



Bezirksamt Tempelhof-Schöneberg von Berlin
Abteilung Stadtentwicklung und Bauen
Stadtentwicklungsamt
John-F.-Kennedy-Platz
10825 Berlin

Fachgutachten Regenwasser im Bebauungsplanverfahren 7-88 des Multifunktionsbades Mariendorf

Verfasser*innen: S. Rühmland & J. Klomfaß

Berlin, den 24.04.2020

oikotec Ingenieur*innen GmbH

Am Treptower Park 44
D-12435 Berlin
Telefon: +49 (0)30 53 604 590
Email: kontakt@oikotec.de
Internet: www.oikotec.de

Geschäftsführer*innen

Dipl.-Ing. Sven Hänichen
Dipl.-Ing. Julia Klomfaß
HRB: 184214 B Amtsgericht
Berlin-Charlottenburg
Ust.ID: DE310 512 529

Bankverbindung

GLS Gemeinschaftsbank eG
DE47 4306 0967 4117 8075 00
BIC: GENODEM1GLS

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagenermittlung.....	4
1.1	Topographie und geologischer Untergrund.....	4
1.2	Grundwasser.....	5
1.3	Wasserschutzgebiete.....	5
1.4	Infrastruktur.....	5
1.5	Gegenwärtiger und perspektivischer Zustand des Planungsgebietes.....	6
	Für die Regenwasserbewirtschaftung relevante Ziele aus Fachplanungen.....	8
1.6	Gegenwärtiger und perspektivischer Zustand der Umgebung.....	9
1.7	Niederschlagsmengen und -verteilung.....	10
1.8	Ausgangszustand Wasserhaushalt.....	11
2	Prinzipielle technische Möglichkeiten und Auswahl der Vorzugsvariante.....	12
2.1	Wartungsaufwand und Kosten.....	15
2.2	Wasserhaushaltsbewertung.....	15
2.3	Bewertung hinsichtlich der Umweltschutzziele und des Stadtklimas.....	16
2.4	Dimensionierung, überschlägiger Flächenbedarf und Auswahl der Vorzugsvariante.	17
3	Bewertung nach DWA-M 153 und Erlaubnisfreiheit nach NWFreiV.....	19
4	Überflutungsgefährdung und topographische Gefährdungsanalyse.....	20
5	Vorschläge geeigneter Festsetzungen.....	21
6	Zusammenfassung.....	23
7	Quellenverzeichnis.....	24
8	Anhang.....	27
8.1	Dimensionierung der Flächenversickerung.....	27
8.2	Dimensionierung des Verdunstungsbeetes mit Schilf.....	29
8.3	Dimensionierung der Bewässerung Liegewiese und Betriebswassernutzung.....	30
8.4	Dimensionierung der Rückhaltung nach DWA-A 117.....	32

8.5 Dimensionierung einer separaten Flächenversickerung für den zusätzlichen Parkplatz	33
8.6 Bewertung nach DWA-M 153.....	34
8.7 Überflutungsnachweis.....	35

Im Rahmen des Bebauungsplanverfahrens für das Multifunktionsbad 7-88 wird ein "Fachgutachten Regenwasser" vorgelegt, das ein Grobkonzept zur Regenwasserbewirtschaftung enthält, wie es die Wasserbehörde SenUVK II D 44 fordert.

1 Grundlagenermittlung

Im Folgenden werden die technischen Grundlagen für die Entwässerung des Regenwassers des Multifunktionsbades Mariendorf am Standort Ankogelweg 95, 12107 Berlin dargestellt.

1.1 Topographie und geologischer Untergrund

Das Plangebiet umfasst das Baugebiet auf 6 ha des bestehenden Kombibads mit Außenbereich sowie 1,2 ha Stellplatzfläche für Fahrzeuge, die unverändert bleibt. Der Standort befindet sich auf der Teltower Hochfläche. Das Geländere relief zeigt ein leichtes Gefälle von Nord-Osten nach Süd-Westen (s. Abbildung 1). Bei der Grundstücksbegehung sind an den Grundstücksgrenzen (Osten, Norden, Westen, Süd-Osten) ca. 1 - 2 m hohe Wälle aufgefallen. Das Gelände Richtung Süden und Süd-Westen liegt bei 46 - 48 m NHN. Die Wälle sind maximal bei 51 m NHN. Der Bereich der aktuellen Gebäude und Becken ist fast eben bei ca. 47 m NHN.



Abbildung 1: Geländehöhen, markierte Adresse: Ankogelweg 95 [Umweltatlas Berlin / Geländehöhen 2009]

Der Umweltatlas [Wasserdurchlässigkeit des Untergrundes, 2019] gibt eine Mächtigkeit der obersten wasserdurchlässigen Schicht von 0 bis 1 m an, was sehr gering für Berliner Verhältnisse ist. Genauer wurde die Wasserdurchlässigkeit des Bodens für das Bodengutachten [oikotec, 2020] bestimmt. Die Tiefen-Infiltrationsmessung ergab Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte zwischen $k_f = 2,2 \times 10^{-6}$ m/s (durchlässig) und sehr schwach durchlässig (k_f nicht bestimmbar). An fünf von acht Messpunkten ist die vom DWA-A 138 geforderte Mindestdurchlässigkeit ($k_f = 10^{-6}$ m/s) für unterirdische Versickerungsanlagen unterschritten. Die drei Messpunkte, an denen eine Versickerungsanlage in Frage kommt, sind heterogen über den Standort verteilt, sodass es wahrscheinlich keinen zusammenhängenden Bodenhorizont gibt, wo eine unterirdische Versickerung möglich wäre. Die oberflächennahe Infiltrationsmessung des Bodengutachtens ergab, dass die Durchlässigkeit mit durchschnittlich 2×10^{-5} m/s für eine Flächenversickerung (Berechnungsgrundlage nach DWA A-138: $k_f \geq 2 \cdot r(d,n) \cdot 10^{-7}$ m/s) zu gering ist.

1.2 Grundwasser

Für Anlagen zur Versickerung von Regenwasser müssen Mindestabstände zum Grundwasser eingehalten werden. Der zu erwartende mittlere höchste Grundwasserstand (zeMHGW) für die Teltowhochfläche ist nicht im Geoportal der Senatsverwaltung hinterlegt, weshalb als Orientierung der zu erwartende höchste Grundwasserstand (zeHGW) herangezogen werden kann. Der zeHGW des Hauptgrundwasserleiters liegt mit 38,6 -39,1 m NHN [Umweltatlas Berlin / Zu erwartender höchster Grundwasserstand (zeHGW), 2018] nicht innerhalb einer relevanten Tiefe für die Versickerung oder Speicherung.

Das Baugrundgutachten [IngGeo Behm, 2016] fand zwischen dem 22.09. und 29.09.2016 an 5 von 11 Bohrpunkten (teilweise oberflächennahe) Grundwasser. Bei 4 Bohrpunkten lag das Grundwasser im Bereich des Hauptgrundwasserleiters bei 39,1 - 39,76 m NHN. In einem Fall stieg es auf 40,13 m NHN an. An einem Bohrpunkt wurde Wasser bei 41,9 m NHN gefunden, welches bis 44,2 m NHN, d.h. bis 3 m unter GOK, anstieg. Damit schränkt das Schichtenwasser / oberflächennahe Grundwasser nach vorliegenden Informationen die Errichtung einer unterirdischen Regenwasserversickerungsanlage nicht ein.

1.3 Wasserschutzgebiete

Der Standort befindet sich außerhalb von Wasserschutzgebieten [Umweltatlas Berlin, Wasserschutzgebiete 2009].

1.4 Infrastruktur

Das Grundstück ist an die öffentliche Regenwasserkanalisation angeschlossen. Der Regenwasserkanal entwässert seinerseits in den Teltowkanal, ein Gewässer 1. Ordnung.

Die vorhandene Infrastruktur der Regenwasserbewirtschaftung besteht aus Regenrohren zur Dachentwässerung sowie Hof- und Straßenabläufen zur Oberflächenentwässerung. Auf

dem Parkplatz versickert ein Teil des Regenwassers durch Rasengittersteine. Schmale Wege entwässern in bepflanzte Bereiche, wo sie flächig versickern und verdunsten. Damit beschränkt sich die derzeitige Bewirtschaftung des Oberflächenabflusses hauptsächlich auf das Ableiten ohne zeitliche Pufferung. Die zukünftige Einleitbegrenzung ist von den BWB auf einen maximalen Volumenstrom von 20 l/s festgelegt (Auskunft vom 11.03.2020).

1.5 Gegenwärtiger und perspektivischer Zustand des Planungsgebietes

Auf dem Standort befindet sich ein kombiniertes Frei- und Hallenbad (Kombibad) auf einer Fläche von 6 ha (s. Abbildung 2). Das Freibad besteht aus den Außenbecken, Umkleiden, Spielflächen und einer Liegewiese mit Bäumen. Die Berliner Bäderbetriebe planen, das Kombibad abzureißen und ein Multifunktionsbad mit erweitertem Saunabereich sowie ein Freibad zu errichten. Tabelle 1 zeigt die Flächeninhalte der bestehenden und voraussichtlich geplanten versiegelten Flächen.

In den Bereichen der Gebäude und Außenbecken ist der Boden vollständig versiegelt, wobei die Außenbecken das Regenwasser aufnehmen und nicht ableiten (Abflussbeiwert 0). Die Wege sind mit Betonsteinpflaster oder Betonplatten teilversiegelt. Die schmalen Wege, die nicht an das Hallengebäude grenzen, entwässern in die angrenzenden unbefestigten Flächen mit Rasen, Bäumen oder Sträuchern. Diese Form der Flächenversickerung hat sich auf dem Standort langjährig bewährt. Dagegen wird der Abfluss von den breiten teilversiegelten Flächen westlich der Halle (Zuwegung) und östlich der Halle (an den Außenbecken) von Hofabläufen oder Straßenabläufen abgeleitet. Der Anteil (teil)versiegelter Flächen beträgt 27 %. Der mittlere Abflussbeiwert nach DIN 1986-100 liegt bei 0,18, gemittelt über die gesamte Fläche innerhalb der Baugrenze. Über ein fest installiertes Bewässerungssystem wird die Grünfläche mit Wasser aus dem Trinkwassernetz versorgt. Im Vorentwurf des B-Plans ist für diesen Bereich eine Grundflächenzahl von 0,4 festgesetzt. Nach jetzigem Planungsstand schöpft die Flächeninanspruchnahme diese Grundflächenzahl nicht aus (s. Tabelle 1). Der Versiegelungsgrad wird durch die größere Schwimmhalle (+ 2.000 m²) und größere Außenbecken (+ 250 m²) und den gegebenenfalls zusätzlichen Parkplatz (+ 2.500 m²) erhöht (s. Tabelle 1).



Abbildung 2: Übersichtsplan des bestehenden Kombibades mit Gebäuden (rot), Becken (blau), Parkplatz (graugelb) und Vegetationsfläche (grün)

Der bestehende Parkplatz, eine Straße an der südwestlichen Grundstücksgrenze sowie ein 5 m breiter Grünflächenstreifen westlich, nördlich und östlich des Freibades liegen außerhalb der Baugrenze, gehören jedoch mit zum Geltungsbereich des Bebauungsplans, weshalb sie hier mit erfasst werden. Dieses Areal nimmt eine Fläche von 1,2 ha ein. Die Parkplatzstraßen sind mit Betonpflastersteinen teilversiegelt. Die Autostellplätze sind mit Rasengittersteinen nur gering versiegelt. Zwischen den Parkreihen liegen unversiegelte Bereiche mit Sträuchern. Die Straße ist mit Asphalt versiegelt. Der Anteil (teil)versiegelter Flächen beträgt 47 % ($A_u = 2.910 \text{ m}^2$). Der mittlere Abflussbeiwert nach DIN 1986-100 liegt insgesamt bei 0,24. Rechnerisch verursacht der Parkplatz beim Bemessungsregen für die Oberflächenentwässerung ($r(5,2)=255 \text{ l/(s*ha)}$) einen Abfluss von 74 l/s, den er über die

Regenwasserkanalisation in den Teltowkanal einleitet. In Zukunft lassen die Berliner Wasserbetriebe jedoch nur einen gedrosselten Abflussvolumenstrom von 20 l/s in die Regenwasserkanalisation zu.

Tabelle 1: Flächeninhalte der versiegelten und teilversiegelten sowie abflusswirksamen Flächen im Bestand und im Neubau nach aktuellem Planungsstand

Flächennutzung	c _m	Flächeninhalt [m ²]		abflusswirksame Fläche [m ²]	
		Bestand	Neubau	Bestand	Neubau
Außenbecken	0	2.510	2.750	0	0
Schwimmhalle	1	4.030	6.100	4.030	6.100
Umkleiden und WC´s im Freibad	1	570	570	570	570
Spielplätze (Versickerung an Ort & Stelle)	0	760	750	0	0
Wege usw. (Versickerung an Ort & Stelle)	0	5.980	8.170*	0	0
Wege mit Ableitung	0,7	2.180	0*	1.530	0
Parkplatz - Stellplätze auf Rasengitter	0,2	1.500	2.330	300	470
Parkplatz - Wege	0,7	3.000	4.660	2.100	3.260
Asphaltstraße (Versickerung an Ort & Stelle)	0	560	560	0	0
Asphaltstraße mit Ableitung	0,9	560	560	510	510
Summe		21.650	26.45	9.040	10.910

*s. Empfehlung Anfang Kap 2

Denkmalschutz besteht für keine der Außenanlagen oder Gebäude des Geltungsbereichs.

Für die Regenwasserbewirtschaftung relevante Ziele aus Fachplanungen

Folgende Umweltschutzziele aus Fachplanungen mit Bezug zur Regenwasserbewirtschaftung werden in der Begründung des Vorentwurfs zum B-Plan aufgeführt:

a) Der aktuelle Flächennutzungsplan Berlin stellt das Grundstück als Grünfläche dar.

b) Das Landschaftsprogramm und Artenschutzprogramm Berlin (LaPro) fordert für den Standort in den verschiedenen Themenbereichen:

b1) Naturhaushalt und Umweltschutz

- Erhalt und Entwicklung der Grün- und Freifläche aus Gründen des Bodenschutzes, des naturnahen Wasserhaushaltes, der Grundwasserneubildung und der Klimawirksamkeit

- Anpassung an den Klimawandel

- Rückhalt des Wassers in der Landschaft

- Sicherung einer ausreichenden Wasserversorgung/Versickerung von Regenwasser benachbarter versiegelter Flächen

b2) Biotop- und Artenschutz sowie Landschaftsbild:

- Erhalt, Pflege und Wiederherstellung der kulturlandschaftlichen Elemente (z. B. Gräben, Pfuhe, Kleingewässer, Frischwiesen)

- Erhalt und Ergänzung des Obstbaumbestandes

- Entwicklung charakteristischer Grünstrukturen

c) Stadtentwicklungsplan (StEP) Klima

- Grün- und Freifläche mit prioritärem Handlungsbedarf

- Bereitstellung von klimawirksamen Grün- und Freiflächen

- Planungshinweise Stadtklima: Grünfläche mit höchster Schutzwürdigkeit.

1.6 Gegenwärtiger und perspektivischer Zustand der Umgebung

Die Bebauung in der Umgebung besteht hauptsächlich aus freistehenden Einfamilienhäusern, aber auch aus bis zu viergeschossigen Mehrfamilienhäusern und Blöcken. Die städtebauliche Dichte ist gering mit einer GRZ von 0,1 bis < 0,2, vereinzelt bis 0,3 [Umweltatlas Berlin, Städtebauliche Dichte, Grundflächenzahl, 2019]. Im Umkreis von 2 km gehört etwa die Hälfte der Flächen zu Bebauungsplänen im Verfahren, sodass in Zukunft von einer Verdichtung des Siedlungsgebietes und einer damit einhergehenden Zunahme der Flächenversiegelung auszugehen ist.

Die thermische Situation der Umgebung ist weniger günstig (s. Abbildung 3). Die Wärmebelastung in einer austauscharmen sommerlichen Strahlungsnacht ist nur auf dem Freibadgelände schwach günstig, sonst schwach ungünstig. Gleichzeitig überwiegen die

Flächen mit einer hohen bis sehr hohen "Vulnerabilität gegenüber dem Stadtklima aufgrund ihrer demographischen Zusammensetzung" [Umweltatlas Berlin, Klimamodell Berlin: Planungshinweise Stadtklima 2015 - Hauptkarte]. Folglich ist bei der zu erwartenden Nachverdichtung des Siedlungsraums darauf zu achten, dass die baulichen Maßnahmen sich günstig auf das Kleinklima auswirken.



Abbildung 3: Thermische Situation und Schutzwürdigkeit von Grün- und Freiflächen der Planumgebung [Umweltatlas Berlin, Klimamodell Berlin: Planungshinweise Stadtklima 2015 - Hauptkarte]

1.7 Niederschlagsmengen und -verteilung

Der "mittlere unkorrigierte Jahresniederschlag" lag im Zeitraum von 1961-1990 bei 545 mm/a [Umweltatlas Berlin / Langjährige Jahresniederschlagsverteilung, 1994]. Das ist sehr wenig im Vergleich mit dem Mittelwert Deutschlands (790 mm/a) und wenig im Vergleich mit dem Berliner Durchschnitt von 580 mm/a. Davon fielen 299 mm im Sommerhalbjahr und 247 mm im Winterhalbjahr.

1.8 Ausgangszustand Wasserhaushalt

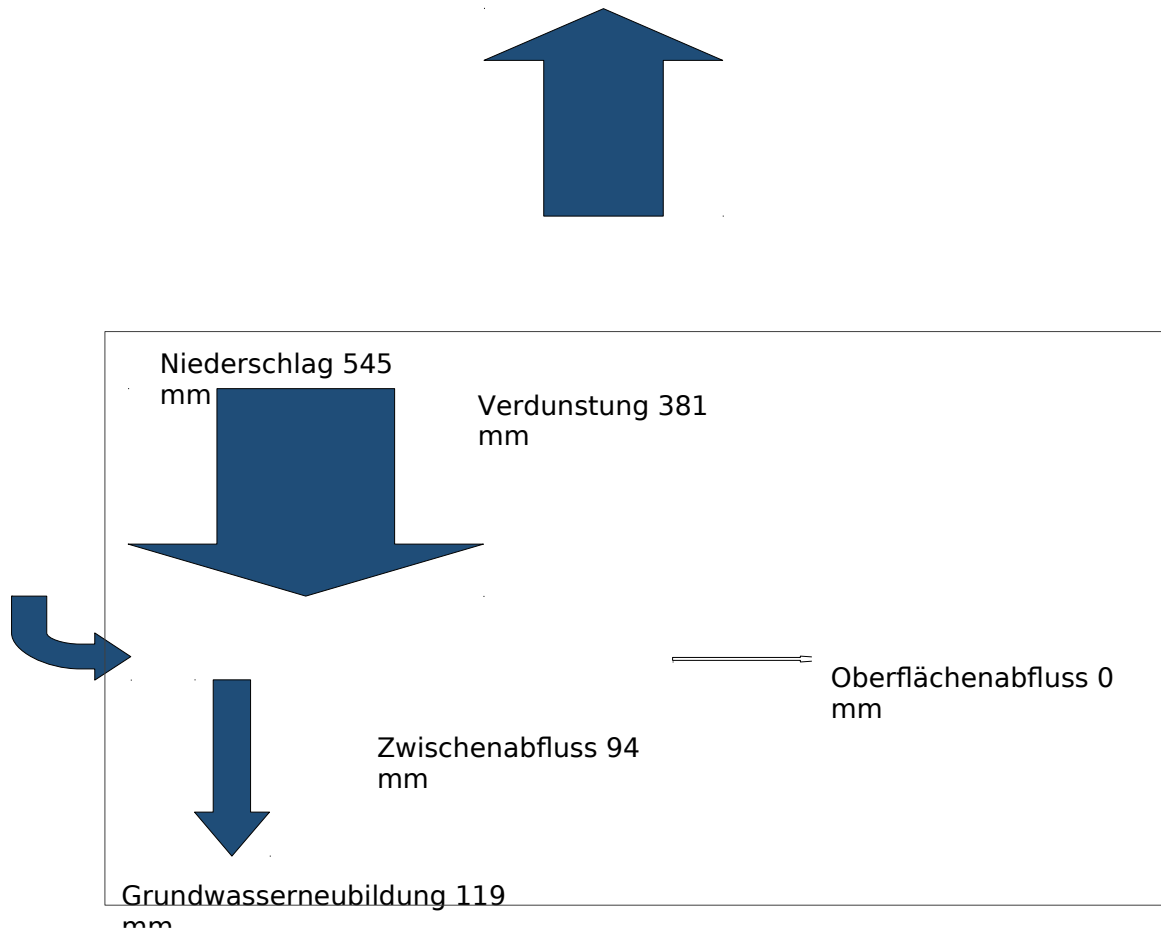


Abbildung 4: Jährliche Wasserbilanz für den Ausgangszustand des Plangebietes [Werte aus Umweltatlas Berlin, Grundwasserneubildung 2017]

Der Standort weist laut Umweltatlas Berlin folgende jährliche Wasserströme auf: Niederschlag 545 mm, Verdunstung (vereinfacht für Evapotranspiration) 381 mm, Versickerung 223 mm (davon 119 mm Grundwasserneubildung und 94 mm Zwischenabfluss), Oberflächenabfluss (=Abfluss in die Kanalisation) 0 mm (s. Abbildung 4). Da die versiegelten Flächen an die Regenwasserkanalisation angeschlossen sind und unter bewachsenen Lehmflächen nicht mehr als 100 mm versickern, ist davon auszugehen, dass der Volumenstrom Versickerung überschätzt und der Oberflächenabfluss unterschätzt wird. Der Abfluss in die Kanalisation ist laut Hinweisblatt zur Begrenzung von Regenwassereinleitungen bei Bauvorhaben in Berlin [SenUVK, 2018] auf ein natürliches Maß zu begrenzen. Der anzustrebende "Wasserhaushalt ohne Versiegelung" weist eine höhere Verdunstung von 450 mm, eine geringe Versickerung von 144 mm und ebenfalls keine Regenwasserableitung auf [Umweltatlas Berlin, Versickerung aus Niederschlägen ohne Versiegelung, 2017]. In diesem Zielzustand verdunsten gut 80 % des Niederschlags, dieser Verdunstungsanteil ist typisch für Berlin/Brandenburg [Landesumweltamt, 2000]. Folglich ist bei einer neuen Bebauung der Verdunstungsanteil des Niederschlags zu

erhöhen.

2 Prinzipielle technische Möglichkeiten und Auswahl der Vorzugsvariante

Auch wenn die Wasserdurchlässigkeitsbeiwerte (k_f – Werte) laut DWA-A 138 für eine Flächenversickerung ungeeignet sind, wurden mit der Flächenversickerung für die Entwässerung schmaler, teilversiegelter Flächen im bestehenden Kombibad gute Erfahrungen gemacht. Grund hierfür ist, dass die betreffenden Einzugsflächen klein sind, im Vergleich zu den umliegenden Vegetationsflächen. Daher wird empfohlen im Neubau, die Gebäude, Becken und Vegetationsflächen räumlich so anzuordnen, dass die teilversiegelten Flächen (Wege am Eingang, zu den Umkleiden, befestigte Flächen um die Außenbecken, Spielplätze, Sitzgruppen ca. 9.000 m²) so von Vegetationsflächen umgeben sind, dass sie direkt an Ort und Stelle in die angrenzenden Vegetationsflächen entwässern und dort das Regenwasser dezentral flächig versickert. Dafür werden die Gebäude und Becken entweder kompakt ohne eingeschlossene Wegflächen positioniert oder sie liegen weitläufig verteilt. Der für diese Flächenversickerung vorzusehende Flächeninhalt sollte mindestens die Größe des zu entwässernden Areals aufweisen und kann durch den Einsatz von Sickerpflaster (Herstellerangaben zur Unterbodenversickerungsfähigkeit müssen befolgt werden) abgemindert werden (vgl. Dimensionierung der Flächenversickerung in Kap. 8.1). Wenn jedoch eine solche Anordnung von versiegelten und unversiegelten Flächen nicht möglich ist und die gefangenen Wegflächen eine Ableitung verlangen, ist die zentral auf dem Grundstück liegende Regenwasseranlage (Beschreibung s.u.) um diesen Flächeninhalt zu vergrößern (im Bestand etwa 2.000 m², s. Tabelle 1).

Falls der zusätzliche Parkplatz gebaut wird, ist wie beim bestehenden Parkplatz eine Ausstattung der Stellplätze mit Rasengittersteinen vorzunehmen. Die Straßen sind platzsparend auszuführen und mit Pflaster (besser noch Sickerpflaster) zu versehen. Teile des neuen Parkplatzes können dezentral in benachbarte Vegetationsflächen und Baumscheiben entwässern. Da die Lage und Flächenaufteilung noch nicht bekannt ist, wird hier jedoch angenommen, dass der gesamte neue Parkplatz abgeleitet werden muss und in der zentralen Regenwassermaßnahme des Grundstücks mitbewirtschaftet wird.

Für die (teil)versiegelten Flächen, die nicht direkt vor Ort in der Fläche versickern (ca. 15.000 m²) werden im Folgenden Konzepte für eine gemeinsame Regenwasserbewirtschaftung gewählt, die

1. eine dezentrale Regenwasserbewirtschaftung einer Ableitung in den Kanal vorziehen (entsprechend dem Hinweisblatt Begrenzung von Regenwassereinleitungen bei Bauvorhaben in Berlin [BreWa-BE, 2018]),
2. die geologische Situation vor Ort einbeziehen und damit Einzellösungen wie rein unterirdische Versickerung ausschließen,
3. die Verdunstung auf dem Grundstück erhöhen, um das Kleinklima zu verbessern,

4. die Vorgaben aus dem Landschaftsprogramm mit einbeziehen,

5. wenn sich eine Ableitung in den Kanal nicht vermeiden lässt, diese auf den zulässigen Ablauf von 20 l/s reduzieren.

Prinzipiell wird für das Management des Wassers aus Starkregen eine zentrale **Flächenversickerung** vorgeschlagen (Auslegung wie flache Mulde). Dabei versickert der Oberflächenabfluss, im Sommer verdunstet er zum Teil. Damit wird die Forderung des BreWa-BE [2018] erfüllt, das Regenwasser vollständig auf dem Grundstück zu bewirtschaften und nicht abzuleiten.

Die Flächenversickerung besteht aus einer planen waagerechten Grünfläche, die über eine Rinne quer zur Fläche beschickt wird. Auf Grund der geringen Wasserdurchlässigkeit des Unterbodens ist in Herstellung und Betrieb besonders auf eine geschlossene Vegetationsdecke zu achten, um Erosion und Verschlammung zu vermeiden. Für die Flächenversickerung gibt es zwei Ausführungsmöglichkeiten:

(I) Frischwiese. Die Frischwiese ist ein artenreicher, für diesen Standort angestrebter Biototyp (s. Umweltbericht und Landschaftsprogramm). Da sie maximal dreimal im Jahr gemäht wird, zeichnet sie sich durch mittelhohe Gräser wie z.B. Glatthafer aus. Die größere Blattfläche führt zu einer höheren Verdunstungsrate (Transpirationsanteil). Die seltene Mahd begünstigt die Wurzelausbildung der Pflanzen und so den Aufschluss des Bodens für die Versickerung. Eine Verdichtung des Bodens durch schwere Mähfahrzeuge oder ständiges Betreten verringert hingegen die Wasserdurchlässigkeit. Dies ist bei der Frischwiese im Gegensatz zur Liegewiese (II) reduziert, da die Mahd seltener ist und die Frischwiese gegen das Vertreten räumlich getrennt von hochfrequentierten Bereichen der Liegewiesen anzuordnen ist. Dadurch kommt es außerdem nicht zur Nutzungskonkurrenz nach Starkregenereignissen (eingestaute Versickerungsanlage versus Aufenthaltsfläche für Badegäste).

(II) Liegewiese. Anstatt der Frischwiese kann auch ein Teil der Liegewiese als Versickerungsfläche genutzt werden. Bei der Liegewiese kommt es im Nachgang zu Starkregenereignissen zum Einstau von bis zu 10 cm (Bemessungsfall 5 cm). Das schränkt die Nutzung als Aufenthaltsfläche für Badegäste ein. Im Bemessungsfall ist das Wasser nach spätestens 6 Stunden versickert, die Fläche aber noch feucht. Ein weiterer Nachteil ist, dass die für Liegewiesen üblichen, häufig gemähten Trittrasen eine geringere Wasser- und Luftdurchlässigkeit aufweisen. Zudem sind die Artenvielfalt und der Biotopwert sehr gering.

Aus den genannten Gründen, wird für die Variante (I) plädiert. Die Dimensionierung ist hier für beide Varianten gleich (Dimensionierung s. Anhang Kap.8.1).

Für ein Gesamtkonzept der Regenwasserbewirtschaftung wird der Flächenversickerung eine weitere Maßnahme vorgeschaltet. Hierzu werden vier Konzeptvarianten zur Regenwasserbewirtschaftung vorgestellt:

a) Variante "Verdunungsbeet"

Es wird ein Schilfbeet (Urban Wetland) zur gezielten Verdunstung angelegt. Es besteht aus einem tiefen Sandbett mit Schilf, in dessen Poren das Wasser zwischengespeichert wird (Dimensionierung s. Kap. 8.2). Direkt unter der Beetoberfläche werden Überläufe zur Flächenversickerungsanlage angeordnet. Dadurch ist das Verdunungsbeet dauerhaft eingestaut. Mit Geruchsbelästigung ist trotzdem nicht zu rechnen.

Das Verdunungsbeet zielt auf eine hohe Verdunstung in den Sommermonaten. Dabei senkt die Verdunstungskälte die Umgebungstemperatur und wirkt sich so günstig auf das Kleinklima aus. Sumpfpflanzen wie Schilf transpirieren in der Vegetationszeit wesentlich mehr Wasser als Landpflanzen (Faktor 1,2 bis 4 von Juni bis Oktober [Kadlec und Wallace, 2009]). Auf diese Weise wirken sie der Überhitzung der Stadt in der kritischen Jahreszeit entgegen. Die Verdunstung lässt sich weiter steigern, wenn die Beete in Streifen von nur 1 m Breite angelegt werden, da der Luftaustausch mit der Umgebung dadurch erhöht wird (Oaseneffekt). In der Gestaltung lassen sich solche Schilfstreifen z.B. als Sichtschutz einsetzen.

b) Variante "Gründach"

Die Halle sowie größere Nebengebäude werden mit einem Gründach versehen. Für die Vordimensionierung wurde ein extensives Gründach (Aufbaudicke 10 bis < 30 cm) gewählt. Durch den geringen Abflussbeiwert von 0,2 verringert sich der für die nachgeschaltete Flächenversickerung notwendige Flächeninhalt (Dimensionierung s. Kap. 8.1).

c) Variante "Bewässerung Liegewiese"

Der Regenwasserabfluss wird in einer Zisterne zur Bewässerung der Liegewiese, Bäume und Hecken gesammelt. Sobald die Zisterne voll ist, wird die Flächenversickerung beschickt. In den Sommermonaten wird durch die Bewässerung die Verdunstung verstärkt und das Regenwasser so dem natürlichen Wasserkreislauf zugeführt. Zur Bewässerung kann der Ablauf eines konventionellen Dachs ohne weitere Behandlung verwendet werden, für die Verwendung des Ablaufs von Wegen ist ein geeigneter Filter vorzuschalten (Dimensionierung s. Kap.8.3).

d) Variante "Betriebswassernutzung"

Zusätzlich zur "Bewässerung" wird der Regenwasserabfluss in einer Zisterne zur Regenwassernutzung als Betriebswasser für die Toilettenspülung gesammelt. Sobald die Zisterne voll ist, wird die Flächenversickerung beschickt. Zur Reinigung des Wassers genügt für die Nutzung des Dachablaufs eine mechanische Reinigung (Dimensionierung s. Kap.8.3).

Kombinationen der Varianten sind denkbar. So könnte beispielsweise der Oberflächenabfluss des zusätzlichen Parkplatzes auf Grünflächen wie Frischwiese, Baumscheiben oder Hecken direkt am Parkplatz versickert werden (Dimensionierung s.

Anhang Kap. 8.5), wenn die Flächen dort zur Verfügung stehen, wohingegen der Dachablauf in Gebäudenähe über Bewässerungszisternen und Flächenversickerung entwässert. Bei der Positionierung der Gebäude und des Parkplatzes sowie der Regenwasseranlagen sind Entfernung und Höhenlage zu beachten, die eine Hebung des Wassers notwendig machen können.

2.1 Wartungsaufwand und Kosten

Die Kosten für die einzelnen Versickerungsanlagen werden angesetzt, wie sie im Bericht KURAS [Riechel et al. 2017] zu finden sind. Die angegebenen Werte sind Mediane. Sie beziehen sich auf die angeschlossene versiegelte Fläche, eine angenommene Nutzungsdauer von 40 Jahren und einen Diskontierungszinssatz von 3 %.

Die Wartung der **Flächenversickerung** besteht aus der Pflege der Vegetation. Dabei ist darauf zu achten, dass das Wasser gleichmäßig verteilt wird, eventuell auftretende Erosionsstellen sind auszubessern und Pflanzenhindernisse (Grasbüschel, Laub) zu entfernen. Der Aufwand entspricht dem für andere Grünflächen. Die Investitionskosten belaufen sich auf 0,22 €/m²·a im Median [Riechel et al. 2017]. Wenn der Platz zur Verfügung steht, ist die Flächenversickerung die effizienteste Form der Regenwasserbewirtschaftung.

Für die **Regenwassernutzung** als Betriebswasser oder zur Bewässerung müssen die Zisternen und die zugehörigen Anlagenteile (Pumpen, Filter) regelmäßig gewartet werden. Die Investitionskosten belaufen sich auf 0,95 €/m²·a und die Betriebs- und Instandhaltungskosten auf 0,23 €/m²·a im Median [Riechel et al. 2017]. Für die Regenwassernutzung im Gebäude ist ein zweites Leitungsnetz für Betriebswasser zu installieren.

Das extensive **Gründach** wird zweimal pro Jahr zur Kontrolle begangen. Die Vegetation benötigt keine weitere Pflege. Die Betriebs- und Instandhaltungskosten werden mit 1,50 €/m²·a angegeben [Riechel et al. 2017]. Die Investitionskosten liegen bei 1,32 €/m²·a, die Statik des Dachs ist für die höhere Traglast auszulegen. Damit gehört das Gründach zu den teuren Formen der Regenwasserbewirtschaftung.

Durch die komplett dezentrale Regenwasserbewirtschaftung wird das Niederschlagsentgelt eingespart, was derzeit 1,8 €/m²·a entwässerte Grundfläche ausmacht. Dies gilt nicht, wenn sich für eine Variante mit Einleitung in die Kanalisation entschieden wird.

2.2 Wasserhaushaltsbewertung

Im Vergleich zum aktuellen Zustand wird durch die beschriebene Regenwasserbewirtschaftung der zukünftige Wasserhaushalt dem natürlichen Wasserhaushalt ähnlicher. Das geschieht durch die gesteigerte Verdunstung in der Reihenfolge Verdunstungsbeet > Gründach > Wiesenbewässerung > Betriebswassernutzung. Ferner wird durch den Einsatz der Flächenversickerung neben

dem verdunsteten auch der versickerte Anteil ansteigen, letzterer besonders in den verdunstungsarmen Monaten. Das bisher aufnehmende Oberflächengewässer Teltowkanal wird hydraulisch und stofflich entlastet.

2.3 Bewertung hinsichtlich der Umweltschutzziele und des Stadtklimas

Die Umweltschutzziele der Fachplanungen aus dem Vorentwurf des B-Plans, siehe Kapitel 1.5, werden wie folgt berücksichtigt.

Umweltschutzziele der Fachplanungen	Umsetzung in der Regenwasserbewirtschaftung
a) Grünfläche auf Flächennutzungsplan	Regenwasserbewirtschaftung auf Grünfläche zur Flächenversickerung
b1) Naturhaushalt und Umweltschutz - Erhalt und Entwicklung der Grün- und Freifläche aus Gründen des Bodenschutzes, des naturnahen Wasserhaushaltes, der Grundwasserneubildung und der Klimawirksamkeit - Rückhalt des Wassers in der Landschaft - Sicherung einer ausreichenden Wasserversorgung/Versickerung von Regenwasser benachbarter versiegelter Flächen	- Flächenversickerung ermöglicht eine naturnahe Bodenstruktur - naturnäherer Wasserhaushalt mit erhöhter Versickerung, Grundwasserbildung und Verdunstung - Konzept ohne Ableitung entlastet das Oberflächengewässer hydraulisch - Rasengittersteine für Stellplätze
- Anpassung an den Klimawandel	- Nutzung von Regenwasser zur Bewässerung - latenter Wärmestrom (Verdunstungskälte) verringert den Hitzestress in der Stadt in den durch den Klimawandel länger werdenden Hitzeperioden
b2) Biotop- und Artenschutz sowie Landschaftsbild: - Erhalt, Pflege und Wiederherstellung der kulturlandschaftlichen Elemente (z. B. Gräben, Pfuhe, Kleingewässer, Frischwiesen)	- Wiederherstellung einer Frischwiese - Erhalt der Bäume durch Bewässerung

<ul style="list-style-type: none"> - Erhalt und Ergänzung des Obstbaumbestandes - Entwicklung charakteristischer Grünstrukturen 	
<p>c) Stadtentwicklungsplan (StEP) Klima</p> <ul style="list-style-type: none"> - Grün- und Freifläche mit prioritärem Handlungsbedarf - Bereitstellung von klimawirksamen Grün- und Freiflächen - Planungshinweise Stadtklima: Grünfläche mit höchster Schutzwürdigkeit. 	<ul style="list-style-type: none"> - Grünflächen sind klimawirksam durch Bewässerung und ebenerdige Lage - Bäume verschatten

2.4 Dimensionierung, überschlägiger Flächenbedarf und Auswahl der Vorzugsvariante

Die vier Konzeptvarianten sind überschlägig dimensioniert worden (s. Anhang). Nach DWA-Arbeitsblättern DWA-A138 und DWA-A 117 wurden die Flächenversickerung und die Alternative Rückhaltung ausgelegt (Rechenwege s. Anhang). Die unterirdische Rückhaltung selbst trägt nicht zum Erreichen der Umweltschutzziele bei (s. Kap. 2.3). Für das Verdunstungsbeet wird der Dimensionierungsansatz im Anhang erläutert. Für die Regenwassernutzung gibt es keine Empfehlung der DWA, sodass auf das FBR Hinweisblatt H101 zurückgegriffen und eine Langzeitsimulation (mit der Software Storm) durchgeführt wurde. In Tabelle 2 sind Entscheidungsparameter für die verschiedenen Konzepte zusammengestellt.

Tabelle 2: Flächenbedarf, Speicherbedarf, Einsparung Leitungswasser und Umweltschutzziele der Konzeptvarianten

	nur Flächenversickerung*	Verdunstungsbeet	Gründach *	Bewässerung**	Gründach + Rückhaltung *
Fläche der Flächenversickerung [m ²]	14.000***	< 14.000 + bis 240 bzw. bis 2.500 Verdunstungsbeet	7.500	9.300	0
Speicherbedarf [m ³]	0	0	0	200	130
Kleinklima	+	++	+	++	+ Gründach -- Ableitung
Artenvielfalt	+++ Frischwiese 0 für Liegewiese	+++	+	0	+ Gründach -- Ableitung
Einsparung Leitungswasser [m ³ /a]	0	0	0	1.400	0

* Dimensionierung nach DWA-A 138

** Dimensionierung mit Langzeitsimulation der Software Storm mit einer 20-jährigen Regenreihe

*** 16.000 m², wenn gebäudenaher Wege (ca. 2000 m²) mit aufgenommen werden

An dieser Stelle wird das Konzept "Bewässerung mit nachgeschalteter Flächenversickerung auf Frischwiese" als Vorzugsvariante ausgewählt. Argumente dafür sind:

- Regenwasser wird komplett auf dem Grundstück bewirtschaftet und nicht abgeleitet.
- kostengünstige, effiziente Art der Regenwasserbewirtschaftung.

- Verdunstung passiert ebenerdig. Das ist ein günstiger Ort, um das Kleinklima zu verbessern.
- Frischwiese ist ein Biotoptyp mit hoher Artenvielfalt
- Technik vielfach erprobt im Gegensatz zum Verdunstungsbeet
- Einsparen von Trinkwasser.

Das Konzept "Bewässerung und Betriebswassernutzung" würde bei gleich großem Speicher den Flächenbedarf für die Flächenversickerung um weitere 100 m² reduzieren, bei sichererer Schätzung der Besucher*innenzahl möglicherweise noch weiter.

3 Bewertung nach DWA-M 153 und Erlaubnisfreiheit nach NWFreiV

Zur Sicherstellung des Gewässerschutzes wird eine **Bewertung nach DWA-M 153** durchgeführt (Berechnung s. Anhang Kap. 8.6). Das DWA-Merkblatt 153 dient der Bewertung der Verschmutzung des Niederschlagsabwassers und der Zuteilung von Reinigungsmaßnahmen je nach Immissionsziel. Der Oberflächenabfluss wird ins Grundwasser außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten eingeleitet, sodass immissionsseitig 10 Gewässerpunkte angesetzt werden.

Emissionsseitig setzt sich die Belastung zusammen aus der Luftverschmutzung und der Flächenverschmutzung. Die Luftverschmutzung aller Flächen ist gering - L1 - 1 Punkt (Siedlungsbereich mit durchschnittlichem täglichen Verkehr unter 5.000 Kfz/24h).

Die Flächenverschmutzung ist bei den Dächern gering (Gründach: F1 - 5 Punkte, konventionelles Dach F2 - 8 Punkte). Folglich sind die Dachabläufe separat nicht behandlungsbedürftig. Die Flächenverschmutzung der Pkw-Parkplätze ist stark (mit häufigem Fahrzeugwechsel: F6 - 35 Punkte). Der Oberflächenabfluss muss vor der Versickerung ins Grundwasser behandelt werden. Die Behandlungsmaßnahme hat einen Durchgangswert von $\leq 0,73$ aufzuweisen.

Die hier gewählte Flächenversickerung gewährleistet eine Passage durch mindestens 10 cm mächtigen bewachsenen Oberboden (Typ D3), der aktuell vorhanden ist (s. Bodengutachten oikotec, 2020). Aufgrund der breitflächigen Versickerung ($A_u: A_s < 5:1$) ist der Durchgangswert hierfür 0,45.

Der Quotient aus Gewässerpunkten und Emissionswert ist damit < 1 und die Behandlungsmethode ist ausreichend.

Die Flächenversickerung fällt nicht unter die **Niederschlagswasserfreistellungsverordnung** (NWFreiV) und ist somit erlaubnisfrei. Falls die hier dargestellte Flächenversickerung doch als Muldenversickerung eingestuft wird, müssen die Vorgaben der NWFreiV eingehalten werden. Für Mulden sind in Berlin 30

cm Oberbodenpassage vorgeschrieben. Versickerungsanlagen dürfen zudem nicht auf Altlasten- oder Altlastenverdachtsflächen errichtet werden, der Boden müsste in diesem Fall ausgetauscht werden.

Laut Auskunft des Bodenbelastungskatasters von 2015 ist das Grundstück Ankogelweg 95 nicht im Bodenbelastungskataster verzeichnet. Die Kampfmittelfreiheit wurde bestätigt [Bericht der Firma Boskalis, 2017]. In den Testfeldern der Kampfmittelsuche wurden auf dem Grundstück Draht und Beton im Boden und an einem Standort im Nord-Westen des Grundstücks eine Müllvergrabung unbekannter Ausdehnung gefunden. Für eine Versickerungsanlage wäre sicherzustellen, dass sie nicht über Bauschutt oder Müll liegt.

Für Dächer gilt, dass der Anteil unbeschichteter, metallischer Dachflächen von maximal 50 Quadratmetern betragen darf. Technische Aufbauten, die wassergefährdende Stoffe enthalten (zum Beispiel Klimageräte oder Solaranlagen), sind einzuhausen oder gesondert zu behandeln. Dächer dürfen zudem nicht mit biozidhaltigen Dacheindeckungen versehen sein.

4 Überflutungsgefährdung und topographische Gefährdungsanalyse

An den in Kap. 1.1 beschriebenen Außenwällen beträgt das Geländegefälle maximal 8 %. Von Nordosten bis zu den bestehenden Gebäuden beträgt das Gefälle im Mittel 1,5 %. Da dieser Bereich unversiegelt bleiben soll, ist erst im Fall von selten starken Regenereignissen mit einem geringen oberflächigen Abfluss zu rechnen. Das Grundstück weist eine flach profilierte 4.000 m² große Senke (46,7 bis 47 m NHN) nördlich der bestehenden Außenbecken auf. Die Schwimmhalle liegt oberhalb 47 NHN. Südwestlich der Schwimmhalle liegen die Stellplätze und Parkplatzwege bei 46,75 bis 46,98 NHN. Die Topographie der Nachbargrundstücke ist so ausgebildet, dass sie in andere Tiefpunkte entwässern. Folglich liegt das Grundstück nicht auf einem Fließweg.

Der Überflutungsnachweis nach Arbeitsbericht der DWA-AG ES-3.1 "Versickerung von Niederschlagswasser..." [2011] in Anlehnung an DIN 1986-100 ergibt ein notwendiges zusätzliches Überflutungsvolumen von 790 m³ für die Jährlichkeit 30 (Berechnungen s. Anhang Kap. 8.7). Die aktuelle Topografie stellt einen schadlos überflutbaren Raum von 800 m³ (ca. 0,2 m Einstauhöhe auf 4.000 m²) in der Senke nördlich der Gebäude zur Verfügung, die für diesen Zweck geeignet wäre. Der bestehende Parkplatz allein verursacht ein Überflutungsvolumen von ca. 140 m³, das auf dem Parkplatz selbst gefasst wird (bis zu 150 m³ bei 0,1 m Einstauhöhe). Falls die zentrale Senke durch den Neubau nicht mehr zur Verfügung stehen sollte oder weitere Flächen auf den Parkplatz entwässern, wird eine Erhöhung der Bodenschwellen im Süden und Südwesten des Grundstücks empfohlen. Bei der Planung der neuen Gebäude ist auf eine ausreichende Höhenlage zu achten.

5 Vorschläge geeigneter Festsetzungen

Aus dem Rundschreiben 4/2018 zum Umgang mit Niederschlagswasser in Bebauungsplänen in Berlin [SenSW, 2018] geht hervor, dass die Erhaltung des natürlichen Wasserhaushaltes durch Begünstigung der dezentralen Versickerung und Beschränkung der Einleitmenge sowie die Vorbeugung und Verringerung von Hochwasserschäden durch explizite textliche Festsetzungen im Bebauungsplan begünstigt werden sollen. Weitere textliche Festsetzungen sind im Rundschreiben 3/2017 enthalten (SenSW, 2017).

Nach aktuellem Planungsstand sollen innerhalb der Baugrenze ca. 21.000 m² (teil)versiegelt werden (s. Tabelle 1 in Kap. 1.5). Das entspricht 35 % der Fläche innerhalb der Baugrenze und ist ein typischer und ausreichender Flächenanteil für ein Schwimm- und Freibad in der Innenstadt. Deshalb wird empfohlen, die **Grundflächenzahl** von 0,4 im Vorentwurf auf 0,35 herabzusetzen.

Die hier beschriebene Dimensionierung setzt voraus, dass die **Wege** nur teilversiegelt werden und die **Stellplätze** des zusätzlichen Parkplatzes mit Rasengittersteinen befestigt werden. Das lässt sich folgendermaßen festschreiben:

6.14 "Im Bebauungsgebiet Multifunktionsbad Mariendorf ist eine Befestigung von Wegen und Zufahrten und Stellplätzen nur in wasser- und luftdurchlässigem Aufbau herzustellen. Auch Wasser- und Luftdurchlässigkeit wesentlich mindernde Befestigungen wie Betonunterbau, Fugenverguss, Asphaltierungen und Betonierungen sind unzulässig." Die Stellplätze sind nicht Teil der Musterfestsetzung, diese Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahme hat sich jedoch auf diesem Grundstück bereits bewährt.

Für die lokale Entwässerung der **Wege** und anderer schmaler Flächen abseits eignet sich folgende Festsetzung:

6.24 "Im Bebauungsgebiet sind Flächen in der Größe von 130 % der undurchlässigen Flächen (A_u) für die natürliche Versickerung von Wasser aus Niederschlägen freizuhalten, um Schäden aus Starkregen vorzubeugen." Dieser Flächenanteil ergibt sich aus der Auslegung nach DWA-A 138 s. Anhang Kap. 8.1.

Für den Oberflächenabfluss der übrigen versiegelten Flächen wird hier das Konzept "Regenwassernutzung zur Bewässerung (Brauchwassernutzung optional) und nachgeschaltete Flächenversickerung" favorisiert. Der erste Teil "**Regenwassernutzung**" lässt sich nicht im B-Plan festschreiben, weil er keinen bodenrechtlichen Bezug hat. Die überschlägige Dimensionierung hat jedoch gezeigt, dass sich der Flächenbedarf der Flächenversickerung um über 30 % verringert, wenn das Regenwasser zur Bewässerung der Liegewiese und Bäume verwendet wird (s. Kap.2.4). Deshalb wird die Kombination dieser Maßnahmen empfohlen.

Zur Festsetzung der **Flächenversickerung** lassen sich die Mustertexte 6.18 oder 6.19 verwenden:

6.18 "Auf der Fläche mit der Zweckbestimmung Niederschlagswasserversickerung werden als Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft die Herstellung von Flächenversickerungen zur Aufnahme des Niederschlagswassers festgesetzt. Die Fläche ist zu begrünen." Unter "Aufnahme" wird in diesem Fall die Retention, Versickerung und Verdunstung verstanden. Im Zuge der Positionierung der Gebäude und Becken ist die Versickerungsfläche mit ihrem Flächeninhalt auf der B-Planzeichnung zu kennzeichnen.

6.19 "Das innerhalb des Baugebietes anfallende Niederschlagswasser ist vollständig durch Flächenversickerungen oder andere Maßnahmen gleicher Wirkung in den Baugebieten zu versickern *und zu verdunsten.*" Eine Mustertextfestsetzung zur gezielten Verdunstung existiert bisher nicht. Nach Rücksprache mit der Berliner Regenwasseragentur ist sie dennoch nach BauGB möglich, da ein bodenrechtlicher Bezug besteht und das Stadtklima an diesem Ort entscheidend positiv beeinflusst wird.

Die Flächenversickerung soll als **Frischwiese** ausgeführt werden, da die Frischwiese ein kulturlandschaftlich typischer, schützenswerter Biototyp ist. Sie ist gleichzeitig als Ausgleichsmaßnahme für die Versiegelung geeignet. Festsetzen lässt sie sich folgendermaßen:

6.21 „Die Fläche für Maßnahmen zur Pflege und Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft namens Niederschlagswasserversickerung ist als Frischwiese zu gestalten. Die Bepflanzungen sind zu erhalten und bei Abgang nachzupflanzen.“

Frischwiesen werden durch Aussaat von speziellen Saatgutmischungen angelegt. Dementsprechend ist folgender Hinweis anzuführen: "Hinweis: Bei Anwendung der textlichen Festsetzung Nr. 6.21 wird die Verwendung von Arten der der Begründung beigefügten Pflanzliste vom empfohlen."

Für den **Überflutungsschutz** wird folgende Festsetzung wichtig, falls die Gebäude im Tiefpunkt des Baugebietes angeordnet werden:

6.23 "Im B-Plangebiet sind bei Errichtung baulicher Anlagen zur Vermeidung oder Verringerung von Hochwasserschäden einschließlich Schäden durch Starkregen folgende bauliche oder technische Maßnahmen erforderlich:

- Bis zu einer Höhe von ... m über NHN sind ... Gebäudeöffnungen wie Türen oder Kellerfenster unzulässig.
- Bis zu einer Höhe von ... m über NHN sind Baustoffe zu verwenden, die ein Eindringen von Wasser durch Wände verhindert."

Falls die Flächenversickerung sich im Zuge der Abwägung nicht gegen die **unterirdische Speicherung mit gedrosselter Ableitung** durchsetzt, wird alternativ die Festsetzung von **Gründächern** empfohlen:

6.12 "Im Baugebiet Multifunktionsbad Mariendorf sind 100 % der Dachflächen extensiv zu begrünen. Der durchwurzelbare Teil des Dachaufbaus muss mindestens 20 cm betragen. Die Bepflanzungen sind zu erhalten und bei Abgang nachzupflanzen."

6 Zusammenfassung

Im Rahmen des B-Planverfahrens "Multifunktionsbad Mariendorf" wird ein Konzept für die Regenwasserentwässerung erstellt. Das Kombibad Mariendorf soll neu errichtet werden auf einer Fläche von 6 ha. Dabei wird voraussichtlich ein Areal von etwa 5.000 m² zusätzlich versiegelt, so dass sich der (teil)versiegelte Flächenanteil von 30 % auf 37 % leicht erhöht. Es wird empfohlen, das Regenwasser mittels Flächenversickerung effizient zu bewirtschaften, da große Grünflächen zur Verfügung stehen. Wegflächen können wie bisher in die benachbarten Vegetationsflächen entwässern. Größere zusammenhängende Einzugsflächen wie Dächer und Parkplätze leiten in eine Flächenversickerung ab. Sie soll als Frischwiese ausgeführt werden, da dieser Biotoptyp für den Standort typisch ist und eine hohe botanische Artenvielfalt bietet. Dieser zentralen Flächenversickerung wird eine Zisterne zur Bewässerung der Liegewiese mit Bäumen vorgeschaltet, so dass sich der Flächenbedarf für die Flächenversickerung verringert auf ca. 9.300 m². Mit einer zusätzlichen Nutzung des Regenwassers als Betriebswasser für die Toiletten ließe sich der Flächenbedarf weiter reduzieren. Durch diese Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung nehmen in der Wasserhaushaltsbilanz die Verdunstung und die Versickerung einen größeren Anteil ein und wirken den Folgen der Versiegelung entgegen. Die gesteigerte Verdunstung vermindert den Hitzestress im Wohnumfeld.

7 Quellenverzeichnis

- Boskalis, Fa. Heinrich Hirdes Kampfmittelräumung GmbH (2017): Beräumung von Testfeldern im Bereich der Liegewiese - Abschlussbericht.
- DIN 1986-100:2016-12 (2016): Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke - Teil 100: Bestimmungen in Verbindung mit DIN EN 752 und DIN EN 12056.
- DWA-AG ES-3.1 (2001) Arbeitsbericht der DWA-AG ES-3.1 "Versickerung von Niederschlagswasser: Erkenntnisse und Erfahrungen bei der Anwendung des Arbeitsblatts DWA-A 138: Teil 1 Qualitative Hinweise" KA 2001 (58), Nr. 5, S. 442-450) in Anlehnung an DIN 1986-100.
- DWD (2020): Niederschlagsanomalie Brandenburg und Berlin Jahr. <https://www.dwd.de/DE/leistungen/zeitreihen/zeitreihen.html;jsessionid=59C0B79F4A250AC4C4A212F4E5A4B16F.live21071?nn=561812>. Zugriff am 06.03.2020.
- Kadlec, R., Wallace, S. (2008): Treatment Wetlands, CRC Press, Boca Raton. 2. Aufl.
- Riechel, M., Remy, C., Matzinger, A., Schwarzmüller, H., Rouault, P., Schmidt, M., Offermann, M., Strehl, C., Nickel, D., Sieker, H., Pallasch, M., Köhler, M., Kaiser, D., Möller, C., Büter, B., Leßmann, D., von Tils, R., Säumel, I., Pille, L., Winkler, A., Bartel, H., Heise, S., Heinzmann, B., Joswig, K., Reichmann, B., Rehfeld-Klein, M. (2017): Maßnahmensteckbriefe der Regenwasserbewirtschaftung - Ergebnisse des Projektes KURAS. Berlin.
- Landesumweltamt Brandenburg (2000): Flächenhafte Modellierung von Wasserhaushaltsgrößen für das Land Brandenburg. Studien und Tagungsberichte Band 27.
- IngGeo Behm, D. (2016): Geotechnischer Bericht - Baugrund- und Gründungsgutachten. Berlin.
- oikotec Klomfaß J., Schwarzer, N. (2020): Bodengutachten. Bodenuntersuchung zur Bestimmung der Versickerungsfähigkeit und Bodenbeschaffenheit für den Standort Kombibad Mariendorf, Ankogelweg 95, 12107 Berlin.
- SenSW (2017): Rundschreiben 3/2017 - Aktualisierung und Ergänzung der Zusammenstellung der Muster-TF 2017.
- SenSW (2018): Rundschreiben 4/2018 zum Umgang mit Niederschlagswasser in Bebauungsplänen in Berlin

SenUVK (2018): Hinweisblatt zur Begrenzung von Regenwassereinleitungen bei Bauvorhaben in Berlin
<https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/wasser/regenwasser/de/Hinweisblatt-BReWa-BE.pdf> Zugriff am 06.03.2020.

Scheffer, F., Schachtschabel, P. (2002): Lehrbuch der Bodenkunde, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

Umweltatlas Berlin / Geländehöhen 2009: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, Umweltatlas Karte: Geländehöhen 2009,
https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=zoomStart&mapId=k01_08dgm2009@senstadt&bbox=-10498,250,63028,40100 (Zugriff zuletzt März 2020)

Umweltatlas Berlin, Grundwasserneubildung 2017: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, Umweltatlas Karte: Grundwasserneubildung 2017, https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=wmsk_0411022_planungshin_erg@senstadt (Zugriff zuletzt April 2020)

Umweltatlas Berlin, Klimamodell Berlin: Planungshinweise Stadtklima 2015: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, Umweltatlas Karte: Umweltatlas Berlin, Klimamodell Berlin: Planungshinweise Stadtklima 2015 – Hauptkarte, https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=wmsk_0411022_planungshin_erg@senstadt (Zugriff zuletzt April 2020)

Umweltatlas Berlin / Langjährige Jahresniederschlagsverteilung 1994: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, Umweltatlas Karte: Langjährige Niederschlagsverteilung 1961 – 1990, https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=wmsk_0411022_planungshin_erg@senstadt (Zugriff zuletzt März 2020)

Umweltatlas Berlin, Städtebauliche Dichte, Grundflächenzahl, 2019: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, Umweltatlas Karte: Städtebauliche Dichte, Grundflächenzahl (GRZ), 2019 https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=wmsk_0411022_planungshin_erg@senstadt (Zugriff zuletzt April 2020)

Umweltatlas Berlin, Versickerung aus Niederschlägen ohne Versiegelung, 2017: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, Umweltatlas Karte: Versickerung aus Niederschlägen ohne Versiegelung, 2017, https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=wmsk_0411022_planungshin_erg@senstadt (Zugriff zuletzt April 2020)

Umweltatlas Berlin / Wasserschutzgebiete, 2009: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, Umweltatlas Karte: Wasserschutzgebiete 2009, <https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=zoomStart&mapId=wsg@senstadt&bbox=-1365,9500,20365,21000> (Zugriff zuletzt März 2020)

Umweltatlas Berlin Zu erwartender höchster Grundwasserstand (zeHGW) 2018: Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen, Umweltatlas Karte: Zu erwartender höchster Grundwasserstand (zeHGW) https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/index.jsp?loginkey=showMap&mapId=wmsk_0411022_planungshin_erg@senstadt (Zugriff zuletzt März 2020)

Wissing, F., Hofmann, K. (2002): Wasserreinigung mit Pflanzen, Eugen Ulmer, Stuttgart.

8 Anhang

8.1 Dimensionierung der Flächenversickerung

Die Dimensionierung folgt den Vorgaben des DWA-A 138 für eine *Muldenversickerung*, da der Berechnungsweg für die Flächenversickerung im Anhang A 2.1 nicht anwendbar ist. Eine Flächenversickerung ist bei geringer Wasserdurchlässigkeit des Bodens (Bodengutachten: Tiefenfiltration: k_f im Median $5 \cdot 10^{-7}$ m/s, Oberflächenfiltration: k_f ca. $5 \cdot 10^{-6}$ m/s) unüblich [Riechel et al. 2017]. Sie wird hier trotzdem empfohlen wegen des günstigen Verhältnisses zwischen versiegelter und unversiegelter Fläche. Um die Funktionstüchtigkeit der Anlage sicherzustellen, wird ein Sicherheitsfaktor von 2 eingeführt. Das heißt, die Anlage ist so auszuführen, dass die doppelte Einstautiefe (10 cm) zur Verfügung steht. Im Ergebnis ist die Größe der Sickerfläche etwa so groß wie die Einzugsfläche. Die Entleerungszeit beträgt 6 Stunden bei einer Einstautiefe von 5 cm (Jährlichkeit 5) und 11,1 Stunden bei einer Einstautiefe von 10 cm im Falle von stärkeren Regenereignissen höherer Jährlichkeit als 5. Die Versickerungsanlage wird nicht als Mulde (typische Tiefe 30 cm) ausgeführt, sondern als Flächenversickerung mit Oberflächenmodulation von 10 cm Tiefe. Typischer Muldenboden wird mit wasserdurchlässigem Substrat aufgebaut, um eine lange Einstauzeit zu vermeiden. Dieses Substrat ist jedoch nur für trockenresistente Pflanzen geeignet. Im vorliegenden Fall wird stattdessen der anstehende Oberboden verwendet, um Pflanzenarten einer Frischwiese einen geeigneten Lebensraum zu bieten. Da der Oberboden teilweise dünn ist und darunter weniger durchlässiges Substrat folgt, wird nur der halbe Berechnungs- k_f -Wert von $5 \cdot 10^{-6}$ m/s für die Flächenversickerung gewählt.

Eingangsdaten mit konventionellem Dach:

Flächenbezeichnung	Teilfläche A_E [m ²]	C_m gewählt	Teilfläche A_U [m ²]
Dach	6672	1	6672
bestehender Parkplatz, Stellplätze	1500	0,2	300
bestehender Parkplatz, Wege	3000	0,7	2100
bestehender Asphaltweg	564	0,9	507,6
zusätzlicher Parkplatz, Stellplätze	833	0,2	166,6
zusätzlicher Parkplatz, Wege	1667	0,7	1166,9
	14236,00	0,77	10913,10
	$S A_E$	$\varnothing C_m$	$S A_U$

Berechnung und Ergebnis mit konventionellem Dach:

Wiederkehrintervall des Regens =	$n_M =$	5 [a]
Bemessungshäufigkeit Mulde		0,2 [1/Jahr]
Angeschlossene Fläche	$A_E =$	14.236 [m ²]
berechneter Abflussbeiwert	$c_m =$	0,77 -
Summe undurchlässiger Fläche	$A_u =$	10913 [m ²]
gewählte Muldenbreite, oben	$b_M =$	70 [m]
gewählte Muldenbreite, Sohle	$b_{M, \text{Sohle}} =$	70 [m]
gewählte Muldenlänge	$L_M =$	200 [m]
gewählte Versickerungsfläche der Mulde	$A_{s, M} =$	14000 [m ²]
Durchlässigkeitsbeiwert des Muldenbettes	$k_{f, M} =$	5,0E-06 [m/s]
Zuschlagsfaktor Mulde	$t_{z, M} =$	1,20 -
erforderliche Muldentiefe	$z_M =$	0,054 [m]
erforderliches Muldenvolumen	$V_M =$	755,0 [m ³]
Entleerungszeit der Mulde	$t_E =$	6,0 [h]

Eingangsdaten mit Gründach:

Flächenbezeichnung	Teilfläche A_E [m ²]	C_m gewählt	Teilfläche A_u [m ²]
Gründach	6672	0,2	1334,4
bestehender Parkplatz, Stellplätze	1500	0,2	300
bestehender Parkplatz, Wege	3000	0,7	2100
bestehender Asphaltweg	564	0,9	507,6
zusätzlicher Parkplatz, Stellplätze	833	0,2	166,6
zusätzlicher Parkplatz, Wege	1667	0,7	1166,9
	14236,00	0,39	5575,50
	$S A_E$	$\varnothing c_m$	$S A_u$

Berechnung und Ergebnis mit Gründach:

Wiederkehrintervall des Regens =		5 [a]
Bemessungshäufigkeit Mulde	$n_M =$	0,2 [1/Jahr]
Angeschlossene Fläche	$A_E =$	14.236 [m ²]
berechneter Abflussbeiwert	$C_m =$	0,39 -
Summe undurchlässiger Fläche	$A_U =$	5576 [m ²]
gewählte Muldenbreite, oben	$b_M =$	50 [m]
gewählte Muldenbreite, Sohle	$b_{M, \text{Sohle}} =$	50 [m]
gewählte Muldenlänge	$L_M =$	150 [m]
gewählte Versickerungsfläche der Mulde	$A_{s, M} =$	7500 [m ²]
Durchlässigkeitsbeiwert des Muldenbettes	$k_{f, M} =$	5,0E-06 [m/s]
Zuschlagsfaktor Mulde	$t_{z, M} =$	1,20 -
erforderliche Muldentiefe	$z_M =$	0,053 [m]
erforderliches Muldenvolumen	$V_M =$	395 [m ³]
Entleerungszeit der Mulde	$t_E =$	5,8 [h]

8.2 Dimensionierung des Verdunstungsbeetes mit Schilf

Zweck des Schilfbeetes ist es, möglichst viel Wasser zu verdunsten. Zur Erreichung dieses Ziels wird die Fläche so groß wie möglich gewählt und wird nur von der Größe der Einzugsfläche begrenzt. Im Folgenden wird das Verdunstungsbeet für die Einzugsflächen ausgelegt.

a) Bedingung für die maximale Verdunstungsbeetfläche: Das Dach deckt den Jahreswasserbedarf des Schilfbeetes, auch unter ungünstigen Umständen. Zu Grunde gelegt wird ein trockenes Jahr: Der Niederschlag beträgt nur 70 % des mittleren Niederschlags (381,5 mm/a) [DWD, 2020] und die Verdunstung des Schilfbeetes beträgt maximale 2000 mm/a [Wissing und Hofmann, 1996]. Ist das Verdunstungsbeet nach unten gegen Sickerverluste geschützt durch eine Dichtungsbahn, kann die Einzugsfläche eine Anlage von maximal 2.570 m² versorgen (s. Tabelle 3).

Tabelle 3: Maximaler Flächeninhalt des Verdunstungsbeetes mit Abdichtung

Einzugsfläche	Regen in trockenem Jahr	maximale Verdunstung	Schilfbet
Au			A
m ²	mm/a	mm/a	m ²
10913	381,5	2000	2572

Wenn das Schilfbeet nicht abgedichtet wird und ein Teilstrom versickert, ergibt sich eine maximale Schilfbeetfläche von 239 m² (s. Tabelle 4). Zu Grunde gelegt wird dafür der Durchlässigkeitsbeiwert des Bodengutachtens für die Tiefenfiltration von $5 \cdot 10^{-7}$ m/s im Median und die Annahme, dass die Anlage ganzjährig bespannt ist.

Tabelle 4: Maximaler Flächeninhalt des Verdunstungsbeetes ohne Abdichtung

Einzugsfläche	Regen in trockenem Jahr	maximale Verdunstung	maximale Versickerung bei $k_f=5 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}$	Schilfbet
Au				A
m^2	mm/a	mm/a	mm/a	m^2
10913	381,5	2000	15768	239

b) Bedingung für die minimale Tiefe des Schilfbeetes: Der Speicher unter dem Schilfbet ist groß genug, um das Schilf in sommerlichen Trockenperioden mit Wasser zu versorgen, denn zu diesem Zeitpunkt im Jahr wird die Verdunstungskälte besonders benötigt.

Zu Grunde gelegt wird eine lange sommerliche Trockenperiode von 30 d, eine hohe Verdunstungsrate von 10 mm/d bei ausgewachsenen Sumpfpflanzen sowie ein Grobporenanteil des Sandbettes von 33 % [Scheffer/Schachtschabel, 2002]. Daraus ergibt sich eine minimale Tiefe des Schilfbeetes von 1 m, wenn das Verdunstungsbeet gegen Sickerverluste abgedichtet ist. Da Schilf 2 m tief wurzelt, wird eine Tiefe von 2 m für das Verdunstungsbeet empfohlen. Wenn das Beet dagegen nach unten offen zum anstehenden Lehm ist, wird eine Beettiefe von 2,50 m notwendig, um das notwendige Speichervolumen vorzuhalten. Die nachgeschaltete Flächenversickerung zur Aufnahme und Versickerung von Wasser der Starkregenereignisse kann mit Hilfe einer dynamischen Langzeitsimulation kleiner dimensioniert werden.

8.3 Dimensionierung der Bewässerung Liegewiese und Betriebswassernutzung

Für die Bewässerung wurde angenommen, dass 40 000 m^2 Liegewiese bewässert werden sollen, hierbei wurde eine Bewässerungsmenge von 30 l/100 m^2 (0,3 mm/d entsprechen 12.000 l/d) und eine Vorhaltezeit im Speicher von 30 Tagen zu Grunde gelegt. Das Dach mit einer Größe von ca. 6700 m^2 sollte dabei kein Gründach sein, da dies den Deckungsgrad der Bewässerung erheblich verringert. Dieser liegt zwischen 70 - 80 %. Das bedeutet, dass 70 – 80 % des benötigten Wassers für die Bewässerung durch Regenwasser bereitgestellt werden können. Bei 12.000 l/d macht dies eine durchschnittliche Trinkwassereinsparung von 8.400-9.600 l/d aus. Das entspricht bei einer Bewässerung von Mai - September 1.370 m^3/a . Durch den Anschluss der Parkplatzflächen von ca. 7.500 m^2 (Rasengittersteine, Beton und Asphaltflächen) an die Regenwassersammlung kann ein Deckungsgrad von 90% erzielt werden. Ein solcher Anschluss erfordert jedoch eine ausreichende Vorreinigung des Wassers, welche die Kosten erhöht. Die unten stehende Tabelle zeigt, dass die gewählte Speichergröße einen großen Einfluss auf den Deckungsgrad und auf die Reduzierung der benötigten Versickerungsfläche hat. Im Vergleich wurden hier 100 und 200 m^3 große Speicher gerechnet. Um die Reduzierung der Versickerungsfläche zu quantifizieren, wurde eine Langzeitsimulation durchgeführt, wie sie im FBR-Hinweisblatt H101 vorgestellt wird. Dafür

wurde die Software Storm mit einer 20 jährigen Regenreihe verwendet. Zusätzlich wurde die Dimensionierung mit den statistischen Kostra-Daten 2010 für ein fünf jähriges Regenereignis überprüft. Eine Verringerung der Versickerungsanlagengröße bei ausschließlicher Nutzung des Regenwassers für die Gartenbewässerung ist umstritten, da die Bewässerung nur halbjährlich stattfindet. Daher kann eine Zwangsentleerung der Zisterne vorgeschrieben werden. Die Nutzung des Regenwassers als Betriebswasser z.B. für die Toilettenspülung wird nur mit dem Abwasser des Daches empfohlen. Hierfür wurde von 200 Besucher*innen täglich, die jeweils 1,5 mal die Toilette benutzen (9l), ausgegangen.

Hier zeigt sich, dass die ausschließliche Nutzung für Toiletten keine nennenswerte Reduzierung der Versickerungsfläche ausmacht, wobei die genutzten Besucher*innenzahlen konservativ geschätzt wurden. Eine ausschließliche Nutzung für die Bewässerung hat eine 20%ige bis fast 30%ige Reduzierung zur Folge. Bei einer Kombination aus Betriebswassernutzung und Bewässerung kommt es sogar zu einer über 30%igen Reduzierung der Versickerungsfläche.

	Versickerungsfläche (m ²)	Angeschlossene Fläche (Nutzung)	Nutzung für	Vol. Zisterne (m ³)	Deckungs-grad %	RW-Ausnutzung %	Reduzierung der Versickerungsfläche um
Ohne Nutzung	13200						0,0%
RW-Nutzung Toilette	13100	Dach	Toilette	100	98,9	28	0,8%
RW-Nutzung Toilette & Garten	10200	Dach	Toilette & Garten	100	77	48	22,7%
RW-Nutzung Toilette & Garten	9200	Dach	Toilette & Garten	200	78	56	30,3%
RW-Nutzung Garten	10800	Dach	Garten	100	66	32	18,2%
RW-Nutzung Garten	9300	Dach	Garten	200	79	38	29,5%
RW-Nutzung Garten 2	10900	Dach &Parkplatz	Garten	100	73	22	17,4%
RW-Nutzung Garten 2	10300	Dach &Parkplatz	Garten	200	86	26	22,0%

8.4 Dimensionierung der Rückhaltung nach DWA-A 117

Eingangsdaten mit Gründach:

Flächenbezeichnung	Teilfläche A_E [m ²]	C_m gewählt	Teilfläche A_u [m ²]
Gründach	6672	0,2	1334,4
bestehender Parkplatz, Stellplätze	1500	0,2	300
bestehender Parkplatz, Wege	3000	0,7	2100
bestehender Asphaltweg	564	0,9	507,6
zusätzlicher Parkplatz, Stellplätze	833	0,2	166,6
zusätzlicher Parkplatz, Wege	1667	0,7	1166,9
	14236,00	0,39	5575,50
	$S A_E$	$\varnothing c_m$	$S A_u$

Berechnung und Ergebnis mit Gründach:

Wiederkehrintervall des Regens =		5 [a]
		0,2 [/a]
Fließzeit	$t_f =$	[min]
Drosselabfluss	$Q_{dr} =$	20,00 [l/s]
Summe aller Drosselabflüsse vor der Anlage	$Q_{dr,v} =$	[l/s]
Trockenwetterabfluss (Tagesmittel)	$Q_{t24} =$	[l/s]
= Regenanteil der Drosselabflussspende der undurchlässigen Fläche A_u	$q_{dr,r,u} =$	35,87 [l/s*ha]
Angeschlossene Fläche	$A_E =$	14.236,00 [m ²]
berechneter Abflussbeiwert	$c_m =$	0,39 -
Summe undurchlässiger Fläche	$A_u =$	5.575,50 [m ²]
Hohlraumanteil	$s_{RR} =$	0,95 -
gewählte Höhe des Rigols	$H =$	0,61 [m]
gewählte Breite des Rigols	$B =$	15,00 [m]
Abminderungsfaktor	$f_A =$	1,0 -
Sicherheitsfaktor	$f_z =$	1,2 -
berechnetes spezifisches Speichervolumen (netb)	$V_{s,u(D)} =$	230,78 [m ³ /ha]
maßgebende Regendauer	$D =$	45 [min]
maßgebende Regenspende	$r_{D(n)} =$	107,1 [l/s*ha]
ber. Volumen = $V_{s,u} * A_u =$	$V_{erforderlich, netb} =$	128,67 [m ³]

8.5 Dimensionierung einer separaten Flächenversickerung für den zusätzlichen Parkplatz

Eingangsdaten zusätzlicher Parkplatz:

Flächenbezeichnung	Teilfläche A_E [m ²]	C_m gewählt	Teilfläche A_U [m ²]
zusätzlicher Parkplatz, Stellplätze	833	0,2	166,6
zusätzlicher Parkplatz, Wege	1667	0,7	1166,9
	2500,00	0,53	1333,50
	$S A_E$	$\varnothing c_m$	$S A_U$

Berechnung und Ergebnisse:

Wiederkehrintervall des Regens =
Bemessungshäufigkeit Mulde

$$n_M = \begin{matrix} 5 \text{ [a]} \\ 0,2 \text{ [1/Jahr]} \end{matrix}$$

Angeschlossene Fläche
berechneter Abflussbeiwert

$$A_E = 2.500 \text{ [m}^2\text{]} \\ C_m = 0,53 \text{ -}$$

Summe undurchlässiger Fläche
gewählte Muldenbreite, oben
gewählte Muldenbreite, Sohle

$$A_U = 1.333,50 \text{ [m}^2\text{]} \\ b_M = 30,00 \text{ [m]} \\ b_{M, \text{Sohle}} = 30,00 \text{ [m]}$$

gewählte Muldenlänge
gewählte Versickerungsfläche der Mulde
Durchlässigkeitsbeiwert des Muldenbettes
Zuschlagsfaktor Mulde

$$L_M = 70,00 \text{ [m]} \\ A_{s, M} = 2100,00 \text{ [m}^2\text{]} \\ k_{f, M} = 5,0E-06 \text{ [m/s]} \\ t_{z, M} = 1,20 \text{ -}$$

erforderliche Muldentiefe
erforderliches Muldenvolumen

$$z_M = 0,05 \text{ [m]} \\ V_M = 109,3 \text{ [m}^3\text{]}$$

gewählte Muldentiefe
gewählte Muldenvolumen

$$z_{M, \text{gew}} = 0,10 \text{ [m]} \\ V_{M, \text{gew}} = 210,0 \text{ [m}^3\text{]}$$

Entleerungszeit der Mulde

$$t_E = 11,1 \text{ [h]}$$

8.6 Bewertung nach DWA-M 153

Für konventionelles Dach und gemeinsame Behandlung des Oberflächenablaufes.

Gewässerpunkte	G = 10,0		Verschmutzungen				Abflussbelastung B_i $B_i = f_i \cdot (L_i + F_i)$
	Größe $A_{u,i}$	Anteil f_i $f_i = A_{u,i} / S A_{u,j}$	Flächen F_i		Luft L_i		
Flächenbezeichnung			Typ	Punkte	Typ	Punkte	
Dach	6672,00 [m ²]	0,6114	F 2	8	L 1	1	5,50
bestehender Parkplatz, Stellplätze	300,00 [m ²]	0,0275	F 6	35	L 1	1	0,99
bestehender Parkplatz, Wege	2100,00 [m ²]	0,1924	F 4	19	L 1	1	3,85
bestehender Asphaltweg	507,60 [m ²]	0,0465	F 3	12	L 1	1	0,60
zusätzlicher Parkplatz, Stellplätze	166,60 [m ²]	0,0153	F 6	35	L 1	1	0,55
zusätzlicher Parkplatz, Wege	1166,90 [m ²]	0,1069	F 4	19	L 1	1	2,14
$\Sigma A_{u,i} =$			10913,10 [m ²]		Abflussbelastung $B = \Sigma B_i =$		13,63

maximal zulässiger Durchgangswert $D_{\max} = G / B$ 0,73

Es ist eine Regenwasserbehandlung erforderlich.

Vorbehandlungsmaßnahmen, natürlich:

Sickerfläche: 2.183 m²

Verhältnis zwischen angeschlossener Fläche und Sickerfläche(Au:As): 5,0

vorgesehene Behandlungsmaßnahmen (Tabellen 4a, 4b und 4c ATV-DVWK-M 153)	Typ	Spalte	Durchgangswerte D_i
			1,00
			1,00
			1,00
Versickerung durch 10 cm Oberbodenschicht	D 3	a	0,45
			1,00
Sonstige Massnahmen			1,00
Durchgangswert D = Produkt aller D_i (Kapitel 6.2.2 ATV-DVWK-M 153) =			0,45

Emissionswert $E = B \times D =$ **6,14**

$E / G =$ **0,61** $\leq 1,0$

Die gewählte Vorbehandlungsmaßnahme ist ausreichend.

8.7 Überflutungsnachweis

Dargestellt ist die Berechnung des notwendigen Überflutungsvolumens nach Arbeitsbericht der DWA-AG ES-3.1 "Versickerung von Niederschlagswasser: Erkenntnisse und

Erfahrungen bei der Anwendung des Arbeitsblatts DWA-A 138: Teil 1 Qualitative Hinweise (KA 2001 (58), Nr. 5, S. 442-450) in Anlehnung an DIN 1986-100.

Überflutungsnachweis nach Arbeitsbericht der DWA-AG ES-3.1 "Versickerung von Niederschlagswasser..." 2011

gesamte befestigte Fläche des Grundstücks	$A_{ges} =$	18.819 [m ²]
versickerungswirksame Fläche einer oberirdischen Versickerungsanlage	$A_S =$	14.000 [m ²]
Drosselabfluss	$Q_{Dr} =$	0,00 [l/s]
Versickerungsrate	$Q_S =$	6,05 [l/s]
gesamtes Speichervolumen der Versickerungsanlage (Einstautiefe 10 cm)	$V_S =$	1510 [m ³]
zurückzuhaltende Regenwassermenge	$V_{Rück} =$	<u>791 m³</u>

$$V_{Rück} = \left(\frac{r_{(D,30)} \cdot (A_{ges} + A_S)}{10000} - (Q_S + Q_{Dr}) \right) \cdot \frac{D \cdot 60}{1000} - V_S \geq 0 \quad (1)$$

$$V_{Rück} = [(r_{D,T} \times 18819 + 14000) / 10.000 - (6,048 + 0)] \times (D \times 60 / 1.000) - 1510$$

		Jährlichkeit 30	
$V_{D=5} =$	-1008 [m ³]	5	[min] 511
$V_{D=10} =$	-794 [m ³]	10	[min] 366
$V_{D=15} =$	-645 [m ³]	15	[min] 295
$V_{D=20} =$	-532 [m ³]	20	[min] 250
$V_{D=30} =$	-363 [m ³]	30	[min] 196
$V_{D=45} =$	-184 [m ³]	45	[min] 152
$V_{D=60} =$	-50 [m ³]	60	[min] 125
$V_{D=90} =$	49 [m ³]	90	[min] 90
$V_{D=120} =$	122 [m ³]	120	[min] 71
$V_{D=180} =$	222 [m ³]	180	[min] 51
$V_{D=240} =$	293 [m ³]	240	[min] 40
$V_{D=360} =$	394 [m ³]	360	[min] 29
$V_{D=540} =$	474 [m ³]	540	[min] 21
$V_{D=720} =$	526 [m ³]	720	[min] 16
$V_{D=1080} =$	565 [m ³]	1080	[min] 12
$V_{D=1440} =$	576 [m ³]	1440	[min] 9,2
$V_{D=2880} =$	791 [m ³]	2880	[min] 5,9
$V_{D=4320} =$	665 [m ³]	4320	[min] 4,4

Für den bestehenden Parkplatz wurde der Überflutungsnachweis separat nach der DIN 1986:100 durchgeführt. Gleichung 22 wird nicht betrachtet, da kein Rückhalteraum besteht oder vorgesehen ist.

Überflutungsnachweis nach DIN 1986-100

Eingangsdaten:

gesamte Gebäudedachfläche	$A_{\text{Dach}} =$	0 [m ²]
Spitzenabflussbeiwert Dachflächen	$C_{s,\text{Dach}} =$	0,00
	$C_{m,\text{Dach}} =$	
gesamte befestigte Fläche außerhalb der Gebäude	$A_{\text{FaG}} =$	7483 [m ²]
Spitzenabflussbeiwert befestigte Flächen außerhalb der Gebäude	$C_{s,\text{FaG}} =$	0,58
	$C_{m,\text{FaG}} =$	0,42
	$A_{\text{ges}} =$	7483 [m ²]

Festlegung des Wiederkehrintervalls für Gleichung 22

Das Wiederkehrintervall wird nach DIN EN 752 (Abschnitt 8.4.3.3 / Tabelle 2 und 3) festgelegt.

betrachtetes Gebiet	Stadtzentren, Industrie- und
Bemessungsverfahren	komplex
Wiederkehrintervall	30 [a]

Festlegung der Dauerstufe für die Gleichungen 20, 21 und 22

Die Dauerstufe wird nach DWA-A 118 festgelegt.

mittlere Geländeneigung	< 1%
Befestigungsgrad	≤ 50%
Dauerstufe	15 [min]

Bemessung der Rückhaltevolumens nach Gleichung 20

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

$D = 15$ [min]
 $T = 30$ [a]

$V_{\text{Rück, Gl.20}} = 137$ [m³]