

dNWB - Arbeitspaket 4

Maßnahmenkarten für Grüne Infrastruktur

Inhaltsverzeichnis

1) Einleitung	1
2) Methodik	2
2.1) Entsiegelbare Parkplätze	2
2.1.1) Datengrundlage	2
2.1.2) Standortanalyse	3
2.1.2.1) Bewirtschafteter Parkraum	3
2.1.2.2) Unbewirtschafteter Parkraum	3
2.1.3) Unterscheidung nach Verschmutzungsgraden	4
2.1.4) Potentialkarte und Unsicherheit	4
2.2) Potentialflächen im Straßenbegleitgrün	5
2.2.1) Datengrundlage	5
2.2.2) Datenaufbereitung	5
2.2.3) Potentialkarte und Unsicherheit	5
2.3) Baumrigolen	6
2.3.1) Datengrundlage	7
2.3.2) Datenaufbereitung	7
2.3.3) Potentialkarte und Unsicherheit	8
2.4) Potentialbewertung	8
2.4.1) Anteil der vollständig retentierbaren Niederschläge	8
2.4.2) Effektiv entkoppelbare Fläche	9
3) Ergebnisse	9
3.1) Entsiegelbare Parkplätze	10
3.2) Potentialflächen im Straßenbegleitgrün	11
3.3) Baumrigolen	11
3.4) Potentialbewertung	12
3.4.1) Potentialnutzung	12
3.4.2) Räumliche Verteilung des Potentials	13
4) Diskussion	14
5) Schlussfolgerung	15

1) Einleitung

Das Arbeitspaket 4 des Projekts dNWB verfolgt das Ziel, räumliche Potenziale für Maßnahmen der naturnahen Regenwasserbewirtschaftung im urbanen Raum zu identifizieren. Ein besonderer Fokus liegt auf der Erstellung von Maßnahmenkarten, die die Verfügbarkeit möglicher Umsetzungsflächen (Potentialflächen) sichtbar machen und anschließend ins Verhältnis zum vorhandenen Bedarf setzen. Dabei werden vorrangig Flächen im öffentlichen Eigentum betrachtet, da hier ein direkter Handlungsspielraum der öffentlichen Hand besteht.

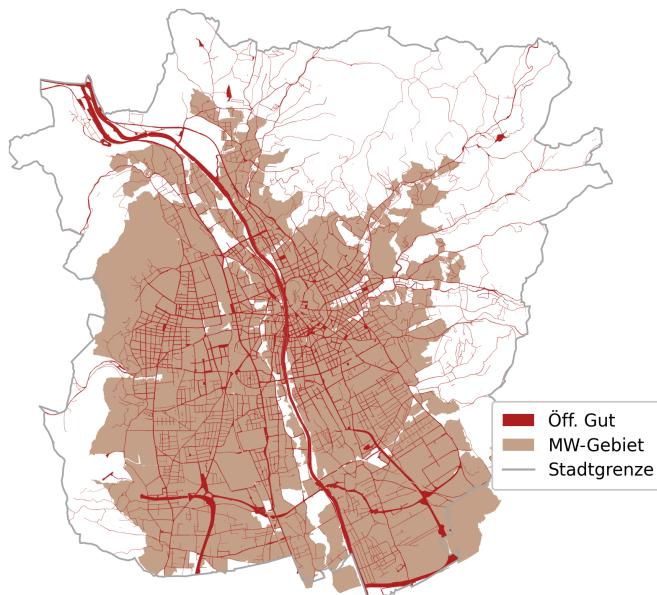
Dieser Bericht dokumentiert die Methodik und Ergebnisse für drei Maßnahmentypen:

- Entsiegelbare Parkplätze
- Sicker- und Retentionsmulden im Straßenbegleitgrün

- Baumrigolen

Die ausgewählten Maßnahmentypen adressieren unterschiedliche räumliche Situationen und Funktionsebenen der urbanen Infrastruktur. Entsiegelbare Parkplätze bieten ein hohes Flächenpotenzial zur Reduktion abflusswirksamer Oberflächen. Sicker- und Retentionsmulden im Straßenbegleitgrün ermöglichen die dezentrale Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser entlang von Verkehrswegen. Baumrigolen kombinieren die Funktionen der Regenwasserrückhaltung mit klimaaktiven Grünstrukturen und sind besonders in verdichteten Siedlungsbereichen ein effektives Instrument der blau-grünen Infrastruktur.

Das Stadtgebiet von Graz umfasst rund 12.700 ha, davon befinden sich etwa 1.050 ha in öffentlichem Besitz. Das Mischwasserkanalnetz erstreckt sich über ca. 6.600 ha, innerhalb dessen rund 710 ha öffentliche Flächen liegen (siehe Abbildung 1). Das Potenzial zur Umsetzung naturnaher Maßnahmen wird gezielt auf diesen öffentlichen Flächen im Mischgebiet untersucht.



(b) Flächen der verschiedenen Flächentypen in Graz

Typ	Fläche [km ²]
Stadt	127
Ö-Gut	10,5
MW-Gebiet	66
Ö-Gut im MW-Gebiet	7,1

(a) Öffentliches Gut und durch Mischsystem bewirtschaftete Gebiete.

2) Methodik

2.1) Entsiegelbare Parkplätze

Parkflächen machen einen bedeutenden Teil der versiegelten öffentlichen Flächen im Stadtgebiet aus und bieten damit ein relevantes Potenzial zur Flächenentsiegelung. Besonders im Bereich des ruhenden Verkehrs ergeben sich häufig Spielräume für Umgestaltungen – etwa durch Reduktion von Stellplatzangeboten, Umwidmung oder den Einsatz wasser durchlässiger Beläge. Ziel dieses Abschnitts ist es, Flächenpotenziale zur Entsiegelung von öffentlichen Stellplätzen systematisch zu identifizieren, zu quantifizieren und hinsichtlich ihrer Regenwasserbewirtschaftungspotenziale zu bewerten. Grundlage bildet eine Kombination aus dokumentierten Stellplatzdaten und typischen Parkplatzanteilen im öffentlichen Straßenraum, differenziert nach Straßenklassifikation (FRC). Die Methodik umfasst sowohl direkt nachgewiesene als auch statistisch abgeleitete Potenzialflächen.

2.1.1) Datengrundlage

Tabelle 1 fasst die verwendete Datengrundlage zur Identifikation von Potentialflächen zur Entsiegelung von Parkplätzen:

Tabelle 1: Verwendete Datensätze

Name	Quelle	Typ	Datum
Stellplaetze.shp	Stadtvermessungsamt Graz	Linienvektoren	2025
GIP Network Edge	GIP	Linienvektoren	v.25.04

Über die dokumentierten Stellplätze des bewirtschafteten Parkraums können die entsiegelbaren Parkflächen in der blauen und grünen Parkzone gut abgeschätzt werden. Außerhalb der bewirtschafteten Kurzparkzonen finden sich undokumentierte Parkplätze am Straßenrand. Für verschiedene relevante Straßenkategorien, die über die Graphenintegrations-Plattform (GIP) und Orthophotos ausgewertet wurden, wurde stichprobennartig der Anteil straßenbegleitendes Parkens bestimmt und dann auf den gesamten Bereich außerhalb der blauen und grünen Parkzone extrapoliert.

2.1.2) Standortanalyse

2.1.2.1) Bewirtschafteter Parkraum

Aus dem Vektordatensatz des bewirtschafteten Parkraums werden Schräg- und Parallelparkplätze gefiltert. Zusätzlich werden aus den Schrägparkplätzen Stellplätze für Einspurige sowie beschränkte Halteverbote entfernt, da sich diese mit Parkplätzen teils doppeln. Aus den gefilterten Parallelparkplätzen werden nur beschränkte Halteverbote ausgeschlossen.

Jedem Parkplatz im gefilterten Datensatz wurde über den nächstgelegenen Straßenabschnitt aus dem GIP Datensatz eine Functional Road Class (FRC) zugewiesen.

Um die aus dem bewirtschafteten Parkraum resultierende Fläche zu bestimmen, wurde jedes Element je nach Parktyp (schräg oder parallel) mit einem Buffer versehen (Wertebereich siehe Breite Schrägparkplätze und Breite Parallelparkplätze in Tabelle 2).

2.1.2.2) Unbewirtschafteter Parkraum

Für den unbewirtschafteten Parkraum wurden vorhandene Parkplätze auf Basis einer statistischen Auswertung des straßenbegleitenden Parkens abgeschätzt. Für jede relevante Funktionalklasse im Untersuchungsgebiet wurde über Auswertung von Orthophotos der Anteil straßenbegleitender Schräg- und Parallelparkplätze bestimmt. Berücksichtigt wurden dabei die FRC Kategorien 2 - Straßen des zentralörtlichen Netzes, 3 - Straßen des regionalen Netzes, 4 - Straßen, die als Gemeindeverbindungen dienen, 5 - Straßen des innerörtlichen Netzes, 6 - Sammelstraßen, 7 - Straßen der internen Erschließung und 8 - sonstige Straßen. Die ermittelten durchschnittlichen (minimalen, maximalen) Anteile sind in Tabelle 2 dargelegt. Es wurden nur Straßenabschnitte außerhalb des bewirtschafteten Parkraumes berücksichtigt. Das wurde durch einen Mindestabstand zu den dokumentierten Parkplätzen (siehe Tabelle 2) umgesetzt.

Um die resultierende Fläche zu bestimmen, wurden für die Linienobjekte „Straßenabschnitte“ durch einen Buffer Flächen berechnet. Dabei wurde sowohl der Parkplatzanteil aus Schräg- als auch der aus Parallelparkplätzen berücksichtigt. Die Berechnung des Buffers wird in Gleichung 1 beschrieben:

$$b_{\text{Buffer}} = 0,5 * (\varphi_{\text{parallel}} * b_{\text{parallel}} + \varphi_{\text{schräg}} * b_{\text{schräg}}) \quad (1)$$

Wobei φ_x den Anteil von Schräg- beziehungsweise Parallelparkplätzen am Straßenabschnitt beschreibt und b_x die jeweilige Breite.

Da die Flächen für jeden Straßenabschnitt aus den Elementen des GIP-Datensatzes direkt bestimmt werden, ist keine Zuweisung der FRC notwendig, da diese bereits im GIP-Datensatz vorliegt.

Tabelle 2: Angenommene Parameter

Parameter	Wert	Min.	Max.
Breite Schrägparkplätze	5.0 m	4.7 m	5.3 m
Breite Parallelparkplätze	2.3 m	2.1 m	2.5 m
Anteil Parallel FRC2	0,039	0,010	0,077
Anteil Parallel FRC3	0,073	0,011	0,179
Anteil Parallel FRC4	0,203	0,087	0,323
Anteil Parallel FRC5	0,059	0,018	0,109
Anteil Parallel FRC6	0,150	0,074	0,236
Anteil Parallel FRC7	0,035	0,000	0,081
Anteil Parallel FRC8	0,008	0,000	0,028
Anteil Schräg FRC2	0,004	0,000	0,011
Anteil Schräg FRC3	0,005	0,000	0,019
Anteil Schräg FRC4	0,012	0,000	0,033
Anteil Schräg FRC5	0,129	0,000	0,327
Anteil Schräg FRC6	0,009	0,000	0,023
Anteil Schräg FRC7	0,015	0,000	0,043
Anteil Schräg FRC8	0,031	0,000	0,081

2.1.3) Unterscheidung nach Verschmutzungsgraden

Über die FRC der Parkflächen, werden die Parkflächen in die Verschmutzungsklasse F2 und F3 nach ÖWAV Regelblatt 45 eingeteilt. Die Zuweisung ist in Tabelle 3 dargestellt. Flächen mit der Verschmutzungsklasse F4 oder höher werden aufgrund der untersuchten Straßenkategorien nicht erwartet. Dennoch berücksichtigt die vorgenommene Einteilung nicht alle Randbedingungen und ist nur als Abschätzung anzusehen.

Tabelle 3: Flächenkategorien nach FRC

FRC	Angenommene Flächenkategorie
2	Straßen des zentralörtlichen Netzes (Kat. III)
3	Straßen des regionalen Netzes (Kat IV)
4	Straßen, die als Gemeindeverbindungen dienen (Kat. V)
5	Straßen des innerörtlichen Netzes (Kat. V)
6	Sammelstraßen
7	Straßen der internen Erschließung
8	Sonstige Straße

2.1.4) Potentialkarte und Unsicherheit

Die identifizierten Entsiegelungsflächen des bewirtschafteten und des unbewirtschafteten Parkraumes wurden zusammengeführt und auf einer feinen Basisauflösung (0,5 m) rasterisiert und anschließend auf die Zielauflösung von 200x200 m aggregiert.

Für die Bestimmung der erwarteten Unsicherheit der Methodik wurden die Parameter innerhalb der in Tabelle 2 angegebenen Parameterbereiche variiert. Der sich Ergebende Parameterbereich wurde über ein Latin-Hypercube-Sampling mit 1000 Proben untersucht.

2.2) Potentialflächen im Straßenbegleitgrün

Straßenbegleitgrün stellt im urbanen Raum eine zentrale, oft ungenutzte Ressource für die naturnahe Regenwasserbewirtschaftung dar. Diese linearen Grünstrukturen entlang von Verkehrswegen bieten nicht nur ökologische und klimatische Funktionen, sondern eignen sich aufgrund ihrer räumlichen Nähe zu versiegelten Verkehrsflächen besonders für die dezentrale Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser. Durch die gezielte Umgestaltung zu Sicker- und Retentionsmulden können diese Flächen einen wirksamen Beitrag zur Entlastung der Kanalisation leisten, ohne dass zusätzlicher Flächenbedarf entsteht.

Im öffentlichen Straßenraum liegt ein besonderes Potenzial, da hier sowohl die Verfügbarkeit der Flächen als auch die direkte Anbindung an abflusswirksame Oberflächen gegeben ist. Die Herausforderung besteht darin, jene Teilflächen des Straßenbegleitgrüns zu identifizieren, die sich hinsichtlich Größe, Lage und Nutzung für eine wasserwirtschaftliche Aktivierung eignen. Ziel dieses Abschnitts ist es, das räumliche Potenzial für Sicker- und Retentionsmulden im öffentlichen Straßenbegleitgrün systematisch zu ermitteln und zu quantifizieren.

2.2.1) Datengrundlage

Zur Identifikation von Grünflächen wurde die Landbedeckungsklassifikation des Stadtvermessungsamtes Graz verwendet. Um jene Flächen zu identifizieren, die auf Flächen der öffentlichen Hand liegen, wurde das Ö-Gut-Kataster des Stadtvermessungsamtes hinzugezogen. Die folgende Tabelle fasst die verwendete Datengrundlage zur Identifikation von Potentialflächen für Sicker- und Retentionsmulden im Straßenbegleitgrün zusammen:

Tabelle 4: Verwendete Datensätze

Name	Quelle	Typ	Datum
Ladbedeckungsklassifikation	Stadtvermessungsamt Graz	Raster, 1x1 m	2022
Öffentliches Gut Graz	Stadtvermessungsamt Graz	Vektorpolygone	2025

2.2.2) Datenaufbereitung

Der Polygonlayer „Öffentliches Gut“ wurde gefiltert um Autobahnauffahrten, Autobahnen und Gewässer-nahe Grundstücke zu entfernen. Autobahnen und -auffahrten wurden entfernt, da Grünflächen auf diesen Flächen meist genutzt werden und es allgemein wenig Handlungsspielraum in der Gestaltung von Seiten der Stadt gibt. Gewässernahe Grundstücke wurden entfernt, da diese entweder als Uferbereich bereits grün sind, oder davon ausgegangen werden kann, dass sie in das Gewässer entwässern. In beiden Fällen würde ein nicht entfernen zu einer Überschätzung des Potentials führen. Hierzu wurde der Datensatz nach Eigentümern gefiltert. Alle Grundstücke, die dem Bund gehören und alle, die dem Eigentümer „Öffentliches Gut (Gewässer)“ zugeordnet wurden, wurden entfernt. Aus dem Rasterlayer „Landbedeckungsklassifikation“ wurden alle Grünflächen gefiltert und in ein binäres Raster verwandelt. Alle Rasterflächen mit Grünflächen bekommen den Wert 1. Alle anderen Pixel bekommen den Wert 0.

2.2.3) Potentialkarte und Unsicherheit

Abbildung 1 stellt schematisch die Vorgehensweise zur Kombination des Vegetationsrasters und des ÖGut-Katasters dar. Für jedes Polygon des ÖGut-Katasters wird ein Grünflächenanteil aus der Überdeckung des Vegetationsrasters berechnet. Dieser wird genutzt um das Kataster mit einem Grenzwert für einen maximalen Grünflächenanteil zu filtern. Dadurch werden Polygone mit einem hohen Grünflächenanteil, die nicht als Retentions- oder Sickermulden genutzt werden können, zu entfernen. Hierzu gehören zum Beispiel Feldwege.

Das Vegetationsraster wird mit einer Minimalgröße für zusammenhängende Grünflächen gefiltert, um Grünflächen, die zu klein für die Nutzung als Retentions- oder Sickermulde sind, zu entfernen. Anschließend wird das gefilterte Vegetationsraster über das gefilterte Kataster maskiert um die Potentialflächen zu erhalten.

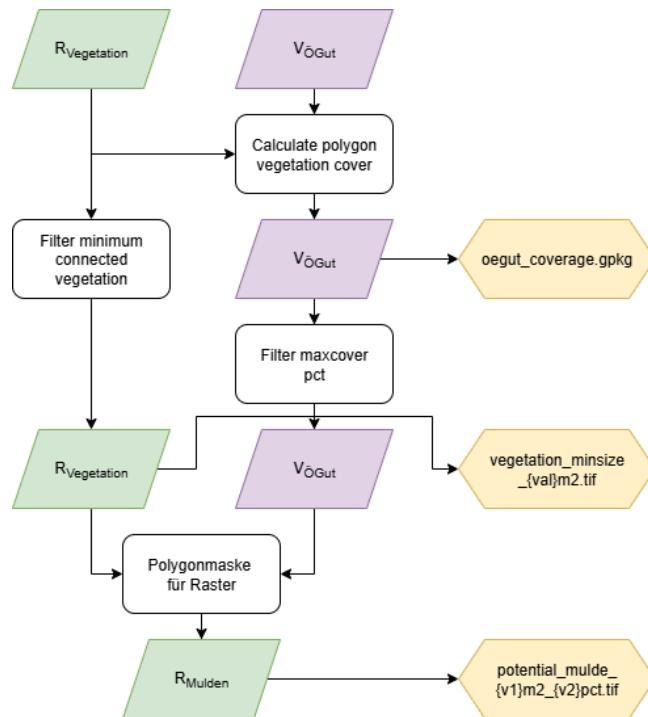


Abbildung 2: Vorgehensweise zur Kombination des ÖGut-Katasters mit dem Vegetationsraster.

Die angenommenen Grenzwerte können Tabelle 5 entnommen werden. Um die Unsicherheit der Methodik zu bestimmen, wurden diese innerhalb plausibler Parameterbereiche variiert und die Grenzen der möglichen Ergebnisse bestimmt.

Tabelle 5: Parameterbereiche für Annahmen bei der Bestimmung der Potentialflächen im Begleitgrün

Parameter	Wert	Min.	Max.
Maximaler Grünflächenanteil	70 %	80 %	90 %
Minimale Größe der Grünfläche	2 m ²	3 m ²	4 m ²

2.3) Baumrigolen

Baumrigolen stellen eine innovative Form der Blau-grünen Infrastruktur dar, welche Regenwasserbewirtschaftung mit urbaner Begrünung kombiniert. Als unterirdische Speicher- und Versickerungssysteme unter Baumstandorten ermöglichen sie die Retention von Niederschlagswasser bei gleichzeitiger Verbesserung der Wachstumsbedingungen für Stadtbäume. Durch die Nutzung des Untergrunds unter versiegelten oder wenig belasteten Verkehrsflächen entsteht kein zusätzlicher Flächenbedarf an der Oberfläche – ein entscheidender Vorteil in verdichteten urbanen Räumen.

Besonders geeignet sind Standorte unter Parkplätzen sowie unter Rad- und Gehwegen, da hier einerseits ausreichend Raum für das unterirdische Rigolensystem zur Verfügung steht und andererseits Niederschlagswasser angrenzender versiegelter Flächen direkt genutzt werden kann. Baumrigolen leisten damit einen mehrfachen Beitrag: Sie entlasten die Kanalisation, verbessern das Stadtklima durch vitales Stadtgrün und tragen zur dezentralen Regenwasserrückhaltung bei. Die Herausforderung liegt in der Identifikation geeigneter Standorte, die sowohl räumliche als auch technische Anforderungen erfüllen – insbesondere hinsichtlich verfügbarer Breite, Mindestfläche und Abstand zur Bebauung. Ziel dieses Abschnitts ist es, das räumliche Potenzial für Baumrigolen im öffentlichen Raum systematisch zu erfassen und hinsichtlich seiner wasserwirtschaftlichen Wirksamkeit zu quantifizieren.

2.3.1) Datengrundlage

Die folgende Tabelle fasst die verwendete Datengrundlage zur Identifikation von Potentialflächen für Sicker- und Retentionsmulden im Straßenbegleitgrün zusammen:

Tabelle 6: Verwendete Datensätze

Name	Quelle	Typ	Datum
Stellplaetze.shp	Stadtvermessungsamt Graz	Linienvektoren	2025
GIP Network Edge	GIP	Linienvektoren	v.25.04
DLM_8000_BAUWERK	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen	Polygonvektoren	25.01.2023

2.3.2) Datenaufbereitung

Abbildung 3 beschreibt die gesamte Vorgehensweise zur Identifikation des Potentials für Baumrigolen im öffentlichen Raum, von der Datenaufbereitung bis zur Standortanalyse. Der Kasten „Daten vorbereiten“ geht detaillierter auf die Datenaufbereitung ein. Zunächst wird der GIP-Vektorlayer „Linearuse“ zugeschnitten und gefiltert, um nur die Rad-, Geh- und Rad- und Gehwege im Stadtbereich zu erhalten. Hierzu wird der „Basetype“ auf Werte 7 (Gehweg), 36 (Geh- und Radweg) und 2 (Radweg) gefiltert. Alle resultierenden Linienelemente werden an ihren Knoten in Einzelemente zerlegt („explodieren“).

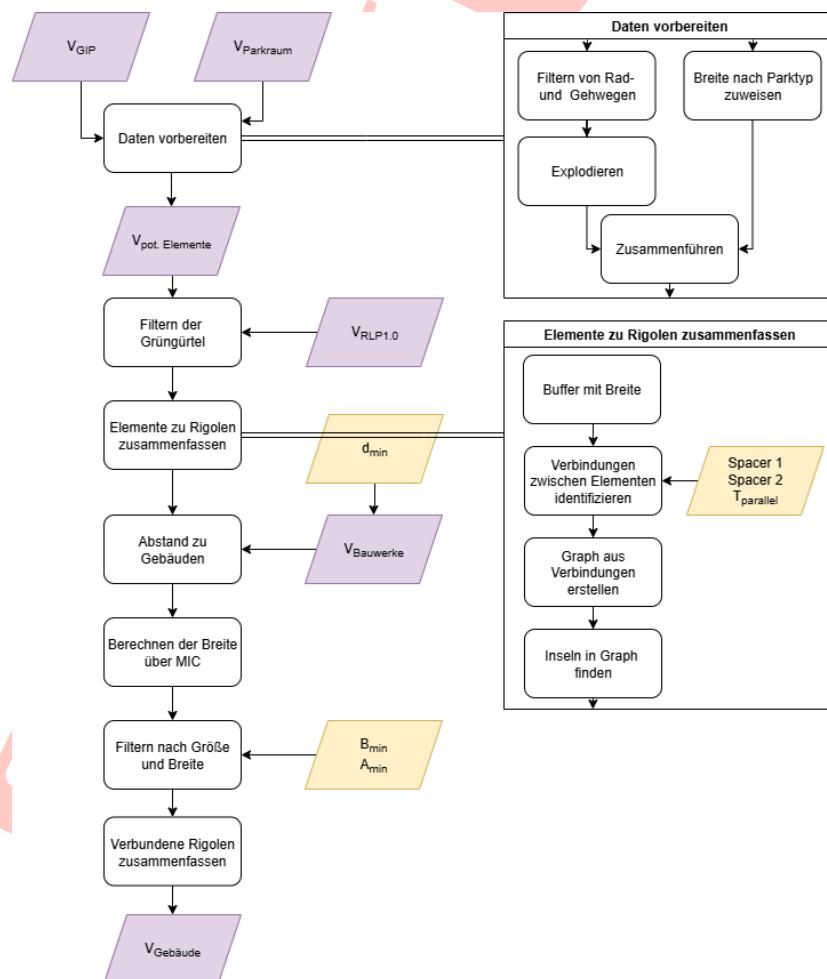


Abbildung 3: Vorgehensweise zur Identifikation möglicher Standorte für Baumrigolen.

Auf dem Vektorlayer „Parkraum“ wird allen Elementen je nach Parkplatztyp eine Breite zugewiesen: Schrägparkplätzen 5.0 m und Parallelparkplätzen 2.3 m. Anschließend werden die beiden Layer „Parkraum“ und

„Linearuse“ auf einem Vektorlayer „Elemente“ zusammengeführt, der zunächst alle ungefilterten potentiellen Einzelstandorte für Baumrigolen enthält. Der Layer „Elemente“ wird anhand des Räumlichen Leitbildes 1.0 (RLP 1.0) gefiltert, um Elemente im Bereich Eignungszonen STEK 4.0 auszuschließen (Bereichstyp != 0).

2.3.3) Potentialkarte und Unsicherheit

Um die einzelnen Teilflächen zu größeren, sinnvolleren Rigolen zusammenzuschließen, wurden sie im räumlichen Zusammenhang betrachtet. Hierzu wurden zunächst alle Nachbarschaftsverhältnisse identifiziert (Teilflächen mit geringem Abstand). Um potentielle Abschnitte konstanter Breite zu identifizieren, wurden die Nachbarschaftsverhältnisse gefiltert, sodass nur naheliegende Elemente, die parallel, aber nicht längs miteinander verbunden sind, gewertet werden. Über die Elemente (Knoten) und die gefilterten Nachbarschaftsverhältnisse (Kanten) wurde ein Graph aufgebaut. Im Graph miteinander verbundene Elemente (Inseln) wurden als zusammenhängende Rigolenflächen identifiziert und im Vektorlayer „Elemente“ zusammengefügt („union“). Von den verbundenen Rigolenelementen wurde zunächst ein Sicherheitsabstand d_{\min} von der Bebauung abgezogen, und dann die Breite der Rigole über den „Maximum Inscribed Circle (MIC)“ abgeschätzt. Der MIC ist der größte Kreis, der innerhalb eines Polygons gezeichnet werden kann, ohne die Polygongrenzen zu schneiden, und kann bei annähernd rechteckigen Polygonen als Abschätzung für die Breite dienen. Anschließend wurden die Rigolen nach Mindestbreite (B_{\min}) und Mindestfläche (A_{\min}) gefiltert. Alle verbleibenden Rigolenstandorte wurden erneut auf Nähe geprüft, in der Annahme, dass aneinander grenzende Rigolen gemeinsam statt einzeln umgesetzt würden.

Sechs Parameter gehen in die Bestimmung des Potentials für Baumrigolen ein: Der Grenzwert zur Identifikation paralleler Elemente T_{parallel} , der Abstand zu Gebäuden d_{\min} , die Mindestbreite B_{\min} und die Mindestfläche A_{\min} für sinnvolle Baumrigolen, und zwei Abstandsparameter d_1 und d_2 zur Identifikation angrenzender Elemente. Alle sechs Parameter wurden zwischen sinnvoll gewählten Grenzwerten variiert, um die Unsicherheit des gesamten Flächenpotentials zu ermitteln (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Parametergrenzen der Unsicherheitsanalyse der Potentialsfläche für Baumrigolen

Name	Symbol	Einheit	Min.	Max.
Abstand zu Gebäuden	d_{\min}	[m]	2	6
Mindestbreite	B_{\min}	[m]	2	3
Mindestfläche	A_{\min}	[m ²]	10	15
Grenzwert für Parallelität	T_{parallel}	[°]	5	20
Abstand 1	d_1	[m]	0,5	2,0
Abstand 2	d_2	[m]	0,05	0,20

2.4) Potentialbewertung

2.4.1) Anteil der vollständig retentierbaren Niederschläge

Zur Einordnung des ermittelten potentiellen Speichervolumens (V_{ret}) wird der Anteil jener Niederschlagsergebnisse in Abhängigkeit der angeschlossenen Fläche bestimmt, deren abflusswirksames Volumen vollständig im zur Verfügung stehenden Rückhalteraum gespeichert werden kann. Grundlage ist eine ereignisbasierte Auswertung, bei der für jedes Regenereignis i einer mehrjährigen Regenreihe das zugehörige Niederschlagsvolumen (V_i) als Produkt aus Ereignisniederschlagshöhe und angeschlossener Einzugsgebietsfläche berechnet wird:

$$V_i = h_i * A_{\text{EZG}} \quad (2)$$

wobei: h_i die Ereignisniederschlagshöhe in m und A_{EZG} die angeschlossene Einzugsgebietsfläche in m² darstellen.

Ein Ereignis gilt als **vollständig rückhaltbar**, wenn $V_i \leq V_{\text{ret}}$ erfüllt ist. Aus der Gesamtzahl N aller betrachteten Ereignisse ergibt sich der Anteil vollständig rückhaltbarer Ereignisse zu

$$p = \left(\frac{N_{\text{ret}}}{N} \right) * 100 \quad (3)$$

wobei N_{ret} die Anzahl der Ereignisse mit $V_i \leq V_{\text{ret}}$ und N die Gesamtanzahl der betrachteten Ereignisse darstellen.

Zur Einordnung der Einzugsgebietsgrößen werden repräsentative Bemessungsverhältnisse zwischen ange- schlossener Fläche und verfügbarem Rückhaltevolumen herangezogen.

Diese Bemessungsverhältnisse gelten ungefähr für Baumrigolen nach Standartbauweise in Graz:

- $\frac{A_{\text{Einzg}}}{V_{\text{ret}}} = 20 \text{ m}^2/\text{m}^3$: Baumrigole 30a (Intensive Bewirtschaftung)
- $\frac{A_{\text{Einzg}}}{V_{\text{ret}}} = 100 \text{ m}^2/\text{m}^3$: Baumrigole 0,5a (Extensive Bewirtschaftung)

2.4.2) Effektiv entkoppelbare Fläche

Im Kontext der Regenwasserbewirtschaftung bedeutet **entkoppelt** oft, dass eine Fläche vom öffentlichen Kanalnetz abgekoppelt wird, indem das auf ihr fallende Regenwasser (bis zu einer bestimmten Jährlichkeit) durch Retentionsmaßnahmen (z.B. Baumrigolen) zurückgehalten wird. Stattdessen wird in dieser Studie die entkoppelte Fläche als das Flächenäquivalent gesehen, dessen Jahresniederschlag vollständig in den Retentionmaßnahmen zurückgehalten werden kann. Die Methode basiert auf der Analyse alle Regenereignisse einer mehrjährigen Regenreihe. In Abhängigkeit der Einzugsgebietsfläche wird ermittelt, welches Niederschlagsvolumen über ein Jahr zurückgehalten werden kann. Diese Niederschlagsmenge wird dann in das Flächenäquivalent umgerechnet, auf der die Niederschlagsmenge in einem Jahr fallen würde.

Für jede Einzugsgebietsfläche A_{Einzug} existiert eine kritische Ereignishöhe h_{krit} , bei der das berechnete Retentionsvolumen gerade gefüllt wird:

$$h_{\text{krit}} = \frac{V_{\text{ret}}}{A_{\text{Einzug}}} \quad (4)$$

Die entkoppelte Fläche berechnet sich dann als:

$$A_{\text{entk}} = A_{\text{Einzug}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N \min(h_i, h_{\text{krit}})}{\sum_{i=1}^N h_i} \quad (5)$$

wobei:

- N : Anzahl aller Regenereignisse im Jahr
- h_i : Niederschlagshöhe des Ereignisses i
- $\min(h_i, h_{\text{krit}})$: Der zurückgehaltene Anteil des Ereignisses (begrenzt durch die Kapazität)

Kleine Ereignisse ($h_i < h_{\text{krit}}$) werden vollständig zurückgehalten, tragen mit h_i zum Zähler bei. Große Ereignisse ($h_i > h_{\text{krit}}$) werden nur teilweise zurückgehalten, tragen nur mit h_{krit} zum Zähler bei (Überlauf).

Um den funktionalen Zusammenhang besser einordnen zu können, werden auch hier die in Abschnitt 2.4.1 genannten, repräsentativen Bemessungsverhältnisse hinzugezogen.

3) Ergebnisse

Die Ergebnisse der Potentialbestimmungen der jeweiligen Maßnahmentypen sind in Tabelle 8 dargestellt. Hierbei wurden sowohl die Erwartungswerte, als auch die oberen und unteren Grenzwerte für das gesamte Stadtgebiet und das Mischkanalisationsgebiet genannt. Zur Berechnung der möglichen Rückhaltevolumina

wurden maßnahmenspezifische Werte angenommen. Für die Baumrigole wurde von einer Rückhaltekapazität von 0,2 m ausgegangen, was der Standardbauweise des Stockholmsystems mit einer Gesamthöhe von 0,8 m und einem Porenvolumen von ca. 25% entspricht. Für Sicker- und Retentionsmulden wurde eine mittlere Tiefe von 0,25 m angenommen. Entsiegelten Parkplätzen wurde kein Retentionsvolumen zugeschrieben.

Tabelle 8: Ergebnisse

Maßnahmen	Mittelwert Fläche [ha]			davon im Mischgebiet			Volumen [m³]		
	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.
Entsiegelbare Stellplätze	41	51	59	39	48	55	-	-	-
Mulden im Straßenbegleitgrün	89	91	93	55	56	57	137 500	140 000	142 500
Baumrigolen	39	52	68	32	43	56	64 000	84 000	112 000

Insgesamt gibt es im Mischgebiet ein Potential von circa 224.000 m³. Geht man davon aus, dass nicht alle Einschränkungen berücksichtigt wurden, kann dieses Ergebnis pauschal auf 80% reduziert werden. Dann ergibt sich ein Gesamtpotential von circa 180.000 m³.

3.1) Entsiegelbare Parkplätze

Im Mittel liegt die gesamte Potentialfläche zur Entsiegelung von Parkplätzen in Graz bei rund 48 ha. Die obere und untere Grenze liegen bei rund 41 ha und 61 ha. Abbildung 4 stellt die Verteilung der berechneten Gesamtflächen dar. Auffällig ist eine besonders hohe Konzentration der Potentialflächen im Stadtzentrum, der mit dem bewirtschafteten Parkraum zusammenfällt. Während sowohl Zentrum, Norden, Westen und Süden Potentialflächen bieten, gibt es im Osten der Stadt keine Potentialflächen. Dies ist durch die schlechte Sickerfähigkeit und das hohe Gefälle in dem Bereich bedingt.

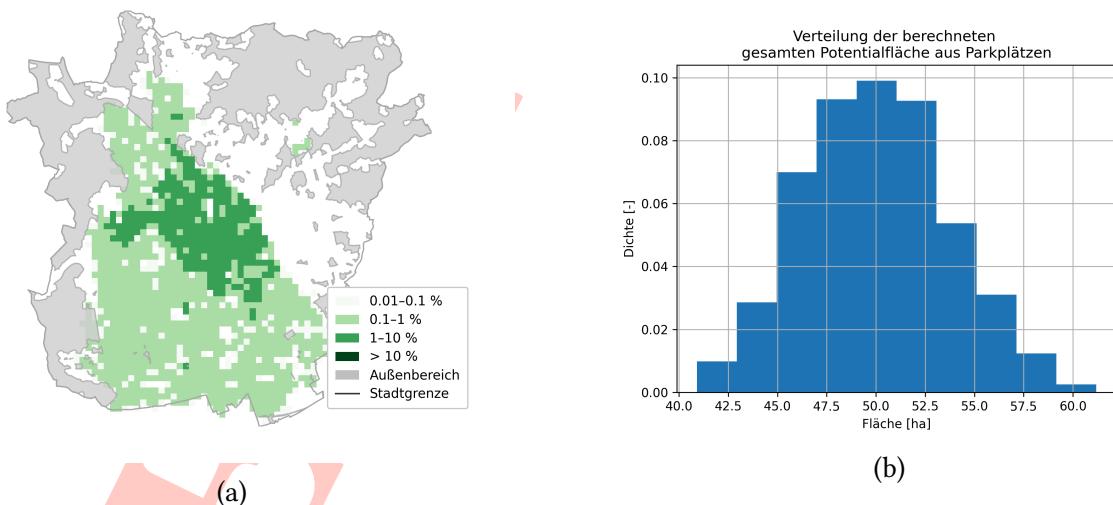


Abbildung 4: Ergebnisse der Potentialanalyse für entsiegelbare Stellplätze. a) Räumliche Verteilung und b) Verteilung der berechneten Potentiale innerhalb der getroffenen Annahmengrenzen.

Da die Verschmutzungsklasse der angeschlossenen Flächen an einen Parkplatz die Ausführung und die Kosten beeinflussen, wurden die angeschlossenen Fahrbahnen in Abhängigkeit ihrer FRC vereinfacht der Verschmutzungsklasse 2 oder 3 zugeordnet. Diese Zuordnung wurde dann auf die entsprechenden Potentialflächen übertragen (siehe Abbildung 5). Für Verschmutzungsklassen > F3 ist in der Regel keine Versickerung über einen sickerfähigen Parkplatz möglich.

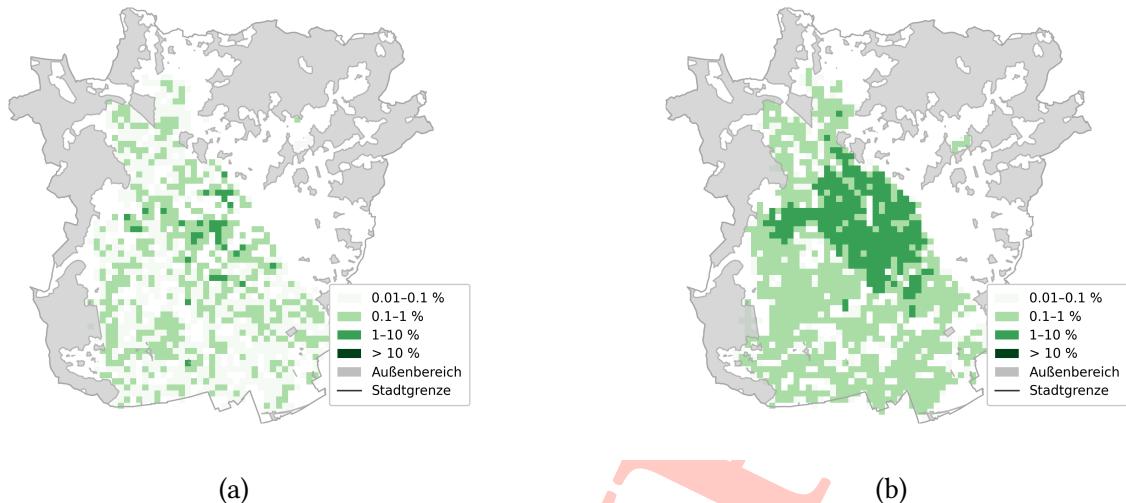


Abbildung 5: Verteilung der Potentialflächen zur Entsiegelung aus Parkplätzen an Straßen mit der Flächenkategorisierung F2 (a) oder F3 (b)

Die Summe der Potentialflächen der Kategorie F2 beläuft sich auf ca. 8 ha. Für die Kategorie F3 sind es ca. 40 ha. Damit halten die Flächen der Kategorie F3 ca. 83 % der entsiegelbaren Parkflächen und die Flächen der Kategorie F2 ca. 17 %.

3.2) Potentialflächen im Straßenbegleitgrün

Die gesamte Potentialfläche beträgt im Mittel ca. 91 ha und bewegt sich für die untersuchten Grenzwerte zwischen 89 ha und 93 ha (siehe Abbildung 6b). Die Potentialflächen sind über den gesamten Stadtraum verteilt mit lokalen Konzentrationen.

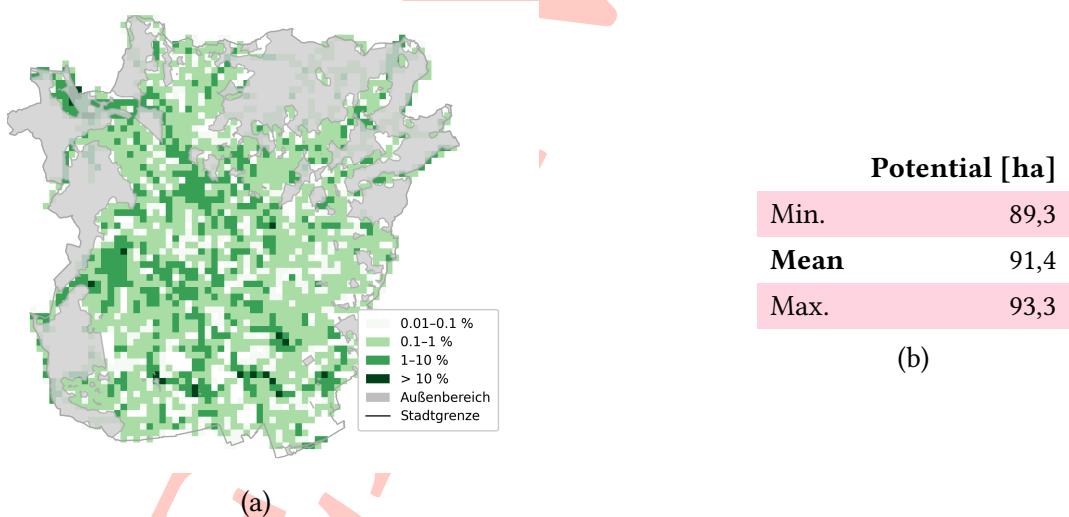


Abbildung 6: Ergebnisse der Potentialanalyse für Sicker- und Retentionsmulden im Straßenbegleitgrün. a) Räumliche Verteilung und b) Maximum, Minimum und Erwartungswert der berechneten Potentiale.

3.3) Baumrigolen

Das Potential der Baumrigolen liegt im Erwartungswert bei ca. 52 ha. Maximal sind 70 ha. zu erwarten. Das Minimum ist schwerer abzugeben. Die einflussreichsten Parameter sind der Mindestabstand zu Gebäuden und die Mindestbreite für Rigolen. Innerhalb der variierten Parametergrenzen haben sich als Mindestfläche ca. 39 ha ergeben.

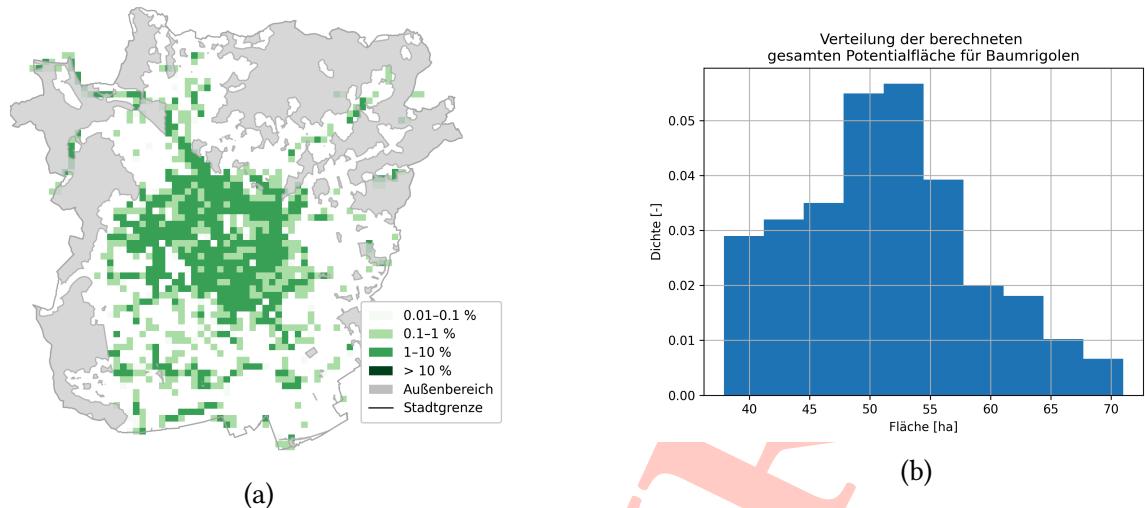


Abbildung 7: Ergebnisse der Potentialanalyse für Sicker- und Retentionsmulden im Straßenbegleitgrün. a) Räumliche Verteilung und b) Verteilung der berechneten Potentiale für plausible Werte der getroffenen Annahmen.

Der Großteil der Potentialflächen konzentriert sich auf das Stadtzentrum und den bewirtschafteten Parkraum. Dort grenzen Parkflächen und Rad- oder Fußwege häufig aneinander und bieten dadurch viele Potentialflächen, die die Anforderungen an die Mindestbreite für Baumrigolen überschreiten.

3.4) Potentialbewertung

3.4.1) Potentialnutzung

Der **Anteil vollständig zurückhaltbarer Ereignisse** $p(A_{EZG})$ wird in Abhängigkeit der angeschlossenen Einzugsgebietsfläche in Abbildung 8a dargestellt. Die Kurve $p(A_{EZG})$ zeigt die Abhängigkeit zwischen Einzugsgebietsgrößen und des Anteils der Jahresereignisse, welche vollständig zurückgehalten werden können. Steigt A_{EZG} , vergrößert sich das Ereignisvolumen V_i und der Anteil p nimmt ab, sofern V_{ret} konstant bleibt.

Die kombinierte Darstellung von $p(A_{EZG})$ und Bemessungs-Referenzen in Abbildung 8a erlaubt eine unmittelbare Abschätzung, welche Ziele in der Starkregenvorsorge mit dem gegebenen Potential bei verschiedenen Bemessungsstrategien (Baumrigole auf 30-Jährlichkeit vs. Baumrigole 0,5-Jährlichkeit) realistisch sind.

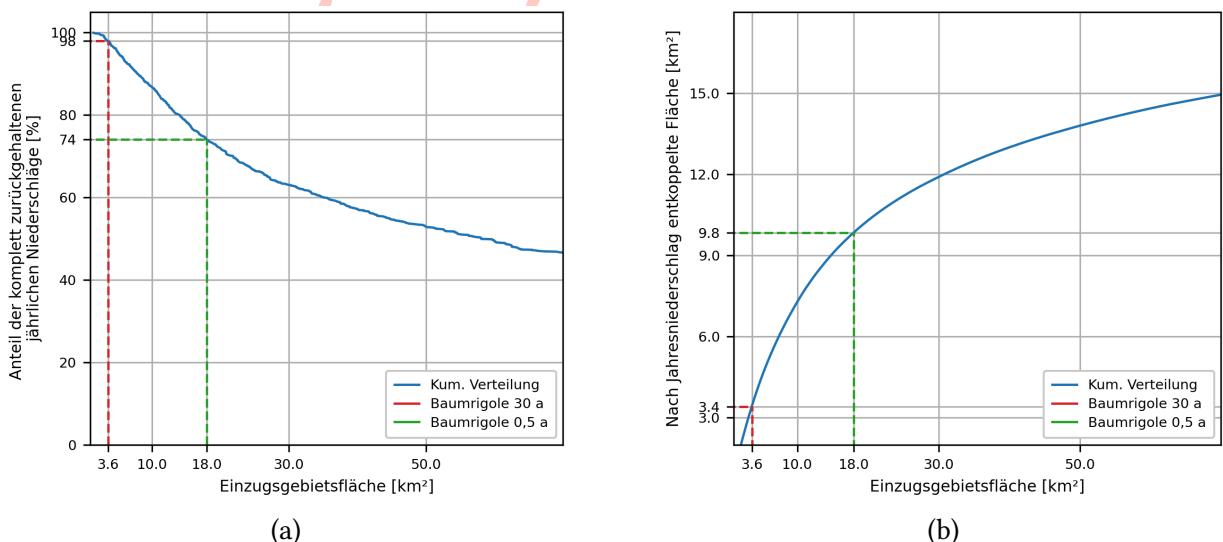


Abbildung 8: Veränderung der Zielgrößen (a) Anteil der jährlich vollständig zurückgehaltenen Niederschlagsereignisse und (b) Jährlich zurückgehaltenes Niederschlagsvolumen als Jahresniederschlagsfläche in Abhängigkeit der gewählten Einzugsgebietsfläche. Die rot und grün markierten Punkte repräsentieren die Fälle, dass das berechnete Potential als Baumrigolen auf 30-jährliche Ereignisse (rot) oder 0.5-jährliche Ereignisse (grün) ausgelegt wurden.

Wie erwartet nimmt der Anteil der jährlich vollständig zurückgehaltenen Niederschlagsereignisse mit zunehmender Einzugsgebietsgröße ab. Geht man davon aus, dass das gesamte Potential als Baumrigolen auf das maßgebende 30-jährliche Regenereignis ausgelegt wird, können für ein Einzugsgebiet von $3,6 \text{ km}^2$ ca. 98 % der Regenereignisse zurückgehalten werden. Wird das gesamte Potential auf ein halb-jährliches Ereignis ausgelegt, können zwar nur mehr 74 % der Niederschlagsereignisse vollständig zurückgehalten werden, jedoch wird dabei ein wesentlich größeres Einzugsgebiet, nämlich 18 km^2 , bewirtschaftet.

Die Beziehung zwischen Einzugsgebietsfläche A_{Einzug} und der effektiv entkoppelten Fläche A_{entk} wird in Abbildung 8b dargestellt. Bei kleinen Einzugsgebieten gilt $A_{\text{entk}} \approx A_{\text{Einzug}}$ (nahezu vollständige Entkopplung). Mit zunehmender Einzugsgebietsfläche sinkt das Verhältnis $\frac{A_{\text{entk}}}{A_{\text{Einzug}}}$, da das vorhandene Rückhaltevolumen häufiger überschritten wird. Die Kurve zeigt einen degressiven Verlauf: Die zusätzliche entkoppelte Fläche nimmt mit wachsender Einzugsgebietsfläche ab.

Für den Fall Baumrigole 30 a können demnach $3,4 \text{ km}^2$ bei einer Einzugsgebietsgröße von $3,6 \text{ km}^2$ entkoppelt werden (94%). Für den Fall Baumrigole 0,5 a können ca. 10 km^2 bei einer Einzugsgebietsgröße von 18 km^2 entkoppelt werden (54%). Da die Fläche des öffentlichen Gutes im Mischkanalisationssystem lediglich $7,1 \text{ km}^2$ beträgt, könnte also mehr Wasser in den Maßnahmen zurückgehalten werden, als im ganzen Jahr auf dieser Fläche fällt. Für den Fall Baumrigole 30 a wird zwar nur ca. die Hälfte des gesamten Niederschlages auf öffentlichen Flächen im Mischkanalisationssystem zurückgehalten, jedoch auch ca. die Hälfte des Gebietes effektiv vor Starkregenereignissen geschützt.

Während also die Größe der zurückhaltbaren Ereignisse mit zunehmender Einzugsgebietsgröße abnimmt, nimmt die zurückgehaltene Niederschlagsmenge zu. Um das Ergebnis zu veranschaulichen, wurde aus der gesamten zurückgehaltenen Wassermenge ein Flächenäquivalent berechnet. Das Flächenäquivalent gibt an, wie groß die entkoppelte Fläche wäre, wenn der gesamte Jahresniederschlag dieser Fläche zurückgehalten werden würde. Es handelt sich hier also um eine Netto-Fläche für den mittleren Abflussbeiwert.

3.4.2) Räumliche Verteilung des Potentials

Zur Einschätzung des räumlichen Potentials wurden die Potentiale für Baumrigolen und für Rückhaltemulden auf jedem Pixel (200x200m) addiert. Für jedes Pixel wurde auch der Anteil öffentlichen Gutes berechnet. Anschließend wurde für jedes Pixel dann das Potential im Verhältnis zur Fläche des öffentlichen Gutes in 3 Kategorien bewertet:

- Retentionsziel 2: Ausreichend potielles Rückhaltevolumen um nahezu den gesamten, auf öffentlichen Flächen gefallenen Niederschlag zurückhalten zu können. (Bemessung auf ein Ereignis mit Jährlichkeit 30, siehe Abschnitt 2.4.1)
- Retentionsziel 1: Ausreichend potielles Rückhaltevolumen, um im Jahresmittel den Niederschlag der gesamten öffentlichen Fläche zu entkoppeln. (Bemessung auf ein Ereignis der Jährlichkeit 0,5, mit zusätzlichen, nicht öffentlichen, angeschlossenen Flächen, siehe Abschnitt 2.4.2)
- Retentionsziel 0: Geringeres Potential als für Retentionsziel 1 benötigt, aber größer 0

Aus Abbildung 8b folgt, dass bei einer Bemessung auf ein Ereignis der Jährlichkeit 0,5 (Retentionsziel 1) und einem Gesamt-Rückhaltepottential von 180.000 m^3 für die rechnerische Entkopplung von 10 km^2 ein Einzugsbiet von 18 km^2 notwendig ist. Dies entspricht einem Verhältnis von $0.02 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Für eine Teilfläche von 4 ha mit einer Ö-Gut-Fläche von 4.300 m^2 wäre demnach ein Rückhaltepottential von ca. 77.40 m^3 notwendig, um es auf Retentionsziel 1 auszulegen. Für Retentionsziel 2 - der Bemessung auf ein 30-jährliches

Ereignis - ist bei analogem Vorgehen ein Verhältnis von $0.05 \text{ m}^3/\text{m}^2$ notwendig. Für eine Teilfläche von 4 ha mit einer Ö-Gut-Fläche von 4.300 m^2 ergäbe sich daraus ein benötigtes Rückhaltepotsial von ca. 227.65 m^3 .

Abbildung 9 stellt dar, wo im untersuchten Gebiet das vorhandene Potential für Retentionsziel 0, 1 oder 2 ausreicht.

- Retentionsziel 2 kann auf ca. 20 % der Fläche erfüllt werden
- Retentionsziel 1 kann auf ca. 42 % der Fläche erfüllt werden
- ca. 38 % der untersuchten Fläche hat zwar Retentionspotentiale, diese reichen jedoch nicht für Retentionsziel 1 aus.
- Auf ca. 1 % der Fläche wurde kein Potential identifiziert.

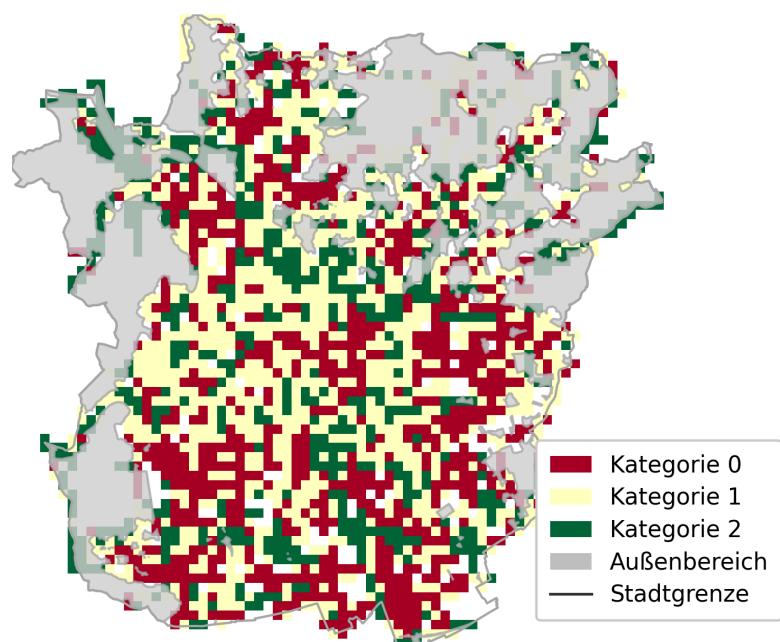


Abbildung 9: Räumliche Verteilung des Gesamtpotentials nach erreichbaren Retentionszielen.

4) Diskussion

Die möglichen Standorte für entsiegelbare Stellplätze und für Baumrigolen haben zwar eine große Schnittmenge, jedoch schließen sich beide Maßnahmentypen gegenseitig nicht aus - auf einer Baumrigole kann sich ein entsiegelter Stellplatz befinden. Dies ist bei Baumrigolen und Sicker- bzw. Retentionsmulden nicht möglich. Hierfür wurden die möglichen Standorte für Baumrigolen und Sicker- und Retentionsmulden auf Überlagerung überprüft. Von den 91,5 ha möglicher Sicker- und Retentionsmulden liegen ca. 1,4 ha (1,5 %) auf den Standorten möglicher Baumrigolen. Diese Überlagerung wird als vernachlässigbar eingesstuft. Die Potentiale können daher addiert werden.

Im berechneten Potential sind keine bereits existierenden Maßnahmen berücksichtigt. Die Stadt Graz ist sehr engagiert im Bau Blau-grüner Infrastruktur, weshalb davon auszugehen ist, dass ein Teil der möglichen Standorte für Baumrigolen bereits bebaut ist. Eventuell werden diese Plätze bereits durch Baumrigolen, konventionelle Baumscheiben, oder Grünbeete genutzt.

Bei der vereinfachten Beurteilung der Potentialnutzung wurde nicht berücksichtigt, dass die Maßnahme sich während des Niederschlagsereignisses bereits leert. Die berechneten Werte sind also konservativ angesetzt. Außerdem wurde beim Vergleich der entkoppelbaren Flächen mit der vorhandenen Ö-Gut-Fläche angenommen, dass diese einen Abflussbeiwert von 1.0 hätte. Dies ist ebenfalls eine konservative Annahme, die zu einer Unterschätzung des Potentials führt.

5) Schlussfolgerung

Graz hat einen durchschnittlichen Jahresniederschlag von 882 mm und eine Gesamtfläche von 127,5 km². Das Siedlungsgebiet umfasst allerdings nur 89 km², der Rest ist Außenbereich. Das Gebiet, das über eine Mischkanalisation verfügt ist circa 66 km² groß. Auf dieses Gebiet bezieht sich das berechnete Potential von 180.000 m³ (siehe Abbildung 1a). Es wurde gezeigt, dass sich je nach Verwendung des Potentials verschiedene Zielgrößen der Siedlungswasserwirtschaft bedienen lassen: Starkregenvorsorge und/oder die Entlastung der Kanalisation und die Veränderung der Wasserbilanz. Bei der Veränderung der Wasserbilanz ist das Ziel, den Zurückgehaltenen Niederschlag im Jahr zu maximieren. Bei der Starkregenvorsorge sollen möglichst große Ereignisse abgepuffert werden. Um Maßnahmen gezielt auf diese Zielgrößen auszulegen, wird das Verhältnis der angeschlossenen Fläche zur Maßnahmengröße angepasst. Ist das Verhältnis groß - großes Einzugsgebiet zu kleinem Retentionsvolumen - wird zwar im Jahresmittel viel Niederschlagswasser zurückgehalten, jedoch stoßen die Maßnahmen bei großen Ereignissen schnell an ihre Grenzen und laufen in die Kanalisation über. Ist das Verhältnis klein können zwar auch größere Ereignisse komplett in den Maßnahmen zurückgehalten werden, insgesamt wird im Jahr jedoch weniger Wasser im Einzugsgebiet zurückgehalten. Durch die ungleiche Verteilung des Potentials über die Stadt lassen sich nicht überall sowohl die Starkregenvorsorge als auch die Retention des gesamten Niederschlages umsetzen. Grundsätzlich ist die Reduktion des Gesamt-abflusses von Flächen des öffentlichen Gutes jedoch ein einfacher umzusetzendes Ziel - geht jedoch auf Kosten der Vorsorge von Extremereignissen. Theoretisch kann auf ca. 60 % der Siedlungsfläche mindestens das Retentionsziel 1 erfüllt werden - das bedeutet eine effektive Entkoppelung der Fläche des öffentlichen Gutes im Jahresmittel. Soll jedoch eher für Extremereignisse vorgesorgt werden, müssen auf 80 % der FLächen alternative Lösungen hinzugezogen werden.