöht und führt zu einer Verminderung von Grundwasserneubildung und Verdunstung. Weiterhin werden Gewässer durch direkte Regenwassereinleitungen erheblich belastet. Vor diesem Hintergrund und in Anbetracht der Folgen des stattfindenden Klimawandels, wie z.B. der Verschärfung des Hitzeinseleffekts und die Zunahme von Starkregenereignissen, werden Maßnahmen der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung empfohlen, um diesen negativen Folgen entgegenzuwirken.

Natürliche Wasserbilanz als Planungsziel

Die Anforderungen an den Umgang mit Regenwasser sind heute sehr vielfältig. Früher stand vorrangig der Entwässerungskomfort als Planungsziel im Mittelpunkt, heute sind Vorgaben des Gewässerschutzes, eine Vermeidung der Hochwasserverschärfung und der Erhalt des natürlichen Wasserhaushaltes als gleichrangige Planungsziele zu berücksichtigen und zu prüfen. Teilweise sind auch weitere Planungsziele, wie z.B. Anpassung an den Klimawandel durch Maßnahmen zur Verdunstung oder die Einbindung von dezentralen Maßnahmen in die Freiraumplanung zu berücksichtigen.

Das technische Regelwerk zur Einleitung von Misch- und Niederschlagswasser aus Siedlungsgebieten („Regenwetterabflüsse“) in Oberflächengewässer wurde fortgeschrieben. Ergebnis der Bearbeitung ist die neue Arbeits- und Merkblattreihe DWA-A/M 102 (BWK-A/M 3). Teil 4 beinhaltet die „Wasserhaushaltsbilanz für die Bewirtschaftung des Niederschlagswassers“ als Planungsgröße. Die natürliche Wasserbilanz gemäß des Hydrologischen Atlas Deutschland (HAD) für das Bebauungsplangebiet zeigt Abbildung 4.

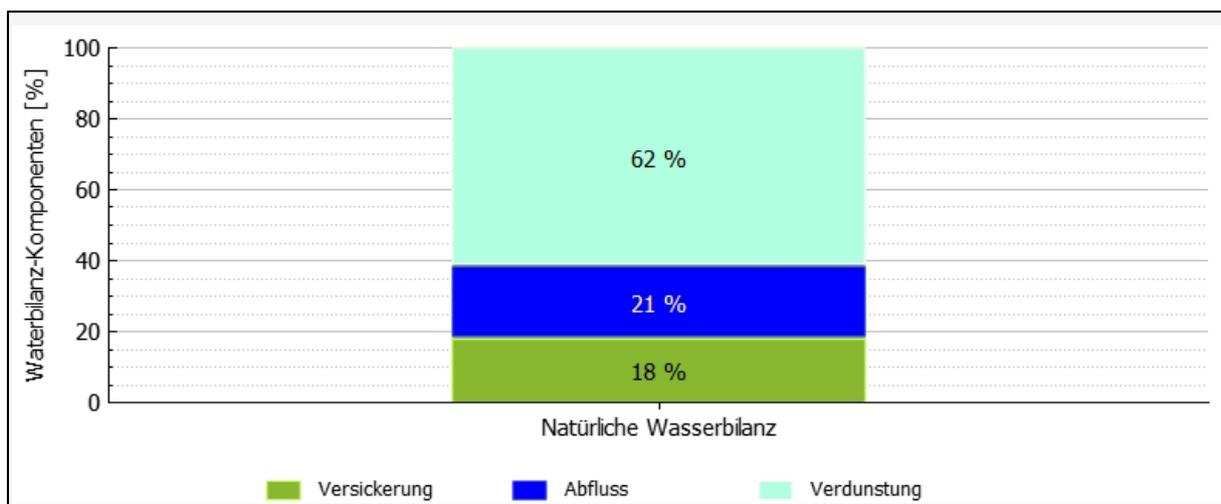


Abbildung 4: Natürliche Wasserbilanz des Bebauungsplangebietes [Quelle: HAD, Bundesanstalt für Gewässerkunde]



5.2 Das Schwammstadt-Prinzip und die Kaskade der Regenwasserbewirtschaftung

Das Ziel des Schwammstadt-Prinzips ist, das Niederschlagswasser dort zwischen zu speichern, wo es anfällt, anstatt es lediglich zu kanalisieren und abzuleiten. Ein Großteil kann über "grüne Elemente" wie Gründächer, Retentionsdächer, Mulden, Baum-Rigolen und Fassadenbegrünung zurückgehalten, verdunstet und vor Ort versickert werden, was wiederum den Abfluss der Gebiete stark reduziert.

Die Kaskade der Regenwasserbewirtschaftung ermöglicht es anfallende Niederschlagswasserabflüsse stark zu verzögern, auf die Einleitung von Regenwasser in die Kanalisation je nach Ausgangsbedingungen des Untersuchungsgebietes teilweise zu verzichten und abflusslose Siedlungsgebiete nach dem Prinzip der Schwammstadt zu planen. Ziel dabei ist, das Regenwasser möglichst lange im Gebiet zu halten, um es für die Bewässerung und Verdunstung zu nutzen und überschüssiges Wasser zu versickern. Die Vegetation wird so auch in trockenen Phasen länger mit gespeichertem Niederschlagswasser versorgt und bei Starkregenereignissen kommt es seltener zu Überflutungen. Durch die Kombination von verschiedenen Speicherelementen wird eine Flächensparnis generiert, da Flächen multicodiert (Mehrfachnutzung) werden können.

Auf der Gebäudeebene funktioniert die Kaskade folgendermaßen: das Regenwasser wird auf blaugrünen Dächern zurückgehalten, in Teilen verdunstet und überschüssiges Regenwasser wird gedrosselt in die nächste Stufe der Kaskade weitergeleitet. In den Freiflächen kann das weitergeleitete Regenwasser in diversen Systemen zwischengespeichert werden, um es für die Vegetation verfügbar zu machen. Über die Vegetation und das Substrat bzw. den Boden wird Regenwasser verdunstet, überschüssiges Regenwasser wird beispielsweise über Baum-Rigolen versickert (siehe Abbildung 5). Durch die blaugrünen Dächer am Anfang werden am Ende der Kaskade Flächen eingespart. Je mehr Speicherelemente und bepflanzte Flächen die Kaskade hat, desto mehr kann auch zurückgehalten und verdunstet werden.

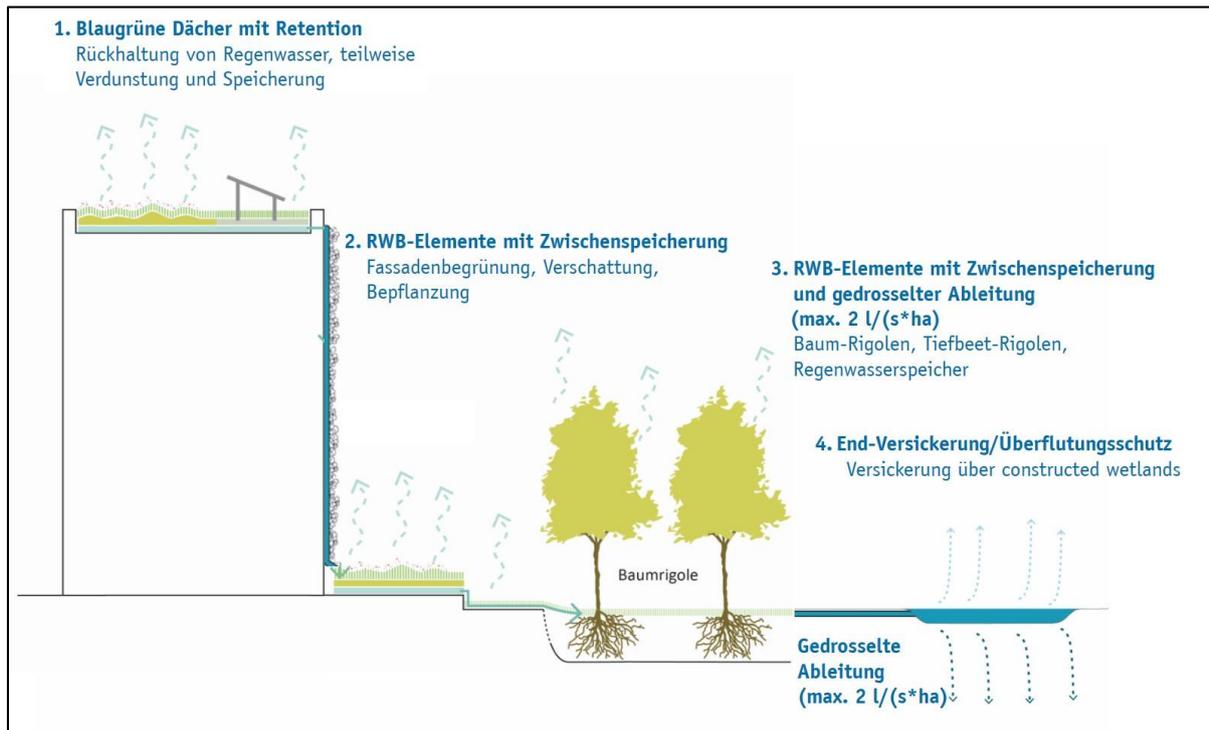


Abbildung 5: Beispiel Kaskade der Regenwasserbewirtschaftung [Quelle: Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH 2022]

5.3 Bebauungsplan Gewerbegebiet an der Altlandsberger Chaussee – Annahmen für die Bearbeitung

Für die Ermittlung der Flächenbedarfe der Regenwasserbewirtschaftung im Sinne des Schwammstadtprinzips (hohe Verdunstung, Versickerung, kein Abfluss) wurden die folgenden Annahmen getroffen.

1. Mind. 70 % blau-grünes Gebäudedach (Retentionsdach)
2. 30 % Dachtechnik, Attika, befestigte Flächen
3. Substrathöhe: 6 cm
Hinweis: Diese Substrathöhe wurde der Bemessung der Regenwasserbewirtschaftung zugrunde gelegt. Sie kann aus anderen Gründen (Biodiversität, Gestaltung der Dächer, gärtnerische Nutzung) erhöht werden.
4. Retentionsbox/Dachspeicherelement: mind. 6 cm
5. Warmdach, um Wasser länger als 24 bzw. 48 Stunden einstauen zu können
6. Dachneigung 0°, um gleichmäßigen Einstau und damit verbunden Retention auf dem Dach zu gewährleisten
7. Begrünung der Gebäudefassaden → 60 % des Gebäudeumfangs (umlaufende Fassade, nicht Fassadenfläche)

Gemäß den Angaben im Entwurf des Bebauungsplans wurde bei der Ermittlung der Flächenbedarfe für die Regenwasserbewirtschaftung von den nachfolgend aufgeführten Annahmen ausgegangen. In den Gewerbegebieten wurde die jeweils angegebene bebaubare Fläche gemäß GRZ als Dachfläche angesetzt. Die versiegelbaren Flächen bei maximal möglicher Überschreitung der GRZ bis 0,6 bzw. 0,8

wurden entsprechend als Flächen für Nebenanlagen, Zuwegungen etc. angenommen. Bei der Versorgungsfläche (Umspannwerk) wurde von einem Versiegelungsgrad von 80 % ausgegangen.

5.4 Verwendete Regenwasserbewirtschaftungselemente

5.4.1 Gründachsysteme (Blaugrünes Dach)

Dachbegrünungen bewirken einerseits eine Verminderung des Niederschlagsabflusses durch Verdunstung, zum anderen kann Niederschlagswasser zurückgehalten und gedrosselt abgeleitet werden. Es gibt eine Reihe von Trägersystemen mit oder ohne Substrat, welche eine Pflanzenbandbreite vom Sedumteppich über Stauden bis hin zu Kleingehölzen zulassen. Bei Gründächern werden die verbleibenden Abflüsse in der Substratschicht zwischengespeichert und verzögert abgegeben. Der Anteil der Verdunstung und das Maß der Retention werden vom Aufbau der Substratschicht, Dränschicht und der Vegetation bestimmt. Durch die Verwendung von gezielten Abflussdrosseln (statische Drossel) kann ein definierter Drosselabfluss (maximalem Abfluss in l/s) eingehalten werden. Diese Drosseln werden zur Berücksichtigung von Starkniederschlagsereignissen häufig auf das 100-jährliche Niederschlagsereignis ($T = 100$ a) ausgelegt, um das Dach nicht überlaufen zu lassen und eine kontrollierte Entwässerung zu gewährleisten. Die Modellierung erfolgt als Kombination von zwei Speichern, der Vegetationsschicht und der Dränschicht mit Abflussdrossel.

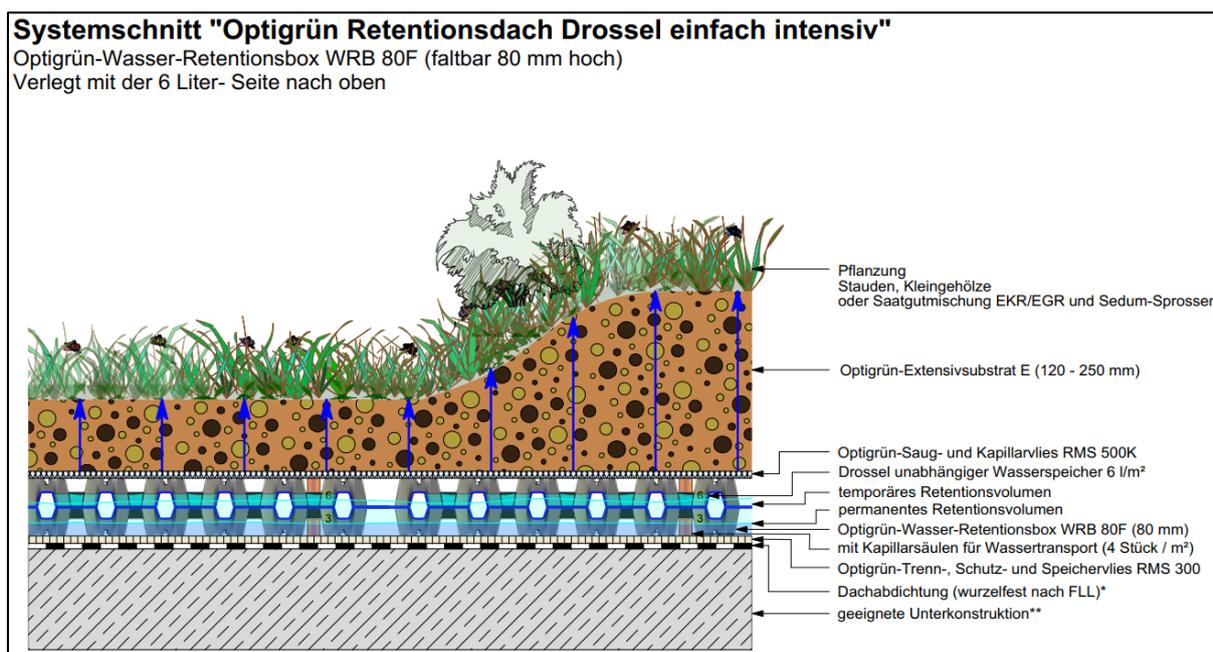


Abbildung 6: Prinzipschnitt (Beispiel) eines Blau-grünen Daches mit Wasserrückhalt (WRB 80F)
[Quelle: Optigrün international AG 2021]

Die Kombination von PV-Anlagen und blaugrünen Dächern ist ebenfalls ohne Probleme möglich.

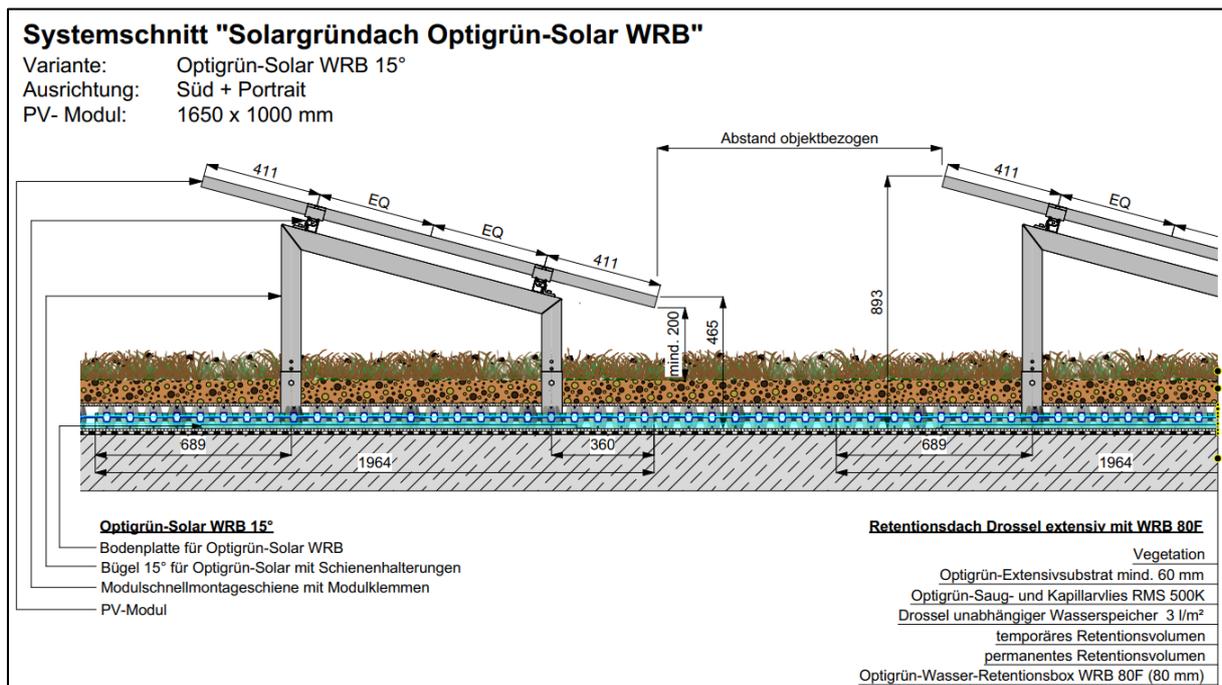


Abbildung 7: Prinzipschnitt (Beispiel) eines blaugrünen Daches mit Wasserrückhalt (WRB 80F) und Kombination mit PV-Anlage [Quelle: Optigrün international AG 2021]

5.4.2 Fassadenbegrünung

Die Fassadenbegrünung an sich ist kein neues Thema, so gibt es zahlreiche historische Gebäude mit teilweise schon sehr alten Rankpflanzen. Noch relativ neu ist allerdings die Berücksichtigung der Fassadenbegrünung als Element der Regenwasserbewirtschaftung.

Als Maßnahme der Gebäudebegrünung wird mit einer Fassadenbegrünung der Grünanteil auf dem Grundstück erhöht. Dieser hat einen positiven Effekt auf die Aufenthaltsqualität für den Nutzer, der Verbesserung des Kleinklimas und des Luftaustauschs und der Minderung von Temperaturextremen. Zudem sind Maßnahmen der Gebäudebegrünung ein wesentlicher Bestandteil für den Artenschutz.

Bei der Begrünung von Fassaden wird zwischen wandgebundenen und bodengebundenen Systemen unterschieden, wobei bei Letzteren zwischen Selbstklimmern und Gerüstkletterpflanzen differenziert wird. Ob und ggf. welche Form der Fassadenbegrünung geeignet ist, hängt neben den bautechnischen Eigenschaften der Fassade (Anbringen von Kletterhilfen, Statik, Beschattung, Fensteröffnungen, etc.) vor allem von den Ansprüchen der verwendeten Pflanzen an Wasserversorgung, Licht, Boden etc. ab. Detaillierte Informationen zu den Einsatzbereichen der Fassadenbegrünung beinhaltet u. a. die FLL-Richtlinie (FLL, 2000).

Die Wirkung einer Fassadenbegrünung auf den Wasserhaushalt zeigt sich in einer signifikanten Erhöhung des Anteils der Verdunstung an der Jahreswasserbilanz. Dagegen ist der Rückhalt in Bezug auf Starkniederschläge gering, sofern Fassadenbegrünungen nicht mit anderen Bausteinen der Regenwasserbewirtschaftung (Rückhalteräume) kombiniert werden.



Abbildung 8: Fassadenbegrünung an Hallen (Quelle: <https://www.immohal.de>)

5.4.3 Mulden

Die Muldenversickerung ist eine dezentrale Versickerungsmaßnahme mit kurzzeitiger oberirdischer Speicherung des Regenwassers in dauerhaft begrünten, beliebig geformten Mulden. Das anfallende Regenwasser wird über oberirdische Rinnen einer Geländevertiefung (Mulde) zugeführt, deren Tiefe zwischen 20 und 30 cm beträgt. Die Entleerung der Mulde erfolgt durch zwei Prozesse, Versickerung und Verdunstung. Der Boden unterhalb der Mulde sollte möglichst sickertfähig sein, damit sich die Mulde innerhalb eines Tages wieder entleeren kann.

Das System eignet sich für die Entwässerung von Dach-, Hof- und Verkehrsflächen. Die Muldenversickerung wird i.d.R. dann angewendet, wenn der Boden einen ausreichend guten Infiltrationswert aufweist (i.d.R. $k_f > 2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$) und genügend Grünfläche zur kurzzeitigen Speicherung zur Verfügung steht.

Zur Steigerung der Biodiversität sollte auf eine Verwendung von Rollrasen zu Gunsten einer Saatgutmischung aus Gräsern und Stauden aus gebietseigener Herkunft verzichtet werden. Die Muldentiefen im Konzept wurden mit 0,3 m angenommen.



Abbildung 9: Beispiel für Mulden auf Privatgrundstücken, Wohngebiet Johannisgärten Berlin [Quelle: Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH 2022]

5.4.4 Rigolen

Die Rohr- und Rigolenversickerung sind unterirdische Versickerungsarten. Aufgrund der unterirdischen Zuführung des Wassers erfolgt keine Reinigung durch eine Oberbodenpassage. Rigolen dienen der Untergrundversickerung von Niederschlagswasser und können in Verbindung mit einer gedrosselten Ableitung auch bei schlechter durchlässigen Böden eingesetzt werden. Dies wird durch eine Zwischenspeicherung der Abflüsse im Porenvolumen des Füllmaterials erreicht. Der Rigolenkörper wird meist aus Kies (16/32 mm) hergestellt, andere Materialien wie z.B. Lavagranulat, sind ebenfalls möglich. Alternativ können auch Kunststofffüllkörper verwendet werden, die sich gegenüber Kies (Porenvolumen je nach Körnung zwischen 25 – 35 %) durch ein Porenvolumen von über 90 % auszeichnen. Kunststofffüllkörper werden inzwischen von vielen namhaften Herstellern angeboten (Rehau, Wavin, Fränkische etc.).



Abbildung 10: Ausführungsmöglichkeit einer Füllkörperrigole [Quelle: <https://www.energiesystemtechnik.de/images/referenzen/aying-gs/aying-gs02.jpg/>, 22.01.2021]

5.4.5 Mulden-Rigolen-System

Grundsätzlich besteht ein Mulden-Rigolen-System (MRS) aus Mulden-Rigolen-Elementen (MRE), die miteinander vernetzt sind. Wie bei einem MRE kommt zur kurzfristigen Speicherung von Regenwasser neben der oberirdisch angeordneten Mulde auch eine unterirdisch angeordnete Rigole zum Einsatz. Die Rigole befindet sich unterhalb der Mulde und ist mit Kies, Kunststofffüllkörpern oder anderen Materialien gefüllt. Sie wird einerseits durch die Versickerung des Regenwassers durch die Mulde gespeist, andererseits durch den Überlauf von der Mulde in die Rigole. Dieser Überlauf leitet Wasser direkt von der Mulde in die Rigole, wenn das Speichervolumen der Mulde erschöpft ist. Die Rigole entwässert über Versickerung auf der Sohle und den Seiten in den anstehenden Bodenkörper. Reichen bei einer sehr schlechten Infiltrationsleistung des anstehenden Bodens die Speicher in Mulde und Rigole für eine vollständige Versickerung nicht aus, ist eine gedrosselte Ableitung des überschüssigen Regenwassers in einen weiteren Rückhalteraum, in ein Oberflächengewässer oder einen Regenwasserkanal erforderlich. Diese Ableitung wird durch die Vernetzung der MRE zu einem MRS realisiert. Die Bewirtschaftung des Speicherraumes der Rigole erfolgt über ein Anstau- und Drossel-Organ, das sich in einem Drosselschacht befindet. Häufig liegt eine Einleitbeschränkung für das aufnehmende Gewässer oder den aufnehmenden Regenwasserkanal vor. Diese Vorgabe für die gedrosselte Ableitung, die vorhandenen örtlichen Gegebenheiten (Boden-, Niederschlagsverhältnisse) sowie die Größe der angeschlossenen befestigten Flächen beeinflussen die Bemessung des Mulden-Rigolen-Systems. Der Flächenbedarf beträgt ca. 10 - 15 % der angeschlossenen befestigten Fläche. Eine schematische Darstellung der Funktionsweise eines MRS zeigt Abbildung 11.

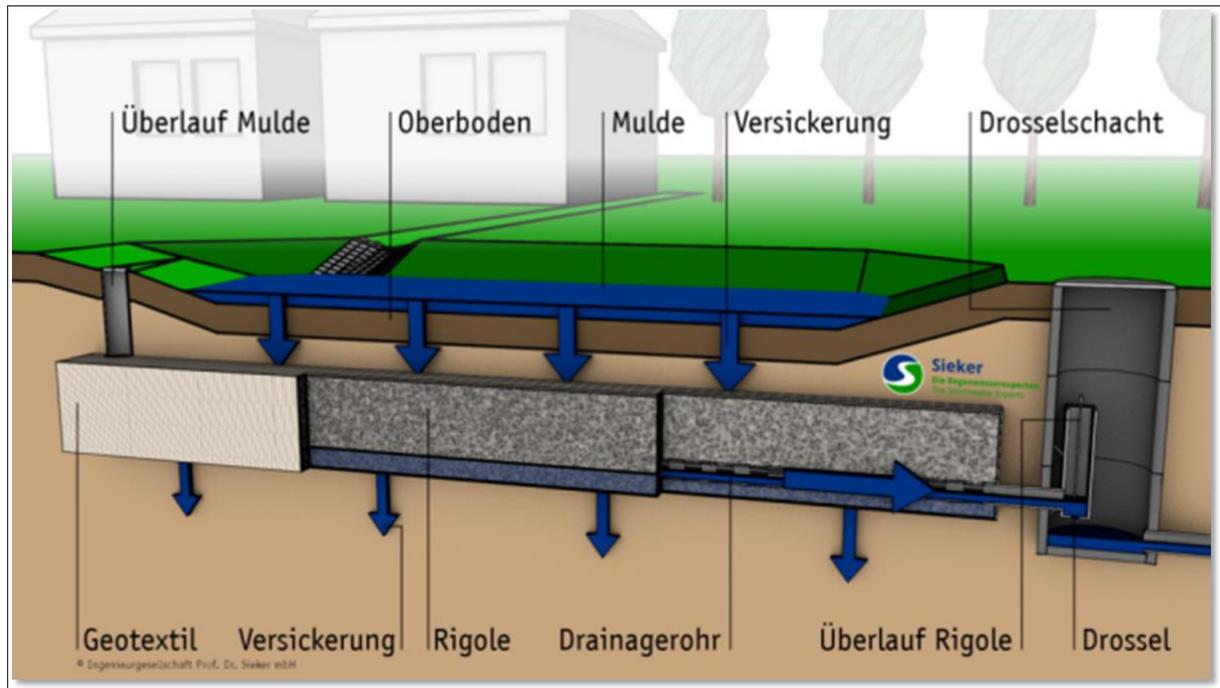


Abbildung 11: Schematische Darstellung der Funktionsweise eines Mulden-Rigolen-Systems

Ein großer Vorteil des MRS ist, dass die Regenwasserabflüsse über die belebte Bodenzone gereinigt werden. Außerdem kann durch MRS der natürliche Wasserhaushalt (Teilversickerung, Verdunstung) aufrechterhalten werden.

5.4.6 Tiefbeet-Rigolen

Tiefbeet-Rigolen sind eine Sonderform des Mulden-Rigolen-Systems. Anstelle einer breitflächigen Mulde wird die Versickerungsanlage mit einer Betonrahmeneinfassung (Tiefbeet) hergestellt. Durch die Kombination des Tiefbeetes mit einer darunterliegenden Rigole aus Kunststoffkörpern wird eine besonders platzsparende Lösung erzielt.

Wie das Mulden-Rigolen-System auch handelt es sich bei Tiefbeet-Rigolen um ein kombiniertes lokales Versickerungs-Rückhalte-Ableitungssystem, das gerade bei schwierigeren Bodenverhältnissen zum Einsatz kommt. Es beinhaltet eine Versickerung über die belebte Bodenzone und Rückhaltung mit gedrosselter Ableitung.

Besondere Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich aus der platzsparenden Anordnung. Gegenüber einem herkömmlichen Mulden-Rigolen-Element halbiert sich der Flächenbedarf und beträgt in etwa 3-5% bezogen auf die angeschlossene versiegelte Fläche. Damit können Tiefbeete auch in schmalen Straßen zur Anwendung kommen, wo herkömmliche Mulden nicht realisiert werden können. Tiefbeet-Rigolen eignen sich darüber hinaus auch als Verkehrsberuhigungsmaßnahme oder für die Straßenbegrünung.

Die Bepflanzung kann mit Gräsern und extensiven Stauden erfolgen. Bäume können ebenfalls in die Tiefbeete gepflanzt werden. Die Baumarten sind entsprechend der Standortbedingungen auszuwählen.



Abbildung 12: Tiefbeet-Rigolen-Elemente (Mannheim) [Quelle: Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH 2021]

5.4.7 Baum-Rigolen

Die Baum-Rigole ist eine Kombination aus Bäumen und Regenwasserbewirtschaftung, welche insbesondere vor dem Hintergrund beengter Platzverhältnisse in Städten ein wirkungsvolles und ansprechendes Element darstellt. Zum einen fördert das Element die Versickerung des anfallenden Regenwassers, zum anderen kommt es durch die Bereitstellung des Wassers für den Baumstandort zu einer erhöhten Verdunstung, wodurch sich ein positiver Effekt für das umgebende Bioklima ergibt.

Die Baum-Rigole besteht aus einer temporär einstaubaren Versickerungsfläche und einer unterirdisch angelegten Rigole. Als Versickerungsraum steht in der Regel die Oberfläche der Baumscheiben zur Verfügung. Das Niederschlagswasser sickert durch den Wurzelraum des Bodens und kann dabei bereits teilweise vom Baum aufgenommen werden. Unterhalb des Wurzelraums befindet sich ein zum anstehenden Boden hin gedichtetes Reservoir, welches sich mit Sickerwasser füllt und durchwurzelt ist. Dieses Reservoir stellt einen langfristigen Wasserspeicher für den Baum dar.

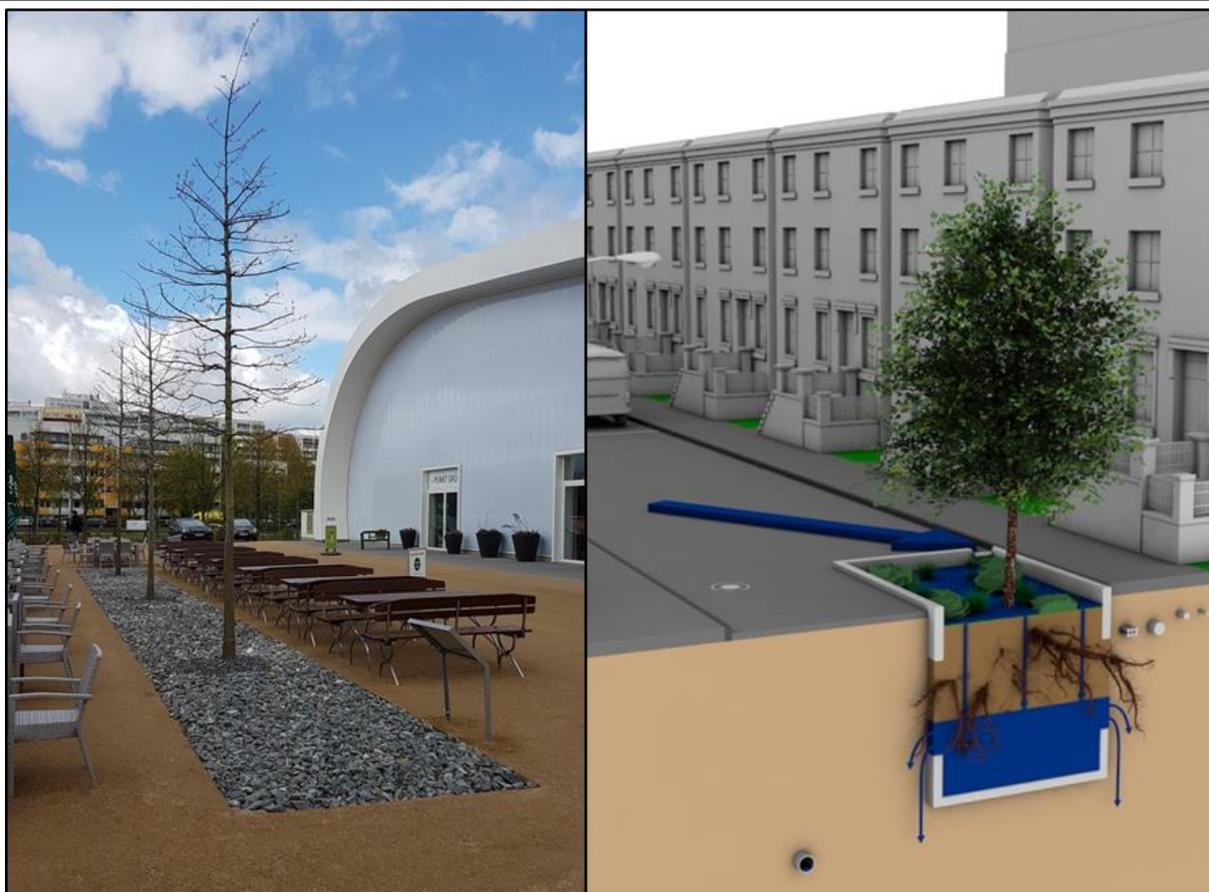


Abbildung 13: Baum-Rigole in den Gärten der Welt (links) und Konzeptdarstellung (rechts) [Quelle: Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH 2019]

5.4.8 Constructed Wetlands

Constructed Wetlands sind künstlich/technisch angelegte Feuchtgebiete zur Behandlung und zum Rückhalt von Regenwasserabflüssen. Sie ahmen die Funktionen natürlicher Feuchtgebiete nach, um Regenwasser aufzufangen und zu versickern, Nährstoffbelastungen zu reduzieren und vielfältige Lebensräume für Wildtiere zu schaffen. Je nach Lage im Gewerbegebiet, geplanter Mehrfachnutzung von Flächen (z.B. Park/Erholung) und vorhandener Flächenverfügbarkeit ist eine sehr naturnahe Gestaltung möglich. Sie können flächenhaft aber auch linienförmig angelegt werden. Dabei erfolgt eine Unterteilung in verschiedene Zonen, die regelmäßig, nur bei Starkregenereignissen oder nur bei extremen Niederschlägen mit Regenwasser eingestaut werden.

Abbildung 14 zeigt beispielhaft den Landschaftspark des Baugebietes Buckower Felder in Berlin, in den eine große Multifunktionsfläche integriert wurde. Diese multifunktionale naturnahe Fläche dient neben der Rückhaltung von Regenwasser auch als siedlungsnahes Grün. Die Retentionsmulden (RM) der Multifunktionsfläche nehmen das Niederschlagswasser der verschiedenen Teilflächen des Gebiets auf und sind jeweils in 3 Bereiche unterteilt. Bereich A (Kernzone, gesamte Einstauhöhe 10 cm) wird regelmäßig Regenwasser eingestaut. Die intensive, flächige Bepflanzung aus Röhricht, Wasserpflanzen und Sträuchern verhindert eine Nutzung der Fläche. Der Bereich B (Übergangsbereich, gesamte Einstauhöhe 30 cm) wird hingegen nur bei stärkeren Regenereignissen beansprucht. Mit einer Gestaltung z.B. als naturnahe Wiese kann diese Fläche ca. 80 % der Tage im Jahr genutzt werden kann. In Bereich C (Restbereich, gesamte Einstauhöhe 60 – 70 cm) wird nur bei Extremereignissen bis zum

dreißigjährigen Niederschlag Regenwasser eingestaut. Dieser Bereich kann intensiv in seiner Funktion als Aufenthaltsfläche genutzt werden.

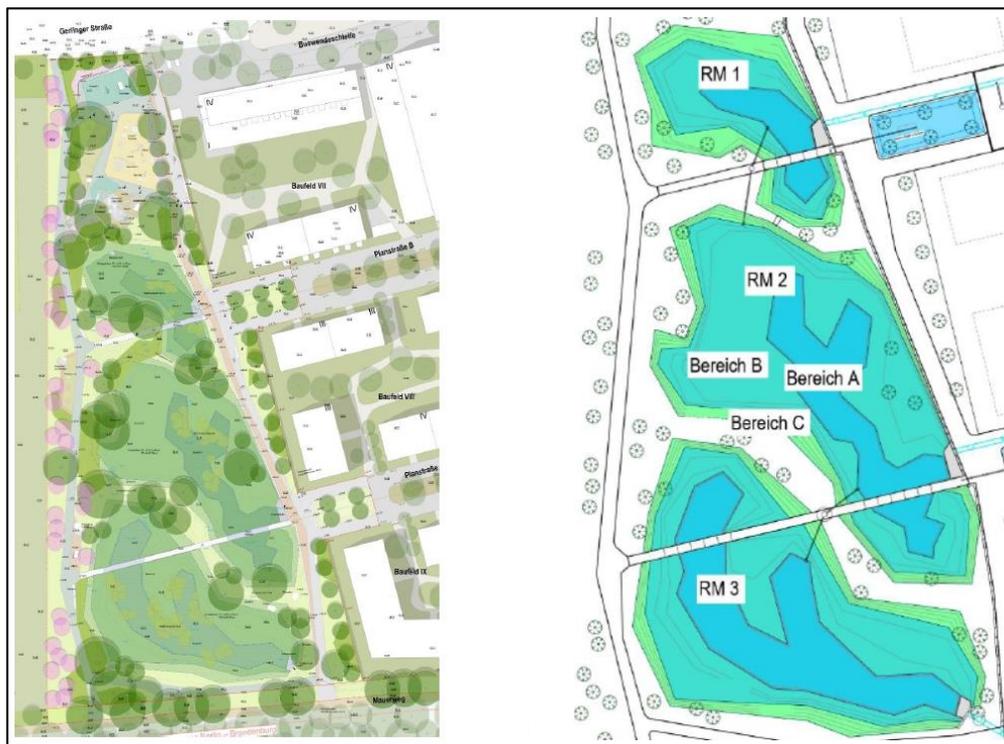


Abbildung 14: Constructed Wetland, Beispiel Buckower Felder Berlin [Quelle: SCHÖNHERR Landschaftsarchitekten, 2020]

5.4.9 Vorreinigung durch Filterschächte oder Reinigungsrinnen

Bei den Filterschächten mit Wirbelabscheider wird das verschmutzte Regenwasser vom Zuleitungskanalrohr kommend in den unteren Bereich des Schachtes radial eingeleitet. Hier findet in einem hydrodynamischen Wirbelabscheider die Sedimentation von Partikeln statt. Diese werden in einem Vorratsraum (Sedimentfalle) unter dem eigentlichen Filter aufgefangen und können bei Bedarf durch ein Saugrohr entfernt werden.

Die Systeme der Hersteller unterscheiden sich durch die Bauform im Anstrombereich, die eingesetzten Filtermaterialien und deren Wirkungsweisen. Eine Zusammenfassung von mehreren Einheiten ist möglich. So sind auch Anlagen für größere Einzugsgebiete herstellbar. Die Einsatzbereiche sind die Entwässerung von Dach- und Verkehrsflächen. Das gereinigte Regenwasser kann anschließend versickert oder in ein Oberflächengewässer eingeleitet werden.

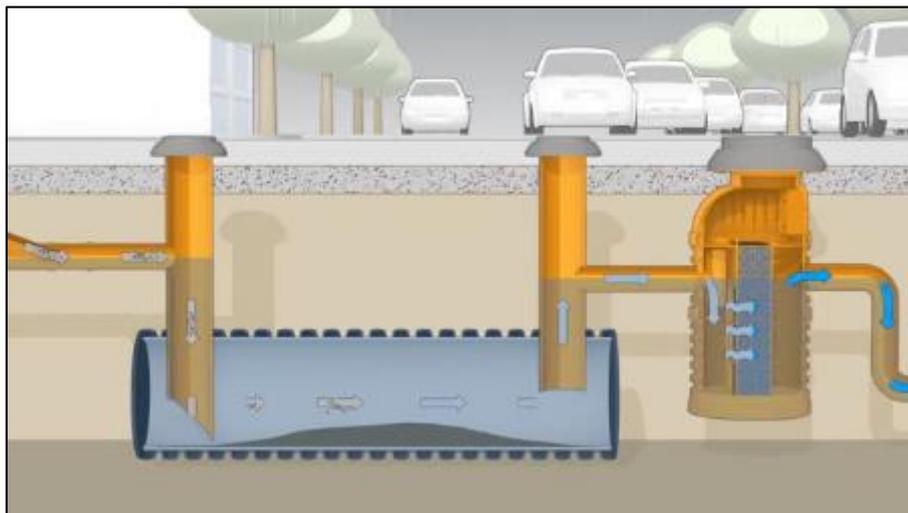


Abbildung 15: Ausführung RAUSIKKO HydroClean der Fa. Rehau [Quelle: Fa. Rehau, 2018]

Alternativ bieten sich auch Reinigungsrinnen an. Diese unterscheiden in der anschließbaren Fläche pro Meter Rinne und der Versickerung (in der Rinne oder nachgeschaltet).

Das Regenwasser fließt der offenen oder mit einem befahrbaren Gitterrost abgedeckten Rinne oberflächlich zu. Je nach Hersteller erfolgt zunächst eine Grobreinigung. Es schließt sich eine Reinigungspassage durch ein Substrat in der Rinne an. Danach wird das Wasser ins Grundwasser oder über eine unterliegende Drainage in die Kanalisation bzw. Gewässer geleitet.



Abbildung 16: D-Rainclean®, mit Substrat gefüllte Sickersmulde [Quelle: Fa. Funke, 2007]

5.5 Entwässerungskonzept des Plangebiets

Grundlage des Entwässerungskonzeptes ist eine Kaskade der Regenwasserbewirtschaftung nach dem Schwammstadt-Prinzip (siehe Kap. 5.2). Die Versickerungseigenschaften des Bodens mit k_f -Werten zwischen $9,8 \cdot 10^{-5}$ m/s und $2,3 \cdot 10^{-7}$ m/s ermöglichen zumeist keine reine Versickerung des anfallenden Regenwassers im Plangebiet. Da jedoch große Grünflächen im Plangebiet vorgesehen sind, können am Ende der Kaskade großflächige Versickerungsanlagen (constructed Wetlands) angeordnet werden, die das gedrosselt abgeleitete Regenwasser (Gebietsabfluss $2,0$ l/(s*ha)) der vorgeschalteten Regenwasserbewirtschaftungsanlagen aufnehmen, versickern und verdunsten. Eine Einleitung in den



öffentlichen Regenwasserkanal oder in ein Gewässer ist somit nach derzeitigem Stand nicht erforderlich. Falls Änderungen vorgenommen werden, muss das System neu gerechnet werden.

Die Dachflächen der Gebäude werden als blaugrüne Dächer (Retentionsdächer) ausgebildet, die zu 70 % begrünt sind. Sie nehmen das anfallende Regenwasser vom Dach und den Dachaufbauten (30 % nichtbegrünter Dachanteil) auf, speichern es im Substrat und in der Dränageschicht zwischen und verdunsten einen Teil über die Pflanzen und den Boden bzw. das Substrat. Die anfallenden Retentionsdachabläufe werden gedrosselt in die nächste Stufe der Kaskade, der bodengebundenen Fassadenbegrünung weitergeleitet, die für 60 % des Gebäudeumfangs vorgesehen ist. Das Regenwasser wird im Substrat und dem unterirdischen Speicher der Fassadenbegrünung gespeichert, von den Pflanzen aufgenommen und verdunstet. Überschüssiges Regenwasser wird in Baum-Rigolen oder Tiefbeet-Rigolen weitergeleitet, in denen es zwischengespeichert und versickert wird. Ein Teil des Regenwassers wird von den Bäumen aufgenommen und verdunstet. Das in den Gewerbegebieten auf den Zuwegungen und Nebenanlagen anfallende Regenwasser wird ebenfalls in die Baum-Rigolen eingeleitet. Die Baum-Rigolen oder Tiefbeet-Rigolen besitzen eine gedrosselte Ableitung (Drosselmenge $2 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$) in die vorgesehenen constructed Wetlands, die die letzte Stufe der Regenwasserkaskade bilden. Die constructed Wetlands besitzen eine durchschnittliche Tiefe von 1,0 m. Für die im Plangebiet vorgesehenen Stellplatzflächen ist eine Regenwasserbewirtschaftung über Baum-Rigolen oder Tiefbeet-Rigolen mit einer gedrosselten Ableitung (Drosselmenge $2 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$) geplant. Für den Bereich des Umspannwerkes ist die Entwässerung über Tiefbeet-Rigolen mit einer gedrosselten Ableitung (Drosselmenge $2 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$) vorgesehen. Die Entwässerung der Straßenverkehrsfläche im Plangebiet erfolgt über Baum-Rigolen oder Tiefbeet-Rigolen, die aufgrund der vorherrschenden Bodenverhältnisse ebenfalls eine gedrosselte Ableitung besitzen. Die Fuß- und Radverkehrsfläche wird über Mulden in Form von Tiefbeeten entwässert. Die gedrosselten Abläufe und Überläufe der verschiedenen Anlagen werden in diverse constructed Wetlands eingeleitet, dort versickert und verdunstet. Die Wetlands sind so ausgelegt, dass der Überflutungsschutz gewährleistet ist. Zusätzlich sollten Notwasserwege in Richtung der Grünflächen angelegt werden. Eine Übersicht zum Entwässerungskonzept gibt Abbildung 17 bzw. Anlage 1.



Abbildung 17: Regenwasserkonzept für das B-Plan-Gebiet mit Vorgaben und Annahmen zur Ermittlung der Flächenbedarfe der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung und Darstellung der constructed Wetlands (maßstäblich)

5.5.1 Erläuterungen zum Entwässerungskonzept

5.5.1.1 Gewerbegebiete

Für die Gründächer wurde eine Substrathöhe von 6 cm für die Bemessung der Regenwasserbewirtschaftung zugrunde gelegt. Die Dränageschicht besteht aus Dachspeicherelementen bzw. Retentionsboxen mit einer Höhe von 6 cm. Die Drosseln der Gründächer wurden auf das 100-jährliche Niederschlagsereignis ($T = 100$ a) ausgelegt, um die Dächer nicht überlaufen zu lassen und eine kontrollierte Entwässerung zu gewährleisten. Die gedrosselten Abflüsse der Retentionsdächer werden der Fassadenbegrünung zugeführt, überschüssiges Wasser wird in Tiefbeet- bzw. Baum-Rigolen weitergeleitet. Zuwegungen, Stellplätze und weitere Nebenanlagen entwässern ebenfalls in die Baum-Rigolen, die eine gedrosselte Ableitung (2 l/(s*ha)) in ein constructed Wetland besitzen, welche außerhalb der Gewerbegebiete in den Grünflächen angeordnet sind. Die k_f -Werte für die Baum-Rigolen wurden entsprechend dem Baugrundgutachten angesetzt, je nach Lage mit $2,3 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$, $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ oder $4,5 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$. Die Bemessung der Baum-Rigolen erfolgte auf das 5-jährlichen Regenereignis.

Verwendete Regenwasserbewirtschaftungselemente: blaugrünes Dach, Fassadenbegrünung, Tiefbeet-/Baumrigolen, constructed Wetland (in Grünfläche außerhalb).



5.5.1.2 Umspannwerk

Zur Entwässerung der versiegelten Flächen (80 %) im Bereich des Umspannwerkes wurden Tiefbeet-Rigolen mit einer gedrosselten Ableitung ($2 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$) in ein constructed Wetland vorgesehen. Der k_f -Wert wurde mit $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ angesetzt. Die Bemessung erfolgte auf das 5-jährliche Regenereignis, wobei das Tiefbeet einmal pro Jahr in die Rigole überlaufen darf.

Verwendete Regenwasserbewirtschaftungselemente: Tiefbeetrigolen, constructed Wetland (in Grünfläche außerhalb).

5.5.1.3 Straßenverkehrsflächen

Für die Straßenverkehrsflächen des Plangebietes wurde eine Entwässerung über Tiefbeet- bzw. Baum-Rigolen geplant, die mit der Betonrahmeneinfassung eine platzsparende Anordnung ermöglichen. Bei einer Straßenbreite von 10 m und Tiefbeet-Rigolen mit einer Breite von 3 m ergibt sich eine erforderliche Straßenraumbreite von 13 m. Mit $4,5 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$ wurde der schlechteste k_f -Wert angesetzt, der gemäß Baugrundgutachten in der Nähe der Straßenverkehrsflächen ermittelt wurde. Die Tiefbeet-Rigolen besitzen eine gedrosselte Ableitung von $2 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$ in ein constructed Wetland und wurden auf das 5-jährliche Regenereignis bemessen.

Verwendete Regenwasserbewirtschaftungselemente: Tiefbeet-/Baumrigolen, constructed Wetland (in Grünfläche).

5.5.1.4 Fuß- und Radweg

Für die Entwässerung der Fuß- und Radwegflächen im Norden des Plangebiets wurden Mulden in Form von Tiefbeeten mit einem Überlauf in ein constructed Wetland geplant. Die Bemessung erfolgte auf das 5-jährliche Regenereignis, der k_f -Wert wurde mit $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ angesetzt.

Verwendete Regenwasserbewirtschaftungselemente: Tiefbeete, constructed Wetland (in Grünfläche).

5.5.1.5 Constructed Wetlands

Die constructed Wetlands stehen am Ende der Kaskade der Regenwasserbewirtschaftung und dienen neben der End-Versickerung auch dem Überflutungsschutz. Daher erfolgte die Bemessung auf das 100-jährliche Regenereignis. Die k_f -Werte wurden je nach Lage mit $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ und $2,3 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$ angesetzt.



6 Hydrologische Berechnung mit STORM

STORM ist eine Software für Wasserwirtschaft und Hydrologie. Nachstehend werden die wesentlichen Anwendungsbereiche der Software aufgeführt:

- Bemessung und Planung von Regenwasserbewirtschaftungsanlagen
- Generalentwässerungsplanung
- Schmutzfrachtberechnung (DWA-A 128)
- Wasserhaushaltsmodellierung
- Einzugsgebietsbezogene Gewässermodellierung
- Gewässerökologie, Stoffbilanzierung
- Hochwassersimulationen

Für die Auswertung der Simulationsergebnisse stehen statistische Auswertefunktionen und automatisch erzeugte Berichte zur Verfügung.

Weitere Leistungsmerkmale stellen die grafische Systemdarstellung, eine GIS-Anbindung, diverse Import- und Exportfunktionen und die automatisierte Berichtserstellung dar.

Die Bemessung von zentralen oder dezentralen Anlagen kann wahlweise mit Bemessungsregen oder Langzeitsimulation durchgeführt werden. Die Stoffbilanzen können auch als Grundlage für Immissionsbetrachtungen nach Gewässerschutzverordnung durchgeführt werden. Grundsätzlich eignet sich STORM sehr gut für einzugsgebietsbezogene Fragestellungen (Wasserrahmenrichtlinie, Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie).

6.1 Grundlagen Auslegung Entwässerung (Regenwasser)

Die technischen Regeln zur Planung der Entwässerung werden maßgeblich in den Regelwerken DIN 1986-100 bzw. DIN EN 12056 und DWA-A 138 definiert. Bei der Auslegung des Entwässerungssystems für Regenwasser sind drei Bemessungssituationen zu berücksichtigen.

- Regelfall ($T = 5 \text{ a}$):** Mit dem Regelfall werden übliche Regenereignisse abgedeckt. Das Entwässerungssystem soll das Niederschlagswasser möglichst schnell und zuverlässig von den überregneten Flächen der Kanalisation oder einer Anlage der dezentralen Regenwasserbewirtschaftung zuführen. Sofern es planerisch nicht ausdrücklich gewünscht wird, ist ein Austritt von Regenwasser aus dem System nicht vorgesehen. Die Anlagen und das Leitungsnetz sind i.d.R. für ein 5-jährliches Regenereignis auszulegen.
- Überflutungsfall ($T = 30-100 \text{ a}$):** Im Überflutungsfall werden die Auswirkungen von Starkregenereignissen berücksichtigt. Hierbei darf es planmäßig zum Übertritt von nicht abfließendem Regenwasser aus dem Entwässerungssystem kommen, sofern dadurch keine Gefährdung von Personen, Sachwerten oder Dritten eintritt. Es wird von schadlos überflutbaren Flächen auf dem eigenen Grundstück gesprochen. Die Festlegung der Jährlichkeit im Überflutungsfall hängt vom zu erwartenden Schadensrisiko ab. Bei einem Versiegelungsgrad $> 70\%$ wie bei Dachflächen oder Innenhöfen, ist eine 100-Jährlichkeit für den Nachweis der schadlos überflutbaren Flächen anzusetzen. Bei nicht schadlos überflutbaren Flächen, wie z.B. bei Dächern in Leichtbauweise, ist das anfallende Wasser auch im Überflutungsfall durch eine zusätzliche Notentwässerung zuverlässig abzuleiten. Ist für das beeinträchtigte Gebäude ein außergewöhnliches Maß an Schutz notwendig, wie bei einem Krankenhaus, muss die

Einrichtung zur Notentwässerung in der Lage sein das 100-jährliche Regenereignis alleine aufzunehmen ohne Berücksichtigung der Regelentwässerung DIN 1986-100 (Abs. 14.2.6).

- C) **Extrem-/Havariefall ($T > 100$ a):** Über den planmäßig zu berücksichtigenden Überflutungsfall hinaus fordert die DIN 1986-100 auch einen „ausreichenden Schutz vor unplanmäßiger Überflutung“ (Abs. 5.1.4). In diesem Fall müssen die Auswirkungen betrachtet werden, die ein Extremereignis mit einer Jährlichkeit von mehr als 100 Jahren nach sich ziehen würde. Hierbei gibt es keine Vorgabe der Bemessungsereignisse für die Auslegung der Entwässerungsanlagen, sondern es geht vielmehr um eine Risikoabwägung, bei der geprüft wird welche Auswirkungen ein Extremereignis auf das Bauwerk hat und wie ggfs. das Schadensrisiko verringert werden kann. Diese Risikoabwägung ist zusammen mit dem Bauherren, der mögliche Schutzziele/Priorisierungen vorgeben muss, durchzuführen. Im Extrem-/Havariefall ist ein Rückhalt des Niederschlagswassers auf dem Grundstück nicht mehr notwendig

6.2 Berechnungsgrundlagen und Modell

Für den Nachweis der Regenwasserbewirtschaftungsanlagen wurden Langzeitsimulationen mit dem hydrologischen Modell STORM® mit Regendaten einer ortsnahen Regenstation in 5 Minuten Zeitschritten über einen Zeitraum von 48 Jahren (1960-2007) durchgeführt. Die verwendeten k_f -Werte sind in Kapitel 5.5.1 beschrieben. Dieses Vorgehen wurde deshalb so gewählt, weil es sich um die komplexe, dynamische Wechselwirkung von Gründachabläufen und gedrosselten Abläufen in Verbindung mit Rückhalt/Versickerung handelt. Als Ergebnis der hydrologischen Langzeitsimulation wurden die notwendigen Volumina für die Tiefbeet-Rigolen, Baum-Rigolen und Mulden für die Bemessungshäufigkeit/Versagenshäufigkeit von $n = 0,2$ (1-mal in 5 Jahren) ermittelt. Die Tiefbeete der Tiefbeet-Rigolen und Baum-Rigolen wurden auf $n = 1$ (1-mal im Jahr) bemessen.

Die Auslegung der Retentionsdächer mit den sich daraus ergebenden Einstauhöhen und Regelabläufen (Drosselabfluss) erfolgt für ein 100-jähriges Regenereignis mit Bemessungsregen KOSTRA-DWD 2010R. Um die Starkregenproblematik und den Überflutungsschutz mit in die Betrachtung einfließen zu lassen, wurden die Volumina der constructed Wetlands als Ende der Kaskade für $n = 0,01$ (1-mal in 100 Jahren) ermittelt.

Für die Fassadenbegrünung wurden jeweils 60 % des Gebäudeumfangs als Bereich angesetzt. Dies begründet sich daraus, dass es am Gebäude z.B. Ein- und Ausgänge, Fahrradstellplätze und Anbauten gibt. Dieser Wert ist in der weiteren Planung zu konkretisieren.

6.3 Starkregenbetrachtung/Überflutungsfall ($T = 100$ a)

Für die Berechnung des Überflutungsvolumens wurden gemäß DIN 1986-100 endbetonte Modellregen für unterschiedliche Regendauern (Dauerstufen, in Minuten) erzeugt. Die maßgebliche Dauerstufe bzw. Regendauer (min) wird iterativ ermittelt. Als Grundlage wurden die Regenspenden bzw. Niederschlagshöhen nach dem KOSTRA-Atlas (Koordinierte Starkniederschlags-Regionalisierungs-Auswertungen, 2010R) für das Untersuchungsgebiet gewählt. Die Dauerstufen die für die Retentionsdächer und constructed Wetlands das größte Volumen erzeugen, sind je nach Flächenverhältnis und Zuleitung für die Retentionsdächer 120 Minuten (grün) und für die constructed Wetlands 4320 Minuten (orange).



Tabelle 3: Regenspende für ein 100-jährliches Regenereignis Spalte 65, Zeile 34 (KOSTRA-DWD 2010R):

Dauer, min	hN, mm	Dauer, min	hN, mm
15	26,9	120	57,3
30	36,9	720	86,6
45	43,6	1440	101,7
60	48,9	4320	124,2

Die Bestimmung der maßgeblichen Regendauer erfolgt hierbei nach Folgender Bilanzierung:

$$\text{Zulauf} - \text{Speicherung} - \text{Ablauf} = 0$$

Somit ist

$$|\text{Zulauf}| = |\text{Speicherung}| + |\text{Ablauf}|$$

Der Regenwasserzulauf zur Entwässerungsanlage ist hierbei proportional zur Regenspende (siehe Tabelle 3). Die Niederschlagsintensität ist zu Beginn eines Niederschlagsereignisses gering und steigt anschließend an

6.4 Ergebnisse

6.4.1 Ergebnisse der Berechnungen

In den folgenden Tabellen sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammengestellt. Tabelle 4 beinhaltet den Flächenbedarf und das Speichervolumen der Regenwasserbewirtschaftungs-(RWB)-Anlagen für die zu entwässernden Flächen im Plangebiet. In Tabelle 5 sind Flächenbedarf und Speichervolumen der constructed Wetlands dargestellt. Diese wurden so bemessen, dass sie bei einem 100-jährlichen Regenereignis nicht überlaufen.

Tabelle 4: Flächenbedarf und Speichervolumen der RWB-Anlagen nach Gebiet bzw. Fläche

Gebiet/Fläche	RWB-Anlage	Fläche [m ²]	Speichervolumen [m ³]
GE1a	Gründach	59.715	3.941
	Fassadenbegrünung	2.142	535
	Baumrigole (BR)	1.500	375
	Rigolenspeicher BR	13.912	4.478
GE1b	Gründach	9.573	632
	Fassadenbegrünung	436	196
	Baumrigole (BR)	240	60
	Rigolenspeicher BR	2.535	717
GE2b	Gründach	5.501	363
	Fassadenbegrünung	403	181
	Baumrigole (BR)	210	53
	Rigolenspeicher BR	1.200	340
GE2a	Gründach	4.893	323
	Fassadenbegrünung	333	150
	Baumrigole (BR)	210	53
	Rigolenspeicher BR	1.248	353
GE3	Gründach	2.772	183



Gebiet/Fläche	RWB-Anlage	Fläche [m ²]	Speichervolumen [m ²]
	Fassadenbegrünung	267	120
	Baumrigole (BR)	120	30
	Rigolenspeicher BR	723	205
GE4	Gründach	2.356	155
	Fassadenbegrünung	229	103
	Baumrigole (BR)	90	23
	Rigolenspeicher BR	630	178
Versorgungsfläche (Umspannwerk)	Tiefbeet	360	90
	Rigole	609	172
Straßenfläche	Baumrigole (BR)	600	150
	Rigolenspeicher BR	1.110	314
Fuß-/Radweg	Tiefbeet	1.260	315

Tabelle 5: Flächenbedarf und Speichervolumen der geplanten Wetlands

RWB-Anlage	Fläche [m ²]	Speichervolumen [m ²]
zentrales Wetland1	10.150	9.621
zentrales Wetland2	2.325	2.068
zentrales Wetland3	2.046	1812
zentrales Wetland4	2.304	2062

Eine Übersicht zum Entwässerungskonzept sowie zu den Vorgaben und Annahmen, die zur Ermittlung der Flächenbedarfe für die Regenwasserbewirtschaftung angesetzt bzw. getroffen wurden, beinhaltet Abbildung 17 bzw. Anlage 1.

6.4.2 Wasserbilanz

Die Wasserbilanz des Entwässerungskonzeptes wird in Abbildung 18 aufgezeigt. Sie zeigt, dass das anfallende Niederschlagswasser annähernd zu gleichen Teilen versickert und verdunstet. Die Komponente des Abflusses wurde gegenüber der natürlichen Wasserbilanz in die Versickerung gebracht um vorerst ein Abflussloses Gebiet zu erzeugen.

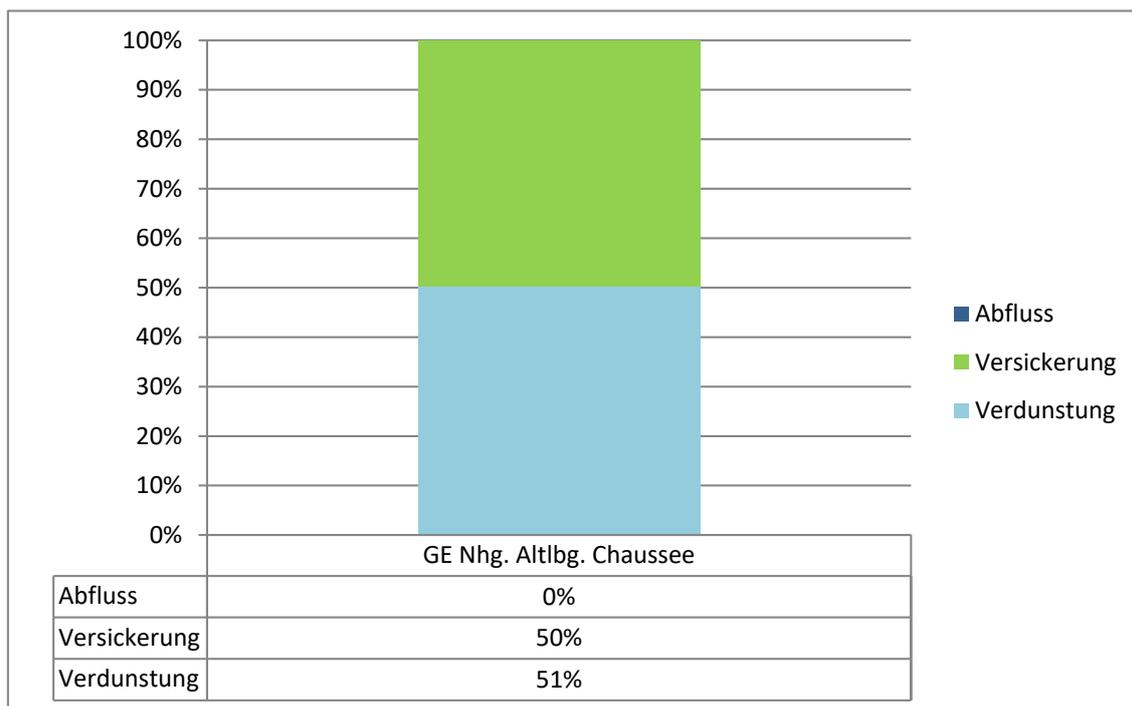


Abbildung 18: Wasserbilanz des Entwässerungskonzeptes



7 Zusammenfassung

Ein abflussloses Siedlungsgebiet nach dem Schwammstadt-Prinzip kann realisiert werden. Mit der Kaskade der Bewirtschaftung Rückhaltung- Verdunstung - Versickerung wird das Ziel der natürlichen Wasserbilanz weitgehend erreicht.

Die Möglichkeiten der Mehrfachnutzung der Flächen für Regenwasserbewirtschaftung, Hitzeanpassung, Energiegewinnung, Freiraumnutzung und Steigerung Biodiversität mit ihren Grenzen und Spielräumen werden aufgezeigt. Es wird deutlich, dass bei einem integrierten Planungsansatz dies gut umsetzbar ist und durch die Multicodierung ein Mehrwert in Bezug auf die Nachhaltigkeit in der Stadtentwicklung erzielt wird.

Wesentliche Bausteine des Konzeptes sind:

1. Mind. 70 % blau-grünes Gebäudedach (Retentionsdach)
2. 30 % Dachtechnik, Attika, befestigte Flächen
3. Substrathöhe: 6 cm
Hinweis: Diese Substrathöhe wurde der Bemessung der Regenwasserbewirtschaftung zugrunde gelegt. Sie kann aus anderen Gründen (Biodiversität, Gestaltung der Dächer, gärtnerische Nutzung) erhöht werden.
4. Retentionsbox/Dachspeicherelement: mind. 6 cm
5. Warmdach, um Wasser länger als 24 bzw. 48 Stunden einstauen zu können
6. Dachneigung 0°, um gleichmäßigen Einstau und damit verbunden Retention auf dem Dach zu gewährleisten
7. Begrünung der Gebäudefassaden → 60 % des Gebäudeumfangs
8. Drosselabfluss der erdgebundenen dez. RWB-Anlagen in die constructed Wetlands von $2 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha})$
9. Geländemodellierung in den Freiflächen zur Vermeidung der Überflutung bei Starkregenereignissen.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass das Konzept eine sichere Entwässerungslösung darstellt. Die gesetzlichen Anforderungen gemäß WHG, Berliner Wassergesetz, Abwasserbeseitigungsplan und Hinweisblatt zur Begrenzung von Regenwassereinleitungen bei Bauvorhaben in Berlin, sowie die einschlägigen Bedingungen der Arbeitsblätter/Merkblätter DWA-A 138, DIN 1986-100 und DWA-A 102 werden erfüllt.

Die geplanten dezentralen Maßnahmen schaffen zusammenfassend:

- Freiraumqualität
- Stadtklima Anpassung
- Entlastung von Infrastruktur und Gewässern
- Biodiversität
- Freiraumqualität
- Baumvitalität
- Multifunktionale Flächen



8 Hinweise/Anmerkungen

Zusätzliche Bohrungen

Aufgrund des teilweise oberhalb auftauchenden Geschiebemergels sollte das Sondierungsnetz erweitert werden um die versickerungsfähigen Bereiche im Untersuchungsgebiet besser einzugrenzen und zu lokalisieren. Diese Untersuchungen sind für die weitere Planung unterlässlich. Die zusätzlichen Bohrungen sind mit dem Gutachter im weiteren abzustimmen.

Bemessungsgrundwasserstand

Aufgrund des oberhalb auftauchenden Geschiebemergels sollte ein Messnetz für Schichtenwasser erstellt werden um zu ermitteln ob es sich bei den Stauhorizonten um temporäres Schichtenwasser oder tatsächliches Grundwasser handelt. Der Betrachtungszeitraum sollte mindestens 1 Jahr betragen um das Sommer- und Winterhalbjahr abzudecken. Weiterhin soll durch die temporären Messstellen ermittelt werden, welcher Grundwasserflurabstand für die Bemessung der Anlagen herangezogen werden kann. Da die Wasserstände stark schwanken. Diese Untersuchungen sind für die weitere Planung unterlässlich. Diese Ergebnisse sollten im weiteren mit der Wasserbehörde rückgesprochen und abgestimmt werden. Die zusätzlichen GWM sind mit dem Gutachter im weiteren abzustimmen.

Versickerungsversuche

Für die erfolgreiche Bemessung der Regenwasserbewirtschaftungsanlagen in weiteren Planungsphasen sind korrekt ermittelte Durchlässigkeitsbeiwerte der anstehenden Böden wesentlich. Es wird empfohlen, die Versickerungsversuche (Open-End-Test) direkt im Bereich der zukünftig angedachten Anlagen durchzuführen.

Genehmigungen

Das Einholen einer wasserbehördlichen Erlaubnis bei der Wasserbehörde ist in späteren Planungsphasen (LP4) erforderlich.

Boden im Bereich der Versickerungsanlagen

Für die Versickerungsanlagen muss ein Boden eingebracht werden, der die belebte Bodenzone nach Vorgabe DWA-A 138 nachbildet. Weiterhin sollte der Boden in den Versickerungsanlagen keine stofflichen Belastungen (Z 0) aufweisen.

Optimierung des Systems

Um das Entwässerungssystem zu optimieren bzw. die Ressource Regenwasser besser zu nutzen, können folgende Punkte weiter mitbetrachtet werden:

- Substrathöhen für die Dächer können aus anderen Gründen (Biodiversität, Gestaltung der Dächer, gärtnerische Nutzung) erhöht werden.
- Biodiversitätsdächer können vorgesehen werden
- Nutzung der Dächer durch Vertical Farming
- Steuerung der Dächer und Nutzung als Speicher
- Speicherung der Retentionsdachabflüsse in Zwischenspeichern (Zisternen/gedichtete Füllkörperrigolen) und Nutzung des Regenwassers zur Bewässerung oder als Brauchwasser
- Gesteuerte Bewässerung der Fassadenbegrünung nach Bedarf der Pflanzen



9 Anhang

Anlage 1 Pläne

Anlage 1.1 Flächenanteile, Annahmen und Konzept für die Regenwasserbewirtschaftung, Maßstab
1 : 2.500, 24.02.2023 (Quelle: Ingenieurgesellschaft Prof. Dr. Sieker mbH)