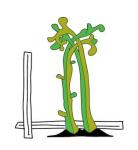


Universität für Bodenkultur Wien Department für Bautechnik und Naturgefahren Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau Vorsitzende: Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Rosemarie Stangl



Integratives Regenwassermanagement mit Fokus auf vertikale Gebäudebegrünung

Maßnahmenvorschläge für Möglichkeiten der Regenwasserbewirtschaftung an ausgewählten Objekten urbaner Siedlungsgebiete

Integrative stormwater management focusing on vertical greening of buildings

Catalogue of stormwater management measures at selected inner-city objects

Masterarbeit zur Erlangung des Akademischen Grades DI an der Universität für Bodenkultur Wien

Eingereicht von: Fabian Schiefermair, BSc, Matr. Nr.: 01226081

Betreuerin: Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Ulrike Pitha

Wien, 30.03.2020



Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt habe. Es wurden keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Formulierungen und Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Diese schriftliche Arbeit wurde noch an keiner Stelle vorgelegt.

Ort, Datum FABIAN SCHIEFERMAIR



Widmung und Danksagung

Diese Arbeit widme ich meinem Mitte März 2020 friedlich verstorbenen Opa Ing. Gottfried Wieser. Als naturliebender Bauingenieur und mit stets interessiertem Forschergeist beschäftigte er sich durch meine Studienarbeit auch noch im hohen Alter mit "neuartigen" Formen von Bauwerksbegrünung und naturnahen Stadtkonzepten.

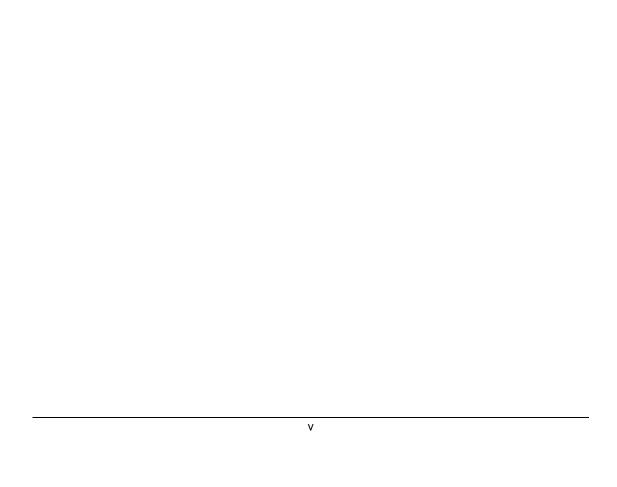
An dieser Stelle bedanke ich mich bei Ulrike Pitha, Oliver Weiss und Lisa Fichtenbauer für die gute Betreuung und stets freundliche Unterstützung bei der Erstellung dieser Arbeit.

Bei meiner Freundin Teresa Preglej bedanke ich mich für die geduldigen offenen Ohren bei oft ausführlichen Erzählungen rund ums Studium und konstruktiver Beratung und Hilfestellung bei Entscheidungen innerhalb der Masterarbeit.

Einen großen Dank spreche ich meinen Eltern Helga Wieser und Karl Schiefermair aus, die mir das Studieren durch finanzielle Mittel und stetiger Unterstützung weitestgehend sorgenfrei ermöglicht haben. Zahlreiches Korrekturlesen von Abschluss- und Seminararbeiten sowie ihr Interesse und Befürworten meiner Studienwahl bestärkten mich beständig.

Meinem Bruder Jan Schiefermair danke ich für den entscheidenden Hinweis auf das spannende Studium, ohne seinem aufmerksamen Zutun hätte ich unter Umständen andere Wege eingeschlagen.

Zu guter Letzt danke ich meinen Freundinnen und Freunden, StudienkollegInnen und dem "Betriebsausflug" für die gute gemeinsame Zeit in WG´s, diversen Projektarbeiten sowie abseits von Studium und Schule.



Abstract

Increasing land sealing and the consequences of climate change result in multiple negative implications on civilization, so as an elevating urban heat island effect (UHI), as well as a higher risk of flooding due to heavy rainfall events. This thesis depicts how to counteract these problems by integrative stormwater management (ISWM) with a special focus on using rainwater for the irrigation of vertical building greenery and thereby guiding it back to the natural water cycle in 10 city-center locations in Austria. The following questions will be answered: How high is the degree of sealing on the existing objects and what amounts of rainwater will be channelled into the canal? What kinds of ISWM-measures exist, or which would be suitable for the respective object? How can rainwater be used for the irrigation of the existing vegetation?

The results of an inventory evaluation and analysis of the objects shows that only a few ISWM-measures exist at individual objects and that most of the rainwater runoff is discharged into the sewer. An exception is the object in Seestadt-Aspern, where high runoff reduction is achieved by a green roof.

Of note, none of the objects use rainwater to irrigate their green walls. For most objects, rainwater harvesting for the irrigation of the greenery would be beneficial. However, the effect of rainwater retention depends strongly on the on-site storage volume and individual demands. Further measures such as unsealing, roof greening, rain gardens or underground infiltration systems could absorb precipitation quantities of up to a 30-yearly heavy rainfall event at some of these objects, depending on their suitability.

In summary, the potential to use different ISWM-measures at inner-city objects with vertical greenery is high, but the suitability depends on the given local circumstances. Given their importance for attenuating the UHI and the relief of sewers, the consideration of ISWM-strategies in urban planning is urgently needed.

Keywords: Water cycle, urban drainage, rainwater harvesting, facade greening, irrigation.



Kurzfassung

Die zunehmende Flächenversiegelung verstärkt mit Auswirkungen des Klimawandels den Effekt städtischer Hitzeinseln (UHI) und erhöht das Überflutungsrisiko durch Starkregenereignisse. Diese Arbeit befasst sich mit integrativem Regenwassermanagement (RWM) mit Fokus auf die Regenwassernutzung für die Bewässerung von Gebäudebegrünungen und erarbeitet Maßnahmen für 10 innerstädtische Objekte in Österreich mit dem Ziel der Wiederherstellung eines natürlichen Wasserkreislaufes. Dabei werden folgende Fragen beantwortet: Wie hoch ist der Versiegelungsgrad am Bestand und welche Niederschlagsmengen werden in den Kanal geleitet? Sind RWM-Maßnahmen vorhanden bzw. welche wären für das jeweilige Objekt geeignet? Wie kann Regenwasser für die Bewässerung der vorhandenen Begrünungen genutzt werden?

Die Ergebnisse einer Bestandsaufnahme und Analyse der Objekte zeigen, dass nur wenige RWM-Maßnahmen an einzelnen Objekten vorhanden sind und der Großteil der Niederschlagsabflüsse in den Kanal eingeleitet werden. Eine Ausnahme stellt das Objekt im Stadtentwicklungsgebiet Seestadt-Aspern dar, wo eine Abflussreduzierung durch eine flächige Dachbegrünung erfolgt.

Keine der wandgebundenen Vertikalbegrünungen werden mit Regenwasser versorgt, sondern vorwiegend mit Trinkwasser bewässert. Bei den meisten Objekten wäre eine Regenwassernutzung für die Bewässerung empfehlenswert, dabei hängt die erzielte Regenwasserretentionswirkung stark vom Speichervolumen und dem Wasserbedarf der Nutzung ab. Weitere Maßnahmen wie Entsiegelung, Dachbegrünung, Raingarden oder unterirdische Sickeranlagen könnten je nach Eignung an einigen Objekten Niederschlagsmengen bis zu einem 30-jährlichen Starkregenereignissen aufnehmen. Das Potential unterschiedlicher RWM-Maßnahmen an innerstädtischen Objekten mit Vertikalbegrünungen ist hoch, eine Eignung kommt jedoch auf die lokalen Gegebenheiten an. Die Bedeutung einer Überflutungssicherheit bei Starkregenereignissen und Abschwächung von Urban Heat Islands ist groß.

Keywords: Wasserkreislauf, Siedlungsentwässerung, Regenwassernutzung, Fassadenbegrünung, Bewässerung.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung			
Widmung und Danksagung	iv		
Abstract	vi		
Kurzfassung	viii		
1 Einleitung			
1.1. Problemstellung	12		
1.2. Forschungsbedarf und Fragestellung	16		
1.2.1. Forschungsfragen	16		
1.3. Zielsetzung und Abgrenzung	17		
1.4. Theoretische Grundlagen und Stand des Wissens	18		
1.4.1. Wasserhaushalt	18		
1.4.2. Regenwassermanagement	20		
1.4.3. Integrative naturnahe Regenwasserbewirtschaftung	23		
1.4.4. Vertikale Gebäudebegrünung	48		
Zusammenfassung der theoretischen Grundlagen	73		
2 Material und Methoden			
2.1 Untersuchungsobjekte	74		
Pflanzenliste der Objekte	77		
2.2 Forschungsdesign und Vorgehensweise	80		
Bestandsaufnahme Untersuchungsobjekte	81		
2 Analyse und Bewertung des Bestandes	83		
Ermittlung Grundflächenzahl und Versiegelungsgrad	84		
Niederschlagsberechnung und Dimensionierung	84		
Bestandsbewertung und Optimierungsbedarf	91		
3 Maßnahmenkatalog und Planungsempfehlungen	94		

3	Ergebnisse	98
	OBJEKT 1. Wohn- u. Geschäftshaus Fuhrmannsg.	99
	OBJEKT 2. GRG 7 - Kandlgasse	103
	OBJEKT 3. Boutiquehotel Stadthalle	109
	OBJEKT 4. Amtshaus Margareten	117
	OBJEKT 5. WUK	123
	OBJEKT 6. Hängende Gärten	131
	OBJEKT 7. Wohn- u. Praxishaus Apollogasse/Schottenfeldgasse	
	OBJEKT 8. At the Park Hotel	143
	OBJEKT 9. Wohn- u. Geschäftshaus J2 Seestadt Aspern	149
	OBJEKT 10. Bürogebäude MA 48	155
4	Diskussion und Conclusio	
5	Ausblick	174
6	Zusammenfassung	
7	Literatur	
8	Tabellenverzeichnis	
9	Abbildungsverzeichnis	
10	Anhang	
	A1-A4	
	B1-B10	
11	Curriculum vitae	



1 Einleitung

"Ohne Regeneration der Natur keine Regenrationen" (RICHTER 2007).

Im Einleitungskapitel wird ein kurzer Überblick über die Folgen zunehmender Urbanisierung mit einhergehender Flächenversiegelung, sowie Auswirkungen Klimawandels des betreffend Urban Heat Islands und Starkregenereignissen als Problemaufriss für die vorliegende Arbeit gegeben. Anschließend wird der Forschungsbedarf mit erarbeiteten Forschungsfragen und Zielsetzung dieser Arbeit beschrieben.

Der Grundlagenteil fasst den aktuellen Stand des Wissens über Themen der integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung und vertikaler Gebäudebegrünung zusammen und fokussiert auf Wesentliches für die Forschung dieser Arbeit.

1.1. Problemstellung

In der Problemstellung werden die für das Forschungsthema maßgeblichen Gründe und Auswirkungen kompakt erläutert, um die Relevanz einer Auseinandersetzung mit diesem Thema aufzuzeigen.

Urbanisierung

Weltweit ist zu beobachten, dass immer mehr Menschen in Städte ziehen. Mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung lebt schon jetzt in Städten und diese Zunahme an StadtbewohnerInnen schreitet weltweit vor allem in sogenannte Mega-Metropolen rasant voran (UN-HABITAT 2016). In Europa zählt Wien zu einer der wachsenden Hauptstädte und es wird ein stetiger Zuwachs der Stadtbevölkerung verzeichnet. Laut der ÖROK-Bevölkerungsprognose wird in der Bundeshauptstadt Wien bis 2040 ein Plus von 16,6 % Personen gegenüber 2018 prognostiziert. Bereits 2024 soll die Zwei-Millionen-Marke an EinwohnerInnen erreicht sein (HANIKA 2019).

Flächenversiegelung

Einhergehend mit dem Städtewachstum und dem Ausbau von Infrastruktur wird stetig zunehmend Boden versiegelt. In Wien liegt der Gesamtversiegelungsgrad der in Anspruch genommenen Flächen bei 43,7 % (UMWELTBUNDESAMT 2018). Mit dem Verbau von Bodenflächen durch versiegelnde Materialien wie Asphalt oder Beton wird der Luft- und Wasseraustausch des Bodens mit der Atmosphäre unterbunden. Die Versickerung von Niederschlagswasser ist auf diesen Flächen nicht möglich, was einerseits zu einem erhöhten Regenwasserabfluss führt und andererseits den natürlichen Wasserkreislauf in Städten unterbindet (Li et al. 2017).

Klimawandel

Die Tatsache, dass sich das globale Klima in einem Wandel befindet, ist bekannt und weitläufig akzeptiert. Die weitreichenden Folgen sind bereits sichtbar und führen zu einem enormen Ausmaß an Schäden. Zunehmende Trockenperioden und Extremwetterereignisse sind globale Ereignisse, die durch den Klimawandel stark beeinflusst werden. In einer Großstadt wie Wien ist der stärkste Einfluss durch die Veränderung der Temperatur erkennbar. Einerseits erhöhen sich die mittleren Temperaturen, vor allem aber nehmen die Temperaturextremen zu. Diese äußern sich an einer Zunahme sowohl von Hitzetagen als auch Frosttagen. Als weitere Auswirkung sind die jahreszeitliche Verlagerung und die Zunahme an Niederschlagsintensitäten in Wien messbar (KROMP-KOLB et al. 2007).

Urban Heat Islands (UHI)

Das Phänomen der städtischen Hitzeinseln wird durch den Temperaturunterschied zwischen Umland und bebauter Stadt definiert. Vom Stadtrand hin zur dicht bebauten Stadtmitte ist eine grundlegende Zunahme der Temperatur messbar. Die Höchsttemperaturen werden an sogenannten "hot points" wie auf vollversiegelten Parkflächen oder in Industriegebieten erreicht (BRANDENBURG et al. 2015).

Die Versiegelung und Bebauung natürlicher durchlässiger Oberflächen werden als Hauptursache bei der Entstehung von urbanen Wärmeinseln erkannt. Aufgrund der fehlenden Vegetationsbedeckung und Überbauung wasserspeichernder Böden können Niederschlagswasser nicht aufgenommen werden und Verdunstungsprozesse (Transpiration und Evaporation) kaum stattfinden, welche jedoch einen wichtigen Beitrag zur Kühlung der Umgebung haben. Eine weitere Ursache der Temperaturerhöhung sind die wärmeabsorbierenden Oberflächen und Geometrie von Gebäuden. Eine geringere Reflektion von Sonneneinstrahlung, erhöhte langwellige Ausstrahlung, sowie eine behinderte Luftzirkulation aufgrund der Bebauung verstärken den städtischen Wärmeinseleffekt zusätzlich.

Diese Bedingungen werden dazu führen, dass in Zukunft sowohl Tage mit sommerlicher Überhitzung zunehmen, als auch deren Intensität durch die Klimaerwärmung verschärft wird (KUTTLER 2011).

Im UHI Strategieplan Wien wurden neben strategischen Plänen auch konkrete Maßnahmen auf unterschiedlichen Ebenen erarbeitet, die eine Anpassung der Stadt auf die Auswirkungen wachsender Siedlungsräume und Klimaveränderungen begünstigen sollen.

Ein für die vorliegende Arbeit relevanter Themenblock beschreibt Maßnahmen der Gebäudebegrünung (Dachbegrünung, Fassadenbegrünung) zur Kühlung von

Gebäuden, ein weiterer behandelt Maßnahmen zur Entsiegelung und Bewässerung im Bereich des Regenwassermanagements. Diese Maßnahmen bewirken eine Verbesserung des Mikroklimas und eine geringfügige Verbesserung des Mesoklimas im Stadtgebiet (BRANDENBURG et al. 2015).

Starkregenereignisse

Einerseits führen die beschriebenen Veränderungen im urbanen Raum, wie die zunehmende Oberflächenversiegelung, zu einer Vergrößerung der Einzugsgebiete von Niederschlagsabflüssen, was bei Überlastung des Kanalsystems während Starkregenereignissen zu einem erhöhten Risiko von Überflutungen führt. Andererseits werden als Folge des globalen Klimawandels eine Zunahme an kleinräumigen Starkregenereignissen verzeichnet. Die Kombination dieser Veränderungen haben erheblichen Einfluss auf die städtische Wasserinfrastruktur und auf das Risiko von Überflutungsereignissen. Eine zukunftsorientierte Planung ist gefordert, um Adaptierungen der bestehenden Wasserinfrastruktur zu forcieren und nachhaltige Systeme zu schaffen (MIKOVITS et al. 2015).



1.2. Forschungsbedarf und Fragestellung

Die Nutzung von Regenwasser in unterschiedlichsten Formen ist zwar in der Menschheitsgeschichte lange bekannt, verliert jedoch mit dem Ausbau der flächigen Wasserversorgung und Kanalisation in den Städten an Bedeutung. Aufgrund der Folgen des Städtewachstums und durch den Klimawandel beschleunigten Zunahme an Hitzetagen in Städten, sowie der Häufung von Starkregenereignissen gewinnt das Thema einer zukunftsorientierten Regenwasserbewirtschaftung stark an Bedeutung. Die Forcierung von Forschungsprojekten und Möglichkeiten der Umsetzungen einer integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung erfolgt zunehmend auch von Seiten der Stadtverwaltungen und Forschungseinrichtungen.

Allgemeine Methoden und detaillierte Systembeschreibungen zu verschiedenen Arten der Regenwasserbewirtschaftung existieren zwar in Literatur und Regelwerken, die Möglichkeiten der Umsetzungen an innerstädtischen Bestandsgebäuden sind jedoch bislang wenig eruiert bzw. dokumentiert.

Neben Zielen wie der Überflutungsvorsorge und Schaffung eines naturnahen Wasserkreislaufs, ist ein weiterer Aspekt die Ausweitung von grünen Infrastrukturen, die besonders in urbanen, exponierten Lagen aufgrund der hohen Dichte und versiegelten Flächen oft auf eine künstliche Wasserversorgung angewiesen sind. Um diesen Wasserbedarf nachhaltig decken zu können, bedarf es neuer kombinierter Lösungen für die Nutzung von Regenwasser vor Ort. Im Speziellen ist die Betrachtung von Möglichkeiten der Regenwassernutzung für die Wasserversorgung von vertikalen Begrünungen an Gebäuden ungenügend erforscht und bedarf einer genaueren Auseinandersetzung.

In dieser Arbeit werden neue Erkenntnisse für den Umgang mit Regenwasser speziell mit dem Fokus auf vertikale Gebäudebegrünungen anhand von Bestandsobjekten im innerstädtischen Raum erarbeitet.

1.2.1. Forschungsfragen

Folgende Forschungsfragen werden im Zuge dieser Arbeit erforscht und beantwortet:

1. Welche Gebäudeausstattungen und Freiraumbeschaffenheiten sind bezogen auf den Umgang mit Regenwasser bei innerstädtischen Gebäuden relevant? Wie sind diese bei den Untersuchungsobjekten vertreten?

- Wie hoch ist der Anteil versiegelter und undurchlässiger Oberflächen bei den untersuchten Objekten?
- Welche Abflussmengen werden im Jahresdurchschnitt und bei einem Starkregenereignis bei den einzelnen Objekten in den Kanal eingeleitet?
- Sind Maßnahmen einer integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung bei den Untersuchungsobjekten vorhanden und wenn ja welche?
- **2.** Welche zukunftsorientierten Arten der Regenwasserbewirtschaftung sind für den Außenraum der Untersuchungsobjekte möglich und sinnvoll?
- **3.** Wie kann Regenwasser als Ressource für vertikale Gebäudebegrünungen bei den Untersuchungsobjekten genutzt werden?

1.3. Zielsetzung und Abgrenzung

vorliegenden Arbeit werden Möglichkeiten für eine nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung in urbanen Siedlungsgebieten erarbeitet und diskutiert, Ziel Überflutungssicherheit mit dem der und Wiederherstellung des Wasserkreislaufes. Die Untersuchung beschränkt sich auf Maßnahmen im Außenraum von Gebäuden und fokussiert die Möglichkeiten der Regenwassernutzung für vertikale Gebäudebegrünungen.

Die Wirkungen von Gründächern auf den Regenwasserrückhalt werden schon länger umfassend erforscht und sind nicht Forschungsgegenstand dieser Arbeit. Der Schwerpunkt liegt auf der gemeinsamen Betrachtung von integrativem Regenwassermanagement und vertikaler Gebäudebegrünung.

Anhand der Untersuchung von insgesamt zehn Objekten in Wien und Niederösterreich entsteht eine Beispielsammlung von Gebäuden mit unterschiedlichen Fassadenbegrünungen und die vorhandene Nutzung bzw. das Potenzial für eine nachhaltige Regenwasserbewirtschaftung wird ersichtlich.

Die Untersuchungsobjekte werden einzeln anhand ihres Bestandes analysiert und bewertet. Einerseits werden die vorhandenen Fassadenbegrünungen, Freiraumausstattungen und regenwasserrelevante gebäudebezogene Daten aufgenommen und weiters die Grundflächenzahl, Versiegelungsgrad und die zu erwartende Abflussmengen verschiedener Niederschlagsszenarien ermittelt. Anhand der Bestandsanalyse und Bewertung können konkrete Maßnahmen für eine mögliche Aufrüstung der Regenwassernutzung abgeleitet und erarbeitet werden. Die jeweiligen Vor- und Nachteile der verschiedenen Aufrüstungsmaßnahmen werden abgewägt und eine Planungsempfehlung abgeleitet.

1.4. Theoretische Grundlagen und Stand des Wissens

Die in der Problemstellung beschriebenen Folgen der Urbanisierung mit zunehmender Flächenversiegelung führen gemeinsam mit klimatischen Veränderungen zu Problemen in Stadtgebieten. Die Auswirkungen städtischer Hitzeinseln auf den Menschen und die Überflutungsgefahr durch eine Zunahme von Starkregenereignissen erfordern neue fächerübergreifende Betrachtungen in den Bereichen der Grundstücksentwässerung und der Gebäudebegrünung. Zum Schutz der Umwelt und Erhaltung bzw. Erhöhung der Lebensqualität für den Menschen besteht ein Bedarf von nachhaltigen kombinierten Lösungen in der Stadt.

Dazu wird folgend ein Überblick über die Grundlagen des Wasserhaushalts und der Verdunstungsprozesse erläutert und anschließend die verschiedenen Möglichkeiten einer integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung, sowie Systeme der vertikalen Gebäudebegrünung beschrieben.

1.4.1. Wasserhaushalt

Das gesamte Wasservorkommen auf der Erde setzt sich aus dem Salzwasser der Meere mit einem Anteil von 97,4 %, aus dem Eis der Pole und Gebirge mit 2,0 % und aus Süßwasser von Flüssen, Seen und dem Grundwasser mit dem geringsten Anteil von 0,6 % zusammen (Zeltwanger 2014).

Das Wasser befindet sich in einem permanenten Kreislauf, der durch die Sonnenenergie angetrieben wird. Niederschlag fällt auf die Erdoberfläche, wobei etwa die Hälfte davon unmittelbar verdunstet. Der verbleibende Niederschlag gelangt durch Versickerung und Abfluss in das Grundwasser bzw. durch Fließgewässer schlussendlich ins Meer, wo es durch Verdunstung wieder aufsteigt. Dieser grob vereinfacht beschriebene Kreislauf kann durch die sogenannte Wasserhaushaltsbilanz anhand einer Gleichung ausgedrückt werden (ZELTWANGER 2014):

$$N = A_0 + A_U + E + T + (\pm S)$$

- N Niederschlag
- A_{θ} Abfluss oberirdisch
- A_{II} Abfluss unterirdisch
- *E* Evaporation (Verdunstung am Boden/Wasseroberflächen)
- *T* Transpiration (Verdunstung der Pflanzen)
- S Grundwasserspeicher

Die Menge des Niederschlagwassers wird in Teilmengen oberirdisch und unterirdisch abgeleitet, durch Evaporation auf Boden- und Wasseroberflächen und durch

Transpiration der Pflanzen wieder verdunstet, sowie im Grundwasserkörper gespeichert bzw. wieder abgegeben (ZELTWANGER 2014).

Wasserabgabe/Verdunstungsprozesse

Für die vorliegende Arbeit mit Fokus auf vertikale Begrünung sind die Effekte der Transpiration und Evaporation von Bedeutung und werden folgend als Grundlage beschrieben.

Evaporation

Die Evaporation beschreibt den Verdunstungsvorgang von unbewachsenen Bodenoberflächen, freien Wasseroberflächen oder anderen Oberflächen ohne Pflanzen. Dabei erfolgt ein Phasenwechsel von flüssigem Wasser zu Wasserdampf, der in die Atmosphäre abgegeben wird (Novák 2011).

Transpiration

Die Wasserabgabe von oberirdischen Pflanzenteilen in Form von Wasserdampf wird als Transpiration bezeichnet. Dabei handelt es sich um einen physikalischen Vorgang aufgrund des Wasserpotenzialgefälles zwischen der Atmosphäre und der Pflanze. Neben der Wasser- und Nährstoffversorgung des Sprosses erfolgt im Zuge der Transpiration auch eine Wärmeabfuhr, was eine übermäßige Erhitzung der Blätter bei hoher Strahlungsintensität verhindert. Bei Kormophyten (Samenpflanzen und Farne) wird am meisten Wasserdampf über die Blätter abgegeben. Dabei gelangt der Hauptanteil über die Spaltöffnungen (Stomata), sowie ein geringer Anteil über die weitere Außenhaut (Cuticula der Epidermiszellen) in die Atmosphäre. Im Vergleich zur Wasserdampfabgabe einer freien Wasseroberfläche erreicht die stomatäre Transpiration aufgrund des Randeffekts (vergrößertes Diffusionsfeld Spaltöffnungen) ebenso hohe Werte mit bis zu 70 % der Wasserflächen-Evaporation. Dabei ist die Transpiration über die Spaltöffnungen stark von Außenfaktoren wie dem Lichtangebot, der Luftfeuchtigkeit, der Temperatur und der CO₂-Konzentration in der Umgebung abhängig (WILD & SCHMITT 2012).

Evapotranspiration

Bei einer mit Vegetation bewachsenen Fläche erfolgt eine Wasserabgabe an die Atmosphäre sowohl durch Evaporation von der Bodenoberfläche als auch durch Transpiration von den Oberflächen oberirdischer Pflanzenteile. Bei der gemeinsamen Betrachtung bildet die Summe der Wasserabgabe aus Boden und Pflanzen in die Umgebung die sogenannten Evapotranspiration. Die Evapotranspiration ist ein zentraler Prozess im weltweiten Wasser- und Energiehaushalt und essenziell für die Stabilisierung der Lufttemperatur (Novák 2011).

1.4.2. Regenwassermanagement

Seit dem flächendeckenden Ausbau der neuzeitlichen Kanalisation erfolgt der Umgang mit Niederschlagswässern in Siedlungsgebieten traditionellerweise anhand einer raschen Ableitung durch ein Kanalsystem. Gemeinsam mit den Abwässern von Haushalten und Industrie wird das Regenwasser so schnell wie möglich abgeleitet und nach einer Behandlung und Säuberung in einer Kläranlage einem Vorfluter (z.B. Donau) zugeführt. Die Abführung des Regenwassers wirkt sich negativ auf den Wasserhaushalt aus, da es nicht am Ort des Niederfallens versickern bzw. verdunsten kann, sondern aufwendig einem Vorfluter zugeleitet wird, der schlussendlich ins Meer führt. Die gemeinsame Ableitung und Klärung des Niederschlagwassers mit den häuslichen Abwässern hat außerdem einen negativen Einfluss auf die Qualität der Gewässer, in welche das Mischwasser am Ende eingeleitet wird (ZELTWANGER 2014).

Ein anderer Aspekt ist die Zunahme an Starkregenereignissen, die in den letzten Jahren vermehrt zu Überschwemmungen in urbanen Siedlungsgebieten geführt haben (ILLGEN 2017). Als Starkregen wird ein Ereignis bezeichnet, bei dem große Niederschlagsmengen in kurzer Zeiteinheit auftreten. Da herkömmliche Stadtentwässerungen nicht für derartige Starkniederschlagsereignisse ausgelegt sind und der Versiegelungsgrad in Städten zunimmt, kommt es zu Überflutungen (Huwe 2017). In Deutschland werden Entwässerungsanlagen gemäß der DIN EN 752 und dem Regelwerk DWA-A 118 nach Niederschlagsereignissen mit einer Wiederkehr von ein- bis zehn Jahren dimensioniert. Dieser Bemessungswert der Häufigkeiten entspricht nicht den weit größeren Niederschlagsmengen, die bei einem Starkregenereignis auftreten können. Bestehende Siedlungsentwässerungssysteme können durch zusätzliche Rückhalte- und Ableitmöglichkeiten erweitert werden und so die Folgen urbaner Sturzfluten vermindern (Huwe 2017).

Ein Ansatz mit dem Ziel, Regenwasserabfluss zu vermeiden, ist die naturnahe Regenwasserbewirtschaftung. Abgekoppelt bzw. getrennt vom Kanalnetz soll der Niederschlag möglichst am Ort des Niederfallens versickert bzw. genutzt werden. Neben dem Rückhalt von großen Niederschlagsmengen, muss auch eine (natürliche) Reinigung des Regenwassers gegeben sein. Unter anderen werden folgende Ziele bei einer naturnahen Regenwasserbewirtschaftung verfolgt (Zeltwanger 2014):

- Beitrag zum Erhalt des natürlichen Wasserkreislaufes
- Beitrag zur natürlichen Gewässerneubildung
- Entlastung von Entwässerungssystemen
- Verringerung von Hochwasserabflüssen

Oberflächenabfluss

Hauptverantwortlich für die Unterbindung der natürlichen Versickerung von Niederschlagswasser ist die großflächige Versiegelung der Siedlungsräume. Bauflächen, Verkehrsflächen, Betriebsflächen und Freizeitflächen sind in urbanen Siedlungsräumen größtenteils mit harten Oberflächen befestigt. In Wien liegt der Gesamtversiegelungsgrad der in Anspruch genommenen Flächen bei 43,7 % (UMWELTBUNDESAMT 2018). Die hauptsächlich verwendeten Oberflächenmaterialien wie Asphalt, Beton und harten Dachdeckungen sind fast gänzlich undurchlässig für den Wasser- und Luftaustausch. Der Niederschlag, der auf undurchlässige Oberflächen fällt, kann nicht direkt vom Boden aufgenommen werden und es entsteht ein Abfluss. Je nach Material und Oberflächenbeschaffenheit wird ein geringer Teil des Regenwassers in kleinen Vertiefungen aufgenommen und zurückgehalten bzw. verdunstet direkt.

Die unterschiedlichen Abflusseigenschaft von verschiedenen Oberflächen können mit einem Abflussbeiwert ausgedrückt werden. Dieser Beiwert gibt an, wieviel Prozent des auftretenden Niederschlagwassers abfließt (siehe Tab. 1). Bei einem Wert von bis zu 1,0 (z.B. Asphaltflächen oder hartgedeckte Dachflächen) ist mit einem Abfluss von bis zu 100 % der anfallenden Niederschlagsmengen zu rechnen. Bei intensiv begrünten Dächern mit einem entsprechenden Aufbau (gemäß ÖNORM L 1131 sowie ÖNORM B 2501) ist nur noch mit einem Niederschlagsabfluss von 30 % zu rechnen (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2013). Eine Übersicht über unterschiedliche Abflussbeiwerte ist in der ÖNORM B 2506-1: 2013 08 01 für Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen, sowie in der DIN 1986-100: 2016 12 für Gebäude und Grundstücksentwässerung angegeben und in folgender Tabelle zusammengefasst.

Tab. 1: Abflussbeiwerte verschiedener Entwässerungsflächen. Quelle: Eigene Bearbeitung nach (Österreichisches Normungsinstitut 2013) und * (Heinrichs 2016)

Art der Entwässerungsfläche	Abflussbeiwert a _n ÖNORM B 2506-1	Spitzen- Abflussbeiwert C _s DIN 1986-100	Mittlerer Abflussbeiwert C _m DIN 1986-100
hartgedeckte Dächer	1,0		
Schräg/Flachdach: Metall, Glas, Schiefer, Faserzement *		1,0	0,9
Schrägdach: Ziegel, Abdichtungsbahnen *		1,0	8,0
Flachdach: Metall, Glas, Faserzement, Abdichtungsbahnen *		1,0	0,9
Flachdach: Kiesschüttung *		0,8	0,8
extensiv begrünte Dächer (> 5° *)	0,5	0,7	0,4
extensiv begrünte Dächer (≤ 5° bis 10 cm Aufbau*)		0,5	0,3
extensiv begrünte Dächer (≤ 5° ab 10 cm Aufbau*)		0,4	0,2
intensiv begrünte Dächer (ab 30 cm Aufbau*)	0,3	0,2	0,1
befestigte Wege und Höfe (Beton-, Asphaltdecken*)	0,8 – 1,0	1,0	0,9
bef. Flächen mit Fugendichtung (Pflaster mit Fugenverguss)*		1,0	0,8
Betonsteinpflaster, in Sand/Schlacke verlegt (Platten) *		0,9	0,7
Pflasterflächen, Fugenanteil > 15 % (z.B. 10 x 10 cm)		0,7	0,6
Kieswege (verdichtet), fester Kiesbelag*	0,6 - 0,8	0,7	0,6
Wassergebundene Flächen*		0,9	0,7
lockerer Kiesbelag, Schotterrasen*		0,3	0,2
Verbundsteine mit Sickerfugen, Sicker-/Drainsteine		0,4	0,25
Rasengittersteine, häufige Belastung (z.B. Parkplatz) *		0,4	0,2
Rasengittersteine, seltene Belastung (Feuerwehrzufahrt) *		0,2	0,1
Kunststoff-Flächen, Kunststoffrasen (Sportflächen)*		0,6	0,5
Rasenflächen (Sportflächen)*		0,2	0,1
Grünflächen und Rasengittersteine	< 0,5		
Parkanlagen, Rasenflächen, Gärten (flaches Gelände) *		0,2	0,1
Parkanlagen, Rasenflächen, Gärten (steiles Gelände) *		0,3	0,2

Je nach Ausführungsart und Beschaffenheit variieren die Abflusswerte, die auch zum Teil unterschiedlich in der Literatur angegeben sind. Für die Bemessung von Sickeranlagen sind laut ÖNORM B 2506-1 die Abflussbeiwerte a_n heranzuziehen (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2013). Laut DIN 1986-100 sind für die Bemessung von Dachentwässerung und Grundleitungen die Spitzenabflussbeiwerte C_s und für die Berechnung des Volumens von Niederschlagswasserrückhaltebecken die mittleren Abflussbeiwerte C_m zu verwenden (HEINRICHS 2016).

1.4.3. Integrative naturnahe Regenwasserbewirtschaftung

Im deutschen Wasserhaushaltsgesetz (WHG) sind Gewässer als Bestandteil des Naturhaushalts beschrieben. Gewässer sind als nutzbares Gut zu schützen, da sie Lebensgrundlage des Menschen und Lebensraum von Tieren und Pflanzen sind. Dies soll durch eine nachhaltige Gewässerbewirtschaftung erzielt werden (ZELTWANGER 2014).

Im Wesentlichen können die einzelnen Möglichkeiten einer integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung neben der Flächenentsiegelung zur Abflussvermeidung bzw. Verminderung in drei Funktionsgruppen unterteilt werden:

- Regenwasserversickerung
- Regenwasserretention
- Regenwassernutzung

Durchlässige Oberflächenbefestigungen

Durchlässige befestigte Oberflächen, die eine Versickerung des Niederschlages ermöglichen, sind eine gute Regenwassermanagementmaßnahme, ohne Nutzungsansprüche der Fläche einschränken zu müssen. Diese Form der direkten Versickerung ist für Parkplätze, selten befahrene Straßen, FußgängerInnenzonen und andere beanspruchte Flächen geeignet. Das herabfallende Wasser kann durch die Öffnungen und Fugen des Oberflächenmaterials in das darunter liegende Substrat eindringen. Das Substrat kann das Regenwasser filtern und ermöglicht je nach Systemausführung eine Versickerung in den anstehenden Boden vor Ort oder in ein Drainagesystem. Durchlässige Oberflächen ermöglichen die Versorgung von Boden und Vegetation mit Wasser und können so zu einem natürlichen Wasserkreislauf beitragen (HOBAN 2019).

Es gibt verschiedene Arten der wasserdurchlässigen Flächenbefestigungen, die zum Teil begrünbar sind. Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über verschiedene Möglichkeiten der Oberflächenbefestigungen, deren Eignung für unterschiedliche Nutzungszwecke, sowie deren Versickerungsleistungen.

Tab. 2: Wasserdurchlässige Oberflächenbefestigungen. Quelle: Eigene Bearbeitung nach RP Karlsruhe 2003 in (Zeltwanger 2014) und * (Grat 2009)

	Eignung von Nutzungsarten				lich	bun
Oberflächenbefestigung	Gehweg	Fahrbereich	Platzbereich	Kfz-Stellplatz	Vegetationsfreundlich	Versickerungsleistung
Grasnarbe	bedingt	nein	bedingt	nein	gut	80-100 %
Schotterrasen	gut	gut	bedingt	gut	gut	70-80 %
Rasengittersteine	bedingt	gut	gering	gut	bedingt	50-90 %
Rasenfugenpflaster	gut	gut	gut	gut	bedingt	30-50 %
Rindenmulch	gut	bedingt	bedingt	bedingt	nein	80-100 %
Kies- / Splittdecke	gut	bedingt	bedingt	bedingt	nein	50-60 %
Beton- / Natursteinpflaster Beton- / Asphaltbelag (wasserdurchlässig)	gut	gut	gering	gut	nein	bis 100 %
Wassergebundene Decke *	gut	bedingt	gut	gut	nein	gut
Kunstharzgebundener Belag *	gut	gut	gut	gut	nein	gut

Aufgrund der Verschlammung durch Einschwemmen von organischen und mineralischen Feinanteilen kann die Sickerfähigkeit im Laufe der Zeit abnehmen, was zu einer Zunahme an Abflüssen einiger dieser Flächen führen kann. Grundsätzlich werden wasserdurchlässige Oberflächen nicht mehr als Anlagen der Flächenversickerung gesehen und deshalb auch in getrennten Kapiteln erläutert (GRIMM 2010).

Versickerungsanlagen

Naturnahe Entwässerungssysteme können alternativ oder in Kombination zur konventionellen Trenn- oder Mischkanalisation angewendet werden und die Nachbildung eines natürlichen Wasserkreislaufes ermöglichen. Es gibt mehrere Varianten der naturnahen Regenwasserversickerung, die sich vor allem im Flächenbedarf, dem Errichtungsaufwand und der Reinigungsleistung unterscheiden. Wichtig für die Auswahl des passendes Versickerungssystems sind die anfallenden Niederschlagsmengen, die Abflusswirksamkeit der Oberflächen, die Sickerleistung und Bodenbeschaffenheit, sowie die Bebauungsdichte (ZELTWANGER 2014).

Die Versickerungssysteme lassen sich in Varianten unterteilen, die eine Reinigung der Niederschlagsabflüsse durch die Versickerung einer belebten Bodenschicht ermöglichen:

- Flächenversickerung
- Muldenversickerung
- Raingarden
- Mulden-Rigolen-System
- Beckenversickerung
- Teichversickerung

Weitere Versickerungsanlagen, die Niederschlagsabflüsse ohne Filterung durch eine belebte Bodenschicht, in den Untergrund versickern:

- Rigolen-/ Rohrversickerung
- Schachtversickerung

Aufgrund der geringeren Reinigungsleistung von Sickeranlagen ohne belebte Bodenschicht, können eingeschwemmte Schadstoffe in tiefere Bodenschichten einsickern und schließlich ins Grundwasser gelangen. Um den Grundwasserschutz zu erhöhen, sollte vor allem bei Einleitung von Abflüssen belasteter Oberflächen ein Versickerungssystem mit belebter Bodenschicht gewählt werden (Zeltwanger 2014). Die Eignung von verschiedenen Entwässerungssystemen aufgrund der Herkunftsfläche von Niederschlagsabflüssen ist unter dem Punkt "Schadstoffe im Oberflächenabfluss" genauer erläutert.

Die Sickerfähigkeit des Untergrundes ist auch ein Wahlkriterium für die Eignung der entsprechenden Entwässerungsanlage und kann durch den Durchlässigkeitsbeiwert k_f angegeben werden. Dieser kann durch Sickerversuche (Feldversuche) für jeden Standort ermittelt werden, sofern keine örtlichen Durchlässigkeitsbeiwerte bekannt sind. Der k_f -Wert [m/s] entspricht auch der Sickergeschwindigkeit v_f [mm/min], die zur Bestimmung der Sickerleistung verwendet werden kann (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2013). Typische Bodenkennwerte mit entsprechender Sickergeschwindigkeit sind in der ÖNORM B 2506-1: 2013 08 01 angeführt und in folgender Tabelle zusammengefasst.

Tab. 3: Durchlässigkeitsbeiwerte und Sickergeschwindigkeit verschiedener Bodenarten. Quelle: Eigene Bearbeitung nach (Österreichisches Normungsinstitut 2013)

Bodenart	k _f [m/s]	v _f [mm/min]
Kies	10 ⁻¹ – 10 ⁻³	6000 - 60
sandiger Kies	10 ⁻³ – 10 ⁻⁴	60 - 6
Mittelsand	10 ⁻³ – 10 ⁻⁵	60 – 0,6
humoser Oberboden	10 ⁻³ – 10 ⁻⁶	60 – 0,06
schluffiger Sand	10 ⁻⁵ – 10 ⁻⁷	0,6-0,006
Schluff	10 ⁻⁶ – 10 ⁻⁹	0,06 - 0,00006
toniger Schluff	10 ⁻⁷ – 10 ⁻¹¹	0,006 - 0,0000006

Die folgenden Versickerungsvarianten ermöglichen eine Reinigung der Niederschlagsabflüsse durch eine belebte Bodenschicht und sind bei gegebenem Flächenangebot gegenüber unterirdischen Systemen bevorzugt einzusetzen.

Flächenversickerung

Das Niederschlagswasser wird ohne Aufstau direkt auf der Fläche versickert und entspricht am ehesten einer natürlichen Versickerung (siehe Abb. 1-1). Durch den bewachsenen Boden kann das Regenwasser gut gereinigt in den Untergrund versickern. Dafür ist ein gut bis mäßig durchlässiger Untergrund (k_f -Wert > 10^{-5} m/s) mit gut sickerfähigem Boden notwendig (MUSCHALLA et al. 2014). Die Sickerleistung muss dabei höher als der Regenabfluss sein.

Die Fläche lässt eine vielseitige Nutzung zu, benötigt einen geringen technischen Herstellungs- und Wartungsaufwand und weist einen hohen Verdunstungsfaktor auf (GEIGER et al. 2009). Ein Nachteil dieses Versickerungssystems ist der hoher Flächenbedarf und eine geringe Speicherwirkung (ZELTWANGER 2014).



Abb. 1-1: Flächenversickerung Versuchsfläche Kuchelauer Hafen, Wien. Quelle: (Schiefermair 2018)

Muldenversickerung

Bei der Muldenversickerung werden die Niederschlagsabflüsse in einer Bodenvertiefung gesammelt und dort versickert. Die flächige Mulde dient als Zwischenspeicher und kann das Regenwasser durch eine belebte bewachsene Bodenschicht gut reinigen (Zeltwanger 2014).

Die Einleitung der Niederschlagsabflüsse sollte möglichst oberirdisch erfolgen und eine temporäre Einstauhöhe in der Mulde nicht höher als 30 cm geplant werden. Dadurch wird verhindert, dass durch zu langen Einstau der Boden verschlämmt und ein Luftaustausch gegeben ist (POLAK 2011).

Der Boden sollte einen k_f – Wert von $\geq 5*10^{-6}$ m/s aufweisen, wobei sich der Flächenbedarf mit abnehmender Sickleistung vergrößert (GRIMM 2010). Die Größe der Mulde kann je nach Durchlässigkeit des Untergrundes zwischen 10 und 20 % der zu entwässernden Fläche betragen. Bei mittlerer bis geringer Bodendurchlässigkeit und einem Starkregenereignis mit 18,5-27 l/m² innerhalb von 15 Minuten kann ein Flächenbedarf von rund 15 % der zu entwässernden Fläche als Faustwert angenommen werden. Um Nässe im Keller zu verhindern, sollte ein Abstand von mind. 2 m zwischen Mulde und Gebäude eingeplant werden (POLAK 2011). Aufgrund der vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten können wertvolle Biotope und erlebnisreiche Freiflächen (siehe Abb. 1-2) entstehen (GRIMM 2010).

Für die Errichtung ist nur ein geringer technischer Aufwand erforderlich und eine leichte Wartung aufgrund der oberirdischen Speicherung ist gegeben (MUSCHALLA et al. 2014). Ein Nachteil des Versickerungssystems ist der relativ hohe Flächenbedarf. Eine intensive Nutzung (z. B. als Spielfläche) ist aufgrund der Verdichtung im oberen Bodenbereich nicht möglich und daher im innerstädtischen Gebiet kaum einsetzbar (MUSCHALLA et al. 2014).



Abb. 1-2:: Sickermulde bei einer Wohnhausanlage Seestadt, Wien. Quelle: (Schiefermair 2018)

Raingarden

Regengärten sind bepflanzte Anlagen zur Versickerung von Niederschlagsabflüssen. Der Aufbau gleicht im Wesentlichen der einer Muldenversickerung, mit dem Unterschied, dass besonders die Gestaltung mit unterschiedlichen Pflanzen (z.B. Wildstauden) eine große Rolle spielt. Die richtige Pflanzenwahl ist entscheidend und muss den wechselfeuchten Bedingungen angepasst sein. Regengärten können damit einen hohen ästhetischen Wert in der Freiraumgestaltung haben (GRIMM 2010). Die Pflanzengesellschaften "wechselfeuchter Hochstaudenfluren" sind für diese Standortbedingungen gut geeignet und sollten als Mischpflanzung (~5-8 Pflanzen/m²) ausgesät und einmal jährlich gemäht werden. Ein Pflanzbeispiel wäre Blutweiderich (Leitstaude) mit Bach-Nelkenwurz (Begleitstaude) und Pfennigkraut (Bodendecker) (POLAK 2011).

Um bei langanhaltenden Trockenperioden einen Trockenstress der Pflanzen zu verringern, kann der Filterschicht organisches Material bzw. Bestandteile mit höherer Wasserspeicherfähigkeit beigemengt werden. Ein wassergesättigter Bereich in tieferen Schichten der Anlage kann auch die Wasserversorgung der Pflanzen sichern und bietet anaerobe Bedingungen, die eine Denitrifikation begünstigen. Ein weiterer wichtiger Aspekt für die Pflanzenwahl ist der potenzielle Eintrag von Herbiziden und anderen Schadstoffen aus den urbanen Oberflächenabflüssen (HOBAN 2019).

Mulden-Rigolen-Systeme

Besonders in Gebieten, wo der anstehende Boden mäßig bis schlechte Versickerungseigenschaften (k_f -Werte $\leq 10^{-6}$ m/s) aufweist, kann das Mulden-Rigolen-System mit der Kombination von Funktionen eine naturnahe Entwässerung ermöglichen. Das System verbindet dezentrale Rückhalte-, Versickerungs- und Ableitungsprozesse in Form von Speicherelementen (Mulden, Rigole), Drosselschächten und Ableitungssystemen. Der Niederschlagsabfluss kann somit in der Mulde zwischengespeichert werden und durch eine bewachsene Bodenpassage gefiltert versickern (siehe Abb. 1-3). Bei höheren Niederschlagsmengen kann ein Teil des Niederschlagabflusses über den Muldenüberlauf durch Rigole aufgenommen und schließlich gedrosselt entweder versickert, oder durch einen Kanal abgeleitet werden. Die Retentionswirkung und die Abflussreduzierung durch die Versickerung dieser Anlage sind sehr effektiv (GUTSCH 2001).



Abb. 1-3: Mulden-Rigolen-System zur Versickerung der Straßenabflüsse Seestadt, Wien. Quelle: (Schiefermair 2018)

Das Material (Mittel- und Feinsande), aus dem das Muldenbett hergestellt wird ist maßgeblich für die Systemeigenschaften verantwortlich. Infiltration und Perkolation erhöhen sich deutlich beim Anteil von Makroporen und können somit das Speichervolumen der Mulde intensivieren und den Zufluss erhöhen. Eine gute Reinigungs- und Rückhalteleistung der Oberbodenpassage, bezogen auf Stoffe im Niederschlag, konnte nachgewiesen werden (GUTSCH 2001). Der Flächenbedarf dieser Anlage reduziert sich durch die Kombination der Systeme deutlich im Vergleich zu den Einzelsystemen.

Aufgrund der teilweise unterirdisch verbauten Teile ist jedoch die Wartungsmöglichkeit nur eingeschränkt gegeben. Auch die Nutzung der Flächen für andere Zwecke ist eingeschränkt (MUSCHALLA et al. 2014).

Beckenversickerung

Die Beckenversickerung eignet sich vor allem bei Einleitung Niederschlagsabflüssen großer Einzugsgebiete (> 1 ha) (ZELTWANGER 2014). Die zentrale Versickerungsanlage hat ein großes Retentionsvolumen, das auch länger eingestaut werden kann. Über eine belebte Bodenzone wird das Regenwasser flächig versickert, was eine gute Reinigungsleistung ermöglicht. Schwankungen der im Abfluss enthaltenen Inhaltsstoffe können durch dieses System gut ausgeglichen werden (Muschalla et al. 2014). Die Abflüsse von einem großen Einzugsgebiet bedingen eine hohe hydraulischen Belastung für die Anlage, darum sollte ein vorgelagerter Absetzraum in Form eines Absetzbeckens oder einer Absetzzone eingeplant werden (GRIMM 2010).

Die Größe der Versickerungsanlage kann zwischen 5 und 15 % der zu entwässernden Flächen angenommen werden. Die benötigte Fläche hängt auch von der Sickerleistung der Anlage ab, diese sollte einen Wert von > 5*10-6 m/s aufweisen. Neben guter Retentionswirkung, Reinigungsleistung, einfacher Kontroll- und Wartungsmöglichkeit kann die Anlage als Biotop gestaltet gut in die Landschaft integriert werden (GEIGER et al. 2009). Aufgrund der Einstauhöhe sollte das Becken eingezäunt werden, um eine Ertrinkungsgefahr zu minimieren. Dies kann das Landschaftsbild beeinträchtigen und schränkt die Nutzungsmöglichkeit der Fläche ein. Durch den Eintrag von Feinanteilen und längerem Einstau kann bei ungenügender Wartung die Sohle verschlämmen und sich verdichten (Muschalla et al. 2014).

<u>Teichversickerung</u>

Niederschlagsabflüsse können auch in Versickerungsteiche mit dauerhafter Wasserführung geleitet werden. Der Aufbau ähnelt dem einer Beckenversickerung, jedoch ist die Sohle des Teiches wasserundurchlässig ausgeführt. Das eingeleitete Regenwasser füllt in erster Linie den Wasserstand des Teiches regelmäßig auf und versickert erst bei Überschuss durch die sickerfähige Randzone des Beckens. Diese Form der Regenwasserversickerung kann sowohl gestalterisch als auch ökologisch wertvolle Aspekte erfüllen (GRIMM 2010). Neben guter Speicher- und Reinigungswirkung ermöglichen Teiche auch eine Verdunstung über die Wasseroberfläche. Das führt zu positiven Auswirkungen auf die Luftqualität und das Stadtklima (MAGISTRAT DER STADT WIEN - MA 22 2013).

Je nach Gestaltung und Sickerfähigkeit ist ein hoher Flächenbedarf notwendig (rund 5 – 15 % der zu entwässernden Fläche). Um die im Teich angesiedelten Mikroorganismen nicht zu schädigen, sollten keine Niederschlagsabflüsse von belasteten Oberflächen wie Verkehrswegen und Kfz-Stellplätzen eingeleitet werden (EMSCHERGENOSSENSCHAFT o. J.).

Allgemein wird im Wiener Leitfaden "Oberflächenentwässerung – Leitfaden für die Bauplanung" (MAGISTRAT DER STADT WIEN 2018) für alle oberirdischen Versickerungsanlagen folgendes geraten. Um Brutstätten für Stechmücken und damit das Risiko der Verbreitung von Infektionskrankheiten zu vermindern, sollen temporär entstandene Wasseroberflächen bei Regenwassermanagementmaßnahmen nicht länger als fünf bis sieben Tage bestehen bleiben.

Die folgenden Versickerungsvarianten weisen keine Reinigung durch eine belebte Bodenschicht auf, bieten jedoch durch ihre teils unterirdische Bauweise auch bei geringer Flächenverfügbarkeit eine Möglichkeit der Regenwasserversickerung.

Rigolen- / Rohrversickerung

Bei der Rigolenversickerung werden Niederschlagsabflüsse in einen Graben geleitet, der mit Kies oder Schotter gefüllt ist und eine sehr hohe Sickerleistung aufweist. Bei der Rohrversickerung wird der Niederschlagsabfluss in perforierte Rohre oder zunehmend auch in Kunststoffhohlkörper geleitet, die unterirdisch in Kies oder Schotter gebettet werden. Durch das hohe Speichervolumen dieses Systems wird eine geringe Fläche für die Anlage benötigt (GRIMM 2010). Bei bindigen Oberböden mit einer geringen Mächtigkeit wird dieses System eingesetzt, um darunter liegende Schichten mit besserer Durchlässigkeit zu erreichen (Versickerungsleistung > 10-6 m/s). Die Rigolen- und Rohrversickerung zeichnet sich durch einen geringen Flächenbedarf und bei unterirdischer Bauweise durch eine gute Überbaubarkeit bzw. Nutzung der Oberfläche aus. Besonders in dicht besiedelten Gebieten, wo Flächen begrenzt sind, bietet dieses System eine Möglichkeit der Regenwasserversickerung. Dafür ist eine aufwendige Herstellung und erschwerte Wartung der Anlage aufgrund der (Nicht-) Zugänglichkeit gegeben (GEIGER et al. 2009).

Eine neuerliche Variante ist das System der Tunnel-Versickerung, die aktuell von Herstellern entwickelt und angeboten wird. Durchlässige Hohlkörper aus Kunststoff werden unterirdisch verlegt und können bis zum erforderlichen Sickervolumen kombiniert werden. Durch eine 3-dimensionale Durchströmbarkeit wird in Abhängigkeit des Untergrundes eine hohe Sickerleistung erreicht. Im Vergleich zu mit Kies gefüllten Rohren, oder Sickerschächten aus Betonringen, benötigen die Tunnel-Elemente eine geringere Einbautiefe und eine leichtere Montage aufgrund des geringen Eigengewichts. Als Beispiel werden folgend die Eigenschaften und Einbauhinweise für einen Sicker-Tunnel von der Firma GRAF beschrieben.

Ein Sicker-Tunnel-Twin mit den Abmessungen von 1160/800/1020 mm (L/B/H) fasst ein Volumen von 600 I und wird auf einer Kiesschichte von 8 cm verlegt (Körnung 8/16 mm) und mit einem Geotextil ummantelt. Es sollte ein Abstand zum Keller von > 6 m und zum Grundwasser von mind. 1 m eingeplant werden. Bei (geplantem) Baumbestand sollte mind. der Kronendurchmesser als Abstand eingehalten werden. Bei Anordnung von mehreren Elementen nebeneinander soll ein Abstand von 50 cm dazwischen liegen. In der Längsrichtung können die Elemente direkt aneinander verlegt werden. Die Wiederverfüllung der Baugrube erfolgt mit einer ersten Lage

Schotter (Körnung 20/40 mm) und anschließend mit beliebigem Aushubmaterial. Für eine PKW-Befahrbarkeit muss eine Erdüberdeckung (Füllboden) von mind. 50 cm über der Tunneloberkante eingeplant werden. Ein Inspektionsschacht DN 200 wird pro Tunnel an die Oberfläche geführt. Die Einleitung erfolgt über ein Zulaufrohr mit einem Durchmesser von max. DN 300 (OTTO GRAF GMBH 2016).

Bei allen Varianten versickert das Niederschlagswasser, ohne eine belebte Bodenzone zu passieren und verringert aufgrund der geringen Reinigungsleistung den Grundwasserschutz. Außerdem wird aufgrund der unterirdischen Bauweise ein größerer Abstand zum Grundwasserspiegel als bei oberirdischen Anlagen benötigt (GRIMM 2010).

Schachtversickerung

Bei der Schachtversickerung werden die Niederschlagsabflüsse in unterirdisch angeordnete Betonringe geleitet, um dort aufgestaut und versickert zu werden. Aufgrund des begrenzten Speichervolumens der Schachtringgrößen ist eine gute Durchlässigkeit des Untergrundes erforderlich (k_f -Werte < 10⁻⁴ m/s) (GRIMM 2010). Bei undurchlässigen Oberbodenschichten kann dieses System eine Möglichkeit zur Versickerung darstellen, sofern der Untergrund eine ausreichende Sickerfähigkeit aufweist. Die unterirdische Bauweise benötigt nur einen geringen Flächenbedarf und weist kaum Nutzungseinschränkungen der Oberfläche auf. Daher bietet dieses System auch in dicht bebauten Gebieten mit geringem Freiflächenanteil eine Möglichkeit, Regenwasser zu versickern. Wegen der geringen Reinigungsleistung aufgrund fehlender belebter Bodenfilterschichten, großer Grundwasserflurabstand erforderlich (GEIGER et al. 2009). Außerdem ist die Einleitung von verschmutzen Niederschlagsabflüssen problematisch, da neben dem Schadstoffeintrag auch eine Verschlickung durch Schwebstoffe die Anlage verstopfen kann. Schlechte Wartungsmöglichkeiten können zudem zu hohen Sanierungskosten führen (Muschalla et al. 2014). Ein Sickerschacht sollte mit einer vorgelagerten Reinigungsanlage oder einem Filtersack aus Geotextilien ausgestattet werden. Bei Anordnung mehrerer Sickerschächte, sollte ein Abstand > 10 m dazwischen eingeplant werden (GEIGER et al. 2009). Um eine Vernässung an Kellern zu vermeiden, sollte bei unterkellerten Gebäuden ein ausreichender Abstand (Richtwert 1,5-fache der Baugrubentiefe) eingehalten werden (BURGER et al. 2009).

Regenwasserretention

Eine Maßnahme, um Regenwasserabflüsse zu vermindern, ist die Zurückhaltung bzw. temporäre Speicherung in sogenannten Retentionsanlagen. Wie bei den Versickerungsanlagen beschrieben, weisen einige Systeme auch eine Retentionswirkung auf. Die folgenden Systeme haben aus der Sicht des Regenwassermanagements die Haupteigenschaft der Retentionswirkung.

Dachbegrünung

Die Grundfläche von Gebäuden ist für Regenwasser undurchlässig und erfordert immer einen Umgang mit den Niederschlägen. Bei Ausführung der Dachflächen als Gründach kann das Regenwasser durch den künstlichen Aufbau zurückgehalten und verfügbar gemacht werden. Der Regenwasserabfluss verringert sich deutlich, in Abhängigkeit von der Aufbaustärke und den verwendeten Systemkomponenten. Das gespeicherte Regenwasser kann von den Pflanzen genutzt und wieder verdunstet werden.

Der grundlegende Aufbau einer Dachbegrünung besteht über der Dachkonstruktion aus einer wurzelfesten Abdichtung, einer Schutzlage, einer Drainageschicht, einem Filtervlies, einem Substratkörper und einer Vegetation. Je nach Höhe der Substratschicht wird zwischen einer extensiven oder einer intensiven Dachbegrünung unterschieden (FLL 2008).

Bei einer extensiven Dachbegrünung ist die Substratschicht meist geringer als 15 cm und besteht aus leichten Bestandteilen. Die Vegetation sollte trockentolerant sein, da extensive Gründächer oft ohne zusätzliche Bewässerung geplant werden (BEECHAM et al. 2019).

Eine intensive Dachbegrünung hat eine Substratschicht von mindestens 15 cm und wird meist mit intensiven Gräsern, Sträuchern oder auch Bäumen bepflanzt. Höhere Pflegemaßnahmen und eine regelmäßige Zusatzbewässerung sind oft erforderlich, um ein intensives Gründach zu erhalten (FLL 2008).

Als Voraussetzung für eine Begrünung muss die Dachkonstruktion den gesamten Gründachaufbau tragen können. Als Lastannahme kann bei dünnschichtigem Aufbau ein Flächengewicht im wassergesättigten Zustand zwischen 100-150 kg/m² angenommen werden. Bei intensiver Begrünung mit höheren Schichtdicken werden Flächenlasten zwischen 350-500 kg/m² angenommen. Die tatsächlichen Lasten hängen immer vom Schichtaufbau und den Materialeigenschaften ab (KOLB 2016)

Gründächer bieten eine Möglichkeit die Abflussmengen und die Abflussspitzen von Niederschlägen zu reduzieren. Der größte Unterschied zu konventionellen Dächern ist an den geringeren Abflussspitzen und der längeren Abflusszeiten von Niederschlägen an Gründächern zu beobachten (BERNDTSSON et al. 2009).

Angaben zum Wasserrückhalt variieren stark in der Literatur. Große Unterschiede des Rückhaltevermögens sind jedenfalls an den unterschiedlichen Aufbaustärken zu beobachten. Die Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau (FLL) gibt Anhaltswerte zu verschiedenen Begrünungsarten und deren Wasserrückhalt, sowie Abflussbeiwerte mit Beispielen verschiedener Vegetationsformen an. In folgender Tabelle ist eine Übersicht der jährlichen Wasserretention und Jahresabflussbeiwerte in Abhängigkeit der Aufbaudicke ersichtlich.

Tab. 4: Anhaltswerte für Wasserrückhalt und Abflussbeiwerte von Dachbegrünungen. Quelle: Eigene Bearbeitung nach (FLL 2002)

Begrünung	Aufbaudicke [cm]	Vegetationsform	Wasserrückhalt Jahresmittel [%]	
Extensive	> 4 – 10	Sedum-Moos-Kraut	45 – 50	0,55 – 0,50
	> 10 – 15 Sedi	Sedum-Kraut-Gras	55	0,45
Begrünung	> 15 - 20	Gras-Kraut	60	0,40
Intensive	15 – 25	Rasen, Stauden, Kleingehölze	60	0,40
_	> 25 – 50 Rasen, Stauden, Sträucher	70	0,30	
Begrünung	> 50	Rasen, Stauden, Bäume	> 90	0,10

Die Bauweise und Schichtdicke des Gründachaufbaues bestimmen maßgeblich den jährlichen Wasserrückhalt, was vor allem im Sommer einen deutlichen Unterschied zeigt. Die Evaporation des Schichtaufbaues trägt im Sommer wesentlich zu einem höheren Rückhaltevermögen bei (FLL 2008).

Eine höhere Retentionswirkung konnte auch durch die Transpiration der Vegetation von Gründächern während der Sommermonate festgestellt werden. Im Winter konnte kein Einfluss der Vegetation auf die Wasserretention beobachtet werden (SCHROLL et al. 2011).

Gründächer können als Schadstofffilter fungieren und bilden eine Senke für verschiedene Formen von Stickstoff und Phosphor. Die Hauptquellen der Verunreinigung des Gründachabflusses stellen das Substrat, die eingesetzten Düngemitteln und Bewässerung, sowie eingebrachte Stoffe aus der Atmosphäre dar (BEECHAM et al. 2019). Bei Nutzung von Gründachabflüssen sollte auf die Abflussqualität und Stoffzusammensetzung geachtet werden. Eine Studie fasst die Faktoren zusammen, welche die Qualität des Gründachabflusses beeinflussen können: Die eingesetzten Materialien (Substratzusammensetzung, Drainagematerial,

Dachhaut, Rohrmaterial), Substratstärke, Drainagesystem, Pflegemittel (Chemikalien und Düngemittel), Vegetationsform (saisonale Wachstumsmuster), Niederschlagsdynamiken, Windrichtung, lokale Stoffbelastungen und die physiochemische Beschaffenheit der Stoffe (BERNDTSSON et al. 2009).

Neben dem Regenwasserrückhalt haben Gründächer abhängig ihres Aufbaus und ihrer Vegetationsgestaltung einen hohen ökologischen Wert. Sie können als Ersatzlebensräume für Flora und Fauna dienen, ermöglichen durch Evapotranspiration einen Beitrag zum natürlichen Wasserkreislauf und üben diverse positive Effekte auf das Kleinklima aus. Für das Gebäude bringt eine Dachbegrünung Vorteile durch einen Schutz des Dachaufbaus vor UV-Strahlung, ein Ausgleich der Temperaturextremen und Erhöhung der Wärmdämmeigenschaften. Außerdem entsteht ein Imagegewinn durch das Setzen von nachhaltigen Maßnahmen (FLL 2008).

Retentionsbecken

Diese Anlage zur Speicherung und Reinigung von Niederschlagsabflüssen wird vor allem bei stärker belasteten Oberflächenabflüssen und höherem Risiko von Störfällen angewendet. Das Niederschlagswasser durch eine vorgelagerte kann Reinigungsstufe von Schadstoffen gefiltert in ein abgedichtetes Speicherbecken geleitet und dort zwischengespeichert werden. Durch eine Bepflanzung des Retentionsraumes können Abbauprozesse von gelösten und ungelösten Stoffen aus den Oberflächenabflüssen erfolgen. Ein Teil des aufgestauten Wassers kann über die Oberfläche und die Bepflanzung verdunsten, was positive Effekte auf das Mikroklima ausübt. Bei Überschreitung der Dauerwasserlinie kann das überschüssige Wasser gedrosselt entweder im Kanal abgeleitet, einem Vorfluter zugeführt oder in einer angeschlossenen Mulde in den Untergrund versickert werden. Bei anschließender Versickerung ist ein gut durchlässiger Untergrund mit einem k_f -Wert > 10^{-5} m/s erforderlich (MUSCHALLA et al. 2014). Eine gute Reinigungsleistung und ein relativ geringer Flächenbedarf dieses Systems ermöglichen auch eine Anwendung als Gestaltungselement in Siedlungsgebieten. Die Nutzung des Speicherraumes ist jedoch bei Bepflanzung eingeschränkt und bei tieferer Ausführung ist eine Einzäunung erforderlich. Aufgrund der Bauweise mit angeschlossener Versickerung ist ein höherer Grundwasserflurabstand unter der Beckensohle erforderlich (GEIGER et al. 2009).

Regenwassernutzung

Weitere Möglichkeiten, die neben dem Ziel der Abflussverringerung vor allem die Nutzung der Ressource Wasser in den Fokus stellen werden im Kapitel Regenwassernutzung beschrieben.

Regenwasserspeicheranlage (Zisterne)

Eine einfache Methode, Regenwasser für den Hausgebrauch zu nutzen, ist die Sammlung und Speicherung der Niederschlagsabflüsse von Dachflächen (siehe Abb. 1-4). Durch die Speicherung von Regenwasser in Tanks kann ein Abfluss in die Kanalisation verringert bzw. durch Kombination mit Versickerungssystemen gänzlich

vermieden werden. Die gesammelte Wasserressource kann direkt für verschiedene Zwecke genutzt werden, sofern sie keine Trinkwasser-Qualität erfordern. Beispielsweise für die Toilettenspülung,

zum Wäschewaschen und zum Bewässern von Garten und Pflanzen kann Regenwasser gut verwendet werden (HOBAN 2019).



Abb. 1-4: Regenwassersammel- und Speicheranlage Punta Christo Lighthouse Kroatien. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)

Neben einer geringeren Regenwassereinleitung in die Kanalisation, kann sich bei Trinkwasserbedarf Nutzuna von Regenwasser der aus dem zentralen reduzieren. Laut Versorgungssystem stark einer vom Österreichischen Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaf beauftragten Studie (NEUNTEUFEL et al. 2012) beträgt der durchschnittliche tägliche Pro-Kopf-Wasserverbrauch 135 Liter im Haushaltsbereich. Davon werden durchschnittlich 67 I/Ed (Liter pro Kopf und Tag) nur für WC, Waschmaschine und den Außenbereich (Pflanzen, Pool, etc.) genutzt. Im Sommer werden durchschnittlich allein 12 l/Ed für die Bewässerung von Pflanzen etc. verwendet. Als Folge der Temperatursteigerung durch den Klimawandel wird eine Zunahme des Außenbedarf von durchschnittlich 19 auf 28 l/Ed bis zum Jahr 2100 prognostiziert.

Mit steigendem Bedarf des Brauchwassers, welches keine Trinkwasserqualität erfordert, wird das Potential für die Nutzung von Regenwasser deutlich.

Ein einfaches Regenwasserspeichersystem besteht aus einem Auffangsystem, einem Abscheider für Laub und grobe Stoffe, sowie einem Speichertank.

In der ÖNORM EN 16941-1: 2018 07 01 sind die Systembestandteile einer Vor-Ort-Anlagen für Nicht-Trinkwasser beschrieben (siehe Abb. 1-5).

Über die Auffangfläche wird das Regenwasser durch Sammelrohre gesammelt und mit einer Vorbehandlung (Laubabscheider, Filter) einem Speicher zugeführt. Ein Überlauf ermöglicht die Ableitung von überschüssigem Regenwasser, das entweder versickert oder abgeführt werden kann. Im Speichertank erfolgt ein Rückhalt von eingeschwemmten Feinstoffen durch Flotation und Sedimentation. Eine weitere Behandlung wie Filtration oder Desinfektion ist nur bei höheren das Qualitätsanforderungen an Brauchwasser erforderlich. Anschließend erfolgt eine Verteilung durch Schwerkraft oder Einsatz von Pumpen zum Nutzungsortund Zweck (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2018).

Die Speichertanks können aus unterschiedlichen Materialien wie Beton, Stahl, diversen Kunststoffen (Polyvinylchlorid [PVC-U], Polyethylen [PE], Polypropylen [PP] oder Glasfaserverstärkter Kunststoff hergestellt werden und müssen lichtundurchlässig bzw. UV-beständig sein.

Die Größe des Speichervolumens ergibt sich aus dem ermittelten Ertrag und Bedarf, wobei die Abflüsse von

Auffangfläche
(Dach, Oberflächen)

Sammelrohre

Vorbehandlung
(Filter,
Laubabscheider)

Speicherung
(Tank, Zisterne)

[weitere Behandlung]
(Desinfektion)

Verteilung

Verwendung
(Bewässerung,
WC...)

Abb. 1-5: Bestandteile einer Regenwassernutzungsanlage (Quelle: Eigene Erstellung nach (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2018)

Gründächern und Dächer, die mit Bitumen abgedichteten sind, aufgrund der Verfärbung des Wassers nur bedingt geeignet sind. Bei der Regenwassernutzung im Haushalt (Toilettenspülung, Waschen) kann das Speichervolumen etwa anhand einem 1-Monats-Bedarf dimensioniert werden. Für die reine Nutzung als Gartenbewässerung genügt etwa ein Wochenbedarf als Speichervolumen. Um regenfreie Perioden und den erhöhten Bewässerungsbedarf im Frühsommer decken zu können, wird jedoch ein 3-wöchiger Bedarf zur Bemessung angeraten (GEIGER et al. 2009).

Die Verteilung des gespeicherten Wassers erfolgt, wenn nicht über die Schwerkraft, durch ein Pumpensystem. Die Ansaugvorrichtung sollte so konstruiert sein, dass keine Sedimente, Schwimmstoffe oder Luft aus dem Tank angesaugt werden.

Wenn eine kontinuierliche Wasserversorgung gewährleistet sein soll, wird eine (Not-) Nachspeisung der Anlage durch das Trinkwassersystem empfohlen. Die Nachspeise-Vorrichtung muss durch eine Rückflusssicherung so konstruiert sein, dass kein Regenwasser in die Trinkwasserleitung gelangen kann (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2018).

Um die Wasserqualität im Speichertank und für die Nutzung zu gewährleisten, ist eine regelmäßige Wartung des Systems notwendig. Diese umfasst die Kontrolle und gegebenenfalls Reinigung der Dachflächen, Regenrinnen, Laubabscheider, Fallrohre und Tanks. Weiters sind die Instandhaltung der Filter, Umschaltventile und des Pumpensystems für die einwandfreie Verwendung des gespeicherten Regenwassers relevant (HOBAN 2019).

Bestimmte Dachdeckungen und Materialien sind für die Regenwassernutzung da sie problematische Stoffe ungeeignet. beinhalten. die durch Niederschlagsabfluss in den Speichertank transportiert werden. Bei Möglichkeit der menschlichen Einnahme des gesammelten Regenwassers Dacheindeckungen die Bestandteile von Blei, Bitumen oder behandeltes Holz beinhalten keine Niederschlagsabflüsse gespeichert werden (HOBAN 2019). Aufgrund der höheren Schwermetallkonzentration sollten auch keine Abflüsse von Zink, Kupfer oder anderen mit Metallfarben überzogenen Dachflächen verwendet werden. Gut geeignet sind dagegen Dachflächen mit Dachziegel, Schiefer- oder Aluminium-Belägen (HELMREICH & HORN 2009).

Das österreichische Normungsinstitut legt in der Norm "Vor-Ort-Anlagen für Nicht-Trinkwasser" (ÖNORM EN 16941-1: 2018 07 01) keine besonderen Reinigungsanforderungen für die Benützung von gespeichertem Regenwasser als Brauchwasser im Hausgebrauch fest. Sofern eine Risikobewertung keine weitere Qualitätsanforderung an das Brauchwasser ergibt, muss durch eine Vorreinigung die Regenwassersammelanlage eine ausreichende Wasserqualität für die Benützung als Toilettenspülung, zum Wäschewaschen und als Gartenbewässerung bereitstellen. Eine Vorreinigung des Regenwassers sollte durch Filter und Abscheider erfolgen, bevor es in eine Speicheranlage geleitet wird. Dies soll verhindern, dass große Mengen an groben Partikeln und organische Stoffe eingeschwemmt werden. Nur

wenn eine Verwendung mit höheren Wasserqualitätsansprüchen erforderlich ist, müssen zusätzliche Behandlungen des Regenwassers erfolgen (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2018).

Im Wiener Leitfaden "Oberflächenentwässerung – Leitfaden für die Bauplanung" (MAGISTRAT DER STADT WIEN 2018) sind Aspekte der Hygiene und Wasserqualität zur Vermeidung von Infektionskrankheiten bei der Verwendung von Regenwasser beschrieben. Gesammeltes Regenwasser ist, sofern kein Kontakt mit dem Menschen besteht grundsätzlich ohne besondere Behandlung z.B. als Unterflurbewässerung, Tropfbewässerung (eingeschränkt) oder WC-Spülung zu verwenden. Bei einer Verwendung als Sprüh-, Nebelbewässerung besteht ein Risiko der Einatmung von Aerosolen, weshalb im Regelfall eine Desinfektion des Regenwassers vorzusehen ist. Bei der Beregnung von Gemüse und Obst, sowie anderer Verwendung, wo direkter menschlicher Kontakt stattfindet, ist ebenso eine Desinfektion erforderlich.

Die Anforderungen und Reinigungserfordernisse des gesammelten Regenwassers müssen im Einzelfall für die entsprechende Verwendung geprüft werden.

Eine Life-Cycle-Assessment Studie (DEVKOTA et al. 2015) über die Speicherung und Nutzung von Regenwasser als Bewässerung und Toilettenspülung in Wohngebäuden evaluierte die Auswirkungen der Kosten, des Energiebedarfs und der Treibhausgasemissionen. Die Analysen betrachteten unterschiedliche Szenarien der Bebauung (Renovierung, Neubau), sowie der Nutzungsmöglichkeiten und kamen zu folgenden Ergebnissen: Bei nachträglicher Installation einer Zisterne an einem Bestandsgebäude (z.B. bei Renovierung) ist die Nutzung für eine Bewässerung am vorteilhaftesten. Während bei einem Neubau die bereits mitgeplante Nutzung von Regenwasser für die Toilettenspülung am meisten Vorteile bringt. Dies zeigt, dass der nachträgliche Einbau von Regenwasser-Speicheranlagen für die Nutzung als Bewässerung auch bei Bestandsobjekten gesamt betrachtet Einsparungen von Kosten,- Energie- und Treibhausgasemissionen bewirken kann.

Daraus lässt sich ableiten, dass der Wasserbedarf für die Toiletten-Spülung relativ hoch ist und bei einer Versorgung mit Regenwasser eine bessere Ausnutzung des Systems als bei einer alleinigen Nutzung zur Gartenbewässerung erreicht werden könnte. Vor allem in innerstädtischen Wohngebäuden mit geringem Grünflächenanteil, jedoch hoher Anzahl an Wohneinheiten, ist der Bedarf für die Toiletten-Spülung sehr hoch. Zur Ermittlung des erforderlichen Bedarfs und Dimensionierung des Speichervolumens wären jedoch weitere Kenntnisse des Bestandsobjektes über Wohneinheiten und Personenhaushalte und technischen Ausstattungen notwendig.

Für die nachträgliche Installation der Regenwassernutzung innerhalb von Bestandsgebäuden für die Toiletten-Spülung oder als Waschwasser sind auch weit umfangreichere Arbeiten auszuführen, als bei der reinen Nutzung zur Gartenbewässerung. Das Verlegen eines zusätzlichen Leitungsnetzes im gesamten Gebäude zur Versorgung mit Regenwasser ist mit deutlich höheren Investitionskosten verbunden, als die alleinige Nutzung im Außenraum mit wenigen Anschlüssen. Auch die Eignung der vorhandenen Bausubstanz ist für eine Planung zu erheben.

Regenwassersammler an Fallrohren

Eine einfache Methode Regenwasser von Dachflächen auch ohne Speicher für die Bewässerung zu nutzen, kann durch die Installation eines Regensammlers an Fallrohren erfolgen. Die unterschiedlichen Systeme können einfach und kostengünstig an bestehenden Fallrohren nachgerüstet werden, ohne der Notwendigkeit eines Speichertankes. Das Regenwasser kann zur Bewässerung von Beeten, Pflanztrögen und Grünflächen genutzt werden und verringert die Ableitungsmengen der Niederschlagsabflüsse von Dachflächen, die sonst zur Gänze in die Kanalisation geleitet werden würden.

Ein Laubabscheider sollte oberhalb des Regenwassersammlers angebracht werden, um grobe Verunreinigungen zu verringern und die notwendigen Wartungs- und Säuberungsintervalle zu minimieren. Am Regensammler im Fallrohr kann ein Schlauch zur direkten Bewässerung oder zur Speisung eines Zwischentanks (Regentonne) angeschlossen werden. Die Installation eines Überbrückungsrohres ermöglicht die sichere Ableitung des Niederschlagabflusses auch bei Starkregenereignissen (HOBAN 2019).

Neben bereits beschriebenen Vorteilen wird einer Regenwassernutzungsanlage auch ein bewusstseinsbildender Effekt für den Umgang mit der Ressource Wasser zugesagt. Bei Gebäuden mit einer Regenwassernutzungseinrichtung finden sich auch andere Vorrichtungen zur Trinkwassereinsparung und anstatt eines gleichgültigen Umgangs mit dem eigenen Wasserverbrauch wird ein Bewusstsein in diesem Bereich angeregt (GEIGER et al. 2009).

Kosten integrativer Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen

Die Herstellungs-, sowie Betriebs- und Wartungskosten der Maßnahmen und Systeme variieren deutlich in verschiedenen Literatur- und Herstellerangaben. Allgemein sind oberirdische Anlagen in der Herstellung kostengünstiger als unterirdische, ebenso ist die Herstellung im Zuge eines Neubaus günstiger als eine nachträgliche Installation bei Bestandsobjekten (MUSCHALLA et al. 2014). Auch die Angaben der erwarteten Nutzungsdauer verschiedener Systeme variiert stark in der Literatur.

Die folgende Tabelle zeigt eine Aufstellung der Herstellungs-, sowie Betriebskosten und der Nutzungsdauer verschiedener Regenwasserbewirtschaftungsmöglichkeiten, die sich aus mehreren Literaturangaben zusammensetzen.

Tab. 5: Kostenübersicht und Nutzungsdauer integrativer Regenwassermanagementmaßnahmen. Quelle: Eigene Bearbeitung nach (Muschalla et al. 2014)

RWM-Maßnahme	Herstellungskosten	Betriebskosten	Nutzungsdauer	
Flächenversickerung	2,50 - 37 €/m² A _{red}	0,05 - 0,15 €/(m²	00.00.1.1	
Muldenversickerung	1,30 bis 7,50 €/m² A _{red}	A _{red} /Jahr)	20 - 80 Jahre	
Rigolen-/Rohr- Rigolenversickerung	1,25 bis 12 €/m² A _{red} bzw. 80 bis 240 €/m³	10 bis 25 €/(lfm/Jahr)	20 - 40 Jahre	
Mulden-Rigolen- System	12,50 bis 27,50 €/m² A _{red} bzw. 211 bis 250 €/m³	15 €/(lfm/Jahr) (Rigole) + 0,50 €/(m/Jahr) (Mulde)	15 - 40 Jahre	
Schachtversickerung 200 bis 1.250 €/aufst.m bzw. 10 bis 20 €/m² A _{red} bzw. 1.000 bis 2.000 €/Stück		0,50 bis 0,75 €/(m/Jahr)	bis 60 Jahre	
Dachbegrünung extensiv / intensiv	12,50 - 50 €/m² / 95 €/m²	0,50 bis 5,00 €/(m²/Jahr)	bis 40 Jahre	
Regenwasser- Speicheranlage	400 bis 900 €/m³ Speicher bzw. 23 bis 50 €/m² A _{red}	75 bis 150 €/Jahr (Standardhaus) bzw. 0,75 €/(m² A _{red} /Jahr)	20 - 75 Jahre	
A _{red} = abflusswirksame beregnete Gesamtfläche				

Potenziale in Bestandsgebieten

In Bestandsgebieten ist eine nachträgliche Umsetzung von integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftungen stark von der vorhandenen Siedlungsstruktur abhängig. Stadtzentren sind meist von dichter geschlossener Blockrandbebauung geprägt und lassen für offene Systeme der Regenwasserbehandlung kaum Platz. Die oft nahezu vollständig überbauten Blockinnenbereiche haben die höchsten Grundflächenzahlen (GRZ) von 0,95 bis 1,0 bzw. Versiegelungsgrade von bis zu 100 %. Auch innerstädtische Wohn- und Mischgebiete weisen eine hohe städtebauliche Dichte mit einer GRZ von 0,6 bzw. Versiegelungsgrade bis 80 % auf und beschränken die Möglichkeiten von naturnahen Regenwasserbewirtschaftungen.

Dachbegrünungen sind nachrüstbare Rückhaltemöglichkeiten für Niederschlagswasser, dessen Realisierbarkeit jedoch im Bestand begrenzt ist. Die Sammlung in Zisternen für die Regenwassernutzung ist ebenso nachrüstbar, jedoch für den Regenrückhalt von geringerer Bedeutung. Kompakte, unterirdische Versickerungssysteme sind auch Möglichkeiten, die bei eingeschränkter Oberflächenverfügbarkeit angewendet werden können. Bei enger und geschlossener Bebauung (Altbau) kommen prinzipiell hofseitige Flächen für Maßnahmen in Frage und erfordern die Entwicklung von geeigneten Konzepten im Zuge von Sanierungen. Diese Form der Baustruktur ist jedoch nur bedingt geeignet, um Möglichkeiten der Regenwasserbewirtschaftung umzusetzen. Das Abkoppelungspotenzial von der Regenwasserabführung durch den Kanal wird nur zwischen 10 und 15 % geschätzt. Besser bis gut geeignet sind prinzipiell Bebauungstypen mit einer geringerer GRZ bzw. niedrigeren Versiegelungsgraden, wie sie bei Geschoßwohnungsbauanlagen mit Zeilenbebauung, Reihenhausbebauungen oder freistehende Einfamilienhäusern vorherrschen (GEIGER et al. 2009).

Schadstoffe im Oberflächenabfluss

Regenwasser kann je nach Standort mit unterschiedlichen Schadstoffen belastet sein. Vor allem beim Auftreffen und Abfließen auf befestigten Flächen wie Dächer und Straßen reichert sich das Niederschlagswasser mit unterschiedlichen Stoffen an. Neben Nährstoffen wie Stickstoff und Phosphor enthält der Niederschlagsabfluss abhängig von der entsprechenden Oberfläche stark variierende Schadstoff-Zusammensetzungen. Oberflächenabflüsse von Straßenflächen enthalten unter Mineralöl-Kohlenwasserstoffe anderem Schwermetalle. und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), die durch Verbrennungsvorgänge, Abrieb und Verschleiß Kraftfahrzeugen von Straßenbelag entstehen. Dessen Konzentrationen hängen wiederum stark von der durchschnittlichen Nutzung ab (WELKER & DITTMER 2005).

Bei der Belastung des Oberflächenabflusses von Dächern kommt es neben atmosphärischen Auswaschungen wie beispielsweise Pestizide vor allem auf das Material der Dachdeckung an. Eine Belastung mit Kupfer, Zink, Blei und Zinn kann durch Schwermetallinstallationen und Dachbleche am Gebäude entstehen. Bei länger anhaltenden Niederschlägen kann beispielsweise das Pestizid Mecoprop aus Flachdachisolierbahnen ausgewaschen und durch den Abfluss transportiert werden (BOLLER 2003).

Um die unterschiedliche Schadstoffbelastung von Regenwasserabflüssen und ihre Belastung für Boden und Gewässer abschätzen und bewerten zu können, kann ein Verschmutzungspotenzial von der jeweiligen Herkunftsfläche abgeleitet werden. Im ÖWAV Regelblatt 45 sind verschiedene Flächentypen von F1 bis F5 definiert und abhängig ihrer Herkunftsfläche eingeteilt. In folgender Tabelle sind die Flächentypen und die Art der Flächen für eine Zuteilung zusammengefasst.

Tab. 6: Einteilung der Flächentypen in Abhängigkeit von der Herkunftsfläche. Quelle: Eigene Bearbeitung nach (ÖWAV 2015)

	Dachflächen (Glas-, Ton-, Kies-, Gründächer, zementgebundene und kunststoffbeschichtete Deckungen) Alle anderen Dachdeckungen (Metall, Folie, Bitumen) und Terrassen < 200 m²
	G ,
F1 /	Alle anderen Dachdeckungen (Metall, Folie, Bitumen) und Terrassen < 200 m ²
	The analytic Bashacokangen (Wetan, Felie, Blamon) and Feliacon Fee Til
	Rad- und Gehwege
	Unbefahrene Vorplätze, Zufahrten für Einsatzfahrzeug
	Dach- und Terrassenflächen die nicht F1 entsprechen
1	Pkw-Parkflächen ≤ 20 Parkplätze bzw. ≤ 400 m²,
F2	Bei nicht häufigem Fahrzeugwechsel ≤ 75 Parkplätze bzw. ≤ 400 m² (z.B.:
,	Wohnhausanlagen, Park-and-Ride-Anlagen und ähnliche)
	Fahrflächen mit JDTV < 500 Kfz/24 h
	Pkw-Parkflächen > 75 und ≤ 1000 Parkplätze,
	mit häufigem Fahrzeugwechsel > 20 und ≤ 75 Stellplätze (Kundenparkplatz)
F3	Fahrflächen mit JDTV ≥ 500 bis 15.000 Kfz/24 h
	Lkw- Park/Stellplätze, wenn wesentliche Verschmutzung ausgeschlossen
	Lager/Manipulationsflächen, wenn wesentliche Verschmutzung ausgeschlossen
	Pkw-Parkflächen > 1000 Parkplätze
F4	Betriebliche Fahrflächen mit JDTV > 15.000 Kfz/24 h,
	bzw. mit starker Verschmutzung (Landwirtschaft, Fuhrunternehmen)
	Park/Stellplätze, wenn wesentliche Verschmutzung nicht ausgeschlossen
	Lager/Manipulationsflächen, wenn wesentliche Verschmutzung nicht
F5 a	ausgeschlossen
	Dachflächen , wenn stark verschmutzt (z.B. Industriezone mit hohen Emissionen)
:	Sonstige Flächen, wenn stark verschmutzt
1	Abkürzung "JDTV" - jährlicher durchschnittlicher täglicher Verkehr

Wenn die Zuordnung der zu entwässernden Oberfläche zu einem Flächentyp erfolgt ist, kann in einem weiteren Schritt die Versickerungsart für die Niederschlagsabflüsse ermittelt werden.

Die Eignung von verschiedenen Entwässerungsanlagen mit unterschiedlichen Filterarten ist in folgender Tabelle für die vorher definierten Flächentypen vom ÖWAV (2015) angegeben.

Tab. 7: Eignung von Entwässerungsanlagen aufgrund der Herkunftsfläche (Flächentypen). Quelle: Eigene Bearbeitung nach (ÖWAV 2015)

		Systeme mit neralischem Filter		Systeme mit Rasen		Syster Boder	
Flächentyp	Sickerschacht	Unterirdischer Sickerkörper (Rigolenversickerung)	Rasenfläche	Rasenmulde	Rasenbecken	Bodenfilter in Mulden- /Rinnenform	Bodenfilter in Beckenform
F1	zulässig	zulässig	empfohlen	empfohlen	empfohlen	empfohlen	empfohlen
F2	-	-	empfohlen	empfohlen	empfohlen	empfohlen	empfohlen
F3	-	-	zulässig	-	-	empfohlen	empfohlen
F4						empfohlen	empfohlen
F5	-	-	-	-	-	Nachweis erforderlich	Nachweis erforderlich
	" – " unzulässig aus Sicht des Grundwasserschutzes						

Die Entwässerungssysteme mit technischem Filter wurden aus der Tabelle ausgespart, da sie nach individueller Beurteilung mit Nachweis über die Reinigungsleistung für alle Flächentypen prinzipiell aus Sicht des Grundwasserschutzes zulässig, aber nur für die Flächentypen F1 und F2 geeignet sind.

Aus der Aufstellung geht deutlich hervor, dass Anlagen mit einem Bodenfilter die beste Eignung für die Entwässerung der Flächentypen F1 bis F4 aufweisen und vom ÖWAV empfohlen werden. Mit individueller Beurteilung und Nachweis der Reinigungsleistung sind Systeme mit Bodenfilter auch für F5 möglich. Sämtliche Systeme mit Rasen sind für die Entwässerung von gering verschmutzten Oberflächen geeignet und für die Flächentypen F1 und F2 empfohlen.

Sickerschächte und Rigolenversickerungsanlagen mit mineralischem Filter sind, wie bereits beschrieben, aufgrund der geringen Reinigungsleistung für verschmutzte Niederschlagsabflüsse ungeeignet und aus Sicht des Grundwasserschutzes nur für den Flächentyp F1 zulässig (ÖWAV 2015).

Neben der Oberfläche ist auch die Dauer eines Niederschlages für die Schadstoffzusammensetzung und Konzentration entscheidend. Ein Großteil der Schadstoffmengen, die sich auf den Oberflächen befinden, werden mit den ersten Regenmengen zu Beginn des Niederschlagereignisses abgespült.

Dieser erste Spülstoß ("first-flush") transportiert die meisten groben Partikel und Stoffe von der Oberfläche, noch bevor der Starkregen seinen Höhepunkt erreicht (ALIAS et al. 2014).

Zum Schutz von Gewässer, Boden und Grundwasser sollten schadstoffbelastete Oberflächenabflüsse nicht ohne Reinigung versickert oder direkt in Gewässer eingeleitet werden. Untersuchungen zeigen, dass neben technischen Filter- und Reinigungssystemen auch Versickerungsanlagen mit natürlicher Bodenpassage gute Eigenschaften zum Schadstoffrückhalt aufweisen. Relevante Schadstoffe werden in den ersten 30 – 50 cm zurückgehalten, was wiederum langfristig zu einer hohen Anreicherung und Belastung dieser Oberbodenpassage führen kann (BOLLER 2003).

Eine zusätzliche Belastung entsteht durch den Einsatz von Taumitteln im Winterdienst. In einer Studie der Universität für Bodenkultur in Wien (PUCHER et al. 2018) wurden Filtermischungen zur dezentralen Versickerung von Straßenabwässern im urbanen Raum untersucht. Basierend auf der ÖNORM B 2506-3 wurde ein Filtermaterial für den Einsatz als grüne Infrastruktur entwickelt, mit den Zielen Wasserretention und Reinigung von Straßenabwässern zu ermöglichen. Die Ergebnisse zeigen, dass auch unter Einsatz von Taumitteln eine hohe Rückhalterate von Schwermetallen in der untersuchten Filtermischung erfolgte. Über 90 % der eingeleiteten Blei, Chrom, Kupfer, Nickel und Zink konnten auch unter Einfluss von Natrium Chlorid zurückgehalten werden.

In städtischen Ballungsräumen kann außerdem mit kritischen Standortbedingungen bezogen auf den Untergrund gerechnet werden. Durch die Versickerung von Niederschlagwasser besteht die Möglichkeit, dass einerseits Belastungen des Bodens wie Altlasten und künstliche Ablagerung und anderseits Schadstoffe des Niederschlagsabflusses das Grundwasser verunreinigen können.

GUTSCH (2001) beschreibt die Ergebnisse eines Forschungsprojekt in Dortmund, in welchem die Beschaffenheit des Regenwasserabflusses von Dachflächen, Terrassenflächen und PKW-Stellplätzen einer Kindertagesstätte, sowie deren Rückhalt bzw. Mobilisierung bei der Versickerung durch ein Mulden-Rigolen-System ermittelt wurden. Der Niederschlagsabfluss wurde in eine Mulde geleitet, dort zwischengespeichert und bei der Versickerung durch eine Mutterbodenschicht gefiltert. Die Ergebnisse zeigten, dass eine deutliche Pufferung des pH-Wertes (> 7), sowie eine deutliche Konzentrationsminderung von Metallen und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) im Regenwasser durch die Sickerpassage erfolgte.

Bei der Untersuchung von mobilisierten Schadstoffen aus dem belasteten Untergrund konnte nur Nickel nachgewiesen werden, dessen Prüfwert aber im Mittel für Grundwasser deutlich unterschritten wurde. Im Muldenboden konnten vor allem Anreicherungen von Zink, sowie 4-, 5- und 6-Ring PAK gemessen werden, die aber keine Gefährdung der Umwelt darstellten.

Abgesehen von der Schadstoffanreicherung durch eine belastete Umwelt (Industriestandort, bestimmte Oberflächen) ist Regenwasser grundsätzlich sehr gut als Gießwasser zur Pflanzenbewässerung geeignet. Mit einer geringen Wasserhärte (zw. 2 und 4° dH), einem geringen Salzgehalt (bis 100 mg/l), einem pH-Wert zw. 4 - 6 und frei von Kalk, kann Regenwasser in manchen Regionen im Vergleich zu Trinkwasser bessere Bedingungen als Gießwasser für Pflanzen aufweisen (LWG 2017).

Normen, Richtlinien und rechtliche Aspekte

In der ÖNORM "Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke" (B 2501: 2016 08 01) ist festgehalten, dass bei geeigneten Bodenverhältnissen und entsprechender Eignung der Gegebenheiten, Regenwasser vor Ort versickert werden soll. Es können vom Kanalnetzbetreiber auch maximale Regenwassermengen festgelegt werden, die von einem Grundstück in den Kanal eingeleitet werden dürfen. In so einem Fall sind Maßnahmen zur Versickerung und- oder Retention von Niederschlag auf dem Grundstück einzuplanen (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2016).

Laut Allgemeines Bürgerliches Gesetzbuch (ABGB) § 364 muss für den Schutz vor Überflutungsschäden bis zu einem 30-jährlichen Niederschlagsereignis vorgesorgt werden.

Bei der Planung und dem Bau von Regenwassersickeranlagen können die ÖNORM B 2506 (alle Teile), das ÖWAV-Regelblatt 45 (Oberflächenentwässerung durch Versickerung in den Untergrund), das ÖWAV Regelblatt 35 (Behandlung von Niederschlagswässern), das Arbeitsblatt DWA-A 138 sowie bei Bedarf weiterer notwendige Werke herangezogen werden.

Für die Planung und den Bau von Regenwassernutzungsanlagen kann die ÖNORM EN 16941-1: 2018 07 01 angewendet werden.

Betreffend des Grundwassersschutzes vor Verschmutzung sind maßgebliche Kriterien in der Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser – QZV Chemie GW und für Oberflächengewässer in der Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer – QZV Chemie OG festgelegt (MAGISTRAT DER STADT WIEN 2018). Festlegungen zur Abwasserqualität finden sich weiters im Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG 1959), in der AAEV (Allgemeine Abwasseremissionsverordnung) und den jeweiligen Landesgesetzen (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2016).

1.4.4. Vertikale Gebäudebegrünung

Die vertikale Begrünung von Gebäuden wird auch als Fassadenbegrünung bezeichnet und umfasst jegliche Formen der Wandbegrünung mit Pflanzen. Die Weinrebe stammt aus Vorderasien und ist die älteste Pflanze, die schon früh als Fassadenbegrünung verwendet wurde. Heute gibt es verschiedenste Fassadenbegrünungssysteme, deren Gestaltung und Bepflanzung kaum Grenzen gesetzt sind. Neben ästhetischen Gründen, können Gebäude auch zur Gebäudeklimatisierung begrünt werden und zu einer Erhöhung grüner Infrastrukturen in der Stadt beitragen (KÖHLER 2012).

Die Begrünungsarten werden im Wesentlichen in "bodengebundene Fassadenbegrünung" (mit Kletterpflanzen) und "wandgebundene Fassadenbegrünung" (modulare Systeme), die auch oft als "Living Walls" bezeichnet werden, unterschieden (KÖHLER 2012).

Effekte und Nutzen von Fassadenbegrünungen

Fassadenbegrünungen haben sowohl für den Menschen als auch für die Umwelt zahlreiche positive Wirkungen auf unterschiedlichen Ebenen. Nachfolgen sind einerseits physisch und psychisch relevante Effekte auf den Menschen, sowie ökologische, mikroklimatische und gebäudebezogene Vorteile beschrieben, die bei sachgemäßer Planung und Wartung von einer Fassadenbegrünung ausgehen können.

Äst<u>hetik</u>

Die besondere Erscheinung von begrünten Gebäuden prägt sich außergewöhnlich ins menschliche Gedächtnis ein. Als Bindeglied von privatem Innenhaus und öffentlichem Außenraum nimmt die Fassade eine besondere Rolle ein und kann einen starken individuellen Ausdruckscharakter aufweisen. Auf den Menschen gibt es eine nachgewiesene positive Wirkung von Grün, das als raumerweiternd und beruhigend empfunden wird (PREISS 2013).

Gebäude können auf unterschiedlichste Weise begrünt und geschmückt werden. Von einfachen Wandbegrünungen mit selbstklimmenden Kletterpflanzen bis zu aufwendig designten Living Walls mit künstlerischer Pflanzenanordnung gibt es ein weites Spektrum an Gestaltungsmöglichkeiten. Grünwände können einen hohen ästhetischen Wert haben, der vor allem bei straßenseitiger Anwendung für die Allgemeinheit visuelle Attraktivität besitzt. Die ästhetische Wirkung von Vertikalbegrünungen auf die Öffentlichkeit hat aufgrund der guten Sichtbarkeit ein weit höheres Potential gegenüber Dachbegrünungen (DOVER 2015).

Gesundheit

Vertikale Begrünung als Teil von urbaner grüner Infrastruktur kann einen wichtigen Beitrag für das Wohlbefinden des Menschen in der Stadt bewirken. Verschiedene Ökosystemleistungen, die von grüner Infrastruktur bereitgestellt werden, ermöglichen ein gesundes Umfeld und wirken auf physischer und psychischer Ebene positiv auf den Menschen ein (Tzoulas et al. 2007). Die deutlichsten Effekte sind die kühlende Wirkung an Hitzetagen durch Schattenspende und Transpiration, die Luftreinigung von Schadstoffen, sowie die stressmindernde und entspannende Wirkung auf den Menschen (Dover 2015). Da Gebäudeaußenflächen durch optische und emotionale Wahrnehmung grundlegend an der menschlichen Empfindung einer Stadt beteiligt sind, kann durch Begrünungsmaßnahmen das Wohn- und Arbeitsumfeld natürlicher und menschlicher entwickelt werden (PREISS 2013).

Ökologie und Lebensraum

Die Begrünung von Wänden in urbanen Gebieten kann wichtige Habitate und Lebensräume für Wildtiere ermöglichen. Gerade in dicht besiedelten Bereichen, wo ein geringes Angebot an Grünflächen gegeben ist, hat die Gebäudebegrünung ein großes Potenzial zur Schaffung von Rückzugs- und Lebensräumen. Sie können als Trittsteinbiotope fungieren und so Kleinstlebensräume miteinander verbinden (FLORINETH 2004). So wie Grünkorridore das Stadtumland mit der Innenstadt vernetzen können, wirken Grünstrukturen an Gebäuden auch in vertikaler Ebene und können Verbindungen schaffen (KÖHLER 2012).

Abhängig von den angebotenen Ressourcen einer Wandbegrünung (Bruthabitat, Nahrung, Beute, Sonnen- und Schlafplätze, ...) variiert die Nutzung unterschiedlicher Tierarten. Neben diverser Fliegen-, Käfer-, Schnecken-, Spinnen- und Bienenarten nutzen auch verschieden Vogelarten den alternativen Lebensraum (DOVER 2015).

Gebäudeschutz und Aufwertung

Eine Begrünung der Fassade kann die Gebäudeaußenhaut vor Schlagregen, Wind, UV-Strahlung und Schadstoffen schützen und wirkt temperaturausgleichend. Diese Schutzschicht kann eine Materialermüdung der Fassadenbestandteile verzögern. Eine bodengebundene Begrünung kann über die Wurzeln Drainagefunktionen übernehmen und so das unterirdische Bauwerk vor Nässe schützen (PREISS 2013). Bei entsprechender Anordnung kann eine Begrünung unerwünschten Graffitis an Hauswänden verhindern und vor Beschädigungen wie z.B. Spechtlöchern schützen. Durch eine Begrünung der Gebäudehülle soll laut österreichischem Verband für

Bauwerksbegrünung auch der Verkaufswert einer Immobilie steigen, bzw. Wohnungen mit Begrünung beliebter sein (PREISS 2013).

Bei der Montage von ungeeigneten Begrünungssystemen oder bei ausbleibenden Pflege- und Wartungsarbeiten können auch Schäden an der Bausubstanz verursacht werden. Insbesondere sind Pflanzen, Rankhilfen, sowie Pflege- und Wartungen auf die Eignung der Fassade abzustimmen (PREISS 2013).

Mikroklima, UHI und Wärmedämmung

Die zusätzliche grüne Schicht an der Fassade übt unterschiedliche Effekte auf die Umgebung aus. Die Wirkung ist von zahlreichen Faktoren abhängig (Luftschicht zwischen Fassade und Pflanzen, Dicke der Pflanzenschicht, Belaubung,...) und Studienergebnisse variieren stark je nach Systemaufbau und Untersuchung (DOVER 2015).

Sonnenstrahlung wird von Gebäudekomponenten wie Beton, Stein oder Bitumen gut absorbiert, was sich durch eine starke Aufheizung bemerkbar macht. Pflanzen können durch verschiedene Prozesse eine Aufheizung verringern und durch den Energieverbrauch des Pflanzenmassenaufbaus eine Rückstrahlung unterbinden. Köhler (2012) fasst die Energiebilanz für die Blätter einer Fassadenbegrünung vereinfacht zusammen. Wenn 100 % Sonnenenergie auf eine Fassadenbegrünung trifft, wird sie grob vereinfacht von den Blättern wie folgt aufgeteilt:

- 30 % Verdunstung (Transpiration),
- 18 % Reflexion
- 30 % Emission
- 18 % Transmission
- 4 % Fotosynthese

Durch Verschattung und Verdunstungskühlung setzt ein sommerlicher Kühleffekt ein, dessen Kombination den besten Effekt erwirkt.

Je nach Klimazone und Exposition der Fassade variieren Untersuchungsergebnisse zur Temperatursenkung durch eine Fassadenbegrünungen. Dover (2015) beschreibt eine Studie von Ottelé (2011), die eine Temperatursenkung bei Fassadenbegrünungen von 2,6°C in gemäßigten Klimazonen und 4,5°C in mediterranen Klimazonen feststellten. Aufgrund des reduzierten Klimaanlagenbedarf konnte dabei auch eine Energieeinsparung von rund 43 % ermittelt werden. Alexandri & Jones (2008) zeigen, dass an einer Südfassade in südtropischer Klimazone eine maximale Senkung der Oberflächentemperatur von knapp 19°C und eine Senkung der Tagesdurchschnittstemperatur von rund 14°C durch eine Begrünung erreicht werden konnte.

Da eine Fassadenbegrünung im Sommer die unmittelbare Lufttemperatur verringert und einer Gebäudeaufheizung entgegenwirkt, ist die Gebäudebegrünung auch eine Maßnahme um den UHI-Effekt zu reduzieren. "Diese Maßnahme bewirkt eine Verbesserung des Mikroklimas und eine geringfügige Verbesserung des Mesoklimas" (BRANDENBURG et al. 2015, S. 63).

Im Winter spielt die Windgeschwindigkeit an der Gebäudeoberfläche eine wichtige Rolle für die Wärmedämmeigenschaften eines Gebäudes. Durch die Begrünung entsteht eine beruhigte Luftschicht an der Fassade, was eine Verringerung des Wärmeverlustes vom Gebäude erwirkt. Dadurch verringert sich im Winter der Wärmetransport vom Innenraum nach außen und im Sommer in umgekehrter Richtung (KÖHLER 2012).

Immer häufiger werden auch Anlagen zur Nutzung von Sonnenergie auf Gebäuden installiert, was jedoch kein Hindernis für eine Begrünung darstellen muss. Die Kombination von Photovoltaikanlagen und einer Gebäudebegrünung wirkt sich aufgrund der Kühlwirkung durch die Pflanzen sogar positiv aus und erhöht den Wirkungsgrad der Paneele (BRANDENBURG et al. 2015).

Lärmminderung

Eine Fassadenbegrünung bildet eine Geräusch-Barriere an den Gebäudewänden und kann Lärm an Straßen und Innenhöfen reduzieren. Die Lärmminderung unterschiedet sich je nach Begrünungsart und eingesetztem Systemaufbau. Dover (2015) beschreibt verschiedene Untersuchungen, deren Ergebnisse je nach System und Frequenzbereich eine Reduzierung von 2 bis zu knapp 10 dB erreichen.

Luftreinigung und Staubbindung

Pflanzen einer Fassadenbegrünung können eine luftreinigende Wirkung haben und partikuläre Luftschadstoffe binden. THÖNNESSEN (2006) untersucht die Filterleistung von Parthenicussus tricuspidata an einer stark befahrenen Straße und zeigt anhand verschiedener Elementkonzentrationen an den Blättern die wirksame Reinigungsleistung. Auch *Hedera helix* kann effektiv Partikel aus der Luft aufnehmen. STERNBERG et al. (2010) dokumentiert eine Reduktion der schädlichen Feinstaubpartikel PM₁₀, PM_{2,5} und PM₁ von 2,9*10¹⁰ pro m² über die Blattoberfläche. Die Partikelbindung auf den Blättern von Hedera helix ist wirksamer im Vergleich zu Ablagerungen auf Oberflächen wie lackiertem Metall, Aluminium oder Glas (OTTELÉ 2011).

Grundlegend kann bei der vertikalen Gebäudebegrünung zwischen drei Hauptgruppen der Wandbegrünung unterschieden werden. Die bodengebundene und wandgebundene Fassadenbegrünung, sowie die Übergangsform in Pflanztrögen unterscheiden sich grundlegend hinsichtlich der Pflanzenarten, der technischen Erfordernisse, wie Wuchsraum, Fassadentyp, Kletterhilfen, Bewässerung ect., der Gestaltungsmöglichkeiten, sowie der Herstellungs- und Pflegekosten.

Bodengebundene Fassadenbegrünung

Als älteste und einfachste Form der Wand-, oder Fassadenbegrünung zählt die Begrünung mit Kletterpflanzen, die bodengebunden mit oder ohne Kletterhilfe am Gebäude wachsen. Die Pflanzgrube mit direktem Anschluss zum gewachsenen Boden ermöglicht den Kletterpflanzen eine natürliche Versorgung mit Wasser, Luft und Nährstoffen. Besonders bei großwüchsigen Kletterpflanzen wie Efeu, Wildem Wein oder Blauregen ist auf einen entsprechend dimensionierten Bodenraum zu achten (KÖHLER 2012). Pro Pflanze sollten mindestens eine 0,5 m² offene Pflanzscheibe und ein durchwurzelbarer Raum von mindestens 1 m³ zur Verfügung stehen. Bei ungeeigneten Bodenverhältnissen kann die Pflanzgrube mit geeignetem Boden oder Substrat gefüllt werden (FLL 2018).

Die Pflanzen einer bodengebundene Fassadenbegrünung kann zwischen Selbstklimmer (Direktbegrüner) und Gerüstkletterpflanzen unterschieden werden.

Selbstklimmer (Direktbegrüner)

Selbstklimmende Kletterpflanzen benötigen keine Kletterhilfe und wachsen direkt an der Fassade empor. Mit Haftorganen halten sich die Gehölzpflanzen an der Fassadenoberfläche fest, die zwischen Wurzelkletterer und Haftscheibenranker unterschieden werden können.



• Wurzelkletterer (z.B. Efeu – siehe Abb. 1-6 oben) verankern sich an der Unterlage über feine Wurzelhaare, die an kleinen lichtfliehenden Trieben (Haftwurzeln) ausgebildet werden.



• Haftscheibenranker (z.B. Wilder Wein – siehe Abb. 1-6 unten) bilden kugel- oder sichelförmige Rankenspitzen aus, die sich durch Gewebewucherungen zu Haftscheiben formen und mittels Haftsekret an der Unterlage befestigen (FLL 2018).

Abb. 1-6: Wurzelkletterer und Haftscheibenranker. Quelle: Eigene Erstellung nach (FLL 2018)

In folgender Tabelle ist eine Auswahl von selbstklimmenden Kletterpflanzen mit artspezifischen Merkmalen aus der Fassadenbegrünungsrichtlinie zusammengestellt.

Tab. 8: Merkmale zu ausgewählten selbstklimmenden Kletterpflanzen. Quelle: Eigene Bearbeitung nach (FLL 2018)

Kletterform	Pflanzenart	Verwendung Mittlere Wuchshöhe	Wasser- anspruch (wenn in Pflanzgefäß)	Lichtanspruch / Pflegeaufwand Anmerkungen
	Klettertrompete Campsis radicans	hängend, Säulen, flächig 8-10 m	1-2 trocken bis frisch	Vollsonne / hoher Pflegeaufwand lichtfliehende Triebe, verlangt geschützten Standort
	Spindelstrauch Euonymus fortunei var. radicans	Säulen, Sockel, flächig 3-4,5 m	2-3 frisch bis nass	Halbschatten bis Schatten geringer Pflegeaufwand hoch giftig, gut haftend, lichtfliehende Triebe
Wurzelkletterer	Efeu Hedera helix	hängend, Fenster- Zwischenraum, Säulen, flächig 20-25 m	2-3 frisch bis nass	Halbschatten bis Schatten mittlerer Pflegeaufwand lichtfliehende Triebe, Wuchsform im 45°-Winkel (ungestört) Nahrungs-/Lebensraumangebot
	Kletterhortensie Hydrangea anomala subsp. petiolaris	hängend, Säulen, flächig 10-15 m	2-3 frisch bis nass	Halbschatten bis Schatten mittlerer Pflegeaufwand lichtfliehende Triebe
	Spalthortensie Schizophragma hydrangeoides	hängend, Säulen, Sockel, flächig 8-12 m		Vollsonne bis Schatten mittlerer Pflegeaufwand lichtfliehende Triebe
Haftscheibenranker	Selbstkletternde Jungfernrebe Parthenocissus quinquefolia var. engelmannii	hängend, Fenster- Zwischenraum, flächig 10-15 m	2-3 frisch bis nass	Vollsonne bis Schatten hoher Pflegeaufwand im Kübel hängend zu empfehlen
Haftschei	Jungfernrebe Parthenocissus tricuspidata 'veitschii'	hängend, Fenster- Zwischenraum, Säulen, flächig 12-15 m	-	Vollsonne bis Halbschatten mittlerer Pflegeaufwand Kleinblättriger Typ

Besonders bei direkter Wandbegrünung mit selbstklimmenden Kletterpflanzen ist auf eine geeignete und intakte Fassade zu achten. Massive Mauerwerke, Beton oder feste Putze bieten einen guten Haftgrund. Vorgehängte Fassaden und kunststoffhaltige Wandanstriche, sowie rissige Mauerwerke sind für die Begrünung mit Selbstklimmer ungeeignet. Lichtfliehende Triebe können in zugängliche Bauteile und Ritzen eindringen und Schäden verursachen. Pflanzenteile können sich durch schlechte Haftung ablösen bzw. aufgrund schlechter Bausubstanz und hohem Gewicht ganze Fassadenputzstücke herausbrechen (PREISS 2013).

Gerüstkletterpflanzen

Die Gerüstkletterpflanzen benötigen eine Kletterhilfe, um an vertikalen Fassaden empor wachsen zu können. Um die Entwicklung und Erhaltung der Fassadenbegrünung zu gewährleisten, ist die Kletterhilfe mit der Kletterpflanze abzustimmen. Da die Kletterpflanzen verschiedene Techniken haben sich zu verankern, können sie nach ihrer Kletterform in Schlinger, Ranker und Spreizklimmer unterschieden werden.



• **Schlinger** oder auch Winder (z.B. Baumwürger – siehe Abb. 1-7 oben) wachsen mit einer schraubenförmigen Windebewegung um eine Kletterhilfe aufwärts. Die Kletterhilfe sollte aus aufwärts gerichteten runden Profilen oder Seilen mit einer Stärke zwischen 4 und 50 mm bestehen.

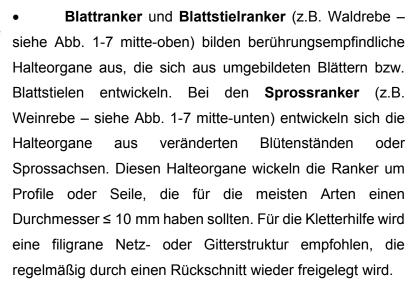




Abb. 1-7: Schlinger, Blattstielranker, Sprossranker und Spreizklimmer. Quelle: Eigene Erstellung nach (FLL 2018)

• Spreizklimmer (z.B. Kletterrose – siehe Abb. 1-7 unten) klettern nicht, sondern wachsen indem sie dünne, lange Triebe bilden und diese an Kletterhilfen anlegen. Durch hakenförmige Dornen, Borstenhaare, Stacheln oder sich spreizende Seitentriebe verankert sich die Pflanzen zusätzlich. Als Kletterhilfe werden rechtwinkelige Gitter, Netze bzw. waagrecht angeordnete Profile oder Seile empfohlen. Auch Strukturen, die viele V-förmige Winkel enthalten sind für selbstklimmende Pflanzen geeignet (FLL 2018).

Die folgende Tabelle zeigt eine Auswahl von Gerüstkletterpflanzen aus der Fassadenbegrünungsrichtlinie mit einer Übersicht ihrer artspezifischen Merkmale.

Tab. 9: Merkmale zu ausgewählten Gerüstkletterpflanzen. Quelle: Eigene Bearbeitung nach (FLL 2018)

Kletterform	Pflanzenart	Verwendung Mittlere Wuchshöhe	Wasser- anspruch wenn in Pflanzgefäß	Lichtanspruch / Pflegeaufwand Anmerkungen
	Strahlengriffel Kiwi Actinidia arguta	flächig 6-8 m	-	Vollsonne bis Halbschatten mittlerer Pflegeaufwand Zweihäusig
	Akebie Akebia quinata	Säulen 6-8 m	1-3 trocken bis nass	Vollsonne bis Halbschatten mittlerer Pflegeaufwand später Blattfall, fakultativ wintergrün
	Pfeifenwinde Aristolochia macrophylla	Fenster- Zwischenraum, flächig 8-10 m	2-3 frisch bis nass	Halbschatten bis Schatten mittlerer Pflegeaufwand ausreichende Bodenfeuchte lichtfliehende Triebe
	Pfeifenwinde Fenster- Aristolochia Zwischenraum, tomentosa 4-6 m		1-2 trocken bis frisch	Vollsonne bis Schatten geringer Pflegeaufwand ausreichende Bodenfeuchte lichtfliehende Triebe
der	Baumwürger Celastrus scandens	Säulen, flächig 7-10 m	-	Vollsonne bis Halbschatten mittlerer Pflegeaufwand stark schlingend
Schlinger/Winder	Knöterich Fallopia baldschuanica (syn. F. aubertii)	Balkon, hängend, flächig 8-15 m	-	Vollsonne bis Halbschatten hoher Pflegeaufwand schlingend, lichtfliehende Triebe
0,	Hopfen Humulus lupulus	hängend, Fenster- Zwischenraum, Säulen 3-6 m	-	Vollsonne bis Halbschatten mittlerer Pflegeaufwand stirbt jährlich oberirdisch ab, zweihäusig
	Geißblatt Lonicera japonica	Fenster- Zwischenraum 2-5 m	2-3 frisch bis nass	Halbschatten mittlerer Pflegeaufwand frostempfindlich – regenerierend (Sorte <i>'Interworld' besonders</i> <i>frosthart</i>)
	Geißblatt Lonicera x tellmanniana	hängend, Fenster- Zwischenraum, flächig 5-6 m	-	Vollsonne bis Halbschatten mittlerer Pflegeaufwand geschützter Standort
	Baumschlinge Periploca graeca	Fenster- Zwischenraum, Säulen 6-10 m	-	Vollsonne mittlerer Pflegeaufwand stark schlingend trockenheitsverträglich

orm	D.C.	Verwendung	Wasser- anspruch	Lichtanspruch / Pflegeaufwand
KIForm	Pflanzenart	Mittlere Wuchshöhe	wenn in Pflanzgefäß	Anmerkungen
ler	Beerentraube Schisandra chinensis	Fenster- Zwischenraum, Sockel, flächig 4-6 m	-	Halschatten geringer Pflegeaufwand geschützter Standort, wintermildes Klima, zweihäusig
Schlinger/Winder	Blauregen <i>Wisteria</i> floribunda	Balkon, Fenster- Zwischenraum, flächig 8-12 m	2-3 frisch bis nass ('Honbeni')	Vollsonne bis Halbschatten mittlerer Pflegeaufwand stark schlingend, lichtfliehende Triebe, geschützter Standort
S	Blauregen Wisteria sinensis	Balkon, Fenster- Zwischenraum, flächig 8-15 m	2-3 frisch bis nass	Vollsonne hoher Pflegeaufwand stark schlingend, lichtfliehende Triebe, geschützter Standort
	Alpen-Waldrebe Clematis alpina	Sockel 2-3 m	-	Halbschatten bis Schatten mittlerer Pflegeaufwand
anker	Berg-Waldrebe Clematis montana f. grandiflora	Balkon, hängend, Fenster- Zwischenraum, flächig 8-10 m	2-3 frisch bis nass	Vollsonne bis Halbschatten hoher Pflegeaufwand geschützter Standort
Blattranker und Blattstielranker	Orient-Waldrebe Clematis orientalis 'Bill McKenzie'	Balkon, hängend, Fenster- Zwischenraum, flächig 7 m	2 frisch	Vollsonne bis Halbschatten mittlerer Pflegeaufwand
Blattrank	Gold-Waldrebe Clematis tangutica	Sockel, hängend, Fenster- Zwischenraum 4-6 m	1-2 trocken bis frisch	Vollsonne mittlerer Pflegeaufwand trockenheitsverträglich
	Gold-Waldrebe Clematis terniflora	hängend, Fenster- Zwischenraum, flächig 8-10 m	1-2 trocken bis frisch	Vollsonne hoher Pflegeaufwand
	Scheinrebe <i>Ampelosis</i> brevipedunculata	Hängend, flächig 6-10 m	-	Vollsonne bis Halbschatten mittlerer Pflegeaufwand
Sprossranker	Rankende Jungfernrebe Parthenocissus inserta	hängend, Fenster- Zwischenraum, flächig 6-8 m	2 frisch	Vollsonne bis Halbschatten hoher Pflegeaufwand bildet kaum / keine Haftscheiben
	Amur-Rebe Vitis amurensis	hängend, Fenster- Zwischenraum, flächig 4-6 m	-	Vollsonne bis Halbschatten mittlerer Pflegeaufwand ausgezeichnet frosthart

KIForm	Pflanzenart	Verwendung Mittlere Wuchshöhe	Wasser- anspruch wenn in Pflanzgefäß	Lichtanspruch / Pflegeaufwand Anmerkungen
anker	Rostrote Rebe Vitis coignetiae	hängend, flächig 8-12 m	2 frisch	Vollsonne bis Halbschatten hoher Pflegeaufwand kalkliebend
Sprossranker	Weinrebe Vitis vinifera	hängend, Fenster- Zwischenraum, flächig 8-10 m	-	Vollsonne bis Halbschatten hoher Pflegeaufwand geschützter Standort
	Winter-Jasmin Jasminum nudiflorum	Sockel, hängend 3-5 m	1-2 trocken bis frisch	Vollsonne bis Halbschatten geringer Pflegeaufwand geschützter Standort gut trockenheitsverträglich
Spreizklimmer	Kletterrose <i>Rosa</i> – kletternde Sorten	Sockel, Säulen, Fenster- Zwischenraum, flächig 2-6 (12) m	-	Vollsonne bis Halbschatten mittlerer Pflegeaufwand sortenabhängige winterhärte
	Brombeere Rubus henry var. bambusarum	Sockel, Fenster- Zwischenraum, flächig 2-4 m	-	Halbschatten bis Schatten mittlerer Pflegeaufwand Triebe neigen zum Schlingen

Anhand dieser Übersicht wird die Vielzahl an unterschiedlichen Gerüstkletterpflanzen ersichtlich, wobei die z.T. zahlreich vorhandenen Sorten einzelner Arten ausgespart wurden und nur die bekanntesten Pflanzen aufgelistet wurden. Durch die unterschiedlichen Lichtansprüche und Wuchshöhen lässt sich die Eignung der Kletterpflanzen für bestimmte Standorte ermitteln. Auch der zu erwartende Pflegeaufwand ist für die Wahl der passenden Pflanzenarten von Vorteil.

Wenn Kletterpflanzen für die Haltung in Pflanzgefäßen geeignet sind, gibt die Fassadenbegrünungsrichtlinie der FLL (2018) einen ungefähren Wasseranspruch der einzelnen Sorten an. Dies ist für die Zusammenstellung verschiedener Pflanzenarten und für die Bewässerungsplanung ein wichtiger Anhaltspunkt.

Die Begrünung mit im Boden wachsenden Kletterpflanzen stellt die mit Abstand günstigste Form der Fassadenbegrünung dar. Bei selbstklimmenden Kletterpflanzen kann mit 30-45 €/m² nur für die Pflanzen gerechnet werden. Auch bei Gerüstkletterpflanzen sind die Kosten von 40-75 €/m² inklusive Pflanzen und Kletterhilfe im Vergleich zu wandgebundenen Begrünungssystemen als sehr gering einzuschätzen (Dover 2015).

Fassadenbegrünung in Pflanztrögen

Die Begrünung der Fassade mittels Pflanztröge kann als Mischform bodengebundener und wandgebundener Fassadenbegrünung betrachtet werden. Je nach Ausführung werden größere Pflanzbehälter mit Substrat gefüllt und meist Kletterpflanzen zur Begrünung gewählt. Zusätzlich werden bei entsprechender Pflanzenauswahl Kletterhilfen erforderlich. Diese Form der Begrünung eignet sich, wenn beispielsweise kein Bodenanschluss am Gebäude gegeben ist, oder auf mehrerer Etagen Pflanzungen erfolgen sollen. Auch eine Begrünung von oben nach unten mit hängenden Pflanzen ist möglich. Der Vorteil gegenüber wandgebundener Pflanzsysteme liegt in dem deutlich größerem Substratvolumen, dass sowohl im Winter frostbeständiger ist als auch im Sommer einen kurzfristigen Bewässerungsausfall besser abpuffern kann. Die statische Eignung des Gebäudes ist jedenfalls zu prüfen, da je nach Dimensionierung des Pflanztrogs hohe Einzellasten zusätzlich zu den Flächenlasten der Pflanzschichten auftreten können (KÖHLER 2012).

Bei der Verwendung von Kletterpflanzen, ist auf deren Eignung für die Haltung in Pflanzgefäßen zu achten. In Tab. 8 und Tab. 9 sind Klettergehölze angeführt, die für die Haltung in Pflanzgefäßen geeignet sind und mit Wasseranspruchswerten aus der Fassadenbegrünungsrichtlinie angegeben werden (FLL 2018).

In folgender Tabelle ist eine für Pflanzgefäße geeignete Auswahl freitragender (Klein-) Gehölze mit artspezifischen Merkmalen aus der Fassadenbegrünungsrichtlinie zusammengefasst.

Tab. 10: Merkmale ausgewählter freitragender Gehölze für Pflanzgefäße. Quelle: Eigene Bearbeitung nach (FLL 2018)

Pflanzenart	Wuchsverhalten Mittlere Wuchshöhe	Wasser- anspruch	Lichtanspruch / Pflegeaufwand pH-Wert; Winterhärtezone (WHZ) Anmerkungen
Hainbuche Carpinus betulus 'Fastigiata Monument'	Kleinbaum,	1-3	Vollsonne bis Schatten / mittlerer
	säulenform	trocken bis	Pflegeaufwand
	4-5 m	nass	pH-Wert: sauer – alkalisch; WHZ: 5b
Blut-Buche	Großbaum, im	2-3	Vollsonne bis Halbschatten / hoher
Fagus sylvatica	Kübel strauchig	frisch bis	Pflegeaufwand
'Atropunicea'	25-30 m	nass	pH-Wert: neutral – alkalisch; WHZ: 5b
Hänge-Forsythie Forsythia suspensa var. fortunei	Strauch, überhängend 2-3 m	2 frisch	Vollsonne bis Halbschatten / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral – alkalisch; WHZ: 5b

Pflanzenart	Wuchsverhalten Mittlere Wuchshöhe	Wasser- anspruch	Lichtanspruch / Pflegeaufwand pH-Wert; Winterhärtezone (WHZ) Anmerkungen
Spitzblättrige Scheinbeere Gaultheria mucronata	Kleinstrauch, buschig bis 1 m	3 nass	Vollsonne bis Halbschatten / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: sauer; WHZ: 7b empfindlich gegen exponierte Ostlagen u. Wintersonne
Säulen-Ginkgo Ginkgo bilobo 'Fastigiata Blagon'	Kleinbaum, straff aufrecht 10-15 m	2-3 frisch bis nass	Vollsonne / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: sauer – alkalisch; WHZ: 5b
Wald-Hortensie Hydrangea arborescens 'Grandiflora'	Kleinstrauch, aufrecht 1,5 m	2-3 frisch bis nass	Halbschatten bis Schatten / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: sauer – neutral; WHZ: 5b
Rispen-Hortensie Hydrangea paniculata 'Grandiflora'	Strauch, buschig 2-3 m	2-3 frisch bis nass	Vollsonne bis Halbschatten / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: sauer – neutral; WHZ: 5b
Japanische Stechpalme <i>Ilex crenata</i> 'Golden Gem'	Kleinstrauch, sparrig bis 0,8 m	2-3 frisch bis nass	Vollsonne bis Halbschatten / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: sauer – neutral; WHZ: 7a empfindlich gegen windexponierte Lagen Wintersonne, Hitze u. Trockenheit
Echter Lavendel Lavandula angustifolia	Halbstrauch, kompakt, buschig bis 0,6 m	1 trocken	Vollsonne / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral – alkalisch; WHZ: 5b
Immergrüne Kriech- Heckenkirsche Lonicera pileata 'Moss Green'	Kleinstrauch, breit u. flach wachsend 0,4-0,8 m	1-3 trocken bis nass	Vollsonne bis Schatten / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: sauer – alkalisch; WHZ: 6b
Japanischer Ysander Pachysandra terminalis	Halbstrauch, mattenförmig bis 0,3 m	2 frisch	Halbschatten bis Schatten / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 5b ausläuferbildend, nicht hitzeverträglich
Bodendecker- / Kleinstrauchrosen <i>Rosa</i> -Kultivare	Kleinstrauch, buschig, überhängend 0,3-1 m	2 frisch	Vollsonne / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 6, 7 Frostschäden bei winterkalten Lagen möglich
Echter Thymian Thymus vulgaris	Halbstrauch, zwergstrauchartig, polsterbildend 0,1-0,3 m	1 trocken	Vollsonne / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral – alkalisch; WHZ: 6a Frostschäden bei winterkalten Lagen möglich

Eine (zusätzliche) Begrünung mit für Pflanzgefäße geeigneten Stauden und Gräsern ist in der Tab. 11 angeführt.

Die Größe des Pflanztroges sollte sich nach dem Wurzelsystem der verwendeten Pflanzen richten. Als Substrat können leichte Ziegel – Blähtonmischungen mit einem organischen Anteil von 10 - 15 Vol.% verwendet werden, wie sie bei intensiven Dachbegrünungssubstraten Anwendung finden. Zur Isolierung gegen Hitze und Kälte wird eine Dämmschicht an der Innenseite des Troges empfohlen. Eine regelmäßige Versorgung durch eine Bewässerung ist erforderlich, zudem sollte eine gute Entwässerung (Sommer/Winterablauf) des Troges gewährleistet sein (FLORINETH 2004).

Ein Faustwert für die Baukosten inklusive Bepflanzung und Bewässerungsanlage liegt bei diesem Pflanzsystem im mittleren bis hohen Preissegment von 300-800 €/m². Der Pflegeaufwand und die Unterhaltungskosten sind im mittleren Bereich anzusetzen (KÖHLER 2012).

Wandgebundene Fassadenbegrünung

Die wandgebundenen Fassadenbegrünungen werden auch als vertikale Gärten oder "Living Walls" bezeichnet und sind eine relativ neue Entwicklung der letzten Jahrzehnte. Mit deutlich höherem Herstellungs-, Erhaltungs- und Pflegeaufwand im Vergleich zur bodengebundenen Begrünung, sind die Gestaltungsmöglichkeiten jedoch vielfältig und in der Auswahl pflanzlicher Wuchsformen nahezu keine Grenzen gesetzt.

Da die Anschaffungskosten nicht selten das Hundertfache pro m² einer Begrünung mit typischen Kletterpflanzen betragen und auch die laufenden Aufwände für Bewässerung, Pflege und Wartung ein vielfaches höher sind, finden sich bisher nur kleinflächige Anlagen bzw. großflächige eher nur an repräsentativen Gebäuden.

Effekte wie die Verdunstungsleistung oder die Staubbindung sind an die vorhandene Blattmasse gebunden. Bei gleichen Kosten könnten großflächigere bodengebundene Begrünungen dabei höhere ökologische Wirkungen erzielen. Bei entsprechender Planung und Montage können wandgebundene Systeme aber zur Gebäudedämmung beitragen, einen bis zu 100-prozentigem Schutz der Gebäudeaußenhaut vor UV-Licht und Niederschlag geben (FLL 2018) und bei Durchleitung von Innenraumluft auch zur Gebäudeklimatisierung verwendet werden, was höhere Kosten wieder relativieren bzw. begründen kann (KÖHLER 2012).

Diese Form der Fassadenbegrünung stellt aus vegetationstechnischer Sicht einen Extremstandort da (FLL 2018). Aufgrund der Exposition sind hohe Temperaturunterschiede möglich, was verbunden mit einem geringem Wurzelraum bei Ausfall von Bewässerungsanlagen auch rasch zu Komplettausfällen der Vegetation führen kann (KÖHLER 2012).

Typische Formen wandgebundene Begrünungen bestehen aus unterschiedlichen Pflanzgefäßen wie kleinen Pflanztrögen (Trogsystem), modularen Pflanzkästen (Kassettensystem) oder Geovliesen (Vliessystem), die mit einem Trägermaterial gefüllt die Begrünung an der Wand ermöglicht. Für die Wahl des Begrünungssystems sind Bauweise, Wuchseigenschaften, sowie die gewünschten Funktionen oder

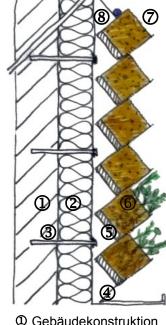
Wirkungen der Vegetation entscheidend (FLL 2018).

Regalsystem/Trogsystem

Bei der Begrünung mit einem Trogsystem oder auch Regalsystem werden vor allem Stauden (auch Gräser und Farne), bedingt auch Kleingehölze, Knollen Zwiebelgewächse in mit Substratgefüllten Einzel- oder Linienpflanzbehältern gepflanzt. Diese werden horizontal direkt mit Kragkonsolen oder mit einer selbsttragenden Vorkonstruktion an der Fassade angebracht (siehe Abb. 1-8). Abhängig von der Dimensionierung der Pflanzgefäße, sowie der gewünschten Wuchshöhe steht eine breite Pflanzenauswahl zur Verfügung (FLL 2018).

Gut geeignet sind krautige Pflanzen, die jedoch bei gewollter flächiger Bedeckung eine dichte Anordnung der Pflanzbehälter erfordern. Üblicherweise werden diese aus Metall hergestellt, was bei engmaschiger Anordnung Nachteile wie das Aufheizen einer Metallfassaden mit sich bringen kann (KÖHLER 2012).

Das Substrat kann entsprechend der gewünschten Abb. 1-8: Aufbau eines Begrünungsart auch aus mineralischen Schüttstoffen, wie Erstellung nach (Köhler 2012)



- ① Gebäudekonstruktion
- ② Dämmung
- ③ Verankerung
- Unterkonstruktion mit Tropffang
- ⑤ Drainschicht
- 6 Substrat
- Schutzvlies
- Tropfschlauch

Trogsystems. Quelle: Eigene

sie bei Dachbegrünungen Verwendung finden gewählt werden. Wichtig zu berücksichtigen sind Aspekte wie das Gewicht, Wasserdurchlässigkeit und Speicherfähigkeit, Luftkapazität, Durchwurzelbarkeit, Strukturstabilität. sowie Nährstoffgehalt, Salzgehalt und pH-Wert des Substrats (FLL 2018).

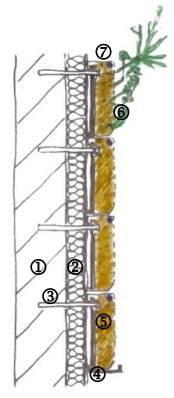
Eine künstliche Bewässerung ist aufgrund begrenzten der Niederschlagsauffangfläche notwendig, um die Pflanzen mit ausreichend Wasser zu Versorgung. Die Nährstoffversorgung kann entweder durch Depotdünger während eines Pflegeganges oder durch Flüssigdünger mit der Bewässerung erfolgen und ist in Abhängigkeit von den Erfordernissen der Vegetation, dem Substrat und der Wasserqualität zu wählen (FLL 2018).

Modulares System

Beim modularen System werden meist quadratische oder rechteckige Pflanzkästen vertikal rasterförmig oder flächig auf einer Sekundärkonstruktion an der Fassade angeordnet (siehe Abb. 1-9). Die Elemente können aus mit Substrat gefüllten Körben, Matten (Mattensystem) oder Kassetten (Kassettensystem) bestehen und mit Stauden (auch Gräser und Farne), Kleingehölzen und Moosen bepflanzt werden. Meist werden die Pflanzen vorkultiviert und die Module fix fertig auf die Baustelle geliefert, was die Vorteile einer raschen Montage und sofortigen Wirkung nach Fertigstellung bringen (FLL 2018).

Die Elemente werden aus Kunststoff oder Metall hergestellt und ihr Gewicht hängt von der Größe, sowie dem eingesetzten Substrat ab. Neben einer raschen Montage ist auch die gute Austauschbarkeit einzelner Module von Vorteil (KÖHLER 2012).

Neben der Begrünung mit verschiedener Pflanzkästen werden auch Kunst- oder Natursteinplatten zu den Modularen Systemen gezählt, die mit spezieller rauer Oberflächenbeschaffenheit und ohne Substrat direkt begrünt werden können (z.B. Mooswände) (FLL 2018).



- ① Gebäudekonstruktion
- ② Dämmung mit Schutzlage gegen Feuchtigkeit
- ③ Verankerung
- Sekundärkonstruktion mit Tropffang
- Modul/Kassette
- 6 bepflanzbare Frontpartie
- Tropfschlauch je Modul

Abb. 1-9: Aufbau eines Modulsystems. Quelle: Eigene Erstellung nach (Köhler 2012)

Als Substrat können mineralische Gemische aus Lava oder Bims, Steinwolle oder auch Schichten aus Torfmoos (*Sphagnum*) verwendet werden, die vor allem die Funktion einer hohen Feuchtespeicherung erfüllen sollen (FLL 2018).

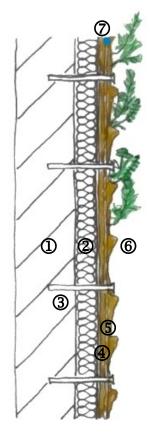
Dieses System ist auf eine regelmäßige (tägliche) künstliche Bewässerung angewiesen (KÖHLER 2012). Intervall und Menge sind vom Wasserspeichervermögen des Substrates und der Vegetation abhängig und sollen jahreszeitlich abgestimmt werden. Die Nährstoffversorgung kann durch Flüssigdünger mit der Bewässerung erfolgen und ist in Abhängigkeit von den Erfordernissen der Vegetation, dem Substrat und der Wasserqualität zu wählen (FLL 2018).

Flächige Bauweise / Vliessystem

Bei einer flächigen Konstruktion werden unterschiedlich ausgeführte Textilbahnen mit oder ohne Substrat gefüllt und vor allem mit Stauden, Gräser, Farne, Kleingehölzen Moosen und Geophyten bepflanzt. Diese Form der Begrünung eignet sich vor allem für großflächige Anwendungen und besticht durch ein geringes Gewicht und einer hohen Anpassung an jegliche geometrischen Formen des Gebäudes. Die Geovliese werden zur Befestigung auf einer Sekundärkonstruktion an einer wartungsfreien Primärkonstruktion angebracht (siehe Abb. 1-10) (FLL 2018).

Die Stoffbahnen können aus synthetischen oder natürlich Materialien hergestellt werden und müssen reißfest und wasserspeicherfähig sein, sowie eine gute Benetzbarkeit und Durchwurzelung ermöglichen (KÖHLER 2012). Bei einer reinen Textil-Bauweise werden die Pflanzen in Schlitze oder Taschen gesteckt und fixiert, bis diese sich in das Geotextil einwurzeln. Bei einer Textil-Substrat-Bauweise wird der Wurzelraum durch das Substrat erweitert und dadurch eine bessere Versorgung, sowie höhere Frostbeständigkeit ermöglicht.

Als Substrat können mineralische Gemische, Steinwolle oder auch Torfmoos (*Sphagnum*) verwendet werden, die sowohl ein großes Porenvolumen, als auch eine hohe Wasserspeicherkapazität besitzen sollten (FLL 2018).



- ① Gebäudekonstruktion
- ② Dämmung u. Schutzlage gegen Feuchtigkeit
- 3 Verankerung
- (5) weitere Geovlieslagen
- 6 integrierte Pflanztaschen
- **D** Bewässerungsleitung

Abb. 1-10: Aufbau eines flächigen Systems mit mehrlagigem Geovlies. Quelle: Eigene Erstellung nach (KÖHLER 2012)

Neben den Textil-Systemen gibt es auch Metallblech-Systeme, die Ausschnitte für die Vegetation haben und Systeme mit nährstofftragenden Wandschalen, die direkt begrünt werden können.

Intervall und Menge der regelmäßigen Bewässerung sind vom Wasserspeichervermögen des Trägerstoffes/Substrates und der Vegetation abhängig und sollten jahreszeitlich abgestimmt werden. Die Nährstoffversorgung kann durch Flüssigdünger mit der Bewässerung erfolgen und ist in Abhängigkeit von den Erfordernissen der Vegetation, dem Substrat und der Wasserqualität zu wählen (FLL 2018).

In der Fassadenbegrünungsrichtlinie werden geeignete Stauden und Gräser für die wandgebundene Begrünung und für Pflanzgefäße mit verschiedenen Angaben aus Erfahrungswerten und der Literatur aufgelistet. In der folgenden Tabelle ist eine Auswahl der beschriebenen Stauden und Gräser mit artspezifischen Merkmalen zusammengefasst.

Tab. 11: Merkmale zu ausgewählten Stauden und Gräser für die wandgebundene Begrünung und für Pflanzgefäße. Quelle: Eigene Bearbeitung nach (FLL 2018)

Pflanzenart	Wuchsverhalten Mittlere Wuchshöhe	Wasser- anspruch	Lichtanspruch / Pflegeaufwand pH-Wert; Winterhärtezone (WHZ) Anmerkungen
Gemeine Schafgarbe Achillea millefolium	horstig, ausläufertreibend 20-60 cm	1-2 trocken bis frisch	Vollsonne / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 2 für Pflanzgefäße geeignet
Felsenkresse Arabis procurrens	horstig 20-30 cm	1-2 trocken bis frisch	Vollsonne / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 4
Wald-Geißblatt Aruncus dioicus	horstig 100 cm	2 frisch	Schatten / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 3
Teppich Spiere Astilbe chinensis	ausläufertreibend 25-40 cm	2 frisch	Vollsonne / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: k.A.
Große Sterndolde Astrantia major	horstig 40-60 cm	2 frisch	Vollsonne / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 6
Bergenie Bergenia cordifolia	horstig, ausläufertreibend 20-40 cm	2 frisch	Vollsonne bis Halbschatten / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: alkalisch; WHZ: 3
Mauerglockenblume Campanula portenschlagiana	horstig, ausläufertreibend 40-50 cm	1 trocken	Halbschatten / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 4
Chinesischer Bleiwurz Ceratostigma plumbaginoides	bodendeckend 20-25 cm	1 trocken	Vollsonne / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 5
Mauer-Zimbelkraut Cymbalaria muralis	ausläufertreibend, wuchernd 5-15 cm	2 frisch	Vollsonne / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 3
Federnelke Dianthus plumarius	bodendeckend, kriechend, Polster 10-25 cm	2 frisch	Vollsonne / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: alkalisch; WHZ: 3 für Pflanzgefäße geeignet
Schein-Erdbeere Duschesna indica	ausläufertreibend 10 cm	1-2 trocken bis frisch	Vollsonne bis Halbschatten / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: alkalisch; WHZ: 6
Kleinblütiger Storchschnabel Geranium X cantabrigiense	horstig, ausläufertreibend 30 cm	1-3 trocken bis nass	Vollsonne bis Halbschatten / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral - alkalisch; WHZ: 4-5 diverse Sorten

Pflanzenart	Wuchsverhalten Mittlere Wuchshöhe	Wasser- anspruch	Lichtanspruch / Pflegeaufwand pH-Wert; Winterhärtezone (WHZ) Anmerkungen
Felsen- Storchschnabel Geranium macrorrhizum	horstig, Rhizom bildend 30 cm	1-3 trocken bis nass	Vollsonne bis Halbschatten / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: k.A.; WHZ: 4 diverse Sorten
Blut-Storchschnabel Geranium sanguineum	bodendeckend, ausläufertreibend 25-40 cm	1 trocken	Vollsonne / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 5
Gundelrebe, Gundermann Glechoma hederacea	ausläufertreibend, kriechend 10-15 cm	2-3 frisch bis nass	Vollsonne bis Halbschatten / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: alkalisch; WHZ: 4
Zwergschleierkraut Gypsophila repens	horstig 10-25 cm	1 trocken	Vollsonne / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: alkalisch; WHZ: 4
Rotblättriges Silberglöckchen, Purpurglöckchen Heuchera micrantha 'Palace Purple'	horstig, ausläufertreibend 30-70 cm	2 frisch	Vollsonne bis Halbschatten / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: alkalisch; WHZ: 5
Immergrüne Schleifenblume Iberis sempervirens	horstig 10-25 cm	1-2 trocken bis frisch	Vollsonne / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 4 für Pflanzgefäße geeignet
Bunte Schwertlillie Iris variegata	Rosette 45 cm	1-2 trocken bis frisch	Vollsonne / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 3-9
Echte Katzenminze Nepeta cataria	horstig 60-80 cm	1 trocken	Vollsonne / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 3 für Pflanzgefäße geeignet
Katzenminze Nepeta racemosa (Nepeta x faassenii)	horstig, Polster 20-40 cm	1 trocken	Vollsonne / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 4
Frühlings- Fingerkraut Potentilla neumanniana	bodendeckend, kriechend 5-10 cm	1 trocken	Vollsonne / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 5
Großblütige Braunelle Prunella grandiflora	bodendeckend, kriechend 5-10 cm	1 trocken	Halbschatten / mittlerer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 5
Kleinblättriger Steinbrech Saxifraga cuneifolia	horstig, ausläufertreibend 15-20 cm	2 frisch	Vollsonne bis Halbschatten / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: alkalisch; WHZ: 6
Rispen-Steinbrech Saxifraga paniculata	Rosette, Polster 30 cm	2 frisch	Vollsonne / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: alkalisch; WHZ: 2
Gold-Fetthenne Sedum floriferum	horstig, ausläufertreibend 10-30 cm	1-2 trocken bis frisch	Vollsonne / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: alkalisch; WHZ: 5

Pflanzenart	Wuchsverhalten Mittlere Wuchshöhe	Wasser- anspruch	Lichtanspruch / Pflegeaufwand pH-Wert; Winterhärtezone (WHZ) Anmerkungen
Felsen-Fetthenne Sedum reflexum	horstig, bodendeckend 10-30 cm	1-2 trocken bis frisch	Vollsonne / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: alkalisch; WHZ: 5
Dachwurz Sempervivum tectorum	horstig, bodendeckend, Rosette 10 cm	1-2 trocken bis frisch	Vollsonne / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 4
Wollziest Stachys byzantina	bodendeckend, ausläufertreibend 50 cm	2 frisch	Vollsonne / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 4-9
Nelkenwurz- Waldsteinie Waldsteinia geodes	horstig 20-30 cm	1-2 trocken bis frisch	Vollsonne bis Halbschatten / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 5
Teppich-Ungarwurz Waldsteinia ternata	bodendeckend, kriechend 30 cm	1-2 trocken bis frisch	Vollsonne bis Halbschatten / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: alkalisch; WHZ: 3
Blau-Schwingel Festuca cinerea 'Blauglut'	horstig 30 cm	1 trocken	Vollsonne / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 6
Schaf-Schwingel Festuca ovina	horstig 30-40 cm	1 trocken	Vollsonne / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral; WHZ: 4
Schnee-Marbel Luzula nivea	horstig, bodendeckend, 30 cm	1-2 trocken bis frisch	Schatten / geringer Pflegeaufwand pH-Wert: neutral - sauer; WHZ: 6 grasartig

Anhand dieser Übersichts-Liste wird ersichtlich, wie vielfältig die Pflanzenauswahl für wandgebundene Begrünungssysteme ist. Dabei gibt es erst wenige Langzeituntersuchungen über die Haltung in unterschiedlichen Pflanzsystemen und bei verschiedenen Standortbedingungen. Laut Köhler (2012) wachsen Bergenien-Sorten und das Purpurglöcken in verschiedenen Begrünungssystemen am erfolgreichsten und sehen das ganze Jahr über gut aus.

Je nach verfügbarem Wurzelvolumen und gegebenen Standortbedingungen sind auch Klettergehölze (siehe Tab. 8 und Tab. 9), sowie freitragende, für Pflanzgefäße geeignete Gehölze (Tab. 10) für die wandgebundene Begrünung möglich. Neben einem beschränktem Wurzelraum ist bei der Verwendung von Gehölzen auch auf die sich entwickelnde Hebelwirkung zu achten. Bei geringen Substratkörpern kann diese ein Ausbrechen der Pflanzen verursachen (Köhler 2012).

<u>Mooswände</u>

Die Begrünung von Elementen mit rauen Oberflächen ist zwischen einer modularen und einer flächigen Bauweise einzuordnen. Bei der vorkultivierten Begrünung von Trägerstoffen mit Moosen und Flechten ergeben sich Vorteile einer sofortigen Wirkung, hoher Anpassungsfähigkeit, geringer Einbautiefe und geringem Versorgungs- und Pflegeaufwand. Das Gewicht hängt von den verwendeten Trägerstoffen (Geotextil, kapillar wirkende Kunststoffplatten oder poröse Kunst- und Natursteinplatten) ab, die ohne Substrat eingebaut wird.

Die geeigneten Moose können auf halbschattigen und absonnigen Standorten eingesetzt werden und müssen sowohl mit wechselfeuchten als auch trockenen Situation zurechtkommen.

Nach der FLL haben sich folgende vertikal wachsende Moose in Einzelprojekten bewährt:

- Hypnum cupressiforme ssp. cupressiforme (starkwüchsig)
- Racomitrium canescens (starkwüchsig, verträgt mehr Sonne)
- Brachythecium rutabulum (schwachwüchsig)
- Bryum argenteum (schwachwüchsig)
- Bryum capillare (schwachwüchsig)
- Ceratodon purpureus (schwachwüchsig, selbst ansiedelnd)

Da sich Moose von Nährstoffen aus der Luft und dem Wasser versorgen, ist eine regelmäßige Bewässerung erforderlich. Gut geeignet ist Regenwasser aufgrund der Nährstoffe, sowie eine Wasserausbringung mit einer Vernebelungsanlage, um eine direkte Erhöhung der Luftfeuchtigkeit zu ermöglichen. Im Winter ist keine Bewässerung notwendig, ebenso besteht keine Notwendigkeit der Düngung (FLL 2018).

Ein Faustwert für die Baukosten inklusive Bepflanzung und Bewässerungssystem liegt bei allen wandgebundenen Pflanzsystemen im hochpreisigen Bereich von 400-1000 €/m², mit Ausnahme der Mooswände, die im mittleren Preissegment von 300-500 €/m² liegen. Der Pflegeaufwand und die Unterhaltungskosten sind ebenso mittel bis hoch anzusetzen, außer bei der Begrünung mit Mooswänden, da werden sie als gering eingeschätzt (Köhler 2012).

Bewässerung

Jede Pflanze benötigt Wasser, um ihre Grundfunktionen und den Fortbestand zu sichern. Bodengebundene Kletterpflanzen versorgen sich meist über weit und tiefgehende Wurzeln und benötigen nur in seltenen Fällen eine zusätzliche Bewässerung. Bei Kletterpflanzen, die in Pflanzgefäßen oder durch sonstige Gegebenheiten über einen begrenzten Wurzelraum verfügen, muss in den meisten Fällen eine zusätzliche Bewässerung erfolgen. Wenn kein Anschluss zum gewachsenen Boden gegeben ist, oder die zu beregnende Oberfläche zu gering ist, um den permanenten Wasseranspruch der Pflanzen decken zu können, muss künstlich Wasser zugeführt werden. Da verschiedene Pflanzenarten unterschiedliche Wasseransprüche haben, ist für die Planung eine Kenntnis des Wasserbedarfs von Vorteil.

Wasserbedarf

Genaue Angaben über den Wasserbedarf von Fassadenbegrünungen finden sich momentan noch kaum in der Literatur, da es auch noch an Langzeituntersuchungen mangelt. Der Bedarf der unterschiedlichen Begrünungssysteme hängt unter anderem vom Wasser- und Nährstoffbedarf der Pflanzen und ihrer Trockenheits-, Staunässe und Frostresistenz, der Verdunstungsintensität, der Exposition mit Windrichtung- und Stärke, der Wasserspeicherfähigkeit des Trägerstoffes/Substrates (PREISS 2013), sowie vom Klima und der Witterung ab (KÖHLER 2012).

Anhaltswerte für den Wasseranspruch verschiedener Pflanzenarten für die Fassadenbegrünung sind in der Fassadenbegrünungsrichtlinie angegeben und bereits in Tab. 8, Tab. 9, Tab. 10 und Tab. 11 beschrieben.

Die folgende Tabelle zeigt eine Zusammenstellung von in der Literatur gefundenen Angaben über den Wasserbedarf verschiedener Fassadenbegrünungssysteme und Grünflächen. Teilweise sind die Werte nur Momentaufnahmen des jeweiligen untersuchten Systems mit entsprechenden Bedingungen vor Ort, weshalb diese nur als Orientierungs-Werte zu betrachten sind.

Tab. 12: Wasserbedarf für die Bewässerung verschiedener Fassadenbegrünungssysteme und Grünflächen. Quelle: Eigene Bearbeitung 2019

Begrünungssystem	Bewässerung	Wasserbedarf	Quelle
Wandgebunden (Regal/Trogsystem)	Tropfschlauch	2,1 l/(m²/d) ~ 594 l/(m²/Jahr)	Gebäude MA 48 (Enzi & Scharf 2012) Eigene Erhebung
Wandgebunden (Regal/Trogsystem)	Tropfschlauch	0,66 l/(m²/d) 240 l/(m²/Jahr)	GRG 7 Kandlgasse Eigene Erhebung
Wandgebunden (Kassettensystem)	Tropfschlauch	3,11 l/(m²/d) 1140 l/(m²/Jahr)	GRG 7 Kandlgasse Eigene Erhebung
Wandgebunden (Modulares System)	Tropfschlauch	4-5 l/(m²/d)	Halle Wilhelmsburg (BRITT 2017)
Wandgebunden Pflanzen-Substrat-System	-	1-2 l/m² (trockenresistente) 5-10 l/m² (üppige Pflanzen) 3 l/m² (Faustwert)	(KÖHLER 2012)
Wandgebunden Modular container System	-	1 l/(m²/d) (Winter) 5 l/(m²/d) (max. Sommer)	(HOPKINS & GOODWIN 2011)
Wandgebunden (Mattensystem)	Tropfschlauch	~ 1080 l/(m²/Jahr)	At the Park Hotel Eigene Erhebung
Pflanztrog	Anstau	10-15 l/(m²/d) Kübeloberfläche	Adlershof (STEFFAN et al. 2010)
Topf-, Trogbepflanzung	-	89 Bew. Durchgänge/Jahr 20 -50 l/m² pro Durchgang	Eigene Ermittlung It. (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2010) siehe Anhang A1
Rasen-, Strauchfläche	-	76 l/(m²/Jahr)	
Staudenbeet	-	345 l/(m²/Jahr)	
Grünfläche	Tropfschlauch	60 l/(m²/Jahr)	(GEIGER et al. 2009)

Die Versorgung eines Begrünungssystems kann bei trockenresistenten Pflanzen bzw. in kühlen Lagen mit einer Bewässerung von mindestens 1 bis 2 mm pro Tag auskommen. Bei üppiger Bepflanzung kann das Begrünungssystem aufgrund der hohen Verdunstungsraten auch zur Gebäudekühlung eingesetzt werden und eine Bewässerung mit bis zu 5 bis 10 mm pro Tag erfolgen. Dabei sollte jedoch aus ökologischer und ökonomischer Sicht möglichst Regenwasser bzw. Grauwasser verwendet werden. Als Faustwert für verschiedene Pflanzen-Substrat-Systeme kann ein täglicher Wasserbedarf von rund 3 l/m² angenommen werden (Köhler 2012). Neben der Wassermenge ist auch die Anzahl und Länge der Bewässerungsintervalle für verschiedene Begrünungssysteme unterschiedlich zu steuern. Dies kann z.B. bei Geovliessystemen stündlich je eine Minute erfolgen, oder bei Systemen mit größeren Pflanztrögen nur ein bis mehrmals die Woche erforderlich sein (Köhler 2012).

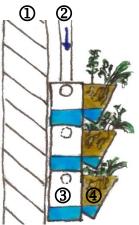
Wasserversorgung

Der Wasserdruck der zentralen Trinkwasserversorgung ist normalerweise ausreichend, um ein Niederdrucksystem mit Tropfschläuchen zu betreiben. Um den Trinkwasserverbrauch zu reduzieren und eine nachhaltige Versorgung zu erzielen, Regenwasser zur Bewässerung vor Ort verwendet werden. Die Niederschlagsabflüsse Dachflächen können von genutzt werden. um Fassadenbegrünungen langfristig ökologisch und ökonomisch zu versorgen (HOPKINS & GOODWIN 2011).

Die Speicherung von Regenwasser erfolgt meist in Zisternen, die aufgrund des UV-Schutzes, der kühlen Lagerung und dem geringem Flächenbedarf unterirdisch oder im Keller aufgestellt werden (siehe Kapitel Regenwassernutzung). Der Nachteil dieses Standortes liegt an der benötigten Pumpanlage, die das Wasser zum Begrünungssystem befördern muss. Eine andere Möglichkeit ist Speichertanks am Dach bzw. darunter aufzustellen, um die Schwerkraft zur Wasserausbringung zu nutzen. Ein weiteres Konzept um das Regenwasser dort zu Speicher wo es auch

benötigt wird, ist die Installation vertikaler modularer Tanks zwischen Fassade und Begrünungssystem. Diese energieeffizienten Möglichkeiten bringen jedoch den Nachteil der Befestigung und vor allem statischen Anforderungen an das Gebäude (HOPKINS & GOODWIN 2011).

Der vertikale Regengarten in London der Firma Treebox ist ein Beispiel für so ein System, bei dem das Regenwasser der Dachflächen direkt in modulare Tanks an der Fassade geleitet wird. Durch die Kapillarwirkung können sich die Pflanzen bis zu sechs Wochen selbständig mit Wasser aus den Tanks versorgen. Durch die kaskadenförmige Anordnung der modularen Tanks und den Pflanzwannen mit Anstauebene wird weder eine Drucksystembewässerung noch eine Steuerung benötigt (siehe Abb. 1-11). Unter anderem wachsen in diesem fassadengebundenen System



- ① Gebäudekonstruktion
- ② Fallrohr mit Laubabscheider
- ③ Kunststofftanks

Abb. 1-11: Vertikaler Regengarten London. Quelle: Eigene Erstellung nach (MAGISTRAT DER STADT WIEN - MA 19 2019)

Streifenfarne (*Asplenium*), Schildfarne (*Polystichum*), Steife-Segge (*Carex elata*) und Storchschnabel (*Geranium*) (NEW ATLAS 2015).

Ein weiterer Ansatz, um Mehrnutzungen von Fassadenbegrünungen zu generieren, ist das Recyclen von Grauwasser, das innerhalb der Gebäude anfällt. Kaskadisch angeordnete Begrünungssysteme könnten als Filteranlagen genutzt werden und

Grauwasser reinigen, um es neben der eigenen Wasserversorgung anschließend wieder als Brauchwasser verfügbar zu machen (HOPKINS & GOODWIN 2011). Bislang gibt es dazu jedoch noch keine umfassenden Beschreibungen oder dokumentierte Langzeiterfahrungen.

Bewässerungssysteme

Für die künstliche Wasserzufuhr gibt es verschiedene Möglichkeiten und Systeme, die eine permanente Versorgung der Fassadenbegrünung ermöglichen.

Neben der händischen Bewässerung von Pflanzbeeten und Pflanztrögen mit einer Gießkanne oder einem Schlauch, wird vor allem bei wandgebundenen Begrünungssystemen ein automatisches Bewässerungssystem installiert, um eine sichere und regelmäßige Versorgung der Pflanzen zu gewährleisten.

Das einfachste Bewässerungssystem nutzt den bestehenden Leitungsdruck der Trinkwasserversorgung und besteht lediglich aus einem Magnetventil, das durch eine Steuerung bedient wird und über Tropfschläuche die Pflanzen mit Wasser versorgt.

Bei einer Regenwassernutzungsanlage wird das gesammelte Regenwasser meist in unterirdischen oder im Keller aufgestellten Zisternen gespeichert. Neben einer Filteranlage wird zusätzlich eine Pumpe benötigt, um das Wasser zum Pflanzsystem hinauf zu befördern. Zur besseren Regelung der Bewässerung können auch Wärmeund Feuchtigkeitssensoren eingesetzt werden, die mit der Steuerungseinheit verbunden sind und bedarfsgerecht bewässern. Die Zugabe von Nährstoffen kann auch in das Bewässerungssystem integriert werden und automatisch gesteuert über eine Flüssigdüngung erfolgen (Köhler 2012). Da Regenwasser ionenschwach ist sollte anstatt eines ammoniumbasierten Stickstoffdüngers ein nitratbetonter Flüssigdünger beigemengt werden, um eine Versauerung zu vermeiden. Ein geeigneter Flüssigdünger mit einem NPK-Verhältnis von 8-8-6 mg/l sollte außerdem alle Spurennährstoffe enthalten (STEFFAN et al. 2010).

In folgender Abbildung ist eine Basisskizze eines Bewässerungssystems mit den einzelnen Bauteilen ersichtlich.

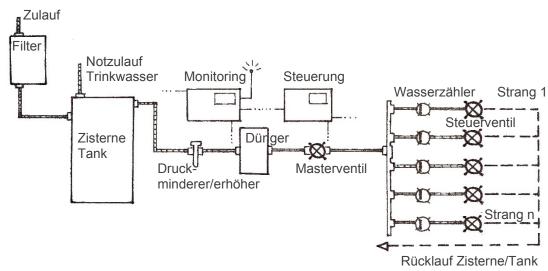


Abb. 1-12: Basisskizze der Komponenten und Aufbau eines Bewässerungssystems. Quelle: Eigene Erstellung nach (Köhler 2012)

Bei der Bewässerung wir generell zwischen zwei Systemen der Wasserausbringung zu den Pflanzen unterschieden. Die Tropfbewässerung zählt zu den Niederdrucksystemen und die Nebelanlagen zu den Hochdrucksystemen (PREISS 2013):

Tropfbewässerung

Die Wasserausbringung erfolgt über ober- oder unterirdisch (Unterflurbewässerung) verlegte Tropfschläuche, je nach Tropferabstand erfolgt eine punktuelle, lineare oder flächige Befeuchtung des Wurzelbereiches.

<u>Vorteile:</u> Hoher Wirkungsgrad beider Varianten, Unterflurbewässerung ist sehr sparsam im Wasserverbrauch, durch eine geringere oberflächige Verdunstung. Allgemein sind Niederdrucksysteme wartungsextensiv.

<u>Nachteile:</u> Tropfschläuche neigen zum Verstopfen und Versintern, Unterflurbewässerung ist schlechter erreichbar als oberirdisch verlegte Schläuche für Kontrollen und Wartung.

Nebelanlagen

Über Sprühschläuche wird Wasser oberflächig im Bereich der Pflanzen vernebelt. Die neuere Technologie wird vor allem zur Luftbefeuchtung und Kühlung in öffentlichen Bereichen und an Gebäuden eingesetzt.

<u>Vorteile:</u> Geringer Wasserbedarf, fühlbarer Kühlungseffekt.

<u>Nachteile:</u> Spezieller Umgang mit Luftströmungsverhältnissen, keine Vernebelung von Zisternenwasser, Kompressor für Hochdruck erforderlich.

Die Tropfbewässerung hat sich bei wandgebundenen Fassadenbegrünungen bisher bewährt, da sie am besten für die Standortbedingungen geeignet ist (PREISS 2013).

Zusammenfassung der theoretischen Grundlagen

Die folgende Liste fasst wesentlichen Themen aus dem Grundlagenteil zusammen, welche für die Bearbeitung der Forschungsarbeit essenziell sind.

- Die Urbanisierung mit zunehmende Flächenversiegelung und Folgen des Klimawandels erhöhen den Urban Heat Island Effekt in Städten. Die Intensivierung von Starkregenereignissen kann zur Überlastung des Kanalsystems führen und bedeutet eine Erhöhung des Überschwemmungsrisikos.
- Ein natürlicher Wasserkreislauf in Städten ist unterbunden. Verdunstungsprozesse und Grundwasserneubildung durch Versickerung sind eingeschränkt.
 - → Integrative Maßnahmen im Bereich Regenwassermanagement und Gebäudebegrünung sind gefordert.
- Integrative, naturnahe Regenwasserbewirtschaftung umfasst Maßnahmen, die eine Versickerung, Retention oder Nutzung von Regenwasser ermöglichen:
 - o Entsiegelung und Verbauung durchlässiger Oberflächenbefestigungen
 - Versickerungsanlagen (z.B. Mulden-, Rigolen,- Schachtversickerung)
 - Dachbegrünung
 - o Retentionsbecken
 - o Regenwasserspeicher / Nutzungsanlagen
 - → Eignung nach Flächentypen (F1-F5), Anforderungen, Normen, Kosten ...
- Vertikale Gebäudebegrünung schafft positive gesundheitliche, ökologische, mikroklimatische, luftreinigende, lärmmindernde und gebäudeschützende Effekte. Es gibt verschiedene Arten und Systeme von Wandbegrünungen:
 - Selbstklimmende Kletterpflanzen (Direktbegrüner)
 - o Gerüstkletterpflanzen
 - Wandgebundene Begrünungssysteme (Regal, Matten, Vlies, Module)
 - → Bewässerung in den meisten Fällen notwendig (Systeme, spez. Wasserbedarf)
 - → Maßnahmen zur Förderung einer Regenwassernutzung gefordert.

Ein natürlicher Wasserkreislauf in Städten ist durch die dichte Verbauung und Versiegelung herausfordernd und bedarf standortangepasster Maßnahmen integrativen Regenwassermanagements. Die Möglichkeit Regenwasser zur Bewässerung von vertikaler Gebäudebegrünung zu nutzen bringt Vorteile in vielerlei Hinsicht:

- → Entlastung Kanalnetz, Minderung Überschwemmungsrisiko
- → Erhöhung der Verdunstung, Minderung Urban Heat Island Effekt
- → Nutzung der Ressource Regenwasser, Reduzierung Trinkwasserbedarf

Welche Maßnahmen möglich sind und welches Potential an innerstädtischen Gebäuden mit vertikaler Begrünung gegeben ist wird folgend für die Untersuchungsobjekte erarbeitet.

2 Material und Methoden

In folgendem Kapitel werden das Untersuchungsmaterial, das Forschungsdesign und alle Schritte der Datenerhebung, Analyse und Bemessungen erläutert, die für die Bearbeitung der Forschungsfragen und das Erreichung der Ziele dieser Masterarbeit angewendet werden.

2.1 Untersuchungsobjekte

Eine Auswahl von Objekten in Wien und Niederösterreich erfolgte durch das Konsortium des Forschungsprojektes "GreeningUP!".

Auswahlkriterien für die Objektauswahl waren eine große Vielfalt von unterschiedlichen Objekten möglichst mit verschiedenen Formen von Fassadenbegrünung zu untersuchen. Dadurch können unterschiedliche Gegebenheiten analysiert und spezifische Probleme eruiert werden.

Nach Kontaktaufnahme und Anfrage der EigentümerInnen bzw. Zuständigen wurde aufgrund der Zugänglichkeiten eine endgültige Auswahl von zehn Objekten getroffen.

In Wien befinden sich insgesamt neun Aufnahmeobjekte und ein weiteres in Baden in Niederösterreich. Alle Objekte befinden sich in innerstädtischer Lage, die hohe städtebauliche Dichten aufweisen.

Die folgende Abbildung zeigt die räumliche Lage der insgesamt neun Aufnahmeobjekte in Wien anhand roter Markierungen mit Objektnummern.

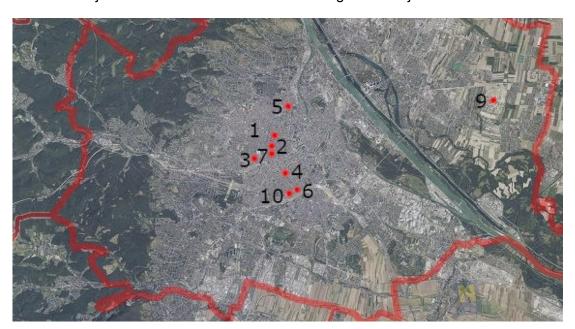


Abb. 2-1: Übersichtsplan Verortung der Aufnahmeobjekte 1,2,3,4,5,6,7,9 und 10 in Wien. Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage (LAND NIEDERÖSTERREICH 2019)

Die Objekte 1-7 und 10 (siehe Abb. 2-1) befinden sich in innerstädtischer Lage der Stadt Wien. Die gründerzeitlich geprägte Blockrandbebauung weist hohe bauliche Dichten mit geringen Freiflächenanteilen und Großteils versiegelten Oberflächen auf. Die Dachflächen sind weitestgehend hart gedeckt und selten begrünt.

Das Objekt 9 (siehe Abb. 2-1) befindet sich auf dem Stadtentwicklungsgebiet Seestadt-Aspern, im Bereich des ersten Bauabschnittes (1. Etappe ab 2010).

Im Vergleich zu den Gründerzeitarealen ist der Freiflächenanteil höher, die Oberflächen sind dennoch teilweise hochgradig versiegelt. Die Dachflächen der Baukörper in der Seestadt sind im Gegensatz zur Altstadt jedoch weitestgehend (extensiv) begrünt.

Die folgende Abbildung zeigt die räumliche Lage des Aufnahmeobjektes Nr. 8 in Baden bei Wien.



Abb. 2-2: Übersichtsplan Verortung des Aufnahmeobjekts 8 in Baden bei Wien. Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage (LAND NIEDERÖSTERREICH 2019)

Das Objekt 8 (siehe Abb. 2-2) befindet sich am nördlichen Rand der dicht bebauten Altstadt von Baden bei Wien und grenzt an den Kurpark mit Anschluss an den Wienerwald. Der Bereich der Altstadt umfasst das Kerngebiet der Stadt Baden, welches von Biedermeierbauten mit kleinflächigen öffentlichen Freiräumen und hohem Anteil versiegelter Oberflächen geprägt ist.

Die folgende Tabelle zeigt eine Übersicht der zehn Untersuchungsobjekte in Wien und Baden mit Objektnummer, Gebäudebezeichnung, Adresse und den jeweilig zugeordneten Gitterpunkten der Niederschlagsdaten vom "Hydrographischen Dienst in Österreich" (eHYD- Datenbank).

Tab. 13: Übersicht der Untersuchungsobjekte mit Zuordnung der Gitterpunkte (eHYD- Datenbank). Quelle: Eigene Bearbeitung 2019

			Gitterpunkte (eHYD)				
Nr.	Gebäudebezeichnung	Straße, PLZ, Ort	Bemessungs- Niederschlag	mittl. Jahres- Niederschlag ∑			
1	Wohn- u. Geschäftshaus Fuhrmannsgasse	Fuhrmannsg., 1080 Wien	2871	2789			
2	GRG 7 - Kandlgasse	Kandlg., 1070 Wien	2871	2789			
3	Boutiquehotel Stadthalle	Hackeng., 1150 Wien	2871	2897			
4	Amtshaus Margareten	Schönbrunner Str., 1050 Wien	2871	2897			
5	WUK	Währingerstr., 1090 Wien	2871	2789			
6	Hängende Gärten	Wiedner Hauptstr., 1050 Wien	2871	2897			
7	Wohn- u. Geschäftshaus Apollog./Schottenfeldg. Apollog., 1070 Wien		2871	2897			
8	At the Park Hotel	Kaiser Franz-Ring, 2500 Baden	3190	3219			
9	Wohn- u. Geschäftshaus J2 Seestadt Aspern	Maria-Tusch-Str., 1220 Wien	2766	2791			
10	Bürogebäude MA 48	Einsiedlerg., 1050 Wien	2871	2789			

Die Bemessungsniederschläge für Starkregenereignisse und die mittleren Jahresniederschlagssummen werden aus der eHYD- Datenbank für die Berechnungen herangezogen. Die Daten sind über Gitterpunkte, die rasterförmig auf einer Karte eingeteilt sind, abrufbar und werden getrennt für Starkregen und Jahresniederschläge in unterschiedlicher räumlicher Auflösung angeboten.

Für die Bemessungsniederschlagsdaten (Starkregen) der Objekte in der Wiener Altstadt werden die des am nächst gelegenen Gitterpunktes 2871 gewählt und für das Objekt in Wien-Seestadt Aspern die Daten des Gitterpunktes 2766. Für das Objekt in Baden werden die Daten des Gitterpunktes 3190 gewählt.

Für die mittleren Jahresniederschlagssummen werden je nach Lage der Objekte die Gitterpunkte 2789, 2897, 2791 und 3219 gewählt (siehe Tab. 13).

Eine Pflanzenliste zeigt die aufgenommenen Arten von allen erhobenen vertikalen Gebäudebegrünungen der Untersuchungsobjekte.

Pflanzenliste der Objekte

In folgender Tabelle sind die bei den Untersuchungsobjekten aufgenommenen Pflanzenarten mit ausgewählten Merkmalen zusammengestellt. Die Häufigkeit des Vorkommens ist anhand der Anzahl der Objekt Nummern ersichtlich.

Tab. 14: Zusammenstellung aufgenommener Pflanzenarten bei den Objekten. Quelle: Eigene Aufnahme und Beschreibung nach (FLL 2018), (FASSADENGRÜN 2019) 1 und (STADE 2019) 2. Bildquellen und Bildrechte: https://pixabay.com/de/, freies Nutzungsrecht - Pixabay Lizenz.

Pfl	anzenart	Verwendung Mittlere Wuchshöhe	Wasser-/ Licht- Anspruch	Objekt Nr. (1-10) Anmerkungen
		Kletterpflanzen		
SO	Klettertrompete Campsis radicans (Wurzelkletterer)	hängend, Säulen, flächig 8-10 m	trocken bis frisch Vollsonne	2, 3, 4 lichtfliehende Triebe, geschützten Standort
	Berg-Waldrebe Clematis montana (Ranker)	Balkon, hängend, flächig 8-10 m	frisch bis nass Vollsonne bis Halbschatten	7 geschützter Standort
	Efeu Hedera helix (Wurzelkletterer)		frisch bis nass Halbschatten bis Schatten	3, 6 lichtfliehende Triebe, Nahrungs-/ Lebensraumangebot
	Kletterhortensie <i>Hydrangea anomala</i> (Wurzelkletterer)	hängend, Säulen, flächig 10-15 m	frisch bis nass Halbschatten bis Schatten	3 lichtfliehende Triebe
	Trichterwinde ¹ Ipomoea tricolor (Schlinger)	Säulen, flächig 4 m	Vollsonne bis Halbschatten	2 windgeschützter Standort (warm)
	Selbstkletternde Jungfernrebe Parthenocissus quinquefolia (Haftscheibenranker)	hängend, Fenster- Zwischenraum, flächig 10-15 m	frisch bis nass Vollsonne bis Schatten	2, 6 im Kübel hängend zu empfehlen
	Jungfernrebe Parthenocissus tricuspidata 'Veitschii' (Haftscheibenranker)		Vollsonne bis Halbschatten	1, 3, 4, 5, 6 Kleinblättriger Typ
	Blauregen <i>Wisteria sinensis</i> (Schlinger/Winder)	Balkon, Fenster- Zwischenraum, flächig 8-15 m	frisch bis nass Vollsonne	4, 6, 9 stark schlingend, lichtfliehende Triebe, geschützter Standort

Pfl	anzenart	Verwendung Mittlere Wuchshöhe	Wasser-/ Licht- Anspruch	Objekt Nr. (1-10) Anmerkungen
	Geh	ölze, Stauden, Gr	äser	
	Gemeine Schafgarbe Achillea millefolium	horstig, ausläufertreibend 20-60 cm	trocken bis frisch Vollsonne	2, 10 pH-Wert: neutral; WHZ: 2
	Bergenie Bergenia cordifolia	horstig, ausläufertreibend 20-40 cm	frisch Vollsonne bis Halbschatten	2, 8 pH-Wert: alkalisch; WHZ: 3
	Federnelke Dianthus plumarius	bodendeckend, kriechend, Polster 10-25 cm	frisch Vollsonne	10 pH-Wert: alkalisch; WHZ: 3
	Felsen- Storchschnabel Geranium macrorrhizum	horstig, Rhizom bildend 30 cm	trocken bis nass Vollsonne bis Halbschatten	2, 3, 7, 8 pH-Wert: neutral ² ; WHZ: 4
	Purpurglöckchen Heuchera micrantha 'Palace Purple'	horstig, ausläufertreibend 30-70 cm	frisch Vollsonne bis Halbschatten	2, 7, 8 pH-Wert: alkalisch; WHZ: 5
	Immergrüne Schleifenblume Iberis sempervirens	horstig 10-25 cm	trocken bis frisch Vollsonne	10 pH-Wert: neutral; WHZ: 4
	Echter Lavendel Lavandula angustifolia	Halbstrauch, kompakt, buschig bis 60 cm	trocken Vollsonne	3, 10 pH-Wert: neutral – alkalisch; WHZ: 5b
	Katzenminze Nepeta racemosa (Nepeta x faassenii)	horstig, Polster 20-40 cm	trocken Vollsonne	10 pH-Wert: neutral; WHZ: 4
	Gold-Fetthenne Sedum floriferum	horstig, ausläufertreibend 10-30 cm	trocken bis frisch Vollsonne	2, 10 pH-Wert: alkalisch; WHZ: 5
	Felsen-Fetthenne Sedum reflexum	horstig, bodendeckend 10-30 cm	trocken bis frisch Vollsonne	2 pH-Wert: alkalisch; WHZ: 5
	Moor-Kopfgras² Sesleria caerulea		frisch bis nass Vollsonne bis Halbschatten	10 pH-Wert: alkalisch; WHZ: 4
	Grünes Kopfgras² Sesleria heuffleriana	horstig, bogig 60 cm	trocken bis frisch Vollsonne bis Halbschatten	10 pH-Wert: alkalisch; WHZ: 5

Unter den bodengebundenen und in Pflanztrögen wachsenden Kletterpflanzen ist die Jungfernrebe - *Parthenocissus tricuspidata* 'Veitschii' bei den untersuchten Objekten am häufigsten vertreten (an fünf Standorten).

Blauregen - Wisteria sinensis und Klettertrompete - Campsis radicans sind an je drei Standorten vertreten.

Efeu - Hedera helix und die Selbstkletternde Jungfernrebe - Parthenocissus quinquefolia kommen je an zwei Standorten vor und die Kletterhortensie - Hydrangea anomala, sowie die Trichterwinde - Ipomoea tricolor an jeweils einem Standort.

Bis auf die Trichterwinde sind alle Kletterpflanzen hochwachsend und können eine Höhe von über 8 m bis teilweise 15 m erreichen. Abgesehen von der Klettertrompete bevorzugen alle vorkommenden Pflanzen frische bis nasse Bodenverhältnisse, einen sonnigen bis halbschattigen Standort und etwa die Hälfte einen geschützten Standort.

Unter den in wandgebundenen Begrünungssystemen wachsenden Gehölzen, Stauden und Gräsern ist der Felsen-Storchschnabel - *Geranium macrorrhizum* bei den untersuchten Objekten am häufigsten vertreten (an vier Standorten).

Das Purpurglöckchen - *Heuchera micrantha* 'Palace Purple' kommt an drei Standorten und die Gemeine Schafgarbe - *Achillea millefolium*, Bergenie - *Bergenia cordifolia*, Gold-Fetthenne - *Sedum floriferum* und der Echte Lavendel - *Lavandula angustifolia* kommen an je zwei Standorten vor.

Die Federnelke - *Dianthus plumarius*, Immergrüne Schleifenblume - *Iberis sempervirens*, Katzenminze - *Nepeta x faassenii*, Felsen-Fetthenne - *Sedum reflexum*, das Moor-Kopfgras - *Sesleria caerulea* und Grünes Kopfgras - *Sesleria heuffleriana* kommen an jeweils einem Standort vor.

Bis auf die Federnelke und den Lavendel wachsen alle Pflanzen horstig und erreichen eine Höhe zwischen 10-70 cm. Die vorkommenden Arten bevorzugen einen sonnigen bis halbschattigen Standort und einen neutralen bzw. alkalischen pH-Wert im Substrat bzw. Vegetationsträger. Die Winterhärtezone der Pflanzen liegt zwischen 2-5.

Der Echte Lavendel und die Katzenminze bevorzugen trockene, die Gemeine Schafgarbe, immergrüne Schleifenblume, Gold- und Felsen- Fetthenne sowie das Grüne Kopfgras trockene bis frische Bodenverhältnisse. Die Bergenie, Federnelke und das Purpurglöckchen bevorzugen frische, das Moor-Kopfgras frische bis nasse Bodenverhältnisse. Der Felsen-Storchschnabel kommt bei allen Bodenverhältnissen von trocken bis nass am besten aus und ist unter anderem aus diesem Grund auch am häufigsten vertreten.

2.2 Forschungsdesign und Vorgehensweise

Das Forschungsdesign (siehe Tab. 15) zeigt das Ablaufschema und die einzelnen Schritte, nach denen jedes Untersuchungsobjekt ausgearbeitet wird.

(1)Bestandsaufnahme Untersuchungsobjekte Erhebung Objekt-Grundlagen Plangrundlagen (ViennaGIS, Maps) Aufnahmebogen Regenwasser Niederschlagsdaten (eHYD) Analyse und Bewertung des Bestandes Bestandsanalyse Bewertung Ist- Zustand Berechnung und Dimensionierung Bedarfsermittlung (Potential) (3) Maßnahmenkatalog und Planungsempfehlungen Auswahl und Bewertung mögliche Maßnahmen Planungsempfehlung

Tab. 15: Ablaufschema zur Ausarbeitung der Untersuchungsobjekte. Quelle: Eigene Erstellung 2019

Im ersten Schritt erfolgte eine Bestandsaufnahme der Objekte und Erhebung aller für die Bearbeitung relevanten Daten.

Nach den einzelnen Aufnahmen wird für jedes Objekt eine Bestandsanalyse und Bewertung Regenwassermanagement-relevanter Aspekte durchgeführt, um den Handlungsbedarf und mögliche Maßnahmen ableiten zu können.

Die erarbeiteten Maßnahmen werden auf die gleiche Weise bewertet, um eine Aufwertung zum Bestand aufzuzeigen und eine Planungsempfehlung abgeben zu können.

Für die Erhebung der relevanten Daten von den Untersuchungsobjekten wird ein Aufnahmebogen (siehe Anhang A2) erstellt, um die Aufnahme auf das Thema bezogen zu fokussieren und diese einheitlich für alle Objekte zu halten. Im Laufe der ersten Aufnahmen wird der Erhebungsbogen angepasst und erweitert.

Durch Fachgespräche mit Ansprechpersonen der Objekte (Besitzerln, Hausverwaltung, Hausmeisterln, Pflegepersonal, ...) können auch nicht sichtbare Gegebenheiten bzw. Probleme in Erfahrung gebracht werden. Ergänzend werden während der Begehungen zusätzliche Daten schriftlich erfasst und Skizzen angefertigt. Es erfolgt zusätzlich eine Dokumentation des Bestandes durch das Anfertigen von Fotoaufnahmen, die teilweise in den Steckbriefen der Objekte ersichtlich sind.

Die Objektaufnahmen erfolgten meist gemeinsam mit allen Vertretern des Projekt-Konsortiums im Zeitraum März bis Oktober 2019.

Folgende Kriterien werden, soweit vorhanden bzw. ermittelbar, anhand des Regenwassermanagement - Aufnahmebogens erfasst:

Allgemein: Aufnahmebogen Nr., Bearbeiterln, Aufnahmedatum.

Begrünungssystem, Adresse, Pflanzen, Standort (Innenhof, Parkseite, Straßenseite, sonstiges), Exposition (nord, ost, süd, west).

Ableitung: Regenwasserableitung - ja/nein (Dachflächen, Freiflächen),

Ableitungsfläche, Oberflächenbeschaffenheit, Regenwasserableitung – wohin? (Pflanzgefäß, Pflanzscheibe, Rigole, Kanaleinlauf, sonstige), Einleitungsfläche, Einleitungsdimension, Beetfläche.

<u>Speicherung</u>: Speicherung - ja/nein, Speicherung (welches System?), Zisterne vorhanden - ja/nein, Möglichkeit zum nachträglichen Einbau - ja/nein, Platzierung von Speicherwerken.

Bewässerung Begrünung - ja/nein, Bewässerungsart (Händisch, Automat, Pumpe, sonstige), Dauer (min) / Intervall, Menge.

Nach einer vor Ort Aufnahme der Objekte erfolgt eine weitere Recherche über Flächen und Grundstücksdaten in Literatur, Internetdokumenten, Karten und Bildmaterial, sowie eine Flächenermittlung mithilfe des Stadtplan Wiens (ViennaGIS) und dem NÖ Atlas (Land Niederösterreich, BEV). Zu jedem Objekt wurden die entsprechenden Niederschlagsdaten aus der eHYD- Datenbank abgerufen.

Die essenziellen Merkmale der Bestandsaufnahmen sind für jedes Objekt im Ergebnisteil anhand eines "Steckbriefes" beschrieben.

Erläuterung zu den Angaben in den Objektbeschreibungen (Steckbriefen):

Fertigstellung: Angaben zum Errichtungsjahr bzw. Sanierung.

Bebauungsstruktur: Geschoßanzahl und Gebäudeanordnung am Grundstück.

Nutzung: Wohnen, Geschäft, Praxis, Büro, Schule, Hotel, Amtsgebäude, Museum, ...

Bauplatzgröße: Umfasst die gesamte projizierte Fläche des Grundstücks und setzt sich aus den Dachflächen und Hof/Freiflächen des Objektes zusammen.

Dachfläche: Umfasst die projizierte Fläche des Gebäudes und wird anhand der unterschiedlichen Dachdeckungen unterschieden.

Hof/Freifläche: Umfasst die projizierte Hof- bzw. Freifläche inklusive Grünflächen des Objekts neben den Dachflächen des Gebäudes. Freiflächen auf dem Gebäude (z.B. Balkone) werden hier nicht dazu gezählt, begrünte oder nutzbare Flächen über Tiefgaragen oder Bauteilen jedoch schon.

Regenwasserableitung: Wohin wird das Regenwasser geleitet? Kanal, Sickeranlage

Regenwasserversickerung: Sofern diese stattfindet, auf welchen Flächen?

Regenwassermaßnahmen: Vorhandene Arten der Regenwasserbewirtschaftung.

Vertikalbegrünung: Wand- oder bodengebundene Begrünungssysteme.

Pflanzen: Erfasste Pflanzenarten der Vertikalbegrünungen.

Grünflächen: Umfassen die projizierten Flächen von Beeten, Hochbeeten etc., die Teilflächen der gesamten Hof/Freifläche sind, mit Angaben zur vorhandenen Vegetation.

Bewässerung: Art der Bewässerung der Vertikalbegrünungen und sofern gegeben der Grünflächen.

Beschreibung: Textliche Beschreibung des Objekts mit Darstellung des Grundrisses (Oberflächenbeschaffenheit, Flächenbezeichnung) und Fotos.

2

Analyse und Bewertung des Bestandes

Die Auswertung des Bestandes erfolgt durch eine Verknüpfung von den erhobenen Daten der Objekte (z.B. Oberflächenbeschaffenheit, vorhandene Regenwasserbewirtschaftungseinrichtungen wie Dachbegrünung, Sickeranlagen) mit Kennwerten aus der Literatur (z.B. Abflussbeiwerte verschiedener Oberflächen, Dimensionierung von Sickeranlagen) und Niederschlagsdaten aus der eHYD-Datenbank. Für jedes Objekt erfolgen sämtliche nachfolgend beschriebenen Berechnungen in einer Excel-Tabelle (Vorlage siehe Anhang A3).

Für jedes Objekt wird die Grundflächenzahl (GRZ), der Versiegelungsgrad vom gesamten Bauplatz und von den Freiflächen, die Spitzenabflussmengen eines 1-, 5und 30-jährlichen Bemessungsniederschlages, die sowie mittleren Jahresabflussmengen und der jeweils in den Kanal eingeleitete Anteil zum werden Gesamtniederschlag dargestellt. Sofern vorhanden durchlässige Oberflächenbefestigungen und Regenwasserbewirtschaftungsmaßnahmen (Versickerung, Rückhalt, Speicherung oder Nutzung) angeführt. Für die vorhandene Gebäudebegrünung sowie sonstige Grünflächen wird die Bewässerung ermittelt und ein Jahresbedarf errechnet, um das Potential einer Regenwassernutzung zu erhalten.

Anhand folgender Tabelle werden im Ergebniskapitel die Ergebnisse der Bestandsanalyse und Bewertung für jedes Objekt zusammengeführt.

Tab. 16: Vorlage Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung. Quelle: Eigene Erstellung 2019

Objekt xx	Objekt xx Bezeichnung xxx							GRZ		xxx
Bestand	sauswertung u	nd Bewer	tung			Bauplatz	Vers	siegelui	ng RW	XXX
Bemessun	gsniederschlag	1-jährlich 15 min	5-jährlich 15 min		30-jähr 15 m		mi	ittlerer 、	Jahresa	bfluss
Spitzenabi	fluss V _{Spitze} [m³]	XXX	xxx		xxx			V _{mittel} [n	n³]	xxx
Antei	l von in den Kan	al eingelei	teten	Abflu	ssmenç	gen z	u Ge	samtni	edersch	nlag
-	itzenabfluss zu niederschlag	XXX			Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme					XXX
Durchläss	ige Oberflächen		xxx			Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen				XXX
Versicke	hhmen RWM rung, Rückhalt, rung, Nutzung	xxx				<2	Bewertung (Klassen <25% 25-50% 51-75%			
Gebäud	ertikale lebegrünung, e Grünflächen	xxx						pedarf r [m³]	xxx	→ xxx potential
Potentiale und Möglichkeiten				xx						

Die Bewertung des Versiegelungsgrades, der Abflussmengen und individuell vorhandenen Regenwassermanagementmaßnahmen am Bestand gibt Aufschluss über den Ist-Zustand und zeigt das Potential für zusätzliche Möglichkeiten verschiedener Regenwasserbewirtschaftungen auf.

Ermittlung Grundflächenzahl und Versiegelungsgrad

Die Grundflächenzahl (GRZ) gibt den Grad der baulichen Nutzung eines Grundstückes bzw. das Verhältnis von bebauter zu gesamter Grundstückfläche an. Eine GRZ von z.B. 0,6 entspricht einem Bebauungsgrad von 60 % eines Grundstückes. Die Berechnung der GRZ erfolgt durch das Dividieren der überbauten Grundfläche durch die Grundstücksfläche. Die Festlegung eines bestimmten GRZ-Höchst-, oder Mindestmaßes bei einer Neuplanung bestimmt maßgeblich den Charakter eines Baugebietes (KACZMARCZYK et al. 2009).

Der Grundstücke wird Versiegelungsgrad der hinsichtlich regenwasserabflussbezogener Auswirkungen ermittelt. Die Wasserdurchlässigkeit bzw. Speicherfähigkeit einer Oberfläche bestimmen die Gewichtung der Teilflächen. Für die Berechnung werden die wasserundurchlässigen und teilweise durchlässigen Teiloberflächen mit dem Spitzenabflussbeiwert aus Tab. 1 (Seite 22) multipliziert, der Versiegelungsgrad der Oberflächen am ehesten entspricht. Dachbegrünungsteilflächen werden entsprechend der Aufbaustärke (soweit bekannt) die mittleren Abflussbeiwerte aus Tab. 1 herangezogen. Die Summe der gewichteten Teilflächen wird durch die gesamte Grundstücksfläche dividiert, um den Versiegelungsgrad des Grundstückes in Prozent zu erhalten.

Niederschlagsberechnung und Dimensionierung

Im folgenden Abschnitt wird die Vorgehensweise der Niederschlagsberechnungen zur Ermittlung von Niederschlagsabflüssen, Versickerung und Regenwasserspeicherung der Objekte erläutert.

Bemessung Niederschlagsabfluss und Regenwasserversickerung

Neben der Erläuterung von Begriffen und Definitionen, werden die Bemessungsparameter und Berechnungsschritte zur Niederschlagsabflussermittlung und Regenwasserversickerung beschrieben.

Regenspende

Ein Niederschlagsereignis kann durch die Regenhöhe, Regendauer, Intensität und Häufigkeit des Auftretens beschrieben werden. Der natürliche Ablauf eines Regenereignis wird für die Berechnung vereinfacht modelliert und anhand eines Blockregens ermittelt, da der zeitliche Verlauf einer Regenspende symmetrisch ist. Beim Blockregenprinzip bleibt die Intensität über die gesamte Dauer gleich. Die größte Regenspende lässt sich in einem Ganglinienmodell nach 15 min feststellen. Die Bezugsregenspende wird deshalb als 15 min Regen der Häufigkeit n=1 (statistische Häufigkeit des Auftretens pro Jahr) definiert (ZELTWANGER 2014).

Bemessungsniederschlag

Um die örtlichen Unterschiede der Regenspende bei gleicher Regendauer und Häufigkeit zu erhalten, können Daten von hydrographischen Dienststellen bezogen werden. Für die Berechnungen dieser Arbeit werden Bemessungsniederschlagsdaten des Hydrographischen Dienst in Österreich (eHYD) herangezogen. Die Zuordnung der einzelnen Objekte zu den entsprechenden Gitterpunkten ist in Tab. 13 ersichtlich.

abhängig Bemessungsniederschlag h [mm] wird von Wiederkehr (Häufigkeit/Jährlichkeit des Regenereignis) und der Dauerstufe (Regendauer) angegeben und ist ein gewichteter Wert aus MaxModN (maximierte Modellniederschläge [HAÖ; ALADIN]) und ÖKOSTRA (interpolierte extremwertstatistische Niederschlagsauswertungen).

Die mittleren Jahresniederschlagssummen werden ebenfalls von der eHYD-Datenbank entnommen, die sich aus den Mittelwerten der Jahre 1981-2010 zusammensetzen.

Jährlichkeit

Die Jährlichkeit gibt die statistische Häufigkeit des Auftretens eines bestimmten Regenereignisses an. So kommt ein 5-jährliches Regenereignis statistisch gesehenen nur alle 5 Jahre vor. Für die Berechnung von Sickeranlagen ist eine Mindestbemessung mit einem 5-jährlichen Regenereignis (n=0,2) zu ermitteln, wenn bei einer Überflutung nur mit geringen Beeinträchtigungen zu rechnen ist. Bei größeren zu erwartenden Beeinträchtigungen oder groben Schäden ist eine höhere Jährlichkeit (n > 0,2) zu wählen (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2013). Laut Allgemeines Bürgerliches Gesetzbuch (ABGB) § 364 muss für den Schutz vor Überflutungsschäden bis zu einem 30-jährlichen Niederschlagsereignis vorgesorgt werden (MAGISTRAT DER STADT WIEN 2018). In dieser Arbeit werden deshalb die Ergebnisse eines 1-, 5und 30- jährlichen Bemessungsniederschlages gegenübergestellt.

Abflusswirksame Gesamtfläche

Für die Berechnung der Niederschlagsabflüsse werden die einzelnen Einzugsflächen als horizontal projizierte, beregnete Oberflächen ermittelt. Die Teilflächen in den Berechnungen unterscheiden sich teilweise von den Flächenangaben in den Objektbeschreibungen, da sich diese zum Teil überschneiden. Ein Glasvordach überdeckt beispielsweise einen Teil der Hoffläche, deshalb wird die Fläche des Glasvordaches von dem Kleinsteinpflaster abgezogen. Ebenso wird bei Hochbeeten vorgegangen, da der Niederschlag auf die oberste Oberfläche auftrifft und dort versickert, abfließt oder sich sammelt und aufstaut.

In der ÖNORM B 2506-1: 2013 08 01 ist die Anwendung und hydraulische Bemessung von Regenwasser-Sickeranlagen für Abflüsse von Dachflächen und befestigten Flächen definiert. Angelehnt an diese Vorgehensweise werden die Bemessungen dieser Arbeit durchgeführt. Für die Abflussbeiwerte werden aufgrund der umfangreicheren Datendichte und Genauigkeit die Werte aus der DIN 1986-100: 2016 12 angewendet und nicht die Werte aus der ÖNORM B 2506-1 entnommen.

Um die abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (A_{ent}) zu ermitteln, werden alle Teilflächen (A_n) entsprechend ihrer Beschaffenheit mit den Spitzenabflussbeiwerten (C_s) (siehe Tab. 1) multipliziert und zur Entwässerungsfläche (A_{red}) aufsummiert. Bei Versickerung der Niederschlagsabflüsse wird die beregnete Fläche der Versickerungsanlagen (A_{va}) zur Entwässerungsfläche dazu addiert. Die folgenden Gleichungen können zur Ermittlung der abflusswirksamen Gesamtfläche verwendet werden (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2013).

$$A_{ent} = A_{red} + A_{va}$$
 $A_{red} = \sum (A_n * C_s)$

 A_{ent} Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche [m²]

 A_{red} Entwässerungsfläche [m²]

 A_{va} Beregnete Fläche der Versickerungsanlagen [m²]

 A_n Teilflächen [m²]

 C_s Spitzenabflussbeiwert []

Wenn ein Zufluss (Q) in [l/s] der Niederschlagsabflüsse zur Sickeranlage notwendig ist, kann die Leitung auf eine Regenspende bestimmter Jährlichkeit und Dauer $(v_{T(n)})$ in [l/(s*ha)] mit folgender Gleichung dimensioniert werden.

$$Q = \frac{v_{T(n)} * A_{red}}{10000}$$

Q Zufluss [l/s]

 $V_{T(n)}$ Regenspende bestimmter Jährlichkeit und Dauer [l/(s*ha)]

 A_{red} Entwässerungsfläche [m²]

Der berechnete Zufluss (Q) wird in dieser Arbeit auch synonym als "Abfluss" der gesamten abfließenden Niederschlagsmenge eines Objektes in den Kanal bezeichnet. Weiters wird die gesamte abfließende Niederschlagsmenge als Abflussvolumen (V) in [m³] angegeben und anhand folgender Formel ermittelt.

$$V = \frac{h_n * A_{red}}{1000}$$

V Abflussvolumen [m³]

 h_n Regenhöhe [mm] entspricht [l/m²]

 A_{red} Entwässerungsfläche [m²]

Die Umrechnung des Bemessungsniederschlages aus der eHYD- Datenreihe kann von der Regenhöhe h_n [mm] in die Regenspende bestimmter Jährlichkeit und Dauer $v_{T(n)}$ [l/(s*ha)] mit folgender Formel berechnet werden (ÖWAV 2007).

$$v_{T(n)} = \frac{h_n}{D} * \frac{10000}{60}$$

 $V_{T(n)}$ Regenspende bestimmter Jährlichkeit und Dauer [l/(s*ha)]

 h_n Regenhöhe [mm] entspricht [l/m²]

D Regendauer [min]

Dimensionierung einer Sickeranlage mit Speichervolumen

Die Ermittlung des erforderlichen Speichervolumens (V_s) von Versickerungssystemen mit Speichervolumen kann für die Muldenversickerung, Schachtversickerung, Rigolen-/Rohrversickerung und dergleichen (Beschreibungen siehe Kapitel 1.4.3) erfolgen. Um im ersten Schritt die Versickerungsrate pro Flächeneinheit (q_v) zu ermitteln, ist die Sickerfläche (A_s) und Sickerfähigkeit des Untergrundes (v_f) (siehe Tab. 3), die Regendauer (D) des Bemessungsniederschlages, sowie die abflusswirksame Gesamtfläche (A_{ent}) erforderlich. Ein Sicherheitsbeiwert (ß) berücksichtigt eine mögliche Verschlammung der Sickerfläche und ist in der Regel mit 0,5 anzusetzen. Bei einem Feststoffrückhalt durch ein Absetzbecken oder Filter darf ein Wert von 1,0 eingesetzt werden. Die folgende Gleichung kann zur Ermittlung der Versickerungsrate angewendet werden (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2013).

$$q_v = v_f * \beta * D * \frac{A_s}{A_{ent}} * 60000$$

 q_v Versickerungsrate pro Flächeneinheit [mm] entspricht [l/m²]

Vf Sickerfähigkeit des Untergrundes [m/s]

Sicherheitsbeiwert für mögliche Verschlammung []

D Regendauer [min]

 A_s Sickerfläche [m²]

 A_{ent} Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche [m²]

Mit der Versickerungsrate (q_v) und der maßgeblichen Regenhöhe (q_r) lässt sich aus deren Differenz die erforderliche Speicherkapazität (q_s) errechnen und mit einer weiteren Gleichung das erforderliche Speichervolumen (V_s) ermitteln.

$$q_s = q_r - q_v \qquad V_s = \frac{q_s}{1000} * A_{ent}$$

 q_s erforderliche Speicherkapazität [mm]

 q_r Regenhöhe [mm] entspricht [l/m²]

 q_v Versickerungsrate pro Flächeneinheit [mm] entspricht [l/m²]

 V_s erforderliches Speichervolumen [m³]

 A_{ent} Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche [m²]

Um die Stauhöhe (h_s) der Sickeranlage zu bestimmen, kann das erforderliche Speichervolumen (V_s) durch die Sickerfläche (A_s) dividiert und mit folgender Gleichung ermittelt werden.

$$h_{S} = \frac{V_{S}}{A_{S}}$$

*h*_s Stauhöhe [m]

 V_s erforderliches Speichervolumen [m³]

 A_s Sickerfläche [m²]

Bei einem temporären Einstau sollte die Stauhöhe von 30 cm nicht überschritten werden und sich die Sickeranlage innerhalb von 24 Stunden entleeren (bei einem 1-jährlichen Bemessungsniederschlag) (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2013).

Da für diese Arbeit keine Versuche zur Sickerleistung der Böden an den Bestandsobjekten durchgeführt werden, liegen für die Sickerfähigkeit des Untergrundes keine Werte vor. Um dennoch Sickeranlagen überschlagsmäßig für die Objekte dimensionieren zu können, werden die Abflussmengen Q [I/s] und V [m³] herangezogen und die erforderlichen Flächen bzw. Volumen der jeweiligen Versickerungsanlagen ermittelt. Hierbei wird die gegebene Sickerleistung des Untergrundes außenvorgelassen und statt der Regendauer mit der gesamten ermittelten Abflussmenge zu einem Zeitpunkt gerechnet. Die tatsächliche Versickerung während des Niederschlagsereignisses wird nicht eingerechnet, wodurch sich eine großzügige "Reserve" an Sickervolumen ergibt.

Dimensionierung einer Regenwasserspeicheranlage (Zisterne)

Je nach Ziel der Regenwasserspeicherung ergeben sich unterschiedliche Anforderungen. Wird einerseits bei der Nutzung des Regenwassers ein möglichst voller Speicher erwünscht, so sollte er andererseits mit dem Ziel des Rückhalts und der Verminderung von Niederschlagsabflüssen möglichst leer sein. In bestehenden Siedlungen werden Speicheranlagen hauptsächlich mit Versickerungsanlagen kombiniert, da ein Rückhalteeffekt erst ab rund 100 m³/ha bemessungsrelevant ist (GEIGER et al. 2009). Für eine optimale Regenwassernutzung sollten bei vollem Speicher Überflüsse Anschluss die im versickern, um zu einer Grundwasserneubildung beizutragen. Ein Abflussdämpfungseffekt von Spitzenabflüssen ist jedoch nur bei geleerten Speichern durch die Nutzung (z.B. während der Vegetationsperiode) zu erwarten (GEIGER et al. 2009).

In dieser Arbeit wird bei der Ermittlung der Spitzenabflüsse der Bemessungsniederschläge (1-, 5- und 30 jährlich) vom "worst case" Szenario ausgegangen und mit bereits vollen Speichern gerechnet. Nur bei den ermittelten mittleren Jahresabflussmengen wird der errechnete Wasserbedarf, der durch den Speicher gedeckt wird, vom Gesamtabfluss abgezogen.

Da der Fokus dieser Arbeit bei der Regenwassernutzung für die Bewässerung verschiedener Begrünungen liegt, werden weiteren Nutzungsmöglichkeiten (Toiletten-Spülung, Waschwasser) nicht in die Bemessungen miteinbezogen.

Bemessung Ertrag und Bedarf

Für die Ermittlung des Jahresertrags R_e [m³/Jahr] wird die gewählte befestigte Teilfläche A_n [m²] mit dem entsprechenden mittleren Jahresabflussbeiwert C_m und dem Jahresniederschlag h_N [mm/a] multipliziert (GEIGER et al. 2009). Die Angaben für die Abflussbeiwerte variieren stark von verschiedenen Herstellerangaben, in dieser Arbeit werden aufgrund der detaillierten Oberflächenangaben die mittleren Jahresabflussbeiwerte (C_m) aus der DIN 1986-100 (lt. Tab. 1) angewendet. Für den Jahresniederschlag werden je nach Lage der Objekte die mittleren Jahresniederschlagssummen der Gitterpunkte 2789, 2897, 2791 und 3219 aus der eHYD- Datenbank herangezogen.

Folgender Gleichung wird zur Ermittlung des Ertrags angewendet. Einzelne Abkürzungen sind für eine einheitliche Bezeichnung und leichteren Nachvollziehbarkeit innerhalb dieser Arbeit umbenannt.

$$R_e = \frac{A_n * C_m * h_N}{1000}$$

 R_e Jahresertrag [m³/Jahr]

 A_n Teilflächen [m²]

 C_m mittlerer Jahresabflussbeiwert []

 h_N Jahresniederschlag [mm] entspricht [l/m²]

Der Jahreswasserbedarf R_b [m³] kann durch die Summe des Wasserbedarfs der beabsichtigten Nutzungen errechnet werden. Der Wasserbedarf für die Bewässerung B_{Bewässerung} [l/(m²/Jahr)] unterschiedlicher Begrünungen ist in der Tab. 12 aufgelistet und wird von dort bzw. aus Tab. 18 bezogen. Wenn kein spezifischer (Mess-) Wert für das Objekt vorliegt, wird ein Faustwert aus der Literatur angenommen. Für wandgebundene Vertikalbegrünungen wird dafür der Wasserbedarf der MA 48-Begrünung herangezogen, da er ein Messwert mit Standort Wien ist und im Mittelfeld aller (Literatur) Angaben liegt. Der jährliche Wasserbedarf für (horizontale) Vegetationsflächen wurde It. ÖNORM L 1112 : 2010 09 01 (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2010) mit den monatlichen Niederschlägen von Wien (Mittelwert 1981-2010) (MAGISTRAT DER STADT WIEN - MA 23 2018) ermittelt (Berechnung siehe Anhang A1).

Durch Multiplikation der Grünfläche $A_G[m^2]$ mit dem entsprechenden Wasserbedarf wird der Jahresbedarf ermittelt. Zusätzlicher Wasserbedarf weiterer Nutzungsarten $B_{Nutzung}$ (WC-Spülung, Waschen...) können zum Jahreswasserbedarf addiert werden, was in dieser Arbeit jedoch nicht weiter berücksichtigt wird.

Die folgende abgeänderte Gleichung zeigt die Ermittlung des Jahreswasserbedarf (GEIGER et al. 2009).

$$R_b = \frac{\sum (B_{Bewässerung} * A_G) + \sum (B_{Nutzung})}{1000}$$

 R_b Jahreswasserbedarf [m³]

 $B_{Bewässerung}$ Wasserbedarf für die Bewässerung [l/(m²/Jahr)]

 A_G Zu bewässernde Grünfläche [m²]

 $B_{Nutzung}$ Wasserbedarf weiterer Nutzungsarten [m³]

Das Zisternenvolumen kann in Abhängigkeit des Deckungsgrades von Jahresertrag und Jahresbedarf abgeschätzt werden. Bei einem hohen Deckungsgrad ($R_e > R_b$) kann das Speichervolumen für einen kürzeren Zeitraum bemessen werden. Bei $R_e < R_b$ sollte entweder von einer Nutzungsart abgesehen, oder ein größeres Speichervolumen (z.B. Bedarf von 6 Monaten) gewählt werden.

Aufgrund der deutlich unterschiedlichen Angaben in verschiedenen Literaturquellen, wird für diese Arbeit der gängigste Wert von einem Monat Reservezeitraum gewählt. Das Speichervolumen V_z errechnet sich somit aus einem 1-monatlichen Bedarf, anhand folgender abgeänderter Gleichung (GEIGER et al. 2009).

$$V_z = \frac{R_b}{12}$$

- V_z Erforderliches Zisternenvolumen [m³]
- R_b Jahreswasserbedarf [m³]

Bestandsbewertung und Optimierungsbedarf

Anhand der Analyseergebnisse können die Objekte bewertet und ein Optimierungsbedarf abgeleitet werden. Ziel ist es, möglichst viel Regenwasser direkt am Objekt zu versickern bzw. durch Nutzungen wie einer Bewässerung den Pflanzen zugänglich zu machen und dadurch Teilmengen dem natürlichen Wasserkreislauf zuzuführen und die Überflutungssicherheit zu erhöhen.

Objekte, die offene oder sickerfähige Oberflächenbeläge aufweisen oder durch Gründächer Regenwasser zurückhalten und wieder verdunsten, werden besser bewertet, als jene, wo nahezu der gesamte Niederschlag in den Kanal abgeleitet wird.

Aufgrund der Ausgangssituation, dass sich alle Objekte in Stadtzentrumslage mit dichter Bebauung und hohem Versiegelungsgrad befinden, sind nicht immer Maßnahmen möglich, um die gesamten ermittelten Niederschlagsmengen eines Starkregenereignisses vor Ort zu versickern oder zu nutzen. Die Maßnahmen der Objekte sind deshalb nicht direkt mit vergleichbaren Lösungen an Gebäuden in Siedlungsgebieten mit lockerer Bebauung und höherem Freiflächenanteil zu vergleichen.

Entscheidende Kriterien für die Bewertung des Bestandes sind die folgenden:

- Durchlässigkeit der vorhandenen Oberflächen (Versiegelungsgrad),
- vorhandene Versickerungsanlagen,
- sowie die Ausstattung mit Rückhalte-, Speicher,- oder Regenwassernutzungsanlagen (Gründächer, Speichertanks, Retentionsbecken, ...).

Zusammenfassend kann die am Grundstück aufkommende ermittelte Niederschlagsmenge im Verhältnis zu der ermittelten Abflussmenge, die in den Kanal eingeleitet wird, Aufschluss über den Zustand und Optimierungsbedarf des Bestandes geben.

Dabei wird zwischen Bemessungsniederschlägen von Starkregenereignissen (1-, 5- und 30- jährlich) und dem mittleren Jahresniederschlag unterschieden.

Für ein Starkregenereignisse wird der Anteil, der in den Kanal eingeleitet wird, von der ermittelten **Spitzenabflussmenge** im Verhältnis zu der am Grundstück gesamt anfallenden Regenmengen in Prozent angegeben.

Für den Jahresniederschlag wird der Anteil, der in den Kanal eingeleitet wird, von der ermittelten **mittleren Jahresabflussmenge** im Verhältnis zu der am Grundstück gesamt anfallenden mittleren Jahresniederschlagssumme in Prozent angegeben.

Mit folgenden Formeln wird der jeweilige Anteil von in den Kanal eingeleiteter Abflussmenge ermittelt.

$$Anteil\,Spitzenabfluss\, [\%] = \frac{V_{Spitze}}{V_{gesamt-Spitze}} * \, 100$$

$$Anteil\:mittlerer\:Jahresabfluss\:[\%] = \frac{V_{mittel}}{V_{gesamt-mittel}} * 100$$

V_{Spitze} Summe Spitzenabflussmenge [m³]

V_{gesamt-Spitze} gesamte Starkregenmenge der Grundstücksfläche [m³]

 V_{mittel} Summe mittlerer Jahresabflussmenge [m³]

V_{gesamt-Spitze} gesamte mittl. Jahresniederschlasgmenge der Grundstücksfläche [m³]

In einer Ergebnistabelle (Vorlage siehe Tab. 16) werden alle Bewertungsparameter zusammengestellt und anhand einer farblichen Kennung die Beurteilung des Bestandes ersichtlich gemacht. Die Beurteilung erfolgt für jedes Objekt einzeln, da die Gegebenheiten variieren und ein direkter Vergleich zwischen den Objekten nicht zielführend wäre.

In Anlehnung an die ökologische Bestandsbewertung von Siedlungsräumen (FABISCH & HENNINGER 2015) wurden vier Beiche mit einer Klassenunterteilung in 25 %-Schritten definiert. Jeder Objektparameter wird einzeln farblich als positiv, passabel, mäßig oder unzureichend eingestuft.

Folgende Zuteilung wurde für die Beurteilung erstellt.

- Positiv (++): hoher Anteil durchlässiger Oberflächen, geringer Versiegelungsgrad (< 25 %) der Hof/Freiflächen, Anteil mittlerer Abfluss zu Jahresniederschlag ist gering (< 25 %), Anteil Spitzenabfluss zu Gesamtniederschlag ist gering (< 25 %), oder RWM-Anlagen für Großteil der Abflüsse vorhanden, geringer Anteil von in den Kanal eingeleiteten Abflussmengen (< 25 %)
 ★ Kein Handlungsbedarf aus RWM-Sicht
- Passabel (+): mehr als die Hälfte durchlässiger Oberflächen,
 Geringer bis mittlerer Versiegelungsgrad (25-50 %) der Hof/Freiflächen,
 Anteil mittlerer Abfluss zu Jahresniederschlag ist gering bis mittel (25-50 %),
 Anteil Spitzenabfluss zu Gesamtniederschlag ist gering bis mittel (25-50 %),
 RWM-Anlagen für Abflüsse vorhanden, Teilmengen zurückgehalten/genutzt,
 geringer bis mittl. Anteil von in den Kanal eingeleiteten Abflussmengen (25-50 %)
 → Passabler Zustand, zusätzlicher Handlungsbedarf möglich
- Mäßig (~): zumindest Teilflächen sind durchlässig gestaltet,
 Versiegelungsgrad mittel bis hoch (51-75 %),
 einzelne RWM-Anlagen sind vorhanden, Teilmengen zurückgehalten/genutzt
 Anteil mittlerer Abfluss zu Jahresniederschlag ist mittel bis hoch (51-75 %)
 Anteil Spitzenabfluss zu Gesamtniederschlag ist mittel bis hoch (51-75 %),
 mittlerer bis hoher Anteil von in den Kanal eingeleiteten Abflussmengen (51-75 %)
 → Einzelne Maßnahmen vorhanden, weiterer Handlungsbedarf gegeben
- Unzureichend (-): keine oder sehr geringer Anteil durchlässiger Oberflächen, hoher Versiegelungsgrad (>75 %) der Hof/Freiflächen, keine RWM-Anlagen vorhanden,
 Anteil mittlerer Abfluss zu Jahresniederschlag ist hoch (>75 %)
 Anteil Spitzenabfluss zu Gesamtniederschlag ist hoch (>75 %),
 Hauptanteil (>75 %) der Abflüsse in den Kanal eingeleitet
 → Handlungsbedarf um Abflüsse zu versickern, zurückzuhalten, zu nutzen

Aus der Bewertung der einzelnen Objektparameter wird die Gesamtbeurteilung von jedem Objekt gebildet.

Aufbauend auf den Analyseergebnissen und Bewertungen können anschließend Potentiale und Möglichkeiten für jedes Objekt abgeleitet werden.

Maßnahmenkatalog und Planungsempfehlungen

Der Handlungsbedarf ergibt sich aus den vorangegangenen Analysen und Bewertungen der Bestandsobjekte. Die möglichen Maßnahmen sind sehr objektbezogen und spezifisch für den jeweiligen Standort mit den gegebenen Bedingungen (Gebäude, Freiflächen, Begrünung, Nutzung, ...) erörtert. Angestrebt werden Maßnahmen wie die Schaffung bzw. Erhöhung durchlässiger Oberflächen, Versickerungsanlagen, oder die Nutzung von Regenwasser für die Bewässerung von Pflanzen. Der Fokus liegt dabei, die Möglichkeiten aufzuzeigen, Regenwasser für die Bewässerung von vertikaler Gebäudebegrünung nutzbar zu machen.

Mögliche Maßnahmen

Nicht jede Maßnahme ist für alle Objekte möglich bzw. nicht sinnvoll, deshalb werden die möglichen Maßnahmen einzeln für jedes Objekt erarbeitet und im Ergebnissteil beschrieben. Allgemein sind hier Regenwassermanagementmaßnahmen aufgelistet, die für die ausgewählten Objekte prinzipiell möglich sind und durchgearbeitet werden:

- Entsiegelung Schaffung von durchlässigen Oberflächen
- Versickerung ober- oder unterirdische Versickerungsanlagen
- Regenwasser Speicherung und Nutzung mit Speicherwerken zur Bewässerung von Begrünungen bzw. Dachbegrünung als Retention

Detaillierte Beschreibungen der einzelnen Möglichkeiten und Systeme sind im Grundlagenteil (Kapitel 1.4.3) erläutert.

Auswahl und Bewertung der möglichen Maßnahmen

Für jedes Objekt wird die geeignetste Maßnahme bzw. eine Kombination von Maßnahmen ausgearbeitet und im Ergebnisteil anhand einer Tabelle (Vorlage siehe Tab. 17) beschrieben.

Tab. 17: Vorlage Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung. Quelle: Eigene Erstellung 2019

Objekt :	xx Bez	eic	hnung xxx	Mögliche RWM Maßnahmen
potenzielle Maßnahme			Gestaltung	Vor- und Nachteile
Entsiegelung Hof/Freifläche		x	xxx	xxx
rerung age	oberirdisch	x	xxx	xxx
Versickerung Anlage	unterirdisch	x	xxx	xxx
Regenwasser Speicherung/Nutzung		х	xxx	xxx

Folgende Tabelle zeigt die Herangehensweise und Auswahlkriterien bestimmter Maßnahmen mit entsprechendem Verweis zu den Grundlagen.

Tab. 18: Auswahlkriterien und Eignung für mögliche RWM-Maßnahmen. Quelle: Eigene Erstellung 2019

Gegenstand	Verwendet für	Abhängig von	Verweis Grundlagen
Oberflächenbefestigung Oberflächenbelag	Maßnahme Entsiegelung Hof/Freiflächen	vorhandener Nutzung	Tab. 2 Seite 24
Versickerungsanlagen oberirdisch	Maßnahmen zur Versickerung	Abstand zu Gebäude (mind. 2 m) vorhandene Nutzung Flächenangebot vorhandene Beete (Umrüsten)	Kap. 1.4.3 ab Seite 23
Versickerungsanlagen unterirdisch	Maßnahmen zur Versickerung	Abstand zu Gebäude (mind. 6 m bzw. 1,5*Höhe-Sickerschacht) Abstand zu Gehölzen (mind. Kronendurchmesser)	Kap. 1.4.3 ab Seite 23
Wasserbedarf Begrünungen	Ermittlung Wasserbedarf zur Speicher- Dimensionierung	Spez. Objektangaben bei Erhebung, Annahme aus erhobenen Werten Regal/Trogsystem 594 l/(m²/a), Modul/Kassettensystem 1140 l/(m²/a), Pflanztröge 3660 l/(m²/a) Kübeloberfl. Rasen-, Strauchfläche 76 l/(m²/a), Staudenbeet 345 l/(m²/a)	Kap. 3 ab Seite 99, bzw. Tab. 12 Seite 69

Die Wahl der individuellen Maßnahmen erfolgt hinsichtlich des erreichbaren Nutzens und Effektivität zur Verringerung der Einleitung von Niederschlagsabflüssen in den Kanal, Erhöhung der Versickerung und zur Nutzung von Regenwasser für die Bewässerung vorhandener Begrünungen. Neben technischen Anforderungen und Einschränkungen, die einzelne Systeme an Standorten ausschließen, wird auch der Investitionsaufwand bei der Wahl der Maßnahmen berücksichtigt. Die vorhandene Nutzung der Hof/Freiflächen bestimmt maßgeblich die Wahl der Oberflächenbefestigung und Anordnung von Sickeranlagen.

Auch bereits im Bestand vorhandene Ausstattungen werden in die Planung eingebunden und mögliche Umrüstungen vorgeschlagen. Die Maßnahmen sollen Lösungen darstellen, die mit einem möglichst geringen technischen und finanziellen Aufwand umsetzbar wären und dabei die größten Effekte erzielen.

Die für das jeweilige Objekt geeigneten Maßnahmen werden ausgearbeitet und die erreichbaren Ziele im Vergleich zum Bestand bewertet.

Die möglichen Ziele umfassen Flächenentsiegelung, Verringerung von Niederschlagsabflüssen und deren Einleitung in den Kanal, Erhöhung der Versickerung am Grundstück, Versorgung von Pflanzen mit Regenwasser und dadurch Einsparung von Trinkwasser bei Aufrechterhaltung der Evapotranspiration.

Die Bewertung der Maßnahmenvorschläge erfolgt auf gleicher Grundlage und Einteilung wie bei der Bestandsbewertung, um die Effektivität der Maßnahmen sichtbar und mit dem Bestand vergleichbar zu machen (siehe Zuteilung Bestandsbewertung Seite 93).

Durch die Maßnahmen zur **Hof/Freiflächenentsiegelung** erzielte Reduzierung von Niederschlagsabflüssen und Verringerung der Einleitung in den Kanal werden nach der gleichen Klasseneinteilung wie in der Bestandsauswertung bewertet und durch ++ (positiv), + (passabel), ~ (mäßig) und - (unzureichend) gekennzeichnet. Auch der (reduzierte) Versiegelungsgrad der Hof/Freifläche wird durch gleiche Kennung bewertet und dadurch eine Verbesserung zum Bestand ersichtlich gemacht.

Bei möglichen Maßnahmen von **Versickerungsanlagen** wird das potentielle Versickerungsvolumen und die damit verbundener Aufnahme von Abflussmengen eines 1-, 5- und 30- jährlichen Bemessungsniederschlages aufgezeigt. Außerdem werden Aspekte wie die Reinigungsleistung, der Gestaltungsaspekt, der Aufwand und ein möglicher Nutzungskonflikt eruiert.

Bei Maßnahmen der **Regenwasserspeicherung und Nutzung** wird die potentielle jährliche Trinkwassereinsparung bei der Bewässerung von Begrünungen und die damit verbundene Reduzierung des mittleren Jahresabflusses aufgezeigt. Systemabhängige Vor- und Nachteile der gewählten Anlage werden eruiert.

Eine weitere Maßnahme zur Regenwasserspeicherung bzw. Retention ist die Begrünung von (Flach-) Dachflächen. Die dabei erzielte Verringerung des Versiegelungsgrades, sowie die Reduzierung von Niederschlagsabflüssen und Verringerung der Einleitung in den Kanal werden wie die Maßnahmen zur Hof/Freiflächenentsiegelung gekennzeichnet.

Aufgrund dieser ermittelten Vor- und Nachteile der einzelnen Maßnahmen wird für das jeweilige Objekt die geeignetste Maßnahme bzw. eine Kombination dieser als Planungsempfehlung abgeben.

Da bei den Objekten keine Daten zur Sickerleistung der Böden, zur statischen Eignung der Gebäude und zu möglichen unterirdischen Leitungen (Strom, Telekommunikation, Wasser, Abwasser,...) erhoben werden konnten, gelten diese Maßnahmen nur als potentielle Möglichkeiten und müssten vor einer etwaigen Realisierung unbedingt geprüft werden.



3 Ergebnisse

Der Ergebnisteil umfasst die regenwasserrelevante Bestandsauswertung und erarbeiteten Maßnahmen mit Optimierungsvorschlägen der zehn aufgenommenen Objekte.

Für jedes Aufnahmeobjekt erfolgt eine Beschreibung des Bestandes in Form eines Steckbriefes mit Bestandsplan der Oberflächen, sowie Abbildungen und textlicher Beschreibung.

Anschließend werden die Ergebnisse aus der Bestandsanalyse und Bewertung zusammengefasst und anhand einer Tabelle mit Beschreibung und Ableitung der möglichen Potentiale dargestellt.

Die möglichen Maßnahmen werden in einer eigenen Tabelle (Maßnahmenkatalog) zusammengefasst und ihre Vor- und Nachteile für das jeweilige Objekt mit einer Bewertung dargestellt und beschrieben.

Als Optimierungsvorschlag wird die individuell am besten geeignete Maßnahme bzw. eine Kombination dieser, in einer Planungsempfehlung für das jeweilige Objekt angeführt.

OBJEKT 1. Wohn- u. Geschäftshaus Fuhrmannsg.

Steckbrief

1080 Wien, Fuhrmannsgasse 2

Fertigstellung: 1883

Bebauungsstruktur: Mehrwohnungshaus mit Hof

Nutzung: Geschäft, Praxis, Wohnen

Bauplatzgröße: 650 m²

Dachfläche: 566 m² Faserzement, 17 m² Glasvordach

Hof/Freifläche: 84 m²

(Segmentbogenpflasterung mit Fugenverguss)

Regenwasserableitung: Kanaleinläufe Regenwasserversickerung: keine Regenwassermaßnahmen: keine

Vertikalbegrünung: bodengebundene Selbstklimmer

Pflanzen: Jungfernrebe - *Parthenocissus tricuspidata* (gepflanzt vor ~ 30 Jahren) **Grünflächen:** Beet im Hof (8 m²) mit

Sträuchern und Kleinbaum

Bewässerung: Winter – händisch;

Sommer – automatisch

Beschreibung: Eckhaus in Das gründerzeitlicher Blockrandbebauung ist Dachdeckung einheitlich mit einer aus Faserzementplatten gedeckt (Abb. 3-1) und bildet einen Hof an der Hinterseite. Im Hof wurde nachträglich ein Aufzug und eine Glasüberdachung über dem Hofeingang errichtet. Hauptsächlich wird der Hof als Zugang zum Aufzug und zum Müllentsorgen Oberflächen genutzt. Die sind mit Segmentbogenpflaster voll versiegelt und der Niederschlag wird in zwei Kanaleinläufe abgeleitet (Abb. 3-3). Ein Beet mit Einfassung (H ~ 5 cm) ist mit einem Wasserhahn und

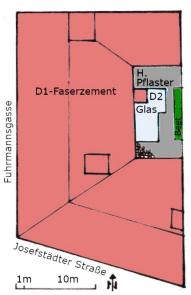


Abb. 3-1: Bestandsplan 1:500, Fuhrmannsg. 2.
Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage
mer (STADT WIEN - VIENNAGIS o. J.)



Abb. 3-2: Hof mit Glasdach und Beet, Fuhrmannsg. 2. Quelle: (Schiefermair 2019)



Abb. 3-3: Segmentbogenpflaster und Kanaleinlauf, Fuhrmannsg. 2. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)

Stromanschluss ausgestattet und mit Gehölzen bepflanzt (Abb. 3-2). Aus diesem Beet wachsen auch zwei Jungfernreben, die an der angrenzenden Garage über das Flachdach und an den umliegenden Fassaden emporwachsen. Die Selbstklimmer erreichen meist eine Höhe bis zur Dachtraufe der angrenzenden 4- bis 5-geschossigen Häuser.

Quellen: Eigene Aufnahme, mündliches Fachgespräch mit Ansprechperson, Flächengrundlagen (STADT WIEN - VIENNAGIS 2019).

Bestandsauswertung und Potenziale

Ergebnisse der Bestandsanalyse und Bewertung für die Fuhrmannsgasse 2, Wien.

Tab. 19: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung Fuhrmannsgasse 2, siehe auch Anhang B1. Quelle: Eigene Erstellung 2019

Objekt 1	pjekt 1 Wohn/Geschäftshaus Fuhrmannsgasse						GRZ		0,87
Bestand	tung			Bauplatz	Versiegelui	ng RW	99 %		
Bemessungsniederschlag 1-jährlich 15 min				rlich min	30-jähr 15 m		mittlerer Jahresabfluss		bfluss
Spitzenab	fluss V _{Spitze} [m³]	6,03	11,	,81	18,3	0	V _{mittel} [n	n³]	372
Antei	il von in den Kan	al eingelei	teten	Abflu	ıssmenç	gen z	zu Gesamtni	edersch	nlag
	itzenabfluss zu tniederschlag	99 %		Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme					88 %
Durchläss	nur klei	nur kleines Beet (8 m²)			Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen			90 %	
Versicke	ahmen RWM rung, Rückhalt, rung, Nutzung	keine vorhanden				Bewertung (Klassen) <25% 25-50% 51-75% >			,
Gebäud	ertikale debegrünung, e Grünflächen	bodengebunden Beet (Sträucher)				sserbedarf Jahr [m³]	0,61	→ sehr gering	
Potentiale und Möglichkeiten					egelung Speicher		läche Nutzung f. Be	ewässer	ung

Das Grundstück in der Fuhrmannsgasse 2 hat einen sehr hohen Bebauungsgrad mit einer GRZ von 0,87 und einen regenwasserrelevanten Gesamtversiegelungsgrad von fast 100 %. Die einheitlich mit Faserzementplatten gedeckten Dachflächen können kein Regenwasser zurückhalten. Nahezu der gesamte Abfluss landet bei Starkniederschlagsereignissen im Kanal, auch der Großteil (88 %) der mittlerer Jahresabflüsse wird im Kanal abgeführt. Nur ein geringer Teil wird aufgrund der Oberflächenbeschaffenheit zurückgehalten.

Die verhältnismäßig geringe Hoffläche ist teilweise mit einem Glasvordach überdeckt und bis auf ein kleines Beet (8 m²) voll versiegelt. Ansonsten befinden sich keine Maßnahmen einer integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung.

Die weitläufige bodengebundene Wandbegrünung mit einer Jungfernrebe wächst aus dem Beet, welches für die Bewässerung einen geringen Wasserbedarf von rund 600 I im Jahr benötigt.

Möglichkeiten für dieses Objekt wären eine Entsiegelung der Hoffläche, sowie eine Nutzung von Regenwasser für die Beet-Bewässerung.

Potenzielle Maßnahmen und Optimierungsvorschläge

Vor- und Nachteile, sowie eine Bewertung der Eignung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung für die Fuhrmannsgasse 2, Wien.

Tab. 20: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung Fuhrmannsgasse 2, siehe auch Anhang B1. Quelle: Eigene Erstellung 2019

Objekt	Objekt 1 Wohn/Geschäftshaus Fuhrmannsgasse			aus Fuhrmannsgasse	Mögliche RWM Maßnahmen		
poter	nzie	lle Maßnahm	en	Gestaltung	Vor- und Nachteile		
Entsiegelung Hof/Freifläche		A	Verbundsteinpflaster mit Sickerfugen (statt Fugenverguss)	+ Versiegelung Hof 48 % - Abflussreduz. Bauplatz ~ 5,5 % → erhöhter Aufwand			
kerung age	oberirdisch - → nicht möglich Fläche zu gering						
oberirdisch - Fläche zu gering unterirdisch - → nicht möglich Abstand zum Gebä			1		aude (Keller) u. Gehölzwurzeln zu gering		
Regenwasser Speicherung/Nutzung		В	Regentonne (50 I) zur Beet- Bewässerung	→Trinkwassereinsparung 0,61 m³/Jahr - Jahresabflussreduz. Bauplatz 0,2 % → geringer Aufwand			

Bei **Entsiegelung** der Hoffläche (Maßnahme A) kommt aufgrund der Nutzung (Zugang Aufzug und Müll) nur eine durchlässige befestigte Oberflächenbefestigung in Frage. Ein Umbau mit z.B. Verbundsteinpflaster mit Sickerfugen würde den Hof teilentsiegeln (Versiegelungsgrad 48 %) und einen Wasser- und Luftaustausch ermöglichen. Aufgrund des geringen Flächenanteils zur gesamten Grundstücksfläche und Glasvordachüberdeckung könnte jedoch nur ein geringer Anteil der gesamten Niederschlagsmengen versickern und somit kaum eine Reduzierung (~5,5 %) der in den Kanal eingeleiteten Abflussmengen erwirken. Dagegen sprechen die Umbaukosten einer neuen Oberflächenbefestigung, welche außerdem erst kürzlich erneuert wurde und aktuell keine Renovierung erfordert.

Eine **Versickerungsanlage** ist weder oberirdisch noch unterirdisch möglich, da die vorhandene Freifläche zu gering bzw. kein ausreichender Abstand zum Keller und den Gehölzen gegeben wäre.

Eine **Regenwasserspeicherung** (Maßnahme B) zur Nutzung als Bewässerung für das Beet wäre gut möglich. Bei der oberirdischen Installation einer Regentonne mit einem Volumen von rund 50 I für die Abflüsse des Glasvordaches wären nur geringste Aufwände zu tätigen und es könnte der Trinkwasserverbrauch reduziert werden. Da der ermittelte Bedarf für die Bewässerung jedoch sehr gering ist, sind dadurch so gut wie keine Abflussverringerungen sowie keine Rückhalteeffekte bei Starkregenereignissen zu erwarten. Ein Überlauf mit Kanalanschluss würde bei größeren Niederschlagsmengen ein Übegehen der Tonne verhindern.

Planungsempfehlung

Für das Objekt Fuhrmannsgasse 2 wird in Abwägung der erreichbaren Ziele, Vorteile und dem erwarteten Errichtungsaufwand aller Möglichkeiten die **Maßnahme B – Regenwasserspeicherung** mit einem oberirdischen Tank zur Nutzung für die Beet-Bewässerung empfohlen.

OBJEKT 2. GRG 7 - Kandlgasse

Steckbrief

D1-Faserzement

D2
Blech

FR

H1

Asphalt

Asphalt

Beet

Asphalt

Asphalt

Asphalt

Asphalt

Beet

Asphalt

As

Abb. 3-4: Bestandsplan 1:500, GRG 7. Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage (STADT WIEN - VIENNAGIS o. J.)

1070 Wien, Kandlgasse 39-43

Fertigstellung: 1907

Bebauungsstruktur: Mehrgeschoßhaus mit Hof

Nutzung: Schulgebäude **Bauplatzgröße:** 2095 m²

Dachfläche: 1175 m² (Faserzement, Blech),

245 m² (extensive Begrünung)

Hof/Freifläche: 675 m²

(Asphalt, Kunststoff, Betonverbundsteinpflaster)

Regenwasserableitung: Kanaleinläufe Regenwasserversickerung: keine Regenwassermaßnahmen: extensive

Dachbegrünung, Hochbeete

Vertikalbegrünung: im Pflanzbeet (~16 m²) mit

Rankgerüst,

in Pflanztrögen (~3 m²) mit Rankgerüst, wandgebundenes Regal/Trogsystem (~48 m²) und Kassettensysteme (~18 m²)

Pflanzen: Jungfernrebe - *Parthenocissus* quinquefolia, Klettertrompete - *Campsis radicans*, Trichterwinde - *Ipomoea 'Blauer Himmel'*,

Bergenie - Bergenia cordifolia,

Gemeine Schafgarbe - Achillea millefolium,



Abb. 3-5: Hof mit Hochbeeten und Wand-Begrünungssystemen, GRG 7. Quelle: (Schiefermair 2019)



Abb. 3-6: Hochbeete im Hof GRG 7. Quelle: (Schiefermair 2019)



Abb. 3-7: Asphalt und Betonverbund-Steinpflaster, GRG 7. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)

Fetthenne – Sedum (div. Arten), Storchschnabel - Geranium macrorrhizum, Purpurglöckchen –

Heuchera Hybriden, div. Kräuter

Grünflächen: Pflanzbeete im Hof (115 m²) Diverse Stauden, Sträucher, Kleinbäume **Bewässerung:** Hochbeete – händisch;

Wandgebundene Begrünungen – automatisch

Beschreibung: Das L-förmige denkmalgeschützte Schulgebäude mit Steildach bildet mit nachträglich errichteten Sporthallenzubau mit extensiv begrüntem Flachdach (Gras-Kraut) (Abb. 3-9) einen großen Hof in der Mitte (Abb. 3-4). Die Dachflächen werden über Regenrinnen und Fallrohre hofseitig in den Kanal entwässert. Der Hof wird als Sportplatz, Pausenort zum Verweilen, für Gartenprojekte, zum Müllentsorgen und als Wartungs-/ Einsatzzufahrt für PKW genutzt (Abb. 3-6). Der Sportbereich ist mit einer Kunststoffoberfläche befestigt und wird mittig über einen Kanaleinlauf entwässert. Die restlichen Oberflächen im anderen Teilbereich des Hofs sind



Abb. 3-8: Boden- und troggebundene Begrünung mit Entwässerung im Hochbeet, GRG 7. Quelle: (Schiefermair 2019)



Abb. 3-9: Extensive Dachbegrünung, GRG 7. Quelle: (Schiefermair 2019)

mehrheitlich mit Asphalt, sowie im Bereich der Pflanzbeete mit Betonverbundsteinpflaster befestigt (Abb. 3-7). Ein zweiter Kanaleinlauf entwässert diesen Teilbereich mittig. Fünf große Pflanzbeete werden von SchülerInnen und Schulpersonal bewirtschaftet und manuell nach Bedarf bewässert. Insgesamt gibt es vier verschiedene Fassadenbegrünungssysteme. Im Pflanzbeet entlang der Sporthalle wachsen Jungfernreben und Klettertrompeten auf einem Rankgerüst (Abb. 3-8) die Westwand des Gebäudes hoch. Das Pflanzbeet wird manuell bei Bedarf bewässert. Auf einer Mauerkrone wächst in sieben Trögen (je 46x98 cm) einjährige Trichterwinden den nördlich exponierten Metallzaun hinauf. Die Tröge werden mit einem Bewässerungsautomat gesteuert bewässert und eine Überlaufrinne leitet überschüssiges Wasser in die darunter angrenzenden Pflanzbeete ein. An der Südwand des Hauptgebäudes (Abb. 3-5) gibt es eine wandgebundene Begrünung (Trogsystem) mit verschiedenen Pflanzen (Bergenien, Schafgarbe, Fetthennen, div. Kräuter...) in 27 linearen Aluminiumwannen, die über zwei Kreise automatisch bewässert werden. Nebenan befindet sich zwei flächige wandgebundene Begrünungen (Kassettensystem) mit verschiedenen Pflanzen (Bergenien, Storchschnabel, Fetthennen, Purpurglöckchen, ...), welche über einen Bewässerungsautomat gesteuert bewässert werden. Das überschüssige Wasser wird bei beiden Systemen über Fallrohre in den Kanal geleitet. Eine weitere kleine wandgebundene Begrünungsversuchsfläche mit einem PV-Panel befindet sich an der gleichen Hauswand über dem Sporthallenzubau und wird ebenfalls über einen Bewässerungsautomat bewässert.

Quellen: Eigene Aufnahme, Projekt GrünPlusSchule (ZLUWA 2018) und mündliches Fachgespräch mit Ansprechperson, Flächengrundlagen (STADT WIEN - VIENNAGIS 2019).

Bestandsauswertung und Potenziale

Ergebnisse der Bestandsanalyse und Bewertung für das GRG 7 in der Kandlgasse, Wien.

Tab. 21: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung GRG 7, siehe auch Anhang B2. Quelle: Eigene Erstellung 2019.

Objekt 2	Objekt 2 GRG 7, Kandlgasse						GRZ		0,68
Bestandsauswertung und Bewertung						Bauplatz	Versiegel RW	ung	82 %
Bemessur	ngsniederschlag	1-jährlich 15 min		5-jährlich 30-jähr 15 min 15 m			mittlerer Jahresabfluss		sabfluss
Spitzenab	fluss V _{Spitze} [m³]	16,12	31,	55	48,8	7	V _{mittel} [m	1 ³]	892
Antei	il von in den Kan	al eingelei	teten	Abflu	ssmenç	gen z	u Gesamtni	eders	chlag
	itzenabfluss zu tniederschlag	82 %					· Jahresabfl rschlagssur		70 %
				erbundpflaster, etstofffläche			rsiegelungs lof/Freifläch		67 %
Maßnahmen RWM Versickerung, Rückhalt, Speicherung, Nutzung extensive D			Dach lochbe		inung,	Bewertung (Kla <25% 25-50% 51-7			,
Gebäud	ertikale debegrünung, e Grünflächen	in Pflanzbeet, in Pflanztrögen, wandgebundenes Regal/Trogsystem u. Kassettensystem Hochbeete				sserbedarf Jahr [m³]	88,2	→ hohes Potential	
Potentiale und Möglichkeiten				 → Entsiegelung Hoffläche → Versickerungsanlage ober/unterirdisch → RW-Speicherung/Nutzung f. Bewässerung 					

Das Grundstück des GRG 7 in der Kandlgasse hat einen hohen Bebauungsgrad mit einer GRZ von 0,68 und einen regenwasserrelevanten Gesamtversiegelungsgrad von 82 %. Die mit Faserzementplatten und Blech gedeckten Dachflächen können kein Regenwasser zurückhalten, der Zubau mit extensiver Dachbegrünung reduziert den Abfluss dieser Dachfläche deutlich.

Der großzügige Innenhof ist aufgrund der vorhandenen Hochbeete und teils durchlässigen Oberflächenbefestigungen (Betonverbundpflaster, Kunststofffläche) mittel stark versiegelt (67 %) und hält Niederschlagsteilmengen zurück, ermöglicht eine Verdunstung durch die Pflanzen oder lässt Teilmengen versickern. Knapp 30 % der Hoffläche ist jedoch mit undurchlässigem Asphalt vollversiegelt.

Bei Starkniederschlagsereignissen landet der Großteil (82 %) der Spitzenabflüsse des gesamten Bauplatzes im Kanal. Mehr als zwei Drittel (70 %) der mittleren Jahresabflüsse werden im Kanal abgeführt.

Einzelne Maßnahmen (Dachbegrünung, Hochbeete, teildurchlässige Oberflächen) einer integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung sind bereits vorhanden, die jedoch gesamtbetrachtet nur einen geringen Teil der Niederschläge managen können.

Die zahlreichen verschiedenen Vertikalbegrünungen und großzügigen Hochbeete benötigen für die Bewässerung einen relativ hohen Wasserbedarf von rund 88 m³ im Jahr. Damit ergibt sich ein hohes Potential der Regenwassernutzung als Gießwasser.

Möglichkeiten für dieses Objekt wären eine Entsiegelung der noch undurchlässigen Hofteilflächen, eine Umgestaltung eines Hochbeetes zu einer bepflanzten Sickermulde (Raingarden), eine unterirdische Sickeranlage, sowie eine Nutzung von Regenwasser für die Bewässerung der Vertikalbegrünungen und Beete.

Potenzielle Maßnahmen und Optimierungsvorschläge

Vor- und Nachteile, sowie eine Bewertung der Eignung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung für das GRG 7 in der Kandlgasse, Wien.

Tab. 22: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung GRG 7, Kandlgasse, siehe auch Anhang B2. Quelle: Eigene Erstellung 2019.

Objekt	GRG 7, Kandlgasse			Mögliche RWM Maßnahmen
poten	zielle Maßnahme	n	Gestaltung	Vor- und Nachteile
Entsiegelung Hof/Freifläche		Α	Verbundsteinpfl. mit Sickerfugen (statt Asphalt, Verbundstein)	+ Versiegelung Hof 46 % - Spitzenabflussreduz. Bauplatz 8,4 % - Jahresabflussreduz. Bauplatz 10,2 % → erhöhter Aufwand
Versickerung Anlage	oberirdisch B		Raingarden 50 m² (statt Hochbeet) Pflanzbeet 16 m² 15 m³ + 3,2 m³	 → Aufnahme 1-jährlicher Starkregen → gute Reinigungsleistung → gute Gestaltungsmöglichkeit → kein Nutzungskonflikt, nur Umgestaltung → Bau als Schulprojekt (Aufwand-Nutzen)
Versi Ar			Sickerkörper 30 m³ nur Überlauf v. Raingarden	 → Aufnahme bis 30-jährlicher Starkregen → Reinigung durch Raingarden gegeben → kein Nutzungskonflikt → Aufwand für Errichtung
Regenwasser Speicherung/Nutzung		С	Zisternen (7,5 m³) Vertikalbegrünung und Beet- Bewässerung	→ Trinkwassereinsparung ~ 88 m³/Jahr - Jahresabflussreduz. Bauplatz 10 % → Aufwand für Einbau/Pumpwerk

Bei Entsiegelung der Hoffläche (Maßnahme A) kommt aufgrund der Nutzung (Wartungs/Einsatzzufahrt für PKW, Pausenhof, Müllentsorgen) nur eine durchlässige befestigte Oberflächenbefestigung im Bereich der jetzigen Asphalt-Betonverbundsteinpflasterflächen in Frage. Ein Umbau mit z.B. Verbundsteinpflaster mit Sickerfugen würde den Hof passabel entsiegeln (Versiegelungsgrad 46 %) und einen Wasser- und Luftaustausch ermöglichen. Die Reduzierung des in den Kanal eingeleiteten Spitzenabflussanteils bei Starkregenereignissen würde jedoch nur rund 8 % betragen. Der Anteil des mittleren Jahresabflusses würde sich immerhin um 10 % reduzieren. sprechen die Umbaukosten Dagegen einer neuen Oberflächenbefestigung, die jedoch in Kombination mit anderen Maßnahmen relativiert werden könnten.

Eine oberirdische Versickerungsanlage (Maßnahme B) wäre im Bereich des mittleren Hochbeetes in Form eines Raingarden (bepflanzte Sickermulde) möglich. Eine Umgestaltung des vorhandenen Hochbeetes würde keinen Nutzungskonflikt auslösen und könnte ansprechend als Raingarden bepflanzt werden. Die rund 50 m² große Fläche könnte bei einer Einstauhöhe von 30 cm ein Volumen von bis zu 15 m³ aufnehmen und die gesamten Spitzenabflüsse eines 1-jährlichen Starkregenereignisses mit guter Reinigungsleistung versickern. Die Lage würde sich aufgrund des vorhandenen Gefälles der Hofflächen zur Mitte hin anbieten. Ein Überlauf könnte größere Niederschlagsmengen in eine nachgeschaltete unterirdische Sickeranlage leiten.

Die Abflüsse des Gründaches vom Zubau könnten über die vorhandenen Fallrohre direkt in das angrenzende Pflanzbeet (16 m²) geleitet werden. Bei einem 30-jährlichen Starkregenereignis wäre eine max. Einstauhöhe von knapp 20 cm erforderlich.

Der Einbau eines unterirdischen **Sickerkörpers** (30 m³) mit einer Fläche von 30 m² und 1 m Tiefe könnte eine Versickerung der gesamten Spitzenabflüsse bis zu einem 30-jährlichen Starkregenereignisses ermöglichen. Aufgrund des vorgeschalteten Raingarden mit Aufnahme des ersten Spülstoßes und der meisten Schadstoffe wäre die geringere Reinigungsleistung des unterirdischen Sickerkörpers unproblematisch. Außerdem entsprechen alle Entwässerungsflächen dem Typ F1 weshalb aus Sicht des Grundwasserschutzes It. (ÖWAV 2015) eine Versickerung zulässig ist. Ein Überlauf mit Anschluss an den Kanal würde einen Rückstau bei unerwarteten Ereignissen verhindern und die Überflutungssicherheit erhöhen.

Eine **Regenwasserspeicherung** (Maßnahme C) zur Nutzung als Bewässerung für die Vertikalbegrünungen und Hochbeete wäre aufgrund des hohen Wasserbedarfs wirkungsvoll. Um den Bedarf zu decken, könnten die Abflüsse der halben Steildachfläche und die der Blechdachflächen über die vorhandenen Fallrohre in zwei

unterirdisch verbaute Zisternen (gesamt 7,5 m³) mit vorgeschaltetem Absetzschacht bzw. Filter geleitet werden. Aufgrund des hohen Bedarfs und des großen Speichervolumens würde sich der in den Kanal eingeleitete Anteil mittlerer Jahresabflüsse um bis zu 10 % reduzieren und eine Trinkwassereinsparung von bis zu 88 m³ pro Jahr erfolgen. Ebenso können Rückhalteeffekte Starkregenereignissen erwirkt werden, mit denen jedoch nicht gerechnet werden kann. Der Überlauf könnte in den nachgeschalteten Raingarden geleitet werden, um eine Versickerung der weiteren Niederschlagsmengen zu ermöglichen. Es ist mit einem erhöhten Aufwand für die Errichtung und den Betrieb mit benötigtem Pumpwerk zu rechnen, der sich jedoch in Kombination mit anderen Maßnahmen und der Trinkwassereinsparung relativieren kann.

Planungsempfehlung

Für das Objekt GRG 7 in der Kandlgasse wird in Abwägung der erreichbaren Ziele, Vorteile und dem erwarteten Errichtungsaufwand aller Möglichkeiten eine Kombination der Maßnahmen A, B und C empfohlen. Das Zusammenspiel aller beschriebenen Maßnahmen könnte ermöglichen, die gesamten Niederschlagsmengen bis zu einem 30-jährlichen Starkregenereignis vor Ort zu versickern und Teilmengen für die Bewässerung der Begrünungen nutzbar zu machen. Die Abflüsse der halben Dachflächen können über Fallrohre und einen Absetzschacht bzw. Filter in Zisternen geleitet werden. Wenn diese voll sind, gelangen die Abflüsse über einen Überlauf in einen Raingarden und können gemeinsam mit den restlichen Niederschlagsabflüssen bis zu einem 1-jährlichen Starkregenereignisses aufgestaut und versickert werden. In einem Hochbeet kann das Gründach direkt über Fallrohre entwässert werden. Über einen Überlauf des Raingarden gelangen weitere Abflussmengen in einen unterirdischen Sickerkörper, wo diese bis zu einem 30jährlichen Starkregenereignis aufgestaut und versickert werden können.

Teile der Maßnahmen könnten als Schulprojekt mit SchülerInnen umgesetzt werden und dadurch neben den beschrieben Effekten auch eine Bildungsarbeit erfolgen. Das Thema einer integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung wäre in Zukunft für alle SchülerInnen im Innenhof ersichtlich und greifbar.

OBJEKT 3. Boutiquehotel Stadthalle

Steckbrief

1150 Wien, Hackengasse 18-20

Fertigstellung: Gründerzeithaus, Zubau

2009

Bebauungsstruktur: Mehrgeschoßhaus mit Hofbildung und Zubau (teilw. kein EG,

Hof durchgängig) **Nutzung:** Hotel

Bauplatzgröße: 1110 m²

Dachfläche: Stammhaus 409 m² (Blech,

Kies, extensive Begrünung),

Passivhauszubau 420 m² (Faserzement,

Blech, Kies, extensive Begrünung)

Hof/Freifläche: 280 m² (Natursteinplatten

Fugenverguss)

Regenwasserableitung: Kanaleinläufe Regenwasserversickerung: nur auf

Beetflächen

Regenwassermaßnahmen: extensive

Dachbegrünung,

ehem. Regenwasserspeicherung (stillgelegt)

Vertikalbegrünung: bodengebundene

Selbstklimmer, Selbstklimmer in Pflanztrögen (~2 m²), wandgebundenes Regal/Trogsystem

(~100 m²)

Pflanzen: Efeu - Hedera helix, Jungfernrebe -

Parthenocissus tricuspidata 'veitschii',

Klettertrompete - Campsis radicans,

Kletterhortensie - Hydrangea anomala,

Storchschnabel - Geranium macrorrhizum,

Lavendel – Lavandula angustifolia, div.

Kräuter

Grünflächen: Beete (119 m²) und Tröge im

Hof

Diverse Stauden, Sträucher, Bäume

Bewässerung: Beete – Tropfschläuche;

Regal/Trogsystem - automatisch mit

Sensoren

Beschreibung:

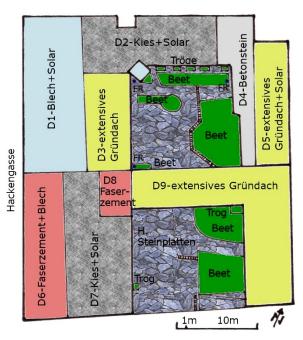


Abb. 3-10: Bestandsplan 1:500, Boutiquehotel Stadthalle. Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage (STADT WIEN - VIENNAGIS o. J.)



Abb. 3-11: Trogsystem Straßenseite, Boutiquehotel Stadthalle. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)



Abb. 3-12: Innenhof mit Beeten, Boutiquehotel Stadthalle. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)

Das Stammhaus bildet mit dreiteilige dem Passivhausanbau einen Innenhof (Abb. 3-10) und wird als Hotel betrieben. Der Hof wird von den Gästen zum Dinieren, Verweilen und als Zugang zu Gebäuden genutzt (Abb. 3-12). Die straßenseitige Dachschräge des Stammhauses ist mit Blech verkleidet, Teile des Passivhausdaches mit Faserzementplatten, ansonsten sind die Flachdächer begrünt (Gräser, teilweise extensiv Kleinsträucher), mit Kies bedeckt, bzw. als Terrassen ausgebildet und mit Solarpanelen versehen. Der Zubau ist mittig ohne EG ausgeführt, dadurch ist der Hof durchgängig gestaltet. Nach Stilllegung der früheren Regenwassereinleitung in Tanks (Abb. 3-15), werden die Dachwässer wieder in den Kanal eingeleitet. Das System wurde aufgrund von Geruchsbelästigung bei der ungefilterten Verwendung für die Toilettenspülung und Bewässerung im Hof eingestellt. Die jetzige Nutzung von Brunnenwasser für diese Zwecke bringt dem Hotel zusätzliche Vorteile in Form von Kühlenergie und Speisung die Wärmepumpenanlage. Hof erfolgt lm Niederschlagsableitung der undurchlässig verfugten Natursteinplattenbeläge über Entwässerungsrinnen und Einläufe in den Kanal (Abb. 3-14). Auf den Beetflächen kann der Niederschlag direkt versickern. Die Beete, Tröge und ein Teil der extensiven Dachbegrünung (Lavendeldach) werden automatisch über Tropfschläuche bewässert.

Straßenseitig befindet sich eine wandgebundene Begrünung (lineares Trogsystem) (Abb. 3-11) über eine Wandfläche von $\sim 100~\text{m}^2$, die westlich exponiert ist. Pflanzen wie Efeu, Lavendel, viel Storchschnabel



Abb. 3-15: Brunnenwasser-Tanks im Keller, Boutiquehotel Stadthalle. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)



Abb. 3-14: Natursteinplatten und Kanaleinlauf, Boutiquehotel Stadthalle.Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)



Abb. 3-13: Pflanztröge mit Efeu und Beete, Boutiquehotel Stadthalle. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)

und diverse Kräuter wachsen in Vulkan-Substrat und werden über eine vollautomatische Bewässerung mit 10 Sensoren (Wärme und Feuchtigkeit) bewässert. Im Innenhof wachsen Jungfernreben und Efeu teilweise bodengebunden, teilweise in Trögen an diversen Fassadenabschnitten (Abb. 3-13) hoch. Einzelne Exemplare von Klettertrompete und Kletterhortensie wachsen an Fallrohren bzw. Drahtseilen hoch.

Quellen: Eigene Aufnahme, mündliches Fachgespräch mit Ansprechperson und Homepage Hotel Stadthalle (HS HOTELBETRIEBS GMBH – BOUTIQUEHOTEL STADTHALLE 2019), Flächengrundlagen (STADT WIEN - VIENNAGIS 2019).

Bestandsauswertung und Potenziale

Ergebnisse der Bestandsanalyse und Bewertung für das Boutiquehotel Stadthalle in der Hackengasse, Wien.

Tab. 23: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung Boutiquehotel Stadthalle, siehe auch Anhang B3. Quelle: Eigene Erstellung 2019.

Objekt 3	Boutique	hotel Stac	thalle	!		latz		GRZ		0,75
Bestandsauswertung und Bewertung				Bauplatz	Ver	siegelu	ng RW	69 %		
Bemessur	ngsniederschlag	1-jährlich 15 min	5-jäh: 15 n		30-jähr 15 m		m	ittlerer .	Jahresa	bfluss
Spitzenab	fluss V _{Spitze} [m³]	7,21	14,	10	21,8	5		V _{mittel} [r	n³]	382
Antei	il von in den Kan	al eingelei	teten A	Abflu	ıssmenç	gen z	zu G	esamtni	ederscl	nlag
•	itzenabfluss zu tniederschlag	69 %						hresabf nlagssu		59 %
Durchlässige Oberflächen			versiegelungsgrad Hof/Freiflächen				58 %			
Versicke	ahmen RWM rung, Rückhalt, erung, Nutzung	extensive (ehem. F	Beete	е		<2		ewertung	<u> </u>	_
Gebäud	ertikale debegrünung, e Grünflächen	bodengebunden, in Pflanztrögen, wandgebundenes Regal/Trogsystem Beete, ext. Dachbegrünung					bedarf nr [m³]	183	→ hohes Potential	
Potent	Potentiale und Möglichkeiten → Entsiegelung Hoffläche → RW-Retention Dachbegrünung → Versickerungsanlage ober/unterirdisch → RW-Speicherung/Nutzung f. Bewässerung									

Das Grundstück des Boutiquehotel Stadthalle in der Hackengasse hat einen hohen Bebauungsgrad mit einer GRZ von 0,75 und einen regenwasserrelevanten Gesamtversiegelungsgrad von fast 70 %. Rund 30 % der Dachflächen sind mit Faserzementplatten und Blech gedeckt und können kein Regenwasser zurückhalten, der Passivhauszubau und die restlichen Dachflächen sind bereits mit extensiven Dachbegrünungen bzw. Kies gedeckt und reduzieren damit den Abfluss der Dachfläche deutlich.

Der Innenhof ist mit zahlreichen Beeten und Gehölzpflanzungen sehr vegetationsreich gestaltet, aufgrund der verfugten Natursteinplatten ist jedoch mehr als die Hälfte versiegelt (58 %). Niederschlagsteilmengen können auf den Beetflächen versickern bzw. durch die üppige Vegetation verdunsten.

Bei Starkniederschlagsereignissen landen gut zwei Drittel (69 %) der Spitzenabflüsse des gesamten Bauplatzes im Kanal. Mehr als die Hälfte (59 %) der mittleren Jahresabflüsse werden im Kanal abgeführt.

Einige Maßnahmen (Dachbegrünungen, Beete) einer integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung sind bereits vorhanden, die jedoch gesamtbetrachtet nur etwa ein Drittel der Niederschläge managen können.

Die verschiedenen Vertikalbegrünungen, Beete und Dachbegrünung benötigen für die Bewässerung einen relativ hohen Wasserbedarf von rund 183 m³ im Jahr. Damit ergibt sich ein hohes Potential der Regenwassernutzung als Gießwasser, welches früher bereits in einer jetzt stillgelegten Anlage erfolgte.

Möglichkeiten für dieses Objekt wären eine Entsiegelung der noch undurchlässigen Hofteilflächen, eine Umgestaltung von Beeten zu bepflanzten Sickermulden (Raingarden), eine unterirdische Sickeranlage, sowie eine Nutzung von Regenwasser für die Bewässerung der Vertikalbegrünungen, Beete und Dachbegrünung.

Potenzielle Maßnahmen und Optimierungsvorschläge

Vor- und Nachteile, sowie eine Bewertung der Eignung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung für das Boutiquehotel Stadthalle in der Hackengasse, Wien.

Tab. 24: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung Boutiquehotel Stadthalle, Hackengasse, siehe auch Anhang B3. Quelle: Eigene Erstellung 2019.

Objekt	3 Boutiqu	eho	otel Stadthalle	Mögliche RWM Maßnahmen
poten	zielle Maßnahme	n	Gestaltung	Vor- und Nachteile
Entsiegelung Hof/Freifläche		Α	Verbundsteinpfl. mit Sickerfugen (statt verfugten Natursteinplatten)	++ Versiegelung Hof 23 % - Spitzenabflussreduz. Bauplatz 12,6 % - Jahresabflussreduz. Bauplatz 13,6 % → erhöhter Aufwand
	Regenwasser Retention		Extensive Dachbegrünung (statt Kiesdeckung, Dachfläche 2, 7)	 Versiegelung Bauplatz 61 % Spitzenabflussreduz. Bauplatz 11,7 % Jahresabflussreduz. Bauplatz 20,8 % → ökologischer Wert, Kleinklima, Gebäudeschutz → erhöhter Aufwand
Versickerung Anlage	oberirdisch	С	Raingarden 6 m² + 18 m² (statt Beete) 7,2 m³	 → Aufnahme 1-jährlicher Starkregen → gute Reinigungsleistung → gute Gestaltungsmöglichkeit → kein Nutzungskonflikt, nur Umgestaltung → sichtbare Imageaufwertung
บลาง unterirdisch		С	Sickerkörper 10 m³ nur Überlauf v. Raingarden	 → Aufnahme bis 30-jährlicher Starkregen → Reinigung durch Raingarden gegeben → kein Nutzungskonflikt → Aufwand für Errichtung
Regenwasser Speicherung/Nutzung		D	Tanks (15 m³) Vertikalbegrünung und Beet- Bewässerung	 → Wassereinsparung ~ 183 m³/Jahr ~ Jahresabflussreduz. Bauplatz ~ 50 % → Nachrüstung Filter

Bei Entsiegelung der Hoffläche (Maßnahme A) kommt aufgrund der Nutzung (Gastgarten Hotelgäste, Zugang) nur eine durchlässige befestigte Oberflächenbefestigung im Bereich der jetzigen verfugten Natursteinplatten in Frage. Ein Umbau mit z.B. Verbundsteinpflaster mit Sickerfugen würde den Hof positiv entsiegeln (Versiegelungsgrad 23 %) und einen Wasser- und Luftaustausch ermöglichen. Die Reduzierung des in den Kanal eingeleiteten Spitzenabflussanteils bei Starkregenereignissen würde rund 13 % betragen. Der Anteil des mittleren Jahresabflusses würde sich um knapp 14 % reduzieren. Dagegen sprechen die Umbaukosten einer neuen Oberflächenbefestigung, die jedoch in Kombination mit anderen Maßnahmen relativiert werden könnten.

Zur **Regenwasserretention** (Maßnahme B) könnten die vorhandenen mit Kies gedeckten Flachdächer anstatt des Kieses mit einer extensiven Dachbegrünung

ausgestattet werden. Dies würde zu einer Reduzierung der Spitzenabflüsse um knapp 13 % führen und die mittleren Jahresabflüsse um fast 21 % verringern. Der gesamt-Versiegelungsgrad des Bauplatzes würde sich geringfügig auf 61 % verringern. Neben dem Niederschlagsrückhalt und der Abflussreduzierung hätten weitere Gründachflächen auch einen ökologischen Wert, tragen positives zum Kleinklima bei und bringen Vorteile im Bereich des Gebäudeschutzes. Ein Nachteil wären die Umbaukosten mit Erschwernis aufgrund der vorhandenen Solarmodule. Bei Anschluss dieser Dachflächen an eine Regenwassernutzungsanlage würde sich der Ertrag durch die Begrünung stark reduzieren und die Wasserqualität beeinflussen.

Eine oberirdische **Versickerungsanlage** (Maßnahme C) wäre mit Rücksicht auf den vorhandenen Baumbestand auf zwei Beeten in Form von zwei **Raingarden** (bepflanzte Sickermulden) möglich. Eine Umgestaltung der vorhandenen Beete würde keinen Nutzungskonflikt auslösen und könnte ansprechend als Raingarden bepflanzt werden. Die rund 24 m² große Gesamtfläche könnte bei einer Einstauhöhe von 30 cm ein Volumen von gut 7 m³ aufnehmen und die gesamten Spitzenabflüsse eines 1-jährlichen Starkregenereignisses mit guter Reinigungsleistung versickern. Die Lage würde sich aufgrund des vorhandenen Gefälles der Hofflächen und der Entwässerungsrinnen anbieten. Ein Überlauf könnte größere Niederschlagsmengen in eine nachgeschaltete unterirdische Sickeranlage leiten.

Die Umbaukosten könnten sich durch eine Imageaufwertung aufgrund eines sichtbaren und erlebbaren Beitrages zu einer integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung relativieren.

Der Einbau eines unterirdischen **Sickerkörpers** (10 m³) mit einer Fläche von 10 m² und 1 m Tiefe könnte eine Versickerung der gesamten Spitzenabflüsse bis zu einem 30-jährlichen Starkregenereignisses ermöglichen. Aufgrund des vorgeschalteten Raingarden mit Aufnahme des ersten Spülstoßes und der meisten Schadstoffe wäre die geringere Reinigungsleistung des unterirdischen Sickerkörpers unproblematisch. Außerdem entsprechen alle Entwässerungsflächen dem Typ F1, weshalb aus Sicht des Grundwasserschutzes It. (ÖWAV 2015) eine Versickerung zulässig ist. Ein Überlauf mit Anschluss an den Kanal würde einen Rückstau bei unerwarteten Ereignissen verhindern und die Überflutungssicherheit erhöhen.

Eine **Regenwasserspeicherung** (Maßnahme D) zur Nutzung als Bewässerung für die Vertikalbegrünungen, Beete und der Dachbegrünung wäre aufgrund des hohen Wasserbedarfs sehr wirkungsvoll. Um den Bedarf decken zu können, müssten die Abflüsse der Dachflächen 1 bis 3 und 6 bis 8 über die zum Teil vorhandene Sammeleinrichtung mit Nachrüstung einer Filteranlage in den Keller geleitet werden,

um dort in z.T. vorhandene Tanks (gesamt Bedarf 15 m³) das Regenwasser zu speichern. Aufgrund des hohen Bedarfs und des großen Speichervolumens würde sich der in den Kanal eingeleitete Anteil mittlerer Jahresabflüsse um bis zu 48 % reduzieren und eine Wassereinsparung von bis zu 183 m³ pro Jahr erfolgen. Ebenso können Rückhalteeffekte bei Starkregenereignissen erwirkt werden, mit denen jedoch nicht gerechnet werden kann. Der Überlauf könnte in den nachgeschalteten Raingarden geleitet werden, um eine Versickerung der weiteren Niederschlagsmengen zu ermöglichen.

Die Nachrüstung mit einer Filterung der Abflüsse würde den Eintrag unterschiedlicher Stoffe in die Tanks verringern und eine bemängelte Geruchsentwicklung der Außenanlagenbewässerung minimieren. Um den Bedarf decken zu können und eine unerwünschte Wasserqualität zu verhindern, wäre von einer zusätzlichen Begrünung der Einzugsflächen in diesem Fall abzuraten.

Es ist mit einem geringen Aufwand für die Nachrüstung der vorhandenen Anlage zu rechnen, aufgrund der momentanen Brunnenwassernutzungsanlage und entsprechender Investitionen wäre jedoch eine Umsetzung zurzeit eher unwahrscheinlich.

Planungsempfehlung

Für das Boutiquehotel Stadthalle in der Hackengasse wird in Abwägung der erreichbaren Ziele, Vorteile und dem erwarteten Errichtungsaufwand aller Möglichkeiten eine Kombination der Maßnahmen A, B, C oder A, C, D empfohlen. Das Zusammenspiel der beschriebenen Maßnahmen könnte ermöglichen, die gesamten Niederschlagsmengen bis zu einem 30-jährlichen Starkregenereignis vor Ort zu versickern und entweder die Abflüsse der Dachflächen durch eine Begrünung stark zu reduzieren oder einen großen Teil für die Bewässerung der Begrünungen nutzbar zu machen. Die teilweise vorhandene Regenwasserspeicheranlage müsste dazu erweitert, nachgerüstet und reaktiviert werden. Dazu müssten Teilmengen des geförderten Brunnenwassers in einen Schluckbrunnen rückgeführt werden und weitere Speicher im Keller installiert werden. Wenn die Tanks voll sind, gelangen die Abflüsse über einen Überlauf in zwei Raingardens und können gemeinsam mit den restlichen Niederschlagsabflüssen bis zu einem 1-jährlichen Starkregenereignisses aufgestaut und versickert werden. Ohne Regenwassernutzungsanlage gelangen die Abflüsse direkt in die Raingardens.

Über einen Überlauf gelangen weitere Abflussmengen in einen unterirdischen Sickerkörper, wo diese bis zu einem 30-jährlichen Starkregenereignis aufgestaut und versickert werden können.

Alle Maßnahmen und Kombinationen können als Imageaufwertung des Hotels positive Effekte erzielen und sichtbare, erlebbare Beispiele zum Thema integrativer naturnaher Regenwasserbewirtschaftung den Hotelgästen und der Öffentlichkeit zugänglich machen.

OBJEKT 4. Amtshaus Margareten

Steckbrief

1050 Wien, Schönbrunner Straße 54

Fertigstellung: Gründerzeithaus

Bebauungsstruktur:

Mehrgeschoßhaus mit Hofbildung

Nutzung: Amtshaus, Museum

Bauplatzgröße: 1505 m²
Dachfläche: 1305 m²
(Faserzement, Blech)
Hof/Freifläche: 200 m²
(Asphalt, Beete, Tröge)

Regenwasserableitung:

Kanaleinläufe

Regenwasserversickerung:

nur auf Beetflächen

Regenwassermaßnahmen: keine

Vertikalbegrünung:

in Pflanztrögen (4,3 m²) mit Rankgerüst

Pflanzen: Blauregen - Wisteria

sinensis, Klettertrompete - Campsis radicans,

Jungfernrebe - Parthenocissus tricuspidata 'veitschii'

Grünflächen: Beete und Tröge im Hof

Bewässerung: Pflanztröge - automatisch gesteuerte

Tropfleitung; Beete und Tröge im Hof - händisch

Beschreibung:

Das dreigeschoßige Amtshaus wurde in der Gründerzeit erbaut und beherbergt das Bezirksamt mit verschiedenen Einrichtungen (Standesamt, Bestattung, ...) und das Bezirksmuseum Margareten. Der Hof dient als Zugang zu einzelnen Einrichtungen und wird außerdem als Aufenthaltsbereich mit Sitzbänken und zum Garteln des Gemüsebeetes und der Tröge genutzt (Abb. 3-18). Die Steildachflächen sind mit Faserzementplatten und Blech gedeckt (Abb. 3-16). Im Innenhof gibt es zwei Beete und drei Tröge, die manuell bewässert werden, die restliche Fläche ist mit Asphalt befestigt und wird mittig über einen Kanaleinlauf entwässert.

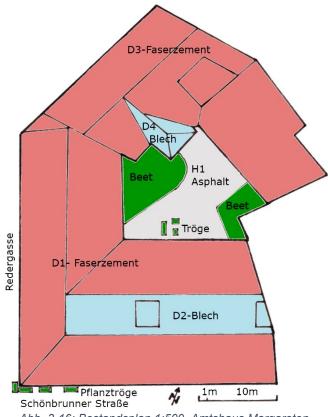


Abb. 3-16: Bestandsplan 1:500, Amtshaus Margareten. Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage (STADT WIEN-VIENNAGIS o. J.)



Abb. 3-17: Pflanztröge mit Kletter-Pflanzen, Amtshaus Margareten. Quelle: (Schiefermair 2019)



Abb. 3-18: Innenhof, Amtshaus Margareten. Quelle: (Schiefermair 2019)

Straßenseitig wurde 2011/2012 eine Fassadenbegrünung mit Kletterpflanzen in vier Pflanztrögen (je 60x180 cm) errichtet (Abb. 3-17). Die Stahltröge haben je ein Substratvolumen von rund einem Kubikmeter und insgesamt eine Oberfläche von 4,3 m². An einer Rankhilfe (Stahlseilkonstruktion) wachsen Blauregen, Klettertrompeten und Jungfernreben die südlich exponierte Fassade empor (Abb. 3-19). Anhand einer automatischen Steueranlage im Keller werden die Pflanztröge durch eine Tropfleitung bewässert.

Quellen: Eigene Aufnahme, Flächengrundlage (STADT WIEN - VIENNAGIS 2019).



Abb. 3-19: Pflanztröge, Amtshaus Margareten. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)

Bestandsauswertung und Potenziale

Ergebnisse der Bestandsanalyse und Bewertung für das Amtshaus Margareten, Wien.

Tab. 25: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung Amtshaus Margareten, siehe auch Anhang B4. Quelle: Eigene Erstellung 2019

Objekt 4	Amtsha	Amtshaus Margareten				latz		GRZ			0,87
Bestandsauswertung und Bewertung						Bauplatz	Ver	siegelu	ng R	w	95 %
Bemessungsniederschlag 1-jährlic 15 mir			_	ährlich 30-jährlich 5 min 15 min n			mittlerer Jahresabflus			ofluss	
Spitzenab	fluss V _{Spitze} [m³]	13,45	26	,33	40,7	8		V _{mittel} [r	n³]		757
Antei	Anteil von in den Kanal eingeleiteten Abflussmengen zu Gesamtniederschlag										
•	itzenabfluss zu niederschlag	95 %						hresabf nlagssu			86 %
		ı									
Durchläss	ige Oberflächen	Beetfl	ächer	n (70 r	n²)			gelungs Freifläch	_	1	63 %
	ahmen RWM	ماما	aa.nk	nande	-		В	ewertun	g (Kla	asse	n)
	rung, Rückhalt, rung, Nutzung	Kein	e vorr	iande	n	<2	25%	25-50%	51-7	75%	>75%
Gebäud	ertikale lebegrünung, e Grünflächen	egrünung, Beete (Gemüse, Sträuche						bedarf or [m³]	35	→ F	Potential
Potentiale und Möglichkeiten					egelung Speicher			e ung f. Be	ewäs	seru	ng

Das Grundstück des Amtshauses Margareten in der Schönbrunner Straße hat einen hohen Bebauungsgrad mit einer GRZ von 0,87 und einen regenwasserrelevanten Gesamtversiegelungsgrad von 95 %. Die mit Faserzementplatten und Blech gedeckten Dachflächen können kein Regenwasser zurückhalten. Nahezu der gesamte Abfluss landet bei Starkniederschlagsereignissen im Kanal, auch der Großteil (86 %) der mittlerer Jahresabflüsse wird im Kanal abgeführt. Nur ein geringer Teil wird aufgrund der Oberflächenbeschaffenheit zurückgehalten.

Der Innenhof ist aufgrund der beiden Beete und Tröge nur mittelmäßig versiegelt (63 %), der größte Flächenanteil ist jedoch mit undurchlässigem Asphalt befestigt. Ansonsten befinden sich am Objekt keine Maßnahmen einer integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung.

Die straßenseitige Wandbegrünung in Pflanztrögen wird mit einer Leitung aus dem Keller automatisch bewässert, die Beete und Trögen im Innenhof werden manuell bewässert. Zusammen benötigen sie einen errechneten Wasserbedarf von rund 35 m³ im Jahr, wodurch ein Potential zur Regenwassernutzung gegeben ist.

Möglichkeiten für dieses Objekt wären eine Entsiegelung der Hoffläche, sowie eine Nutzung von Regenwasser für die Beet-Bewässerung.

Potenzielle Maßnahmen und Optimierungsvorschläge

Vor- und Nachteile, sowie eine Bewertung der Eignung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung für das Amtshaus Margareten, Wien.

Tab. 26: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung Amtshaus Margareten, siehe auch Anhang B4. Quelle: Eigene Erstellung 2019

Objekt	4 Amts	shaus	s Margareten	Mögliche RWM Maßnahmen			
potenzielle Maßnahmen			Gestaltung	Vor- und Nachteile			
Hof/Freifläche A mit (statt			Verbundsteinpflaster mit Sickerfugen (statt Asphaltfläche)	 + Versiegelung Hof 26 % - Spitzenabflussreduz. Bauplatz 5,2 % - Jahresabflussreduz. Bauplatz 6,3 % → Oberflächengestaltung → erhöhter Aufwand 			
kerung age	oberirdisch	-	→ nicht möglich Abstand zu Gebäude/Baumbestand (Nachbar) zu gering				
				ude/Baumbestand (Nachbar) zu gering			
Regenwasser Speicherung/Nutzung		В	Tanks (3 m³) zur Trog- und Beet- Bewässerung	 → Trinkwassereinsparung 35 m³/Jahr - Jahresabflussreduz. Bauplatz 4,6 % → Desinfektion notwendig → erhöhter Aufwand 			

Bei **Entsiegelung** der Hoffläche (Maßnahme A) kommt aufgrund der Nutzung (Zugang, Sitz- und Aufenthaltsbereich) nur eine durchlässige befestigte Oberflächenbefestigung in Frage. Ein Umbau der jetzigen Asphaltfläche mit z.B. Verbundsteinpflaster mit Sickerfugen würde den Hof deutlich entsiegeln (Versiegelungsgrad 26 %) und einen Wasser- und Luftaustausch ermöglichen. Aufgrund des geringen Flächenanteils zur gesamten Grundstücksfläche könnte jedoch nur ein geringer Anteil der gesamten Niederschlagsmengen versickern und somit kaum eine Reduzierung (Spitzenabfluss 5,2 %, mittlerer Jahresabfluss 6,3 %) der in den Kanal eingeleiteten Abflussmengen erwirken.

Dagegen sprechen die Umbaukosten einer neuen Oberflächenbefestigung, die jedoch mit einer ansprechenderen Oberflächengestaltung des Aufenthaltsbereiches relativiert werden könnten.

Eine **Versickerungsanlage** ist weder oberirdisch noch unterirdisch möglich, da kein ausreichender Abstand zum Gebäude/Keller und dem Altbaum am Nachbargrundstück gegeben wäre.

Eine **Regenwasserspeicherung** (Maßnahme B) zur Nutzung als Bewässerung für die Pflanztröge der Vertikalbegrünung und der Beete und Tröge im Innenhof wäre aufgrund des Wasserbedarfs wirkungsvoll. Die Abflüsse der halben Dachfläche 1 (Steildach mit Faserzementplatten) könnten mit vorgeschaltetem Filter in Keller-

Tanks (gesamt 3 m³) geleitet und dort gespeichert werden. Ein Überlauf mit Anschluss an den Kanal würde größere Mengen ableiten. Aufgrund der großen Dachflächen würde sich der in den Kanal eingeleitete Anteil mittlerer Jahresabflüsse nur um knapp 5 % reduzieren. Dabei könnte aber eine Trinkwassereinsparung von bis zu 35 m³ pro Jahr erfolgen.

Wenn eine Beregnung des Gemüsebeetes erfolgt, ist eine Desinfektion des gesammelten Regenwassers vorzusehen, um eine sichere mikrobiologische Wasserqualität zu erreichen. Es ist mit einem erhöhten Aufwand für die Errichtung und den Betrieb mit benötigtem Pumpwerk zu rechnen, der sich jedoch mit der Trinkwassereinsparung und einem Imagegewinn durch eine nachhaltige Nutzung von Regenwasser relativieren kann.

Planungsempfehlung

Für das Objekt Amtshaus Margareten in der Schönbrunner Straße wird in Abwägung der erreichbaren Ziele, Vorteile und dem erwarteten Errichtungsaufwand aller Möglichkeiten die **Maßnahmen A und B** empfohlen. Durch eine Entsiegelung der Asphaltflächen im Hof werden Abflüsse reduziert, Wasser- und Luftaustausch erhöht und eine ansprechendere Oberflächengestaltung ermöglicht. Mit der Nutzung der Dachabflüsse für die Bewässerung kann der Abfluss reduziert und Trinkwasser eingespart werden. Außerdem entsteht ein Imagegewinn aufgrund einer nachhaltigen Bewässerung durch die Nutzung von Regenwasser.

OBJEKT 5. WUK

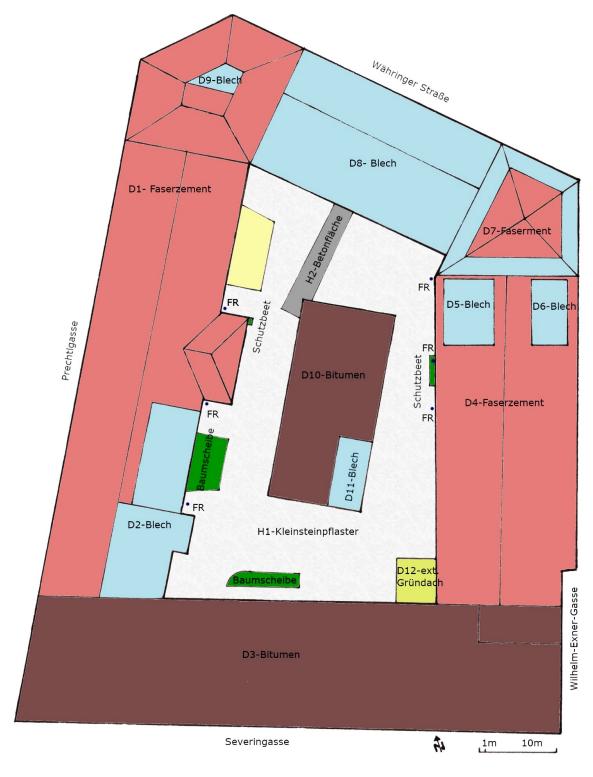


Abb. 3-20: Bestandsplan 1:500, WUK. Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage (STADT WIEN-VIENNAGIS o. J.)

Steckbrief

1090 Wien, Währingerstraße 59

Fertigstellung: 1855

Nutzung durch Verein "WUK" seit 1981 **Bebauungsstruktur:** Vierkantgebäude mit

Hofhaus

Nutzung: Soziokulturelles Zentrum (Werkstätten, Kulturhaus, Bildung, Beratung), Lokal, Zufahrt

Bauplatzgröße: 5220 m²

Dachfläche: 4130 m² (Faserzement, Bitumen,

Blech, extensive Begrünung)

Hof/Freifläche: 1090 m² (Kleinsteinpflaster

Kiesfugen, Betonfläche)

Regenwasserableitung: Kanaleinläufe Regenwasserversickerung: Hoffläche

durchlässig

Regenwassermaßnahmen: Dachbegrünung

Vordach

Vertikalbegrünung: bodengebundene

Selbstklimmer

Pflanzen: Jungfernrebe - Parthenocissus

tricuspidata 'Veitschii'

Grünflächen: Baumscheiben/Kies und Beete

(43 m²), Sandfläche (40 m²), Pflanzkübel/Töpfe (7 m²)

Bewässerung: händisch (nur Pflanzkübel/Töpfe)

Beschreibung:

Das zwei- bis fünfgeschossige Vierkantgebäude mit Hofhaus wurde ursprünglich als Lokomotivund Maschinenfabrik erbaut. Seit 1981 wird es durch den WUK Verein zur Schaffung offener Kultur- und Werkstättenhäuser als soziokulturelles Zentrum mit zahlreichen Einrichtungen (Ateliers,



Abb. 3-21: Fassadenbegrünung, WUK. Quelle: (Schiefermair 2019)



Abb. 3-22:Pflanzkübel und Baumscheiben, WUK. Quelle: (Schiefermair 2019)



Abb. 3-23: Kleinsteinpflaster mit Entwässerungsrinne, WUK. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)

Werkstätten, Bühnen, Kindergruppen/Hort/Schule, weitere diverse Bildungs- und Beratungsstellen) für Veranstaltungen und als Lokal genutzt. Die Erschließung der Gebäude erfolgt über den Innenhof, außerdem wird dieser als Aufenthaltsbereich mit Sitz- und Spielmöglichkeiten intensiv genutzt und dient als Zulieferungsweg für PKW (Abb. 3-21).

Die Steildächer sind mehrheitlich mit Faserzementplatten und Teilflächen mit Blech gedeckt. Das Süd-Gebäude und das Hofhaus im Innenhof sind als Flachdach ausgebildet und mit Bitumenbahnen, sowie eine Teilfläche mit Blech gedeckt (Abb. 3-20).

Die Entwässerung der Dachflächen erfolgt über Fallrohre in den Kanal. Ein nachträglich errichtetes kleinflächiges Vordach ist extensiv begrünt.

Das Flachdach des Innenhofhauses wurde probeweise mit Pflanztrögen- und Kübel begrünt, was sich aufgrund der exponierten Lage mit hohen Temperaturen im Sommer als schwierig (händische Bewässerung) herausstellte.

Die Hoffläche ist bis auf eine kleine Betonfläche mit Kleinsteinpflaster und durchlässigen Kiesfugen befestigt 3-23). Ansonsten befinden sich (Abb. offene Baumscheiben (Abb. 3-24) teils mit Kiesdeckung, eine Sandspielfläche, kleine Schutzbeete und zahlreiche Pflanzkübel/Töpfe im Innenhof (Abb. 3-22). Niederschläge im Hofbereich, die nicht versickern, werden über Entwässerungsrinnen in den Kanal geleitet. Sechs Jungfernreben wachsen im Innenhof an der Süd-, West- und Ostwand des Vierkantgebäudes, sowie an der Nord-, Ost- und Westwand des Hofhauses bis zum Dach hinauf. Die über 100 Jahre alten Selbstklimmer sind tief verwurzelt und werden auch im Sommer nicht bewässert. Zum Schutz der Triebe im Sockelbereich, wurden nachträglich Schutzbeete errichtet (Abb. 3-25). Die weitere Begrünung in zahlreichen Pflanzkübel- und Töpfen wird im Sommer bei Bedarf täglich händisch bewässert. Ein alter nicht genutzter Brunnenschacht befindet sich am Grundstück. Eine Regenwassernutzung wurde bisher aufgrund nicht verfügbarer Investitionsmittel für Zisternen bzw. aus Sicherheitsbedenken (Kindergruppen) bei oberirdischen Regentonnen nicht angedacht.



Abb. 3-24: Baumbestand, WUK. Quelle: (Schiefermair 2019)



Abb. 3-25: Beet als Schutz für Jungfernrebe, WUK. Quelle: (Schiefermair 2019)

Quellen: Eigene Aufnahme, mündliches Fachgespräch mit Ansprechperson, Flächengrundlagen (STADT WIEN - VIENNAGIS 2019).

Bestandsauswertung und Potenziale

Ergebnisse der Bestandsanalyse und Bewertung für das WUK in der Währinger Straße, Wien.

Tab. 27: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung WUK, siehe auch Anhang B5. Quelle: Eigene Erstellung 2019.

Objekt 5		WUK				GRZ		0,79	
Bestandsauswertung und Bewertung				Bauplatz	Versiegelu	ng RW	93 %		
Romoselinasnioaorechiaa			5-jährlich 15 min	30-jähr 15 m		mittlerer .	Jahresa	esabfluss	
Spitzenab	fluss V _{Spitze} [m³]	45,42	88,91	137,7	71	V _{mittel} [r	n³]	2612	
Antei	il von in den Kan	al eingelei	teten Abflu	ussmenç	gen z	zu Gesamtni	edersch	nlag	
	itzenabfluss zu tniederschlag	93 %				er Jahresabf erschlagssu		83 %	
Durchläss	ige Oberflächen	Baumsch	Kleinsteinpflaster Kiesfuge, Baumscheiben, Sand- und Beetflächen			ersiegelungs Hof/Freifläcl	_	65 %	
Versicke	ahmen RWM rung, Rückhalt, erung, Nutzung		lächige ext rünung (Vo		<2	Bewertun 25% <mark>25-50%</mark>	1	,	
Gebäud	ertikale debegrünung, e Grünflächen	bodengebunden, Baumscheiben, Schutzbeete, Pflanzkübel/Töpfe			_	sserbedarf o Jahr [m³]	2,4	→ sehr gering	
Potentiale und Möglichkeiten → weitere Entsiegelung Hoffläche → RW-Retention Dachbegrünung → Versickerungsanlage unterirdisch → RW-Speicherung/Nutzung f. Bewässerung							ng		

Das Grundstück des WUK in der Währinger Straße hat einen hohen Bebauungsgrad mit einer GRZ von 0,79 und einen regenwasserrelevanten Gesamtversiegelungsgrad von 93 %. Der Großteil der Dachflächen ist mit Faserzementplatten und Blech gedeckt, wodurch kaum ein Niederschlagabfluss zurückgehalten wird. Nur ein Vordach ist extensiv begrünt und hält Niederschlagsmengen zurück.

Die befestigten Innenhofflächen sind bis auf einen kleineren Betonweg mit teildurchlässigem Kleinsteinpflaster (Kiesfuge) mittelmäßig versiegelt (65 %). Niederschlagsteilmengen können somit fast auf der gesamten Freifläche im Hof versickern. Auf der Sandfläche, den Baumscheiben und Schutzbeeten kann der Niederschlag versickern und durch Gehölze verdunsten.

Aufgrund der großen Dachflächenanteile und nur teildurchlässigen Oberflächenbefestigung im Hof landen bei Starkniederschlagsereignissen 92 % der Spitzenabflüsse des gesamten Bauplatzes im Kanal. Auch der Großteil (83 %) der mittleren Jahresabflüsse werden im Kanal abgeführt.

Einzelne Maßnahmen (durchlässige Oberflächenbefestigung, extensive Dachbegrünung) einer integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung sind bereits vorhanden, die jedoch gesamtbetrachtet nur geringe Auswirkungen haben.

Die Gehölzpflanzungen (Bäume und Vertikalbegrünung) sind alle bodengebunden und werden nie bewässert, nur zahlreiche Pflanzkübel und Töpfe werden manuell gegossen und benötigen einen errechneten Wasserbedarf von rund 2,4 m³ im Jahr.

Möglichkeiten für dieses Objekt wären eine weitere Entsiegelung der teildurchlässigen Hofteilflächen, eine Begrünung der mit Bitumen gedeckten Flachdächer, eine unterirdische Sickeranlage sowie eine Nutzung von Regenwasser für die Bewässerung.

Potenzielle Maßnahmen und Optimierungsvorschläge

Vor- und Nachteile, sowie eine Bewertung der Eignung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung für das WUK in der Währinger Straße, Wien.

Tab. 28: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung WUK, siehe auch Anhang B5. Quelle: Eigene Erstellung 2019.

Objekt	5	١	WUK	Mögliche RWM Maßnahmen		
poten	zielle Maßnahme	n	Gestaltung	Vor- und Nachteile		
	Entsiegelung Hof/Freifläche				mit Sickerfugen (statt Steinpflaster	+ Versiegelung Hof 37 % - Spitzenabflussreduz. Bauplatz 6,5 % - Jahresabflussreduz. Bauplatz 8,4 % → erhöhter Aufwand
Retention B (Da			Intensive Dachbegrünung (Dachfläche 3, 10 Flachdach Bitumen)	 Versiegelung Bauplatz 71 % Spitzenabflussreduz. Bauplatz 22,9 % Jahresabflussreduz. Bauplatz 25,6 % → Aufenthaltsqualität → ökologischer Wert, Kleinklima, Gebäudeschutz → erhöhter Aufwand, erforderliche Statik 		
erung ge	oberirdisch		nicht möglich Abstand zu Gebäude/l Nutzungskonflikt Freifl	Baumbestand zu gering äche		
Versicke Anla	Versickerung Anlage unterirdisch		3 Sickerschächte je Ø 250 cm, h 3,5 - 4,5 m gesamt 58 m³	 → Aufnahme bis 5-jährlicher Starkregen → kein Nutzungskonflikt → keine Oberbodenreinigung gegeben → Aufwand für Errichtung 		
Regenwasser Speicherung/Nutzung		D	Zisternen (40 m³) für Bewässerung Pflanzkübel/Töpfe, Dachbegrünung (inkl. Maßnahme B)	 → Trinkwassereinsparung ~ 479 m³/Jahr - Jahresabflussreduz. Bauplatz ~ 25 % → Umnutzung ehem. Brunnen → Aufwand für Errichtung und Betrieb 		

Bei **Entsiegelung** der Hoffläche (Maßnahme A) kommt aufgrund der Nutzung (Zugang, Aufenthaltsbereich, Zulieferungsweg für PKW) nur eine durchlässige befestigte Oberflächenbefestigung im Bereich der jetzigen Kleinsteinpflaster und Betonfläche in Frage. Ein Umbau mit z.B. Verbundsteinpflaster mit Sickerfugen würde den Hof weiter entsiegeln (Versiegelungsgrad 37 %) und einen Wasser- und Luftaustausch ermöglichen. Die Reduzierung der in den Kanal eingeleiteten Niederschlagsabflüsse würde sich jedoch auf das gesamte Objekt nur gering auswirken (Starkregenereignisse 6,5 % und mittlerer Jahresabfluss 8,4 %).

Dagegen sprechen die Umbaukosten einer neuen Oberflächenbefestigung, die jedoch in Kombination mit anderen Maßnahmen relativiert werden könnten.

Zur Regenwasserretention (Maßnahme B) könnten die großflächigen mit Bitumenbahnen gedeckten Flachdächer mit einer intensiven Dachbegrünung ausgestattet werden. Dies würde zu einer Reduzierung der Spitzenabflüsse um fast 23 % führen und die mittleren Jahresabflüsse um gut 25 % verringern. Der Gesamtversiegelungsgrad des Bauplatzes würde sich dabei von 93 % auf 71 % verringern. Neben dem Niederschlagsrückhalt und der Abflussreduzierung hätten weitere Gründachflächen auch einen ökologischen Wert, tragen Positives zum Kleinklima bei und bringen Vorteile im Bereich des Gebäudeschutzes. Bei entsprechender Gestaltung und Öffnung der Dachflächen für die Nutzerlnnen würde der begrenzte Freiraum enorm erweitert, die Aufenthaltsqualität gesteigert und ein Nutzungsdruck im Hof abgeschwächt werden. Die vorhandene Statik des Gebäudes wäre jedenfalls zu prüfen, um die zusätzlichen Lasten abtragen zu können. Ein Nachteil wären die Errichtungskosten, sowie der erforderliche Aufwand einer dauerhaften Bewässerung, die jedoch in Kombination mit anderen Maßnahmen Synergien haben könnten.

Eine oberirdische **Versickerungsanlage** wäre aufgrund der geringen Abstände zu den Gebäuden und der Gehölze nur kleinflächig möglich und wegen des hohen Nutzungsdrucks der Freiflächen nicht zielführend.

Der Einbau von unterirdischen **Sickerschächten** (Maßnahme C) wäre unter Berücksichtigung der erforderlichen Abstände zu Gebäuden, Gehölzen und zueinander an drei Standorten mit einem Durchmesser von jeweils 250 cm und einer Einstauhöhe zwischen 3,5 m und 4,5 m möglich. Mit einem Volumen von insgesamt knapp 59 m³ könnten mit Dachbegrünungsmaßnahmen (Maßnahme B) die Spitzenabflüsse bis zu einem 5-jährlichen Starkregenereignisses versickert werden. Aufgrund der fehlenden Reinigungswirkung bewachsener Oberbodenschichten wäre eine Ableitung mit einem Abscheider des ersten Spülstoßes (first-flush) und der höchsten Schadstoffkonzentrationen in den Kanal vorzuschalten. Da alle Entwässerungsflächen dem Typ F1 bzw. F2 entsprechen, wäre aus Sicht des Grundwasserschutzes It. (ÖWAV 2015) eine Versickerung zulässig. Ein Überlauf mit Anschluss an den Kanal würde weitere Niederschlagsmengen in den Kanal ableiten.

Eine **Regenwasserspeicherung** (Maßnahme D) zur Nutzung als Bewässerung für die Pflanzkübel und Töpfe wäre aufgrund des geringen Wasserbedarfs (2,4 m³/Jahr) nicht sehr wirkungsvoll. In Kombination mit einer intensiven Dachbegrünung (Maßnahme B) würde der Bedarf jedoch auf insgesamt knapp 480 m³ pro Jahr beachtlich steigen. Um diesen Bedarf decken zu können, müssten die Abflüsse der Dachflächen 2, 5, 7 und der halben Dachfläche 4 über die vorhandenen Fallrohre geleitet und in Zisternen (40 m³) gespeichert werden.

Aufgrund des hohen Bedarfs und des großen Speichervolumens würde sich der in den Kanal eingeleitete Anteil mittlerer Jahresabflüsse um bis zu knapp 25 % reduzieren. Ebenso können Rückhalteeffekte aufgrund des hohen Bedarfs und des großen Speichervolumens bei Starkregenereignissen erwirkt werden, mit denen jedoch nicht gerechnet werden kann. Der Überlauf könnte in die nachgeschalteten Sickerschächte geleitet werden, um eine Versickerung der weiteren Niederschlagsmengen zu ermöglichen.

Es könnte der ungenutzte und stillgelegte Brunnenschacht zu einem großen Speicher umgebaut werden, um erforderliche Errichtungsaufwände und Kosten zu reduzieren.

Planungsempfehlung

Für das WUK in der Währinger Straße wird in Abwägung der erreichbaren Ziele, Vorteile und dem erwarteten Errichtungsaufwand aller Möglichkeiten eine Kombination der Maßnahmen A, B, C und D empfohlen. Das Zusammenspiel der beschriebenen Maßnahmen könnte ermöglichen, die gesamten Niederschlagsmengen bis zu einem 5-jährlichen Starkregenereignis vor Ort zu versickern. Die Abflüsse der Dachflächen können durch eine Begrünung deutlich reduziert werden und knapp ein Viertel der verbleibenden Mengen für die Bewässerung der Begrünungen nutzbar gemacht werden. Bei Öffnung der begrünten Dachflächen entsteht ein zusätzlicher großflächiger Freiraum für die NutzerInnen des WUK.

Voraussetzung ist die Tragfähigkeit der Gebäude für einen intensiven Dachaufbau, die Eignung des ungenutzten Brunnenschachtes für einen Umbau zum Regenwasserspeicher und der störungsfreie unterirdische Einbau der Sickerschächte. Alle Maßnahmen und Kombinationen können als Vorzeigeprojekt und Imageaufwertung des Kulturvereins und der Stadt Wien positive Effekte erzielen und Beispiele zum Thema integrativer naturnaher Regenwasserbewirtschaftung der Öffentlichkeit näherbringen.

OBJEKT 6. Hängende Gärten

Steckbrief

1050 Wien, Wiedner Hauptstraße 135/137,

Schußwallgasse 4

Fertigstellung: 2003

Bebauungsstruktur: Mehrgeschoßhaus

Nutzung: Geschäft, Wohnen **Bauplatzgröße:** 1200 m²

Dachfläche: 510 m² (Kies, Kunststoff)

Freifläche/Dachterrasse: 690 m² (intensive

Begrünung, Beton, Betonplatten/Kies)

Regenwasserableitung: Kanaleinläufe Regenwasserversickerung: keine

Regenwassermaßnahmen: intensive

Dachbegrünung

Vertikalbegrünung: in Pflanztrögen (83,6 m²)

mit Rankgerüst

Pflanzen: Blauregen - *Wisteria sinensis*, Jungfernrebe - *Parthenocissus tricuspidata* 'veitschii', Selbstkletternde Jungfernrebe -*Parthenocissus quinquefolia*, Efeu – *Hedera helix*,

Grünflächen: nur intensive Dachbegrünung ohne Bodenanschluss mit Rasen und Gehölzen

Bewässerung: automatisch gesteuerte

Tropfleitung

Beschreibung:

Das 2003 fertiggestellte Wohngebäude mit Geschäften im Erdgeschoß liegt an der Ecke Wiedner Hauptstraße und Schußwallgasse mit

Wiedner Hauptstraße Pflanztröge **D3** Beton/Kies D1 Kies Iplatten Begrünung Well Kunststoff intensive D6 Beton Schusswallgasse Beton/Kies 60 07 Beton/Kies D2 Kies 94 05 1,m 10m

Abb. 3-26: Bestandsplan 1:500, Hängende Gärten. Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage (STADT WIEN - VIENNAGIS o. J.)



Abb. 3-27: Hängende Gärten Ecke Wiedner Hauptstr./Schußwallgasse. Quelle: (Schiefermair 2019)

Eingängen an beiden Seiten. Das Gebäude erstreckt sich über den gesamten Bauplatz und ist zwischen fünf und zwölf Geschoße hoch (Abb. 3-27). Ein offener Laubengang mit Stiegenaufgängen und Freiflächen erstreckt sich entlang der Schußwallgasse (Abb. 3-29).

Der Großteil der flach geneigten Dächer ist mit Kies gedeckt und der Laubengang teilweise mit Kunststoff Wellplatten überdacht (Abb. 3-26). Es befinden sich mehrere teils nur privat nutzbare Freiflächen auf dem Gebäude (Dachterrassen), die zum Teil intensiv begrünt und mit Rasen, Stauden und Gehölzen bepflanzt sind. Weitere Freiflächen sind als Terrassen mit Betonplatten und Kies ausgebildet.

An der Außenseite des Laubengangs entlang der Schußwallgasse ist eine Vertikalbegrünung in Form von 32 in das Gebäude integrierten Pflanztrögen aus Beton (60x320 cm und 60x170 cm) aufgebaut. An der Fassade entlang der Wiedner Hauptstraße sind insgesamt 32 zum Teil in das Gebäude integrierte und zum Teil mit selbsttragender Stahlkonstruktion (Abb. 3-28) vorgesetzte Pflanztröge aus Beton (60x 260 cm und 60x170 cm) errichtet, die sich auch über das angrenzende Gebäude entlang erstrecken. Die 64 Pflanztröge sind meist umfangreich mit verschiedenen Kletterpflanzen und Gehölzen bepflanzt und reichen bis zum sechsten Geschoß empor. Unter anderen wachsen Blauregen, verschiedene Jungfernreben, und Efeu je nach Art selbstkletternd, hängend oder an Kletterhilfen am Gebäude und schaffen bereichsweise einen sehr üppigen Pflanzenvorhang.

Tröpfchenbewässerung einer werden die Pflanztröge zwischen April und November zwei Mal täglich automatisch je nach Stockwerk ca. 20 bis 28 Nachträglich Minuten bewässert. Funkregensensor an der Fassade angebracht worden und mit dem Steuercomputer verbunden. Aufgrund von schadhafte Verkalkung mussten bereits getauscht werden. Zwei bis dreimal pro Saison wird händisch ein Dünger direkt in das Substrat eingebracht. Die Entwässerung der Pflanztröge erfolgt über sichtbare Fallrohre mit Anschluss an den Kanal.

Quellen: Eigene Aufnahme, mündliches Fachgespräch mit Ansprechperson, Flächengrundlagen (STADT WIEN - VIENNAGIS 2019).



Abb. 3-29: Laubengang mit integrierten Pflanztrögen, Schußwallgasse. Quelle: (Schiefermair 2019)



Abb. 3-28: Pflanztröge und vorgehängtes Stahlgerüst mit Kletterhilfe, Wiedner Hauptstr. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)

Bestandsauswertung und Potenziale

Ergebnisse der Bestandsanalyse und Bewertung für das Objekt "Hängende Gärten" an der Wiedner Hauptstraße/Schußwallgasse, Wien.

Tab. 29: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung Hängende Gärten, siehe auch Anhang B6. Quelle: Eigene Erstellung 2019.

Objekt 6	Häng	Hängende Gärten						1,0	
Bestandsauswertung und Bewertung					Bauplatz	Versiegel RW	ung	72 %	
Bemessungsniederschlag 1-jährlic 15 min			5-jährlich 15 min	30-jähr 15 m		mittlerer .	lerer Jahresabfluss		
Spitzenab	fluss V _{Spitze} [m³]	8,16	15,97	24,7	4	V _{mittel} [m	1 ³]	474	
Antei	Anteil von in den Kanal eingeleiteten Abflussmengen zu Gesamtniederschlag								
•	itzenabfluss zu tniederschlag	72 %	2 44			· Jahresabflı rschlagssun		67 %	
Durchlässige Oberflächen kein E			odenansch	denanschluss Versiegelungsgrad Freiflächen (Dach)				62 %	
Versicke	ahmen RWM rung, Rückhalt, rung, Nutzung	intensive	Dachbegr	Bewertung (Kl				_	
Vertikale in Pflanztrögen, Gebäudebegrünung, intensive Dachbegrü sonstige Grünflächen (Rasen, Gehölze			ünung		sserbedarf Jahr [m³]	326	→ hohes Potential		
Potentiale und Möglichkeiten						nbegrünung a utzung f. Bev			

Objekts Der Bauplatz des "Hängende Gärten" an der Wiedner Hauptstraße/Schußwallgasse ist gänzlich bebaut und hat damit einen Bebauungsgrad mit einer GRZ von 1,0. Der regenwasserrelevante Gesamtversiegelungsgrad von 72 % ist jedoch aufgrund von Dachbegrünungen herabgesetzt. Ein großer Teil der flachgeneigten Dachflächen ist mit Kies gedeckt, wodurch geringe Niederschlagsmengen zurückgehalten werden. Auf dem teilweise mit Kunststoff-Wellplatten überdachten Betonlaubengang wird kein Niederschlag zurückgehalten und in den Kanal abgeleitet.

Ein großer Teil der Freiflächen auf dem Gebäude ist intensiv begrünt und hält Niederschlagsmengen zurück bzw. ermöglicht eine Verdunstung durch die Vegetation (Rasen, Sträucher, Gehölze).

Aufgrund der vollflächigen Bebauung, jedoch teilweise begrünten Dachflächen landen bei Starkniederschlagsereignissen 72 % der Spitzenabflüsse des gesamten Bauplatzes im Kanal. Rund zwei Drittel (67 %) der mittleren Jahresabflüsse werden im Kanal abgeführt.

Eine Maßnahme (intensive Dachbegrünung) einer integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung ist bereits vorhanden, die jedoch aufgrund der vollflächigen Bebauung gesamtbetrachtet nur mäßig Auswirkung hat.

Die Vertikalbegrünung in zahlreichen Pflanztrögen wird über eine automatisch gesteuerte Tröpfchenbewässerung versorgt und benötigt gemeinsam mit einer Bewässerung der intensiven Dachbegrünungen (Rasen, Sträucher) einen errechneten Wasserbedarf von rund 326 m³ im Jahr.

Möglichkeiten für dieses Objekt wären eine weitere Begrünung der kiesgedeckten Flachdächer, sowie die Sammlung und Nutzung von Regenwasser für die Bewässerung.

Potenzielle Maßnahmen und Optimierungsvorschläge

Vor- und Nachteile, sowie eine Bewertung der Eignung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung für das Objekt "Hängende Gärten" an der Wiedner Hauptstraße/Schußwallgasse, Wien.

Tab. 30: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung Hängende Gärten, siehe auch Anhang B6. Quelle: Eigene Erstellung 2019.

Objekt 6	Hängende Gärten			Mögliche RWM Maßnahmen
potenzielle Maßnahmer			Gestaltung	Vor- und Nachteile
	Regenwasser Retention		extensive Dachbegrünung (Dachfläche 1,2 Flachdach Kies)	 ~ Versiegelung Bauplatz 61 % - Spitzenabflussreduz. Bauplatz 16,1 % ~ Jahresabflussreduz. Bauplatz 26,1 % → ökologischer Wert, Kleinklima, Gebäudeschutz
Versicker oberi	egelung, ungsanlage irdisch/ rirdisch	-	nicht möglich → vollflächige Bebar → keine Freifläche n	uung, nit Bodenanschluss gegeben
Regenwasser Speicherung/Nutzung		В	Tanks (~27 m³) für Bewässerung Pflanztröge, Dachbegrünung	 → Trinkwassereinsparung ~ 326 m³/Jahr + Jahresabflussreduz. Bauplatz ~ 70 % → Platzbedarf Speichertanks → Aufwand für Errichtung

Zur **Regenwasserretention** (Maßnahme A) könnten die unzugänglichen mit Kies gedeckten Flachdächer mit einer extensiven Dachbegrünung ausgestattet werden. Dies würde zu einer Reduzierung der Spitzenabflüsse um rund 16 % führen und die mittleren Jahresabflüsse um 26 % verringern. Der Gesamtversiegelungsgrad des Bauplatzes würde sich dabei von 72 % auf 61 % verringern. Neben dem Niederschlagsrückhalt und der Abflussreduzierung hätten weitere Gründachflächen auch einen ökologischen Wert, tragen Positives zum Kleinklima bei und bringen Vorteile im Bereich des Gebäudeschutzes und der Temperaturregulierung.

Eine oberirdische oder unterirische **Versickerungsanlage** ist aufgrund der vollflächigen Bebauung und fehlendem Bodenschluss von Freiflächen nicht möglich.

Eine **Regenwasserspeicherung** (Maßnahme B) zur Nutzung als Bewässerung für die Pflanztröge und intensiven Dachbegrünungsflächen wäre aufgrund des hohen Wasserbedarfs (326 m³/Jahr) sehr wirkungsvoll. Um diesen Bedarf decken zu können, müssten die Abflüsse aller Dachflächen (1-7), ausgenommen der intensiv begrünten Flächen, gesammelt und mit vorgeschaltetem Filter in Tanks (~27 m³) geleitet und gespeichert werden.

Aufgrund des hohen Bedarfs und des großen Speichervolumens würde sich der in den Kanal eingeleitete Anteil mittlerer Jahresabflüsse um bis zu knapp 70 % reduzieren. Ebenso können Rückhalteeffekte aufgrund des hohen Bedarfs und des großen Speichervolumens bei Starkregenereignissen erwirkt werden, mit denen jedoch nicht gerechnet werden kann.

Der Überlauf müsste an den Kanal angeschlossen werden, um bei vollen Speichern weitere Niederschlagsmengen abzuführen.

Die Tanks könnten auf ungenutzten Flächen im Keller bzw. in der Tiefgarage aufgestellt werden und mit einem Pumpwerk an die vorhandene Bewässerungsanlage angeschlossen werden. Der erforderliche Errichtungsaufwand könnte mit den erzielbaren Effekten relativiert werden.

Planungsempfehlung

Für das Objekt "Hängende Gärten" an der Wiedner Hauptstraße/Schußwallgasse wird in Abwägung der erreichbaren Ziele, Vorteile und dem erwarteten Errichtungsaufwand aller Möglichkeiten eine Kombination der **Maßnahmen A** und **B** empfohlen. Das Zusammenspiel der beschriebenen Maßnahmen könnte ermöglichen, die gesamten Abflüsse durch weitere Dachbegrünungen zu reduzieren bzw. Regenwasser nutzbar zu machen und über Verdunstung der begrünten Flächen und Pflanzen dem natürlichen Wasserkreislauf wieder zuzuführen. Dabei kann ein großer Teil des Trinkwasserverbrauches für die Bewässerung eingespart werden.

Voraussetzung ist die Platzverfügbarkeit für das Aufstellen der Speichertanks und des erforderlichen Pumpwerks.

OBJEKT 7. Wohn- u. Praxishaus Apollogasse/Schottenfeldgasse

Steckbrief

1070 Wien, Apollogasse 5, Schottenfeldgasse 15

Fertigstellung: Kernsanierung 2013

Bebauungsstruktur:Mehrgeschoßhaus

Nutzung: Praxis, Wohnen Bauplatzgröße: 1160 m² Dachfläche: 920 m² (Blech,

Betonplatten/Kies)

Hoffläche: 240 m² (Rasen,

Betonplatten/Kies)

Regenwasserableitung:

Entwässerungsrinnen, Kanaleinläufe

Regenwasserversickerung: keine

Regenwassermaßnahmen: intensive Begrünung

Hofflächen (über Tiefgarage)

Vertikalbegrünung: wandgebundene Module (42,8 m²), in Pflanztrögen (2,2 m²) mit Rankgerüst

Pflanzen: Purpurglöckchen - Heuchera,

Storchschnabel - Geranium, Berg-Waldrebe -

Clematis montana

Grünflächen: Rasen (110 m²) über Tiefgarage **Bewässerung:** Kassettensystem – automatisch gesteuerte Tropfleitung; Pflanztröge – händisch

D1-Betonplatten/Kies D4-Blech D7-Betonplatten/Kies H1-Betonplatten Rasen (intens.Begrünung) Apollogasse D1-Betonplatten/Kies H2-Bet./Kies H1-Betonplatten Im 10m

Abb. 3-30: Bestandsplan 1:500, Apollog./Schottenfeldg. Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage (STADT WIEN - VIENNAGIS o. J.)



Abb. 3-31: Fassadenbegrünung, Apollogasse/Schottenfeldgasse. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)

Beschreibung:

Das siebengeschoßige Wohnhaus mit Praxen im **Erdgeschoß** liegt an der Ecke Apollogasse/Schottenfeldgasse im 7. Wiener Gemeindebezirk. Das Gebäude wurde 2013 kernsaniert und straßenseitig eine modulare wandgebundene Fassadenbegrünung angebracht Abb. 3-31).

Die Steildachflächen sind mit Blech gedeckt, ein Großteil des Flachdaches ist als begehbare Dachterrasse mit Betonplatten und Kies ausgebildet (Abb. 3-30). Weitere Flachdachflächen sind zum Teil als private Terrassen nutzbar.



Abb. 3-32: Terrassen und Hof mit Garten, Apollog./Schottenfeldgasse. Quelle: (Schiefermair 2019)

Der Innenhof ist über einer Tiefgarage angelegt und dient als Verbindungsweg zwischen den zwei Eingängen und Stiegen. Teilflächen sind als private Terrassen und Gärten abgegrenzt (Abb. 3-32), entlang des Verbindungsweges ist eine Rasenfläche mit drei Kleinbäumen und Sträuchern bepflanzt (Abb. 3-33). Die Entwässerung erfolgt über Entwässerungsrinnen und Einläufe in den Kanal.

An der nördlich ausgerichteten Wand im Innenhof stehen vier Pflanztröge (je 55x100 cm) in denen verschiedene Waldreben-Arten auf einer Kletterhilfe die Fassade emporwachsen (Abb. 3-34). Bei Bedarf werden die Pflanztröge händisch bewässert.

Straßenseitig sind insgesamt 21 unterschiedlich große wandgebundene Pflanzmodule (Kassettensystem) (90x150, 90x350, 90x500 cm) zwischen dem zweiten und sechsten Geschoß verteilt, in denen unter anderem Purpurglöckchen und Storchschnabel wachsen (Abb. 3-35). An der nördlich exponierten Fassade, entlang der Apollogasse, befinden sich zehn Module, sowie 11 weitere an der östlich exponierten Fassade entlang der Schottenfeldgasse.

Anhand einer automatisch gesteuerten Bewässerungsanlage im Keller werden die Module über vier Steigleitungen und Tropfschläuche ein bis viermal täglich (je 15 Minuten) bewässert. Die Frequenz wird nach einem Kontrollgang (rund alle zwei Wochen) bei Bedarf nachjustiert. Einmal jährlich erfolgt im Zuge eines Pflegeganges eine Düngung mit Depotdünger direkt in das Substrat. Die Entwässerung der Pflanzmodule erfolgt über Auffangrinnen und Rohre mit Anschluss an den Kanal.

Quellen: Eigene Aufnahme, mündliches Fachgespräch mit Ansprechperson, Flächengrundlage (STADT WIEN - VIENNAGIS 2019)



Abb. 3-33: Betonplatten mit Entwässerungsrinnen und Grünfläche mit Gehölzen, Apollogasse/Schottenfeldgasse. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)



Abb. 3-34: Pflanztröge mit Clematis im Hof, Apollogasse/Schottenfeldgasse. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)



Abb. 3-35: Wandgebundene Pflanzmodule, Apollogasse/Schottenfeldgasse. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)

Bestandsauswertung und Potenziale

Ergebnisse der Bestandsanalyse und Bewertung für das Wohn- und Praxishaus Ecke Apollogasse/Schottenfeldgasse, Wien.

Tab. 31: Bestandsauswertung und Potentiale Apollogasse/Schottenfeldgasse, siehe auch Anhang B7. Quelle: Eigene Erstellung 2019.

Objekt 7	Wohn/Praxisha	us Apolloc	ı./Schotter	nfelda.	atz	GRZ		0.79	
Bestandsauswertung und Bewertung					Bauplatz	Versiegelun RW	ıg	83 %	
Bemessur	ngsniederschlag	1-jährlich 15 min	5-jährlich 15 min	, mimierer lani			ahre	esabfluss	
Spitzenab	fluss V _{Spitze} [m³]	9,05	17,72	27,4	5	V _{mittel} [m³]		519	
Ante	il von in den Kan	al eingelei	teten Abflu	ıssmenç	gen z	zu Gesamtnie	der	schlag	
•	itzenabfluss zu tniederschlag	83 %	2 44.1			Jahresabflus schlagssumn	_	76 %	
Durchläss	ige Oberflächen	kein B	odenanschl	uss		siegelungsgr iflächen (Dac		58 %	
Versicke	ahmen RWM rung, Rückhalt, erung, Nutzung		ive Begrünı r Tiefgaragı	_	<2	Bewertung 25% 25-50%	<u> </u>		
Gebäud	Vertikale Gebäudebegrünung, sonstige Grünflächen in Pflanztrögen, Pflanzmodule, intensive Begrünung (Rasen Gehölze)					sserbedarf o Jahr [m³]	55	→ Potential	
Potentiale und Möglichkeiten						nbegrünung lutzung f. Bewa	äss	erung	

Grundstück Wohn-Praxishaus Das des und an der Ecke Apollogasse/Schottenfeldgasse hat einen hohen Bebauungsgrad mit einer GRZ von 0,79 und einen regenwasserrelevanten Gesamtversiegelungsgrad von 83 %. Ein großer Teil der Flachdachflächen ist mit Betonplatten bzw. Kies gedeckt wodurch geringe Niederschlagsmengen zurückgehalten werden. Auf den mit Blech gedeckten Steildachflächen wird kein Niederschlag zurückgehalten und in den Kanal abgeleitet. Ein großer Teil der mit einer Tiefgarage unterbauten Hoffläche ist intensiv begrünt und hält Niederschlagsmengen zurück bzw. ermöglicht eine Verdunstung durch die Vegetation (Rasen, Sträucher, Gehölze). Ein Verbindungsweg ist mit Betonplatten und offenen Fugen befestigt, aufgrund der Unterbauung ist jedoch keine Versickerung von Niederschlägen gegeben.

Aufgrund der vollflächigen Unterbauung, jedoch teilweise intensiv begrünten Flächen landen bei Starkniederschlagsereignissen 83 % der Spitzenabflüsse und 76 % der mittleren Jahresabflüsse des gesamten Bauplatzes im Kanal.

Eine Maßnahme (intensive Begrünung) einer integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung ist bereits vorhanden, die jedoch aufgrund der vollflächigen Bebauung gesamtbetrachtet nur geringe Auswirkung hat.

Die Vertikalbegrünung in 21 Pflanzmodulen wird über eine automatisch gesteuerte Tröpfchenbewässerung versorgt und benötigt gemeinsam mit den händisch bewässerten Pflanztrögen im Hof einen errechneten Wasserbedarf von rund 55 m³ im Jahr.

Möglichkeiten für dieses Objekt wären eine Begrünung der mit beton- und kiesgedeckten Flachdachflächen, sowie die Sammlung und Nutzung von Regenwasser für die Bewässerung.

Potenzielle Maßnahmen und Optimierungsvorschläge

Vor- und Nachteile, sowie eine Bewertung der Eignung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung für das Wohn- und Praxishaus an der Ecke Apollogasse/Schottenfeldgasse, Wien.

Tab. 32: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung Apollogasse/Schottenfeldgasse, siehe auch Anhang B7. Quelle: Eigene Erstellung 2019.

Objekt 7 Wohn/Praxis	ha	us Apollog./Schotten	feldg.	Mögliche RWM Maßnahmen			
potenzielle Maßnahme	potenzielle Maßnahmen			Vor- und Nachteile			
Regenwasser Retention				 Versiegelung Bauplatz 73 % Spitzenabflussreduz. Bauplatz 12,7 % Jahresabflussreduz. Bauplatz 16,9 % → Aufenthaltsqualität → ökologischer Wert, Kleinklima, Gebäudeschutz 			
Entsiegelung, Versickerungsanlage oberirdisch/ unterirdisch	-	nicht möglich → vollflächige Unterl → keine Freifläche n], enanschluss gegeben			
Regenwasser Speicherung/Nutzung	IR I		 → Trinkwassereinsparung ~ 115 m³/Jal - Jahresabflussreduz. Bauplatz 22,3 % → Platzbedarf Speichertanks → Aufwand für Errichtung 				

Zur Regenwasserretention (Maßnahme A) könnte die halbe mit Betonplatten gedeckte Dachterrasse mit einer intensiven Dachbegrünung ausgestattet werden. sowie die halbe unbegehbare mit Kies gedeckte Dachflache 7 extensiv begrünt werden. Dies würde zu einer Reduzierung der Spitzenabflüsse um fast 13 % führen und die mittleren Jahresabflüsse um knapp 22 % verringern. Gesamtversiegelungsgrad des Bauplatzes würde sich dabei von 83 % auf 73 % verringern. Bei entsprechender Gestaltung könnte die Aufenthaltsqualität der Dachterrasse durch eine Begrünung aufgewertet werden. Neben Niederschlagsrückhalt und der Abflussreduzierung hätten weitere Gründachflächen auch einen ökologischen Wert, tragen Positives zum Kleinklima bei und bringen Vorteile im Bereich des Gebäudeschutzes und der Temperaturregulierung.

Eine oberirdische oder unterirische **Versickerungsanlage** ist aufgrund der vollflächigen Unterbauung und fehlendem Bodenschluss von Freiflächen nicht möglich.

Eine **Regenwasserspeicherung** (Maßnahme B) zur Nutzung als Bewässerung für die Pflanzmodule, Pflanztröge und intensive Dachbegrünung (It. Maßnahme A) wäre aufgrund des hohen Wasserbedarfs (115 m³/Jahr) sehr wirkungsvoll. Um diesen Bedarf decken zu können, müssten die Abflüsse der Dachflächen (2 und 3) gesammelt und mit vorgeschaltetem Filter in Tanks (~10 m³) geleitet und gespeichert werden.

Aufgrund des hohen Bedarfs und des großen Speichervolumens würde sich der in den Kanal eingeleitete Anteil mittlerer Jahresabflüsse um bis zu rund 22 % reduzieren. Ebenso können Rückhalteeffekte aufgrund des hohen Bedarfs und des großen Speichervolumens bei Starkregenereignissen erwirkt werden, mit denen jedoch nicht gerechnet werden kann.

Der Überlauf müsste an den Kanal angeschlossen werden, um bei vollen Speichern weitere Niederschlagsmengen abzuführen.

Die Tanks könnten auf ungenutzten Flächen im Keller bzw. in der Tiefgarage aufgestellt werden und mit einem Pumpwerk an die vorhandene Bewässerungsanlage angeschlossen werden. Der erforderliche Errichtungsaufwand könnte mit den erzielbaren Effekten relativiert werden.

Planungsempfehlung

Für das Objekt Wohn- und Praxishaus an der Ecke Apollogasse/Schottenfeldgasse wird in Abwägung der erreichbaren Ziele, Vorteile und dem erwarteten Errichtungsaufwand aller Möglichkeiten eine Kombination der **Maßnahmen A** und **B** empfohlen. Das Zusammenspiel der beschriebenen Maßnahmen könnte ermöglichen, die gesamten Abflüsse durch Dachbegrünungen zu reduzieren bzw. Regenwasser nutzbar zu machen und über Verdunstung der begrünten Flächen und Pflanzen dem natürlichen Wasserkreislauf wieder zuzuführen. Dabei kann ein großer Teil des Trinkwasserverbrauches für die Bewässerung eingespart werden.

Voraussetzung ist die Platzverfügbarkeit für das Aufstellen der Speichertanks und des erforderlichen Pumpwerks.

OBJEKT 8. At the Park Hotel

Steckbrief

2500 Baden, Kaiser Franz-Ring 5

Fertigstellung: 70er Jahre, Sanierung 2014 Bebauungsstruktur: Mehrgeschoßhaus

Nutzung: Hotel

Bauplatzgröße: 4245 m²

Dachfläche: 1760 m² (Faserzement, Blech, Glas,

Bitumen)

Hof/Freifläche: 2485 m² (Betonsteinpflaster Sickerfuge, Asphalt, Rasengittersteine, Steinplatten Fugenverguss,

Kleinsteinpflaster Fugenverguss)

Regenwasserableitung: Entwässerungsrinnen,

Kanaleinläufe

Regenwasserversickerung: auf durchlässigen

Oberflächen

Regenwassermaßnahmen: durchlässige Oberflächenbefestigung auf Kfz-Parkflächen

Vertikalbegrünung: wandgebundenes Mattensystem

 (65 m^2)

Pflanzen: Storchschnabel - Geranium macrorrhizum,

Purpurglöckchen – Heuchera Hybriden, Taglilie -

Hemerocallis, Bergenie - Bergenia cordifolia Grünflächen: Rasen (1000 m²) mit

Sträuchern/Hecken

Bewässerung: Mattensystem – automatisch

gesteuerte Tropfleitung; Sträucher/Hecken – manuell

mit Tropfschläuchen

Beschreibung:

Am Rand der Altstadt Baden bei Wien liegt das viergeschoßige Gebäude aus den 1970er Jahren direkt am Kurpark und wird nach einer Sanierung 2014 als Hotel betrieben. Das Hauptdach ist bis auf zwei Glaskuppeln einheitlich mit Faserzementplatten gedeckt (Abb. 3-36). Die ost- und westseitigen Balkonvorbauten sind mit Blech gedeckt, ein Vordach (Flachdach) beim Eingangsbereich (Abb. 3-37) ist mit Bitumenbahnen gedeckt. Die Dachflächen werden über Fallrohre in den Kanal entwässert.

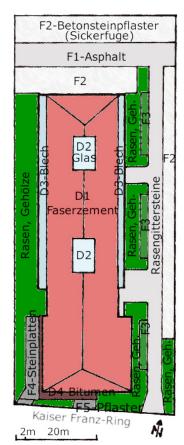


Abb. 3-36: Bestandsplan 1:1000, At the Park Hotel, Baden. Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage (LAND NIEDERÖSTERREICH O. J.)



Abb. 3-37: Fassadenbegrünung, At the Park Hotel, Baden. Quelle: (Schiefermair 2019)



Abb. 3-38: Zufahrt und Parkflächen Ostseite, At the Park Hotel, Baden. Quelle: (Schiefermair 2019)

Die großzügigen Freiflächen rund um das Gebäude werden großteils als Zufahrt und Parkflächen für PKW genutzt (Abb. 3-38), dabei sind bis auf den asphaltierten Zufahrtsweg durchlässige Oberflächenbefestigungen verbaut (Abb. 3-39, Abb. 3-40).

Eine Terrasse wird zum Dinieren und Verweilen genutzt und ist mit verfugten Steinplatten befestigt (Abb. 3-41). Der teils überdachte Eingangsbereich ist mit Steinplatten und verfugtem Kleinsteinkopfpflaster versiegelt.

Die Grünflächen rund um das Gebäude sind mit Bäumen und zahlreichen Sträuchern und Hecken bepflanzt, die großteils mittels Tropfschlauch einmal täglich manuell bewässert werden (~135 m²). An der südlichen Eingangsseite, sowie entlang der östlichen Zufahrts-/Parkseite befinden sich einzelne Grünstreifen, die mit Hecken eingefasst sind. Entlang des durchlässig gestalteten Parkstreifens ranken Weinreben am Zaun. Im Zuge der Sanierung wurde an der Südseite eine wandgebundene Fassadenbegrünung installiert, die nach einem großem Ausfall 2015 komplett neu bepflanzt wurde. Das Mattensystem besteht aus einer Edelstahlkonstruktion mit Mineralwolle als Pflanzmedium und ist hauptsächlich mit Storchschnabel, wenigen Purpurglöckchen, Taglilien und Bergenien bepflanzt. Eine automatisch gesteuerte Bewässerungsanlage versorgt das Modul über vier Tropfschläuche mit Wasser und Nährstoffen. Von Anfang April bis November erfolgt viermal täglich eine Bewässerung, deren Intensität manuell bei Bedarf justiert wird. Der Wasserbedarf liegt bei 70 m³ pro Jahr. Ein synthetischer NPK-Volldünger (8-8-6 mit Bor, Kupfer, Eisen, Mangan, Molybdän und Zink) wird kontinuierlich automatisch zugeben. Ein verwendeter biologischer Flüssigdünger kristallisierte aufgrund des harten Leitungswassers aus und verstopfte auf Dauer die Leitungen. Der Verbrauch liegt bei etwa einem Kanister (20 I) für vier Monate.

Quellen: Eigene Aufnahme, mündliches Fachgespräch mit Ansprechperson, Flächengrundlagen (LAND NIEDERÖSTERREICH 2019).



Abb. 3-39: Rasengittersteine und Asphalt, At the Park Hotel, Baden. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)



Abb. 3-40: Betonsteinpflaster mit Sickerfuge At the Park Hotel, Baden. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)



Abb. 3-41: Terrasse und Rasen mit Gehölzen Westseite, At the Park Hotel, Baden. Quelle: (Schiefermair 2019)



Abb. 3-42: Bewässerungsanlage der Vertikalbegrünung im Keller, At the Park Hotel, Baden. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)

Bestandsauswertung und Potenziale

Ergebnisse der Bestandsanalyse und Bewertung für das "At the Park Hotel" in Baden.

Tab. 33: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung At the Park Hotel, siehe auch Anhang B8. Quelle: Eigene Erstellung 2019.

Objekt 8	At the Park Hotel Baden						GRZ		0,41	
Bestand	tung			Bauplatz	Versiegelung RW		70 %			
Bemessungsniederschlag 1-jährlich 15 min				rlich min	30-jähr 15 m		mittlerer	sabfluss		
Spitzenab	fluss V _{Spitze} [m³]	33,21	67	,02	104,7	72	V _{mittel} [m³] 174			
Antei	Anteil von in den Kanal eingeleiteten Abflussmengen zu Gesamtniederschlag									
Anteil Spitzenabfluss zu Gesamtniederschlag				Ar	iteil mitt	lerer	Jahresabfluss schlagssumme			
Durchlässige Oberflächen Betonste Sic Rasengitte				uge,		Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen			50 %	
Maßnahmen RWM Versickerung, Rückhalt, Speicherung, Nutzung durc Oberfläche				ssige festig	ungen	<2	Bewertung (Klassen) <25% 25-50% 51-75% >75%			
						•	·	1		
Vertikale wandg Gebäudebegrünung, Matte sonstige Grünflächen Rasen mit S				stem,		Wasserbedarf pro Jahr [m³] 80 → hohes Potential				
Potentiale und Möglichkeiten				 → Entsiegelung Freifläche → Versickerungsanlage ober/unterirdisch → RW-Speicherung/Nutzung f. Bewässerung 						

Das Grundstück des "At the Park Hotel" in Baden hat einen mittleren Bebauungsgrad mit einer GRZ von 0,41 und einen regenwasserrelevanten Gesamtversiegelungsgrad von 70 %. Die mit Faserzementplatten und Blech gedeckte Dachflächen und die Glaskuppeln können kein Regenwasser zurückhalten.

Die großzügigen Freiflächen rund um das Gebäude sind im Bereich der Zufahrt und Parkflächen neben dem Asphaltweg mit durchlässigen Oberflächen befestigt (Betonsteinpflaster mit Sickerfugen, Rasengittersteine). Weitere Flächen im Bereich des Eingangs und der Terrasse sind mit verfugten Steinplatten und Kopfsteinpflaster undurchlässig gestaltet. Aufgrund der teildurchlässigen Oberflächenbefestigungen und großflächigen Rasenbereiche ist die gesamte Freifläche nur zur Hälfte versiegelt (50 %) und lässt Teilmengen versickern bzw. ermöglicht eine Verdunstung durch die Vegetation. Rund 25 % der Freifläche ist jedoch mit undurchlässigem Asphalt vollversiegelt.

Bei Starkniederschlagsereignissen landen rund 70 % der Spitzenabflüsse des gesamten Bauplatzes im Kanal. Mehr als die Hälfte (59 %) der mittleren Jahresabflüsse werden im Kanal abgeführt.

Auf den Freiflächen sind Maßnahmen (durchlässige Oberflächenbefestigungen) einer naturnahen Regenwasserbewirtschaftung vorhanden, die jedoch gesamtbetrachtet nur einen gewissen Teil der Niederschläge managen können.

Für die Bewässerung der wandgebundenen Fassadenbegrünung und der Sträucher und Hecken wird ein relativ hohen Wasserbedarf von rund 80 m³ im Jahr benötigt. Damit ergibt sich ein hohes Potential der Regenwassernutzung als Gießwasser.

Möglichkeiten für dieses Objekt wären eine Entsiegelung der noch undurchlässigen Freiflächen, eine Umgestaltung von einzelnen Rasenflächen zu bepflanzten Sickermulden (Raingarden), eine unterirdische Sickeranlage, sowie eine Nutzung von Regenwasser für die Bewässerung der Vertikalbegrünung, Sträucher und Hecken.

Potenzielle Maßnahmen und Optimierungsvorschläge

Vor- und Nachteile, sowie eine Bewertung der Eignung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung für das "At the Park Hotel" in Baden.

Tab. 34: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung At the Park Hotel, siehe auch Anhang B8. Quelle: Eigene Erstellung 2019.

Objekt	Objekt 8 At the Park Hotel Baden			Mögliche RWM Maßnahmen			
potenzielle Maßnahmen			Gestaltung	Vor- und Nachteile			
Entsiegelung Freifläche		Α	Verbundsteinpfl. mit Sickerfugen (statt Asphalt, verfugte Pflaster)	+ Versiegelung Freifläche 32 % - Spitzenabflussreduz. Bauplatz 14,6 % - Jahresabflussreduz. Bauplatz 18,5 % → erhöhter Aufwand			
Versickerung Anlage	age oberirdisch l		Raingarden 230 m² (Rasenflächen) 69 m³	 → Aufnahme > 5-jährlicher Starkregen → gute Reinigungsleistung → gute Gestaltungsmöglichkeit → kein Nutzungskonflikt, nur Umgestaltung → Imageaufwertung 			
Versic Ar	unterirdisch	В	Sickerkörper 21 m³ nur Überlauf v. Raingarden	 → Aufnahme bis 30-jährlicher Starkregen → Reinigung durch Raingarden gegeben → kein Nutzungskonflikt → Aufwand für Errichtung 			
Regenwasser Speicherung/Nutzung		С	Tanks (~7 m³) Vertikalbegrünung und Sträucher/Hecken Bewässerung	 → Trinkwassereinsparung ~ 80 m³/Jahr - Jahresabflussreduz. Bauplatz 4,6 % → Imageaufwertung → Aufwand für Einbau/Pumpwerk 			

Bei Entsiegelung der befestigten Freiflächen (Maßnahme A) kommt aufgrund der Nutzung (Zufahrt und Parkflächen für PKW, Eingangsbereich, Terrasse) nur eine durchlässige befestigte Oberflächenbefestigung im Bereich der jetzigen Asphaltfläche und verfugten Pflasterflächen in Frage. Ein Umbau mit z.B. Verbundsteinpflaster mit Sickerfugen würde die Freifläche passabel entsiegeln (Versiegelungsgrad 32 %) und einen Wasser- und Luftaustausch ermöglichen. Die Reduzierung des in den Kanal eingeleiteten Spitzenabflussanteils bei Starkregenereignissen würde knapp 15 % betragen. Der Anteil des mittleren Jahresabflusses würde sich um gut 18 % reduzieren. Dagegen sprechen die Umbaukosten einer neuen Oberflächenbefestigung, die jedoch in Kombination mit anderen Maßnahmen relativiert werden könnten.

Eine oberirdische **Versickerungsanlage** (Maßnahme B) wäre unter Berücksichtigung der Abstände zu Bäumen und Gebäude auf einzelnen Teilflächen der begrünten Freiflächen in Form von fünf **Raingarden** (bepflanzte Sickermulden) möglich. Eine Umgestaltung der ungenutzten Rasenflächen würde keinen Nutzungskonflikt auslösen und könnte ansprechend als Raingarden bepflanzt werden. Die rund 230 m² große Fläche könnte bei einer Einstauhöhe von 30 cm ein Volumen von bis zu 69 m³ aufnehmen und mehr als die gesamten Spitzenabflüsse eines 5-jährlichen Starkregenereignisses mit guter Reinigungsleistung versickern. Die Lage entlang des Gebäudes und der Parkflächen würde sich für die Einleitung der Dach- und Freiflächenabflüsse anbieten. Ein Überlauf könnte größere Niederschlagsmengen in eine nachgeschaltete unterirdische Sickeranlage leiten.

Der Einbau eines unterirdischen **Sickerkörpers** (21 m³) mit einer Fläche von 42 m² und 0,5 m Tiefe könnte eine Versickerung der gesamten Spitzenabflüsse bis zu einem 30-jährlichen Starkregenereignisses ermöglichen. Aufgrund des vorgeschalteten Raingarden mit Aufnahme des ersten Spülstoßes und der meisten Schadstoffe wäre die geringere Reinigungsleistung des unterirdischen Sickerkörpers unproblematisch. Außerdem entsprechen alle Entwässerungsflächen dem Typ F1 bzw. F2, weshalb aus Sicht des Grundwasserschutzes It. (ÖWAV 2015) eine Versickerung zulässig ist. Ein Überlauf mit Anschluss an den Kanal würde einen Rückstau bei unerwarteten Ereignissen verhindern und die Überflutungssicherheit erhöhen. In Kombination mit der Entsiegelung der Asphaltfläche (Maßnahme A) könnte der Sickerkörper unterhalb des Zufahrtweges eingebaut werden und Errichtungsaufwände reduzieren.

Eine **Regenwasserspeicherung** (Maßnahme C) zur Nutzung als Bewässerung für die Vertikalbegrünung, Sträucher und Hecken wäre aufgrund des hohen Wasserbedarfs wirkungsvoll.

Um den Bedarf zu decken, könnten die Abflüsse der südlichen Steildach-Teilfläche in Tanks (~ 7 m³) mit vorgeschaltetem Filter geleitet werden. Neben der vorhandenen Bewässerungsanlage im südlichen Kellergeschoß wäre Platz für Speichertanks, was eine Errichtung begünstigen würde und den Aufwand deutlich reduziert. Das Vordach würde sich aufgrund der Lage der Fallrohre ebenfalls anbieten, aufgrund der Bitumendeckung müsste jedoch vorab eine Prüfung auf schädliche Stoffe im Abfluss erfolgen.

Aufgrund der großen Dachflächen wurde sich der in den Kanal eingeleitete Anteil mittlerer Jahresabflüsse jedoch nur um bis zu 4,6 % reduzieren. Es kann jedoch mit einer Trinkwassereinsparung von bis zu 80 m³ pro Jahr gerechnet werden. Ebenso können Rückhalteeffekte bei Starkregenereignissen erwirkt werden, mit denen jedoch nicht gerechnet werden kann. Der Überlauf könnte in den nachgeschalteten Raingarden geleitet werden, um eine Versickerung Niederschlagsmengen zu ermöglichen. Der erforderliche Aufwand für die Errichtung Betrieb mit benötigtem Pumpwerk kann sich durch Trinkwassereinsparung und einer Imageaufwertung relativieren.

Planungsempfehlung

Für das Objekt "At the Park Hotel" in Baden wird in Abwägung der erreichbaren Ziele, Vorteile und dem erwarteten Errichtungsaufwand aller Möglichkeiten eine Kombination der Maßnahmen A, B und C empfohlen. Das Zusammenspiel aller Maßnahmen beschriebenen könnte ermöglichen, Niederschlagsmengen bis zu einem 30-jährlichen Starkregenereignis vor Ort zu versickern und Teilmengen für die Bewässerung der Begrünungen nutzbar zu machen. Die Abflüsse der südlichen Steildach-Teilfläche werden über Fallrohre und einen Filter in Tanks geleitet. Der Überlauf und die weiteren Abflüsse der Dach- und Freiflächen werden in mehrere Raingarden rund um das Gebäude geleitet und können bis zu einem 5-jährlichen Starkregenereignisses aufgestaut und versickert werden. Über einen Überlauf der Raingarden gelangen weitere Abflussmengen in einen unterirdischen Sickerkörper, wo diese bis zu einem 30-jährlichen Starkregenereignis aufgestaut und versickert werden können.

Alle Maßnahmen können als Imageaufwertung des Hotels positive Effekte erzielen und sichtbare, erlebbare Beispiele zum Thema integrativer naturnaher Regenwasserbewirtschaftung den Hotelgästen und der Öffentlichkeit zugänglich machen.

OBJEKT 9. Wohn- u. Geschäftshaus J2 Seestadt Aspern

Steckbrief

1220 Wien, Maria-Tusch-Straße 29-31, Stiege 9-10,

Teilabschnitt Bauplatz J2
Fertigstellung: 2015

Bebauungsstruktur: Mehrgeschoßhaus

Nutzung: Geschäft, Wohnen **Bauplatzgröße:** 1180 m²

Dachfläche: 683 m² (Gründach, Blech) **Hof/Freifläche:** 502 m² (Asphalt, Rasen,

Betonplatten, Kies)

Regenwasserableitung: Fallrohre,

Entwässerungsrinnen

Regenwasserversickerung: Sickermulden und

Sickerflächen

Regenwassermaßnahmen: Freiflächenabflüsse

werden versickert

Vertikalbegrünung: bodengebunden mit

Rankgerüst

Pflanzen: Blauregen - Wisteria sinensis

Grünflächen: Rasen und Sickermulden/flächen

(218 m²)

Bewässerung: keine

Beschreibung:

Der südliche Gebäudeteil (Stiege 9-10) am Bauplatz J2 der Seestadt Aspern wurde 2015 mit einer straßenseitigen Fassadenbegrünung (Abb. 3-44) fertiggestellt und wird zum Wohnen und im Erdgeschoß als Geschäftsfläche genutzt. Das siebengeschoßige Gebäude ist flächendeckend mit einer extensiven Dachbegrünung versehen und mit Balkonen, die teilweise mit Blech überdeckt sind, ausgestattet (Abb. 3-43). Der Hof dient zusätzlich zur straßenseitigen Erschließung als Zugang und Verbindung der gemeinsamen Freifläche des Bauplatzes mit Zugängen zu den Gebäuden. Ein Geländesprung wird über eine Stützmauer im Hofinneren überwunden. Vom südlichen Gebäudeteil bis zur Baufluchtlinie im Hofbereich sind die Wege

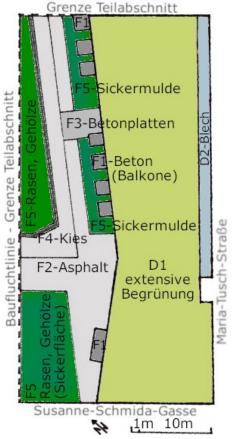


Abb. 3-43: Bestandsplan 1:500, Teilabschnitt J2 Seestadt. Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage (STADT WIEN - VIENNAGIS o. J.)



Abb. 3-44: Fassadenbegrünung, Teilabschnitt J2 Seestadt. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)

mit Asphalt und Betonsteinen befestigt, ansonsten befinden sich mit Rasen und teilweise mit jungen Gehölzen bepflanzte Sickermulden und Sickerflächen (Abb. 3-45), sowie ein Kies-Sickerstreifen auf der Freifläche (Abb. 3-46). Die Balkone und befestigten Freiflächen werden über Fallrohre und Entwässerungsrinnen in die oberirdischen Sickeranlagen entwässert (Abb. 3-48).

Straßenseitig befindet sich eine Fassadenbegrünung mit Kletterpflanzen, die sich am süd-östlich exponierten Gebäude von Stiege 8-9 erstreckt. Der Blauregen wächst bodengebunden aus kleinen geschützten Pflanzöffnungen (40x50 cm) im Bereich des Gehsteiges heraus. An Stahlgerüsten, die wie Säulen zwischen den Balkonen bis zum Dachgeschoß ragen, wächst der Blauregen teilweise bereits bis zum Dach empor. Es erfolgt bisher keine Bewässerung und Pflege der bodengebundenen Kletterpflanzen.

Quellen: Eigene Aufnahme, mündliche Auskunft Ansprechperson, (STADT WIEN - VIENNAGIS 2019)



Abb. 3-45: Sickermulde für Freiflächen-Entwässerung, Teilabschnitt J2 Seestadt. Quelle: (Schiefermair 2019)



Abb. 3-46: Grünfläche und Kies-Sickerstreifen zur Entwässerung, Teilabschnitt J2 Seestadt. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)



Abb. 3-47: Bodengebundener Blauregen an Stahlgerüst-Kletterhilfe, Teilabschnitt J2 Seestadt. Quelle: (Schiefermair 2019)



Abb. 3-48: Entwässerung der Freiflächen auf die begrünte Sickerfläche, Teilabschnitt J2 Seestadt. Quelle: (Schiefermair 2019)

Bestandsauswertung und Potenziale

Ergebnisse der Bestandsanalyse und Bewertung für das Wohn- und Geschäftshaus J2 Seestadt Aspern in Wien.

Tab. 35: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung Wohn/Geschäftshaus J2 Seestadt Aspern, siehe auch Anhang B9. Quelle: Eigene Erstellung 2019.

Objekt 9	Wohn/Geschäftshaus J2 Seestadt Aspern							GRZ			0,58	
Bestand		Bauplatz	Ve	rsiegeli RW	ung	4	19 %					
Bemessur	ngsniederschlag	1-jährlich 15 min	5-jäh 15 ı		30-jähr 15 m		mimbror lanros			sabi	abfluss	
Spitzenab	fluss V _{Spitze} [m³]	5,48	10,	,03	15,1	0	1	V _{mittel} [m	³]		234	
Antei	Anteil von in den Kanal eingeleiteten Abflussmengen zu Gesamtniederschlag											
76 %								resabflı lagssun		,	15 %	
Durchläss	ige Oberflächen	Betonstein Fu	iplatte gen, F		offenen		ersiegelungsgrad Hof/Freiflächen				54 %	
		dı	ırchläs	eciae					(1.6)		,	
	ahmen RWM	Oberfläd			gung,		Bewertung (Klassen)			1)		
	Versickerung, Ruckhall, D			ünun en/fläc	9	<25% <mark>25-50% 51-75% >75</mark>				>75%		
V Gebäud sonstige		engebo tterpfla n mit G	anzen	,	Wasserbedarf pro Jahr [m³] keine Bewässerung			. •				
Potentia		→ Entsiegelung befestigte Freiflächen → Versickerung Dachabflüsse (Sickermulden/fläche)										

Der Bauplatz-Teilabschnitt des südlichen Gebäudes (Stiege 9-10) bis zur hofinneren Baufluchtlinie von Bauplatz J2 Seestadt Aspern in Wien hat einen mittleren Bebauungsgrad mit einer GRZ von 0,58 und einen passablen regenwasserrelevanten Gesamtversiegelungsgrad von 49 %. Abgesehen von der Blechdachfläche ist das gesamte Dach extensiv begrünt, was größtenteils Niederschlagsmengen zurückhält und durch Verdunstung wieder an die Atmosphäre abgegeben werden kann.

Die großzügigen Freiflächen rund um das Gebäude sind im Bereich der Wege hauptsächlich mit undurchlässigem Asphalt und ein kleiner Bereich mit Betonplatten (offene Fugen) befestigt. Entlang des Gebäudes und mittig am Hof-Rand befinden sich als Sickermulden und Sickerflächen ausgestattete Grünflächen. Diese sind mit Rasen und einzelnen Gehölzen (Jungbäume, Sträucher) bepflanzt.

Die Abflüsse sämtlicher Freiflächen des Bauplatz-Teilabschnittes (Hof und Balkone) werden direkt oder über Fallrohre und Entwässerungsrinnen in die Sickermulden,

Sickerfläche und einen Sicker-Kiesstreifen geleitet und können dort oberflächlich versickern. Dabei können weit mehr als die Niederschlagsabflüsse eines 30-jährlichen Starkregenereignisses aufgenommen werden.

Aufgrund der undurchlässigen Asphaltflächen, jedoch großflächigen begrünten Sickerbereiche, ist die gesamte Freifläche etwas mehr als zur Hälfte versiegelt (54 %), es werden aber alle Abflüsse oberflächig versickert.

Nur die Dachflächen werden in den Kanal entwässert, bei Starkniederschlagsereignissen landen daher rund ein Viertel (26 %) der Spitzenabflüsse des gesamten Bauplatz-Teilabschnittes im Kanal. Nur etwa 15 % der mittleren Jahresabflüsse werden im Kanal abgeführt.

Es sind verschiedenen Maßnahmen (Dachbegrünung, durchlässige Oberflächenbefestigung, oberirdische Sickeranlagen) einer naturnahen Regenwasserbewirtschaftung vorhanden, die bei Starkregen rund dreiviertel der Niederschläge managen können.

Die bodengebundene Fassadenbegrünung und weitere Grünflächen im Hof werden derzeit nicht bewässert.

Ein passabler Gesamtzustand ist aus Sicht einer naturnahen Regenwasserbewirtschaftung bereits gegeben.

Weitere Möglichkeiten für dieses Objekt wären eine Entsiegelung der noch undurchlässigen Freiflächen, eine Umgestaltung von einzelnen Sickermulden und Flächen zu bepflanzten Sickermulden (Raingardens) mit einer Einleitung der Dachabflüsse.

Potenzielle Maßnahmen und Optimierungsvorschläge

Vor- und Nachteile, sowie eine Bewertung der Eignung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung für das Wohn- und Geschäftshaus J2 Seestadt Aspern in Wien.

Tab. 36: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung Wohn/Geschäftshaus J2 Seestadt Aspern, siehe auch Anhang B9. Quelle: Eigene Erstellung 2019.

Objekt 9	Wohn/Gescl	häf	tshaus J2 Seestadt	Mögliche RWM Maßnahmen				
potenzielle Maßnahmen			Gestaltung		Vor- und Nachteile			
Entsiegelung Hof/Freifläche			Verbundsteinpfl. mit Sickerfugen (statt Asphalt, Betonplatten)	++ Versiegelung Hof 25 %				
Versickerung Anlage oberirdisch		В	Raingarden 113 m² (Sickermulden/ flächen) 17 m³	 → Aufnahme > 30-jährlicher Starkregen → gute Reinigungsleistung → gute Gestaltungsmöglichkeit → kein Nutzungskonflikt, nur Umgestaltur → geringer Aufwand 				
	nwasser ing/Nutzung	-	kein Bedarf, nicht benötigt					

Bei Entsiegelung der befestigten Freiflächen (Maßnahme A) kommt aufgrund der Nutzung (Zugang Gebäude, Wegeverbindung Hof) nur eine durchlässige befestigte Oberflächenbefestigung im Bereich der jetzigen Asphaltfläche und Betonsteinplatten in Frage. Ein Umbau mit z.B. Verbundsteinpflaster mit Sickerfugen würde die Freifläche positiv entsiegeln (Versiegelungsgrad 25 %) und einen Wasser- und Die Luftaustausch ermöglichen. Reduzierung der Spitzenabflüsse Starkregenereignissen würde gut 25 % betragen. Die mittleren Jahresabflüsse würden sich um knapp 38 % reduzieren. Da die Abflüsse der Freiflächen jedoch bereits in die Sickeranlagen geleitet werden, verringert sich der in den Kanal eingeleitete Anteil von den Gesamtniederschlägen des Bauplatz-Teilabschnittes nicht. Dagegen sprechen die Umbaukosten einer neuen Oberflächenbefestigung.

Die vorhandenen oberirdischen **Versickerungsanlagen** (Bestand/Maßnahme B) könnten als Raingarden umgestaltet und ansprechend bepflanzt werden. Die zwei Sickermulden und die Sickerfläche haben eine Gesamtfläche von 113 m² und könnten bei einer einheitlichen Einstauhöhe von 15 cm ein Volumen von 17 m³ aufnehmen. Die gesamten Spitzenabflüsse des Bauplatz-Teilabschnittes könnten bis über ein 30-jährliches Starkregenereignisses mit guter Reinigungsleistung oberflächig versickern. Dazu müssten die Abflüsse der Dachflächen in die Sickermulden geleitet werden und eine flächige Einstauhöhe von 15 cm ermöglicht werden.

Eine Umgestaltung der ungenutzten Rasenflächen würde keinen Nutzungskonflikt auslösen, könnte ansprechend als Raingarden bepflanzt werden und erfordert nur geringe Adaptierungskosten.

Ein Überlauf könnte unerwartete größere Niederschlagsmengen in den Kanal leiten. Die vorhandenen Gehölze sollten in den Einstaubereichen auf ihre Eignung überprüft und gegebenenfalls angepasst werden.

Eine **Regenwasserspeicherung und -nutzung** ist aufgrund des nicht vorhandenen Bedarfs zwecklos.

Planungsempfehlung

Für das Objekt Wohn- und Geschäftshaus J2 Seestadt Aspern in Wien wird in Abwägung der erreichbaren Ziele, Vorteile und dem erwarteten Errichtungsaufwand aller Möglichkeiten die **Maßnahmen B** empfohlen. Die Einleitung der Dachabflüsse und Gestaltung der vorhandenen oberirdischen Sickeranlagen können die Niederschlagsmengen bis zu über ein 30-jährliches Starkregenereignis vor Ort versickern. Die geringen Aufwände für eine Umgestaltung könnten eine regenwasserrelevante und freiraumgestalterische Aufwertung der ungenutzten Grünflächen ermöglichen.

OBJEKT 10. Bürogebäude MA 48

Steckbrief

1050 Wien, Einsiedlergasse 2

Fertigstellung: 60er Jahre, Sanierung 2010/2011

Bebauungsstruktur: Mehrgeschoßhaus

Nutzung: Büros

Bauplatzgröße: 566 m²

Dachfläche: 485 m² (Dachziegel, Blech, extensive Begrünung) **Hof/Freifläche:** 81 m² (Beton, Rasen, Steinplatten Fugenverguss)

Regenwasserableitung: innenliegende Fallrohre

mit Anschluss an den Kanal

Regenwasserversickerung: nur auf Rasenfläche Regenwassermaßnahmen: Dachbegrünung Vordach Vertikalbegrünung: wandgebundenes Regal/Trogsystem

(800 m² - ohne Fenster)

Pflanzen: Gemeine Schafgarbe - Achillea millefolium,

Katzenminze - *Nepeta x faassenii*, Immergrüne Schleifenblume - *Iberis*

sempervirens, Federnelke - Dianthus plumarius,

Echter Thymian - Thymus vulgaris und

Blau/Kopfgräser – Sesleria caerulea, Sesleria

heuffleriana.

Grünflächen: Rasen (38 m²)

Bewässerung: Regal/Trogsystem - automatisch

mit Sensoren

Beschreibung:

Das sechsgeschoßige Bürogebäude der MA 48 wurde 2010/2011 saniert und straßenseitig eine wandgebundene Fassadenbegrünung installiert (Abb. 3-50). Das Hauptdach ist mit Dachziegel und Blech gedeckt, das Vordach über dem Eingang ist extensiv begrünt (Abb. 3-49). Die schmale Freifläche zwischen dem Gehsteig Einsiedlergasse und dem Gebäude dient als Zugang zum Gebäude mit Stiegen, einer Rampe und Fahrradabstellplätzen (Abb. 3-51). Der Eingangsbereich ist mit Beton befestigt, restliche Streifen ist als Rasenfläche ausgebildet (Abb. 3-52).

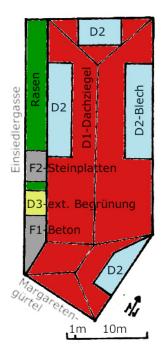


Abb. 3-49: Bestandsplan 1:500, MA 48. Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage (STADT WIEN -VIENNAGIS o. J.)



Abb. 3-50: vollflächige wandgebundene Fassadenbegrünung, MA 48. Quelle: (Schiefermair 2019)



Abb. 3-51: Eingangsbereich mit Vordach und befestigten Oberflächen, MA 48. Quelle: (Schiefermair 2019)

Im Außenbereich sind keine Kanaleinläufe für die Abflüsse der befestigten Flächen ersichtlich.

Die wandgebundene Begrünung (Regal/Trogsystem) erstreckt sich über die gesamte straßenseitige Fassade über alle Geschoße. Der Großteil ist süd-westlich exponiert, ein Bereich ist östlich ausgerichtet. Die linearen Aluwannen sind mit einem Vlies und Ziegelsplitt-Substrat gefüllt, in dem Stauden, Kräuter und Gräser wie die Schafgarbe, Katzenminze, Schleifenblume, Federnelke, Thymian oder Blau/Kopfgräser wachsen (Abb. 3-53).

Eine automatische Bewässerungsanlage mit Sensoren steuert bedarfsgerecht die Wassergabe über Tropfschläuche. Im Sommer liegt der Bedarf bei rund 2,1 l/m² am Tag und kann an heißen Tagen für die gesamte Begrünung einen Trinkwasserverbrauch von bis zu 3 m³ am Tag benötigen. Der mittlere Jahreswasserbedarf liegt in den letzten Jahren bei rund 475 m³. Nach einem Ausfall der Bewässerungsanlage im Sommer 2019 fielen binnen weniger Tage der Großteil der Pflanzen trocken. Nach Erholung und Austausch abgestorbener Arten, ergrünen die Pflanzen wieder und geben ein ansehnliches Erscheinungsbild der Vertikalbegrünung Ende 2019.

Quellen: Eigene Aufnahme, Fachauskunft der Ansprechperson, Flächengrundlage (STADT WIEN - VIENNAGIS 2019).



Abb. 3-52: Rasenfläche zwischen Gebäude und Straße, MA 48. Quelle: (Schiefermair 2019)



Abb. 3-53: Gräser und Kräuter in Aluwannen, Regal/Trogsystem, MA 48. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)

Bestandsauswertung und Potenziale

Ergebnisse der Bestandsanalyse und Bewertung für das Bürogebäude MA 48, Wien.

Tab. 37: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung Bürogebäude MA 48, siehe auch Anhang B10. Quelle: Eigene Erstellung 2019

Objekt 10	Bürogebäude MA 48							GRZ			0,86
Bestands	tung			Ranblatz Versiegel		siegelu	ng RV	/	93 %		
Bemessungsniederschlag 1-jährlich 15 min				rlich min	30-jähr 15 m		mittlerer Jahresabfl			fluss	
Spitzenabi	fluss V _{Spitze} [m³]	4,97	9,	73	15,0	7	V _{mittel} [m³]				263
Antei	Anteil von in den Kanal eingeleiteten Abflussmengen zu Gesamtniederschlag										ag
Anteil Spitzenabfluss zu Gesamtniederschlag					nteil mit Jahresı						77 %
Durchläss	ige Oberflächen	Ra	asenfl	äche			Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen				54 %
1110110110	hmen RWM	nur kleinf	lächig	hige extensive Bewertung (Klassen)			n)				
	rung, Rückhalt, rung, Nutzung	Dachbeg	rünun	nung (Vordach) <25% 25-50% 51-75%				>75%			
Gebäudebegrünung, Regal/				ebundenes Frogsystem, enfläche Wasserbedarf pro Jahr [m³] → hohes Potential							
Potentiale und Möglichkeiten					egelung Speicher				ewäss	eru	ng

Das Grundstück des Bürogebäudes der MA 48 in der Einsiedlergasse 2 hat einen hohen Bebauungsgrad mit einer GRZ von 0,86 und einen regenwasserrelevanten Gesamtversiegelungsgrad von 93 %.

Die mit Dachziegel und Blech gedeckten Dachflächen können kein Regenwasser zurückhalten, nur das Vordach ist extensiv begrünt und hat einen Rückhalteeffekt. Nahezu der gesamte Abfluss (93 %) landet bei Starkniederschlagsereignissen im Kanal, auch der Großteil (77 %) der mittlerer Jahresabflüsse wird im Kanal abgeführt. Nur ein geringer Teil wird aufgrund der Oberflächenbeschaffenheit zurückgehalten.

Die Freifläche vor dem Gebäude ist aufgrund der Rasenfläche nur mittelmäßig versiegelt (54 %), ein großer Flächenanteil ist jedoch mit undurchlässigem Beton und verfugten Steinplatten befestigt. Ansonsten befinden sich am Objekt keine Maßnahmen einer integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung.

Die straßenseitige vollflächige Wandbegrünung mit einem Regal/Trogsystem wird bedarfsgerecht durch Sensormessungen im Substrat vollautomatisch bewässert. Im Jahr benötigt sie einen mittleren Wasserbedarf von rund 475 m³, wodurch ein sehr hohes Potential zur Regenwassernutzung gegeben ist.

Möglichkeiten für dieses Objekt wären eine Entsiegelung der Freifläche, sowie eine Nutzung von Regenwasser für die Bewässerung der vertikalen Wandbegrünung.

Potenzielle Maßnahmen und Optimierungsvorschläge

Vor- und Nachteile, sowie eine Bewertung der Eignung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung für das Bürogebäude MA 48, Wien.

Tab. 38: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung Bürogebäude MA 48, siehe auch Anhang B10. Quelle: Eigene Erstellung 2019

Objekt 10	Büroç	geb	päude MA 48	Mögliche RWM Maßnahmen				
potenziel	le Maßnahme	n	Gestaltung	Vor- und Nachteile				
Entsiegelung Freifläche			Rasengittersteine (statt Steinplatten)	+ Versiegelung Hof 47 % - Spitzenabflussreduz. Bauplatz 1,0 % - Jahresabflussreduz. Bauplatz 4,2 % → erhöhter Aufwand				
Versickerungsanlage oberirdisch/ unterirdisch			nicht möglich Abstand zu Gebäude	zu gering				
Regenwasser Speicherung/Nutzung		В	Speicher (~ 40 m³) zur Bewässerung der Wandbegrünung	 → Trinkwassereinsparung ~ 235 m³/Jah ++ Jahresabflussreduz. Bauplatz 92,4 ° → erhöhter Aufwand 				

Bei **Entsiegelung** der Hoffläche (Maßnahme A) kommt aufgrund der Nutzung (Zugang mit Stiegen und Rampe, Fahrradabstellplatz) nur eine durchlässige befestigte Oberflächenbefestigung in Frage. Ein Umbau der jetzigen Steinplatten im Bereich des Fahrradabstellplatzes mit z.B. Rasengittersteinen würde die Freifläche aufgrund des geringen Flächenanteils an der gesamten Freifläche nur geringfügig entsiegeln (Versiegelungsgrad 47 %). Auch die Reduzierung des in den Kanal eingeleiteten Spitzenabflusses (1,0 %) und mittleren Jahresabflusses (4,2 %) ist gering.

Dagegen sprechen die Umbaukosten einer neuen Oberflächenbefestigung.

Eine **Versickerungsanlage** ist weder oberirdisch noch unterirdisch möglich, da kein ausreichender Abstand zum Gebäude/Keller gegeben wäre.

Eine **Regenwasserspeicherung** (Maßnahme B) zur Nutzung als Bewässerung für die vertikale Wandbegrünung wäre aufgrund des hohen Wasserbedarfs sehr wirkungsvoll. Die gesamten Abflüsse des Hauptdaches (Dachziegel und Blech) könnten mit vorgeschaltetem Filter in Speicher (gesamt ~ 40 m³) geleitet werden. Der erforderliche Wasserbedarf könnte dabei zu rund 50 % durch Regenwasser gedeckt werden und eine Trinkwassereinsparung von bis zu 235 m³ im Jahr erfolgen. Aufgrund des hohen Wasserbedarfs könnten die Abflüsse aller Hauptdachflächen gesammelt werden und sich der in den Kanal eingeleitete Anteil mittlerer Jahresabflüsse um bis zu über 90 % reduzieren.

Es ist mit einem erhöhten Aufwand für die Errichtung und den Betrieb mit benötigtem Pumpwerk zu rechnen, der sich jedoch mit der Trinkwassereinsparung und einem Imagegewinn durch eine nachhaltige Nutzung von Regenwasser relativieren kann.

Planungsempfehlung

Für das Objekt Bürogebäude der MA 48 in der Einsiedlergasse 2 wird in Abwägung der erreichbaren Ziele, Vorteile und dem erwarteten Errichtungsaufwand aller Möglichkeiten die **Maßnahmen B** empfohlen. Mit einer Regenwassernutzung für die Bewässerung der vertikalen Wandbegrünung kann der gesamte Abfluss des Hauptdaches genutzt und eine Einleitung in den Kanal unterbunden werden. Eine Trinkwassereinsparung von rund 50 % (235 m³/Jahr) für die Bewässerung kann dadurch eingespart werden.

Außerdem entsteht ein zusätzlicher Imagegewinn für das Magistratsgebäude aufgrund einer nachhaltigen Bewässerung durch die Nutzung von Regenwasser.

4 Diskussion und Conclusio

In einer zusammenfassenden Darstellung werden die Ergebnisse und Erkenntnisse aus den Untersuchungen gemeinsam mit dem Wissen aus der Literatur diskutiert. Anhand der Forschungsfragen werden die Ergebnisse zu den Forschungszielen zusammengefasst und kritisch betrachtet.

Eine Übersicht der Untersuchungsobjekte stellt ausgewählte Ergebnisse der Bestandsanalyse und empfohlene Optimierungsvorschläge mit einer kurzen Beschreibung der bedeutendsten Erkenntnisse dar.

Die folgende Tabelle zeigt eine Gegenüberstellung der Analyseergebnisse und die Optimierungsvorschläge der Aufnahmeobjekte. Der Bestand wird anhand des ermittelten regenwasserrelevanten Versiegelungsgrades und des in den Kanal eingeleiteten Anteils der Spitzenabflüsse bei Starkregenereignissen und der mittleren Jahresabflüsse dargestellt. Vorhandene Maßnahmen einer integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung, sowie die jeweiligen Vertikalbegrünungssysteme und weiteren Begrünungen am Grundstück mit ermitteltem Gesamtwasserbedarf bei künstlicher Bewässerung werden angeführt. Für jedes Objekt werden die empfohlenen Optimierungsvorschläge mit Auswirkung auf Spitzenabflüsse und mittleren Jahresabflüsse dargestellt und bei Versickerungsanlagen die potenzielle Aufnahme bis zu einem 1-, 5-, oder 30-jährlichen Starkregenereignis angeführt.

Erklärung zum Verständnis der folgenden Tabelle:

- → Die Bestandswerte des Versiegelungsgrads und Anteil des Spitzenabflusses sind mit Ausnahme des Objekts 9 ident, da ansonsten kein Objekt über Sicker- oder Speicheranlagen verfügt, welche Niederschlagsabflüsse aufnehmen könnten.
- → Das Ergebnis der Maßnahme **Entsiegelung** wird anhand einer gleichermaßen identen Reduzierung des Versiegelungsgrades und des Spitzenabflusses (nur ein Wert) sowie anhand einer Reduzierung des mittleren Jahresabflusses dargestellt.
- → Das Ergebnis der Maßnahme **Versickerung** (ober-, unterirdische Anlage) wird anhand der Aufnahme eines 1-, 5-, oder 30-jährlichen Starkregens dargestellt.
- → Das Ergebnis der Maßnahme **Regenwasserspeicherung und -nutzung** kann nicht für eine Reduzierung des in den Kanal eingeleiteten Spitzenabflusses angegeben werden (), es wird jedoch anhand einer Reduzierung der in den Kanal eingeleiteten mittleren Jahresabflüsse dargestellt.
- → Die farbliche Bewertung erfolgt wie im Kapitel Material und Methoden beschrieben.

Tab. 39: Gegenüberstellung Analyseergebnisse Bestand und Optimierungsvorschläge Aufnahmeobjekte. Quelle: Eigene Erstellung 2019

			BESTAND		OPTIMIERUNGSVORSCHLAG					
	Einleitung Kanal			Vertikal- Begrünungen	Maßnahmen	ung & ofluss	rer fluss			
OBJEKT	Versiegelung & Spitzenabfluss	mittlerer Jahresabfluss	RWM Maßnahmen	sonstige Begrünung Wasserbedarf	integrativer naturnaher Regenwasser- Bewirtschaftung	Versiegelung & Spitzenabfluss	mittlerer Jahresabfluss			
	Versie Spitze	mit Jahres	DBDachbegri bgbodengebu		gebunden, tgtroggebunden	Stark	ahme regen jährlich)			
1 0,87 Fuhrmanns gasse	99 % 99 %	88 %	keine (Beet)	→ B: RW-Nutzung (Regentonne)	-	88 %				
				wg, tg,	→ A: Entsiegelung Hof	75 %	63 %			
2 0,68 GRG 7	82 % 82 %	70 %	DB (Hochbeete)	in Pflanzbeet Hochbeete	→ B: Versickerung (Raingarden, Sickerkörper)	> 30-jä	ihrlich			
Kandlg.	32 ,		(11001100010)	88 m³	→ C: RW-Nutzung (Zisternen)	-	63 %			
					→ A: Entsiegelung Hof	60 %	51 %			
3 0,75	69 %		DB (Beete)	bg, wg, tg	→ B: Retention (DB)	61 %	46 %			
Boutique Hotel	69 %	59 %		DB, Beete 183 m³	→ C: Versickerung (Raingarden, Sickerkörper)	> 30-jä	ihrlich			
					→ D: RW-Nutzung (Tanks)	ı	30 %			
4 0,87	95 %	86 %	keine	tg Beete, Tröge	→ A: Entsiegelung Hof	90 %	80 %			
Amtshaus	95 %	00 %	(Beete)	35 m ³	→ B: RW-Nutzung (Tanks)	-	82 %			
			DB (Vordach)	bg Baumscheiben Beete, Pflanzgefäße	→ A: Entsiegelung Hof	87 %	76 %			
5 0,79	93 %		durchlässige Pflasterfläche (Baumsch.,		` '	71 %	62 %			
WUK	93 %	83 %			→ C: Versickerung (Sickerschächte)	5-jäh	rlich			
			Sand, Beete)	2,4 m³ (479 m³)	→ D: RW-Nutzung – (Zisternen) inkl. Maßnahme B	ı	68 %			
6 1,0	72 %	67 %	DB	tg, intensive DB	→ A: Retention (DB)	61 %	50 %			
Hängende Gärten	72 %	07 70	DD	326 m ³	→ B: RW-Nutzung (Tanks)	-	21 %			
7 0,79	83 %	70.0/	DB (über	wg, tg	→ A: Retention (DB)	73 %	63 %			
Apollog.	83 %	76 %	Tiefgarage)	intensive DB 55 m³ (115 m³)	→ B: RW-Nutzung – (Tanks) inkl. Maßnahme A	-	59 %			
0 0 44			Pflaster mit Sickerfuge,	wg	→ A: Entsiegelung Freifl.	60 %	48 %			
8 0,41 At the Park Hotel	70 % 70 %	59 %	Rasengitter- Steine	Rasen, Gehölz	→ B: Versickerung (Raingarden, Sickerkörper)	> 30-jä	ihrlich			
			(Rasen)	80 m³	→ C: RW-Nutzung (Tanks)	-	57 %			
9 0,58 J2 Seestadt	49 % 26 %	15 %	DB Sickermulde, Sickerfläche, durchl. Pflast.	bg Rasen 0 m³	→ B: Versickerung (Raingarden, Sickerfläche)	> 30-jä	ihrlich			
10 0,86 MA 48	93 % 93 %	77 %	DB (Vordach)	wg Rasen 475 m³	→ B: RW-Nutzung (Zisternen/Tanks)	-	5,8 %			

Wie die Ergebnisse der Bestandsanalyse zeigen, ist der regenwasserrelevante Versiegelungsgrad mit Ausnahme des Objekts 9 in der Seestadt-Aspern bei allen anderen Objekten mit über 70 % sehr hoch. Aufgrund der Oberflächen dieser Objekte sind die Niederschlagsabflüsse entsprechend hoch, ebenso die Einleitung dieser in den Kanal, da keines der neun Objekte Versickerungsanlagen oder Regenwasserspeicheranlagen aufweist. Eine Ausnahme stellt das Objekt 9 im Stadtentwicklungsgebiet Seestadt-Aspern da, auf diesem nur rund ein Viertel der Niederschlagsmengen eines Starkregenereignisses und lediglich 15 % der mittleren Jahresabflüsse in den Kanal geleitet werden. Grund dafür ist eine flächendeckende Dachbegrünung des Gebäudes sowie Sickermulden und Sickerflächen für die Abflüsse der Freiflächen.

Die Optimierungsvorschläge zeigen eine Verbesserung des Bestandes hinsichtlich einer Reduzierung des Versiegelungsgrades und der in den Kanal eingeleiteten Niederschlagsmengen.

Die Entsiegelung von Hof und Freiflächen wirkt sich bei den meisten Objekten aufgrund der geringen Flächenanteile zur Gesamtfläche (hohe GRZ) nur geringfügig aus. Die Regenwasserretention durch eine Dachbegrünung hat bei entsprechender Eignung der Gebäude eine höhere Wirkung auf die Niederschlagsabflussverringerung. Die Speicherung und Nutzung von Regenwasser für die Bewässerung im Außenbereich zeigt auch eine deutliche Reduktion der mittleren Jahresabflüsse, kann aber für Starkregenereignisse nicht bemessen werden, da die Unsicherheit über den Füllstand der Speicher zu hoch ist. Die potentielle Reduzierung hängt stark mit dem erforderlichen Wasserbedarf der zu bewässernden Begrünungen zusammen. Bei großflächiger Vertikalbegrünung mit hohem Wasserbedarf wie bei Objekt 10 können die gesamten Dachflächenabflüsse genutzt werden und dadurch eine Reduktion der mittleren Gesamtniederschlagsabflüsse des Grundstücks von über 90 % erwirkt werden.

Folgend werden die Fragenstellungen aufgrund der Erkenntnisse aus den Aufnahmen und Analysen der Untersuchungsobjekte und mit Wissen aus der Literatur beantwortet.

- 1. Welche Gebäudeausstattungen und Freiraumbeschaffenheiten sind bezogen auf den Umgang mit Regenwasser bei innerstädtischen Gebäuden relevant? Wie sind diese bei den Untersuchungsobjekten vertreten?
 - Wie hoch ist der Anteil versiegelter und undurchlässiger Oberflächen bei den untersuchten Objekten?
 - Welche Abflussmengen werden im Jahresdurchschnitt und bei einem Starkregenereignis bei den einzelnen Objekten in den Kanal eingeleitet?
 - Sind Maßnahmen einer integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung bei den Untersuchungsobjekten vorhanden und wenn ja welche?

In Stadtzentren und gründerzeitlich geprägten Blockrandbebauungen ist der Bebauungsgrad meist sehr hoch und damit der Anteil der Dachflächen zur Grundstücksfläche am höchsten (GEIGER et al. 2009). Die untersuchten Objekte (1-7 und 10) innerhalb des Wiener Stadtzentrums (Gründerzeitareale) weisen hohe Bebauungsgrade mit einer GRZ zwischen 0,68 und 1,0 auf. Das Objekt 8 am Rande der Altstadt Baden weist eine wesentlich geringere GRZ von 0,41 auf, ebenso das Objekt 9 im Stadtentwicklungsgebiet Seestadt-Aspern mit einer GRZ von 0,58. Die Höhe des Bebauungsgrades alleine gibt jedoch wenig Auskunft über den Verlauf des Regenwassers, vielmehr kommt es auf die Oberflächengestaltung (Dachflächen, befestigte Flächen) und Beschaffenheit des Freiraumes (Sickermöglichkeiten) an.

Da die Dachflächen einen wesentlichen Anteil der gesamten Bauplatzfläche ausmachen, wirkt sich die Beschaffenheit bzw. Dachdeckung am stärksten auf den regenwasserrelevanten Versiegelungsgrad aus. Dieser liegt bei den Untersuchungsobjekten zwischen 49 % und 99 % bezogen auf den gesamten Bauplatz. Eine Dachbegrünung erwirkt dabei im Vergleich zu hart gedeckten Dachflächen den größten Unterschied, da diese einen Wasserrückhalt je nach Schichtaufbau zwischen 40 % und > 90 % aufweist (FLL 2002).

Einzelne Teil-Dachbegrünungen sind bei sechs Objekten (2, 3, 5, 6, 7, 10) vorhanden, aber erstrecken sich zum Teil nur über kleine Flächen (z.B. Vordach). Eine flächendeckende Dachbegrünung ist bei Objekt 9 in der Seestadt-Aspern vorhanden, welches auch den mit Abstand geringsten Versiegelungsgrad und dadurch geringste Niederschlagsabflüsse aufweist.

Bei den überwiegend hart gedeckten Steildächern der Untersuchungsobjekte sind die am häufigsten vorhandenen Dachdeckungsmaterialien Faserzementplatten und Blech, die nahezu 100 % des Niederschlags ableiten (HEINRICHS 2016). Bei Flachdächern ist neben Dachbegrünungen und Blech die häufigste Bedeckung mit Kies gegeben, welche rund 80 % der Niederschläge ableitet (HEINRICHS 2016).

Der oft wesentlich geringere Hof bzw. Freiflächenanteil an der Gesamtfläche weist bei den Untersuchungsobjekten einen regenwasserrelevanten Versiegelungsgrad zwischen 50 % und 90 % auf.

Rasen- und Beetflächen mit Bodenanschluss können dabei im besten Fall 100 % der dort aufkommenden Niederschläge versickern, intensive Begrünungen von Tiefgaragen weisen idente Abflussbeiwerte wie Dachbegrünungen auf. Hingegen leiten befestigte Oberflächen wie Asphalt-, Betondecken und Plattenbeläge mit Fugenverguss zwischen 80 % und 100 % der Niederschläge ab (HEINRICHS 2016).

Die befestigten Freiflächen der Objekte in Wien sind großteils undurchlässig mit Asphalt, Beton oder verfugten Plattenbeläge versiegelt. Nur bei Objekt 5, 7 und 9 sind einzelne Teilflächen durch Plattenbeläge mit offenen oder Kies verfüllten Fugen befestigt, welche zumindest Niederschlagsteilmengen versickern können. Durchlässige Oberflächenbefestigungen wie Verbundsteinpflaster mit Sickerfuge oder Rasengittersteine, durch welche zwischen 80 % und 60 % des Niederschlags versickern können, sind nur bei den Freiflächen des Objekts 8 in Baden vorhanden.

Der in den Kanal eingeleitete Anteil des Gesamtniederschlages auf den jeweiligen Grundstücken ist bei allen Objekten mit Ausnahme des Objekts 9 in der Seestadt-Aspern sehr hoch. Aufgrund der flächendeckenden Dachbegrünung und Entwässerung der Freiflächen in oberirdischen Sickeranlagen werden am Objekt 9 bei Starkregenereignissen nur rund 26 % der Niederschlagsmengen in den Kanal eingeleitet. Knapp zwei Drittel des Starkregenniederschlages können durch das Gründach zurückgehalten und verdunstet werden, bzw. werden in Sickermulden und auf Sickerflächen versickert. Im Jahresdurchschnitt werden lediglich rund 15 % der mittleren Niederschlagsmengen in den Kanal abgeleitet.

Bei den anderen Untersuchungsobjekten liegt der in den Kanal eingeleitete Anteil des Gesamtniederschlages bei Starkregenereignissen zwischen 70 % und 99 %. Die kleinflächigen Maßnahmen auf Teilflächen der Objekte (Dachbegrünungen, durchlässige Oberflächenbefestigungen, Grünflächen) wirken sich bei Starkregen nur geringfügig auf eine Abflussreduzierung aus. Bei einem 30-jährlichen, 15-minütigen Starkregenereignis werden je nach Objektgröße zwischen 15 m³ und 138 m³ Regenwasser dem Kanalnetz zugeführt.

Im Jahresdurchschnitt werden zwischen 59 % und 88 % der mittleren Niederschlagsmengen in den Kanal abgeleitet, das sind je nach Grundstücksgröße zwischen 263 m³ und 2612 m³ Regenwasser je Objekt pro Jahr. Die beschriebenen kleinflächigen Maßnahmen an den Objekten erzielen lediglich bei den mittleren Jahresabflüssen eine deutlich höhere Wirkung.

Maßnahmen einer naturnaher Regenwasserbewirtschaftung sind bei einzelnen Objekten in Form von Dachbegrünungen, durchlässigen Oberflächenbefestigungen und einer Sickeranlage vorhanden.

Bei Objekt 5 ist der Hof flächendeckend durch ein Pflaster mit Kies gefüllten Fugen befestigt, jedoch sind wirksame durchlässige Oberflächenbefestigungen wie ein Verbundsteinpflaster mit Sickerfuge oder Rasengittersteine nur beim Objekt 8 in Baden vorhanden.

An insgesamt sechs der aufgenommenen Objekte in Wien sind Teildachflächen begrünt, eine flächendeckende Dachbegrünung ist nur am Objekt 9 in der Seestadt-Aspern vorhanden. Ebenso sind Sickermulden und Sickerflächen zur Entwässerung der Balkone und Freiflächen an diesem Objekt realisiert. Bei Objekt 3 befindet sich eine ehemalige Regenwassernutzungsanlage mit Speichertanks im Keller, mit der früher Regenwasser für die Toilettenspülung und Grünflächenbewässerung verwendet wurde. Aufgrund von Farb- und Geruchsentwicklung des gesammelten Wassers, wegen fehlender Filter vor den Speichertanks, wurde die Anlage auf eine Brunnenwassernutzung umgerüstet.

2. Welche zukunftsorientierten Arten der Regenwasserbewirtschaftung sind für den Außenraum der Untersuchungsobjekte möglich und sinnvoll?

→ Entsiegelung

In Städten wird etwa nur 5 % des Niederschlags über Verdunstung in die Atmosphäre abgegeben, in der unbebauten Natur hingegen rund 75 % (MAGISTRAT DER STADT WIEN 2018). Das wirkt sich ungünstig auf den lokalen Wasserhaushalt und das städtische Kleinklima aus. Durch die Schaffung von durchlässigen Oberflächen anstatt versiegelter Oberflächenbefestigungen kann Niederschlagsabfluss verhindert bzw. reduziert werden. Mit der richtigen Wahl der durchlässigen Befestigungsart müssen keine Nutzungsansprüche eingeschränkt werden, aber der Austausch zwischen Atmosphäre und Boden kann stattfinden und Regenwasser in den Untergrund versickern bzw. wieder verdunsten.

Wasserdurchlässige Oberflächenbefestigungen wie bspw. Schotterrasen, Rasenfugenpflaster, oder durchlässige Beton-, Natursteinpflaster bzw. Asphaltdecken

sind gut im Bereich von Gehwegen und Fahrbereichen geeignet und weisen Versickerungsleistungen von 70 - 100 % auf (ZELTWANGER 2014). Auch wassergebundene Decken oder kunstharzgebundene Beläge eignen sich an hoch beanspruchten Plätzen und können mit hoher Wasserdurchlässigkeit errichtet werden, diese lassen jedoch keine Vegetation wie bei Schotterrasen oder Rasenfugenpflaster zu (GRAT 2009).

An fünf der Untersuchungsobjekten wäre eine Entsiegelung von undurchlässigen Oberflächen wie Asphalt, Beton oder versiegelten Pflasterflächen möglich und ein Ersatz mit Verbundsteinpflaster mit Sickerfugen in Abstimmung mit der vorgefundenen Nutzung empfehlenswert. Da der optimierte Flächenanteil in Bezug auf die gesamte Grundstücksfläche jedoch meist gering ist, wirkt sich die Maßnahme je nach Objekt relativ gering auf den gesamten Versiegelungsgrad und die Niederschlagsabflüsse aus (Reduzierung zwischen rund 5-18 %).

Die zur Berechnung des Spitzenabflusses angewendeten Abflussbeiwerte (C_s) der DIN 1986-100: 2016 12 sind für Oberflächenbefestigungen relativ hoch angesetzt, was dazu führt, dass auch durchlässige Oberflächenmaterialien z.T. hohe Abflüsse aufweisen. Bspw. haben Kleinsteinpflasterflächen einen C_s von 0,7 , Rasengittersteine 0,4 oder Verbundsteinpflaster mit Sickerfugen 0,4 , wobei ein Wert von 1,0 ein Abfluss von 100 % bedeuten würde (HEINRICHS 2016).

Untersuchungen kommen jedoch z.T. zu weit höheren Versickerungsraten verschiedener Oberflächenbefestigungen. So untersuchte CIPOLLA et al. (2016) in Rimini, Italien die Sickerfähigkeit an acht verschiedenen durchlässigen Oberflächenbefestigungen (Rasengittersteine, Betonsteine mit Kiesfüllung, Kunststoffwabengitter, ...) auf Parkplätzen, die zw. 2002 und 2010 errichtet wurden. Die geringste Versickerungsrate wurde bei verzahnten Betonsteinen mit 123 mm/h und die maximale bei Betongittersteinen mit Kiesfüllung mit 20 137 mm/h festgestellt. VOGEL & MOORE (2016) beschreiben in ihrer Studie eine durchschnittlich konstante Versickerungsrate von portugiesischen Kleinsteinpflasterflächen mit 65 mm/h.

In den Niederlanden, Belgien und Deutschland wird eine Sickerleistung von 97,2 mm/h als Mindestanforderung durchlässiger Oberflächenbefestigungen nach einigen Jahren nach Errichtung gefordert (BOOGAARD et al. 2014). Alle untersuchten Beispiele in Rimini würden diesen Anforderungen auch nach einigen Jahren Standzeit entsprechen (CIPOLLA et al. 2016).

Demnach könnten möglichweise weit höhere Sickerleistungen und damit geringere Abflussraten als in der DIN 1986-100: 2016 12 oder in der ÖNORM B 2506-1: 2013 08 01 für Oberflächenbefestigungen angegeben, erreicht werden.

→ Versickerung - oberirdische Versickerungsanlagen

Oberflächige Versickerungsanlagen wie Flächen- und Muldenversickerung, Raingarden, Mulden-Rigolen-Systeme, Beckenversickerung oder Teichversickerung erfordern je nach System einen relativ hohen Flächenbedarf im ohnehin begrenzten Freiraum. Diese Systeme ermöglichen jedoch eine Versickerung von Niederschlagsabflüssen bei guter Reinigungsleistung durch eine Oberbodenpassage in den Untergrund und können temporär durch einen entsprechenden Einstau große Mengen bei Starkregenereignissen aufnehmen (ZELTWANGER 2014).

Bepflanzte Raingardens können durch eine Umgestaltung von ungenutzten Grünflächen oder Beeten zu ansprechenden Elementen im Freiraum werden und dabei je nach verfügbarer Fläche große Mengen der anfallenden Niederschlagsabflüsse von Dach- und undurchlässigen Flächen direkt auf dem Grundstück versickern (GRIMM 2010).

Hemmnisse für den nachträglichen Einbau solcher Systeme, speziell bei dicht bebauten Objekten, ist ein ausreichender Abstand zu unterkellerten Gebäuden (mind. 2 m) (POLAK 2011) sowie zu bestehenden Gehölzen, um dadurch nicht Nässe an Bauteilen bzw. schwerwiegende Wurzelschäden zu verursachen.

Unter Berücksichtigung der beschriebenen Voraussetzungen und Vermeidung von Nutzungskonflikten auf den Freiflächen wäre eine Realisierung von Raingardens an vier Objekten möglich, sofern keine Einschränkung durch Leitungen oder sonstige unterirdische Bauteile gegeben ist. Teilweise in Kombination mit weiteren Maßnahmen können dabei Niederschlagsabflüsse des gesamten Objekts bis zu einem 30-jährlichen, 15-minütigen Starkregenereignis und darüber hinaus aufgenommen und versickert werden bzw. kann über die Bepflanzung verdunsten.

An Versickerungssystemen wird laufend geforscht um bspw. die Reinigungsleistung spezifischer Verunreinigungen (Tausalz, Schwermetalle, ...) nachzuweisen oder stabilisierende Anforderungen an das Substrat zu erhöhen, um einer Verdichtung oder Verschlämmung entgegenzuwirken. Das System "DrainGarden" bspw. wurde entwickelt, um als dezentrales Retentionssystem eine rasche Wasseraufnahme zu gute Reinigungsleistung gewährleisten und gleichzeitig eine mit Speicherfähigkeit des Pflanzsubstrates zu ermöglichen (ZELENY 2017). Dadurch kann Regenwasser wie auch bei Sickermulden oder Raingardens versickern bzw. über die Pflanzen verdunsten und sich so positiv auf den Wasserhaushalt und das Mikroklima ausüben. Diese wirtschaftliche Alternative zur konventionellen Kanalentwässerung mit guter Reinigungsleistung und strukturstabilen Substrat konnte so bereits in einigen Siedlungsgebieten in österreichischen Gemeinden umgesetzt werden.

→ Versickerung - unterirdische Versickerungsanlagen

Unterirdische Versickerungsanlagen wie Rigolen-/ Rohrversickerung, Schachtversickerung oder Sickerkörper haben den großen Vorteil, dass sie an der Oberfläche keinen Platz in Anspruch nehmen und somit keine Nutzungskonflikte im begrenzt verfügbaren Freiraum entstehen. Ein großer Nachteil liegt in der fehlenden Oberbodenpassage und der daraus resultierenden geringen Reinigungsleistung des Systems (GEIGER et al. 2009).

Vorgeschaltete technische Filter oder vorgelagerte oberflächige Sickeranlagen mit Filterpassage (Raingarden) können eine Reinigung ermöglichen bzw. die größten Verunreinigungen im ersten Spülstoß aufnehmen. In solch einer Kombination und bei gering verschmutzen Einzugsflächen kann diese Maßnahme eine Versickerung von großen Niederschlagsabflüssen ohne Nutzungskonflikt an der Oberfläche ermöglichen.

Voraussetzung und Hemmnis für den nachträglichen Einbau unterirdischer Sickeranlagen, speziell an dicht bebauten Objekten, ist ein ausreichender Abstand zu unterkellerten Gebäuden (Richtwert 1,5-fache der Tiefe) (BURGER et al. 2009) und zu bestehenden Gehölzen. Bei geringfügig verschmutzten Einzugsflächen (Dachflächen, Gehwege, ...) oder mit entsprechenden vorgeschalteten Filteranlagen ist eine Versickerung in den Untergrund möglich (GEIGER et al. 2009).

Unter Berücksichtigung dieser Voraussetzungen kann eine unterirdische Sickeranlage in Form von Sickerschächten bzw. Sickerkörpern in Kombination mit weiteren Maßnahmen (z.B. vorgeschalteten Raingarden) an vier Objekten Niederschlagsabflüsse bis zu einem 5- bzw. 30-jährlichen, 15-minütigen Starkregenereignis aufnehmen und versickern, sofern keine Einschränkung durch Leitungen oder sonstige unterirdische Bauteile gegeben ist.

Ein Beispiel für eine kombinierte Lösung wurde an der Wohnhausanlage Süßenbrunnerstraße in Wien angewendet. Lichtatrien zur Belüftung der Tiefgarage wurden dort als offene Sickerschächte ausgebildet, die einen Aufstau von eingeleiteten Niederschlagswasser ermöglichen und durch darunter liegende Schotterpackungen mit Sickerschlitzen Regenwasser versickern können. Die Reinigung der größtenteils unbelasteten Niederschlagsabflüsse ist gegeben, da die Sohle des Tiefbeetes als Bodenfilter ausgeführt (Mischung aus Quarzsand, Feinsand und Kompost) und mit Schattenstauden bepflanzt ist (GRIMM 2016).

Ein Problem bei zunehmender Einstauhöhe bzw. großer hydraulischer Belastung ist die Ablagerung von Schwebstoffen und Sedimenten, die zu einer Verschlammung des Systems führen können. Ein vorgeschalteter Absetzraum (z.B. Schacht oder Sack) reduziert den Eintrag in das nachfolgende System (GRIMM 2010).

→ Regenwasser Speicherung und Nutzung - Dachbegrünung zur Retention

Regenwasserretentionsmaßnahmen in Form von Dachbegrünungen sind sehr wirksam, da sie großflächig an Ort und Stelle Niederschläge aufnehmen, speichern und über Verdunstung wieder an die Atmosphäre abgeben können. Neben einem wirkungsvollen Wasserrückhalt und positivem Einfluss auf das Mikroklima, üben Dachbegrünungen zahlreiche weitere positive Effekte im Bereich Ökologie und Gebäudeschutz aus (FLL 2008).

Bei Neubauten und mit Kies gedeckten Flachdächern von Bestandobjekten ist diese Maßnahme sehr wirkungsvoll und gut realisierbar.

Vorausgesetzt die statischen Erfordernisse sind gewährleistet, kann diese Maßnahme an vier der Untersuchungsobjekten die gesamten Niederschlagsabflüsse um rund 12 % bis 26 % reduzieren. Bei Bestandsobjekten mit Schrägdach oder unzureichender Tragfähigkeit ist eine Begrünung deutlich aufwändiger bzw. hat nur schwache Wirkung aufgrund der zu verwendeten geringen Schichtdicken und begrenzten Wasserspeicherkapazität. Aus diesem Grund kommt eine Dachbegrünung als Regenwassermanagementmaßnahme in Bestandsgebieten mit hohem Anteil an Altbauten mit Schrägdächern seltener in Frage. Im Zuge von Dachgeschoßausbauten bzw. Aufstockung ist das Potential wiederum sehr hoch.

Optimierte Gründachlösungen, die für hohe Speicherkapazitäten und anschließender Verdunstungsleistung von Niederschlägen entwickelt wurden, bieten eine sehr effiziente Regenwassermanagementmaßnahme an Gebäuden.

Die bspw. an der Wohnhausanlage Süßenbrunnerstraße in Wien eingesetzte Systemlösung "Retentionsdach" von der Firma Optigrün ist ein Dachbegrünungsaufbau mit mäandrierenden Wasserspeicherelementen, einem Extensivsubstrat und einer Vegetationsschicht mit Sedum, Kräutern und Gräsern. Das System hat einen Abflussbeiwert von lediglich 0,17 bei einer Schichtstärke zw. 12 – 15 cm (ab 120 kg/m²) und hält große Mengen des Niederschlags für mehrere Tage zurück bzw. verdunstet mindestens 50 % des Regenwassers über die Vegetationsschicht (GRIMM 2016).

→ Regenwasser Speicherung und Nutzung –

mit Speicherwerken zur Bewässerung von Begrünungen

Als Regenwassermanagementmaßnahme bei Starkregenereignissen sind Regenwassernutzungsanlagen erst ab größeren Speichervolumen wirkungsvoll. Das geeignete Speichervolumen hängt wiederum von der geplanten Nutzung und deren Wasserbedarf ab (GEIGER et al. 2009). Speicheranlagen, die nur als temporäre Retentionsmaßnahme Regenwasser bei Starkregenereignissen gedrosselt oder zeitverzögert in den Kanal abgeben, werden aufgrund des geringen Gesamtnutzens bei hohem Platzbedarf hier nicht weiter behandelt.

Speicheranlagen, die zur Nutzung des Regenwassers ausgelegt und bemessen sind, können Spitzenabflüsse mindern und je nach Füllgrad bestimmte Mengen aufnehmen. Aufgrund der Ungewissheit des Füllgrades und des zeitlichen Auftretens eines Starkregenereignisses wird in dieser Arbeit vom "worst-case" (volle Speicher) ausgegangen und keine Aufnahme bzw. Reduktion des Spitzenabflusses bemessen.

Abhängig vom Wasserbedarf der verschiedenen Begrünungen an den Aufnahmeobjekten werden die erforderlichen Speichervolumen ermittelt und dadurch eine Trinkwassereinsparung sowie eine Reduktion der mittleren Jahresabflüsse abgeleitet.

An insgesamt neun der Untersuchungsobjekten ist eine Bewässerung erforderlich und eine Speicherung in Tanks, Zisternen oder Regentonne wäre möglich. Die Reduktion der mittleren Jahresabflüsse ergibt sich hauptsächlich durch den Wasserbedarf sowie der vorhandenen Einzugsflächen des gesamten Grundstücks und beträgt daher zwischen 0,2 % (bodengebundene Begrünung, Einzugsfläche Vordach Objekt 1) und 92,4 % (vollflächige wandgebundene Begrünung, Einzugsfläche gesamte Dachfläche Objekt 10). Je höher der Wasserbedarf, desto größer ist das Speichervolumen und damit die Reduzierung von Niederschlagsabflüssen bzw. das Potential der Spitzenabflussminderung bei Starkregenereignissen.

Die Ermittlung des tatsächlichen Aufnahmevolumens bei Starkregenereignissen ist aufgrund der großen Ungewissheit des zeitlichen Auftretens und vorherrschenden Füllgrades der Speicher schwer möglich.

Intelligente Systeme mit automatisch gesteuerter Regulierung des Füllgrades bietet bspw. die Firma Sieker - Regenwasserexperten an. Intelligente Zisternen sind mit Wettervorhersagediensten verbunden und können vor erwarteten Starkregenereignissen gezielt Wassermengen ablassen, um dadurch große Niederschlagsabflüsse aufnehmen zu können (SIEKER 2020).

3. Wie kann Regenwasser als Ressource für vertikale Gebäudebegrünungen bei den Untersuchungsobjekten genutzt werden?

Vertikalbegrünungen benötigen je nach System eine künstliche Bewässerung, da der natürliche Niederschlag nicht ankommt bzw. der Wurzelraum nur geringe Mengen speichern kann. Abhängig von den eingesetzten Pflanzen variiert der Wasserbedarf aufgrund der Blattmasse und Transpirationsleistung über die oberirdischen Pflanzenteile stark. Kletterpflanzen mit einer stattlichen Höhe und Ausbreitung können, wie im Fall der Begrünung in Trögen am Adlershof in Berlin, an heißen Tagen bis zu 15 l/m² Trogoberfläche verdunsten (STEFFAN et al. 2010). Auch bei den Untersuchungsobjekten aufgenommene wandgebundene Begrünungssysteme benötigen zum Teil am Tag über 3 l/m² (Kassettensystem Objekt 2) bzw. über 1000 l/m² pro Jahr (Mattensystem Objekt 8). Hingegen benötigen bodengebundene Kletterpflanzen mit uneingeschränktem Wurzelraum zum Teil weder eine künstliche Bewässerung noch eine direkte Fläche mit natürlicher Niederschlagsversickerung, da ihre Wurzeln bis ins Grundwasser oder zu anderen Wasserquellen reichen (Objekt 1 und 5). Ein Absinken des Grundwasserspiegels oder Versiegen anderer Quellen kann dabei jedoch zukünftig auch zu einer Unterversorgung der Pflanzen führen.

Sämtliche wandgebundene Systeme benötigen eine regelmäßige, zuverlässige, (sensorgesteuerte) automatische Bewässerung. Bei allen Untersuchungsobjekten mit wandgebundenen Vertikalbegrünungen erfolgt die Bewässerung automatisch gesteuert mit Trinkwasser aus dem örtlichen Versorgungsnetz. Für eine Nachrüstung zur Nutzung des anfallenden Regenwassers werden Speicher in Form von Speichertanks im Keller (Objekte 1, 4, 6, 7, 8 und 10), unterirdisch verbauten Zisternen (Objekte 2, 5 und eventuell 10), oder einer aufgestellten Regentonne (Objekt 1) empfohlen. Bis auf die Regentonne benötigen alle Regennutzungsanlagen eine Sammelvorrichtung mit Leitungen und Filtern von den Dachflächen bzw. Fallrohre zu Speichern sowie vorhandenen den ein eigenes Pumpwerk, um die Bewässerungsanlagen mit den erforderlichen Wasserspezifikationen (Wasserqualität, Druck, Durchfluss, ...) speisen zu können.

Neben dem Umrüstungsaufwand bringt Regenwasser im Vergleich zu Leitungswasser aber auch Vorteile für das System. Kalkhaltiges Leitungswasser verstopft Düsen (Objekt 6) und birgt Probleme mit organischen Flüssigdünger (Objekt 8), Regenwasser ist hingegen frei von Kalk, hat eine geringe Wasserhärte und einen geringen Salzgehalt (LWG 2017).

Der Trinkwasserpreis ist in Wien mit knapp 2 €/m³ sehr günstig, gemeinsam mit den Abwassergebühren fallen jedoch rund 4 €/m³ Leitungswasser an (Wasserbezug: 1,92 €/m³ + Abwassergebühr: 2,11 €/m³) (MAGISTRAT DER STADT WIEN - MA 31 2019). Die Trinkwassereinsparung liegt bei den Objekten zwischen 0,6 m³ und 479 m³ pro Jahr (inkl. weiterer Begrünungsmaßnahmen), wodurch sich die allgemein günstig angenommenen Errichtungskosten einer Regenwassernutzungsanlagen von 400 €/m³ Speichervolumen bei den meisten Objekten nach rund 8-10 Jahren amortisieren könnten (ohne Wartungskosten und Zinsen). Je nach Systemaufbau, ob günstige Kunststofftanks im Keller oder teurere Betonzisternen mit Aushub im Freiraum, können die Kosten im Einzelfall von den Berechnungen abweichen und sich die Amortisationszeit entsprechend ändern. Die Kontrolle und Instandhaltung kann im Zuge der bestehenden Bewässerungsanlagenwartung erfolgen, dadurch entstehen nur geringe zusätzliche Wartungsaufwände während des Betriebes. Mit einem zu erwartenden Anstieg der Wasserversorgungs- und Entsorgungsgebühren in Zukunft bzw. höheren Kosten könnte in anderen Regionen sich eine Regenwassernutzungsanlage auch früher amortisieren.

Ein Nachteil bei der Nutzung von im Keller oder unterirdisch gespeichertem Regenwasser im Vergleich zur örtlichen Trinkwasserversorgung, welches mit konstantem statischem Wasserdruck befördert wird, ist die notwendige Energie, um das Regenwasser bis zum höchsten Punkt der Vertikalbegrünung zu befördern. Diese Energie könnte jedoch durch Photovoltaikanlagen bereitgestellt werden, welche sich gut mit Fassadenbegrünungen kombinieren lassen und dabei ihre Kühleigenschaften positive Effekte auf den Wirkungsgrad der PV-Module ausüben (BRANDENBURG et al. 2015).

Eine Nutzung der Schwerkraft durch die Speicherung von großen Wassermengen auf dem Gebäude ist bei Bestandgebäuden meist nicht möglich und auch bei Neubauten aufgrund der statischen Erfordernisse eher unwirtschaftlich.

Das innovative System "Vertikal Rain Garden" der Firma Treebox kombiniert eine wandgebundene Begrünung (Trog/Regalsystem) mit einer selbständigen Bewässerung durch Regenwasser und begrünt seit 2013 eine Wand in London. Die Pflanzen in den modularen Pflanzwannen versorgen sich bis zu sechs Wochen selbständig durch Kapillarwirkung über direkt verbundene Kunststofftanks. Über Fallrohre mit Laubabscheider werden die Kunststofftanks mit den Dachabflüssen befüllt und benötigen dabei weder Pumpen, eine Steuerung oder Strom für den Betrieb (NEW ATLAS 2015). Nach eigener Ermittlung kann das System bei leeren Tanks bis zu 0,16 m³ pro m² Wandfläche (bei vier Wannen pro m Höhe) aufnehmen.

Eine entsprechend großflächige Begrünung wäre für die Umsetzung mit einem solchen System erforderlich, um eine wirkungsvolle Dachflächenentwässerung zu erzielen.

Dabei sind die erhöhten statischen Erfordernisse der Wandkonstruktion aufgrund des zusätzlichen Gewichts nicht zu vernachlässigen. Der unbekannte Füllstand bei Regenereignissen und eine damit möglicherweise eingeschränkte Aufnahmekapazität gibt Ungewissheit über die Effizienz als Maßnahme zur Kanalentlastung bei Starkregenereignissen.

Neben wirtschaftlichen Aspekten und einer Abflussminderung entlastet eine Regenwassernutzungsanlage jedoch sowohl das nicht unerschöpfliche Trinkwasserversorgungsnetz sowie das durch die Intensivierung von Starkregenereignissen teils bereits überlastete Abwassersystem.

Bei den Objekten 1, 4, 6, 7 und 8 liegt der Wasserbedarf für die Begrünungen unter den mittleren Jahresabflüssen der vorhandenen Dachflächen, welche sich durch eine Speicheranlage von mindestens 0,2 % bis zu 69 % reduzieren würde. Bei Objekt 10 ist der Wasserbedarf für die großflächige Vertikalbegrünung höher, als mittlere Jahresniederschläge auf dem Grundstück anfallen, sodass die gesamten Dachabflüsse für die Bewässerung genutzt werden könnten und im besten Fall gar keine Einleitung in den Kanal erfolgen müsste.

Das Potential bei großflächigen wandgebundenen Vertikalbegrünungen ist daher sehr hoch, um Regenwasser vor Ort als Ressource zu nutzen, über Verdunstungsprozesse an die Umgebung wieder abzugeben, die Kanal- und Kläranlagen zu entlasten sowie den Trinkwasserbedarf zu reduzieren. Regenwasser könnte auf diesem Weg in dicht bebauten Stadtgebieten dem kleinen Wasserkreislauf zugeführt werden und positive Effekte auf das Mikroklima ausüben, ohne dabei begrenzte horizontale Flächen zu beanspruchen (BRANDENBURG et al. 2015). Die hohen Kosten wandgebundener Begrünungssysteme bedingen jedoch in vielen Fällen, dass nur kleinflächige Fassadenbereiche begrünt werden und sich eine Regenwassernutzungsanlage dann in vielerlei Hinsicht nur geringfügig rechnet.

5 Ausblick

Im Zuge der Untersuchungen und Bearbeitung des Forschungsthemas haben sich weitere forschungsrelevante Fragen und Themen aufgetan.

Bei den meisten Untersuchungsobjekten sind die Niederschlagsabflüsse von den Dachflächen höher, als der Wasserbedarf vorhandener Begrünungen. In diesen Fällen wäre eine zusätzliche Nutzung von Regenwasser für andere häusliche Zwecke wie Toilettenspülung oder Waschwasser ratsam und könnte dabei sämtliche Niederschlagsabflüsse des Grundstücks verwenden und große Trinkwassermengen einsparen.

Auch die Speisung einer adiabaten Abluftkühlungsanlage mit Regenwasser und Kombination mit anschließender Nutzung könnte viele Vorteile vereinen und die Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen deutlich erhöhen.

Bei der Verwendung von Regenwasser für die Bewässerung von Fassadenbegrünungen mangelt es an dokumentierten Langzeiterfahrungen, welche Vor- und Nachteile beschreiben. Bspw. erhöht oder verringert sich die Abnutzung und Verstopfung von Bauteilen einer Bewässerungsanlage durch Kalk, Grob- und Feinstoffe, gibt es Wechselwirkungen mit verschiedenen Düngemitteln, …?

Welche Systeme/Bauteile gibt es bzw. eignen sich für eine ausschließlich durch Schwerkraft gespeiste Regenwasser-Bewässerungsanlage?

Um nicht übermäßig Trinkwasser zu verbrauchen, wird bei Fassadenbegrünungen häufig auf eine trockenverträgliche Pflanzenauswahl gesetzt. Ein Gedanke bei der Nutzung von Regenwasser wäre, gezielt Pflanzenarten mit einem hohen Wasserbedarf und hoher Verdunstungsleistung einzusetzen, um einerseits Regenwasser in einem größeren Ausmaß zu "verbrauchen" und andererseits damit die Luft zu kühlen und positive Effekte auf das Mikroklima zu erwirken.

Dabei kommt die Frage auf: Wieviel begrünte Fassadenfläche wird benötigt, um eine Dachfläche zu entwässern? Zu untersuchen wäre das Verhältnis von notwendiger Fassadenbegrünungsfläche zu hart gedeckten Dachflächen, um das Regenwasser im Kreislauf führen zu können. Um dazu genaue Werte zu ermitteln, bedarf es umfassender Wasserbedarfsmessungen von verschiedenen Begrünungssystemen in unterschiedlichen Expositionen und Lagen, unter Berücksichtigung von Einstrahlung, Wind und weiterer Faktoren.

Das Forschungsfeld einer zukunftsfähigen integrierten Regenwasserbewirtschaftung hat noch großen Forschungsbedarf, um geeignete Maßnahmen und kombinierte Lösungen für Objekte urbaner Siedlungsgebiete zu erarbeiten.



6 Zusammenfassung

Ziel der Arbeit ist es, Möglichkeiten der integrativen naturnahen Regenwasserbewirtschaftung an Gebäuden in Stadtzentrumslage aufzuzeigen, um einerseits durch Entlastung des Kanalnetzes die Überflutungssicherheit bei Starkregenereignissen zu erhöhen, und andererseits Regenwasser wieder dem natürlichen Wasserkreislauf zuzuführen. Neben verschiedenen Arten der Regenwasserversickerung Fokus und Rückhaltung lag der auf der Regenwassernutzung für die Bewässerung von vertikaler Gebäudebegrünung, womit dem Effekt von Urban Heat Islands entgegengewirkt werden kann.

Dazu wurden insgesamt zehn Untersuchungsobjekte mit unterschiedlichen Fassadenbegrünungen in Stadtzentrumslage von Wien und Baden gewählt. Durch Fachgespräche, einer Bestandsaufnahme und Analyse der Objekte wurden Versiegelungsgrad, die Spitzenabflussmengen eines 1-, 5- und 30-jährlichen Starkregenereignisses mit 15-minütiger Dauer, die mittleren Jahresabflüsse sowie der in den Kanal eingeleitete Anteil des Niederschlages ermittelt. Der Wasserbedarf der vorhandenen Begrünungen wurde über Verbrauchsmesser der installierten Bewässerungsanlagen erhoben, sofern keine Messeinrichtung bzw. Messwerte vorhanden waren, wurde der Bedarf vegetationstypenbegrünungssystemabhängig berechnet. Anhand der aufgenommenen Ausstattungen, Oberflächen und ermittelten Daten erfolgte eine Bewertung der Objekte mit Ableitung des Handlungsbedarfs und der Potentiale. Ausgehend davon wurden für jedes Objekt geeignete Regenwassermanagementmaßnahmen empfohlen und die möglichen Aufwertungen der Situation ersichtlich gemacht.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei neun von zehn Objekten der regenwasserrelevante Versiegelungsgrad und der in den Kanal eingeleitete Anteil mit über 70 % als mäßig bis unzureichend bewertet werden muss, und Handlungsbedarf besteht. Nur das Objekt im Stadtentwicklungsgebiet Seestadt-Aspern wurde als passabel bewertet, da der Großteil des Niederschlags durch eine Dachbegrünung zurückgehalten wird und verdunstet, sowie die Freiflächenabflüsse in Sickermulden- und Flächen versickern können.

Die Erhebung der vertikalen Gebäudebegrünungen ergab, dass abgesehen von bodengebundenen Kletterpflanzen, alle wand- und troggebundenen Fassadenbegrünungen künstlich bewässert werden. Mit Ausnahme einer Brunnenwassernutzung erfolgen alle Bewässerungen mit Trinkwasser aus dem örtlichen Leitungsnetz, dabei liegt der Wasserbedarf der vorhandenen Begrünungen zwischen 0,6 und 475 m³ im Jahr.

Die große Bandbreite liegt einerseits an den verschiedenen Begrünungssystemen mit unterschiedlichen Anforderungen und andererseits an der Größe der begrünten und bewässerten Fläche.

Bei Umrüstung auf eine Regenwassernutzung wird das Speichervolumen anhand des Bedarfs und Angebots bemessen. Im Falle des Objekts der MA 48 mit vollflächiger Begrünung der straßenseitigen Fassade wäre der jährliche Wasserbedarf höher als Niederschlag über die Dachflächen gesammelt werden könnte. Dies bedeutet, dass eine Regenwassernutzungsanlage in diesem Fall wirkungsvoll eine Entlastung des Kanalnetzes sowie eine Trinkwassereinsparung bedeutet und einen natürlichen Wasserkreislauf auf dem städtischen Grundstück ermöglichen kann.

Eine Regenwassernutzung mit Speichertanks im Keller oder unterirdischen Zisternen im Hof wäre bei allen Objekten mit Bewässerungsbedarf zu empfehlen und prinzipiell möglich. Der Rückhalteeffekt bei Starkregenereignissen bzw. Nutzung der mittleren Jahresniederschläge hängt jedoch stark vom Speichervolumen und dem Wasserbedarf ab. Aufgrund der günstigen Bedingungen des Leitungswassers (Druck und Verfügbarkeit) und niedrigen Preises erscheint eine Regenwassernutzung unwirtschaftlich, der Errichtungsaufwand kann sich jedoch in den meisten Fällen nach rund zehn Jahren amortisieren.

Neben der Regenwassernutzung wurden für jedes Objekt geeignete Möglichkeiten naturnaher Regenwasserbewirtschaftung eruiert und ihre Wirkung ermittelt.

Eine Entsiegelung der befestigten Freiflächen wird für fünf Objekte empfohlen. Durch durchlässige Oberflächenbefestigungen wie beispielsweise Verbundsteinpflaster mit Sickerfugen anstatt Asphalt- oder Betonflächen kann Niederschlag versickern, ohne dabei die Nutzung der Fläche einzuschränken. Die regenwasserrelevante Auswirkung auf das gesamte Grundstück ist jedoch aufgrund des niedrigen Flächenanteils zur Gesamtfläche relativ gering, weshalb diese Maßnahme nur eine geringfügige Aufwertung der Objekte bedingt.

Einer Dachbegrünung auf Flachdächern mit Kies- bzw. Bitumendeckung wäre an vier Objekten empfehlenswert und könnte den Niederschlagsabfluss deutlich verringern. Zusätzlich üben Gründächer positive Effekte auf Gebäudeschutz, Ökologie und Kleinklima aus und erhöhen im Falle eines nutzbaren Dachbereiches die Aufenthaltsqualität.

Die oberflächige Versickerung von Niederschlagsabflüssen in Raingarden (bepflanzte Sickermulden) wäre an insgesamt vier Objekten möglich. Mit einem Einstau von bis zu 30 cm und teilweise nachgeschalteten unterirdischen Sickeranlagen könnten die gesamten Niederschlagsmengen von 30-jährlichen Starkregenereignissen aufgenommen werden.

Durch Anordnung auf vorhandenen Beeten oder ungenutzten Grünflächen würde kein Nutzungskonflikt entstehen, mit ansprechender Gestaltung kann es den Freiraum auch ästhetisch aufwerten. Die effektive Reinigung der Niederschlagsabflüsse ist durch eine Filterung der belebten Oberbodenpassage gegeben.

Die unterirdische Versickerung in Form von Sickerschächten oder Sickerkörpern ist aufgrund der fehlenden Oberbodenpassage und daher geringen Reinigungsleistung nur bedingt geeignet. An drei Objekten wäre dies in Kombination mit vorgeschalteten Raingarden empfehlenswert und könnte eine Versickerung von 30-jährlichen Starkregenmengen ermöglichen. Bei einem Objekt kommen aufgrund fehlender Oberflächenverfügbarkeit nur unterirdische Sickerschächte infrage, bei denen ein Absetzschacht bzw. technische Filter vorgeschaltet werden sollten. Da im Bereich der Dach- und Hofflächenentwässerung von Wohngebäuden von einer geringen Verunreinigung ausgegangen werden kann, ist hier die Reinigungsleistung von Sickeranlagen weniger bedeutend im Vergleich zur Straßenentwässerung.

An den Objekten, wo unter- bzw. oberirdische Sickeranlagen aufgrund der erforderlichen Abstände zu (unterkellerten) Gebäuden und Baumbestände möglich ist, kann eine Versickerung der Niederschläge von Starkregenereignissen effizient, kostengünstig und naturnah erfolgen. Eine Kombination mit weiteren Maßnahmen ist gut möglich. Die Berechnung und Ermittlung der Überflutungssicherheit bis zu einem bestimmten Starkregenereignis ist gut planbar.

Die Regenwassernutzung mit Speicherelementen hat bei entsprechendem Wasserbedarf ein hohes Potential zur Nutzung des Regenwassers für die Bewässerung. Durch die Verdunstung werden positive Effekte auf das Mikroklima erwirkt und tragen so zur Minderung von städtischen Hitzeinseln bei. Aufgrund der großen Ungewissheit über das zeitliche Auftreten von Starkregenereignissen und des entsprechenden Füllgrades der Speichertanks, kann die Aufnahmekapazität und damit Entlastung des Kanalnetzes nicht gut ermittelt und nachgewiesen werden. Intelligente Systeme mit automatisch gesteuertem Ablassen vor Starkregenereignissen wäre in Zukunft eine Lösungsmöglichkeit.

Bei der Nutzung von Regenwasser zur Bewässerung könnten mehr und auch transpirationsreiche Pflanzen großzügig versorgt werden, um die Verdunstung zu erhöhen und damit Kühleffekte zu erwirken, ohne dabei Trinkwasser zu verbrauchen.

Mit dem Hintergrund der zunehmenden Urbanisierung und Flächenversiegelung sowie der Intensivierung von Starkregenereignissen und Urban Heat Islands durch den Klimawandel können diese Maßnahmen einen wichtigen Beitrag zur Erhöhung der Überflutungssicherheit und Verringerung von Hitzeinseln in Städten leisten.



7 Literatur

- ALEXANDRI, E., JONES, P. (2008): Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. Building and Environment 43, (4), 480–493.
- ALIAS, N., LIU, A., GOONETILLEKE, A., EGODAWATTA, P. (2014): Time as the critical factor in the investigation of the relationship between pollutant wash-off and rainfall characteristics. Ecological Engineering 64, 301–305.
- BEECHAM, S., RAZZAGHMANESH, M., BUSTAMI, R., WARD, J. (2019): The Role of Green Roofs and Living Walls as WSUD Approaches in a Dry Climate. In: SHARMA, A. K. et al., Hrsg., Approaches to water sensitive urban design. Potential, design, ecological health, urban greening, economics, policies, and community perceptions, 409–430.
- BERNDTSSON, J., BENGTSSON, L., JINNO, K. (2009): Runoff water quality from intensive and extensive vegetated roofs. Ecological Engineering 35, (3), 369–380.
- BOLLER, M. (2003): Nachhaltige Regenwasserentsorgung auf dem Weg in die Praxis. Eawag News, (57), 25–28.
- BOOGAARD, F., LUCKE, T., BEECHAM, S. (2014): Effect of Age of Permeable Pavements on Their Infiltration Function. Clean Soil Air Water 42, (2), 146–152.
- BRANDENBURG, C., DAMYANOVIC, D., REINWALD, F., ALLEX, B., GANTNER, B., CZACHS, C. (2015): Urban Heat Islands Strategieplan Wien. MAGISTRAT DER STADT WIEN, WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG MA 22, HRSG., 112 Seiten, Download unter https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/uhi-strategieplan.pdf. (05.04.2019).
- BRITT, R. (2017): Gebäudeoptimierung zur Klimaanpassung Gebäudeoptimierung zur Klimaanpassung Möglichkeiten und Grenzen von Fassadenbegrünung. Bachelorthesis, Hafencity Universität, Hamburg.
- BURGER, R., CAPANO, D., KAINZ, M., PEINTNER, A. (2009): Regenwasserversickerung Leitfaden für Versickerungselemente auf Privatgrund. UMWELTSCHUTZVEREIN BÜRGER UND UMWELT, HRSG., Sankt Pölten, Download unter http://62.40.143.62/Umweltberatung/Uploads/Regenwasserversickerung.pdf. (29.05.2019).
- CIPOLLA, S., MAGLIONICO, M., STOJKOV, I. (2016): Experimental Infiltration Tests on Existing Permeable Pavement Surfaces. Clean Soil Air Water 44, (1), 89–95.
- DEVKOTA, J., SCHLACHTER, H., APUL, D. (2015): Life cycle based evaluation of harvested rainwater use in toilets and for irrigation. Journal of Cleaner Production 95, 311–321.
- DOVER, J. (2015): Green infrastructure Incorporating plants and enhancing biodiversity in buildings and urban environments, Routledge, London.

- EMSCHERGENOSSENSCHAFT (o. J.): Regen auf richtigen Wegen Praxisratgeber für den richtigen Umgang mit Regenwasser. EMSCHERGENOSSENSCHAFT, HRSG., DOWNLOAD UNTER http://www.emscherregen.de/fileadmin/web/files/downloads/publikationen/EG_PraxisratgeberRegen.pdf. (08.05.2019).
- ENZI, V., SCHARF, B. (2012): Das Haus im "Grünen Pelz". Bürogebäude der MA 48, Einsiedlergasse 2, Wien 5. Architekturjournal/Wettbewerbe 36, (303), 14–19.
- FABISCH, M., HENNINGER, S. (2015): Smartphonegestützte Bestandsaufnahme zur ökologischen Bewertung von Siedlungsräumen. In: SCHRENK, M., Hrsg., Plan together right now overall. 5. 7. May, 2015, Ghent, Belgium; 20th International Conference on Urban Planning, Regional Development and Information Society; Tagungsband, Proceedings REAL CORP 2015, 561–570.
- FASSADENGRÜN (2019): Himmelblaue Kaiserwinde (Ipomoea tricolor). FASSADENGRÜN, HRSG., Leipzig, Download unter https://www.fassadengruen.de/kaiserwinde.htm. (12.11.2019).
- FLL, HRSG. (2002): Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen Dachbegrünungsrichtlinie, FLL, Bonn.
- FLL, HRSG. (2008): Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen Dachbegrünungsrichtlinie ; aus der Arbeit des RWA und AK "Dachbegrünung", FLL, Bonn.
- FLL, HRSG. (2018): Fassadenbegrünungsrichtlinien Richtlinien für die Planung, Ausführung und Pflege von Wand- und Fassadenbegrünungen, FLL, Bonn.
- FLORINETH, F. (2004): Pflanzen statt Beton Handbuch zur Ingenieurbiologie und Vegetationstechnik, Patzer, Berlin, Hannover, 272 S.
- GEIGER, W., DREISEITL, H., STEMPLEWSKI, J. (2009): Neue Wege für das Regenwasser, Oldenbourg Industrieverlag GmbH, München. 3. Aufl., 266 S.
- GRAT (2009): Nachhaltige Freiraumgestaltung mittels ökologischer und ökonomischer Lebenszyklusbewertung von Bodenbelägen im Außenbereich, Wien.
- GRIMM, K. (2010): Integratives Regenwassermanagement: Motivenbericht. MAGISTRAT DER STADT WIEN, WIENER UMWELTSCHUTZABTEILUNG MA 22, HRSG., DOWNLOAD UNTER https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/motivenbericht-textteil.pdf. (10.04.2019).
- GRIMM, K. (2016): Regenwassermanangement als Teil der Wohnhausanlage der Siedlungsunion in der Süßenbrunner Straße (22. Bezirk) Dokumentation. MAGISTRAT DER STADT WIEN MA 22, HRSG., DOWNLOAD UNTER https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/suessenbrunnerstrasse-siedlungsunion.pdf. (28.03.2020).

- GUTSCH, A., Hrsg. (2001): Innovation Wasser Beispielhafte Projekte aus den Bereichen Gewässer und Wasser. Initiativen zum Umweltschutz 23, Schmidt, Berlin.
- HANIKA, A. (2019): Kleinräumige Bevölkerungsprognose für Österreich 2018 bis 2040 mit einer Projektion bis 2060 und Modellfortschreibung bis 2075 (ÖROK-Prognose).

 GESCHÄFTSSTELLE DER ÖSTERREICHISCHEN RAUMORDNUNGSKONFERENZ (ÖROK), Hrsg., Download unter https://www.oerok.gv.at/fileadmin/Bilder/2.Reiter-Raum_u._Region/2.Daten_und_Grundlagen/Bevoelkerungsprognosen/Prognose_2018/Ber icht BevPrognose_2018.pdf. (26.03.2019).
- HEINRICHS, F.-J. (2016): Gebäude- und Grundstücksentwässerung Planung und Ausführung DIN 1986-100 und DIN EN 12056-4, Beuth Verlag GmbH, Berlin. 6. Aufl., 1486 S.
- HELMREICH, B., HORN, H. (2009): Opportunities in rainwater harvesting. Desalination 248, (1-3), 118–124.
- HOBAN, A. (2019): Water Sensitive Urban Design Approaches and Their Description. In: Sharma, A. K. et al., Hrsg., Approaches to water sensitive urban design. Potential, design, ecological health, urban greening, economics, policies, and community perceptions, 25–47.
- HOPKINS, G., GOODWIN, C. (2011): Living Architecture Green Roofs and Walls, CSIRO Publishing, Melbourne, 297 S.
- HS HOTELBETRIEBS GMBH BOUTIQUEHOTEL STADTHALLE (2019): Technischer Hintergrund vom Ökohotel in Wien, Download unter https://www.hotelstadthalle.at. (27.05.2019).
- Huwe, C. (2017): Dezentrale Regenwasserbehandlung und Starkregenereignisse. In: Porth, M., Schüttrumpf, H., Hrsg., Wasser, Energie und Umwelt, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 31–37.
- ILLGEN, M. (2017): Starkregen und urbane Sturzfluten Handlungsempfehlungen zur kommunalen Überflutungsvorsorge. In: PORTH, M., SCHÜTTRUMPF, H., Hrsg., Wasser, Energie und Umwelt, Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 20–30.
- KACZMARCZYK, C., KUHR, H., SCHMIDT, A., SCHMIDT, J., STRUPP, P. (2009): Bautechnik für Bauzeichner Zeichnen Rechnen Fachwissen, Vieweg+Teubner Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden, Wiesbaden. 1. Aufl.
- KÖHLER, M., Hrsg. (2012): Handbuch Bauwerksbegrünung Planung Konstruktion Ausführung, Müller, Köln.
- KOLB, W. (2016): Dachbegrünung Planung, Ausführung, Pflege, Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 11 S.
- KROMP-KOLB, H., FORMAYER, H., LUKAS, C. (2007): Auswirkungen des Klimawandels auf Wien unter besonderer Berücksichtigung von Klimaszenarien. MAGISTRATSDIREKTION DER STADT WIEN KLIMASCHUTZKOORDINATION, HRSG., DOWNLOAD UNTER https://www.wien.gv.at/umwelt/klimaschutz/pdf/klimawandel.pdf. (20.05.2019).

- KUTTLER, W. (2011): Klimawandel im urbanen Bereich, Teil 1, Wirkungen. Environ Sci Eur 23, (1).
- LAND NIEDERÖSTERREICH (2019): NÖ Atlas. LAND NIEDERÖSTERREICH, HRSG., DOWNLOAD UNTER https://atlas.noe.gv.at/. (11.10.2019).
- LI, Y., YE, Q., LIU, A., MENG, F., ZHANG, W., XIONG, W., WANG, P., WANG, C. (2017): Seeking urbanization security and sustainability: Multi-objective optimization of rainwater harvesting systems in China. Journal of Hydrology 550, 42–53.
- LWG (2017): Bewässerung im Haus- und Kleingarten. BAYERISCHE GARTENAKADEMIE AN DER BAYERISCHEN LANDESANSTALT FÜR WEINBAU UND GARTENBAU (LWG), Hrsg., Veitshöchheim, Download unter
 - https://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/gartenakademie/dateien/bewaesserung_bericht_4.pdf. (24.10.2019).
- MAGISTRAT DER STADT WIEN (2018): OBERFLÄCHENENTWÄSSERUNG Leitfaden für die Bauplanung Empfehlungen für Wien. MAGISTRAT DER STADT WIEN, HRSG., DOWNLOAD UNTER https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/oberflaechenentwaesserungleitfaden.pdf. (03.05.2019).
- MAGISTRAT DER STADT WIEN MA 22 (2013): Regenwassermanagement. Nachhaltiger Umgang mit wertvollem Regenwasser. MAGISTRAT DER STADT WIEN MA 22, HRSG., DOWNLOAD UNTER
 - https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/regenwassermanagement.pdf. (10.04.2019).
- MAGISTRAT DER STADT WIEN MA 23 (2018): STATISTISCHES JAHRBUCH DER STADT WIEN 2018 LEBEN IN WIEN, 1. Stadtgebiet und Wetter. MAGISTRAT DER STADT WIEN MA 23, HRSG., DOWNLOAD UNTER https://www.wien.gv.at/statistik/pdf/jb-2018-0104-leben.pdf. (24.05.2019).
- MAGISTRAT DER STADT WIEN MA 31 (2019): Abwasser und Wasser Amtswege. MAGISTRAT DER STADT WIEN MA 31, HRSG., DOWNLOAD UNTER https://www.wien.gv.at/amtshelfer/umwelt/wasser/. (13.12.2019).
- MIKOVITS, C., JASPER-TÖNNIES, A., EINFALT, T., HUTTENLAU, M., RAUCH, W., KLEIDORFER, M. (2015): Klimawandel, Stadtentwicklung und urbane Wasserinfrastrukturplanung Risiken und Möglichkeiten. Österr Wasser- und Abfallw 67, (5-6), 214–221.

- Muschalla, D., Gruber, G., Scheucher, R. (2014): Handbuch Ökologische und ökonomische Maßnahmen der Niederschlagswasserbewirtschaftung. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Hrsg., Download unter
 - https://www.umweltfoerderung.at/fileadmin/user_upload/media/umweltfoerderung/Dokume nte_Betriebe/Wasser_Betriebe/Studien_Wasserwirtschaft/2014-11-19 Handbuch ECOSTORMA final.pdf. (06.05.2019).
- NEUNTEUFEL, R., RICHARD, L., PERFLER, R. (2012): Wasserverbrauch und Wasserbedarf Zusammenfassung der Ergebnisse. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Hrsg., Wien, Download unter https://www.bmnt.gv.at/dam/jcr:e94aa987-b622-45db-a762-efa6f30b62b2/Wasserverbrauch%20und%20Wasserbedarf%20-%20Zusammenfassung.pdf. (10.05.2019).
- NEW ATLAS (2015): Rain Garden: the vertical garden that uses no power. NEW ATLAS, HRSG., DOWNLOAD UNTER https://newatlas.com/treebox-rain-garden-vertical-garden/39561/. (28.03.2020).
- Nováκ, V. (2011): Evapotranspiration. In: GLIŃSKI, J. et al., Hrsg., Encyclopedia of Agrophysics, Springer Netherlands, Dordrecht, 280–283.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (2010): Anforderungen an die Bewässerung von Grünflächen, (ÖNORM L 1112: 2010 09 01), Österr. Normungsinst., Wien.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (2013): Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen Anwendung, hydraulische Bemessung, Bau und Betrieb, (ÖNORM B 2506-1: 2013 08 01), Österr. Normungsinst., Wien.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (2016): Entwässerungsanlagen für Gebäude und Grundstücke Planung, Ausführung und Prüfung Ergänzende Richtlinien zu ÖNORM EN 12056 und ÖNORM EN 752, (ÖNORM B 2501: 2016 08 01), Österr. Normungsinst., Wien.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT (2018): Vor-Ort-Anlagen für Nicht-Trinkwasser Teil 1: Anlagen für die Verwendung von Regenwasser, (ÖNORM EN 16941-1: 2018 07 01), Österr. Normungsinst., Wien.
- OTTELÉ, M. (2011): The green building envelope Vertical greening, Technical University Delft, Delft, 260 S.
- OTTO GRAF GMBH (2016): Anleitung für Einbau und Wartung GRAF Sicker-Tunnel/ Sicker-Tunnel twin, Download unter https://www.4rain.de/_files/media/de/EBA_Sicker-Tunnel Sicker-Tunnel Twin.pdf. (19.08.2019).
- ÖWAV (2007): Niederschlagsdaten zur Anwendung der ÖWAV-Regelblätter 11 und 19. ÖWAV, HRSG., Wien, Download unter http://www.oewav.at/upload/medialibrary/leitfaden_nieda28953.pdf. (21.06.2019).

- ÖWAV (2015): Oberflächenentwässerung durch Versickerung in den Untergrund. ÖWAV-Regelblatt 45, Wien.
- POLAK, P., unter Mitarbeit von APFELBACHER, L. (2011): Regenwasser im Garten nachhaltig nutzen Naturnah planen, bauen und gestalten, Pala-Verl., Darmstadt, 195 S.
- PREISS, J. (2013): Leitfaden Fassadenbegrünung, Magistrat der Stadt Wien, Programm für umweltgerechte Leistungen "ÖkoKauf Wien", Wien. 1. Aufl.
- PUCHER, B., ALLABASHI, R., LUKAVSKY, M., PRESSL, A., ERTL, T. (2018): Dezentrale Versickerung von Straßenabwässern im urbanen/innerstädtischen Raum. Österr Wasserund Abfallw 70, (11-12), 588–594.
- RICHTER, M. (2007): Wortschatz Aphorismen, Mitteldeutscher Verlag, Halle (Saale), 79 S.
- SCHROLL, E., LAMBRINOS, J., RIGHETTI, T., SANDROCK, D. (2011): The role of vegetation in regulating stormwater runoff from green roofs in a winter rainfall climate. Ecological Engineering 37, (4), 595–600.
- SIEKER (2020): Intelligente Zisterne. INGENIEURGESELLSCHAFT PROF. DR. SIEKER MBH, HRSG., DOWNLOAD UNTER
 - https://www.sieker.de/fachinformationen/regenwasserbewirtschaftung/article/intelligente-zisterne-14.html. (28.03.2020).
- STADE, A. (2019): Staudenkulturen Stade, Download unter https://www.staudenstade.de/shop-auswahl.cfm. (29.11.2019).
- STADT WIEN VIENNAGIS (2019): Stadtplan Wien. STADT WIEN VIENNAGIS, HRSG., DOWNLOAD UNTER www.wien.gv.at/viennagis/. (15.12.2019).
- STEFFAN, C., SCHMIDT, M., KÖHLER, M. (2010): Konzepte der Regenwasserbewirtschaftung Gebäudebegrünung, Gebäudekühlung: Leitfaden für Planung, Bau, Betrieb und Wartung, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Berlin, 66 S.
- STERNBERG, T., VILES, H., CATHERSIDES, A., EDWARDS, M. (2010): Dust particulate absorption by ivy (Hedera helix L) on historic walls in urban environments. The Science of the total environment 409, (1), 162–168.
- THÖNNESSEN, M. (2006): Staubfilterung und immissionshistorische Aspekte am Beispiel fassadenbegrünenden Wilden Weines (Parthenocissus tricuspidata). UWSF Z Umweltchem Ökotox 18, (1), 5–12.
- TZOULAS, K., KORPELA, K., VENN, S., YLI-PELKONEN, V., KAŹMIERCZAK, A., NIEMELA, J., JAMES, P. (2007): Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. Landscape and Urban Planning 81, (3), 167–178.

- UMWELTBUNDESAMT (2018): Flächeninanspruchnahme in Österreich 2017.

 UMWELTBUNDESAMT, HRSG., DOWNLOAD UNTER

 http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltthemen/raumplanung/Pdfs/Flaecheni
 nanspr 2017.pdf. (28.03.2019).
- UN-HABITAT (2016): Urbanization and development Emerging futures, Nairobi, Kenya, 247 S., Download unter https://www.unhabitat.org/wp-content/uploads/2014/03/WCR-%20Full-Report-2016.pdf. (10.04.2019).
- VOGEL, J., MOORE, T. (2016): Urban Stormwater Characterization, Control, and Treatment. Water environment research: a research publication of the Water Environment Federation 88, (10), 1918–1950.
- Welker, A., Dittmer, U. (2005): Belastung von Verkehrsflächenabflüssen mit Schwermetallen und PAK. Ergebnisse einer Literaturstudie. GWF Wasser Abwasser 146, (4), 320–332.
- WILD, A., SCHMITT, V. (2012): Biochemische und physiologische Versuche mit Pflanzen Für Studium und Unterricht im Fach Biologie, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- ZELENY, G. (2017): Forschungsprojekt "DrainGarden" Nachhaltiges
 Regenwassermanagement, Download unter https://www.zelenyzt.at/2017/01/23/forschungsprojekt-draingarden-nachhaltiges-regenwassermanagement/.
 (27.03.2020).
- ZELTWANGER, T. (2014): Grundlagen der Abwasserbeseitigung Ein Lehrbuch zu den Grundsätzen und Verfahren moderner Abwasserbeseitgung, Hirthammer F, Oberhaching, 280 S.
- ZLUWA, I. (2018): Ein Maßnahmenkatalog für die Begrünung von Schulen im Altbau anhand des Beispieles Gymnasium und Realgymnasium 7, Kandlgasse 39, 1070 Wien, basierend auf den Forschungsergebnissen aus dem Projekt GrünPlusSchule@Ballungszentrum, gefördert von FFG/BMVIT und BIG, Wien, Download unter http://www.grueneschulen.at/wp-content/uploads/2018/11/Ma%C3%9Fnahmenkatalog-Kandlgasse-2.pdf. (04.04.2019).



8 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Abflussbeiwerte verschiedener Entwässerungsflächen. Quelle: Eigene	
Bearbeitung nach (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2013) und * (HEINRICHS	
2016)	22
Tab. 2: Wasserdurchlässige Oberflächenbefestigungen. Quelle: Eigene Bearbeitung	
nach RP Karlsruhe 2003 in (ZELTWANGER 2014) und * (GRAT 2009)	24
Tab. 3: Durchlässigkeitsbeiwerte und Sickergeschwindigkeit verschiedener Bodenarten.	
Quelle: Eigene Bearbeitung nach (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2013)	25
Tab. 4: Anhaltswerte für Wasserrückhalt und Abflussbeiwerte von Dachbegrünungen.	
Quelle: Eigene Bearbeitung nach (FLL 2002)	34
Tab. 5: Kostenübersicht und Nutzungsdauer integrativer	
Regenwassermanagementmaßnahmen. Quelle: Eigene Bearbeitung nach (MUSCHALLA	
et al. 2014)	41
Tab. 6: Einteilung der Flächentypen in Abhängigkeit von der Herkunftsfläche. Quelle:	
Eigene Bearbeitung nach (ÖWAV 2015)	43
Tab. 7: Eignung von Entwässerungsanlagen aufgrund der Herkunftsfläche	
(Flächentypen). Quelle: Eigene Bearbeitung nach (ÖWAV 2015)	44
Tab. 8: Merkmale zu ausgewählten selbstklimmenden Kletterpflanzen. Quelle: Eigene	
Bearbeitung nach (FLL 2018)	53
Tab. 9: Merkmale zu ausgewählten Gerüstkletterpflanzen. Quelle: Eigene Bearbeitung	
nach (FLL 2018)	55
Tab. 10: Merkmale ausgewählter freitragender Gehölze für Pflanzgefäße. Quelle: Eigene	
Bearbeitung nach (FLL 2018)	58
Tab. 11: Merkmale zu ausgewählten Stauden und Gräser für die wandgebundene	
Begrünung und für Pflanzgefäße. Quelle: Eigene Bearbeitung nach (FLL 2018)	64
Tab. 12: Wasserbedarf für die Bewässerung verschiedener	
Fassadenbegrünungssysteme und Grünflächen. Quelle: Eigene Bearbeitung 2019	69
Tab. 13: Übersicht der Untersuchungsobjekte mit Zuordnung der Gitterpunkte (eHYD-	
Datenbank). Quelle: Eigene Bearbeitung 2019	76
Tab. 14: Zusammenstellung aufgenommener Pflanzenarten bei den Objekten. Quelle:	
Eigene Aufnahme und Beschreibung nach (FLL 2018), (FASSADENGRÜN 2019) 1 und	
(STADE 2019) ² . Bildquellen und Bildrechte: https://pixabay.com/de/, freies	
Nutzungsrecht - Pixabay Lizenz.	77
Tab. 15: Ablaufschema zur Ausarbeitung der Untersuchungsobjekte. Quelle: Eigene	
Erstellung 2019	80
Tab. 16: Vorlage Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung.	
Quelle: Eigene Erstellung 2019	83

Tab. 17: Vorlage Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der	
Regenwasserbewirtschaftung. Quelle: Eigene Erstellung 2019	94
Tab. 18: Auswahlkriterien und Eignung für mögliche RWM-Maßnahmen. Quelle: Eigene	
Erstellung 2019	95
Tab. 19: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung	
Fuhrmannsgasse 2, siehe auch Anhang B1. Quelle: Eigene Erstellung 2019	.100
Tab. 20: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der	
Regenwasserbewirtschaftung Fuhrmannsgasse 2, siehe auch Anhang B1. Quelle:	
Eigene Erstellung 2019	.101
Tab. 21: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung GRG 7,	
siehe auch Anhang B2. Quelle: Eigene Erstellung 2019	.105
Tab. 22: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der	
Regenwasserbewirtschaftung GRG 7, Kandlgasse, siehe auch Anhang B2. Quelle:	
Eigene Erstellung 2019.	.106
Tab. 23: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung	
Boutiquehotel Stadthalle, siehe auch Anhang B3. Quelle: Eigene Erstellung 2019	.111
Tab. 24: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der	
Regenwasserbewirtschaftung Boutiquehotel Stadthalle, Hackengasse, siehe auch	
Anhang B3. Quelle: Eigene Erstellung 2019	.113
Tab. 25: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung	
Amtshaus Margareten, siehe auch Anhang B4. Quelle: Eigene Erstellung 2019	.119
Tab. 26: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der	
Regenwasserbewirtschaftung Amtshaus Margareten, siehe auch Anhang B4. Quelle:	
Eigene Erstellung 2019	.121
Tab. 27: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung WUK,	
siehe auch Anhang B5. Quelle: Eigene Erstellung 2019	.126
Tab. 28: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der	
Regenwasserbewirtschaftung WUK, siehe auch Anhang B5. Quelle: Eigene Erstellung	
2019	.128
Tab. 29: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung	
Hängende Gärten, siehe auch Anhang B6. Quelle: Eigene Erstellung 2019	.133
Tab. 30: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der	
Regenwasserbewirtschaftung Hängende Gärten, siehe auch Anhang B6. Quelle: Eigene	
Erstellung 2019.	.135
Tab. 31: Bestandsauswertung und Potentiale Apollogasse/Schottenfeldgasse, siehe	
auch Anhang B7. Quelle: Eigene Erstellung 2019.	.139

Tab. 32: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der	
Regenwasserbewirtschaftung Apollogasse/Schottenfeldgasse, siehe auch Anhang B7.	
Quelle: Eigene Erstellung 2019.	141
Tab. 33: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung At the	
Park Hotel, siehe auch Anhang B8. Quelle: Eigene Erstellung 2019.	145
Tab. 34: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der	
Regenwasserbewirtschaftung At the Park Hotel, siehe auch Anhang B8. Quelle: Eigene	
Erstellung 2019.	146
Tab. 35: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung	
Wohn/Geschäftshaus J2 Seestadt Aspern, siehe auch Anhang B9. Quelle: Eigene	
Erstellung 2019.	151
Tab. 36: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der	
Regenwasserbewirtschaftung Wohn/Geschäftshaus J2 Seestadt Aspern, siehe auch	
Anhang B9. Quelle: Eigene Erstellung 2019.	153
Tab. 37: Bestandsauswertung und Potentiale der Regenwasserbewirtschaftung	
Bürogebäude MA 48, siehe auch Anhang B10. Quelle: Eigene Erstellung 2019	157
Tab. 38: Eignung und Bewertung von ausgewählten Maßnahmen der	
Regenwasserbewirtschaftung Bürogebäude MA 48, siehe auch Anhang B10. Quelle:	
Eigene Erstellung 2019	158
Tab. 39: Gegenüberstellung Analyseergebnisse Bestand und Optimierungsvorschläge	
Aufnahmeobjekte. Quelle: Eigene Erstellung 2019	161



9 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1: Flächenversickerung Versuchsfläche Kuchelauer Hafen, Wien. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2018)	26
Abb. 1-2:: Sickermulde bei einer Wohnhausanlage Seestadt, Wien. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2018)	27
Abb. 1-3: Mulden-Rigolen-System zur Versickerung der Straßenabflüsse Seestadt,	
Wien. Quelle: (Schiefermair 2018)	29
Abb. 1-4: Regenwassersammel- und Speicheranlage Punta Christo Lighthouse Kroatien.	
Quelle: (Schiefermair 2019)	36
Abb. 1-5: Bestandteile einer Regenwassernutzungsanlage (Quelle: Eigene Erstellung	
nach (ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSINSTITUT 2018)	37
Abb. 1-6: Wurzelkletterer und Haftscheibenranker. Quelle: Eigene Erstellung nach (FLL	
2018)	52
Abb. 1-7: Schlinger, Blattstielranker, Sprossranker und Spreizklimmer. Quelle: Eigene	
Erstellung nach (FLL 2018)	54
Abb. 1-8: Aufbau eines Trogsystems. Quelle: Eigene Erstellung nach (Köhler 2012)	61
Abb. 1-9: Aufbau eines Modulsystems. Quelle: Eigene Erstellung nach (KÖHLER 2012)	62
Abb. 1-10: Aufbau eines flächigen Systems mit mehrlagigem Geovlies. Quelle: Eigene	
Erstellung nach (Köhler 2012)	63
Abb. 1-11: Vertikaler Regengarten London. Quelle: Eigene Erstellung nach (MAGISTRAT	
DER STADT WIEN - MA 19 2019)	70
Abb. 1-12: Basisskizze der Komponenten und Aufbau eines Bewässerungssystems.	
Quelle: Eigene Erstellung nach (KÖHLER 2012)	72
Abb. 2-1: Übersichtsplan Verortung der Aufnahmeobjekte 1,2,3,4,5,6,7,9 und 10 in	
Wien. Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage (LAND NIEDERÖSTERREICH 2019)	74
Abb. 2-2: Übersichtsplan Verortung des Aufnahmeobjekts 8 in Baden bei Wien. Quelle:	
Eigene Erstellung auf Grundlage (LAND NIEDERÖSTERREICH 2019)	75
Abb. 3-1: Bestandsplan 1:500, Fuhrmannsg. 2. Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage	
(STADT WIEN - VIENNAGIS o. J.)	99
Abb. 3-2: Hof mit Glasdach und Beet, Fuhrmannsg. 2. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)	99
Abb. 3-3: Segmentbogenpflaster und Kanaleinlauf, Fuhrmannsg. 2. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	99
Abb. 3-4: Bestandsplan 1:500, GRG 7. Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage (STADT	
WIEN - VIENNAGIS o. J.)	103
Abb. 3-5: Hof mit Hochbeeten und Wand-Begrünungssystemen, GRG 7. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	103
Abb. 3-6: Hochbeete im Hof GRG 7. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)	103

Abb. 3-7: Aspnait und Betonverbund-Steinpflaster, GRG 7. Quelle: (SCHIEFERMAIR	
2019)	.103
Abb. 3-8: Boden- und troggebundene Begrünung mit Entwässerung im Hochbeet, GRG	
7. Quelle: (Schiefermair 2019)	.104
Abb. 3-9: Extensive Dachbegrünung, GRG 7. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)	.104
Abb. 3-10: Bestandsplan 1:500, Boutiquehotel Stadthalle. Quelle: Eigene Erstellung auf	
Grundlage (STADT WIEN - VIENNAGIS o. J.)	.109
Abb. 3-11: Trogsystem Straßenseite, Boutiquehotel Stadthalle. Quelle: (SCHIEFERMAIR	
2019)	.109
Abb. 3-12: Innenhof mit Beeten, Boutiquehotel Stadthalle. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019) .	.109
Abb. 3-13: Pflanztröge mit Efeu und Beete, Boutiquehotel Stadthalle. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	.110
Abb. 3-14: Natursteinplatten und Kanaleinlauf, Boutiquehotel Stadthalle.Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	.110
Abb. 3-15: Brunnenwasser-Tanks im Keller, Boutiquehotel Stadthalle. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	.110
Abb. 3-16: Bestandsplan 1:500, Amtshaus Margareten. Quelle: Eigene Erstellung auf	
Grundlage (STADT WIEN - VIENNAGIS o. J.)	.117
Abb. 3-17: Pflanztröge mit Kletter-Pflanzen, Amtshaus Margareten. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	.117
Abb. 3-18: Innenhof, Amtshaus Margareten. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)	.117
Abb. 3-19: Pflanztröge, Amtshaus Margareten. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)	.118
Abb. 3-20: Bestandsplan 1:500, WUK. Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage (STADT	
WIEN - VIENNAGIS o. J.)	.123
Abb. 3-21: Fassadenbegrünung, WUK. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)	.124
Abb. 3-22:Pflanzkübel und Baumscheiben, WUK. Quelle: (Schiefermair 2019)	.124
Abb. 3-23: Kleinsteinpflaster mit Entwässerungsrinne, WUK. Quelle: (SCHIEFERMAIR	
2019)	.124
Abb. 3-24: Baumbestand, WUK. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)	.125
Abb. 3-25: Beet als Schutz für Jungfernrebe, WUK. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)	.125
Abb. 3-26: Bestandsplan 1:500, Hängende Gärten. Quelle: Eigene Erstellung auf	
Grundlage (STADT WIEN - VIENNAGIS o. J.)	.131
Abb. 3-27: Hängende Gärten Ecke Wiedner Hauptstr./Schußwallgasse. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	.131
Abb. 3-28: Pflanztröge und vorgehängtes Stahlgerüst mit Kletterhilfe, Wiedner Hauptstr.	
Ouelle: (SCHIEFERMAIR 2019)	132

Abb. 3-29: Laubengang mit integrierten Pflanztrögen, Schußwallgasse. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	132
Abb. 3-30: Bestandsplan 1:500, Apollog./Schottenfeldg. Quelle: Eigene Erstellung auf	
Grundlage (STADT WIEN - VIENNAGIS o. J.)	137
Abb. 3-31: Fassadenbegrünung, Apollogasse/Schottenfeldgasse. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	137
Abb. 3-32: Terrassen und Hof mit Garten, Apollog./Schottenfeldgasse. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	137
Abb. 3-33: Betonplatten mit Entwässerungsrinnen und Grünfläche mit Gehölzen,	
Apollogasse/Schottenfeldgasse. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)	138
Abb. 3-34: Pflanztröge mit Clematis im Hof, Apollogasse/Schottenfeldgasse. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	138
Abb. 3-35: Wandgebundene Pflanzmodule, Apollogasse/Schottenfeldgasse. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	138
Abb. 3-36: Bestandsplan 1:1000, At the Park Hotel, Baden. Quelle: Eigene Erstellung	
auf Grundlage (LAND NIEDERÖSTERREICH o. J.)	143
Abb. 3-37: Fassadenbegrünung, At the Park Hotel, Baden. Quelle: (SCHIEFERMAIR	
2019)	143
Abb. 3-38: Zufahrt und Parkflächen Ostseite, At the Park Hotel, Baden. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	143
Abb. 3-39: Rasengittersteine und Asphalt, At the Park Hotel, Baden. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	144
Abb. 3-40: Betonsteinpflaster mit Sickerfuge At the Park Hotel, Baden. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	144
Abb. 3-41: Terrasse und Rasen mit Gehölzen Westseite, At the Park Hotel, Baden.	
Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)	144
Abb. 3-42: Bewässerungsanlage der Vertikalbegrünung im Keller, At the Park Hotel,	
Baden. Quelle: (SCHIEFERMAIR 2019)	144
Abb. 3-43: Bestandsplan 1:500, Teilabschnitt J2 Seestadt. Quelle: Eigene Erstellung auf	
Grundlage (STADT WIEN - VIENNAGIS o. J.)	149
Abb. 3-44: Fassadenbegrünung, Teilabschnitt J2 Seestadt. Quelle: (SCHIEFERMAIR	
2019)	149
Abb. 3-45: Sickermulde für Freiflächen-Entwässerung, Teilabschnitt J2 Seestadt.	
Quelle: (Schiefermair 2019)	150
Abb. 3-46: Grünfläche und Kies-Sickerstreifen zur Entwässerung, Teilabschnitt J2	
Seestadt Quelle: (SCHIFFERMAIR 2019)	150

Abb. 3-47: Bodengebundener Blauregen an Stahlgerüst-Kletterhilfe, Teilabschnitt J2	
Seestadt. Quelle: (Schiefermair 2019)	150
Abb. 3-48: Entwässerung der Freiflächen auf die begrünte Sickerfläche, Teilabschnitt J2	
Seestadt. Quelle: (Schiefermair 2019)	150
Abb. 3-49: Bestandsplan 1:500, MA 48. Quelle: Eigene Erstellung auf Grundlage (STADT	
WIEN - VIENNAGIS o. J.)	155
Abb. 3-50: vollflächige wandgebundene Fassadenbegrünung, MA 48. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	155
Abb. 3-51: Eingangsbereich mit Vordach und befestigten Oberflächen, MA 48. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	155
Abb. 3-52: Rasenfläche zwischen Gebäude und Straße, MA 48. Quelle: (SCHIEFERMAIR	
2019)	156
Abb. 3-53: Gräser und Kräuter in Aluwannen, Regal/Trogsystem, MA 48. Quelle:	
(SCHIEFERMAIR 2019)	156

Bildquellen und Bildrechte

Abbildungen der Pflanzen in Tab. 14 (Pflanzenliste) von Pixabay. Download unter: https://pixabay.com/de/ (10.11.2019), freies Nutzungsrecht für die kommerzielle und nicht-kommerzielle Anwendungen - Pixabay Lizenz.

Sämtliche anderen Abbildungen und Tabellen sind eigenständig erstellt und Fotos als (SCHIEFERMAIR 2018) oder (SCHIEFERMAIR 2019) angegeben bzw. wurden eigenständig abgeändert auf Grundlage der jeweils angeführten Quellen (siehe Literaturverzeichnis).

10 Anhang

Anhang A1

Niederschlä Wien Normal Mittelwert 1981 [mm]	wert
Jänner	38
Februar	40
März	51
April	45
Mai	69
Juni	70
Juli	70
August	72
September	61
Oktober	38
November	49
Dezember	48

Jahressumme

	Rase	n-, Stra	uchfläche	
ert 010	Durchgänge pro Monat	Liter pro m² pro Durchgang	Wasserbedarf abzüglich des Niederschlages	
38	1	20	-18	
40 51 45 69 70 70 72 61	1	20 20	-20	
51	2 3 4	20	-11	
45	3	20	15	
69	4	20 20 20 20	11 10 10 8	
70	4	20	10	
70	4	20	10	
72	4	20	8	
61	3 3 2 1	20	-1 22 -9	
38	3	20	22	
38 49 48	2	20	-9	
48	1	20	-28	
		nur po	sitive Werte:	Ξ
651	I/(m²	/Jahr)	76	

S	tauden	beet
Durchgänge pro Monat	Liter pro m² pro Durchgang	Wasserbedarf abzüglich des Niederschlages
1	30	-8
1	30	-10
2	30	9
3	30	45
4	30	51
4	30	50
4	30	50
4	30	48
3	30	29
1 1 2 3 4 4 4 4 4 3 3	30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30	-8 -10 9 45 51 50 50 48 29 52
2	30	11
1	30	-18
nı	ır positi	ve Werte:

I/(m²/Jahr)

345

Anhang A2 sonstige Aufnahmedatum Foto sonstige west Kanaleinlauf Freiflächen (Hof) nein sonstige sonstiges Pumpe süd Parkseite Straßenseite <u>.e</u> Rigole nein Automat nein nein nein Pflanzscheibe BearbeiterIn Dachflächen nord ja <u>ja</u> Händisch Innenhof ja Pflanzgefäß Begrünungssystem Nr. / Adresse: Möglichkeit zum nachträglichen Bau: Regenwassermanagement Platzierung von Speicherwerken: Regenwasserableitung (wohin?): Speicherung (welches System?): Oberflächenbeschaffenheit: Bewässerung Begrünung: Regenwasserableitung: Dauer (min) / Intervall: Einleitungsdimension: Aufnahmebogen Nr.: Zisterne vorhanden: Ableitungsfläche: Einleitungsfläche: Bewässerungsart: Anmerkungen: SPEICHERUNG Speicherung: **ABLEITUNG** Exposition: Beetfläche Standort: Pflanzen Menge:

Anhang A3

Objekt				BESTAND	QNI		
0 10 % [J 0 2] L			Abflussbeiwert a _n	eiwert an	Clacks A	<	•
EInzugsnacne	Art der Entwasserungsnache	Flachentyp	Spitzenabfluss	Jahresmittel	ridene A _n	Ared	Ared-mittel
Dachfläche 1							
Dachfläche 2							
Hoffläche							
Grünfläche							
	•						
•		Gesal	Gesamteinzugsfläche:	А		m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	egnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	A_{red}		m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	nete Gesamtfläche (m	nittlerer Abfluss):	A _{red-mittel}		m²	
		9Λ	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	Hof/Freiflächen:		%	
			Versiegelungsg	Versiegelungsgrad Grundstück:		%	
			Bebauungsgrad:	GRZ			
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt	erpunkt	?f	Jährlichkeit T			
	Dauerstufe/Regendauer D		1	5	30		
	15	h _n [mm] [l/m²]					
		v _{T(n)} [l/s*ha]					
		Q [I/s]					
		V _{Spitze} [m³]					
Gesa	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]					
Anteil	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]:	ngsniederschlag [%]:					
Mittlere J.	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt	h _N [mm/a]		mm/a			
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	V _{gesamt-mittel} [m³]		m³			
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]		m³			
Ar	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	erschlagssumme [%]		%			

Anhang A4

Objekt			MA	MAßNAHME A - Hoffläche entsiegeln	ffläche entsi	egeln			
			Abflussbeiwert a	iwert a.					
Einzugsfläche	Art der Entwässerungsfläche	Flächentyp	Spitzenabfluss	Jahresmittel	Fläche A _n	A_{red}	Ared-mittel		
Dachfläche 1									
Dachfläche 2									
Hoffläche									
Grünfläche									
		Gesa	Gesamteinzugsfläche:	А		m²			
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	gnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	A _{red}		m²			
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	nete Gesamtfläche (n	nittlerer Abfluss):	A _{red} -mittel		m²			
		>	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	Hof/Freiflächen:		%			
			Versiegelungsg	Versiegelungsgrad Grundstück:		%			
			Bebauungsgrad:	GRZ					
	Bemessungsniederschlag Gitterpu	ounkt 2871	şſ	Jährlichkeit T					
	Dauerstufe/Regendauer D		1	2	30				
	15	h _n [mm] [1/m²]	9,4	18,4	28,5				
		v _{T(n)} [I/s*ha]	104	204	317				
		Q [1/s]	00'00	0,00	00'0				
		V _{Spitze} [m³]	00'0	0,00	00'0	Reduz	Reduzierung Spitzenabfluss [%]	ss [%]	%
Ges	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	Vgesamt-Spitze [m³]	00'00	0,00	00'0				
Ante	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]:	ngsniederschlag [%]:							
Mittlere Jahr	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2789	h _N [mm/a]		mm/a					
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	V _{gesamt-mittel} [m³]		m³					
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]		m³	Reduz	ierung n	Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]	[%] ss	%
	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	erschlagssumme [%]		%					
Objekt			MAĞ	MAGNAHME B - Regenwasserspeicher	enwassersb	eicher			
	i		- ::						
	Einzugstläche	Art	Flache Ared-mittel						
	Jahresertrag	Re		m³					
	Bewässerungsfläche	B _{bew} [I/(m²/a)]	Fläche A _G	1/(m²/a)					
	Jahresbedarf	R _b		m³	Reduz	ierung n	Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]	[%] ss	%
	Speichervolumen (1 Monatsvorrat)	V _z		m³	Reduzier	ter Ante	Reduzierter Anteil zu Gesamtniederschlag	chlag	%

Anhang B1

Objekt 1	Wohn/Geschäftshaus Fuhrmannsgasse	nnsgasse		BESTAND	ND		
Cipanian			Abflussbeiwert a _n	eiwert a _n	Clacks A	<	<
EIIIZUBSIIIACIIE	Ait der Entwasserungsnache	гіаспептур	Spitzenabfluss	Jahresmittel	רומכוות A _n	red	red-mittel
Dachfläche 1	Steildach Faserzementplatten	F1	1,0	6′0	995	266	209
Dachfläche 2	Vordach - Glas	F1	1,0	6′0	17	17	15
Hoffläche	Kleinsteinpflaster Fugenverguss	F1	1,0	8′0	65	59	47
Grünfläche	Beet	F1	0'0	0'0	8	0	0
		esəg	Gesamteinzugsfläche:	V	059	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	egnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	A_red	642 m ²	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	nete Gesamtfläche (n	nittlerer Abfluss):	A _{red-mittel}	225	m²	
		³ /\	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	Hof/Freiflächen:	% 06	%	
			Versiegelungsg	Versiegelungsgrad Grundstück:	66	%	
			Bebauungsgrad:	GRZ	0,87		
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 2871	punkt 2871	?f	Jährlichkeit T			
	Dauerstufe/Regendauer D		1	2	30		
	15	[²m/l] [mm] _" h	9,4	18,4	28,5		
		v _{T(n)} [l/s*ha]	104	204	317		
		Q [1/s]	6,71	13,13	20,33		
		V _{Spitze} [m³]	6,03	11,81	18,30		
Ges	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	6,11	11,96	18,53		
Anteil	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]:	ngsniederschlag [%]:	66	66	66		
Mittlere Jahre	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2789	h _N [mm/a]	909	605 mm/a			
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	V _{gesamt-mittel} [m³]	393	m³			
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mitte} [m³]	346 m³	m³			
A	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	erschlagssumme [%]	88	%			

egeln	4	Tred Tred-mittel	266 509	17 15	24 15	0 0	m²	m²	m²	%	%							Reduzierung Spitzenabfluss [%] 5,5 %					Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] 5,7 %		oicher						Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] 0,2 %	Reduzierter Anteil zu Gesamtniederschlag 88 %
fläche entsi	Fläche A	n C	995	17	29	8	920	209	539 m ²	48	93	0,87		30	28,5	317	19,21	17,29	18,53	93			Reduz		nwassersn						Reduz	Reduzie
MAßNAHME A - Hoffläche entsiegeln	iwert a _n	Jahresmittel	06'0	06'0	0,25	00'00	A	A _{red}	A _{red-mittel}	1of/Freiflächen:	Versiegelungsgrad Grundstück:	GRZ	Jährlichkeit T	2	18,4	204	12,40	11,16	11,96	93	605 mm/a	m³	m³	%	MARNAHME B - Regenwassersneicher	200		m³	[/(m²/a)	809	m³	m³
MAI	Abflussbeiwert a _n	Spitzenabfluss	1,00	1,00	0,40	00'0	Gesamteinzugsfläche:	(Spitzenabfluss):	ittlerer Abfluss):	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	Versiegelungsgr	Bebauungsgrad:	ËL	1	9,4	104	6,34	5,70	6,11	93	605	393 m³	326 m³	83 %	BAM		Flache Ared-mittel	_{C1} 8,8 m ³	Fläche Ac	∞ ∞	0,61 m³	0,05 m³
nnsgasse	Elschontvn	riaciicity	F1	F1	F1	F1	Gesar	gnete Gesamtfläche	ete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	Ve			ounkt 2871		h _n [mm] [1/m²]	v _{⊤(n)} [l/s*ha]	Q [I/s]	V _{Spitze} [m³]	V _{gesamt-Spitze} [m³]	ngsniederschlag [%]:	h _N [mm/a]	Vgesamt-mittel [m³]	V _{mittel} [m³]	erschlagssumme [%]	esseason d	200000	Art	Voluacii Glas Re	B _r [[/(m²/a)]	76	R	Vz
Wohn/Geschäftshaus Fuhrmannsgasse	Art dor Entwisecormonefische	Ait dei Eiltwasseldlißsligelie	Steildach Faserzementplatten	Vordach - Glas	Verbundsteine mit Sickerfugen	Beet		Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss)	Abflusswirksame beregnete				Bemessungsniederschlag Gitterpun	Dauerstufe/Regendauer D	15				Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]:	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2789	Jahresniederschlagssumme Grundstück	mittlerer Jahresabfluss	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	Wohn/Geschäftshaus Euhrmannsgasse		Einzugstiacne	Jahresertrag	Bewässerungsfläche	Grünfläche (Strauch-Beet)	Jahresbedarf	Speichervolumen (1 Monatsvorrat)
Objekt 1	Finzuaefläche	LIIIZABƏIIBGIIG	Dachfläche 1	Dachfläche 2	Hoffläche	Grünfläche													Gesa	Anteil	Mittlere Jahre			A	Objekt 1	1 33550						

Ohiok+ 2	GBG 7 Kandlaacca			RESTAND			
Objent 2	GNO 7, Nationgasse						
Einzugsfläche	Art der Entwässerungsfläche	Flächentyp	Abflussbeiwert a _n Spitzenabfluss Jahresi	Jahresmittel	Fläche A _n	A_{red}	$A_{\rm red-mittel}$
Dachfläche 1	Steildach Faserzementplatten	F1	1,00	06'0	1015	1015	914
Dachfläche 2	Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	37	37	33
Dachfläche 3	Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	104	104	94
Dachfläche 4	Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau > 10cm)	F1	0,40	0,20	797	106	53
Hoffläche 1	Asphalt	F1	1,00	06'0	197	197	177
Hoffläche 2	Betonverbundstein	F1	06'0	0,70	51	46	36
Hoffläche 3	Sportfläche Kunststoff	F1	09'0	09'0	312	187	156
Grünfläche	Hochbeete (wie Gründach Aufbau > 30 cm)	F1	0,20	0,10	115	23	12
					1000	,	
		Gesal	Gesamteinzugsnache:	А	-m 5602	٦.	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	egnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	Ared	1715 m²	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	nete Gesamtfläche (m	ittlerer Abfluss):	A _{red-mittel}	1474 m²	m²	
		9A	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	Hof/Freiflächen:	29	%	
			Versiegelungsg	Versiegelungsgrad Grundstück:	82	%	
			Bebauungsgrad:	GRZ	89'0		
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 2871	ıkt 2871	j	Jährlichkeit T			
	Dauerstufe/Regendauer D		1	5	30		
	15	l²m/] [mm] "q	9,4	18,4	28,5		
		v _{r(n)} [l/s*ha]	104	204	317		
		Q [I/s]	17,91	35,06	54,30		
		V _{Spitze} [m³]	16,12	31,55	48,87		
	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	19,69	38,55	59,71		
	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]:	ngsniederschlag [%]:	82	82	82		
Mittle	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2789	h _N [mm/a]	605	605 mm/a			
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	V _{gesamt-mittel} [m³]	1267 m³	m³			
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	892 m³	m³			
	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	erschlagssumme [%]	% <mark>0/</mark>	%			

Objekt 2	GRG 7, Kandigasse		MAISNAHIME A	MAISNAHME A - Hoffläche entsiegeln	siegein			
Finzugefläche	Art der Entwässeringsfläche	Flächentvn	Abflussbeiwert a	iwert a _n	Fläche A.	A	A	
2002000			Spitzenabfluss	Jahresmittel	u.	rea	red-mittei	
Dachfläche 1	Steildach Faserzementplatten	F1	1,00	06'0	1015	1015	914	
Dachfläche 2	Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	28	37	33	
Dachfläche 3	Flachdach Blech	F1	1,00	06′0	104	104	76	
Dachfläche 4	Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau > 10cm)	F1	0,40	0,20	797	106	23	
Hoffläche 1	Verbundsteine mit Sickerfugen	F1	0,40	0,25	161	62	49	
Hoffläche 2	Verbundsteine mit Sickerfugen	F1	0,40	0,25	15	70	13	
Hoffläche 3	Sportfläche Kunststoff	F1	09'0	0,50	312	187	156	
Grünfläche	Hochbeete (wie Gründach Aufbau > 30 cm)	F1	0,20	0,10	115	23	12	
		Gesal	Gesamteinzugsfläche:	A	2095 m ²	m²		
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	gnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	A _{red}	1571 m²	m²		
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	nete Gesamtfläche (m	nittlerer Abfluss):	A _{red} -mittel	1323 m ²	m²		
		9A	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	Hof/Freiflächen:	46 %	%		
			Versiegelungsgr	Versiegelungsgrad Grundstück:		75 %	<u>-</u>	
			Bebauungsgrad:	GRZ	89'0		_	
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 2871	kt 2871	ĝſ	Jährlichkeit T				
	Dauerstufe/Regendauer D		1	5	30			
	15	h _n [mm] [I/m²]	9,4	18,4	28,5			
		v _{T(n)} [I/s*ha]	104	204	317			
		Q [I/s]	16,41	32,12	49,75			
		V _{Spitze} [m³]	14,77	28,91	44,77	Redu	zierung Spit	Reduzierung Spitzenabfluss [%] 8,4 %
	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	19,69	38,55	12'65			
	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]	ngsniederschlag [%]:	75	75	75			
Mittle	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2789	h _N [mm/a]	909	605 mm/a				
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	V _{gesamt-mittel} [m³]	1267	m³				
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	_€ ш 008	m³	Redu	ızierung r	nittlerer Jah	Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] 10,2 %
	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	erschlagssumme [%]	% <mark>E9</mark>	%				

Objekt 2	GRG 7, Kandlgasse		MARNAHME E	MAßNAHME B - Versickerungsanlage	sanlage			
Anordning	Sickeranlage	Plache A	Finstanhöhe	Volumen	(A emdenselv +l) nedzelłzenzaiz	Vsp	V _{Spitze} [m³]	n³]
Similarion	Jeneralingse	u.			Linzagonachen (it. Maionaine A)	1	2	30
Oberidicah	Pflanzbeet (Hochbeet)	16	0,19	3,0	3,0 Dachfläche 4 (Gründach)	1,0	1,9	1,0 1,9 3,0
Opendiaci	Raingarden (ehem. Hochbeet)	09	0,30	15,0	15,0 Dachfl. 1-3, Hoffl. 1-3, Grünflächen	13,8 27,0 41,8	27,0	41,8
Unterirdisch	Unterirdisch Sickerkörper (nur Überlauf von Raingarden)	08	1,00	30,0	30,0 (Dachfl. 1-4, Hoffl. 1-3, Grünflächen)	-	12,0	12,0 26,8

Objekt 2	GRG 7, Kandlgasse		MABNAHME C	MARNAHME C - Regenwasserspeicher	eicher	
	Einzugsfläche	Art	Fläche A _{red-mittel}			
	halbe Dachfläche 1	Faserzementplatten	457			
	Dachfläche 2	Blech	33			
	Dachfläche 3	Blech	94			
	Jahresertrag	Re	353 m³	m³		
	Bewässerungsfläche	$B_{bew} [l/(m^2/a)]$	Fläche A _G	$I/(m^2/a)$		
	Vertikalbegrünung Pflanzbeet (Hochbeet)	345	16	5520		
	Vertikalbegrünung Pflanztröge	0998	3	10980		
	Vertikalbegrünung Trogsystem	240	48	11520		
	Vertikalbegrünung Kassettensystem	1140	18	20520		
	Hochbeete	345	115	39675		
	graphed	ď	88 23	3	Reduzierung mittlerer Jahresahfluss [%]	70 0 0
	Jaillespedail	q.,	00			0/ 2/0
	Speichervolumen (1 Monatsvorrat)	N _z	7,35 m³	m³	Reduzierter Anteil zu Gesamtniederschlag	% <mark>89</mark>

Anhang B3

C+40:40	0.1+i2:1.040+01 (+1.04+h2) 0			BECTAND			
C DAJERT 3	סטענון עפון טנפטנון פוופ			OLSI AIND			
Einzugsfläche	Art der Entwässerungsfläche	Flächentyp	Abflussbeiwert an Spitzenabfluss Jahresi	iwert a _n Jahresmittel	Fläche A _n	A_{red}	A _{red-mittel}
Dachfläche 1	Steildach Blech + Solar	F1	1,0	6′0	134	134	121
Dachfläche 2	Flachdach Kies + Solar	F1	8'0	8′0	86	78	78
Dachfläche 3	Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau >10 cm)	F1	0,4	0,2	61	24	12
Dachfläche 4	Flachdach Terrasse (Aufbau wie Kiesdach)	F1	8'0	8′0	22	44	44
Dachfläche 5	Flachdach extensiv Begrünt + Solar (<10 cm)	F1	0,5	0,3	61	31	18
Dachfläche 6	Steildach Faserzement und Blech	F1	1,0	6′0	105	105	95
Dachfläche 7	Flachdach Kies + Solar	F1	0,8	8'0	127	102	102
Dachfläche 8	Steildach Faserzement	F1	1,0	6′0	20	20	18
Dachfläche 9	Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau >10 cm)	F1	0,4	0,2	169	89	34
Hoffläche	Natursteinplatten Fugenverguss	F1	1,0	8′0	161	161	129
Grünfläche	Beete	F1	0,0	0,0	119	0	0
		Gesal	Gesamteinzugsfläche:	А	1110 m²	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	gnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	Ared	767 m²	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	iete Gesamtfläche (m	ittlerer Abfluss):	A _{red-mittel}	650 m ²	m²	
		N Ne	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	1of/Freiflächen:	% <mark>88</mark>	%	
			Versiegelungsgr	Versiegelungsgrad Grundstück:	% <mark>69</mark>	%	
			Bebauungsgrad:	GRZ	0,75		
		•					
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 2871	ct 2871	Ĵ	Jährlichkeit T			
	Dauerstufe/Regendauer D		1	5	30		
	15	h _n [mm] [I/m²]	9,4	18,4	28,5		
		v _{T(n)} [I/s*ha]	104	204	317		
		Q [1/s]	8,01	15,67	24,27		
		V _{Spitze} [m³]	7,21	14,10	21,85		
	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	Vgesamt-Spitze [m³]	10,43	20,42	31,64		
	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]:	ngsniederschlag [%]:	69	69	69		
Mittle	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2897	h _N [mm/a]	588	588 mm/a			
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	Vgesamt-mittel [m³]	623	m³			
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	382 m³	m³			
	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	erschlagssumme [%]	% <mark>69</mark>	%			

	Ohiak+3	Boutiquehotel Ctadthalle		MARNAHMEA	- Hoffläche ente	ciogoln			
Stelldach Blech + Solar	Objent 3	בסמנולמביוסנבי פנמתנוומווב				-			
Stelldach Biecht Solar	Einzugsfläche	Art der Entwässerungsfläche	Flächentvo	Abflussbei	wert a _n	Fläche A.	A	Arod mittel	
Recirclach Blech + Solar	8-	8	7.6	Spitzenabfluss	Jahresmittel		200		
Fietdach Kies + Solar	Dachfläche 1	Steildach Blech + Solar	F1	1,0	6′0	134	134	121	
Fierchdech extensive Begrünt (Aufhau vier Klesdach) F1 0,8 0,8 55 44 41 44 44 44 44 44	achfläche 2	Flachdach Kies + Solar	F1	8′0	8′0	86	78	78	
Fierchdech Percasse (Authan wie Kiesdach) F1 0,8 0,8 0,3 61 31 18 Stelldach Faserzement und Blech F1 0,5 0,3 105 105 105 Stelldach Faserzement und Blech F1 0,8 0,9 105 105 102 Stelldach Searzement und Blech F1 0,4 0,2 169 68 34 Stelldach Searzement und Blech F1 0,4 0,2 169 68 34 Stelldach Searzement und Blech F1 0,4 0,2 169 68 34 Stelldach Searzement und Blech F1 0,4 0,2 169 68 34 Flachdach extensive Degraph of the stell of the ste	achfläche 3	Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau >10 cm)	F1	0,4	0,2	61	24	12	
Flacthdach reservement und blach F1	achfläche 4	Flachdach Terrasse (Aufbau wie Kiesdach)	F1	8′0	8′0	22	44	44	
Steildach Faserzement und Blech F1 1,0 0,9 105 105 105 Steildach Faserzement F1 0,8 0,8 127 102 102 Steildach Faserzement F1 0,4 0,2 120 102 102 Steildach Faserzement F1 0,4 0,2 150 68 34 Werbundsteine mit Sickerfugen F1 0,4 0,2 119 06 34 Beete Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenäbfluss): A _{real} 670 m² Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Inittlerer Abfluss): A _{real} 670 m² Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Inittlerer Abfluss): A _{real} 670 m² Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Inittlerer Abfluss): A _{real} 670 m² Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Inittlerer Abfluss): A _{real} 670 m² Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Inittlerer Abfluss): A _{real} 670 m² Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Inittlerer Abfluss): A _{real} 670 m² Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Inittlerer Abfluss): A _{real} 670 m² Abflusswirksame ditterpunkt 2831 1043 2042 31.7 Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag (Grundstück: Vesamasmus [m²] 10,43 20,42 31.64 Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag (Grundstück: Vesamasmus [m²] 6,30 12,33 13,09 Anteil Spitzenabflusssunme Gitterpunkt 2897 N ₄ [mm/a] 10,43 20,42 31.64 Anteil Spitzenabflusssunme Gitterpunkt 2897 N ₄ [mm/a] 10,43 20,42 31.64 Anteil Spitzenabflussunme Gitterpunkt 2897 N ₄ [mm/a] 10,43 20,42 31.64 Anteil Spitzenabflussunme Gitterpunkt 2897 N ₄ [mm/a] 10,43 20,42 31.64 Anteil Spitzenabflussunme Gitterpunkt 2897 N ₄ [mm/a] 10,43 20,42 31.64 Anteil Spitzenabflussunme Gitterpunkt 2897 N ₄ [mm/a] 10,43 20,42 31.64 Anteil Spitzenabflussunme Gitterpunkt 2897 N ₄ [mm/a] 10,43 20,42 31.64 Anteil Almesniederschlag Grundstück N ₄ [mm/a] 10,43 20,42 31.64 Anteil Almesniederschlag Grundstück N ₄ [mm/a] 10,43	achfläche 5	Flachdach extensiv Begrünt + Solar (<10 cm)	F1	0,5	6,0	61	31	18	
Flachdach Klees + Solar	achfläche 6	Steildach Faserzement und Blech	F1	1,0	6′0	105	105	95	
Stelldach Faserzement	achfläche 7	Flachdach Kies + Solar	F1	8′0	8,0	127	102	102	
9 Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau > 10 cm) F1 0,4 0,2 169 68 34 Verbundsteine mit Sickerfugen F1 0,40 0,25 161 64 40 Beete F1 0,40 0,0 110 m² 0	schfläche 8	Steildach Faserzement	F1	1,0	6′0	20	20	18	
Neete	schfläche 9	Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau >10 cm)	F1	0,4	0,2	169	89	34	
Beete F1	offläche	Verbundsteine mit Sickerfugen	F1	0,40	0,25	161	64	40	
Gesamteinzugsfläche: A 1110 m² egnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss): A _{red mittel} 670 m² nete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss): A _{red mittel} 562 m² ∨ersiegelungsgrad Hof/Freiflächen: 23 % ∨ersiegelungsgrad Grundstück: 60 % Bebauungsgrad: GRZ 0,75 kt 2871 1 5 30 h _n [mm] [l/m²] 9,4 18,4 28,5 v _{Iro} [l/s*ha] 1,04 2,04 31,7 Q [l/s] 7,00 13,70 21,21 V _{gesamt-Spitze} [m³] 6,30 12,33 19,09 Reduzierung Spitzenabfluss [%] h _N [mm/a] 588 mm/a 60 60 60 60 V _{gesamt-mittel} [m³] 330 m³ Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] 8 V _{gesamt-mittel} [m³] 330 m³ Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]	ünfläche	Beete	F1	0,0	0,0	119	0	0	
egnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss): A _{red-mittel} 670 m² nete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss): A _{red-mittel} 562 m² Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen: 23 % Versiegelungsgrad Grundstück: 60 % kt 2871 1 jährlichkeit T kt 2871 1 jährlichkeit T h _n [mm] [l/m²] 9,4 18,4 28,5 v _{Tin} [l/s*ha] 104 204 317 Q [l/s] 7,00 13,70 21,21 V _{Spitze} [m³] 6,30 12,33 19,09 V _{getsamt-Spitze} [m³] 6,30 12,33 19,09 V _{getsamt-Spitze} [m³] 10,43 20,42 31,64 ngsniederschlag [%]: 60 60 60 V _{getsamt-spitze} [m³] 88 mm/a V _{getsamt-mittel} [m³] 898 mm/a V _{getsamt-mittel} [m³] 898 mm/a V _{getsamt-mittel} [m³] 830 m³ Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] erschlagssumme [%] 51 %			Gesar	mteinzugsfläche:	A	1110 r	m²		
nete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):		Abflusswirksame bere	gnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	A _{red}	670 r	m²		
Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen: 23 % kt 2871 Jährlichkeit T 0,75 hn [mm] [l/m²] 9,4 18,4 28,5 v _{T(n)} [l/s*ha] 9,4 18,4 28,5 v _{Essamt-Spitze} [m³] 7,00 13,70 21,21 V _{gesamt-Spitze} [m³] 6,30 12,33 19,09 Reduzierung Spitzenabfluss [%] ngsniederschlag [%]: 60 60 60 60 60 V _{gesamt-mittel} [m³] 588 mm/a Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] v _{mittel} [m³] 330 m³ Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]		Abflusswirksame beregn	nete Gesamtfläche (m	ittlerer Abfluss):	A _{red-mittel}	562 r	m²		
kt 2871 Jährlichkeit T 60 % kt 2871 Jährlichkeit T 30 Act 2871 Act 2872 0,75 hn [mm] [l/m²] 9,4 18,4 28,5 30 Act 20,4 317 Act 20,4 317 Act 20,4 317 Act 20,4 Act 20,4 <t< td=""><td></td><td></td><td>Ve</td><td>rsiegelungsgrad H</td><td>of/Freiflächen:</td><td>23 %</td><td>%</td><td></td><td></td></t<>			Ve	rsiegelungsgrad H	of/Freiflächen:	23 %	%		
kt 2871 Jährlichkeit T 0,75 hn [mm] [l/m²] 1 5 30 hn [mm] [l/m²] 9,4 18,4 28,5 30 V _I [l/s*ha] 104 204 317 21,21 V _{Spitze} [m³] 6,30 12,33 19,09 Reduzierung Spitzenabfluss [%] V _{gesamt-spitze} [m³] 60 60 60 60 h _N [mm/a] 588 mm/a Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] V _{mittel} [m³] 330 m³ Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]				Versiegelungsgr	ad Grundstück:	6 <mark>09</mark>	%		
kt 2871 Jährlichkeit T 30 h [mm] [l/m²] 9,4 18,4 28,5 v _{T(l)} [l/s*ha] 104 204 317 Q [l/s] 7,00 13,70 21,21 V _{Spitze} [m³] 6,30 12,33 19,09 Reduzierung Spitzenabfluss [%] v _{Sesamt-Spitze} [m³] 60 60 60 60 n _{Spitze} [m³] 588 mm/a 650 60 n _N [mm/a] 588 mm/a 8653 8653 v _{Resamt-mittel} [m³] 653 m³ Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] v _{mittel} [m³] 330 m³ Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]				Bebauungsgrad:	GRZ	0,75			
hn [mm] [l/m²] 1 5 30 v _{T(n)} [l/s*ha] 9,4 18,4 28,5 Q[l/s] 7,00 13,70 21,21 Q _{Sesamt-Spitze} [m³] 6,30 12,33 19,09 Reduzierung Spitzenabfluss [%] V _{gesamt-Spitze} [m³] 6,30 12,42 31,64 Autorial [m³] 60 60 60 h _N [mm/a] 588 mm/a 653 mm/a Autorial [m³] 8653 m³ V _{mittel} [m³] 330 m³ Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] 653		Bemessungsniederschlag Gitterpunk	d 2871	:0	hrlichkeit T				
h, [mm] [l/m²] 9,4 18,4 28,5 v _{T(I)} [l/s*ha] 104 204 317 Q [l/s] 7,00 13,70 21,21 V _{Spitze} [m³] 6,30 12,33 19,09 Reduzierung Spitzenabfluss [%] N _{gesamt-spitze} [m³] 60 60 60 60 ngsniederschlag [%]: 60 60 60 60 h _N [mm/a] 588 mm/a 653 mm/a V _{gesamt-mittel} [m³] 588 mm/a Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] v _{mittel} [m³] 330 m³ Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]		Dauerstufe/Regendauer D			2	30			
v _{T(n)} [l/s*ha] 104 204 317 Q [l/s] 7,00 13,70 21,21 V _{Spitze} [m³] 6,30 12,33 19,09 Reduzierung Spitzenabfluss [%] V _{Besamt-Spitze} [m³] 10,43 20,42 31,64 Anital nschiederschlag [%]: 60 60 60 60 nschiederschlag [%]: 588 mm/a mm/a V _{gesamt-mittel} [m³]: 588 mm/a Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] v _{mittel} [m³]: 330 m³ Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]		15		9,4	18,4	28,5			
Q [l/s] 7,00 13,70 21,21 V _{Spitze} [m³] 6,30 12,33 19,09 Reduzierung Spitzenabfluss [%] N _{gesamt-Spitze} [m³] 60,30 60,42 31,64 Account of the properties of the p			v _{T(n)} [I/s*ha]	104	204	317			
V _{Spitze} [m³] 6,30 12,33 19,09 Reduzierung Spitzenabfluss [%] V _{gesamt-Spitze} [m³] 10,43 20,42 31,64 Anticle [m³] 60 60 60 60 N _{gesamt-mittel} [m³] 588 mm/a mm/a m³ Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] V _{mittel} [m³] 330 m³ Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]			Q [I/s]	2,00	13,70	21,21			
V _{gesamt-Spitze} [m³] 10,43 20,42 31,64 60			V _{Spitze} [m³]	6,30	12,33	19,09	Reduz	ierung Spit	
ngsniederschlag [%]: 60 60 60 h _N [mm/a] 588 mm/a mm/a V _{gesamt-mittel} [m³] 653 m³ Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] v _{mittel} [m³] 330 m³ Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]		Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	10,43	20,42	31,64			
h _N [mm/a]588 mm/aV _{gesamt-mittel} [m³]653 m³Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]V _{mittel} [m³]330 m³Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]		Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessur	ngsniederschlag [%]:	09	09	09			
653 m³ 330 m³ Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] 51 %	Mittle	ere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2897	h _N [mm/a]		nm/a				
330 m³ Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]		Jahresniederschlagssumme Grundstück	V _{gesamt-mittel} [m³]		п³				
51		mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	330	n³	Reduzi	ierung n	nittlerer Jah	
		Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresnied	erschlagssumme [%]		%				

Action County description County description	Objok 2	Doution obotol Ctadthallo		MARNAHME	. R - Dachhaariin	bull			
Stelldach Bleich + Solar Fig. https://www.new.new.new.new.new.new.new.new.new.	Chalch	המתוחתבווסובו פומתוומווב			ם מבוומרפותו	91112	Ī		
Stelldach Blech + Solar	Einzugsfläche	Art der Entwässerungsfläche	Flächentyp	Abflussbei	wert a _n	Fläche An	Ared	Ared-mittel	
Find the Begrint (Aurhau > 10 cm) + Solar Find the Art Begrint (Aurhau > 10 cm) + Solar Flachdach extensive Begrint (Aurhau > 10 cm) Beete				Spitzenabfluss	Jahresmittel				
Flachd.ext. Begrünt (Aurbau > 10 cm) + Solar F1 0,4 0,2 Flachdach extensiv Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 0,8 0,8 Flachdach extensiv Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 0,5 0,3 Flachdach extensiv Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 1,0 0,9 Flachdach extensiv Begrünt (Aurbau > 10 cm) + Solar (<10 cm) F1 1,0 0,9 Flachd.ext. Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 1,0 0,9 Flachd.ext. Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 0,0 0,0 Flachd.ext. Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 0,0 0,0 Flachd.ext. Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 0,0 0,0 Flachd.ext. Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 0,0 0,0 Flachd.ext. Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 0,0 0,0 Flachd.ext. Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 0,0 0,0 Flachd.ext. Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 0,0 0,0 Flachd.ext. Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 0,0 0,0 Flachd.ext. Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 0,0 0,0 Flachd.ext. Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 0,0 0,0 Flachd.ext. Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 0,0 0,0 Flachd.ext. Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 0,0 0,0 Flachd.ext. Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 0,0 0,0 Flachd.ext. Begrünt (Aurbau > 10 cm) F1 0,0 0,0 F1 F1 0,0 0,0 0,0 F2 F1 0,0 0,0 0,0 F2 Averante F2 F1 0,0 0,0 F2 F2 Extensive F2 Extensi	Dachfläche 1	Steildach Blech + Solar	F1	1,0	6′0	134	134	121	
Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau > 10 cm) F1 0,4 0,2 Flachdach Terrasse (Aufbau wie Kiesdach) F1 0,8 0,8 Flachdach Ferrasse (Aufbau wie Kiesdach) F1 0,5 0,3 Flachdach Extensiv Begrünt (Aufbau > 10 cm) + Solar F1 0,4 0,2 Flachdach Extensiv Begrünt (Aufbau > 10 cm) + Solar F1 0,4 0,2 Flachdach Extensiv Begrünt (Aufbau > 10 cm) F1 0,4 0,2 Flachdach Extensiv Begrünt (Aufbau > 10 cm) F1 0,0 0,9 Flachdach Extensiv Begrünt (Aufbau > 10 cm) F1 0,0 0,0 Recte	Dachfläche 2	Flachd. ext. Begrünt (Aufbau >10 cm) + Solar	F1	0,4	0,2	86	39	20	
Flachdach Terrasse (Aufbau wie Klesdach)	Dachfläche 3	Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau >10 cm)	F1	0,4	0,2	61	24	12	
Flachdach extensiv Begrünt + Solar (<10 cm) F1 0,5 0,9 Steildach Faserzement und Blech F1 1,0 0,9 Steildach Faserzement und Blech F1 1,0 0,9 Steildach Faserzement F1 1,0 0,9 Flachdi ack Regrünt (Aufbau > 10 cm) + Solar F1 1,0 0,9 Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau > 10 cm) F1 0,4 0,2 Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau > 10 cm) F1 0,4 0,2 Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau > 10 cm) F1 0,0 0,9 Beete Flachdach extensive Begrünt (Aufbau > 10 cm) 0,0 Beete Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss) Area Area Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabflusserangsniederschlag Gitterpunkt 2871 1,0	Dachfläche 4	Flachdach Terrasse (Aufbau wie Kiesdach)	F1	8′0	8′0	52	44	44	
Figlidach Faserzement und Blech	Dachfläche 5	Flachdach extensiv Begrünt + Solar (<10 cm)	F1	0,5	6,3	61	31	18	
Flachd.ext. Begrünt (Aufbau > 10 cm) + Solar F1	Dachfläche 6	Steildach Faserzement und Blech	F1	1,0	6′0	105	105	95	
Steildach Faserzement	Dachfläche 7	Flachd. ext. Begrünt (Aufbau >10 cm) + Solar	F1	0,4	0,2	127	51	25	
Pachdach extensiv Begrünt (Aufbau > 10 cm) F1	Dachfläche 8	Steildach Faserzement	F1	1,0	6′0	20	20	18	
Natursteinplatten Fugenverguss	Dachfläche 9	Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau >10 cm)	F1	0,4	0,2	169	89	34	
Beete	Hoffläche	Natursteinplatten Fugenverguss	F1	1,0	8′0	161	161	129	
egnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss): Ared nete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss): Ared nete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss): Ared-mittel	Grünfläche	Beete	F1	0,0	0,0	119	0	0	
Gesamteinzugsfläche: A									
Ared			Gesar	nteinzugsfläche:	Α	1110	n²		
tt 2871 Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen: Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen: Versiegelungsgrad Grundstück: Bebauungsgrad: GRZ Label		Abflusswirksame bereg	gnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	A _{red}	1 229	m²		
Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen: Versiegelungsgrad Grundstück: Versiegelungsgrad Grundstück: kt 2871 1 5 36 h, [mm] [l/m²] 9,4 18,4 28,4 28,4 28,4 20,4 31,0 V _{Spitze} [m³] 7,07 13,83 21,45 19,7 V _{Spitze} [m³] 6,36 12,45 19,7 V _{gesamt-Spitze} [m³] 6,36 12,45 19,7 N _{mittel} [m³] 61 61 61 63 V _{mittel} [m³] 653 m³ 653 m³ N _{mittel} [m³] 303 m³ 61 63		Abflusswirksame beregn	ete Gesamtfläche (m	ittlerer Abfluss):	A _{red-mittel}	515	n²		
kt 2871 Jährlichkeit T 36 hn [mm] [l/m²] 9,4 18,4 28,3 v _{T(n)} [l/s*ha] 104 204 31,0 V _{Spitze} [m³] 6,36 12,45 19,3 V _{gesamt-spitze} [m³] 10,43 20,42 31,0 ngsniederschlag [%]: 61 61 61 63 v _{mittel} [m³] 588 mm/a 653 70,7 31,0 v _{mittel} [m³] 653 m³ 653 70,7 61 61			Ve	rsiegelungsgrad H	of/Freiflächen:	28	%		
kt 2871 Jährlichkeit T 36 hn [mm] [l/m²] 9,4 18,4 28 v _{T(n)} [l/s*ha] 104 204 31 Q [l/s] 7,07 13,83 21,, V _{Spitze} [m³] 6,36 12,45 19,, V _{gesamt-Spitze} [m³] 10,43 20,42 31, ngsniederschlag [%]: 61 61 61 V _{gesamt-mittel} [m³] 588 mm/a 61 61 V _{mittel} [m³] 303 m³ 60 60 60 60				Versiegelungsgr	ad Grundstück:	61	%		
kt 2871 Jährlichkeit T 36 h _n [mm] [l/m²] 9,4 18,4 28, v _{T(n)} [l/s*ha] 104 204 31, V _{Spitze} [m³] 7,07 13,83 21, V _{Spitze} [m³] 6,36 12,45 19, V _{gesamt-spitze} [m³] 10,43 20,42 31, ngsniederschlag [%]: 61 61 61 V _{gesamt-mittel} [m³] 588 mm/a V _{mittel} [m³] 303 m³ V _{mittel} [m³] 303 m³				Bebauungsgrad:	GRZ	0,75			
kt 2871 Jährlichkeit T h, [mm] [l/m²] 9,4 18,4 28, v _{T(n)} [l/s*ha] 104 204 31, Q [l/s] 7,07 13,83 21, V _{Spitze} [m³] 6,36 12,45 19, V _{gesamt-spitze} [m³] 10,43 20,42 31, ngsniederschlag [%]: 61 61 63 v _{mittel} [m³] 588 mm/a 653 v _{mittel} [m³] 303 m³ v _{mittel} [m³] 303 m³									
h, [mm] [l/m²] 9,4 18,4 28, v _{T(n)} [l/s*ha] 104 204 31, Q [l/s] 7,07 13,83 21, V _{Spitze} [m³] 6,36 12,45 19, V _{gesamt-spitze} [m³] 10,43 20,42 31, ngsniederschlag [%]: 61 61 63 h _N [mm/a] 588 mm/a 653 m³ V _{mittel} [m³] 303 m³ 653 m³		Bemessungsniederschlag Gitterpunk	t 2871	Ë	hrlichkeit T				
h _n [mm] [l/m²] 9,4 18,4 28, v _{T(n)} [l/s*ha] 104 204 31 Q [l/s] 7,07 13,83 21, V _{Spitze} [m³] 6,36 12,45 19, V _{gesamt-Spitze} [m³] 10,43 20,42 31, ngsniederschlag [%]: 61 61 63 h _N [mm/a] 588 mm/a 61 63 V _{mesamt-mittel} [m³] 563 m³ 653 76 V _{mittel} [m³] 303 m³ 65 65		Dauerstufe/Regendauer D		1	5	30			
v _{T(n)} [l/s*ha] 104 204 31 Q [l/s] 7,07 13,83 21,7 V _{Spitze} [m³] 6,36 12,45 19,7 V _{gesamt-Spitze} [m³] 10,43 20,42 31,0 ngsniederschlag [%]: 61 61 61 h _N [mm/a] 588 mm/a V _{mesamt-mittel} [m³] 653 m³ V _{mittel} [m³] 303 m³		15		9,4	18,4	28,5			
Q [l/s] 7,07 13,83 21, V _{Spitze} [m³] 6,36 12,45 19,3 V _{gesamt-spitze} [m³] 10,43 20,42 31,0 ngsniederschlag [%]: 61 61 63 h _N [mm/a] 588 mm/a 653 m³ 653 m³ V _{mittel} [m³] 303 m³ 653 m³ 654 m²			v _{T(n)} [l/s*ha]	104	204	317			
V _{Spitze} [m³] 6,36 12,45 19,7 V _{gesamt-Spitze} [m³] 10,43 20,42 31,0 ngsniederschlag [%]: 61 61 61 h _N [mm/a] 588 mm/a 653 m³ V _{mittel} [m³] 303 m³ 75 m³			Q [1/s]	7,07	13,83	21,42			
V _{gesamt-Spitze} [m³] 10,43 20,42 31,7 ngsniederschlag [%]: 61 61 63 h _N [mm/a] 588 mm/a 653 m³ V _{mittel} [m³] 303 m³ 653 m²			V _{Spitze} [m³]	96'3	12,45	19,28	Reduz	ierung Spit	zenabfluss [%] 11,7 %
ngsniederschlag [%]: 61 61 63 h _N [mm/a] 588 mm/a 588 mm/a V _{gesamt-mittel} [m³] 653 m³ 653 m³ V _{mittel} [m³] 303 m³ 650 m²		Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	10,43	20,42	31,64			
h _N [mm/a] 588 mm/a V _{gesamt-mittel} [m³] 653 m³ V _{mittel} [m³] 303 m³		Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessun	gsniederschlag [%]:	61	61	61			
h _N [mm/a] 588 mm/a V _{gesamt-mittel} [m³] 653 m³ V _{mittel} [m³] 303 m³									
653 m³ 303 m³	Mittle	ere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2897	h _N [mm/a]	588 1	nm/a				
303 m³		Jahresniederschlagssumme Grundstück	Vgesamt-mittel [m³]		n³				
		mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	303	n³	Reduz	ierung m	ittlerer Jah	resabfluss [%] 20,8 %
		Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	rschlagssumme [%]	% <mark>9</mark> *	%				

Objekt 3	Objekt 3 Boutiquehotel Stadthalle		MABNAHME (MARNAHME C - Versickerungsanlage	sanlage			
Androde	Sickeranlage	Fläche A	Finstanböbe	Volumen	(8 + V emdenselv +l) nedzelsznizaia	V _{Spi}	' _{Spitze} [m³]	3]
Similario	Sicheraniage	u C D	Linstadiiolie			1	. 5	30
Oberidisch	Oberidisch Raingarden (ehem. Beete)	24	06'0	7,2	7,2 Dachfl. 1-9, Hof- und Grünfläche	5,5 10,7 16,5	10,7	16,5
Unterirdisch	Jnterirdisch Sickerkörper (nur Überlauf von Raingarden)	10	1,00	10,01	10,0 (Dachfl. 1-9, Hof- und Grünfläche)	ı	3,5 9,3	9,3

Objekt 3	Boutiquehotel Stadthalle		MARNAHME D	MAßNAHME D - Regenwasserspeicher	eicher
	Einzugsfläche (It. Bestand)	Art	Fläche A _{red-mittel}		
	Dachfläche 1	Blech + Solar	121		
	Dachfläche 2	Kies + Solar	78		
	Dachfläche 3	ext. Begrünung	12		
	Dachfläche 6	Faserzementplatten	98		
	Dachfläche 7	Kies + Solar	102		
	Dachfläche 8	Faserzementplatten	18		
	Jahresertrag	Re	250 m³	m³	
	Bewässerungsfläche	B_{bew} [I/(m ² /a)]	Fläche A _G	$I/(m^2/a)$	
	Vertikalbegrünung Pflanztröge	0998	2	7320	
	Vertikalbegrünung Trogsystem	992	100	76600	
	Dachfläche 9 (ext. Begrünung/Lavendel)	345	169	58305	
	Beete (inkl. bodengeb. Vertikalbegrünung)	345	119	41055	
				. •	
	Jahresbedarf	$R_{ m b}$	183 m³	m³	Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] 47,9 %
	Speichervolumen (1 Monatsvorrat)	Λz	15,3 m³	m³	Reduzierter Anteil zu Gesamtniederschlag 30 %

Anhang B4

Objekt 4	Amtshans Margareten			BESTAND			
Finzuacfläche	Art der Entwäceeringefläche	Flachontyn	Abflussbe	Abflussbeiwert an	Fläche A	٨	
Ellizugalidelle	Ait del Elitwasseldigsilacile	riaciieiityp	Spitzenabfluss	Jahresmittel	ומכווכ איי	red	⊅ red-mittel
Dachfläche 1	Steildach Faserzementplatten	F1	1,00	06′0	969	969	979
Dachfläche 2	Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	144	144	130
Dachfläche 3	Steildach Faserzementplatten	F1	1,00	06′0	440	440	396
Dachfläche 4	Steildach Blech	F1	1,00	06′0	52	25	23
Hoffläche 1	Asphalt	F1	1,00	06′0	125	125	113
Tröge	wie Gründach Aufbau > 30 cm	F1	0,20	0,10	2	1	1
Grünfläche	Beete	F1	00'0	00'0	20	0	0
			ocom+oirentelischo.	<	1505	2	
	Abflucewirksma haramata Gasamtflächa (Saitzanahfluce)	ocsal	(Spitzopahfluss):		1424 22	m ²	
	ADIII NAMII NAMII C DEI C	guere desanificiaçõe	(apriceriabilias).	red	TC+T		
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	nete Gesamtfläche (m	ittlerer Abfluss):	$A_{red-mittel}$	1288	m²	
		PΛ	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	Hof/Freiflächen:	E9	%	
			Versiegelungsg	Versiegelungsgrad Grundstück:	56	%	
			Bebauungsgrad:	GRZ	0,87		
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 2871	ıkt 2871	ï	Jährlichkeit T			
	Dauerstufe/Regendauer D		1	5	30		
	15	h _n [mm] [I/m²]	9,4	18,4	28,5		
		v _{T(n)} [I/s*ha]	104	204	317		
		Q [1/s]	14,95	29,26	45,32		
		V _{Spitze} [m³]	13,45	26,33	40,78		
	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	14,15	27,69	42,89		
	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]:	ngsniederschlag [%]:	95	95	95		
Mittler	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2897	h _N [mm/a]	588	588 mm/a			
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	V _{gesamt-mittel} [m³]	885	m³			
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	757	m³			
	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	erschlagssumme [%]	98	%			

Objekt 4	Amtshans Margareten		MARNAHME A	MABNAHME A - Hoffläche entsiegeln	siegeln			
			Abflussbeiwerta	iwerta				
Einzugsfläche	Art der Entwässerungsfläche	Flächentyp	Spitzenabfluss	Jahresmittel	Fläche A _n	Ared	A _{red-mittel}	
Dachfläche 1	Steildach Faserzementplatten	F1	1,00	06'0	969	969	979	
Dachfläche 2	Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	144	144	130	
Dachfläche 3	Steildach Faserzementplatten	F1	1,00	06'0	440	440	396	
Dachfläche 4	Steildach Blech	F1	1,00	06'0	25	25	23	
Hoffläche	Verbundsteine mit Sickerfugen	F1	0,40	0,25	125	20	31	
Tröge	Hochbeete (wie Gründach Aufbau > 30 cm)	F1	0,20	0,10	2	1	1	
Grünfläche	Beete	F1	00'0	00'0	70	0	0	
		Gesal	Gesamteinzugsfläche:	Α	1505 m²	n²		
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	gnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	Ared	1356 m ²	n²		
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	iete Gesamtfläche (m	nittlerer Abfluss):	A _{red-mittel}	1206 m²	n²		
		9 /	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	1of/Freiflächen:	% <mark>52</mark>	%		
			Versiegelungsgr	Versiegelungsgrad Grundstück:	% 06	%		
			Bebauungsgrad:	GRZ	0,46			
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt	kt 2871	ël	Jährlichkeit T				
	Dauerstufe/Regendauer D		1	5	30			
	15	h _n [mm] [I/m²]	6,4	18,4	28,5			
		v _{T(n)} [I/s*ha]	104	204	317			
		Q [1/s]	14,16	27,72	42,94			
		V _{Spitze} [m³]	12,75	24,95	38,65	Redu	ierung Spit	Reduzierung Spitzenabfluss [%] 5,2 %
	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	14,15	27,69	42,89			
	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]:	ngsniederschlag [%]:	06	06	90			
Mittler	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2897	h [mm/a]	788	588 mm/a				
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	V _{gesamt-mittel} [m³]	885	m³				
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	_E m 602	m³	Reduz	ierung n	nittlerer Jah	Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] 6,3 %
	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	erschlagssumme [%]	% 08	%				

									% <mark>9'4 [</mark> %] ssn	rschlag 82 %
eicher									Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]	Reduzierter Anteil zu Gesamtniederschlag
MARNAHME D - Regenwasserspeicher			m³	$I/(m^2/a)$	15738	1725	15525	1900	m³	m³
MARNAHME D	Fläche A _{red-mittel}	313,2	184 m³	Fläche A _G	4,3	2	45	25	35 m³	2,9 m³
	Art	Faserzementplatten	Re	B _{bew} [I/(m²/a)]	3660	345	345	92	R _b	٧,
Amtshaus Margareten	Einzugsfläche (It. Bestand)	halbe Dachfläche 1	Jahresertrag	Bewässerungsfläche	Vertikalbegrünung Pflanztröge	Tröge (Hochbeete)	Beet (Gemüse/Kräuter/Stauden)	Beet (Sträucher)	Jahresbedarf	Speichervolumen (1 Monatsvorrat)
Objekt 4										

7 +10:40	21 74			DECTAND			
CDJEKL S	VO _M			DESI AND			
Einzugsfläche	Art der Entwässerungsfläche	Flächentyp	Abflussbeiwert a _n Spitzenabfluss Jahresi	iwert a _n Jahresmittel	Fläche A _n	A_{red}	Ared-mittel
Dachfläche 1	Steildach Faserzementplatten	F1	1,00	06'0	1080	1080	972
Dachfläche 2	Steil/Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	170	170	153
Dachfläche 3	Flachdach Bitumen	F2	1,00	06'0	1100	1100	066
Dachfläche 4	Steildach Faserzementplatten	F1	1,00	06'0	675	675	809
Dachfläche 5	Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	20	20	45
Dachfläche 6	Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	40	40	36
Dachfläche 7	Steildach Faserzementplatten/Blech	F1	1,00	06'0	233	233	210
Dachfläche 8	Steildach Blech	F2	1,00	06'0	430	430	387
Dachfläche 9	Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	20	20	18
Dachfläche 10	Flachdach Bitumen	F2	1,00	06'0	282	282	254
Dachfläche 11	Steil/Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	30	30	27
Dachfläche 12	Vordach extensiv Begrünt (Aufbau < 10cm)	F1	0,50	0,30	20	10	9
Hoffläche 1	Kleinsteinpflaster mit Kiesfuge	F2	0,70	09'0	096	672	276
Hoffläche 2	Betonfläche	F1	1,00	06'0	40	40	36
Grünfläche	Baumscheiben/Kies, Sand, Schutzbeete	F1	00'0	00'0	06	0	0
		Gesar	Gesamteinzugsfläche:	A	5220 m ²	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	gnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	A _{red}	4832 m ²	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	lete Gesamtfläche (m	ittlerer Abfluss):	A _{red-mittel}	4317	m²	
		Ve	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	4of/Freiflächen:	65	%	
			Versiegelungsgı	Versiegelungsgrad Grundstück:	93	%	
			Bebauungsgrad:	GRZ	0,79		
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 2871	kt 2871	Ęſ	Jährlichkeit T			
			1	5	30		
	15	h _n [mm] [l/m²]	9,4	18,4	28,5		
		v _{T(n)} [l/s*ha]	104	204	317		
		Q [I/s]	50,47	98,79	153,01		
		V _{Spitze} [m³]	45,42	88,91	137,71		
	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	49,07	96,05	148,77		
	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]	ngsniederschlag [%]:	93	93	93		
Mittle	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2789	h _N [mm/a]	909	605 mm/a			
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	V _{gesamt-mittel} [m³]	3158 m³	m³			
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	2612 m³	m³			
	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	erschlagssumme [%]	83 %	%			

					-			
Objekt 5	WUK		MAISNAHME A	MAISNAHME A - Hofflache entsiegein	iegeln			
Einzugsfläche	Art der Entwässerungsfläche	Flächentyp	Abflussbeiwert a _n	iwert a _n	Fläche A.	Ared	Ared-mittel	
			Spitzenabfluss	Jahresmittel	:	3		
Dachfläche 1	Steildach Faserzementplatten	F1	1,00	06'0	1080	1080	972	
Dachfläche 2	Steil/Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	170	170	153	
Dachfläche 3	Flachdach Bitumen	F2	1,00	06'0	1100	1100	066	
Dachfläche 4	Steildach Faserzementplatten	F1	1,00	06'0	675	675	809	
Dachfläche 5	Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	20	20	45	
Dachfläche 6	Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	40	40	36	
Dachfläche 7	Steildach Faserzementplatten/Blech	F1	1,00	06'0	233	233	210	
Dachfläche 8	Steildach Blech	F2	1,00	06'0	430	430	387	
Dachfläche 9	Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	20	20	18	
Dachfläche 10	Flachdach Bitumen	F2	1,00	06'0	282	282	254	
Dachfläche 11	Steil/Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	30	30	27	
Dachfläche 12	Vordach extensiv Begrünt (Aufbau < 10cm)	F1	05'0	0,30	20	10	9	
Hoffläche 1	Verbundsteine mit Sickerfugen	F2	0,40	0,25	096	384	240	
Hoffläche 2	Verbundsteine mit Sickerfugen	F1	0,40	0,25	40	16	10	
Grünfläche	Baumscheiben/Kies, Sand, Schutzbeete	F1	00'0	00'0	06	0	0	
			Cocamtoing and lacko.	٧		2		
		Ocean	וונבוווקמפאומרווב.	4	3220			
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	gnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	A_{red}	4520 m²	n²		
	Abflusswirksame beregnete		Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	A _{red-mittel}	3955 r	m²		
		N N	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	1of/Freiflächen:	37	%		
			Versiegelungsgr	Versiegelungsgrad Grundstück:	87	%		
			Bebauungsgrad:	GRZ	0,79			
		,=00						
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 2871	ct 28/1	er	Jahrlichkeit T				
	Dauerstufe/Regendauer D		1	2	30			
	15	$h_n [mm] [l/m^2]$	9,4	18,4	28,5			
		v _{⊤(n)} [l/s*ha]	104	204	317			
		Q [1/s]	47,21	92,41	143,13			
		V _{Spitze} [m³]	42,49	83,17	128,82	Reduzi	erung Spitz	Reduzierung Spitzenabfluss [%] 6,5 %
	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	49,07	96,05	148,77			
	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]	ngsniederschlag [%]:	87	87	87			
Mittle	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2789	h _N [mm/a]	909	605 mm/a				
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	V _{gesamt-mittel} [m³]	3158 m³	m³				
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	2393 m³	m³	Reduz	ierung m	ittlerer Jahr	Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] 8,4 %
	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	erschlagssumme [%]	% 94	%				
))						

			MASSAHM	MAISNAHME B - Dachbegrünung	mu			
			Abflussbeiwert a.	iwert a.				
Einzugsfläche	Art der Entwässerungsfläche	Flächentyp	Spitzenabfluss	Jahresmittel	Fläche A _n	Ared	Ared-mittel	
Dachfläche 1 Ste	Steildach Faserzementplatten	F1	1,00	06'0	1080	1080	972	
Dachfläche 2 Ste	Steil/Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	170	170	153	
Dachfläche 3 Fla	Flachdach intensiv Begrünt (Aufbau > 30cm)	F1	0,20	0,10	1100	220	110	
Dachfläche 4 Ste	Steildach Faserzementplatten	F1	1,00	06'0	675	675	809	
Dachfläche 5 Fla	Flachdach Blech	F1	1,00	06′0	20	20	45	
Dachfläche 6 Fla	Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	40	40	36	
	Steildach Faserzementplatten	F1	1,00	06'0	108	108	97	
	Steildach Blech	F2	1,00	06'0	555	555	200	
Dachfläche 9 Fla	Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	20	20	18	
Dachfläche 10 Fla	Flachdach intensiv Begrünt (Aufbau > 30cm)	F1	0,20	0,10	282	99	28	
Dachfläche 11 Ste	Steil/Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	30	30	27	
Dachfläche 12 Voi	Vordach extensiv Begrünt (Aufbau < 10cm)	F1	05'0	0,30	20	10	9	
Hoffläche 1 Kle	Kleinsteinpflaster mit Kiesfuge	F2	0,70	09'0	096	672	576	
Hoffläche 2 Bet	Betonfläche	F1	1,00	06'0	40	40	36	
Grünfläche Baı	Baumscheiben/Kies, Sand, Schutzbeete	F1	00'0	00'0	06	0	0	
		Gesal	Gesamteinzugsfläche:	A	5220 m ²	m²		
	Abflusswirksame beregnet	gnete Gesamtfläche	e Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	Ared	3726 m²	m²		
	Abflusswirksame beregnete		Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	A _{red-mittel}	3211 m ²	m²		
		οΛ	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	lof/Freiflächen:	% <mark>59</mark>	%		
			Versiegelungsgr	Versiegelungsgrad Grundstück:	71	%		
			Bebauungsgrad:	GRZ	0,79			
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 28	kt 2871	ëſ	Jährlichkeit T				
	Dauerstufe/Regendauer D		1	5	30			
	15	h _n [mm] [I/m²]	9,4	18,4	28,5			
		v _{⊤(n)} [l/s*ha]	104	204	317			
		Q [1/s]	38,92	76,18	118,00			
		V _{Spitze} [m³]	35,03	68,57	106,20	Reduz	ierung Spit:	Reduzierung Spitzenabfluss [%] 22,9 %
)	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	49,07	96,05	148,77			
A	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]:	ngsniederschlag [%]:	71	71	71			
Mittlere Ja	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2789	h _N [mm/a]	909	605 mm/a				
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	V _{gesamt-mittel} [m³]	3158 m³	m³				,
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	1943 m³	m³	Reduz	ierung m	ittlerer Jah	Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] 25,6 %
	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	erschlagssumme [%]	% 29	%				

Objekt 5 WUK	WUK			MARNAHME C -	MAßNAHME C - Versickerungsanlage			
Saliabaoav	op clacrostois	V equela	- Finctoniböbo	Momingon	Einzugeflächen (H. Maßnahme A + B)	V _{Spir}	V _{Spitze} [m³]	3]
Sin in i	Sichel alliage	ם מכונים ליי	Ellstadilolle		Ellizugsilacileii (it. Maisilaliille A + B)	1	2	30
	Sickerschacht 1 (Durchmesser 250 cm)	6'7	4,50	22,1				
Unterirdisch	Sickerschacht 2 (Durchmesser 250 cm)	6'7	4,00	19,6				
	Sickerschacht 3 (Durchmesser 250 cm)	6'7	3,50	17,2				
		lesag	Gesamtvolumen [m³]	28,8	58,8 (Dachfl. 1-12, Hof- und Grünfläche) 32,1 58,0 89,8	32,1 5	8,0,8	868

Objekt 5	WUK		Š	ABNAHME D - F	MAßNAHME D - Regenwasserspeicher	
	Einzugsfläche (It. Maßnahme B)	Art	Fläche A _{red-mittel}			
	Dachfläche 2	Blech	153			
	halbe Dachfläche 4	Faserzementplatten	809			
	Dachfläche 5	Blech	45			
	Dachfläche 7	Faserzement/Blech	26			
	Jahresertrag	Re	487 m³	8		
	Bewässerungsfläche (lt. Maßnahme B)	B _{bew} [I/(m²/a)]	Fläche A _G	$I/(m^2/a)$		
	Pflanzkübel/Töpfe	345	2	2415		
	Dachfläche 3 (intensive Begrünung)	345	1100	379500		
	Dachfläche 10 (intensive Begrünung)	345	787	97290		
	Jahresbedarf	R_b	479 m³	3	Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] 24,7 %	
	Speichervolumen (1 Monatsvorrat)	Vz	_ε ш 6′6ε	£ 1	Reduzierter Anteil zu Gesamtniederschlag 68 %	

Anhang B6

Ohiok+ 6	Hangande Garten			RESTAND			
חשלמח	inanigenide Galteri			מונים מונים			
Einzugsfläche	Art der Entwässerungsfläche	Flächentyp	Abflussbeiwert a _n Spitzenabfluss Jahresr	siwert a _n Jahresmittel	Fläche A _n	Ared	Ared-mittel
Dachfläche 1	Flachdach Kies	F1	8′0	8′0	200	160	160
Dachfläche 2	Flachdach Kies	F1	8′0	8′0	150	120	120
Dachfläche 3	Flachdach Terrasse (Aufbau wie Kiesdach)	F1	8′0	8′0	09	48	48
Dachfläche 4	Flachdach Terrasse (Aufbau wie Kiesdach)	F1	0,8	8′0	06	72	72
Dachfläche 5	Flachdach Terrasse (Aufbau wie Kiesdach)	F1	8′0	8′0	08	64	64
Dachfläche 6	Terrasse/Laubengang Beton	F1	1,0	6′0	190	190	171
Dachfläche 7	Kunststoff Wellplatten	F1	1,0	6′0	160	160	144
Dachfläche 8	Flachdach intensiv Begrünt (Aufbau > 30cm)	F1	0,20	0,10	32	7	4
Dachfläche 9	Flachdach intensiv Begrünt (Aufbau > 30cm)	F1	0,20	0,10	235	47	24
		Gesar	Gesamteinzugsfläche:	V	1200 m ²	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	gnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	A_red	898 m _z	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	nete Gesamtfläche (m	ittlerer Abfluss):	Ψ	_z ш 908	m²	
			Versiegelungsg	Versiegelungsgrad Freiflächen:	% <mark>62</mark> %	%	
			Versiegelungsg	Versiegelungsgrad Grundstück:	% <mark>7/</mark>	%	
			Bebauungsgrad:	GRZ	1,0		
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 2871	kt 2871	ş(Jährlichkeit T			
	Dauerstufe/Regendauer D		1	5	30		
	15	h _n [mm] [I/m²]	9,4	18,4	28,5		
		v _{T(n)} [I/s*ha]	104	204	317		
		Q [I/s]	9,07	17,75	27,49		
		V _{Spitze} [m³]	8,16	15,97	24,74		
	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	Vgesamt-Spitze [m³]	11,28	22,08	34,20		
	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]:	ngsniederschlag [%]:	72	72	72		
Mittle	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2897	h _N [mm/a]	588	588 mm/a			
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	Vgesamt-mittel [m³]	706 m³	m³			
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	474 m³	m³			
	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	erschlagssumme [%]	% <mark>29</mark>	%			

Objekt 6	יים אינטיים אינדיים אי		MARNAHM	MARNAHME A - Dachbeggining	, in			
ODJENI O	וומוופרוותב סמורבוו		ALICAICICIAI	L A - Daciliacgi di	91112			
Einzugsfläche	Art der Entwässerungsfläche	Flächentvo	Abflussbeiwert a _n	iwert a _n	Fläche A.	A	Andmittel	
0			Spitzenabfluss	Jahresmittel		- Teu	-led-Illittel	
Dachfläche 1	Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau >10 cm)	F1	0,4	0,2	200	80	40	
Dachfläche 2	Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau >10 cm)	F1	0,4	0,2	150	9	30	
Dachfläche 3	Flachdach Terrasse (Aufbau wie Kiesdach)	F1	8′0	8′0	09	48	48	
Dachfläche 4	Flachdach Terrasse (Aufbau wie Kiesdach)	F1	8′0	8′0	06	72	72	
Dachfläche 5	Flachdach Terrasse (Aufbau wie Kiesdach)	F1	8′0	8,0	80	64	64	
Dachfläche 6	Terrasse/Laubengang Beton	F1	1,0	6′0	190	190	171	
Dachfläche 7	Kunststoff Wellplatten	F1	1,0	6′0	160	160	144	
Dachfläche 8	Flachdach intensiv Begrünt (Aufbau > 30cm)	F1	0,20	0,10	35	7	4	
Dachfläche 9	Flachdach intensiv Begrünt (Aufbau > 30cm)	F1	0,20	0,10	235	47	24	
		Gesal	Gesamteinzugsfläche:	٨	1200 m ²	m ²		
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	gnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	A _{red}	728 m²	m²		
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	ete Gesamtfläche (m	nittlerer Abfluss):	Ared-mittel	596 m ²	m²		
		N Ne	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	Hof/Freiflächen:	62	%		
			Versiegelungsgı	Versiegelungsgrad Grundstück:	61	%		
			Bebauungsgrad:	GRZ	1,00			
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 2	ct 2871	Şſ	Jährlichkeit T				
	Dauerstufe/Regendauer D		1	2	30			
	15	h _n [mm] [I/m²]	9,4	18,4	28,5			
		v _{T(n)} [I/s*ha]	104	204	317			
		Q [I/s]	2,60	14,88	23,05			
		V _{Spitze} [m³]	6,84	13,40	20,75	Redu	zierung Spit	Reduzierung Spitzenabfluss [%] 16,1 %
	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	11,28	22,08	34,20			
	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]	ngsniederschlag [%]:	61	61	61			
Mittle	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2897	h. [mm/a]	588	588 mm/a				
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	V _{esamt-mittel} [m³]	706 m³	m³ .				
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	350 m³	m³	Reduz	zierung n	nittlerer Jał	Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] 26,1 %
	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	erschlagssumme [%]	% <mark>09</mark>	%				

Objekt 6	Hängende Gärten		MAßNAHME B - Regenwasserspeicher	Regenwassersp	eicher		
	Einzugsfläche (lt. Maßnahme A)	Art	Fläche A _{red-mittel}				
	Dachfläche 1	extensiv Begrünt	40				
	Dachfläche 2	extensiv Begrünt	30				
	Dachfläche 3	Terrasse	48				
	Dachfläche 4	Terrasse	72				
	Dachfläche 5	Terrasse	64				
	Dachfläche 6	Beton	171				
	Dachfläche 7	Kunststoff Wellplatt	144				
	Jahresertrag	Re	335 m³				
	Bewässerungsfläche	B _{bew} [I/(m²/a)]	Fläche A _G	$I/(m^2/a)$			
	Vertikalbegrünung Pflanztröge	3660	9′88	305976			
	intensive Dachbegrünung (Rasen, Sträucher)	76	270	20520			
	Jahresbedarf	$R_{\rm b}$	326 m³		Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]	% <mark>6′89</mark> [%	9
	Speichervolumen (1 Monatsvorrat)	V _z	27,21 m³		Reduzierter Anteil zu Gesamtniederschlag	lag 21 %	%

Anhang B7

Ohiekt 7	Wohn/Geschäftshaus Apollogasse			RESTAND			
	vectors and contract of the co		5 14				
Einzugsfläche	Art der Entwässerungsfläche	Flächentyp	Abflussbeiwert an Spitzenabfluss Jahresi	lwert a _n Jahresmittel	Fläche A _n	A_{red}	A _{red-mittel}
Dachfläche 1	Flachdach Dachterrasse (Aufbau wie Kiesdach)	F1	0,8	8′0	340	272	272
Dachfläche 2	Steildach Blech	F1	1,00	06'0	145	145	131
Dachfläche 3	Steildach Blech	F1	1,00	06'0	135	135	122
Dachfläche 4	Steildach Blech	F1	1,00	06'0	130	130	117
Dachfläche 5	Steildach Blech	F1	1,00	06'0	30	30	27
Dachfläche 6	Flachdach Terrasse (Aufbau wie Kiesdach)	F1	8′0	8'0	40	32	32
Dachfläche 7	Flachdach Terrasse (Aufbau wie Kiesdach)	F1	0,8	8′0	100	80	80
Hoffläche 1	Betonplatten (offene Fugen)	F1	6′0	0,7	09	54	42
Hoffläche 2	Terrasse Betonplatten (offene Fugen)	F1	6′0	2'0	0/	63	49
Grünfläche	Rasenflächen (wie Gründach Aufbau > 30 cm)	F1	0,20	0,10	110	22	11
		(
		Gesar	Gesamteinzugsfläche:	А	1160 m²	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	egnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	A_red	_z ш 896	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	nete Gesamtfläche (m	ittlerer Abfluss):	A _{red-mittel}	288 m ₂	m²	
		PΛ	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	Hof/Freiflächen:	28	%	
			Versiegelungsg	Versiegelungsgrad Grundstück:	83	%	
			Bebauungsgrad:	GRZ	62'0		
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 2871	t 2871	ş(Jährlichkeit T			
	Dauerstufe/Regendauer D		1	5	30		
	15	h _n [mm] [I/m²]	9,4	18,4	28,5		
		v _{T(n)} [l/s*ha]	104	204	317		
		Q [l/s]	10,06	19,69	30,50		
		V _{Spitze} [m³]	9,05	17,72	27,45		
	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	10,90	21,34	33,06		
	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]:	ngsniederschlag [%]:	83	83	83		
Mit	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2897	h _N [mm/a]	588	588 mm/a			
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	V _{gesamt-mittel} [m³]	685	m³			
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	519	m³			
	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	erschlagssumme [%]	% 94	%			

Art der Entwässerungsfläche Flächentyp Apritzenabfluss Jahresmittel Flachdach Dachterrasse (Aufbau wie Kiesdach) F1 0,20 0,10 Steildach Blech F1 1,00 0,90 Steildach Blech F1 1,00 0,90 Steildach Blech F1 1,00 0,90 Steildach Blech F1 0,0 0,90 Flachdach Terrasse (Aufbau wie Kiesdach) F1 0,8 0,8 Flachdach Terrasse (Aufbau wie Kiesdach) F1 0,8 0,7 Betonplatten (offene Fugen) F1 0,9 0,7 Betonplatten (offene Fugen) F1 0,9 0,7 Terrasse Betonplatten (offene Fugen) F1 0,9 0,7 Rasenflächen (wie Gründach Aufbau > 30 cm) F1 0,9 0,7 Rasenflächen (wie Gründach Aufbau > 30 cm) Aned-mittel Ared-mittel
F1 ### Ges Beregnete Gesamtfläche (#### F1 #### F1 #### Ges #### F1 #### F1 #### F1 #### Ges
F1 0,20 F1 1,00 F1 1,00 F1 1,00 F1 1,00 F1 0,8 F1 0,8 F1 0,9 F1 0,9 F1 0,9 F1 0,9 F1 0,20 F1 0,20 F1 0,20 Gesamtfläche (Spitzenabfluss): egnete Gesamtfläche (Mittlerer Abfluss): Versiegelungsgrad H Versiegelungsgrad H Versiegelungsgrad: Versiegelungsgrad:
F1
F1
F1 1,00 F1 1,00 F1 0,8 F1 0,4 F1 0,9 F1 0,9 F1 0,9 F1 0,20 Gesamteinzugsfläche: Gesamteinzugsfläche: Tete Gesamtfläche (Spitzenabfluss): Nersiegelungsgrad Fluss): Versiegelungsgrad Flusser Versiegelungsgrad Flusser Nersiegelungsgrad Flusser Versiegelungsgrad Flusser
F1 1,00 F1 0,8 F1 0,8 F1 0,8 F1 0,9 F1 0,9 F1 0,9 F1 0,9 F1 0,9 F1 0,9 F1 0,8 F1 0,8 Gesamteinzugsfläche: Gesamteliache (Spitzenabfluss): Gesamtenzugsfläche: Gesamtenzugsfläche: Gesamtenzugsfläche: Gesamtenzugsfläche: F2 0,20 F3 0,20 F4 0,20 F5 0,20 Gesamtenzugsfläche: F5 0,20 F6 0,20 F7 0,9
F1 0,8 F1 0,8 F1 0,9 F1 0,9 F1 0,20 Gesamteinzugsfläche: Gesamtfläche (Spitzenabfluss): gnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss): Versiegelungsgrad Hersiegelungsgrad Hersiegelung
F1 0,8 F1 0,4 F1 0,9 F1 0,20 Gesamteinzugsfläche: Gesamteinzugsfläche: Gesamtfläche (Spitzenabfluss): gnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss): Versiegelungsgrad Hersiegelungsgrad Hersiegelung Hersiegelung Hersiegelung Hersiegelung Hersiegelung Hersiegelu
F1 0,4 F1 0,9 F1 0,9 F1 0,9 F1 0,20 Gesamteinzugsfläche: gnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss): gnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss): Versiegelungsgrad F
F1 0,9 F1 0,9 F1 0,9 Compared to the compared
F1 0,9 F1 0,20 Gesamteinzugsfläche: regnete Gesamtfläche (Apitzenabfluss): gnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss): Versiegelungsgrad H Versiegelungsgrad H
Gesamteinzugsfläche: egnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss): nete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss): Versiegelungsgrad bebauungsgrad:
Gesamteinzugsfläche: egnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss): nete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss): Versiegelungsgrad t Versiegelungsgrad t Bebauungsgrad:
regnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss): gnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss): Versiegelungsgrad H Versiegelungsgrad H Bebauungsgrad:
gnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss): Versiegelungsgrad t Versiegelungsgrad t Bebauungsgrad:
Versiegelungsgrad F Versiegelungsgr Bebauungsgrad:
Versiegelungsgr Bebauungsgrad:
Bebauungsgrad:
Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 2871 Jährlichkeit T
1
h _n [mm] [1/m²] 9,4
v _{T(n)} [l/s*ha] 104
V _{Spitze} [m³] 7,91
Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück: V _{gesamt-Spitze} [m³] 10,90
Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]: 73
h _N [mm/a] 588
Jahresniederschlagssumme Grundstück V_{gesamt-mittel} [m³]
mittlerer Jahresabfluss V _{mittel} [m³] 431 m³
Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%] 63 %

Objekt 7	Wohn/Geschäftshaus Apollogasse	MAßNAHME	MAßNAHME B - Regenwasserspeicher	eicher		
	Einzugsfläche	Art	Fläche Ared-mittel			
	Dachfläche 2	Steildach Blech	131			
	Dachfläche 3	Steildach Blech	122			
	Jahresertrag	Re	148 m³	8		
	Bewässerungsfläche (It. Maßnahme A)	B _{bew} [1/(m²/a)]	Fläche A _G	I/(m²/a)		
	Vertikalbegrünung Pflanztröge	3660	2,2	8052		
	Vertikalbegrünung Pflanzmodule	1140	42,8	48792		
	Dachfläche 1b (intensive Begrünung)	345	170	58650		
	Jahresbedarf	R _b	115 m³	3	Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] 22,3 %	%
	Speichervolumen (1 Monatsvorrat)	V _z	9'6 m ₃	اع	Reduzierter Anteil zu Gesamtniederschlag 59 %	%

Objekt 8	At the Park Hotel			BESTAND			
1-25			Abflussbe	Abflussbeiwert an	A 040%17	•	•
Einzugstiache	Art der Entwasserungsflache	Flachentyp	Spitzenabfluss	Jahresmittel	Flache An	Ared	Ared-mittel
Dachfläche 1	Steildach Faserzementplatten	F1	1,00	06′0	1480	1480	1332
Dachfläche 2	Glaskuppel	F1	1,00	06'0	06	06	81
Dachfläche 3	Balkonvorbau Blech	F1	1,00	06'0	160	160	144
Dachfläche 4	Vordach Bitumen	F1	1,00	06'0	30	30	27
Freifläche 1	Asphalt	F2	1,00	06'0	089	630	267
Freifläche 2	Betonsteinpflaster Sickerfuge	F2	0,40	0,25	929	270	169
Freifläche 3	Rasengittersteine	F2	0,40	0,20	08	32	16
Freifläche 4	Steinplatten Fugenverguss	F1	1,00	08'0	08	80	64
Freifläche 5	Kleinsteinpflaster Fugenverguss	F1	1,00	08′0	20	20	16
Grünfläche	Rasen mit Sträucher/Hecken	F1	0,20	0,10	1000	200	100
	L						
		Gesar	Gesamteinzugsfläche:	٨	4245 m ²	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	egnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	A_{red}	2992 m ²	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	nete Gesamtfläche (m	ittlerer Abfluss):	A	2516 m²	m²	
		PΛ	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	Hof/Freiflächen:	% <mark>20</mark> %	%	
			Versiegelungsg	Versiegelungsgrad Grundstück:	02	%	
			Bebauungsgrad:	GRZ	0,41		
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 3190	ıkt 3190		Jährlichkeit T			
	Dauerstufe/Regendauer D		1	5	30		
	15	h_{n} [mm] [I/m ²]	11,1	22,4	35		
		v _{⊤(n)} [l/s*ha]	123	249	389		
		Q [1/s]	36,90	74,47	116,36		
		V _{Spitze} [m³]	33,21	67,02	104,72		
	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	47,12	95,09	148,58		
	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]:	ngsniederschlag [%]:	70	70	70		
Mittler	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 3219	h _N [mm/a]	693	693 mm/a			
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	V _{gesamt-mittel} [m³]	2942	m³			
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	1743 m³	m³			
	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	erschlagssumme [%]	% <mark>69</mark>	%			

	1 - 4 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 - 1 -		A TARILAMA A A A	to a state and	-leading			
Objekt 8	At the Park Hotel		IVIAISINAHIVIE A	MAISNAHME A - Freifiachen entsiegein	siegein			
Einzugsfläche	Art der Entwässerungsfläche	Flächentvo	Abflussbeiwert a _n	iwert a _n	Fläche A.	Ā	And mittel	
9			Spitzenabfluss	Jahresmittel		- rea	- rea-mittei	
Dachfläche 1	Steildach Faserzementplatten	F1	1,00	06'0	1480	1480	1332	
Dachfläche 2	Glaskuppel	F1	1,00	06'0	06	06	81	
Dachfläche 3	Balkonvorbau Blech	F1	1,00	06'0	160	160	144	
Dachfläche 4	Vordach Bitumen	F1	1,00	06'0	30	30	27	
Freifläche 1	Verbundsteine mit Sickerfugen	F2	0,40	0,25	089	252	158	
Freifläche 2	Betonsteinpflaster Sickerfuge	F2	0,40	0,25	675	270	169	
Freifläche 3	Rasengittersteine	F2	0,40	0,20	08	32	16	
Freifläche 4	Verbundsteine mit Sickerfugen	F1	0,40	0,25	80	32	20	
Freifläche 5	Verbundsteine mit Sickerfugen	F1	0,40	0,25	70	8	2	
Grünfläche	Rasen mit Sträucher/Hecken	F1	0,20	0,10	1000	200	100	
		Gesan	Gesamteinzugsfläche:	4	4245 m ²	m²		
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	gnete Gesamtfläche ((Spitzenabfluss):	A _{red}	2554 m ²	n²		
	Abflusswirksame beregnete	ete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	ittlerer Abfluss):	A _{red-mittel}	2051	m²		
		Ve	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	lof/Freiflächen:	32	%		
			Versiegelungsgrad Grundstück:	ad Grundstück:	6 09	%		
			Bebauungsgrad:	GRZ	0,41			
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 3190	t 3190	ВĹ	Jährlichkeit T				
	Dauerstufe/Regendauer D		1	2	30			
	15	h _n [mm] [I/m²]	11,1	22,4	35			
		v _{T(n)} [l/s*ha]	123	249	389			
		Q [1/s]	31,50	63,57	99,32			,
		V _{Spitze} [m³]	28,35	57,21	89,39	Reduz	ierung Spitz	Reduzierung Spitzenabfluss [%] 14,6 %
	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	47,12	62,09	148,58			
	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]:	gsniederschlag [%]:	09	09	09			
Mittle	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 3219	h _N [mm/a]		mm/a				
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	Vgesamt-mittel [m³]	2942	m³				
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	1422 m³	m³	Reduz	ierung n	nittlerer Jah	Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] 18,5 %
	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	rschlagssumme [%]	48 %	%				
				٠				

Objekt 8	At the Park Hotel		MABNAHME E	MAßNAHME B - Versickerungsanlage	sanlage			
Anordan	Cicharan and	Elächo A	Finetanhöhe	Volumon	(a + v emdeaseM +l) acdzelłanicaia	^{¹S} N	ipitze [m³]	3]
Similario	Junei alliage	יומכווכ	Filistadilolle			1	2	30
Oberidisch	Raingarden (ehem. Rasenflächen)	230	06'0	0'69	69,0 Dachflächen 1-4, Freiflächen 1-5	28,3 57,2 89,4	57,2	89,4
Unterirdisch	Jnterirdisch Sickerkörper (nur Überlauf von Raingarden)	42	09'0	21,0	21,0 (Dachflächen 1-4)	ı	-	20,4

							Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] 4,6 %	Reduzierter Anteil zu Gesamtniederschlag 57 %
peicher			n³	I/(m²/a)	70200	10260	m³	m ₃
MAßNAHME C - Regenwasserspeicher	Fläche A _{red-mittel}	387	268 m³	Fläche A _G	9	135	80 m³	6.7 m³
MABNAHME	Art	Faserzement	Re	B _{bew} [I/(m²/a)]	1080	92	$R_{\rm b}$	۸-
At the Park Hotel	Einzugsfläche	Teilfläche Dachfläche 1	Jahresertrag	Bewässerungsfläche (lt. Maßnahme A)	Vertikalbegrünung Mattensystem	Sträucher/Hecken	Jahresbedarf	Speichervolumen (1 Monatsvorrat)
Objekt 8								

Ohiekt 9	Wohn/Geschäftshaus 12 Seestadt			BESTAND			
			c trowindsoultd	intort 2			
Einzugsfläche	Art der Entwässerungsfläche	Flächentyp	Spitzenabfluss	Jahresmittel	Fläche A _n	A_{red}	A _{red-mittel}
Dachfläche 1	Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau > 10cm)	F1	0,40	0,20	989	252	126
Dachfläche 2	Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	23	53	48
Freifläche 1	Beton (Balkone)	F1	1,00	06'0	27	27	24
Freifläche 2	Asphalt	F1	1,00	06'0	231	231	208
Freifläche 3	Betonplatten (offene Fugen)	F1	06'0	0,70	15	14	11
Freifläche 4	Kies (Sickerstreifen)	F1	00'0	00'0	11	0	0
Freifläche 5	Rasen (Sickermulden/flächen)	F1	00'0	00'0	218	0	0
	•						
		Gesar	Gesamteinzugsfläche:	A	1185 m²	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	egnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	A_{red}	217 m ²	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	nete Gesamtfläche (m	ittlerer Abfluss):	A _{red-mittel}	416 m²	m²	
		ЭΛ	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	Hof/Freiflächen:	54 %	%	
			Versiegelungsg	Versiegelungsgrad Grundstück:	% <mark>67 </mark>	%	
			Bebauungsgrad:	GRZ	0,58		
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 2766	kt 2766	Jè	Jährlichkeit T			
	Dauerstufe/Regendauer D		1	5	30		
	15	$h_n [mm] [l/m^2]$	9,5	17,4	26,2		
		v _{⊤(n)} [l/s*ha]	106	193	291		
		Q [l/s]	60'9	11,15	16,78		
		V _{Spitze} [m³]	5,48	10,03	15,10		
	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	11,26	20,62	31,05		
	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]:	ngsniederschlag [%]:	26	26	26		
Mittle	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2791	h _N [mm/a]	563	mm/a			
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	V _{gesamt-mittel} [m³]	299	m³			
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	234 m³	m³			
	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniederschlagssumme [%]	erschlagssumme [%]	15 %	%			

Objekt 9	Wohn/Geschäftshaus J2 Seestadt		MARNAHME /	MAßNAHME A - Hoffläche entsiegeln	siegeln			
Finzuasfläche	Art der Entwässerungsfläche	Flächentyn	Abflussbeiwert a _n	iwert a _n	Fläche A	4	Δ	
21124831146116	ער מכן בוונאמססכן מוופסוומכווכ	- Idelicity b	Spitzenabfluss	Jahresmittel	u	red	red-mittel	
Dachfläche 1	Flachdach extensiv Begrünt (Aufbau > 10cm)	F1	0,40	0,20	089	252	126	
Dachfläche 2	Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	53	53	48	
Freifläche 1	Beton (Balkone)	F1	1,00	06'0	27	27	24	
Freifläche 2	Verbundsteine mit Sickerfugen	F1	0,40	0,25	231	92	58	
Freifläche 3	Verbundsteine mit Sickerfugen	F1	0,40	0,25	15	9	4	
Freifläche 4	Kies (Sickerstreifen)	F1	00'0	00'0	11	0	0	
Freifläche 5	Rasen (Sickermulden/flächen)	F1	0,00	00'0	218	0	0	
		Gesar	Gesamteinzugsfläche:	Α	1185 m ²	J ²		
	Abflusswirksame beregnet	gnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss)	(Spitzenabfluss):	Ared	430 m ²	η²		
	Abflusswirksame beregnete	ete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss)	ittlerer Abfluss):	A _{red-mittel}	260 m ²	η²		
		οΛ	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	Hof/Freiflächen:	25 %	٠,		
			Versiegelungsg	Versiegelungsgrad Grundstück:	% <mark>98</mark>			
			Bebauungsgrad:	GRZ	0,53			
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 27/	t 2766	ξĹ	Jährlichkeit T				
	Dauerstufe/Regendauer D		1	5	30			
	15	h _n [mm] [l/m²]	6,5	17,4	26,2			
		v _{⊤(n)} [l/s*ha]	106	193	291			
		Q [1/s]	4,54	8,32	12,53			
		V _{Spitze} [m³]	4,09	7,49	11,28	Reduz	Reduzierung Spitzenabfluss [%]	abfluss [%] <mark>25,3</mark> %
	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	11,26	20,62	31,05			
	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsni	ıgsniederschlag [%]:	26	26	26			
				,				
Mittle	Mittlere Jahresniederschlagssumme Gitterpunkt 2791	h _N [mm/a]	563	mm/a				
	Jahresniederschlagssumme Grundstück	V _{gesamt-mittel} [m³]	667	m³				,
	mittlerer Jahresabfluss	V _{mittel} [m³]	146 m³	m³	Reduzi	erung m	Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]	% <mark>37,7 </mark> [%] sbfluss [%]
	Anteil mittlerer Jahresabfluss zu Jahresniedersch	erschlagssumme [%]	15 %	%				

Objekt 9	Wohn/Geschäftshaus J2 Seestadt	BE	BESTAND/MARNAHME B - Versickerungsanlage	IME B - Versicke	rungsanlage			
panapaoa V	on classical sign	Elächo A	odödiic‡sai3	Volumon	Einzungeflächen (It Bestand)	V _{Spit}	Spitze [m³:]
Silbilailg	JUNE ALIBE	ומכווכ או	Filistadilolle	Volumen	Linzagsnachen (it. Bestand)	1	2	30
Oboridisch	Sickermulde/fläche	113	0,15	17,0	17,0 Freiflächen 1-5	5,6	4,7	7,1
Deligion	Sickermulde/fläche	113	0,15	17,0	17,0 Dachflächen 1-2, Freiflächen 1-5	5,5 1	10,0 15,1	15,1

Anhang B10

Objekt 10	Birogabanda MA 48			RESTAND			
סוולבער דס	bui Ogenaude iviA 40			OF CLOSE			
Einzugsfläche	Art der Entwässerungsfläche	Flächentvo	Abflussbeiwert a _n	iwert a _n	Fläche A.	A	And mittel
0	2000		Spitzenabfluss	Jahresmittel		na.	red-mittel
Dachfläche 1	Steildach Dachziegel	F1	1,00	08'0	370	370	296
Dachfläche 2	Flachdach Blech	F1	1,00	06'0	115	115	104
Dachfläche 3	Vordach extensiv Begrünt (Aufbau < 10 cm)	F1	0,50	0,30	9	3	2
Freifläche 1	Beton	F1	1,00	06'0	23	23	21
Freifläche 2	Steinplatten Fugenverguss	F1	1,00	06'0	6	6	8
Grünfläche	Rasen	F1	0,20	0,10	43	6	4
		Gesar	Gesamteinzugsfläche:	А	566 m ²	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	gnete Gesamtfläche	(Spitzenabfluss):	A_{red}	529 m ²	m²	
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	nete Gesamtfläche (m	ittlerer Abfluss):	A _{red-mittel}	434 m²	m²	
		Ve	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	1of/Freiflächen:	54 %	%	
			Versiegelungsgr	Versiegelungsgrad Grundstück:	% <mark>66</mark>	%	
			Bebauungsgrad:	GRZ	98'0		
	•						
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 2871	kt 2871	ĒĹ	Jährlichkeit T			
	Dauerstufe/Regendauer D		1	5	30		
	15	h _n [mm] [l/m²]	9,4	18,4	28,5		
		v _{T(n)} [I/s*ha]	104	204	317		
		Q [1/s]	5,52	10,81	16,74		
		V _{Spitze} [m³]	4,97	9,73	15,07		
	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	Vgesamt-Spitze [m³]	5,32	10,41	16,13		
	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]:	ngsniederschlag [%]:	93	93	93		
	Mittlerer Jahresniederschlag Gitterpunkt 2789	h _N [mm/a]	909	605 mm/a			
	Gesamtniederschlag Grundstück Jahresmittel	Vgesamt-mittel [m³]	342	m³			
	Abflussvolumen Jahresmittel	V _{mittel} [m³]	263 m³	m³			
	Anteil mittlere Abflussmenge an Gesamtjahresniederschlag [%]	nresniederschlag [%]	% <u>//</u>	%			

Bürc	Bürogebäude MA 48		MARNAHME	MAßNAHME A - Freifläche entsiegeln	siegeln			
•	Art der Entwässerungsfläche	Flächentvn	Abflussbeiwert a _n	iwert a _n	Fläche A.	ď	4	
		- Company P	Spitzenabfluss	Jahresmittel	u.	red	red-mittel	
Steildach	Steildach Dachziegel	F1	1,00	08'0	370	370	296	
Flachdach Blech	ch Blech	F1	1,00	06'0	115	115	104	
Vordach	Vordach extensiv Begrünt (Aufbau < 10 cm)	F1	09'0	0,30	9	3	2	
Beton		F1	1,00	06'0	23	23	21	
Rasen	Rasengittersteine	F1	0,40	0,20	6	4	2	
Rasen		F1	0,20	0,10	43	6	4	
		Gesal	Gesamteinzugsfläche:	A	566 m ²	m²		
	Abflusswirksame beregnete	gnete Gesamtfläche	Gesamtfläche (Spitzenabfluss):	A_{red}	523 m ²	m²		
	Abflusswirksame beregnete Gesamtfläche (mittlerer Abfluss):	iete Gesamtfläche (m	nittlerer Abfluss):	A _{red-mittel}	428 m²	m²		
		N Ne	Versiegelungsgrad Hof/Freiflächen:	lof/Freiflächen:	47	%		
			Versiegelungsgr	Versiegelungsgrad Grundstück:	% 76	%		
			Bebauungsgrad:	GRZ	98'0			
	Bemessungsniederschlag Gitterpunkt 287	kt 2871	ËL	Jährlichkeit T				
	Dauerstufe/Regendauer D		1	2	30			
	15	h _n [mm] [I/m²]	6,4	18,4	28,5			
		v _{T(n)} [I/s*ha]	104	204	317			
		Q [1/s]	5,46	10,70	16,57			
		V _{Spitze} [m³]	4,92	6,63	14,91	Redu	zierung Spit	Reduzierung Spitzenabfluss [%] 1,0 %
Ges	Gesamtbemessungsniederschlag Grundstück:	V _{gesamt-Spitze} [m³]	5,32	10,41	16,13			
Ante	Anteil Spitzenabflussmenge an Gesamtbemessungsniederschlag [%]:	ngsniederschlag [%]:	92	92	92			
				,				
Ĭ Z	Mittlerer Jahresniederschlag Gitterpunkt 2897	h _N [mm/a]	288	588 mm/a				
Ge	Gesamtniederschlag Grundstück Jahresmittel	V _{gesamt-mittel} [m³]	333	m³				
	Abflussvolumen Jahresmittel	V _{mittel} [m³]	252	m³	Reduz	ierung n	nittlerer Jał	Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%] 4,2 %
	Anteil mittlere Abflussmenge an Gesamtjahresniederschlag [%]	resniederschlag [%]	% 9/	%				

							92,4 %	8,8
peicher							Reduzierung mittlerer Jahresabfluss [%]	Reduzierter Anteil zu Gesamtniederschlag
MAßNAHME B - Regenwasserspeicher				m³	I/(m²/a)	475200	m³	m³
MARNAHME B	Fläche Ared-mittel	296	104	235 m³	Fläche A _G	008	_ε ш 475	_ε ш 09′6ε
	Art	Dachziegel	Blech	Re	B_{bew} [l/(m ² /a)]	594	R _b	٧٠
Objekt 10 Bürogebäude MA 48	Einzugsfläche	Dachfläche 1	Dachfläche 2	Jahresertrag	Bewässerungsfläche	Vertikalbegrünung Trogsystem	Jahresbedarf	Speichervolumen (1 Monatsvorrat)
Objekt 10								

11 Curriculum vitae

Lebenslauf Fabian Schiefermair

Persönliche Daten

Vor- und Zuname: Fabian Schiefermair

Adresse: Burghardtgasse 20/3, 1200 Wien

Geburtsdatum: 20.04.1991

Tel. Nr.: 0043/69918877959

Staatsangehörigkeit: Österreich Familienstand: ledig



Ausbildung

seit 2017	Masterstudium der Landschaftsplanung/Architektur an der BOKU Wien
2012 - 2016	Bachelorstudium der Landschaftsplanung/Architektur an der BOKU Wien
2011 - 2012	Zivildienst
2009 - 2011	Htl Kolleg Hochbau, Mödling

2005 – 2009: Htl Fachschule Bautechnik, Mödling 1997 – 2005: Waldorfschule, Schönau a.d. Triesting

Praxis

August 2018: Firma Gründachtechnik in Deutschland seit 2015: Betreuung und Pflege zweier Gärten 2014 – 2017: je 3 Wochen/Sommer Skipper bei Suntours Sept. bis Nov. 2008: Architekturbüro Baumschlager u. Eberle

Juli 2007: Pittel und Brausewetter, Hilfsarbeiter Straßenbau

Besondere Kenntnisse

B- Führerschein Sprachen: Englisch

Segelgrundschein, A-Schein, FB-2

Kroatisches Küstenpatent B (mehrjährige Tätigkeit als Skipper)

Funkschein SRC Baumschnittkurse

Interessen und Aktivitäten

Diverse aktiv betriebene Sportarten (Klettern, Volleyball, Skitouren, Wandern, Segeln, ...)

Akkordeon, Schlagzeug (langjährige Mitwirkung in div. Ensembles und Orchester, Band und Tätigkeit als Lehrer)

Reisen (Organisation von Individualreisen)

Foodsaver

Oldtimer Restaurierungs- und Wartungsarbeiten Installation von Photovoltaik-Insel-Anlagen