

**Universität für Bodenkultur Wien**  
Department für Bautechnik und Naturgefahren  
Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau



## **Masterarbeit**

**verfasst und eingereicht von Elisabeth Olesko zur Erlangung  
des akademischen Grades einer diplomierten Ingenieurin der Naturwissenschaften  
an der Universität für Bodenkultur Wien**

# **Dezentrale Versickerungsmöglichkeiten von Niederschlagswasser in urbanen Gebieten**

## **Decentralised rainwatermanagement in urban areas**

### **Betreuung**

**Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Ulrike Pitha**

**Dipl.-Ing. Oliver Weiss**

### **Institutsvorstand**

**Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Rosemarie Stangl**

**April 2021**



# Inhalt

<b>Eidesstattliche Erklärung</b> .....	<b>vi</b>
<b>Danksagung</b> .....	<b>vii</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>viii</b>
<b>Kurzfassung</b> .....	<b>ix</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>11</b>
1.1 Problemstellung .....	11
1.2 Forschungsprojekt SAVE .....	12
1.3 Fragestellung .....	14
1.3.1 Forschungsfragen zu Substraten .....	14
1.3.2 Forschungsfragen zu Vegetation .....	14
1.4 Gliederung der Arbeit .....	16
<b>2 Nachhaltiges Regenwassermanagement</b> .....	<b>17</b>
2.1 Substrate .....	20
2.1.1 Funktionen und Wirkungen .....	20
2.1.2 Regulative Rahmenbedingungen .....	24
2.1.3 Begriffsbestimmung .....	25
2.2 Vegetation .....	26
2.2.1 Funktionen und Wirkungen .....	26
2.2.2 Regulative Rahmenbedingungen .....	28
2.2.3 Begriffsbestimmung .....	29
<b>3 Versuchsaufbau des Forschungsprojekt SAVE</b> .....	<b>31</b>
3.1 Methoden .....	31
3.1.1 Methoden zur Untersuchung der Substrate .....	31
3.1.2 Methoden zur Untersuchung der Baumpflanzungen .....	35
3.1.3 Methoden zur Untersuchung der Ansaaten .....	40
3.2 Material .....	42
3.2.1 Materialübersicht .....	42
3.2.2 Verortung .....	47
3.2.3 Standort Atemsgasse .....	48
3.2.4 Standort Edith-Piaf-Straße .....	50
3.2.5 Standort Kuchelauer Hafen Sickermulde 8 .....	52
3.2.6 Standort Kuchelauer Hafen Sickermulde 4 .....	54

<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>57</b>
4.1	Ergebnisse der Substratuntersuchungen .....	57
4.1.1	Ergebnisse Infiltrationsmessungen.....	57
4.1.2	Ergebnisse Tragfähigkeitsuntersuchungen.....	65
4.1.3	Ergebnisse Korrelationsanalyse Tragfähigkeit - Infiltrationsrate.....	70
4.2	Ergebnisse der Baumpflanzungsuntersuchungen .....	74
4.2.1	Ergebnisse Grundparameter Gehölze .....	74
4.2.2	Ergebnisse Triebblängen Gehölze .....	83
4.2.3	Ergebnisse Schäden Gehölze .....	85
4.2.4	Ergebnisse Vitalität Gehölze .....	87
4.2.5	Ergebnisse Blattprobenanalyse Gehölze .....	90
4.2.6	Ergebnisse Verzweigungsgrad Gehölze.....	92
4.2.7	Ergebnisse Leaf Area Index Gehölze .....	94
4.2.8	Ergebnisse Laubaustrieb/ -abwurf Gehölze.....	96
4.2.9	Ergebnisse Thermografische Stressermittlung Gehölze .....	98
4.3	Ergebnisse der Ansaatenuntersuchungen .....	100
4.3.1	Ergebnisse Bonitur Ansaaten .....	100
4.3.2	Ergebnisse Biomasseerhebung.....	109
4.3.3	Ergebnisse Frequenzanalyse .....	111
4.3.4	Ergebnisse Thermografische Stressermittlung .....	114
<b>5</b>	<b>Interpretation und Diskussion der Ergebnisse</b> .....	<b>115</b>
5.1	Mastermatrix .....	115
5.1.1	Bewertungsschema.....	115
5.1.2	Gewichtung und Bewertung .....	118
5.2	Mastermatrix Atemsgasse.....	120
5.3	Mastermatrix Edith-Piaf-Straße .....	124
5.4	Mastermatrix Kuchelauer Hafen Sickermulde 8 .....	129
5.5	Mastermatrix Kuchelauer Hafen Sickermulde 4 .....	134
5.6	Diskussion .....	138
<b>6</b>	<b>Conclusio</b> .....	<b>141</b>
6.1	Gesamt-Ranking .....	141
6.2	Vergleich zum Vorjahr.....	147
6.3	Schlussfolgerung .....	150
<b>7</b>	<b>Anmerkungen und Ausblick</b> .....	<b>151</b>
7.1	Anmerkungen .....	151

7.2	Ausblick.....	152
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>153</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>159</b>
<b>10</b>	<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>162</b>
<b>11</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>165</b>
<b>12</b>	<b>Diagrammverzeichnis.....</b>	<b>166</b>
<b>13</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>167</b>
<b>14</b>	<b>Curriculum Vitae.....</b>	<b>168</b>
<b>15</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>169</b>

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Elisabeth Olesko, BSc

Datum, Ort

## Danksagung

An dieser Stelle bedanke ich mich bei all jenen, die zum Entstehen dieser Masterarbeit grundlegend durch ihre Unterstützung, in fachlicher als auch emotionaler Hinsicht, beigetragen haben.

Danke an Priv.-Doz. Dipl.-Ing. Dr. Ulrike Pitha und Dipl.-Ing. Oliver Weiss für die fachliche Betreuung und Denkanstöße im Zuge der Masterarbeit. Besonderer Dank gilt Oliver Weiss für die vielen Stunden der Datenerhebung sowie permanente Gesprächsbereitschaft in jeder Phase der Forschungsarbeit.

Bei meinen Studienkolleg:innen, möchte ich mich für die regen Diskussionen, zahlreiche Stunden der Wissensaneignung und gemeinsame Projekte bedanken, die wir während unseres Studiums bestritten haben. Danke Katharina Lübke, für deine Erhebungen im Jahr 2018, die als Grundstein dieses Projektes dienen, und den fachlichen und motivierenden Zuspruch für diese Masterarbeit.

Herzlichen Dank an Ao.Univ.Prof. Dr.phil. Marianne Kohler-Schneider, welche mein Interesse an Vegetation weiter genährt hat und die ich auf vielen großartigen Feldarbeiten zur systematischen Botanik begleiten durfte.

Danke Gerdas Bierecke für die Möglichkeit zum Aufwärmen oder Eis kaufen je nach Witterung bei den Erhebungen und danke an Stefanie Sargnagel für die Erinnerung an die Pomodoro-Technik, ohne die ich heute noch an meiner Masterarbeit schreiben würde.

Zum Schluss möchte ich mich bedanken bei meinen Mitbewohnerinnen und Familie, die immer ein offenes Ohr für mich hatten. Für Unterstützung in jeder Hinsicht und Motivation möchte ich mich bei meinem Partner, Martin Hinterplattner, bedanken.

Besonderer Dank gilt meinem Vater Christoph Olesko, welcher mir mein Studium ermöglicht hat.

## Abstract

Urban areas face new challenges through changing climate. One aspect is the uneven distribution of water and the handling of such. While green infrastructure and its ecosystem services are suffering during periods of drought and high temperature, stormwater events exceed the capacity of central water management facilities. Negative impact on health, ecosystems, biodiversity as well as communities budgets need to be tackled.

To foster development, the City of Vienna collaborated with the University Natural Resources and Life Sciences Vienna on research for the combination of technical substrates with specific plants. Research issues concern geotechnical and vegetational aspects regarding normative guidelines. This covers infiltration and carrying capacity for substrates and growth, vitality, vegetation coverage, salinity in foliage and stress reaction to heat for the vegetation.

The set up on three sites in Vienna included 15 substrates, 27 trees of six different genera and three varieties of seed mixtures. Substrates included existing soil, standard tree substrate and especially composed SAVE substrates. From March 2019 to December 2019 the different parameters were monitored within a fixed timeframe. The data were documented per test site and formed the basis of the master matrix, where the performance of the parameter got evaluated in the geotechnical and the vegetational field. The result was a ranking of substrate-vegetation-combinations through a point system, determining the best performing combination.

The results show that the best overall performance of substrate and vegetation happen in combination with SAVE substrate variants, inducing new possibilities for decentralised stormwater management.

Key words: climate resilience, infiltration, substrate, vegetation, vitality

## Kurzfassung

Aufgrund des Klimawandels müssen Städte ihre Strategie im Umgang mit Niederschlagswasser überdenken, um sowohl Maßnahmen gegen das Hochwasserrisiko als auch für den Erhalt der grünen Infrastruktur ergreifen zu können.

Eine Kombination aus technischen Substraten und angepassten Pflanzungen soll die Nutzung dieser Synergie ermöglichen. Die Stadt Wien hat gemeinsam mit der Universität für Bodenkultur Wien ein Forschungsprojekt gestartet, um aus geotechnischen Erhebungen an speziellen technischen Substraten sowie vegetationstechnischen Aufnahmen neue Erkenntnisse für dezentrale Lösungen im Regenwassermanagement zu gewinnen.

An drei Standorten in Wien wurden 15 Substrate eingebaut, bepflanzt mit 27 Bäumen sechs Arten bzw. drei Ansaatmischungen. Die getesteten Substrate sind vorhandener Boden, Standard Baumsubstrate sowie eigens entwickelte SAVE-Substrate. Von März 2019 bis Dezember 2019 wurde die Entwicklung aufgenommen und evaluiert.

Infiltrations- und Tragfähigkeitsuntersuchungen wurden am Substrat mittels Doppelring-Infiltrometer und dynamischer Lastplatte durchgeführt. Die visuelle Datenerhebung der vegetativen Parameter umfasste monatlich die Vitalitätsbeurteilung, Schadenerfassung und Deckungsgradbestimmung. Weiters wurden Messdaten für das Wachstum aufgenommen, das thermografische Stressverhalten festgehalten und der Salzgehalt von Blattproben im Labor ausgewertet.

Der Dokumentation der Ergebnisse folgt die Auswertung anhand eines gewichteten Punktesystems, wobei sich das Gesamtergebnis aus Punkten der Teilbereiche Substrate und Vegetation zusammensetzt.

Die Ergebnisse zeigen, dass Vegetationsstandorte mit SAVE-Substraten vitalere Pflanzen hervorbringen. Die Kombination eines SAVE-Substrats mit geeigneter Vegetation kann die Erhaltung von grüner Infrastruktur fördern sowie einen Beitrag zum dezentral integrierten Hochwasserschutz leisten.

Schlagwörter: Klimaresilienz, Infiltration, Substrat, Vegetation, Vitalität



# 1 Einleitung

Ein Sonderbericht des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) über den Klimawandel und Landsysteme zeigt auf, dass die Lufttemperatur über der Landoberfläche seit der vorindustriellen Zeit fast doppelt so stark angestiegen ist wie die globale Durchschnittstemperatur. Der Klimawandel, welcher zunehmend intensive und vermehrt auftretenden Extremwetterereignissen begünstigt, erzeugt zusätzliche Belastungen für die Gesundheit von Menschen und Ökosystemen, der biologischen Vielfalt und Infrastruktur etc. Die vorherrschenden Bedingungen in den Landsystemen können die Erwärmung positiv oder negativ beeinflussen und auch die Extremereignisse prägen (IPCC, 2020).

Gerade in urbanen Bereichen, die zumeist durch einen hohen Versiegelungsgrad mit wenig wasserdurchlässigen Oberflächen charakterisiert sind, fördern Versiegelungen starke Erwärmung der Umgebung und die Entstehung von städtischen Wärmeinseln, auch Urban Heat Islands (UHI) genannt. Offene oder natürliche Oberflächen mit Vegetationsdecke hingegen können Wasser speichern, Strahlung absorbieren und über Evapotranspiration zur Kühlung der Umgebung beitragen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung, 2015; Moss *et al.*, 2019). Durch die Über- und Verbauung der Oberflächen läuft Niederschlagswasser ungenutzt in den Kanal ab, wo es bei Starkregenereignissen zu Überbeanspruchung und Schäden kommen kann (Grimm, 2016).

Nachhaltiges Regenwassermanagement ist gefragt, um ökologische und ökonomische Ressourcen sinnvoll zu nutzen (Kapitel 2) und eine hohe Lebensqualität in den wachsenden Städten zu sichern. Die Wiener Magistratsabteilung 23 für Statistik prognostiziert 2. Mio. Bewohner\*innen für das Jahr 2027 in Wien (MA 23, o.D.). Angemessene politische Steuerungsmechanismen und Strategien, die Maßnahmen zur Anpassung und Minderung des Klimawandels auf allen Ebenen unterstützen, sind nötig. Diese können zu einer Erhöhung der sozialen Resilienz führen, das Engagement und die Zusammenarbeit vielfältiger Interessensgruppen unterstützen, ökologische Wiederherstellung fördern sowie Ressourcen sparen (IPCC, 2020).

## 1.1 Problemstellung

Die Stadt als Vegetationsstandort bietet schwierige Verhältnisse, unter anderem wegen einem hohen Versiegelungsgrad, Hitzerückstrahlungen von Gebäuden und Oberflächen, Winterdiensten und geringer Vegetationspflege. Pflanzen müssen mit im Zuge von Bodenverdichtung entstandenem Sauerstoff- und Wassermangel, Temperaturextremen und Eintragungen wie etwa Streusalz zeitweise oder dauerhaft zurechtkommen (Moser *et al.*, 2017; Bonn *et al.*, 2019). Damit Vegetation mit ihren positiven Einflüssen, auch Ecosystem Services (ES) genannt, zur et al. menschlichen Gesundheit und Wohlbefinden beitragen kann, sollte sie nicht nur lebensfähig, sondern auch vital sein. Straßenbaumlisten wie von GALK (2012) oder die KlimaArtenMatrix KLAM von Roloff, Gillner und Bonn (2008) bieten Anhaltspunkte für die Wahl von geeigneten Stadtbäumen, wobei die individuellen Anforderungen der Standorte vor flächendeckender Anwendung getestet werden müssen.

Obwohl Trockenheitsverträglichkeit für den Stadtbaum der Zukunft eine wesentliche Rolle spielen wird, ist der momentan vorherrschende Umgang mit Wasser, vor allem Niederschlagswasser, ebenfalls relevant. Oberflächen- und Niederschlagswasser wird aufgrund von praktikablen, konventionellen Lösungen oft in den Kanal eingeleitet und ist somit nicht als Ressource verfügbar. Zusätzlich zu den Entsorgungskosten und zeitweisen Überlastungen des Kanalsystems hat die Stadtvegetation dadurch zeitweise zu wenig Wasser zur Verfügung und muss zur Erhaltung zusätzlich gepflegt werden (Grimm, 2010). Verschiedene Gründe wie Platz-, Geld- und Erfahrungsmangel verhindern den Einsatz von technischen oder natürlichen Bodenfilterpassagen (Scharf, Pitha und Enzi, 2013) in beispielsweise Baumscheiben oder Sickermulden, die mit den richtigen Aufbauten als technische Versickerungsbauwerke gelten können (Grimm, 2010; ÖNORM B 2506-1, 2013). Das Potenzial der technischen Aufbauten bei Straßenbegleitgrün als Speicher- und Filtermedium ist vorhanden und kann bei Umsetzung von großem Nutzen zum Erhalt des natürlichen Wasserkreislaufes in der Stadt sein. Bei der Planung der Entwässerung von Verkehrsflächen in Wien (Schindler, 2012) ist eine natürliche Versickerung über filterwirksame Bodenpassagen anzustreben. Laut ÖNORM B 2506-1 (2013) soll eine Vegetationsdecke wie Wiese, bei größeren Anlagen auch holzige Vegetation geplant werden, um gute Filterwirkung zu gewährleisten. Die ökonomischen und ökologischen Synergieeffekten eines integrativen Regenwassermanagements, welches durch die Schaffung oder dem Erhalt eines möglichst naturnahen Wasserkreislaufs entstehen, können unter Wahrung wirtschaftlicher und sicherheitstechnischer Faktoren ein effektiver Weg zur Verminderung der Auswirkungen des Klimawandels und somit zu einer lebenswerteren Stadt sein (Stundner, 2014).

## **1.2 Forschungsprojekt SAVE**

Um erste lokale Umsetzungen von effektivem Regenwassermanagement in Wien mit einem Forschungsprojekt zu begleiten, wurde ‚SAVE‘ als visionäres Pilotprojekt ins Leben gerufen. Die Magistratsabteilungen MA 22, MA 28, MA 42, MA 45, MA 48, MD-BD – Stadtbaudirektion sowie Wien Kanal haben in Zusammenarbeit mit der Universität für Bodenkultur Wien, genauer dem Institut für Siedlungswasserbau, Industrierewirtschaft und Gewässerschutz (SIG) und dem Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB), das Projekt „Straßen Abwasserlösungen für Vegetation und Entwässerungssysteme“ (SAVE) gegründet (Abbildung 1). Seit der Fertigstellung der drei Versuchsflächen 2018 werden diese von der Universität für Bodenkultur Wien betreut und gemonitort. Weitere Details zum Versuchsaufbau werden im Kapitel 3 besprochen. Als Resultat des Forschungsprojektes wird erwartet, neue Wege für nachhaltiges und effektives Regenwassermanagement in der Stadt mit den Funktionalanforderungen von Entwässerungssystemen sowie erhöhten Leistungen von Ecosystem Services durch vitalere Vegetation zu erschließen.



**Abbildung 1: Projektpartner Pilotprojekt SAVE, Olesko 2019**

Im Rahmen des SAVE Forschungsprojekt hat das Institut für Siedlungswasserbau, Industrierewasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) und das Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB) seit 2018 Erhebungen ausgeführt. Aus der Untersuchungsperiode 2018 ist am IBLB eine Masterarbeit von Lübke (2019) hervorgegangen. Darin sind Versuchsaufbau und –design erstmalig beschrieben, weiteren Arbeiten über das SAVE Projekt am IBLB wie die folgende Masterarbeit über die Aufnahmeperiode 2019 basieren auf dem 2018 festgelegten Aufbau. Alle Daten, welche aus der Periode 2018 stammen, wurden den Aufnahmen von Lübke (2019) entnommen. Erhobene Daten aus 2018 stehen zur Verfügung und dürfen nachfolgend in der Auswertung der Daten von 2019 verwendet werden. Im Zuge von verfeinerten Auswertungsmethoden kommt es zum Teil zu Überarbeitungen des Ausgangsmaterials der Daten aus 2018. Die wasserwirtschaftlichen Inhalte des SAVE Projektes werden vom SIG erhoben und sind nicht weiter Inhalt dieser Masterarbeit.

## 1.3 Fragestellung

Dezentrale Lösungen für die Ableitung, die Versickerung, den Rückhalt und die Verdunstung von Niederschlagswasser vor Ort stellen diverse Anforderungen. Um den entstehenden Bedarf an Lösungen gerecht zu werden, wurden relevante geotechnische und vegetationstechnische Fragestellungen formuliert. Zielsetzung der Masterarbeit ist dabei die Bewertung der Eignung von Substrat- und Vegetations-Kombinationen in urbanen Gebieten als Maßnahme des dezentralen Regenwassermanagement, einer vitalen, grünen Stadt sowie dem Überflutungsschutz. Die Ermittlung einer Antwort auf die nachfolgenden Fragen ist die Basis, aus welcher die Bewertung aufbaut. Zur Erfüllung der Zielsetzung wird eine Bewertungsmatrix erstellt, in welcher sowohl geotechnische als auch vegetations-technische Parameter gewichtet bewertet werden. Die Auswertung der Matrix dient der Bewertung der Eignung von Substrat und Vegetations-Kombinationen. Durch die Anforderung der Zielsetzung und den Aufbau des Versuches (Kapitel 3) ergeben sich folgend zwei Themengebiete für die Fragestellung: Substrat und Vegetation.

### 1.3.1 Forschungsfragen zu Substraten

**F1)** Wie unterscheiden sich die getesteten Substratvarianten, von Sickermulden und Baumscheiben, in Hinblick auf die Infiltrationsrate?

- Welche der 2019 getesteten Substratvarianten entsprechen dem aktuellen Stand der Technik in Bezug auf die benötigte Infiltrationsleistung von Sickerflächen nach ÖNORM B 2506-1 (2013) und der FLL – Empfehlung für Baumpflanzungen – Teil 2 (2010b)?
- Welche Unterschiede der Vegetationsperiode 2019 lassen sich zu den Ergebnissen der Forschungsperiode 2018 erkennen?

### 1.3.2 Forschungsfragen zu Vegetation

**F1)** Wie entwickeln sich die gepflanzten Gehölze in den jeweiligen Substratvarianten in den Sickermulden und Baumscheiben in Bezug auf Zuwachs, Vitalität, Beschädigung und Salzgehalt in der Blattmasse?

- Welche Zuwächse an Stammumfang, Stammdurchmesser, Baumhöhe, Kronendurchmesser und Trieblänge können in der Vegetationsperiode 2019 verzeichnet werden?
- Welche Vitalität weisen die gepflanzten Gehölze in den Sickermulden und Baumscheiben über die Vegetationsperiode 2019 hinweg auf?
- Welche Unterschiede gibt es in der Vegetationsperiode 2019 bezüglich Schadensaufkommen in Krone-, Stamm und Wurzelbereich zwischen den einzelnen Gehölzpflanzungen?

- Welches Verhalten zeigt sich bei den gepflanzten Gehölzen in den Sickermulden und Baumscheiben hinsichtlich der Aufnahme von Streusalz (NaCl) in der Vegetationsperiode 2019?
- Welche Unterschiede der Vegetationsperiode 2019 lassen sich zu den Ergebnissen der Forschungsperiode 2018 erkennen?

**F2)** Wie entwickeln sich die drei untersuchten Ansaatmischungen Standardrasen, Blumenrasen und Blumenwiese in den Substratvarianten in Bezug auf Deckungsgrad, Vitalität und Infloreszenz innerhalb der Vegetationsperiode 2019?

- Welche Unterschiede weisen die ausgesäten Ansaatmischungen auf den verschiedenen Substratvarianten in der Sickermulde in Bezug auf den Deckungsgrad in der Vegetationsperiode 2019 auf?
- Welche Vitalität zeigen die verwendeten Ansaatmischungen, in der Sickermulde, innerhalb der Vegetationsperiode 2019?
- Welche Unterschiede gibt es bei der Infloreszenz der Ansaatmischungen in der Sickermulde, innerhalb der Vegetationsperiode 2019?
- Welche Unterschiede der Vegetationsperiode 2019 lassen sich zu den Ergebnissen der Forschungsperiode 2018 erkennen?

Durch die Erhebung zusätzlicher Daten sollen weitere potenzielle Einflussfaktoren bedacht werden, welche nicht als Parameter in die Mastermatrix zur Beurteilung einfließen. Mit den Ergänzungen können Rückschlüsse bei Unklarheiten der Datenlage gezogen werden und die Entwicklung detailliert betrachtet werden. Weitere Erhebungen wurden für folgende Kenngrößen gemacht:

- Tragfähigkeit
- Korrelation von Infiltration und Tragfähigkeit
- Verzweigungsgrad
- Laubaustrieb/-abwurf
- LAI – Leaf Area Index
- Thermografisches Stressverhalten
- Gräser-Kräuter Verhältnis
- Wuchshöhe der Ansaaten
- Frequenzanalyse
- Biomasse Erhebung des BOKU-Blumenrasen

## 1.4 Gliederung der Arbeit

Diese Arbeit enthält einen theoretischen Teil als Einführung und einen empirischen Teil, in welchem die eingebrachten Daten aufgearbeitet und interpretiert werden.

Die Einleitung in den theoretischen Teil beginnt mit der Thematik des nachhaltigen Regenwassermanagements, sowie der rechtlichen Rahmenbedingungen dazu. Darauf folgen Funktionen und Wirkungen, Begriffsbestimmung und spezifische regulative Rahmenbedingungen von den Teilbereichen Substrat und Vegetation. Dabei wird auf die zu untersuchenden Parameter eingegangen und Zusammenhänge zum Regenwassermanagement erstellt.

Im nächsten Abschnitt wird das Forschungsprojekt SAVE beschrieben, wobei zuerst die angewandten Untersuchungsmethoden behandelt werden. Der Verortung folgt die Erklärung zu den einzelnen Standorten, Materialien und ortspezifischen Anwendungen der zuvor erklärten Untersuchungsmethoden.

Der empirische Teil der Arbeit enthält die in Feldversuchen erhobenen Daten, welche zu den Ergebnissen der einzelnen Parameter geclustert sind. Die Auswertung erfolgt mit Matrizen, welche mithilfe von Richtlinien, Normen und technischen Vorgaben pro Standort erarbeitet werden. Die einzelnen Parameter erhalten unterschiedliche Gewichtungen, um die Ergebnisse der Messungen differenziert auswerten zu können. Durch die Interpretation der Daten lassen sich die Forschungsfragen beantworten, die Erkenntnisse werden im Anschluss mit aktueller Literatur diskutiert.

Danach werden in Kapitel 6 die Gesamt-Rankings resultierend aus den Themenbereichen Substrat und Vegetation für das Forschungsprojekt SAVE 2019 erstellt. Der Vergleich mit den Daten aus dem Vorjahr wird Aufschluss über die Entwicklung des Projektes geben, während in Schlussfolgerungen die Bedeutung erörtert wird.

In dem Abschnitt Anmerkungen wird der Versuchsaufbau sowie die praktische Ausführung kritisch reflektiert und die Relevanz betrachtet, während im Ausblick auf die Möglichkeit und Notwendigkeit weiterer Forschung in dem Bereich eingegangen wird.

## 2 Nachhaltiges Regenwassermanagement

Durch den Klimawandel steigen die Herausforderungen von immer häufiger auftretenden und zunehmend intensiven Starkregenereignisse, während urbane Hitzeinseln die Bedingungen für Vegetationswachstum in den Städten erschweren.

Der aktuelle Stadtentwicklungsplan STEP 2025 (MA 18, 2015) beschreibt Regenwassermanagement als einen bedeutsamen Themenbereich. Bereits 2010 wurde die Thematik des Umgangs mit Regenwasser per Regierungsübereinkommen für Wohnbau und Stadterneuerung als relevant definiert. Die MA 18 Stadtentwicklung und Stadtplanung (2015) hat darin angewiesen, verstärkt die lokale Versickerung von Niederschlägen sicherzustellen, zur Entlastung von Kanalnetzen und als Hochwasserschutzmaßnahme.

Die vorangehende Problematik besteht aus der großflächigen Versiegelung und dem damit einhergehenden, hohen Oberflächenabfluss (Abbildung 2), welcher konventionell in den Kanal abgeleitet wird. Momentan besteht 90 % der Kanalnutzung aus Niederschlagswasser, der Schmutzwasseranteil beträgt 7 % (MA 22, 2013). Der Umgang mit Niederschlagswasser erweist sich zunehmend als nicht tragfähig: Dieses wird sofort in den Kanal abgeleitet, wo es nicht mehr als Ressource zur Verfügung stehen kann und zusätzlich Kosten (Kanalausbau, Instandhaltung etc.) verursacht. Dieser Zustand bedingt mehr Interesse an Regenwasserbewirtschaftung (synonym zu Regenwassermanagement), da integrativen Lösungen aus ökonomischer und ökologischer Sicht gebraucht werden (Grimm, 2016; Stadtbaudirektion Wien, 2018; Kleidorfer *et al.*, 2019).

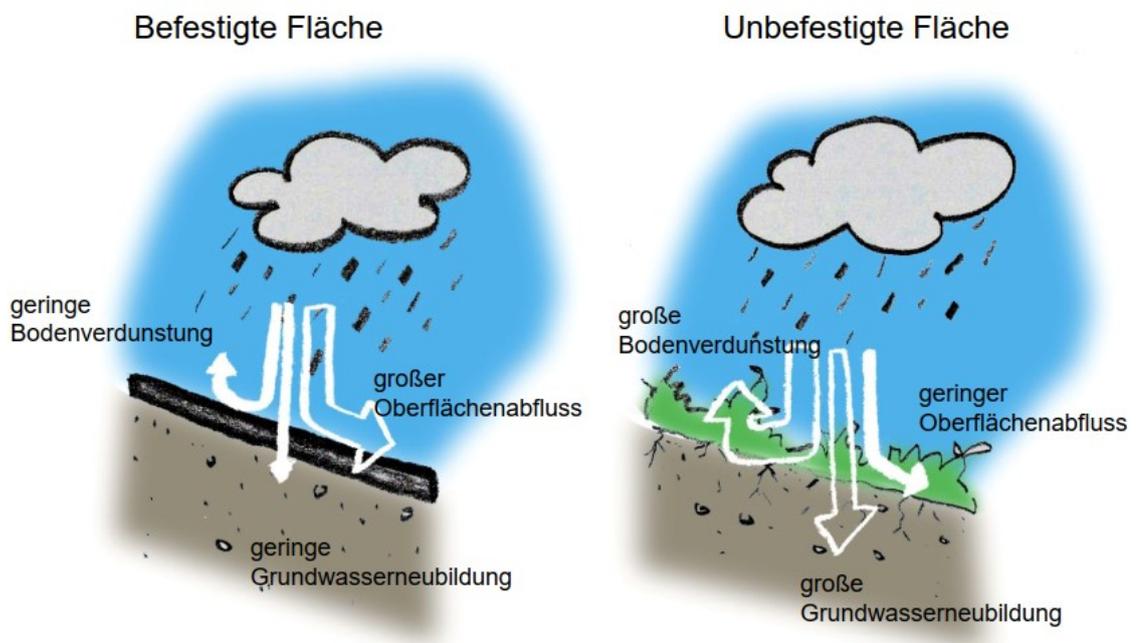


Abbildung 2: Problematik von Oberflächenversiegelung. Olesko 2020 nach W. Geiger und H. Dreiseitl, 2017

Die Vermeidung von Oberflächenwasserabfluss ist ein wichtiger Grundsatz des Regenwassermanagement (Abbildung 2), welcher sich in bebauten und versiegelten Gebieten als

schwierig erweisen kann. Diese Hürde mindert jedoch nicht das oftmals ungenutzte Potenzial von Städten, Regenwasser im natürlichen Wasserkreislauf zu belassen und Kanäle zu entlasten (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung, 2015; Grimm, 2016). Weitere Grundsätze für den Umgang mit Regenwasser sind Versickerung, Verdunstung und Speicherung für Nutzung, wobei diese ineinander übergehen und oftmals kombiniert eingesetzt werden (MA 22, 2013). Bei der Planung soll ein möglichst naturnaher Wasserkreislauf hergestellt werden, daher ist nach Möglichkeit das Oberflächenwasser durch Vermeidung/Minimierung der versiegelten Flächen in dem Gebiet zu halten, wo es anfällt (Stadtbaudirektion Wien, 2018). Rückhalt und Verdunstung sowie Versickerung von Oberflächenwasser sind ebenfalls Möglichkeiten, die vor der Ableitung des Regenwassers in den Kanal in Betracht gezogen werden sollen und wenn möglich anzuwenden sind (Stadtbaudirektion Wien, 2018). Bautechnische Lösungen für die Umsetzung einer Strategie oder einer Kombination aus den Strategien können bodengebundene Bauwerke (verschiedene Versickerungsmöglichkeiten etc.) oder bauwerksgebundene Objekte sein (Dach- und Fassadenbegrünung mit ihren Speicher-körpern) (Scharf, Pitha und Enzi, 2013). Je nach räumlichen und monetären Ressourcen können verschiedenste Baulösungen für ein integratives Regenwasser-management genutzt werden.

Die Synergien und positiven Effekte von nachhaltigem Regenwassermanagement sind groß für die Stadt: von der Versorgung von Boden, Pflanzen und Grundwasser mit Niederschlagswasser, über die Verbesserung der Luftqualität und Staubbindung bis zur Verzögerung und Reduktion des Abflusses bei Starkregenereignissen und somit Entlastung des Kanalsystems und Milderung von Hochwasserereignissen spricht vieles für die Anwendung von Regenwassermanagement (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung, 2015). In dem Strategieplan zu Urban Heat Islands der Stadt Wien (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung, 2015) wurden schon Herausforderungen beschrieben: der Bedarf eines nachhaltigen Umgang mit Regenwasser wird noch nicht erkannt, da genügend Trinkwasser zur Bewässerung vorhanden zu sein scheint. Zudem müssen Entscheidungen zum Regenwassermanagement möglichst früh in der Planung bedacht werden, mit klaren Angaben für bauliche Maßnahmen und Sicherungsmaßnahmen (MA 22 Wiener Umweltschutzabteilung, 2015).

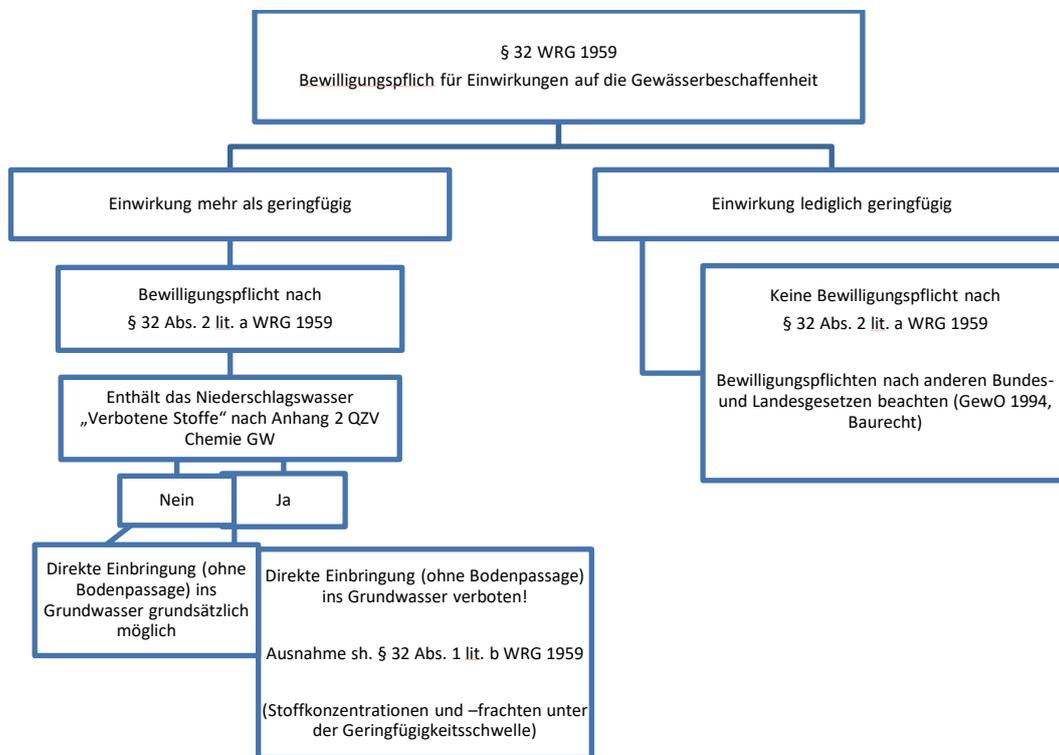
### **Rechtliche Aspekte**

Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) beschäftigt sich nur peripher mit dem Einfluss des Regenwassers auf die Wasserqualität, jedoch wird der Erhalt und die Verbesserung von Gewässern und eine nachhaltige Nutzung verfolgt. Der gleiche Fall betrifft das österreichische Wasserrechtsgesetz (WRG 1959), welches vorrangig die Auswirkung auf die Gewässerbeschaffenheit betrachtet

Abbildung 3). Aus diesem Grund wurden an zahlreichen Stellen Verordnungsermächtigungen erlassen, um den Umgang mit Niederschlagswasser gesetzlich zu verankern. Die Wichtigsten das Regenwasser-management betreffenden Reglementierungen sind die Allgemeine Abwasseremissions-verordnung (AAEV), die 1. Abwasseremissionsbe-

grenzungsverordnung, die Qualitätsziel-verordnung Chemie Grundwasser und die VO über die Verlängerung der Fristen gemäß WRG (Kroiss und Waitz - Vetter von der Lilie, 2011).

Die AAEV regelt die Verwendung von Niederschlagswasser – ist dieses zu stark von Schadstoffen belastet, muss es als Abwasser behandelt werden. In der Verordnung wird jenes Niederschlagswasser reglementiert, welche aufgrund seines Niederganges in einem von menschlichem Zutun mit Schadstoffen belastetes Gebietes in eine Kanalisation abzuleiten ist. Niederschlagswässer, welche atmosphärischen Schadstoffen ausgesetzt sind und in einem unbelasteten Gebiet niedergehen, werden nicht berücksichtigt. Zudem wird der Begriff Abwasser per se nicht in der Verordnung geklärt, somit kann nicht oder wenig belastetes Niederschlagswasser als Abwasser bewilligungsfrei eingeleitet werden, was im Konflikt mit den Nachhaltigkeitsgedanken der Wasserrahmenrichtlinie steht (Kroiss und Waitz - Vetter von der Lilie, 2011).



**Abbildung 3: Bewilligungspflicht bei der Einbringung von Niederschlagswässern durch Versickerung. Olesko 2021 nach Regelblatt 45 „Oberflächenentwässerung durch Versickerung in den Untergrund“**

Die österreichischen Bundesländer haben bei der Abwasserregelung freie Hand, was zu unterschiedlichen Rechtsgrundlagen führt. In Wien gilt eine Einleitungspflicht in das Kanalsystem lt. § 2 Abs. 1. KEG (Kanalanlagen- und Einmündungsgebührengesetz). Ausnahmen werden gemacht, wenn weder öffentliches Interesse noch Gesundheit und Sicherheit von Personen geschädigt werden. Ansonsten wird Regenwasser wie Abwasser gehandhabt (Kroiss und Waitz - Vetter von der Lilie, 2011). In Niederösterreich wird ein 10 % höherer Einheitssatz verlangt, wenn Regenwasser in den Kanal geleitet wird. In Oberösterreich ist

die gesetzliche Lage relativ offen gestaltet, wobei Niederschlagswässer möglichst direkt dem Wasserkreislauf rückzuführen sind und nicht erforderliche Boden-versiegelung zu unterbleiben hat.

Die Geringfügigkeitsgrenzen von Schadstoffen im Niederschlagswasser werden von Sachverständigen kontrolliert, wenn der Antrag auf Einbringung von Niederschlagswässern durch Versickerung gestellt wird (Kroiss und Waitz - Vetter von der Lilie, 2011).

Die zuvor genannten Regulierungen müssen bei der Errichtung von Sickeranlagen eingehalten werden. Da Umstände wie Platz- und Versickerungsfähigkeit des Untergrundes unterschiedlich ausgebildet sind, gibt es unterschiedliche Ausbildungen von Versickerungssystemen. Für die im SAVE-Projekt angewendeten Anlagen von Sickermulden und Baumscheiben werden die Bestandteile dieser, Substrat und Vegetation, näher betrachtet.

## **2.1 Substrate**

In diesem Abschnitt werden die Hintergründe zu Substraten erläutert, welche anhand der grundlegenden Rechtslage, Normen und Literaturrecherche erarbeitet wurden. Welche Funktionen und Wirkungen sollen und müssen Substrate erfüllen, welche Begriffe sind relevant? Welche Normen beschäftigen sich mit Substraten und ihren Anwendungen? Diese Fragen werden folgend geklärt.

### **2.1.1 Funktionen und Wirkungen**

Je nach Fachbereich wird die Terminologie des Begriffes Substrates unterschiedlich definiert, eine fachübergreifende, exakte Abgrenzung gibt es nicht. In dieser Masterarbeit wird die Definition der FLL - Forschungsgesellschaft für Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau e.V. (2010, S.13) angewandt. Diese bezeichnet Substrat als *„aus miteinander vermischten Stoffen oder aus aufbereiteten Böden nach definierten Anforderungen hergestellter Bodenersatz zur Pflanzgrubenverfüllung“*. Weitere Definitionen sind in Kapitel 2.1.3 ersichtlich. Die Relevanz von Boden und Bodenersatz für Umwelt, Gesellschaft und Wirtschaft schlägt in vielen Bereichen nieder. Als Lebensraum und Pflanzenstandort als auch aus bautechnischer Sicht mit Filter-, Puffer- und Umwandlungswirkung spielt Boden eine zentrale Rolle (ÖNORM L 1050, 2016). Substrate haben höhere Anforderungen als gewachsener Boden, welche sich aus der anthropogenen Herstellung ergeben. Dadurch können Substrate genau auf die Anforderungen des jeweiligen Standortes und den Bedarf der Vegetation zugeschnitten sein. Die Funktionen, welche Substrat im Regenwassermanagement übernehmen, werden in folgende Bereiche gegliedert:

- Ökologische Funktionen
- Technische Funktionen

Die dualen Voraussetzungen als Filtermaterial als auch Vegetationssubstrat werden auch aufgrund von bilateralen Einflussgrößen erfüllt und führen zu einer Verschneidung der Funktionen.

## Ökologische Funktion

Die Qualität eines Vegetationsstandortes als Lebensraum steht in Abhängigkeit der Komponenten Wasser-, Nährstoff- und Luftzufuhr. Die (FLL, 2010b) bezieht sich bei den Anforderungen an Substrate auf jene Komponenten und beschreibt relevante Kenngrößen. Die Wasserkapazität des Gesamtvolumens des Substrates soll demnach mindestens 25 Vol.-% im eingebauten und verdichteten Zustand haben. Bei maximaler Wasserkapazität darf die Luftkapazität für Substrate 10 Vol.-% nicht unterschreiten. Für die Speicherfähigkeit von Wasser und Nährstoffen ist es wichtig, organische Substanz einzubringen. Um Strukturstabilität zu gewährleisten, soll der Anteil dieser Substanzen 1-4 Masse-% des Gesamtvolumens nicht überschreiten (FLL, 2010b).

## Technische Funktion

Durch den Einbau der Substrate in urbanen, straßenbezogenen Sickerflächen stellt sich die Herausforderung der Reinigung von Straßenabwässern. Dabei werden gute Reinigungsleistungen, hohe hydraulische Durchlässigkeit bei geringem Flächenverbrauch und eine lange Standzeit erwartet (Fürhacker *et al.*, 2013). Als zentrale Begriffe für Substrate in Sickerflächen lassen sich demnach die Sickerfähigkeit, Speicherkapazität und Filterwirkung benennen. Je nach Anwendungsgebiet spielt auch die Überbaubarkeit von Substraten eine Rolle, da hohe Formstabilität gefordert sein kann.

Die Wasserdurchlässigkeit und -speicherung ist sowohl ein wichtiger vegetativer als auch technischer Parameter bei der Bewertung von Substraten hinsichtlich ihrer Verwendung. Sickerfähigkeit oder auch Infiltration wird durch die Sickergeschwindigkeit beschrieben, ideal sind dabei mittlere Werte von  $1 \times 10^{-3}$  bis  $1 \times 10^{-6}$  m/s (Grimm, 2010; DWA, 2020) während ÖNORM B 2506-1 (2013) einen Wert von  $1 \times 10^{-4}$  bis  $1 \times 10^{-5}$  für die ersten 30 cm einer flächigen Versickerung vorgibt. Genaue Vorgaben zu technischen und natürlichen Bodenfiltern beschreibt die ÖNORM B 2506-2 (2012). Im eingebauten Zustand sollen natürliche Bodenfilter Durchlässigkeitsbeiwerte (kf-Werte) zwischen  $1 \times 10^{-4}$  bis  $1 \times 10^{-5}$  m/s haben, technische Bodenfilter unter  $1 \times 10^{-3}$  im Labor. FLL (2010b) sagt zur Wasserdurchlässigkeit, bei beiden Pflanzengrubenbauweisen darf der Durchlässigkeitsbeiwert im eingebauten und verdichteten Zustand über  $5 \times 10^{-6}$  m/s betragen und soll  $5 \times 10^{-4}$  m/s nicht überschreiten. Werte im mittleren Geschwindigkeitsbereich zwischen  $1 \times 10^{-3}$  und  $1 \times 10^{-6}$  m/s sollen sicherstellen, dass Sickerwässer nicht zu schnell in das Grundwasser eingeleitet werden, damit eine ausreichende Reinigungsleistung erreicht wird (Grimm, 2010). Der Durchlässigkeitsbeiwert (kf-Wert) kann durch Sickerversuche ermittelt werden (ÖWAV-Regelblatt 45, 2013). Als in-situ Erhebungsmethode zur Bestimmung der Wasserinfiltrationsrate eignet sich die Messung mithilfe eines Doppelring-Infiltrometers (ÖNORM EN 12616, 2013), welche genauer in Kapitel 3.1.1 beschrieben wird. Die Wasserleitfähigkeit von Bodenfiltern nimmt über die Standzeit ab, durch Sekundärporen kann die Leitfähigkeit wieder verbessert werden (Fürhacker *et al.*, 2013).

Der Mindestabstand von 1 m zum höchsten maßgeblichen Grundwasserspiegel ist jedenfalls zu beachten laut ÖNORM B 2506-1 (2013), sowie die Entwicklung einer geschlossenen Gründecke zur Erreichung der maximalen Filterwirkung. Gegebenenfalls kann eine Reinigung der zur Versickerung anfallenden Wässer erforderlich sein, je nach regionalen Richtlinien und der Beschaffenheit des Wassers. Die Entfernung von Salzen und Auftaumittel aus dem Oberflächenwasser steht in keinem vertretbarem Aufwand (ÖNORM B 2506-1, 2013). Natürliche Bodenfilter sind ohne zusätzliche Maßnahmen geeignet um Kohlenwasserstoffe, organische Verbindungen, Metalle und unlösliche Metallverbindungen, Feinstoffe und Grobstoffe zu filtern, womit die Reinigungsleistung jeder anderen Reinigungsanlage übertroffen wird. Regenwassersickeranlagen können als natürlicher oder technischer Bodenfilter angelegt sein, diese gelten als gleichwertig (ÖNORM B 2506-2, 2012). Die maximal zulässige Einstauzeit von 24 Stunden darf nicht überschritten werden, um Verschlammungen zu vermeiden (Grimm, 2010; ÖNORM B 2506-1, 2013).

Die Filterwirkung von Substraten erfolgt sowohl durch „*chemisch-physikalische (z.B. Sedimentation, Filtration, Adsorption, Fällung) oder biologische (Abbau) Prozesse*“ (ÖWAV-Regelblatt 45, 2013, 22). Der Schadstoffrückhalt und -abbau ist abhängig von den eingesetzten Materialien, organische oder mineralische Bodenhilfsstoffe können die Eigenschaften des Substrates verbessern (FLL, 2010b; Fürhacker *et al.*, 2013; ÖWAV-Regelblatt 45, 2013).

Um den Anspruch der Formstabilität für die Überbaubarkeit zu gewährleisten, spricht sich die (FLL, 2010b) für eine gleichmäßige Korngrößenverteilung im Substrat aus, um inwendige Materialverlagerungen zu vermeiden. Dazu sollen 30 % der Masse der Kornfraktion 0,053-2 mm angehören. Das Substrat soll lagenweise eingebaut werden und nur so verdichtet werden, dass später keine weiteren Sackungen zu erwarten sind (FLL, 2010b). Verschiedene Verfahren sind geeignet, um Verdichtungskontrollen durchzuführen (Hiemesch und IGEWA GmbH, o.D.), unter anderem die folgend Erwähnten.

- Proctorversuch
- Plattendruckversuch:
  - Statischer Plattendruckversuch
  - Dynamischer Plattendruckversuch
- Radiometrische Dichtebestimmung
- Rammsondierung
- Prüfwalze

In Tabelle 1 werden die Verfahren mit ihren Vorteilen und Nachteilen gegenübergestellt, als auch der bevorzugte Anwendungsbereich genannt.

**Tabelle 1: Vor- und Nachteile verschiedener Verdichtungskontrollverfahren. Olesko 2018 nach (Hiemesch und IGEWA GmbH, ohne Datum)**

<b>Verfahren</b>	<b>Vorteile</b>	<b>Nachteile</b>	<b>Bevorzugter Anwendungsbereich</b>
Statischer Plattendruckversuch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verlässlicher Referenzversuch</li> <li>- Schnell durchführbar</li> <li>- Sofortige Ergebnisse</li> <li>- Genormter Versuch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Min. 4,5 t Achslast als Gegengewicht</li> <li>- Nicht in beengten Verhältnissen durchzuführen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Überall einsetzbar, außer bei wenig Platz</li> </ul>
Dynamischer Plattendruckversuch	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einfach durchzuführen</li> <li>- Sofortige Ergebnisse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nicht bei grobkörnigem Boden</li> <li>- Abhängig von Korngrößenzusammensetzung und Wassergehalt</li> <li>- Geringe Tiefe repräsentiert</li> <li>- Kalibrierung mit statischem Plattendruckversuch erforderlich</li> <li>- Nicht genormt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Straßenbau</li> <li>- Verfüllung von Gräben</li> <li>- Voraussetzung: Gleichbleibendes Material</li> </ul>
„Proctor-Wert“	<ul style="list-style-type: none"> <li>- In beengten Verhältnissen durchführbar</li> <li>- Angaben zum optimalen Wassergehalt beinhaltet</li> <li>- Genormter Versuch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ergebnisse nach 1-3 Tagen</li> <li>- Ergebnis nur für das relativ kleine Prüfvolumen repräsentativ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Überall einsetzbar</li> </ul>
Rammsondierung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Große Tiefe</li> <li>- Kostenwirksam und einfach durchführbar</li> <li>- Einfache Auswertung</li> <li>- Sofortige Ergebnisse</li> <li>- Genormter Versuch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Werte von Bodenart abhängig</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verfüllung von Gräben</li> <li>- Allgemeine Bauuntersuchung</li> </ul>
Prüfwalze	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Einfach durchzuführen</li> <li>- Häufig keine Zusatzkosten</li> <li>- Flächendeckende Aussage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Abhängig von Korngrößenzusammensetzung und Wassergehalt</li> <li>- Geringe Tiefe repräsentiert</li> <li>- Kalibrierung mit statischem Plattendruckversuch erforderlich</li> <li>- Nicht genormt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Straßenbau</li> <li>- Großflächiger Einbau von Boden</li> <li>- Voraussetzung: Gleichbleibendes Material</li> </ul>

## **2.1.2 Regulative Rahmenbedingungen**

Als Grundlage für eine fachgerechte Planung und ausreichende Bemessung von Anlagen und Systemen zur Versickerung müssen diverse Normen und Richtlinien berücksichtigt werden. Die aktuellste und umfangreichste Sammlung an Regelwerken hat das Amt der Tiroler Landesregierung (2016) in dem Leitfaden für Entsorgung von Oberflächenwässern zusammengetragen, welche durch weitere Recherchen ergänzt werden.

### **ÖNORMEN**

ÖNORM B 2506-1 (2013): Regenwässer-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen – Anwendung, hydraulische Bemessung, Bau und Betrieb

ÖNORM B 2506-2 (2012): Regenwässer-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen – Teil 2: Qualitative Anforderungen an das zu versickernde Regenwasser, sowie Anforderungen an Bemessung, Bau und Betrieb von Reinigungsanlagen

ÖNORM B 2506-3 (2016): Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen – Teil 3: Filtermaterialien (Anforderungen und Prüfmethoden)

ÖNORM EN ISO 22475-1 (2006): Geotechnische Erkundung und Untersuchung- Probenentnahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung

ÖNORM B 4422-1 (1992): Erd- und Grundbau – Untersuchung von Bodenproben Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit – Laborprüfungen

ÖNORM B 4422-2 (2002): Erd- und Grundbau – Untersuchung von Böden Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit – Feldmethoden für oberflächennahe Schichten

ÖNORM B 5102 (2014): Reinigungsanlagen für Regenwasser von Verkehrs- und Abstellflächen (Verkehrsflächen Sicherungsschächte VSS)

ÖNORM EN 1433 (2006): Entwässerungsrinnen für Verkehrsflächen

ÖNORM L 1080 (2013): Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung des organischen Kohlenstoffs durch trockene Verbrennung mit und ohne Berücksichtigung von Carbonaten

ÖNORM L 1081 (2010): Chemische Bodenuntersuchungen – Bestimmung des organischen Kohlenstoffs durch Nassoxidation

### **ÖWAV Regelblätter**

ÖWAV Regelblatt 9 (2008): Neuplanung und Erweiterung von Entwässerungsanlagen

ÖWAV Regelblatt 35 (2003): Behandlung von Niederschlagswässern

ÖWAV Regelblatt 45 (2015): Oberflächenentwässerung durch Versickerung in den Untergrund

ÖWAV Regelblatt 11 (2009): Richtlinien für die abwassertechnische Berechnung und Dimensionierung von Abwasserkanälen

### **DWA-Regelwerk Arbeitsblätter**

DWA-Regelwerk Arbeitsblatt DWA-A 117 (2014): Bemessung von Regenrückhalteräumen

DWA-Regelwerk Arbeitsblatt DWA-A 138 (2005): Planung, Bau und Betrieb von Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser

DWA-Regelwerk Arbeitsblatt DWA-A 166 (2013): Bauwerke der zentralen Regenwasserbehandlung und -rückhaltung – konstruktive Gestaltung und Ausrüstung

DWA-Regelwerk Merkblatt DWA-M 153 (2007): Handlungsempfehlungen zum Umgang mit Regenwasser

### **Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau (RVS)**

RVS 04.04.11(2011): Gewässerschutz an Straßen

RVS 03.08.65 (2012): Straßenentwässerung

RVS 12.06.11 (2014): Instandhaltung von Entwässerungsanlagen

Auch die Forschungsgesellschaft für Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL) bietet Empfehlungen zur Versickerung und Wasserrückhaltung (2005).

#### **2.1.3 Begriffsbestimmung**

Boden: oberster belebter Teil der Erdkruste, bestehend aus anorganischen, durch Verwitterung des Untergrundes entstandenen und organischen, Humus und Lebewesen umfassenden Bestandteilen sowie aus Hohlräumen, die mit Wasser und den darin gelösten Stoffen (Bodenwasser, Bodenlösung) und mit Gasen (Bodenluft) gefüllt sind (ÖWAV-Regelblatt 45, 2013, 5).

Bodenfilter: Ein Bodenfilter besteht aus Bestandteilen eines natürlich gewachsenen Bodens, die zum Rückhalt und/oder Abbau von organischen und anorganischen Inhaltsstoffen geeignet sind und flächendeckend, dauerhaft begrünt ist. Die Reinigungswirkung basiert auf physiko-chemischen, mikrobiologischen und/oder pflanzenphysiologischen Prozessen (ÖWAV-Regelblatt 45, 2013, 5).

Durchlässigkeitsbeiwert: je Zeiteinheit dem Versuchsabschnitt zugeführte Wasservolumen durch Fläche (ÖNORM EN ISO 22282-1, 2012).

Oberboden: oberste Schicht des durch physikalische, chemische und biologische Vorgänge entstandenen belebten Bodens (FLL, 2010b).

Sickerfähigkeit; Durchlässigkeit: Wasserdurchlässigkeitsvermögen eines Bodens oder einer technisch hergestellten (Filter-)Schicht (ÖNORM B 2506-1, 2013).

Sickergeschwindigkeit: Filtergeschwindigkeit des versickernden Wassers im Boden in vertikaler Richtung (ÖNORM B 2506-1, 2013).

Substrat: oberflächennahes, lockeres oder festes geologisches Material. Der Begriff Substrat umfasst sowohl das Ausgangsmaterial wie das unterlagernde Material (ÖNORM L 1050, 2004).

Ausgangsgestein für die Bodenbildung sowie das der Bodenbildung unterlagernde Gestein. Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff „Substrat“ wird hier im geologischen Sinn definiert (ÖNORM L 1050, 2016).

Aus miteinander vermischten Stoffen oder aus aufbereiteten Böden nach definierten Anforderungen hergestellter Bodenersatz zur Pflanzgrubenverfüllung (FLL, 2010b).

Mischung aus organischen oder mineralischen Materialien zur Bodenverbesserung oder als Vegetationstragschicht für Pflanzen (ÖNORM L 1111, 2019).

Tragfähigkeit: mechanischer Widerstand einer oberflächennah anstehenden Bodenschicht gegen Verformungen bei einer Belastung an der Oberfläche (ÖNORM B 4417, 2018).

## **2.2 Vegetation**

Der folgende Abschnitt wurde auf Grundlage von Literaturrecherche, gängigen Normen und Rechtslage verfasst. Zuerst werden die Funktionen und Wirkungen von Vegetation in der Stadt erklärt, danach werden Regelwerke und Normen genannt, welche sich mit den verschiedenen Aspekten von Vegetation beschäftigen. Relevante Begriffe werden im Anschluss erläutert.

### **2.2.1 Funktionen und Wirkungen**

Der Umstand, dass Wien die grünste Stadt der Welt ist, begünstigt das Voting zur lebenswertesten Stadt der Welt (The Economist, 2019; Wien ORF, 2020). Vegetation ist ein wichtiger Bestandteil einer lebenswerten Stadt, welcher einer breiten Öffentlichkeit multiple Eigenschaften und Qualitäten kostenlos zur Verfügung stellt.

Die Magistratsabteilung 18 Stadtentwicklung und Stadtplanung hat im Stadtentwicklungsplan 2005 (STEP05) die Bandbreite der Funktionen beschrieben:

- Naherholungsfunktion
- Soziale Funktion
- Kulturelle Funktion
- Ökologische Funktion
- Klimafunktion
- Orientierungsfunktion

Von der Aufwertung des menschlichen Lebensraumes bis zu umweltrelevante Faktoren wie die Verbesserung des Bioklimas haben Grün- und Freiräume maßgebliche Aufgaben im urbanen Raum (MA 18 Stadtentwicklung und Stadtplanung, 2005). Es gibt Versuche zur monetären Bewertung dieser Ecosystem Services, die mithilfe statistischer Modelle auf

Basis prognostizierter Wachstumsleistungen erstellt werden. Die errechneten Wachstumskurven werden in Realität nicht immer erreicht (Berland, 2020).

„Funktionstüchtige“ Vegetation mit Wachstumsleistungen muss demnach vital sein, ein entscheidendes Kriterium bei der Betrachtung von städtischem Grün ist damit die Vitalität. Auf der Website eines bekannten Wörterbuches wird dieser Begriff mit Lebenskraft erklärt (Bibliographisches Institut GmbH, 2021), während bei Pflanzen von Wuchspotenz gesprochen werden kann. Die Vitalität kann sowohl bei krautiger als auch holziger Vegetation festgestellt werden, wobei sich aufgrund der unterschiedlichen Ausgangslage jeweils angepasste Vitalitätsbewertungssysteme bewährt haben. Da die Feststellung der Vitalität bei Stadtbäumen einen sicherheitsrelevanten Aspekt hat, ist die Baumvitalität in den Baumkontroll-Richtlinien der FLL (2020) klar definiert:

*„Lebenstüchtigkeit/Lebenskraft eines Organismus. Beeinflusst wird die Vitalität durch das Alter, die Erbanlagen sowie Umweltfaktoren. Die Vitalität äußert sich im Gesundheitszustand, insbesondere in*

- *Wachstum, Kronenstruktur und Zustand der Belaubung*
- *Der Anpassungsfähigkeit an die Umwelt,*
- *der Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten und Schädlinge,*
- *der Regenerationsfähigkeit.*

*Im Forst sowie in der Baumpflegepraxis wird die Vitalität meist anhand der Kronenstruktur und/oder am Zustand der Belaubung (Belaubungsdichte, Laubgröße, Laubfärbung) bestimmt“ (FLL, 2020, 23).*

Eine hohe Vitalität wird erreicht, wenn ein Baum guter Qualität passende Wuchsbedingungen vorfindet. In der Stadt werden diese jedoch selten erfüllt, und prognostizierte trockene, wärmere Sommer mit zusätzlichen Starkniederschlägen erleichtern die Voraussetzungen nicht (Roloff, 2013). Hitze und Trockenheit während der Vegetationsperiode bedeuten für die meisten pflanzlichen Organismen in der gemäßigten Klimazone eine Belastungssituation (Bonn *et al.*, 2019). Der entstehende Stress durch diese Lage wird auf unterschiedliche Arten von pflanzlichen Organismen verarbeitet. Anpassungen an die Stresssituation können mittelfristig etwa die Ausbildung von Kurztrieben sein, weitere Strapazen führen zum Teil zu Abhärtung und im nächsten Schritt auch Resistenz, während langanhaltende Belastungen das Absterben des Baumes führen (Thomas, 2018; Bonn *et al.*, 2019).

Der Zeitpunkt des Laubaustriebes und -abwurfes ist neben standortbedingten und kleinklimatischen Gegebenheiten auch von der jeweiligen Baumart abhängig. Äußere Umwelteinflüsse, Krankheiten oder Schädlinge können den Laubaustrieb verzögern und den Laubabwurf beschleunigen (Balder, 2009), während eine hochwertige Wurzelumgebung den vorzeitigen Blattverlust verhindert (Hirons und Thomas, 2017).

Unter den gegebenen Bedingungen ist es somit nicht weiter wunderlich, aber sehr alarmierend, dass Bäume laut Roloff (2013) nur etwa 25 % der potenziellen Altersspanne erreichen. Um die besten Voraussetzungen für vitale Grün- und Freiräume in der Stadt zu

schaffen, ist demnach die richtige Auswahl der Gehölzart sowie die Minderung der Stressfaktoren ein wichtiger Schritt zur erfolgreichen Grünraumbewirtschaftung. Von vielen Stellen erarbeitete Gesetze, Richt- und Leitlinien geben dabei eine wichtige Hilfestellung zum Erreichen des optimalen Vegetationszustandes.

## **2.2.2 Regulative Rahmenbedingungen**

Bei der Planung, Ausführung und Unterhaltung von Strukturen und Bauwerken mit Vegetation müssen die fachlich relevanten Gesetze und Regelwerke beachtet werden. Die folgende Liste wurde entnommen aus der ÖNORM L 1111 (2019) sowie der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. (FLL, 2010b):

### **Gesetze**

BGBl. Nr. 513/1994, Düngemittelgesetz 1994, idgF

BGBl. I Nr. 10/2011 Pflanzenschutzmittelgesetz 2011

BGBl. I Nr. 72/1997, Saatgutgesetz 1997, idgF

BGBl. I Nr. 73/1997, Pflanzgutgesetz, idgF

BGBl. I Nr. 109/2001, Sortenschutzgesetz 2001, idgF

BGBl. I Nr. 110/2002, Forstliche Vermehrungsgutgesetz 2002, idgF

BGBl. II Nr. 100/2004, Düngemittelverordnung 2004

BGBl. II Nr. 292/2001, Kompostverordnung

BGBl. II Nr. 412/2006, Sortenschutz-Artenliste, idgF

BGBl. II Nr. 417/2006, Saatgutverordnung 2006, idgF

BGBl. II Nr. 480/2002, Forstliche Vermehrungsgutverordnung 2002, idgF

### **ÖNORMEN**

ÖNORM B 2606-1, Sportplatzbeläge – Naturrasen

ÖNORM L 1050, Boden als Pflanzenstandort – Begriffe und Untersuchungsverfahren

ÖNORM L 1110, Pflanzen – Güteanforderungen, Anzuchtformen und Sortierbestimmungen

ÖNORM L 1111, 2019, Gartengestaltung und Landschaftsbau – Technische Ausführung

ÖNORM L 1112, Anforderungen an die Bewässerung von Grünflächen

ÖNORM L 1120, Gartengestaltung und Landschaftsbau – Grünflächenpflege, Grünflächenerhaltung

ÖNORM L 1121, Schutz von Gehölzen und Vegetationsflächen bei Baumaßnahmen

ÖNORM L 1122, Baumkontrolle und Baumpflege

ÖNORM L 1128, Schwimmteiche und Naturpools – Anforderungen an Planung, Bau, Betrieb und Sanierung

ÖNORM L 1129, Anforderungen an Gabionen für Gartengestaltung und Landschaftsbau

ÖNORM L 1131, Gartengestaltung und Landschaftsbau – Begrünung von Dächern und Decken auf Bauwerken – Anforderungen an Planung, Ausführung und Erhaltung

ÖNORM L 1210, Anforderungen für die Herstellung von Vegetationstragschichten

ÖNORM S 2211, Pflanzenkohle – Ausgangsmaterialien, Qualitätsanforderungen und Untersuchungsmethoden

### **ÖWAV Regelblätter**

ÖWAV Regelblatt 45 (2015): Oberflächenentwässerung durch Versickerung in den Untergrund

### **Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.**

Empfehlungen für Baumpflanzungen – Teil 1: Planung, Pflanzarbeiten, Pflege.

Empfehlungen für Baumpflanzungen – Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate.

Richtlinie für die Planung, Ausführung und Unterhaltung von begrünbaren Flächenbefestigungen.

### **2.2.3 Begriffsbestimmung**

Aggregatstabilität: Widerstand der Bodenteilchen im Aggregatverband gegenüber der Änderung ihrer Anordnung zueinander (ÖNORM L 1050, 2016).

Bodenwasserhaushalt: durchschnittliche Wasserversorgung eines Standortes, die sich aus der Summe aller herein- und hinausgehenden Wasserflüsse sowie der Änderung des Wasservorrats, bezogen auf ein definiertes Bodenvolumen, als Funktion der Zeit ergibt (ÖNORM L 1050, 2016).

Baumscheibe: begrenzte Oberfläche der Vegetationstragschicht um den Stamm herum, die offen oder befestigt oder begrünt sein kann und dauerhaft luft- und wasserdurchlässig sein muss (FLL, 2010b).

Krone: Sammelname für alle Baumteile oberhalb des Stammkopfes (ÖNORM L 1122, 2011).

Oberboden: siehe Kapitel 2.1.3

Pflanzgrube: Die Pflanzgrube ist ein großvolumiger Grubenraum, bei dem der ungeeignete anstehende Boden durch Substrate oder Böden ersetzt wird. Bei der Pflanzung wird innerhalb der Pflanzgrubenverfüllung das Pflanzloch ausgehoben (FLL, 2010b).

Pflanzloch: bei der Pflanzung hergestellte Vertiefung in der Vegetationsfläche oder in der Pflanzgrubenverfüllung zur Aufnahme des Ballens oder Wurzelwerks (FLL, 2010b).

Stamm: Hauptachse des Baumes zwischen Stammfuß und Kronenansatz (ÖNORM L 1122:2011).

Stammfuß: Übergang vom Wurzelanlauf in den Stamm (ÖNORM L 1122, 2011).

Stammkopf: Übergang des Stammes in die Krone, Ansatzstelle der unteren Kronenäste (ÖNORM L 1122:2011).

Substrat: siehe Kapitel 2.1.3

Unterbau: zum Höhenausgleich oder zur Verbesserung der Tragfähigkeit notwendige Veränderungen des Untergrundes (ÖNORM B 2606-1:2009).

Vegetationstragschicht: Bereich des Bodens, in welchem die Pflanzen wurzeln (ÖNORM L 1210:2007).

Bodenschicht, die aufgrund ihrer Zusammensetzung und Eigenschaften für den Bewuchs mit Pflanzen geeignet ist (FLL, 2010b).

Wurzel: vorwiegend unter der Oberfläche des Bodens liegendes Organ der Pflanze, das der Verankerung im Boden/Substrat, der Aufnahme von Wasser und der darin gelösten Nährstoffe dient (ÖNORM L 1122:2011).

## **3 Versuchsaufbau des Forschungsprojekt SAVE**

Für das SAVE Forschungsprojekt wurden an drei Standorten in Wien Sickerflächen mit unterschiedlichen vegetativen und geotechnischen Merkmalen angelegt. Erhebungen zu dem Zufluss des Oberflächenwasser und dessen Belastung wurden von dem Institut für Siedlungswasserbau, Industriewasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG) ausgeführt und sind nicht weiter Inhalt dieser Arbeit.

Die verschiedenen Standorte mit ihrem individuellen Versuchsaufbau ergeben sich aus den unterschiedlichen Ausformungen des urbanen Straßenbegleitgrüns, die unter heterogenen Stadtbedingungen auf ihre Effizienz hinsichtlich vegetativer und geotechnischer Parameter geprüft werden. Die Untersuchungen beschäftigen sich mit Straßenbegleitgrün in Form von Baumscheiben mit oder ohne Zufluss und Sickermulden. Die 15 Einzelsubstrate, inklusive anstehendem Boden und Oberboden, sind in 16 Varianten eingebaut. Im Bereich der Vegetation werden zwischen Baumpflanzungen und Ansaaten unterschieden.

Kapitel 3 setzt sich aus den Methoden und Materialien des SAVE-Forschungsprojekts zusammen. Einsteigend werden die Untersuchungsmethoden erklärt, infolgedessen werden einzelne Parameter und Untersuchungsvorgänge näher beschrieben. Es folgt die Beschreibung der Materialien, welche die detaillierten Ausführungen der Versuchstandorte sowie die Anwendung der Untersuchungsmethoden vor Ort wiedergibt.

### **3.1 Methoden**

Der Abschnitt der Methoden befasst sich mit dem theoretischen Hintergrund der Untersuchungsdurchführung, welche die Anwendung der wichtigsten Normen und Richtlinien in Hinblick auf die Überprüfung der für die Forschungsfragen relevanten Sachverständnisse enthält.

#### **3.1.1 Methoden zur Untersuchung der Substrate**

Der urbane Kontext im Stadtgefüge richtet spezifische Anforderungen an die geotechnischen Eigenschaften von Substraten, die Hintergründe dazu sind in Kapitel 2 dargestellt. Im Forschungsprojekt SAVE wurden die Substrate auf die Parameter Infiltration und Tragfähigkeit geprüft. Nachfolgend werden die Parameter einzeln erklärt und die gewählten Untersuchungsmethoden näher betrachtet. Der genaue Hergang der Untersuchungsdurchführung wird bei jeder Kenngröße erklärt. Aufnahmebögen befinden sich im Anhang, Kapitel 15. Die zeitliche und spezielle Anwendung der einzelnen Methoden werden in dem nachfolgenden Kapitel 3.2 je Standort aufgezeigt.

#### **Infiltration**

Infiltration wird auch als Durchlässigkeit oder Sickerfähigkeit des Untergrundes bezeichnet. Die Sickergeschwindigkeit wird in Meter pro Sekunde (m/s) angegeben und ist dabei ausschlaggebend für die Bestimmung der Sickerleistung (ÖNORM B 2506-1 2013).

Die Untersuchungen zur Messung der Sickerfähigkeit wurden mit einem Doppelring-Infiltrometer nach ÖNORM EN 12616 (2013) Sportböden – Bestimmung der Wasserinfiltrationsrate durchgeführt. Wie im Erhebungsjahr 2018 wurde das Verfahren C für Sportböden mit Flächen aus ungebundenen mineralischen Materialien gewählt, um die Vergleichbarkeit der Werte garantieren zu können.

Das Doppelring-Infiltrometer besteht aus zwei konzentrisch angeordneten Kreisen. Die mit Gewindestangen verschraubten PVC-Rohre haben einen Innendurchmesser von 150 mm, der Außenzylinder misst 300 mm. Zur Vermeidung seitlich ausströmenden Wassers aus dem inneren Zylinder fungiert der äußere Zylinder als Pufferzone. Das Doppelring-Infiltrometer wird mit Dichtungsmasse an der Messstelle aufgebracht, oder gegebenenfalls mit einem Hammer bis zu 25 cm Tiefe senkrecht eingeschlagen. Sollten dadurch Risse entstanden sein, wird das ungebundene mineralische Material angedrückt. Werden die Messungen bei trockenem Boden durchgeführt, sollten 20 Minuten Bewässerung erfolgen. Erst nach mindestens einer Stunde kann mit den Messungen begonnen werden (ÖNORM EN 12616 2013).

Jede Wassergabe erfolgt mit Gießkanne auf die innerhalb der Zylinder platzierten Putzschwämme, um Ausspülungen durch den Wasserstrahl zu vermeiden.

Bei den Messungen wird mit einer Anfangsstautiefe von 30 mm im inneren Zylinder begonnen, der Wasserspiegel im äußeren Zylinder darf um höchstens 2 mm abweichen. Für die Aufzeichnungen wird die Zeit genommen, in welcher der innere Wasserspiegel um 25 mm sinkt, höchstens aber werden 20 Minuten gemessen und gegebenenfalls die abgesunkenen Millimeter eingetragen. Messungen, welche nicht innerhalb dieses 20 Minuten Zeitraumes liegen, erreichen gegebenenfalls keine ausreichende Infiltrationsleistung.

Die Wasserinfiltrationsrate ( $I_C$ ) wird nach ÖNORM EN 12616 (2013) berechnet:

$$I_C = F_{WC} / t_C$$

$I_C$  ...Wasserinfiltrationsrate

$F_{WC}$  ...das Absinken des Wasserspiegels (mm)

$t_C$  ...die Zeit für das Absinken des Wasserspiegels (h)

### Materialliste

- Wasser
- Doppelring-Infiltrrometer
- 4(-8) Zollstöcke (oder andere Messskala mit Millimeterangabe)
- 8 handelsübliche Reinigungsschwämme
- 2(-4) Gießkannen
- 1 Gummihammer
- 2 Mörtelwannen á 80 l
- 2 Kanister á 20 l
- Kanister á 5 l
- 1 Messer
- 1 Schere
- Ggf. Dichtungsmasse
- Sicherheitsausrüstung
- Zeitmessgerät
- Temperaturmeseinrichtung

Um Verdichtungen zu verhindern, sollen die zu bemessenden Stellen der Substrate möglichst nicht betreten werden.

### Tragfähigkeit

Laut ÖNORM B 4417 (2018, S.3) ist Tragfähigkeit definiert als „*mechanischer Widerstand einer oberflächennah anstehenden Bodenschicht gegen Verformungen bei einer Belastung an der Oberfläche.*“ Lastplattenversuche dienen der Überprüfung der Verdichtung, Tragfähigkeit und Verformbarkeit von eingebauten Substraten. Die Tragfähigkeit wird im SAVE Projekt anhand des dynamischen Plattendruckversuches ermittelt. Dynamisch daher, da die Belastung nicht statisch vollzogen wird, sondern durch ein Fallgewicht. Dadurch ist kein Gegengewicht (Belastungsfahrzeug) nötig, was diese Art des Plattendruckversuches schneller umsetzbar macht und auch bei beengten Platzverhältnissen ermöglicht. Es gibt keine Regelung in den ÖNORMEN zu dem dynamischen Versuch. Die Kenngröße ist ein dynamisches Verformungsmodul. Das Verhältnis zwischen statischem und dynamischem Verformungsmodul ist für die unterschiedlichen Bodenarten aus Versuchen bekannt, die Umrechnung des dynamischen Verformungsmoduls auf das statische ist demnach möglich.

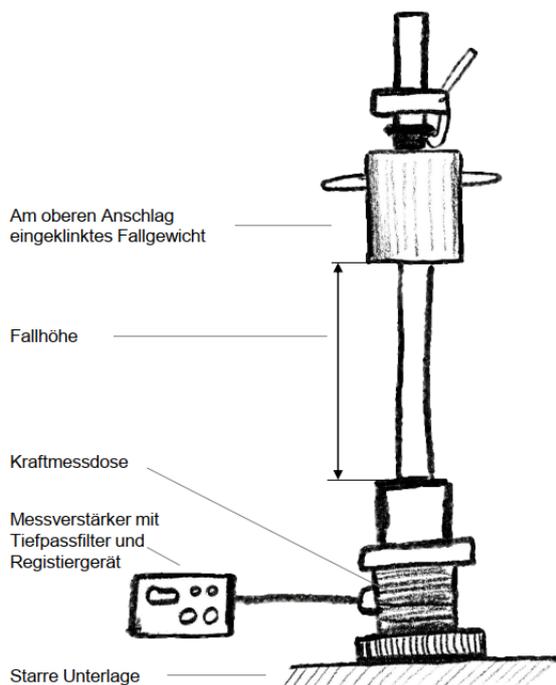
Die Prüftiefe der dynamischen Lastplatte mit dem leichten Fallgewichtsgesetz ist der Plattendurchmesser, welcher zumeist 30 cm erfasst. Das Fallgewichtgerät besteht aus

einer kreisförmigen Lastplatte, welche mit Messeinrichtungen zum Erfassen der Setzung ausgestattet ist, sowie mit der Belastungsvorrichtung, welche aus einem Fallgewicht mit Führungsrohr und abfangendem Federelement besteht (FSV, 2008).

Laut HIEMESCH und IGEWA GmbH (o.J.) liegt der Einsatzbereich des dynamischen Lastplattenversuchs bei gemischtkörnigem Boden.

Wie Abbildung 4 darstellt, setzt sich die Vorrichtung des leichten Fallgewichtegeräts zusammen aus:

- Stahlplatte als Lastplatte
- Messeinrichtungen auf Lastplatte
- Fallvorrichtung



**Abbildung 4: Dynamischer Plattendruckversuch. Olesko 2021 nach HOBRAUCHT 2014**

Die Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS) beschreiben in ‚Verdichtungsnachweis mittels dynamischen Lastplattenversuches‘ (FSV, 2008) den Anwendungsprozess des leichten Fallgewichtegeräts. Die Ausführung und die Voraussetzungen des Versuchsverfahrens werden erklärt. Unter anderem darf der Boden weder gefroren noch aufgeweicht sein, Steine größer als 9 cm gehören entfernt. Der Prüfpunkt soll möglichst eben sein, vor den ersten Versuchsstößen sind Vorbelastungsstöße auf den Prüfpunkt abzugeben.

Zur Berechnung des dynamischen Verformungsmoduls  $E_{vd}$  bildet das elektronische Messgerät den Mittelwert der drei Messstöße ( $s_{max}$ ) und errechnet den  $E_{vd}$  automatisch. Das Ergebnis des dynamischen Verformungsmoduls  $E_{vd}$  wird in  $MN/m^2$  angegeben.

Das leichte Fallgewichtegerät des IBLB ist vom Herstellers Zorn. Bei den Versuchen darauf zu achten, die Führungsschiene vertikal auszurichten.

### 3.1.2 Methoden zur Untersuchung der Baumpflanzungen

Der urbane Kontext im Stadtgefüge hat spezifische Anforderungen an die städtische Vegetation. Nachfolgend werden einzelne Parameter und die gewählte Untersuchungsmethode näher erklärt. Zudem wird bei jeder Kenngröße der genaue Hergang der Untersuchungsdurchführung erklärt, Aufnahmebögen befinden sich im Anhang, Kapitel 15.

#### Gehölz-Grunddaten

Die zu erhebenden Grundparameter lehnen sich in ihrer Zusammenstellung an die (FLL, 2020) und die ÖNORM L 1122: 2011 08 01 - Baumkontrolle und Baumpflege.

##### *Baumnummer*

Zu Beginn des Monitorings 2018 wurde jedem Baum eine Nummer innerhalb seines Standortes zugeteilt. Durch diese Nummer in Kombination mit dem Standort kann jedes Gehölz eindeutig identifiziert werden.

##### *Standort*

Zur Ermittlung des Standortes der Einzelbäume wird der Straßenname angegeben. Angrenzende Flächen, Gebäude und Verkehrsinfrastruktur sowie die Nutzung des zuvor genannten ist durch planliche Darstellung festgehalten, wodurch der genaue Standort definiert werden kann.

##### *Baumbezeichnung*

Die Bezeichnung des Baumes setzt sich aus der deutschen und lateinischen Nomenklatur zusammen. Wie diese es vorsieht, wird die Bestimmung der Gattung, Art und wenn möglich, die Sorte des Baumes vorgenommen.

Beispiel: Gemeine Esche / *Fraxinus excelsior* ‚Altena‘

Deutsche Bezeichnung / *Gattungsname* *Artenname* ‚Sortenname‘

##### *Stammumfang*

Der Stammumfang wird mithilfe eines flexiblen Maßbandes in einem Meter Höhe des Baumstammes gemessen. Um den jährlichen Zuwachs zu ermitteln, erfolgt die Messung zweimal im Jahr, diese wird in Zentimeter angegeben.

##### *Stammdurchmesser*

Der Durchmesser des Baumstammes wird mithilfe einer Messkluppe auf einem Meter Höhe gemessen. Spezifikationen dazu befinden sich in den jeweiligen Standortbeschreibungen. Der Stammdurchmesser wird zweimal im Jahr erhoben und in Zentimeter angegeben. Mit der Messung soll das jährliche Dickenwachstum des Stammes festgestellt werden.

##### *Baumhöhe*

Die Baumhöhe bemisst sich aus der Distanz in Meter vom Stammfuß bis zum höchstgelegenen Ast der Baumkrone. Die verwendeten Geräte sind der Vertex III und

Transponder T3, welche das IBLB mitsamt Bedienungsanleitung zur Verfügung stellt. Der Transponder wird auf 130 cm am Baumstamm angebracht/angehalten. Der Abstand von der messenden Person wird mit 10 m definiert. Nachdem der Abstand eingenommen wird, kann der Transponder mit dem Vertex anvisiert werden. Danach erfolgt die Anvisierung des höchsten Punkt des Baumes. Der Vertex berechnet die Baumhöhe und gibt sie in Metereinheiten am Display wieder. Zweimal im Jahr werden die Messungen in unbelaubten Zustand vorgenommen.

#### *Kronendurchmesser*

Mithilfe von zwei ausgefahrenen Teleskopnivellierlatten werden die äußeren Äste der Krone angepeilt. Der gemessene Abstand ergibt den Kronendurchmesser in Meter. Spezifische Ausrichtungen der Messungen werden bei dem jeweiligen Standort angeführt. Die Messung erfolgt zweimal im Jahr.

#### **Triebblängenwachstum**

Das Triebblängenwachstum ist ein ausschlaggebender Faktor, weshalb die Bewertung der Kronenstruktur zur Vitalitätsbestimmung geeignet ist. Gerade unter Hitzestress werden anstatt Langtrieben hauptsächlich Kurztriebe ausgebildet, was zu einer Veränderung in der Verzweigung und somit der Kronenstruktur führt (Roloff, 2013).

Die Messungen zum Triebblängenwachstum erfolgen einmal jährlich an fünf Zweigen unterschiedlicher Exposition im oberen Drittel der Baumkrone. Dazu werden mithilfe eines mobilen Gerüsts Messungen mit einem flexiblen Maßband in Zentimeter vorgenommen.

#### **Eigenschaften und Schäden**

Bei visuellem Monitoring vor Ort können die Eigenschaften und Schäden der Bäume beurteilt werden. Dazu wurden angelehnt an die ÖNORM L 1122:2011 und der FLL (2010a) Aufnahmebögen für die jeweiligen Bereiche Krone, Stamm und Wurzel erstellt, um feststellbare Schäden oder spezifische Merkmale festzuhalten. Die visuelle Kontrolle wird einmal monatlich über einen Zeitraum von neun Monaten während der Vegetationsperiode vorgenommen.

#### *Krone*

Die Krone bildet sich aus allen Baumteilen oberhalb des Stammkopfes. Eigenschaften und Schädigungen, welche sich auf die Vitalität des Gehölzes auswirken können, werden bei jedem Einzelbaum überprüft. Die während des ersten Versuchsjahres 2018 erstellte Liste der Eigenschaften und Schädigungen wurde aufgrund der Erfahrungswerte für 2019 adaptiert und enthält folgende Variablen:

- Abgestorbene Triebspitzen
- Astbruch
- Asymmetrischer Wuchs
- Aufgeplatzte Rinde/Risse
- Blattchlorosen
- Blattnekrosen
- Dürholz
- Einschnürungen
- Faulstelle
- Morschung
- Pilzfruchtkörper
- Schädling
- Spitzendürre
- Totholz
- Wülste/Wucherungen
- Wunde/Schnittstellen

#### *Stamm*

Bei der Hauptachse des Baumes zwischen Stammfuß und Kronenansatz, wie die ÖNORM L 1122 (2011) den Stamm definiert, werden bei der monatlichen Sichtkontrolle folgende Eigenschaften und Schädigungen überprüft:

- Abplatzung des Stammanstriches [cm]
- Anfahrschäden
- Aufgeplatzte Rinde/Risse
- Drehwuchs
- Fäule
- Große Wunde/Schnittstelle
- Harzfluss
- Höhlungen
- Morschung
- Neigung
- Pilzfruchtkörper
- Schädlinge
- Spechtloch
- Stammaustriebe
- Stammwucherungen/Wülste

## *Wurzel*

Wurzeln dienen der Pflanze als Verankerung im Boden/Substrat und sind vorwiegend unter der Oberfläche ebendieser zu finden (ÖNORM L 1122, 2011). Die zu untersuchenden Eigenschaften und Schädigungen dieses Pflanzenteils befassen sich mit jenen Kennzeichen, welche ohne mechanische Hilfsmittel feststellbar sind.

- Aufgrabung
- Adventivwurzel
- Bodenabtrag/-auftrag
- Bodenrisse/Anhebungen
- Fäule
- Freiliegende Wurzel
- Höhlung
- Morschung
- Pilzfruchtkörper
- Stockaustrieb
- Würgewurzel

## **Salzgehalt**

Zur Untersuchung des Salzgehaltes (NaCl) in der Blattmasse der Gehölze wird von jedem Baum eine Blattprobe geworben, dies erfolgt im Mai. Der Umfang der Blattproben umfasst mehrere Blätter von unterschiedlichen Stellen des Baumes, in jedem Fall in ausreichenden Mengen, um 2 g Blattmasse sicherzustellen. Die gewonnenen Blattproben werden anschließend am Institut für ökologischen Waldbau an der Universität für Bodenkultur Wien einer Untersuchung zur Bestimmung des NaCl-Gehaltes unterzogen. Dazu werden Präparate von 2 g Blattmasse auf 40 ml deionisiertes Wasser pro Einzelbaum erstellt. Nach einer Behandlung in einer Zentrifuge und dem Abfiltern der Grobstoffe wird die gewonnenen Lösungen hinsichtlich ihres Natrium- sowie ihres Chloridgehalts überprüft.

## **Vitalität**

Roloff beschreibt im Jahrbuch der Baumpflege 2015 (Dujesiefken, 2015) ein zwischenstufenloses System von 0-4. Diese Vitalitätsstufen wurden für das SAVE Monitoring angepasst und mit Zwischenstufen versehen. Die im Versuch angewandten Stufen inklusive der Adaption werden in Tabelle 2 dargestellt.

**Tabelle 2: Vitalitätsstufen angepasst nach Vorbild Roloff, Olesko 2019 nach Lübke 2019**

<b>Vitalitätsstufe</b>	<b>Beschreibung</b>
0	Vollkommen vitale, unbeschädigte Laubbäume
0-1	Vitale, unbeschädigte Laubbäume
1	Bäume mit geringfügig verminderter Vitalität
1-2	Bäume mit geringfügiger Vitalität
2	Bäume mit deutlich verminderter Vitalität
2-3	Bäume mit erheblich verminderter Vitalität
3	Geschädigte Bäume mit stark verminderter Vitalität
3-4	Stark geschädigte Bäume mit stark verminderter Vitalität
4	Abgestorbene Bäume mit keiner erkennbaren Vitalität

### **Verzweigungsgrad**

Die Entwicklung der Verzweigung wird einmal jährlich aufgenommen. Dazu wurde der mit Beginn des Versuches 2018 ausgewählte und gekennzeichnete Ast identifiziert und die Verzweigungen ersten bis fünften Grad jeweils abgezählt und notiert. Über die gesamte Versuchsdauer lässt sich somit die Verzweigungsentwicklung als Anzeichen der Vitalität des Baumes feststellen.

### **LAI–Leaf Area Index**

Der Blattflächenindex, mit der gängigen Bezeichnung Leaf Area Index (LAI) wurde erstmals von Watson (1947) beschrieben als Blattfläche pro Bodenoberfläche. Als Berechnungsmethode hat sich das Halbieren der totalen Blattfläche pro Bodenfläche nach Lang (1986) sowie Chen (1991) etabliert.

Die Aufnahmen zur Bestimmung des Blattflächenindex wurden mit einer Drohne der Art Parrot Bebop 2 ausgeführt. Diese wird einmal jährlich über die vollbelaubte Krone jedes Baumes gesteuert. Wenn es wegen dem unzureichenden Kontrast der Krone zum Untergrund nötig ist, wird zur Vorbereitung ein weißes Flies unter die gesamte Kronenfläche gelegt, bevor eine Aufnahme mit einem Fischaugenobjektiv gemacht wird. Die entstandenen Bilder werden mit der Software „Hemisfere“ ausgewertet. Innerhalb des Programmes wird die Methode von Lang (1986) mit der Klumpfeffekt-Korrektur von Chen und Cihlar (1995) ausgewählt.

### **Laubaustrieb/Laubabwurf**

Die individuellen Zeitpunkte zum Laubaustrieb und -abwurf werden während der gesamten Projektdauer von drei Jahren beobachtet und als Kalenderwoche notiert.

## **Thermografische Stressermittlung**

Im Zuge der Forschungsarbeit wird die thermografische Stressermittlung mittels Infrarot-Wärmebildkamera abgewickelt. Aus einer Entfernung, die es zulässt den gesamten Baum aufzunehmen, werden die Einzelpflanzen mit der Kamera anvisiert. Durch Betätigung des Auslöseknopfes wird ein Abbild der thermischen Situation erstellt. Die Wärmebildkamera wird jeweils einmal im Frühjahr und einmal während einer sommerlichen Hitzestress-Situation eingesetzt.

### **3.1.3 Methoden zur Untersuchung der Ansaaten**

Krautige Vegetation unterscheidet sich in Qualität und Anforderungen von holziger Vegetation. Aus diesem Grund werden andere Parameter und Untersuchungsmethoden gewählt, die nachfolgend näher erklärt werden. Um die Wiederholbarkeit des Versuches zu gewährleisten, wird auf die praktische Anwendung der Methoden eingegangen, genauere Darstellungen können in Kapitel 3.2.6 gefunden werden. Aufnahmebögen befinden sich im Anhang, Kapitel 15.

#### **Bonitur**

Die Bonitur-Anleitung des Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau VT-Team (2012) wurde zur Erstellung des Versuchsablauf und der Parameter für die monatliche Sichtung herangezogen. Für das Monitoring in der Vegetationsperiode 2019 der Ansaatenversuche des SAVE-Projektes wurden daher die folgend erklärten Parameter und Methoden angewendet. Bei visuell aufgenommenen Daten werden diese von jeweils zwei Personen erhoben. Abweichenden Ergebnissen werden diskutiert und festgelegt.

##### *Vitalität*

Je Substratvariante und Ansaatmischung wird eine von fünf Vitalitätsstufen vergeben. Zur Beurteilung der Vitalität wird stets die gesamte Versuchsfläche der spezifischen Ansaat-/Substratvariante hinsichtlich der Wüchsigkeit, Farblichkeit und Zustand der Vegetation betrachtet. Die Vitalitätsstufen ergeben sich wie folgt:

- Vitalitätsstufe 1: üppig
- Vitalitätsstufe 2: wüchsig
- Vitalitätsstufe 3: durchschnittlich
- Vitalitätsstufe 4: kümmerlich
- Vitalitätsstufe 5: teilweise abgestorben

##### *Deckungsgrad*

Der Deckungsgrad wird in Prozent pro Substratvariante und Ansaatmischung angegeben. Dieser stellt den prozentuellen Anteil der Vegetation in ihrer Projektion auf den Boden im Verhältnis zur Aufnahmefläche dar. Die Schätzwerte werden von zwei Personen in fünf Prozent Schritten abgegeben, wobei 0 % fehlende oder sehr kümmerliche Vegetation bedeuten, 100 % eine lückenlose Deckung der Versuchsfläche.

### *Gräser-Kräuter Verhältnis*

Die prozentuelle Verteilung von Pflanzenarten je Versuchsfläche wird durch das Gräser-Kräuter Verhältnis ermittelt. Die Vegetation auf der Versuchsfläche wird in fünf Prozent Schritten in einem Verhältnis eingeteilt, welches 100 % in seiner Gesamtheit ergibt.

Als Beispiel: 70 % Gräser – 30 % Kräuter

### *Infloreszenz*

Durch die artspezifisch hervorgebrachten Blüten wird die Infloreszenz angesprochen, welche das Vermögen der Art ist, sich zu vermehren (Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau VT-Team, 2012). Die Infloreszenzstufen werden, angelehnt an die Bonitur-Anleitung des VT-Teams, ausgeführt:

- Infloreszenzstufe 1: viele Blüten (>20 Blüten)
- Infloreszenzstufe 2: zahlreiche Blüten (11 bis 20)
- Infloreszenzstufe 3: wenige Blüten (4 bis 10)
- Infloreszenzstufe 4: einzelne bis rare Blüten (1 bis 3)
- Infloreszenzstufe 5: keine Blüten (0)

### *Wuchshöhe*

Um Aufschluss über das Wachstumsverhalten der einzelnen Pflanzenarten und der Pflanzengesellschaft zu erhalten, wird die Wuchshöhe in Zentimeter gemessen. Dazu wird eine Schnur diagonal über die Versuchsfläche gespannt. An der Schnur sind zwölf Punkte so verteilt, dass jeweils ungefähr gleich viele Punkte an jeder Muldenseitenfläche sowie Muldensohle vorhanden sind. Die Schnur wird bei jeder Bonitur gleich gespannt, diese erfolgt einmal im Monat. An den Messpunkten werden die Pflanzenart sowie die ermittelte Höhe erfasst.

### **Frequenzaufnahme**

Die Frequenzaufnahme ist eine einmalig durchzuführende Untersuchungsmethode, bei der die Zusammensetzung der Pflanzenarten der Ansaatmischung sowie deren Wuchshöhe eruiert werden.

Als Hilfsmittel für diese Erhebung dient ein Frequenzrahmen mit den Maßen 30 x 100 cm. Ein Drahraster unterteilt ihn in Quadrate von 10 x 10 cm. Um jeden Punkt eindeutig zuordenbar zu machen, ist die Breitseite mit Buchstaben und die Längsseite mit Zahlen beschriftet. Mit diesem Frequenzrahmen wird pro Substratvariante und Ansaatmischung ein 30 cm breiter Abschnitt über die gesamte Breite der Sickersmulde aufgenommen. Der Rahmen kann mit höhenverstellbaren Füßen an die Höhenmodellierung der Mulde angepasst werden. Die Messung erfolgt als mittiger Schnitt durch die Breite der Ansaatmischungen, wobei auf eine gerade Führungslinie zu achten ist. Für die Datenaufnahme wird von jedem Gitterpunkt senkrecht nach unten gemessen, die höchste Pflanzenart wird bestimmt und mit der Wuchshöhe zu dem jeweiligen Gitterpunkt notiert.

## **Biomasseerhebung**

Die Biomasseerhebung soll Auskunft über das Pflanzenvolumen der Ansaatmischung Blumenrasen (BR) in den unterschiedlichen Substratvarianten geben. Im Rahmen des Monitorings werden jeweils die straßenseitige Böschung, die Muldensohle und die der Straße gegenüberliegenden Böschung separat erhoben. Durch diese Vorgehensweise werden die unterschiedlichen Entwicklungen hinsichtlich des Abstands zur Straße sowie Exponierung berücksichtigt. Die Biomasse werden in unterschiedlichen Größenabschnitten erhoben, (siehe Erhebungsbogen Kapitel 15 Anhang) separat in beschriftete Papiersäcke gefüllt und nach der Mahd im Labor frisch gewogen. Anschließend wird das Mähgut im Trockenschrank bei ca. 75° C zwei Wochen getrocknet. Die Trockenmasse wird erneut gewogen und das Gewicht notiert. Die Differenz gibt Aufschluss über den Wassergehalt der Biomasse. Wird die Biomasse mit Papiersack gewogen, muss darauf geachtet werden, ein Nettogewicht ohne Papiersack für die Berechnungen anzugeben.

Die Ansaatmischungen sollen eine möglichst hohe Dichte bei wenigen Pflegegängen erreichen. Dazu erfolgt die Mahd in unterschiedlichen Intervallen:

- Standardrasenmischung: 5-7 x jährlich
- Blumenrasen: 3-5 x jährlich
- Blumenwiese: 1-2 x jährlich

## **Thermografische Stressermittlung**

Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, erfolgt bei den Ansaaten ebenfalls die thermografische Stressermittlung.

## **3.2 Material**

Die Untersuchungsobjekte setzen sich aus Substratvarianten und Vegetation zusammen. Es folgt eine Übersicht der verwendeten Materialien, bestehend aus Substratmischungen und Pflanzungen. Danach wird die Verortung der Versuchsstandorte innerhalb von Wien dargestellt. Bei der Beschreibung der einzelnen Standorte wird auf die Charakteristika und den Versuchsaufbau je Standort sowie der zeitlichen und speziellen Anwendung der Untersuchungsmethoden eingegangen.

### **3.2.1 Materialübersicht**

Die Materialübersicht umfasst die gesamten verwendeten Substrate und Vegetation, welche in Form von Gehölzpflanzungen sowie Ansaaten eingebaut ist. Die Aufzählung der eingebauten Substratvarianten mit den verwendeten Nummerierungen. Die Anzahl und Arten der Gehölze sind ebenso aufgelistet wie die Einzelbestandteile der Ansaatmischungen mit Angaben zu den Masseprozentverhältnissen.

## Substrate

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden 16 unterschiedliche Kombinationen der 15 Einzelsubstrate angewendet. Tabelle 3 lassen sich die Art und individuelle Nummer der Zusammenstellung entnehmen.

**Tabelle 3: Übersicht der Substratvarianten 2019, Olesko 2020 nach Lübke 2019**

<b>Varianten-Nr.</b>	<b>Substratvarianten</b>	<b>Abkürzungen</b>
Variante 1 = 2	Oberboden + anstehender Boden	Oberboden/a.B
Variante 3	Wiener Baums substrat Unterbausubstrat + Wiener Baums substrat Oberbausubstrat (Ansaaten)	WBS. O/WBS. U
Variante 4	SAVE Pflanzsubstrat Perlit + anstehender Boden	SaPf.-Perlit/a.B.
Variante 5	SAVE Pflanzsubstrat Zeolith + anstehender Boden	SaPf.-Zeolith/a.B.
Variante 6	SAVE Pflanzsubstrat Kombi + anstehender Boden	SaPf.-Kombi/a.B.
Variante 7	SAVE Pflanzsubstrat Kalk + anstehender Boden	SaPf.-Kalk/a.B.
Variante 8	SAVE Pflanzsubstrat Perlit + SAVE Speichersubstrat	SaPf.-Perlit/SaSp.
Variante 9	SAVE Pflanzsubstrat Zeolith + SAVE Speichersubstrat	SaPf.-Zeolith/SaSp.
Variante 10	SAVE Pflanzsubstrat Kombi + SAVE Speichersubstrat	SaPf.-Kombi/SaSp
Variante 11	SAVE Pflanzsubstrat Kalk + SAVE Speichersubstrat	SaPf.-Kalk/SaSp.
Variante 12	Wiener Baums substrat Unterbausubstrat + Wiener Baums substrat Oberbausubstrat (Gehölze)	WBS. O./WBS. U.
Variante 13	SAVE Baums substrat 2 Oberbausubstrat + SAVE Baums substrat 2 Unterbausubstrat	SBS. 2.O./SBS. 2.U.
Variante 14	SAVE Baums substrat 2 Oberbausubstrat + SAVE Baums substrat 1 Unterbausubstrat	SBS. 2.O./SBS. 1.U.
Variante 15	SAVE Baums substrat 1 Oberbausubstrat + SAVE Baums substrat 2 Unterbausubstrat	SBS. 1.O./SBS. 2.U.
Variante 16	SAVE Baums substrat 1 Oberbausubstrat + SAVE Baums substrat 1 Unterbausubstrat	SBS. 1.O. SBS. 1.U.

## Baumpflanzungen

Die verwendeten Gehölzarten bei den Baumpflanzungen an den Versuchsstandorten können Tabelle 4 entnommen werden.

Tabelle 4: Übersicht der gepflanzten Gehölzarten 2019, Olesko 2020

Botanischer Name	Deutscher Name	Anzahl
<i>Celtis australis</i>	Mittelmeer-Zürgelbaum	17
<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	Zierbirne	2
<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	Feldahorn	2
<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	Esche	2
<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	Ulme	2
<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	Lederhülsenbaum	2

## Ansaaten

Ein Standort des Versuches wurde mit Ansaatmischungen begrünt. Dazu wurde der Standardrasen der Stadt Wien (S), der BOKU Blumenrasen (R/BR) sowie die BOKU Blumenwiese (W/BW) verwendet. Die enthaltenen Arten mit Masseprozentanteil der Samen in den jeweiligen Ansaatenmischungen sind in Tabelle 5, Tabelle 6 und Tabelle 7 angegeben.

Tabelle 5: Ansaatmischung Standardrasen 2019, Olesko 2020 nach Lübke 2019

Standardrasen	Masseprozent
<b>Gräser</b>	<b>100 %</b>
<i>Festuca rubra</i>	5 %
<i>Lolium perenne</i>	50 %
<i>Poa pratensis</i>	45 %

Tabelle 6: Ansaatmischung Blumenrasen 2019, Olesko 2020 nach Schmidl 2002

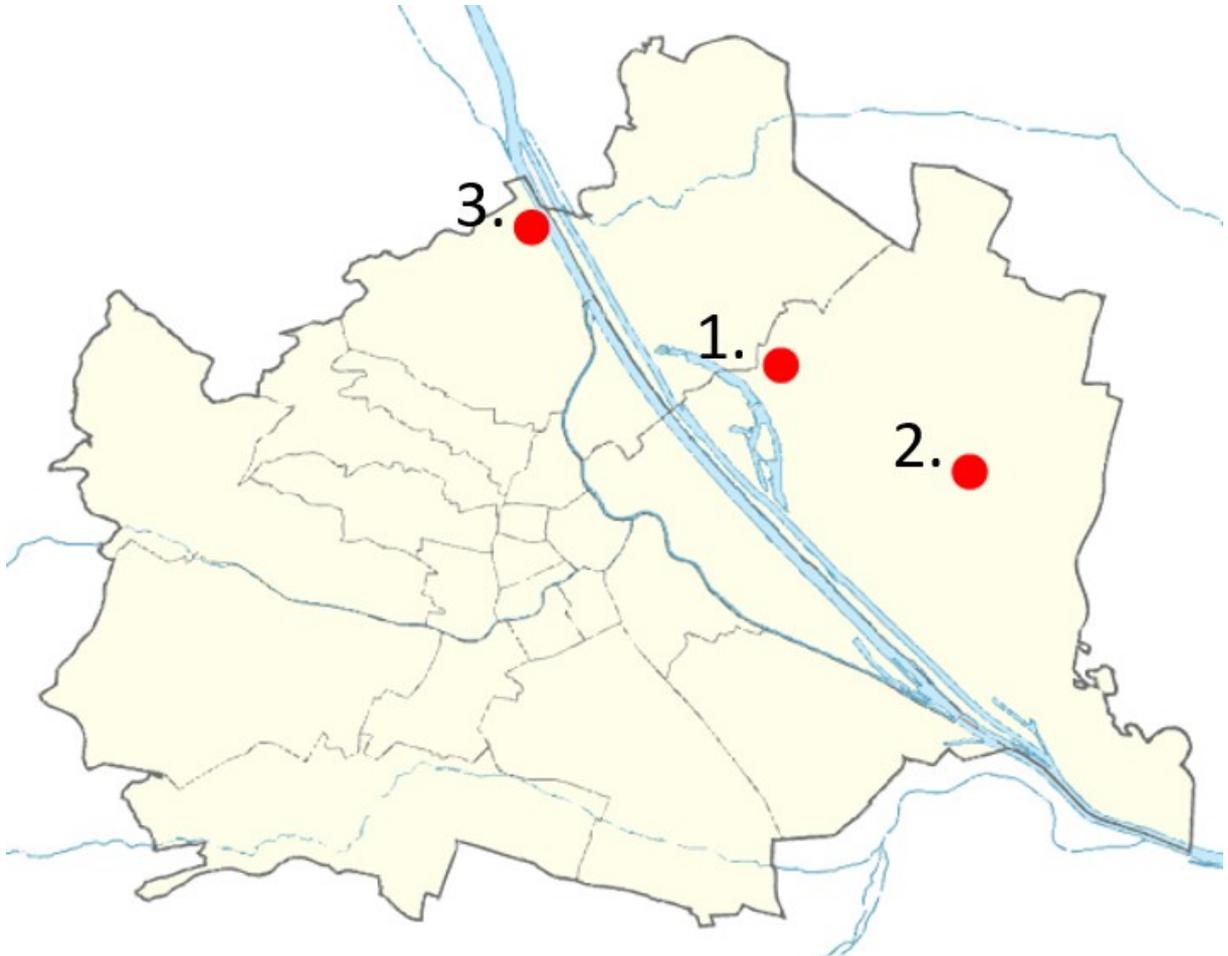
<b>Blumenrasen-Mischung</b>	<b>Masseprozent</b>	<b>Blumenrasen-Mischung</b>	<b>Masseprozent</b>
<b>Gräser</b>	<b>80 %</b>	<b>Kräuter</b>	<b>15 %</b>
<i>Agrostis capillaris</i>	5 %	<i>Achillea millefolium</i>	2 %
<i>Cynodon dactylon</i>	5 %	<i>Ajuga reptans</i>	0,5 %
<i>Cynosurus cristatus</i>	5 %	<i>Anthemis nobilis</i>	1 %
<i>Festuca arundinacea</i>	5 %	<i>Bellis perennis</i>	0,5 %
<i>Festuca questfalica</i>	10 %	<i>Centaurea jacea</i>	0,75 %
<i>Festuca nigrescens</i>	10 %	<i>Galium album</i>	0,5 %
<i>Festuca ovina duriuscula</i>	10 %	<i>Leontodon autumnalis</i>	0,5 %
<i>Festuca rubra</i>	5 %	<i>Leontodon hispidus</i>	0,5 %
<i>Festuca rubra trichophylla</i>	5 %	<i>Leucanthemum vulgare</i>	1 %
<i>Lolium perenne</i>	5 %	<i>Petrorhagia saxifraga</i>	0,5 %
<i>Poa compressa</i>	5 %	<i>Pimpinella saxifraga</i>	1 %
<i>Poa pratensis</i>	10 %	<i>Plantago media</i>	0,5 %
<b>Leguminosen</b>	<b>5 %</b>	<i>Potentilla verna</i>	0,5 %
<i>Lotus corniculatus</i>	1,5 %	<i>Prunella vulgaris</i>	0,75 %
<i>Medicago lupulina</i>	3 %	<i>Salvia nemoralis</i>	1 %
<i>Trifolium repens</i>	0,5 %	<i>Sanguisorba minor</i>	1,5 %
		<i>Silene vulgaris</i>	0,5 %
		<i>Thymus pulegioides</i>	1 %
		<i>Veronica chamaedrys</i>	0,5 %

Tabelle 7: Ansaatmischung Blumenwiese 2019, Olesko 2020 nach Schmidl 2002

Blumenwiese-Mischung	Masseprozent	Blumenwiese-Mischung	Masseprozent
<b>Gräser</b>	<b>76 %</b>	<b>Kräuter</b>	<b>18 %</b>
<i>Agrostis capillaris</i>	5 %	<i>Achillea millefolium</i>	1 %
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	5 %	<i>Agrostemma githago</i>	0,5 %
<i>Bromus erectus</i>	7 %	<i>Ajuga reptans</i>	0,5 %
<i>Cynosurus cristatus</i>	5 %	<i>Anthemis nobilis</i>	0,5 %
<i>Dactylis glomerata</i>	5 %	<i>Anthemis tinctoria</i>	0,5 %
<i>Festuca arundinacea</i>	7 %	<i>Bellis perennis</i>	0,5 %
<i>Festuca guestfalica</i>	5 %	<i>Calendula officinalis</i>	0,5 %
<i>Festuca nigrescens</i>	5 %	<i>Campanula patula</i>	0,5 %
<i>Festuca pratensis</i>	7 %	<i>Carum carvi</i>	0,5 %
<i>Festuca rubra</i>	5 %	<i>Centaurea cyanus</i>	0,5 %
<i>Festuca rubra trichophylla</i>	5 %	<i>Centaurea jacea</i>	0,5 %
<i>Lolium perenne</i>	5 %	<i>Cichorium intybus</i>	0,5 %
<i>Poa pratensis</i>	10 %	<i>Daucus carota</i>	0,5 %
<b>Leguminosen</b>	<b>6 %</b>	<i>Dianthus deltoides</i>	0,5 %
<i>Anthyllis vulneraria</i>	1 %	<i>Galium album</i>	0,5 %
<i>Lotus corniculatus</i>	1 %	<i>Knautia arvensis</i>	0,5 %
<i>Medicago lupulina</i>	1,5 %	<i>Leontodon autumnalis</i>	0,5 %
<i>Onobrychis viciifolia</i>	1 %	<i>Leontodon hispidus</i>	0,5 %
<i>Trifolium pratense</i>	0,5 %	<i>Leucanthemum vulgare</i>	0,5 %
<i>Vicia villosa</i>	1 %	<i>Lychnis flos cuculi</i>	0,5 %
		<i>Lychnis viscaria</i>	0,5 %
		<i>Matricaria chamomilla</i>	0,5 %
		<i>Papaver rhoeas</i>	0,5 %
		<i>Petrorhagia saxifraga</i>	0,5 %
		<i>Phacelia tanacetifolia</i>	0,5 %
		<i>Pimpinella saxifraga</i>	0,5 %
		<i>Plantago lanceolata</i>	0,5 %
		<i>Potentilla verna</i>	0,5 %
		<i>Prunella vulgaris</i>	0,5 %
		<i>Salvia nemoralis</i>	0,5 %
		<i>Sanguisorba minor</i>	1 %
		<i>Silene vulgaris</i>	0,5 %
		<i>Thymus pulegioides</i>	0,5 %
		<i>Veronica chamaedrys</i>	0,5 %

### 3.2.2 Verortung

Die Versuchsflächen des SAVE Projekts liegen unterschiedlichen Wiener Gemeindebezirken im 22. Bezirk, Attemsgasse und Edith-Piaf-Straße, sowie im 19. Bezirk, der Kuchelauer Hafestraße (Abbildung 5).



**Abbildung 5: Verortung der SAVE-Versuchsflächen in alphabetischer Reihenfolge. Olesko 2019 nach Rosso 2012**

1. Attemsgasse. Hier werden vier Baumscheiben mit Pflanzung gemonitort.
2. Edith-Piaf-Straße. Es werden zwölf Baumpflanzungen in zwei Sickermulden erfasst.
3. Kuchelauer Hafestraße. Dieser Standort setzt sich aus Baumpflanzungen in Sickermulde 8 (SM 8) sowie Ansaatflächen in Sickermulde 4 (SM 4) zusammen.

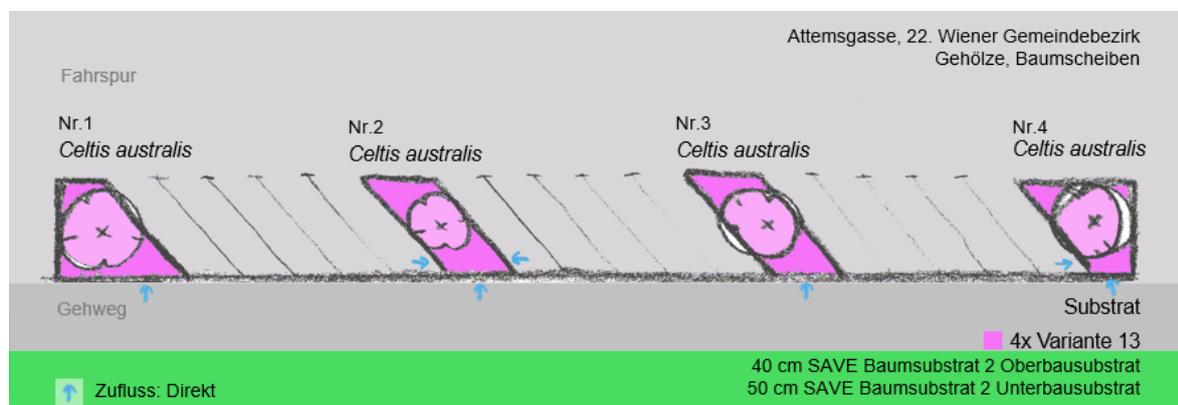
Die einzelnen Standorte sind charakterisiert durch ihre urbane Heterogenität. In Tabelle 8 werden die unterschiedlichen Ausprägungen der Standorte aufgelistet.

**Tabelle 8: Übersicht der Versuchsstandorte und deren Aufbau 2019, Olesko 2020**

Nr.	Name	Standort	Substratvarianten [n]	Vegetation [n]	Wasserzufluss
1	Attemsgasse	Baumscheiben	1	1 Baumart á 4 Pflanzungen	Direkt von Straße/ Ohne Zufluss
2	Edith-Piaf-Straße	Sickermulden	2	6 Baumarten á 2 Pflanzungen	Duales System
3	Kuchelauer Hafenstraße	Sickermulden	SM 8: 5 SM 4: 10	SM 8: 1 Baumart á 11 Pflanzungen SM 4: 3 Ansaaten je Fläche (11)	Direkt von Straße

### 3.2.3 Standort Attemsgasse

Die Sickerflächen in der Attemsgasse im 22. Wiener Gemeindebezirk sind als Baumscheiben angelegt. Bei den vier Pflanzscheiben sind auf der ganzen Fläche Substratvariante 13 - SAVE Baums substrat Oberbausubstrat 2 + SAVE Baums substrat Unterbausubstrat 2 eingebaut. Die Aufbauhöhe des Unterbaus beträgt jeweils 50 cm, die des Oberbaus jeweils 40 cm, zusätzlich ist eine Schottermulchschicht mit etwa 10 cm Höhe aufgebracht. Baum 1 sowie Baum 3 befinden sich in Baumscheiben ohne Zuflussöffnung auf Parkplatzhöhe und erhalten so außer dem auftreffenden Regen nur Wasser, welches vom Gehweg auf die Baumscheiben einleitet. In der Schottermulchschicht dieser Standorte sind Kunststoffgitterwaben eingesetzt. Baum 2 als auch Baum 4 verfügen über zwei und einen Wasserzulauf, über welchen zusätzlich Verkehrswegewasser in die Baumscheibe einfließen kann. Bis Frühjahr 2020 ist Baum 2 mit zwei Zuläufen ausgestattet, der nördliche Zufluss wurde versiegelt. In Abbildung 6 wurden die Zuflüsse mit Pfeilen markiert. Die Pflanzungen in der Attemsgasse sind mit *Celtis australis* ausgeführt.



**Abbildung 6: Darstellung der Versuchsanordnung Attemsgasse 2019, Olesko 2020**

## **Infiltrationsmessungen**

Aufgrund der unterschiedlichen Einbauweisen der Baumscheiben in der Atemsgasse wird bei den Infiltrationsmessungen differenziert. So wird bei Baum 1 und Baum 3 jeweils eine Messung durchgeführt, platziert wird das Doppelring-Infiltrometer seitlich innerhalb der freigelegten Bereiche unter den ausgehobenen Schotterwaben. Das Substrat bei Baum 2 als auch Baum 4 wird jeweils zwei Mal vermessen, um die durchschnittliche Sickerfähigkeit des Substrates zu ermitteln. Dazu wird das Substrat unter der Mulchschicht im Bereich des Zuflusses, als auch in einem der Straße zugewandten Teil der Baumscheibe freigelegt. Nach vorheriger Ankündigung ist die Wasserzufuhr für diese sechs Messungen durch den Bildungscampus Atemsgasse gesichert.

## **Tragfähigkeit**

Die Tragfähigkeitsmessungen werden pro Baumscheibe ein bis zwei Mal am Substrat unter der Mulchschicht durchgeführt. Da Baum 1 an eine Einfahrt angrenzt, wird jeweils eine Messung im unbefahrenen Bereich sowie unter dem häufig befahrenden Teil durchgeführt. Die Baumscheiben der Bäume 2 und 4 wird ebenfalls zwei Mal getestet, einmal im Einzugsbereich des Zuflusses sowie einem weiteren freigelegten Bereich. Dieser soll nicht unter dem Einfluss des Zuflusses steht, da in diesem Bereich Einschlämmungen erwartet werden. Der Durchschnittswert aus beiden Messungen ergibt die durchschnittliche Tragfähigkeit des Substrates.

## **Spezifikationen bei der Aufnahme der Grunddaten der Gehölze**

Der Stammdurchmesser wird mit der Messkluppe auf 1 m Höhe parallel zur Straße aufgenommen.

Der Kronendurchmesser wird mithilfe zweier Teleskopnivellierlatten parallel zur Straße ermittelt. Dazu werden mit den ausgefahrenen Nivellierlatten die am weitest entfernten Astspitzen angepeilt, der Abstand zwischen den Latten wird vermessen.

Die Zeitpunkte der Messungen für die einzelnen Parameter sind in Tabelle 9 angegeben.

**Tabelle 9: Messintervalle der Parameter Attemsgasse 2019, Olesko 2021**

Messintervalle 03.-12. 2019	Standort									
	Attemsgasse									
	03.	04.	05.	06.	07.	08.	09.	10.	11.	12.
<b>Parameter Substrate</b>										
Infiltrationsmessung		x							x	
Dyn. Lastplattenversuch				x				x		
<b>Parameter Vegetation Gehölze</b>										
Grunddaten Gehölze		x							x	
Schäden Gehölze		x	x	x	x	x	x	x	x	
Vitalität		x	x	x	x	x	x	x	x	
Triebblängen									x	
Verzweigungsgrad									x	
Laubaustrieb/abwurf	x	x								x
Blattproben (Salzgehalt)			x							
LAI (Drohne)							x			
Wärmebildkamera				x		x				

### 3.2.4 Standort Edith-Piaf-Straße

In der Seestadt im 22. Wiener Gemeindebezirk wurden zwei Sickermulden mit Baumpflanzungen errichtet, siehe Abbildung 7. Insgesamt ist sechs Mal Substratvariante 13 - SAVE Baums substrat Oberbausubstrat 2 + SAVE Baums substrat Unterbausubstrat 2 und sechs Mal Variante 12 - Wiener Baums substrat Oberbausubstrat + Wiener Baums substrat Unterbausubstrat verwendet worden. Die Pflanzgruben sind mit 2 x 2 m ausgeführt, wobei die Einbauhöhe des Oberbausubstrates 40 cm beträgt, jene des Unterbausubstrates 50 cm. Für die sich abwechselnden Substratvarianten gilt der gleiche Aufbau. Die verbleibende Fläche der Sickermulde ist mit einer 30 cm hoch dimensionierten Bodenfilterpassage aus humosem Oberboden angelegt, welche mit der Standardrasenmischung der Stadt Wien begrünt ist. Der Zufluss in der Seestadt ist als Duales-System oder auch Wiener Modell aufgebaut, welches als zukunftsweisendes Pilotprojekt für urbanes Regenwassermanagement beforscht wird (Urban Innovation Vienna, o.J.). Dabei wird Oberflächenwasser zuerst in einen Auffang gespeichert, welches erst ab einer gewissen Menge über den Überlauf in die Sickermulde eingeleitet wird. Insgesamt wurden sechs Zuflüsse für beide Sickermulden eingebaut, welche in Abbildung 7 als Pfeile ersichtlich sind. Die zwölf gepflanzten Gehölze lassen sich in sechs Baumarten unterscheiden. Es ist jeweils eine Baumart in den zwei eingebauten Substratmischungen gepflanzt. Die südlichsten Baumpflanzungen mit den Nummern 1 und 2 wurden mit dem Gehölz *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' ausgeführt, es folgt zweimal *Acer campestre* 'Elsrijk', sowie *Fraxinus excelsior* 'Altena'. Nach dem Trenndamm wurden als Baum 7 und 8 jeweils eine *Ulmus* 'New Horizon' gepflanzt, danach befindet sich die *Gledithsia triacanthos* 'Skyline', während den Abschluss der Pflanzungen die Baumart *Celtis australis* bildet.

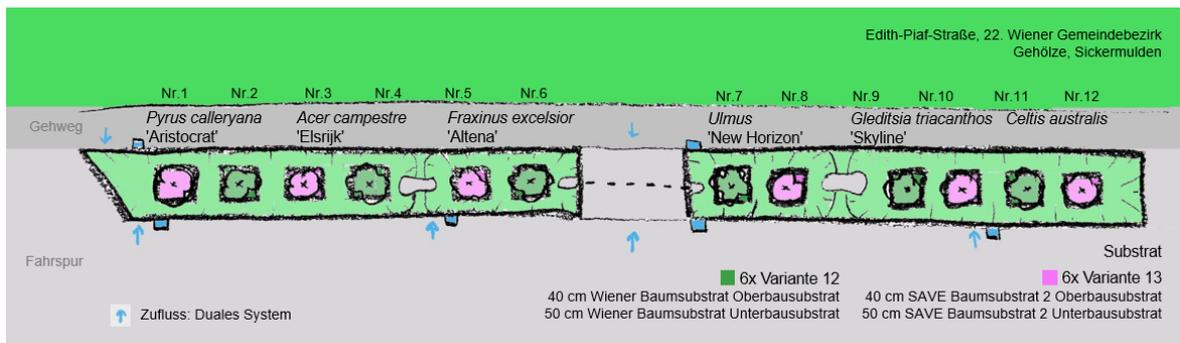


Abbildung 7: Darstellung der Versuchsanordnung Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 20202

## Infiltrationsmessungen

Die Infiltration in der Edith-Piaf-Straße wird einmal pro Pflanzgrube gemessen. Dazu wird das Doppelring-Infiltrometer auf der Seite der Straße platziert. Die Wasserentnahmestelle im Innenhof der Wien Works Werkstätten konnte nach mündlicher Vereinbarung mit dem Facility Manager der Anlage genutzt werden.

## Tragfähigkeit

Die dynamische Lastplatte wird in der Edith-Piaf-Straße einmal pro Pflanzgrube verwendet, an der Gehweg-orientierten Seite. Größere Steine sowie ausgeprägte Vegetation gehören für den erfolgreichen Versuch entfernt. Die Messpunkte für die Tragfähigkeit werden im Frühjahr und Herbst unterschiedlich gewählt.

## Spezifikationen bei der Aufnahme der Grunddaten der Gehölze

Der Stammdurchmesser wird mit der Messkluppe auf 1 m Höhe parallel zur Straße aufgenommen.

Der Kronendurchmesser wird mithilfe zweier Teleskopnivellierlatten parallel zur Straße ermittelt. Dazu werden mit den ausgefahrenen Nivellierlatten die am weitest entfernten Astspitzen angepeilt, der Abstand zwischen den Latten wird vermessen.

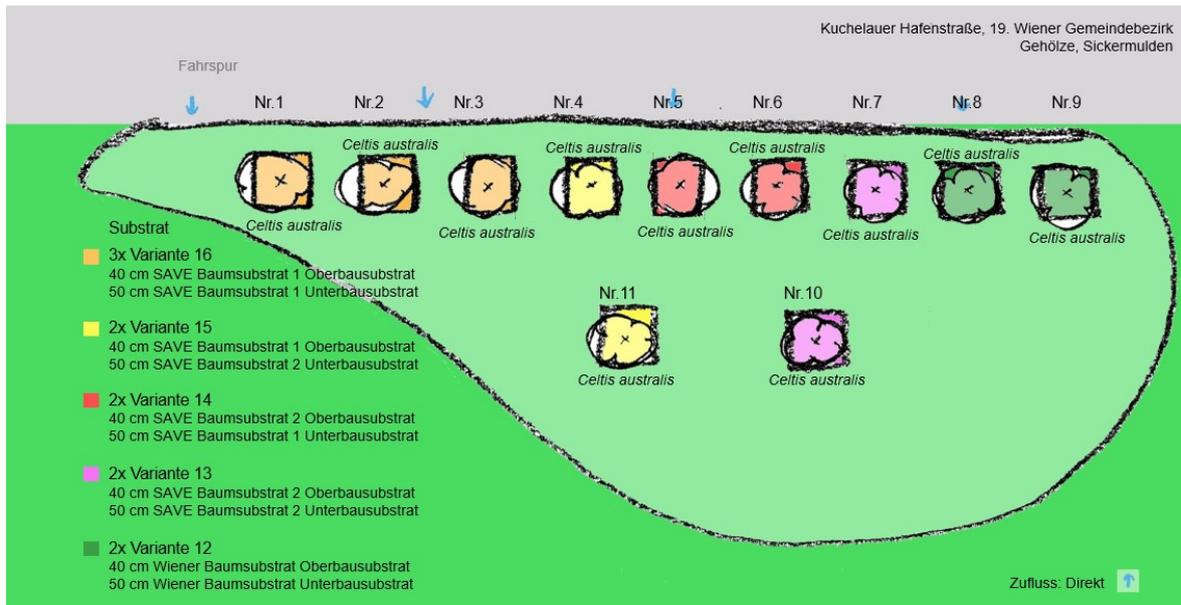
Die Zeitpunkte der Messungen für die einzelnen Parameter sind in Tabelle 10 angegeben.

**Tabelle 10: Messintervalle der Parameter Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2021**

Messintervalle 03.-12. 2019	Standort									
	Edith-Piaf Straße									
	03.	04.	05.	06.	07.	08.	09.	10.	11.	12.
<b>Parameter Substrate</b>										
Infiltrationsmessung		x							x	
Dyn. Lastplattenversuch		x							x	
<b>Parameter Vegetation Gehölze</b>										
Grunddaten Gehölze		x							x	
Schäden Gehölze		x	x	x	x	x	x	x	x	
Vitalität		x	x	x	x	x	x	x	x	
Triebblängen									x	
Verzweigungsgrad									x	
Laubaustrieb/abwurf	x	x								x
Blattproben (Salzgehalt)			x							
LAI (Drohne)							x			
Wärmebildkamera				x		x				

### 3.2.5 Standort Kuchelauer Hafen Sickermulde 8

In der Kuchelauer Hafenstraße befinden sich zwei Sickermulden. Bei der Sickermulde Nummer 8 sind fünf verschiedene Substrate in elf Pflanzgruben von jeweils ca. 2,5 x 2,5 m eingebracht, mit einem jeweiligen Unterbau von 50 cm und einem Oberbau von 40 cm. Eingebaut ist zwei Mal Substratvariante 12 - Wiener Baums substrat Oberbausubstrat + Wiener Baums substrat Unterbausubstrat, zwei Mal Variante 13 - SAVE Baums substrat Oberbausubstrat 2 + SAVE Baums substrat Unterbausubstrat 2, zwei Mal Variante 14 -SAVE Baums substrat 2 Oberbausubstrat + SAVE Baums substrat 1 Unterbausubstrat, zwei Mal Variante 15 - SAVE Baums substrat 1 Oberbausubstrat + SAVE Baums substrat 2 Unterbausubstrat und drei Mal Variante 16 - SAVE Baums substrat 1 Oberbausubstrat + SAVE Baums substrat 1 Unterbausubstrat, siehe Abbildung 8. Die Abtrennung zur Straße besteht aus abwechselnd auf Straßenniveau versenkten und erhöhten Randpflastersteinen, wodurch das Verkehrswegewasser direkt in die Sickermulde geleitet wird. Alle elf Baumscheiben sind mit Gehölzen der Art *Celtis australis* bepflanzt.



**Abbildung 8: Darstellung der Versuchsanordnung Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020**

### Infiltrationsmessungen

Mithilfe des Doppelring-Infiltrometer werden alle elf Pflanzbereiche der Sickermulde Nummer 8 im vorderen, der Straße zugewandten Teil gemessen. Der künstliche angelegte Kuchelauer Hafen dient als Wasserentnahmestelle.

### Tragfähigkeit

Die Tragfähigkeit wird jeweils im hinteren, dem Gehweg zugewandten Teil der Baumpflanzungen gemessen. Es wird darauf geachtet, während der Messungen im Frühjahr und Herbst mit den Messungspunkten zu alternieren.

### Spezifikationen bei der Aufnahme der Grunddaten der Gehölze

Der Stammdurchmesser wird mit der Messkluppe auf 1 m Höhe parallel zur Straße aufgenommen.

Der Kronendurchmesser wird mithilfe zweier Teleskopnivellierlatten in diesem Fall normal zur Straße ermittelt. Dazu werden mit den ausgefahrenen Nivellierlatten die am weitest entfernten Astspitzen angepeilt, der Abstand zwischen den Latten wird vermessen.

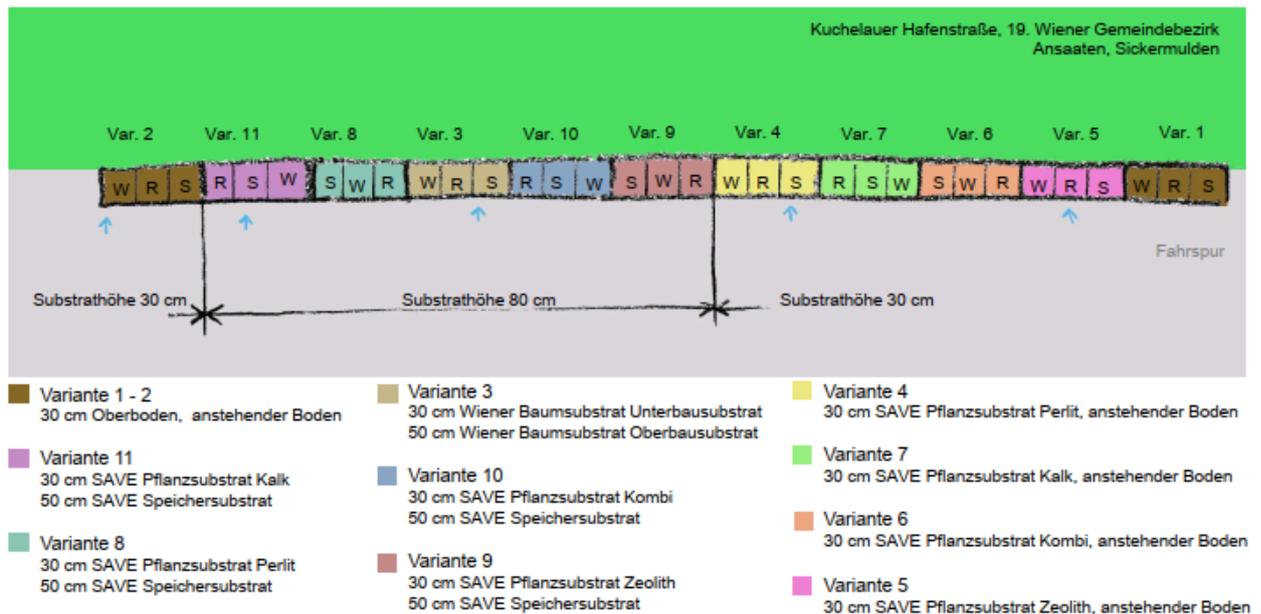
Die Zeitpunkte der Messungen für die einzelnen Parameter sind in Tabelle 11 angegeben.

**Tabelle 11: Messintervalle der Parameter Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2021**

Messintervalle 03.-12. 2019	Standort									
	Kuchelauer Hafen SM 8									
	03.	04.	05.	06.	07.	08.	09.	10.	11.	12.
<b>Parameter Substrate</b>										
Infiltrationsmessung		x							x	
Dyn. Lastplattenversuch		x							x	
<b>Parameter Vegetation Gehölze</b>										
Grunddaten Gehölze		x							x	
Schäden Gehölze		x	x	x	x	x	x	x	x	
Vitalität		x	x	x	x	x	x	x	x	
Trieblängen									x	
Verzweigungsgrad									x	
Laubaustrieb/abwurf	x	x								x
Blattproben (Salzgehalt)			x							
LAI (Drohne)							x			
Wärmebildkamera				x		x				

### 3.2.6 Standort Kuchelauer Hafen Sickermulde 4

Zusätzlich befindet sich in der Kuchelauer Hafenstraße Sickermulde Nummer 4, in welche elf Substratvarianten eingebracht sind (Abbildung 9). Die Substrate sind zumal im einschichtigen Einbau mit 30 cm Einbauhöhe auf anstehendem Untergrund als auch in einem zweischichtigen Verfahren mit 30 cm Pflanzsubstrat und 50 cm Speichersubstrat hergestellt. Die einschichtige Bauweise ist bei die Variante 1, 2, 4, 5, 6 sowie 7 ausgeführt, während der zweischichtige Aufbau bei den Varianten 3, 8, 9, 10 und 11 angewandt ist. Jede Substratvariante ist zweimal geteilt, jedes der drei Felder wurde mit einer anderen Ansaatmischung begrünt. Dabei handelt es sich um Standardrasen der Stadt Wien (S), Blumenrasen (R/BR) sowie Blumenwiese (W/BW). Ausführlichere Informationen zu den einzelnen Ansaatmischungen können aus Tabelle 5, Tabelle 6 und Tabelle 7 in 3.2.1 Materialübersicht entnommen werden.



**Abbildung 9: Darstellung der Versuchsanordnung Kuchelauer Hafen SM 4 2019, Olesko 2020**

### **Infiltrationsmessungen**

Die Infiltrationsmessungen in Sickermulde 4 sind pro Substratvariante und Ansaatmischung einmal durchzuführen, wodurch 33 Messungen vorgenommen werden. Nach Kürzung übermäßiger Vegetation wird das Doppelring-Infiltrometer jeweils ungefähr in der Mitte der Muldensohle eingeschlagen. Das benötigte Wasser wird dem Kuchelauer Hafen entnommen. Für die Durchführung der Versuche wird ein Teil der Straße durch Verkehrsleitkegel für den Straßenbetrieb gesperrt, sodass die Fahrbahn auch während des Untersuchungszeitpunktes zu benutzen ist.

### **Tragfähigkeit**

Die dynamische Lastplatte kommt in Sickermulde 4 für 33 Messungen zum Einsatz. Bei Bedarf wird die Vegetation partiell gekürzt. Die Untersuchungen werden jeweils in der Sohle ausgeführt. Es ist darauf zu achten, dass sich die Messungen nicht mit den Infiltrationsmesspunkten überschneiden.

### **Bonitur Wuchshöhenermittlung**

Für die Bonitur der Sickermulde werden pro Substratvariante und Ansaatmischung zwölf Punkte erhoben. Eine Schnur, in der die Messpunkte in regelmäßigen Abständen angebracht sind, wird von der südöstlichen Ecke einer Ansaatmischung zur nordwestlichen Ecke gespannt. Mithilfe von Einschlaghaken wird die Schnur so fixiert, dass jeweils vier Messpunkte in der straßennahen Böschung, vier Messpunkte in der Muldensohle und vier Messpunkte in der heckennahen Böschung verortet sind. Von Süden nach Norden wird bei jedem Punkt ein Zollstock angelegt, die höchste Pflanzenart, welche in Berührung mit dem Zollstock kommt, wird bestimmt und mit der Höhe in den Aufnahmeblättern vermerkt.

Die Zeitpunkte der Messungen für die einzelnen Parameter sind in Tabelle 12 Tabelle 11 angegeben.

**Tabelle 12: Messintervalle der Parameter Kuchelauer Hafen SM 4 2019, Olesko 2021**

<b>Messintervalle 03.-12. 2019</b>	<b>Standort</b>									
	<b>Kuchelauer Hafen SM 4</b>									
	03.	04.	05.	06.	07.	08.	09.	10.	11.	12.
<b>Parameter Substrate</b>										
Infiltrationsmessung		x							x	
Dyn. Lastplattenversuch		x							x	
<b>Parameter Vegetation Gehölze</b>										
Grunddaten Gehölze		x							x	
Schäden Gehölze		x	x	x	x	x	x	x	x	
Vitalität		x	x	x	x	x	x	x	x	
Triebblängen									x	
Verzweigungsgrad									x	
Laubaustrieb/abwurf	x	x								x
Blattproben (Salzgehalt)			x							
LAI (Drohne)							x			
Wärmebildkamera				x		x				

## **4 Ergebnisse**

Die präsentierten Ergebnisse beziehen sich auf Daten aus der Vegetationsperiode 2019. Folgend werden die Ergebnisse zu den Substraten, danach zu den Baumpflanzungen und weiters zu den Ansaaten vorgestellt, sowie die Veränderung zu den Ergebnissen aus 2018 (Lübke, 2019) festgehalten.

### **4.1 Ergebnisse der Substratuntersuchungen**

Die Ergebnisse der Substrate beinhalten die Infiltrationsmessungen, die Tragfähigkeitsuntersuchungen sowie die Ergebnisse der Korrelationsanalyse aus diesen beiden Parametern. Bei jedem Punkt wird auf das Resultat bezüglich der Forschungsfrage eingegangen, sowie auf relevante Unterschiede zu den Untersuchungen aus der Vegetationsperiode 2018. Die Reihenfolge der Ergebnisse erfolgt in alphabetischer Ordnung nach dem Versuchsstandort, wobei in der Kuchelauer Hafestraße zuerst der Standort der Baumpflanzungen und danach der Standort der Ansaaten aufgegriffen wird. Details zum Versuchsaufbau und Substratvarianten können Kapitel 3 entnommen werden.

#### **4.1.1 Ergebnisse Infiltrationsmessungen**

Die Messungen der Infiltrationsraten an den Standorten wurden jeweils einmal in der ersten und einmal in der zweiten Jahreshälfte der Vegetationsperiode 2019 durchgeführt. Nachfolgend wird dargestellt, welche Ergebnisse nach dem aktuellen Stand der Technik die benötigte Infiltrationsleistung erbringen. Dazu werden die Grenzwerte für Versickerungsleistung der ÖNORM B2506-1 (2013) von  $1 \times 10^{-4}$  bis  $1 \times 10^{-5}$  m/s herangezogen, sowie die FLL – Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 2 (2010b) mit den Grenzwerten  $5 \times 10^{-4}$  bis  $5 \times 10^{-6}$  m/s. Die Ergebnisse werden in Meter pro Sekunde dargestellt.

## Attemsgasse

Bei Baumscheiben am Standort Attemsgasse wurden 2019 im April und im November die Messungen der Infiltration vorgenommen. Alle Flächen sind mit der Substratvariante 13 ausgefüllt. Diagramm 1 zeigt, dass drei Flächen diese Voraussetzungen von  $1 \times 10^{-4}$  bis  $1 \times 10^{-5}$  m/s für die Flächenversickerung von ÖNORM B2506-1 (2013) erfüllen, während Fläche 3 darüber liegt. Mit der höheren Versickerungsleistung liegt diese im Bereich der FLL Empfehlungen für Baumpflanzungen (2010b) von  $5 \times 10^{-4}$  bis  $5 \times 10^{-6}$  m/s.

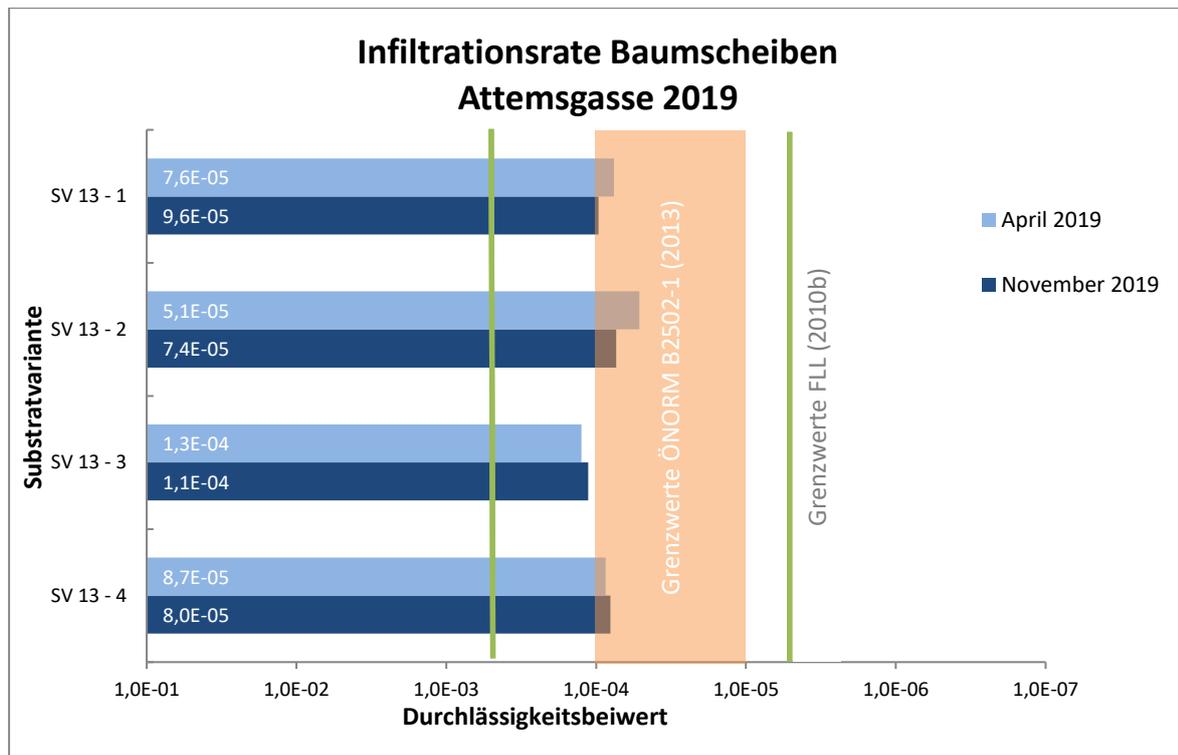
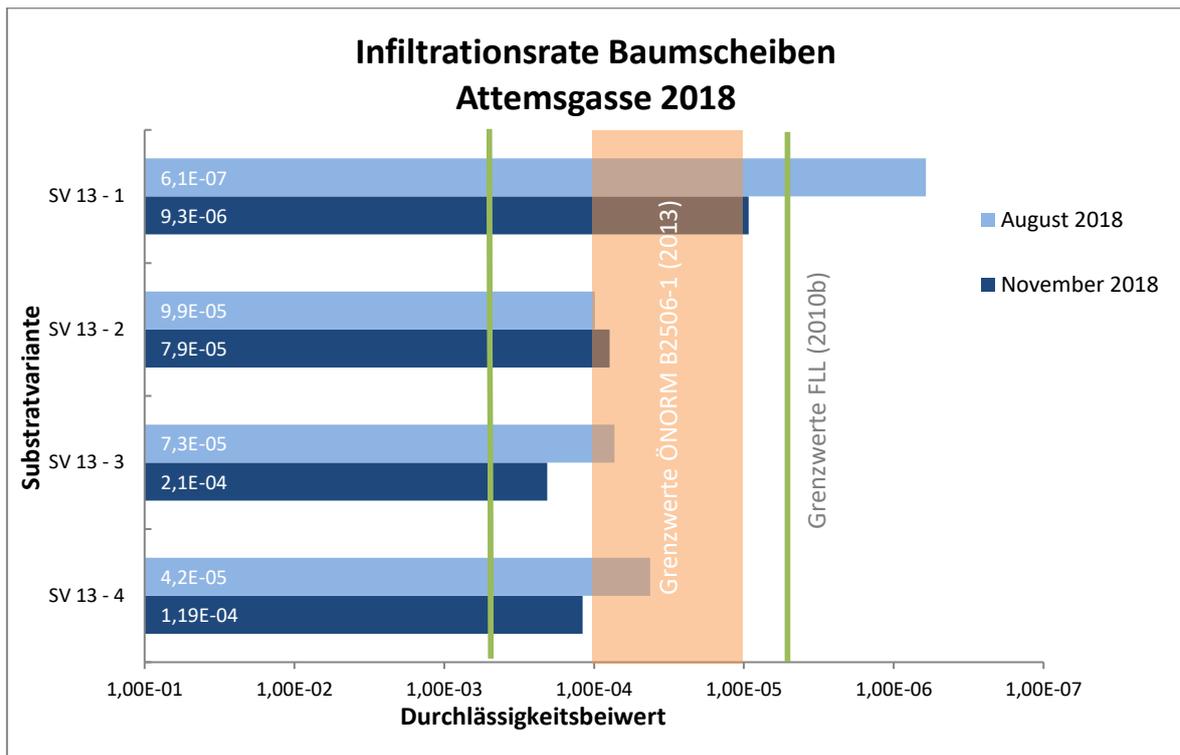


Diagramm 1: Ergebnisse der Infiltrationsrate Attemsgasse 2019, Olesko 2020



**Diagramm 2: Ergebnisse der Infiltrationsrate Attemsgasse 2018, Olesko 2020**

In Diagramm 2, der Infiltrationsrate der Attemsgasse 2018, ist eine höhere Variabilität der ersten zu der zweiten Messungen erkennbar. In der Vegetationsperiode 2019 fielen die Schwankungen geringer aus. Die Baumscheibe 1 (SV 13-1) weist 2019 eine höhere Infiltrationsrate auf als im Vorjahr. Bei Baumstandort 2 ist ein Rückgang der Infiltrationsleistung von 2018 auf 2019 bei beiden Messungen zu erkennen. Die Versickerung an den Baumscheiben 3 und 4 ist bei den Frühjahrsmessungen 2019 höher gewesen als 2018, bei den Herbstmessungen ist 2018 das Wasser schneller infiltriert als 2019.

### Edith-Piaf-Straße

Die im Diagramm 3 ersichtlichen Messungen in der Edith-Piaf-Straße wurden im Juni und Dezember 2019 vorgenommen. Hinsichtlich ihrer Eignung gemäß ÖNORM B 2506-1 (2013) lässt sich erkennen, dass es 2019 starke Unterschiede zwischen den beiden eingebauten Substratvarianten, der SV 12 und SV 13, gibt. Die Substratvariante 13 zeigt bei fast allen Pflanzgruben eine höhere Versickerungsrate auf, welche innerhalb der ÖNORM Vorgaben von  $1 \times 10^{-4}$  bis  $1 \times 10^{-5}$  m/s liegt. Lediglich die Messung in der zweiten Jahreshälfte am Baumstandort 12 (SV 12-13) zeigt eine wenig durchlässige Infiltrationsrate, welche den FLL (2010b) Sickervorgaben von  $5 \times 10^{-4}$  bis  $5 \times 10^{-6}$  m/s nicht entspricht. Die Substratvariante 12 überschreitet bei allen Messungen jeder Pflanzgrube die Vorgaben der ÖNORM B 2506-1 (2013). Zwei Messungen liegen innerhalb des von der FLL angegebenen Bereich: die zweite Messung an Standort 6 schafft  $5,8 \times 10^{-6}$  m/s, die erste Messung an Standort 9 leistet  $6,1 \times 10^{-6}$  m/s Infiltration.

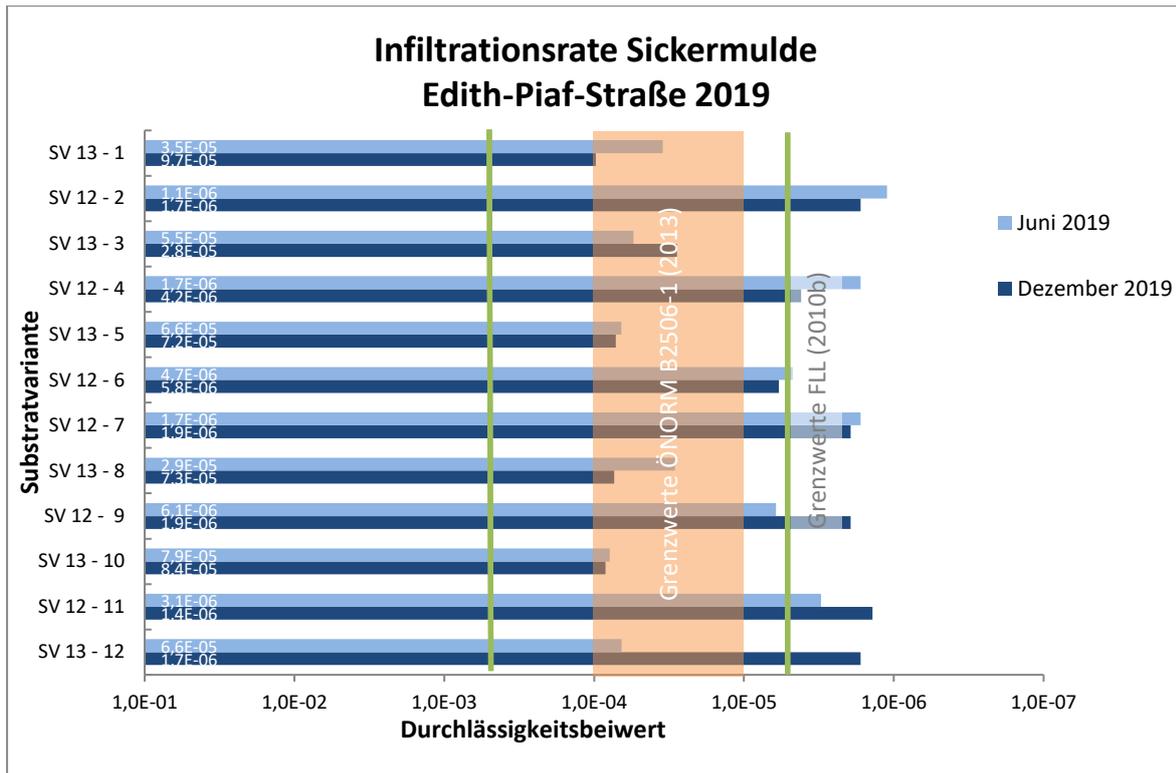


Diagramm 3: Ergebnisse der Infiltrationsmessungen Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020

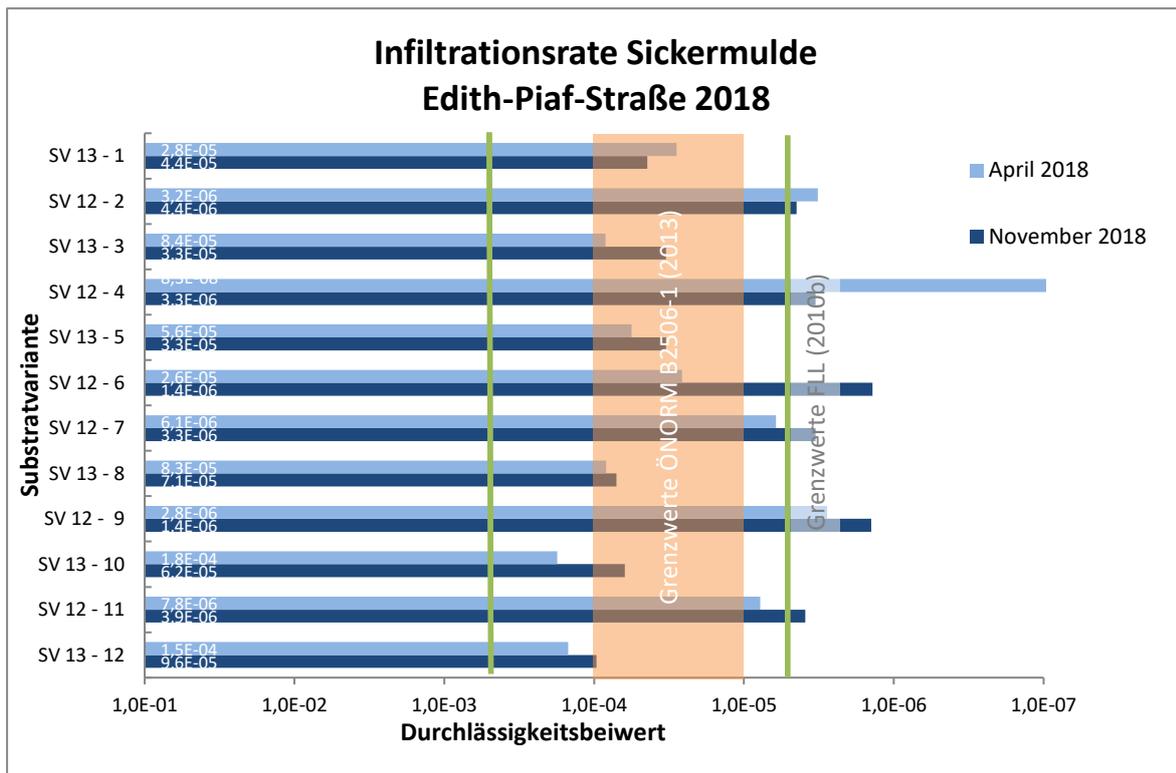


Diagramm 4: Ergebnisse der Infiltrationsmessungen Edith-Piaf-Straße 2018, Olesko 2020

Der Vergleich zum Vorjahr (Diagramm 4) zeigt ein ähnliches Bild bei der Infiltrationsleistung der Substratvarianten. Bei SV 12 konnte 2018 in neun von zwölf Fällen ebenfalls keine Sickerfähigkeit nach ÖNORM B2506-1 (2013) oder FLL (2010b) vorgewiesen werden. Bei Standort 11 sowie 7 wurden Sickerwerte im FLL (2010b) Bereich erreicht, die erste

Messung von Standort 6 fällt in den von ÖNORM B2506-1 (2013) vorgegebenen Bereich für Versickerung. Gesamt betrachtet hat die Sickerleistung von SV 12 vom Jahr 2018 auf das Jahr 2019 nachgelassen, und die Schwankungen sind geringer geworden. Die SV 13 zeigt 2018 in zehn von zwölf Fällen Versickerungswerte im Bereich der ÖNORM B2506-1 (2013) auf. Die beiden weiteren Standorte (10 und 12) weisen bei den ersten Messungen höhere Infiltrationsleistungen als  $1 \times 10^{-4}$  m/s auf, die Obergrenze der ÖNORM B2506-1 (2013). Diese Messungen liegen im Bereich der FLL (2010b) Grenzwerte. Auch bei SV 13 zeigt sich eine Abnahme der Sickerleistung von 2018 auf 2019.

### Kuchelauer Hafen SM 8

An der Sickermulde 8 im Kuchelauer Hafen wurden im April und Oktober 2019 Messungen der Infiltrationsrate vorgenommen. In Diagramm 5 ist erkennbar, dass an Standort 8 und 9 (SV 12) drei von vier Messungen über den Grenzwerten liegen, welche für ausreichende Infiltrationsleistung benötigt werden. Die Frühjahrsmessung an Standort 9 liegt mit  $2,9 \times 10^{-5}$  m/s in dem von der ÖNORM B2506-1 (2013) definierten Infiltrationsbereich von  $1 \times 10^{-4}$  bis  $1 \times 10^{-5}$  m/s. Die Messungen der weiteren Substratvarianten im Kuchelauer Hafen Sickermulde 8 zeigen 2019 hohe Infiltrationsleistungen. In acht von neun Fällen liegt eine Messung innerhalb der Versickerungsgrenzwerte der ÖNORM B2506-1 (2013), die zweite Messung zeigt eine höhere Sickerleistung mit Werten innerhalb des FLL (2010b) definierten Bereiches. Nur SV 14 an Standort 6 weist bei beiden Messungen eine hohe Infiltration auf, welche damit nicht im ÖNORMEN, jedoch im FLL (2010b) Bereich von  $5 \times 10^{-4}$  bis  $5 \times 10^{-6}$  m/s liegt.

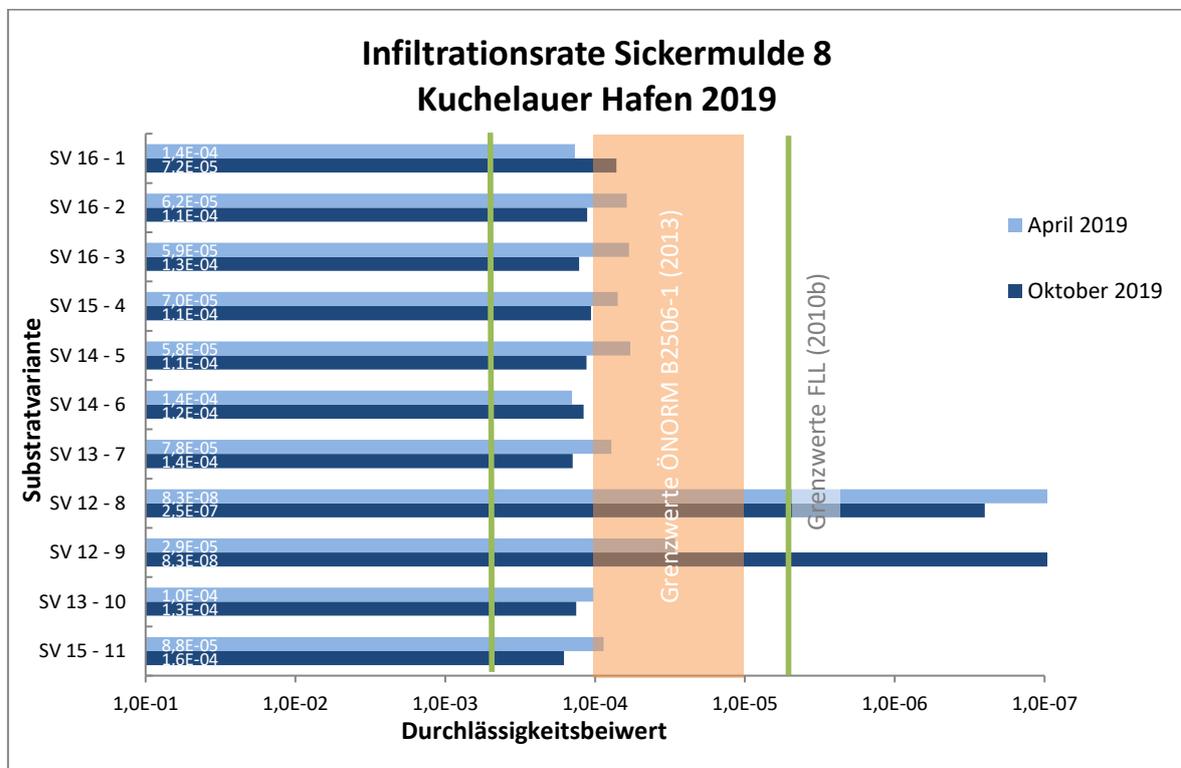
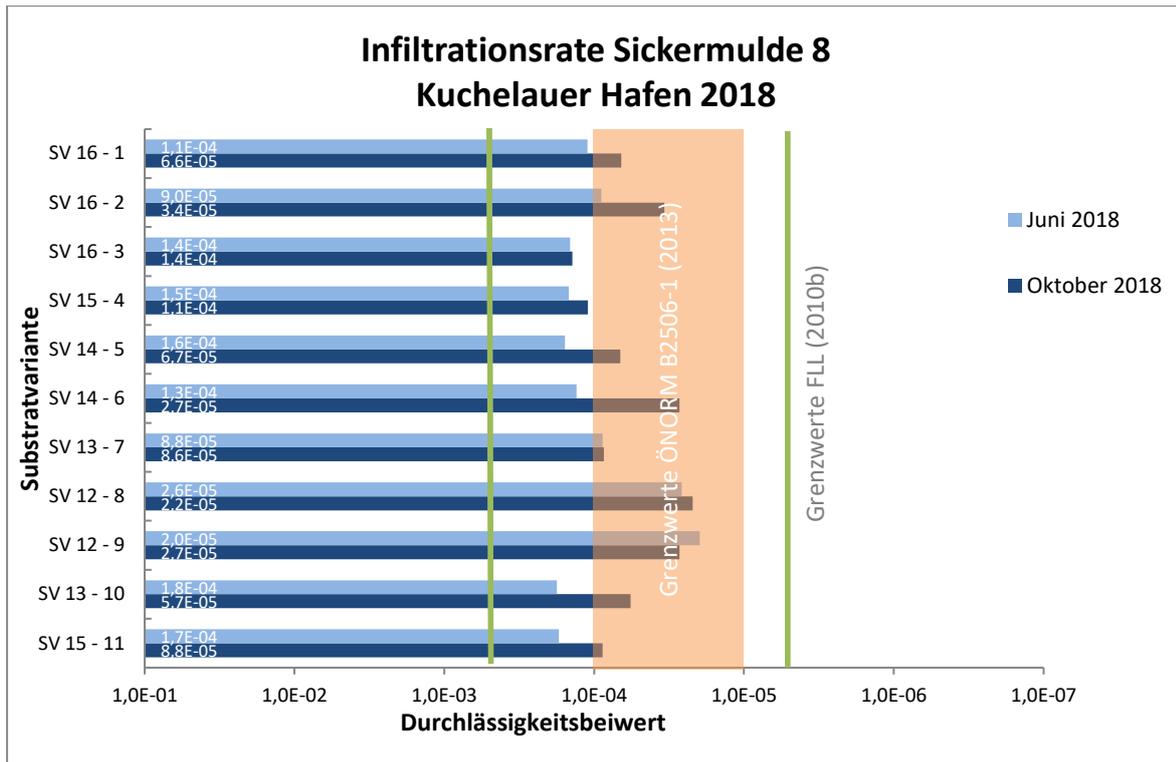


Diagramm 5: Ergebnisse der Infiltrationsmessungen Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020



**Diagramm 6: Ergebnisse der Infiltrationsmessungen Kuchelauer Hafen SM 8 2018, Olesko 2020**

Wie die Infiltrationsrate des Kuchelauer Hafens aus 2018 zeigt (Diagramm 6), weisen 2018 alle Substratvarianten eine hohe Infiltrationsrate auf, welche innerhalb der Grenzwerte der ÖNORM B2506-1 (2013) oder FLL (2010b) liegen. Während die Sickerleistung von 2018 auf 2019 allgemein abnimmt, lässt sich eine starke Veränderung bei Standort 8 und 9 mit SV 12 erkennen.

#### Kuchelauer Hafen SM 4

Infiltrationsmessungen wurden in der Sickermulde 4 des Kuchelauer Hafens im April und Oktober der Vegetationsperiode 2019 vorgenommen. Wie in Diagramm 7 ersichtlich, ist Substratvariante 2 in Abschnitt 1 sowie Abschnitt 11 bei allen vier Messungen in keinem versickerungsfähigen Bereich. Es zeigen vier Substratvarianten – Substratvariante 5 (Abschnitt 2), Substratvariante 7 (Abschnitt 4), Substratvariante 9 (Abschnitt 6) sowie Substratvariante 11 (Abschnitt 10) – bei beiden Messungen hohe Infiltrationsleistungen, welche in dem Bereich der FLL (2010b) von  $5 \times 10^{-4}$  bis  $5 \times 10^{-6}$  m/s liegen, jedoch nicht im Bereich der ÖNORM B2506-1 (2013). Die weiteren fünf Substratvarianten (SV 6, 4, 10, 3 und 8) in den Abschnitten 3, 5, 7-9 weisen Versickerungsgeschwindigkeiten innerhalb der Grenzwerte  $1 \times 10^{-4}$  bis  $1 \times 10^{-5}$  m/s der ÖNORM B2506-1 (2013) auf.

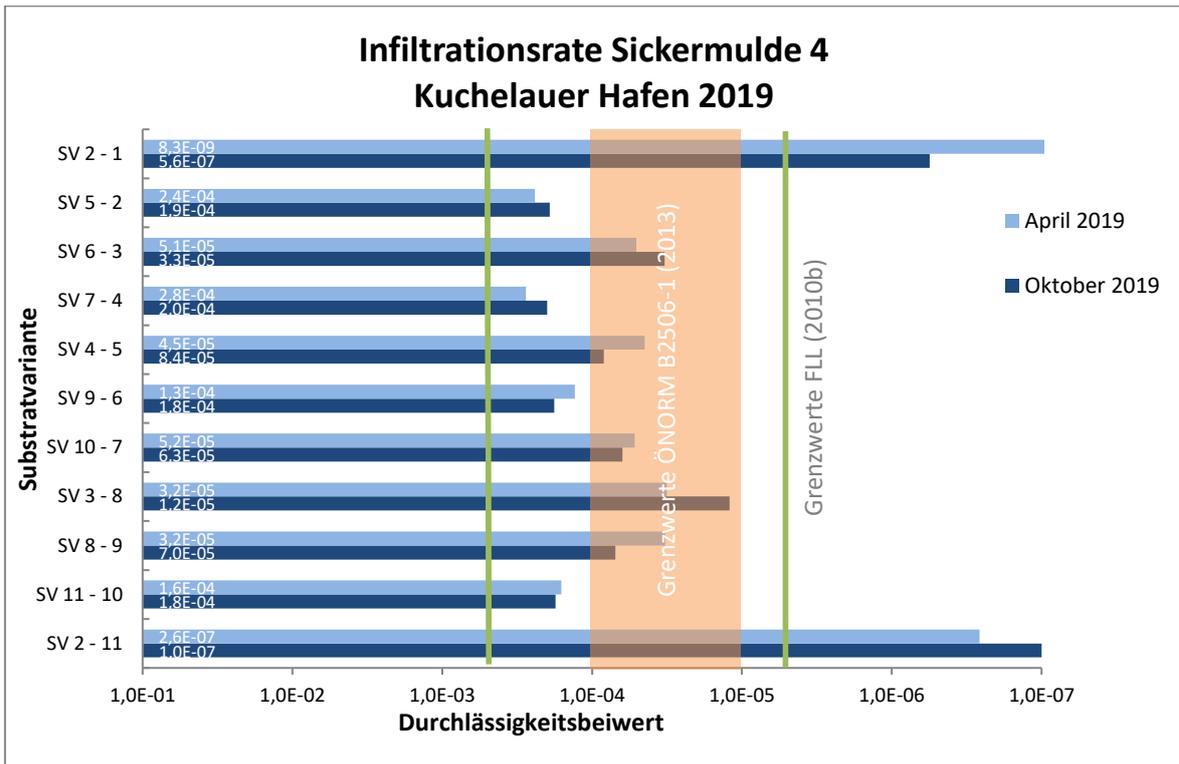


Diagramm 7: Ergebnisse der Infiltrationsmessungen Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020

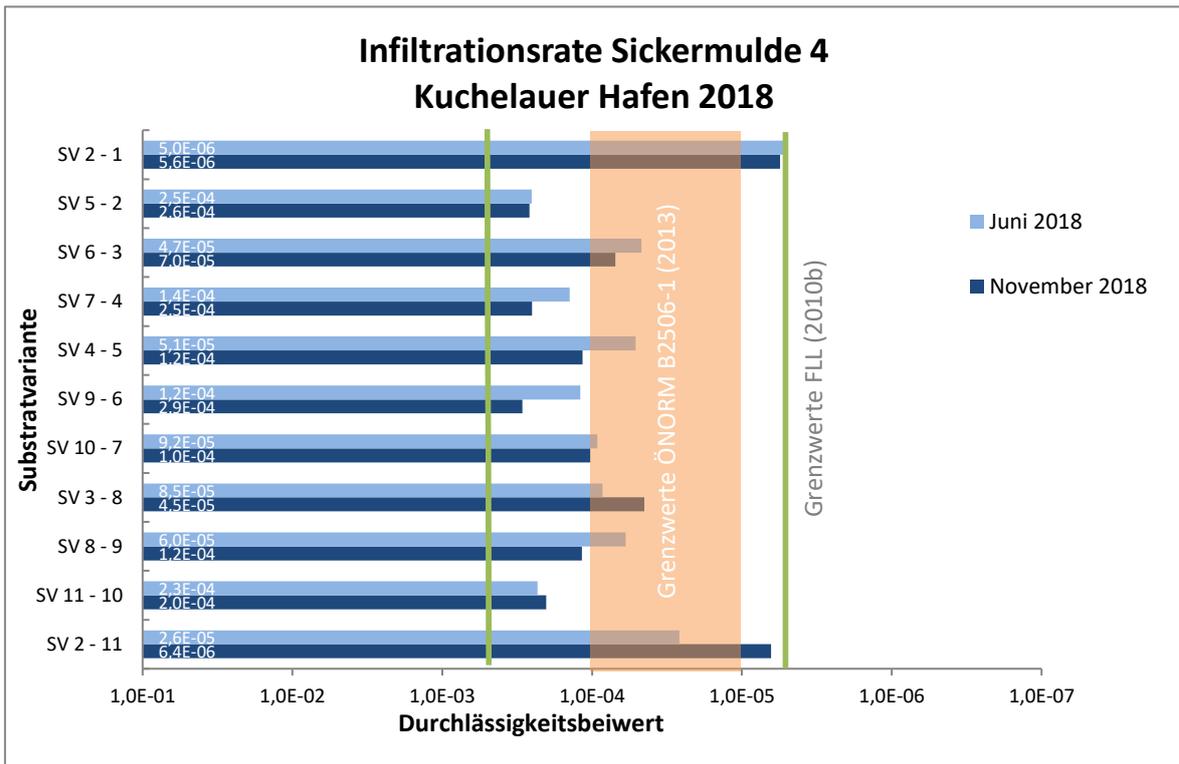


Diagramm 8: Ergebnisse der Infiltrationsmessungen Kuchelauer Hafen 2018, Olesko 2020

Die Ergebnisse der Messungen aus der Vegetationsperiode 2018 (Diagramm 8) zeigen Tendenzen für die Entwicklung der Infiltrationsrate 2019 auf. Messergebnisse der Substratvariante 2 in Abschnitt 1 und 11 weisen 2018 niedrigere Versickerungsraten im Vergleich zu den restlichen Ergebnissen am Standort auf. Die Infiltrationswerte von SV 2

liegen 2018 in drei von vier Fällen innerhalb der Grenzwerte für Versickerung der FLL (2010b), eine Messung zeigt eine Versickerungsleistung in dem von der ÖNORM B2506-1 (2013) vorgegebenen Bereich. Die vier Substratvarianten, die 2019 eine Versickerungsleistung über der Obergrenze von  $1 \times 10^{-4}$  der ÖNORM2506-1 (2013) haben, und damit im Bereich der FLL (2010b) liegen, weisen diese Leistung auch 2018 auf. Drei Substratvarianten (6,10 und 3 in Abschnitt 3, 7 und 8) zeigen 2018 sowohl in der ersten als auch der zweiten Messung Versickerungswerte im ÖNORM-Bereich auf, wie auch 2019. Zwei Substratvarianten weisen 2018 noch jeweils eine Messung über dem ÖNORM-Grenzwert und eine innerhalb des ÖNORM-Versickerungsbereiches. Diese Substratvarianten (4 und 8 in Abschnitt 5 und 9) liegen 2019 bei allen Messungen innerhalb des Versickerungsbereiches, welchen die ÖNORM B2506-1 (2013) vorgibt.

#### 4.1.2 Ergebnisse Tragfähigkeitsuntersuchungen

Die Ergebnisse der Messungen des dynamischen Verformungsmodells ( $\text{MN}/\text{m}^2$ ) werden nachfolgend dargestellt. Im Jahr 2019 wurden zweimal Messungen durchgeführt, um die erste und zweite Jahreshälfte zu monitoren. Die Ergebnisse sind in  $\text{MN}/\text{m}^2$  angegeben.

##### Attemsgasse

Diagramm 9 zeigt die Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen in der Attemsgasse während der Vegetationsperiode 2019. Die Baumscheiben wurden mit der Substratvariante 13 ausgeführt, die Messungen im Juni zeigen Ergebnisse von 13,1-15,7  $\text{MN}/\text{m}^2$ . Die Herbstmessungen liegen immer darunter, mit Ergebnissen von 7,2 -12  $\text{MN}/\text{m}^2$ . Die größte Differenz zwischen den beiden Messungen weist der Baumstandort 2 auf, die geringste Differenz Baumstandort 3.

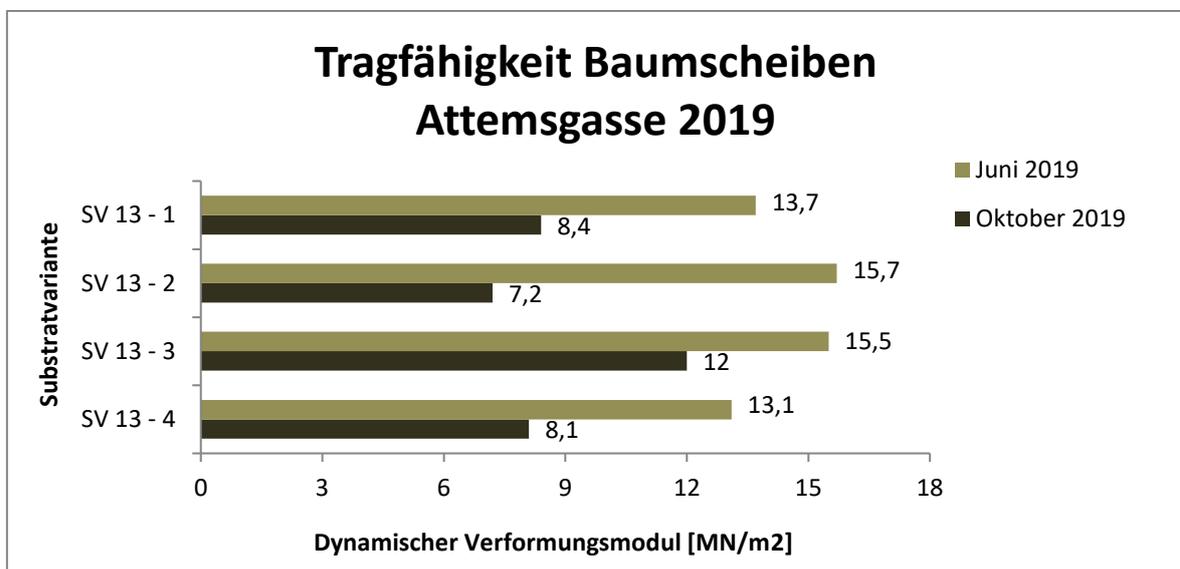


Diagramm 9: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen Attemsgasse 2019, Olesko 2020

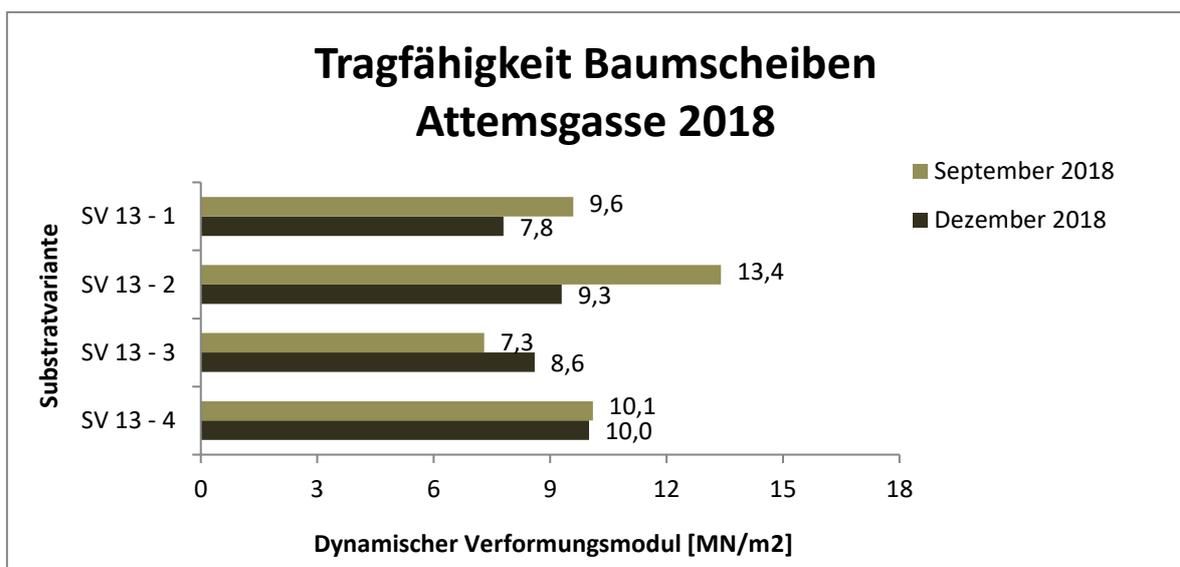


Diagramm 10: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen Attemsgasse 2018, Olesko 2020

Die Messungen aus den Untersuchungen von 2018 weisen geringere Differenzen in den einzelnen Substraten, wie auch gesamtheitlich betrachtet, auf (Diagramm 10). Die Differenz der geringsten Tragfähigkeit zu der Höchsten beträgt 2018 6,1 MN/m<sup>2</sup>, 2019 sind es 8,5 MN/m<sup>2</sup>.

### Edith-Piaf-Straße

Die in Diagramm 11 ausgewiesenen Ergebnisse der Tragfähigkeitsmessungen der Edith-Piaf-Straße zeigen hohe Messungen in der ersten Jahreshälfte und geringe Messungen in der Zweiten. Die Messergebnisse im Juni sind bis auf den Fall des Baumstandortes 6 mit Substratvariante 12 immer höher als die Messung zum Jahresende. Die geringste Differenz zwischen früher und später Messung zeigt sich bei Substratvariante 12 Baumstandort 7, hier beträgt sie 2,7 MN/m<sup>2</sup>. Die höchste Differenz zeigt Baumstandort 9 mit Substratvariante 12, ein Unterschied von 54 MN/m<sup>2</sup> wurde hier gemessen.

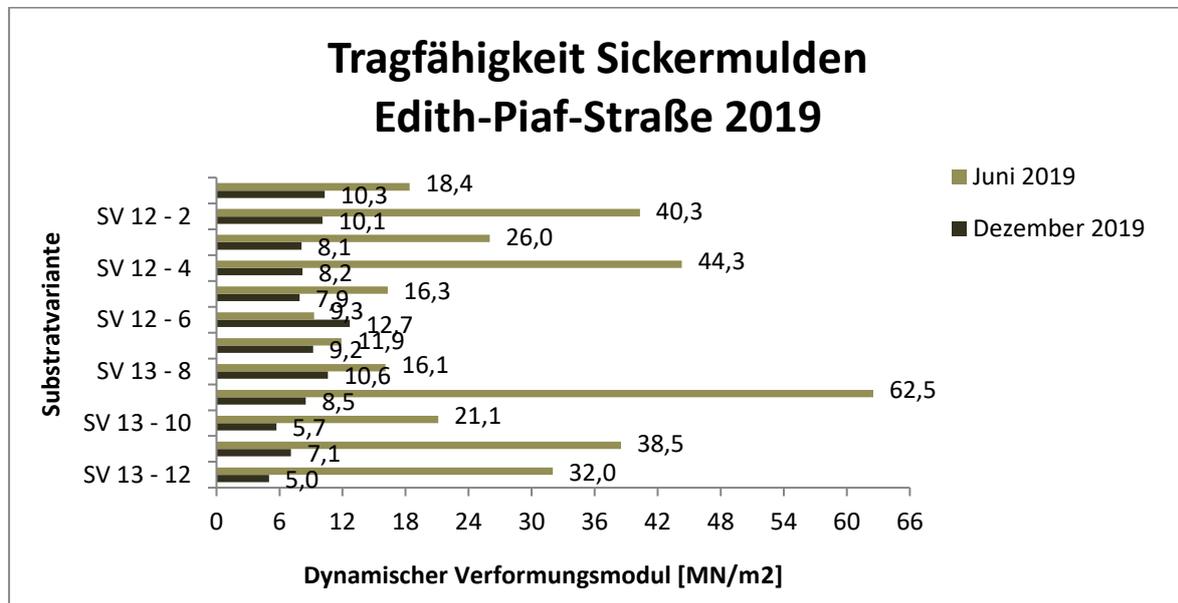
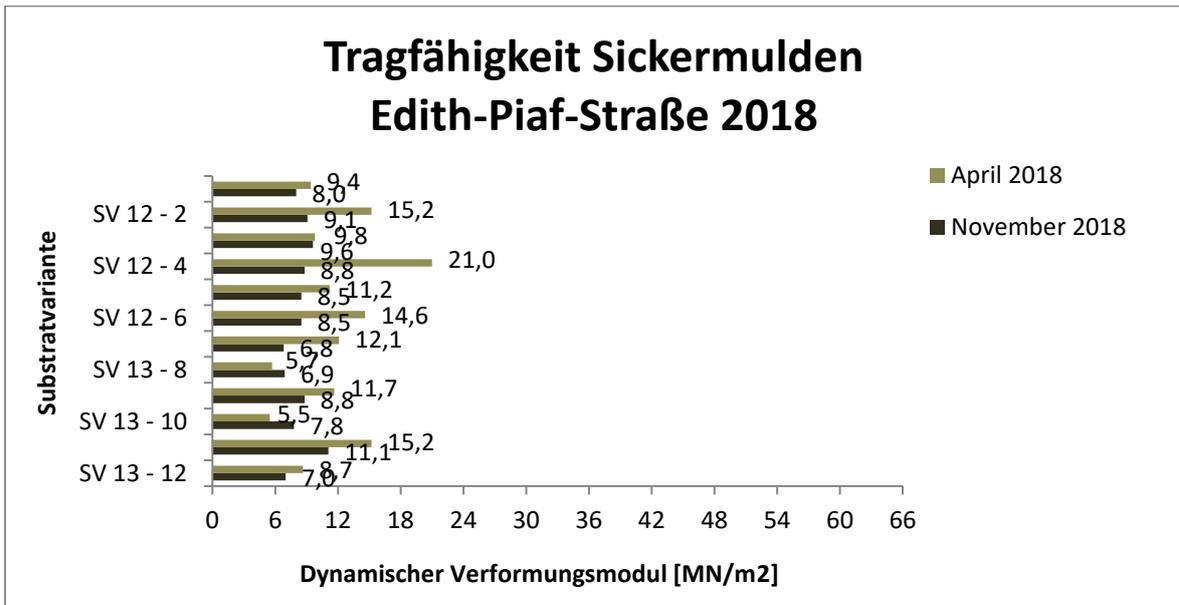


Diagramm 11: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020



**Diagramm 12: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen Edith-Piaf-Straße 2018, Olesko 2020**

Im Vergleich zu den Ergebnissen aus der Vegetationsperiode 2018 (Diagramm 12) ist die Tragfähigkeit 2019 stark gestiegen. Während 2018 lediglich acht Messungen von 24 einen Wert über 10 MN/m<sup>2</sup> aufweisen, sind es 2019 fast doppelt so viele, 15 von 24.

#### **Kuchelauer Hafen SM 8**

Es ist eine starke Varianz der fünf getesteten Substratvarianten im Bereich der Tragfähigkeit feststellbar, wie in

Diagramm 13 gezeigt wird. Die Substratvariante 16 am Standort 1 weist die höchste Differenz von der ersten zur zweiten Messung auf, mit 6,6 MN/m<sup>2</sup>. Die geringste Differenz zeigt Substratvariante 14 am Baumstandort 5 auf, hier unterscheidet sich die erste von der zweiten Messung um nur 0,4 MN/m<sup>2</sup>. Der zweite Standort, Nummer 5, der Substratvariante 14 zeigt ebenfalls geringe Unterschiede. Substratvariante 12 weist an beiden Standorten die geringsten Tragfähigkeitswerte der ersten Messung auf, während bei Substratvariante 13 die geringsten Werte bei der zweiten Untersuchung gemessen wurden.

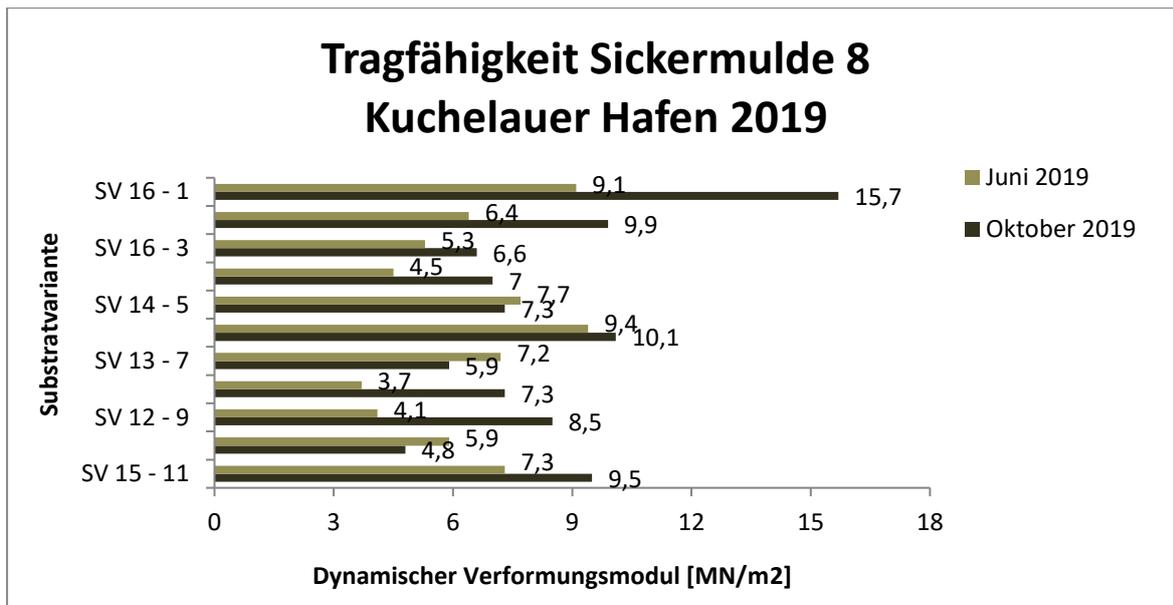


Diagramm 13: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020

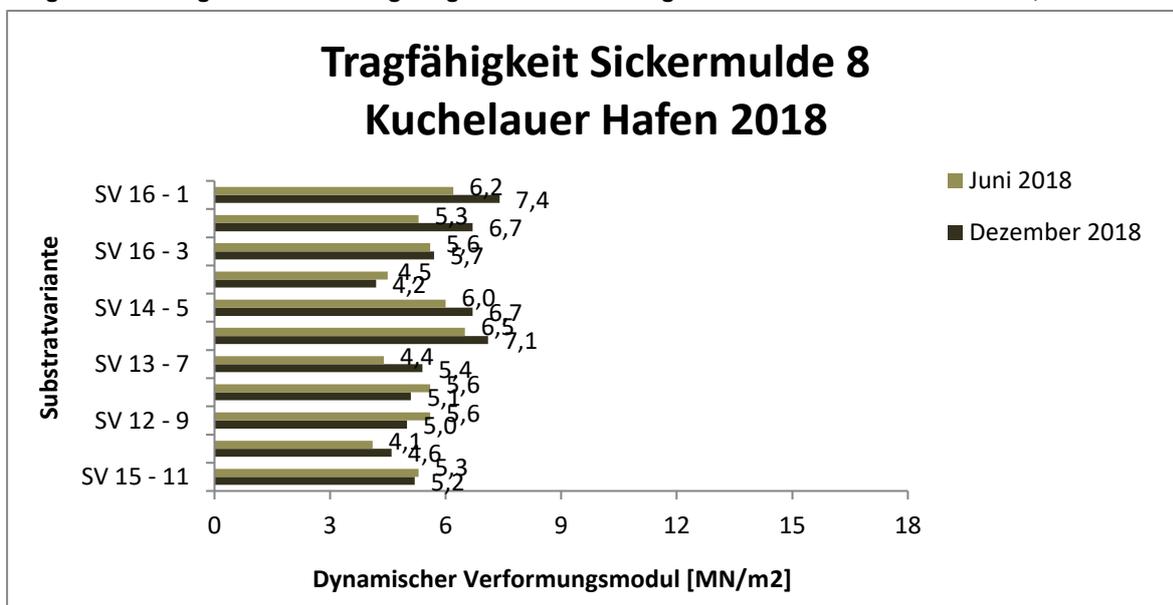


Diagramm 14: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen Kuchelauer Hafen SM 8 2018, Olesko 2020  
Die Vegetationsperiode 2018 zeigt in

Diagramm 14 wenig hohe Tragfähigkeitswerte. Die Werte, welche über 6 MN/m<sup>2</sup> liegen, lassen sich bei Substratvariante 14 und 16 finden, und sind insgesamt sieben von 22 Messungen. Keine Messung hat weniger als 4 MN/m<sup>2</sup>, die Varianz ist gering. 2019 liegen 15 von 22 Messungen über 6 MN/m<sup>2</sup>.

#### Kuchelauer Hafen SM 4

Diagramm 15 zeigt die Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen in der Sickermulde 4 des Kuchelauer Hafen 2019. Die hohe Tragfähigkeit der Substratvariante 3, Standort 8, hebt sich deutlich von der nächsthöchsten Messung ab, welche die zweite Messung der Substratvariante 7 mit 8,1 MN/m<sup>2</sup> ist. Beide Werte der SV 3 liegen über 14 MN/m<sup>2</sup>. Geringe

Tragfähigkeiten mit zwei Messungen unter 5 MN/m<sup>2</sup> lassen sich bei Substratvariante 2 auf beiden Standorten (1 & 11) sowie der Substratvariante 6 auf Standort 3 feststellen.

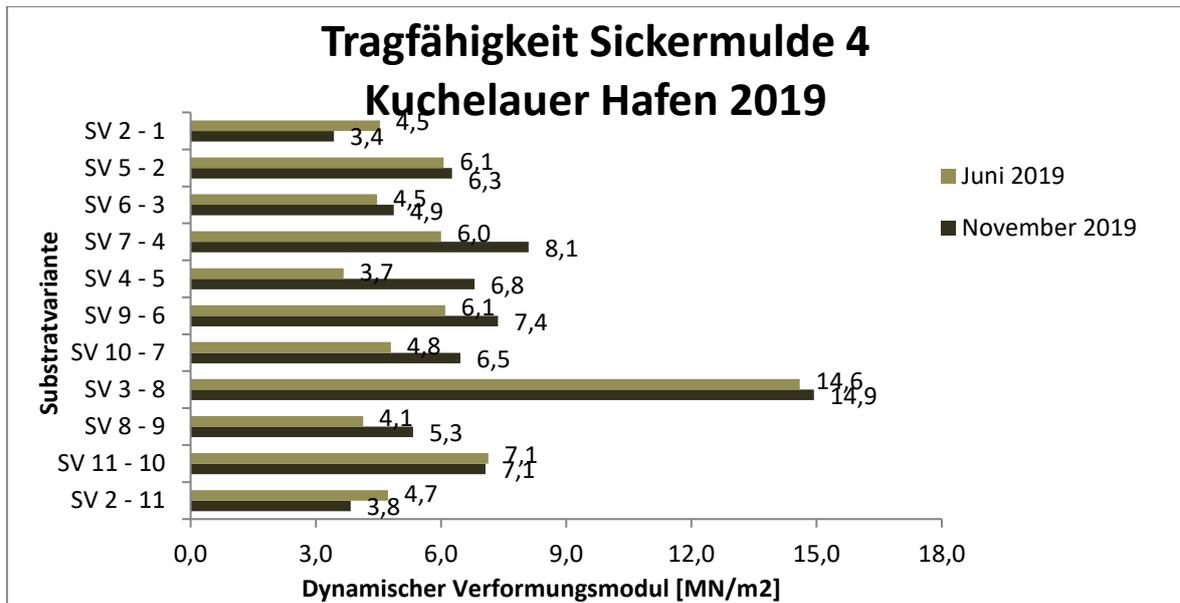


Diagramm 15: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen Kuchelauer Hafen SM 4 2019, Olesko 2020

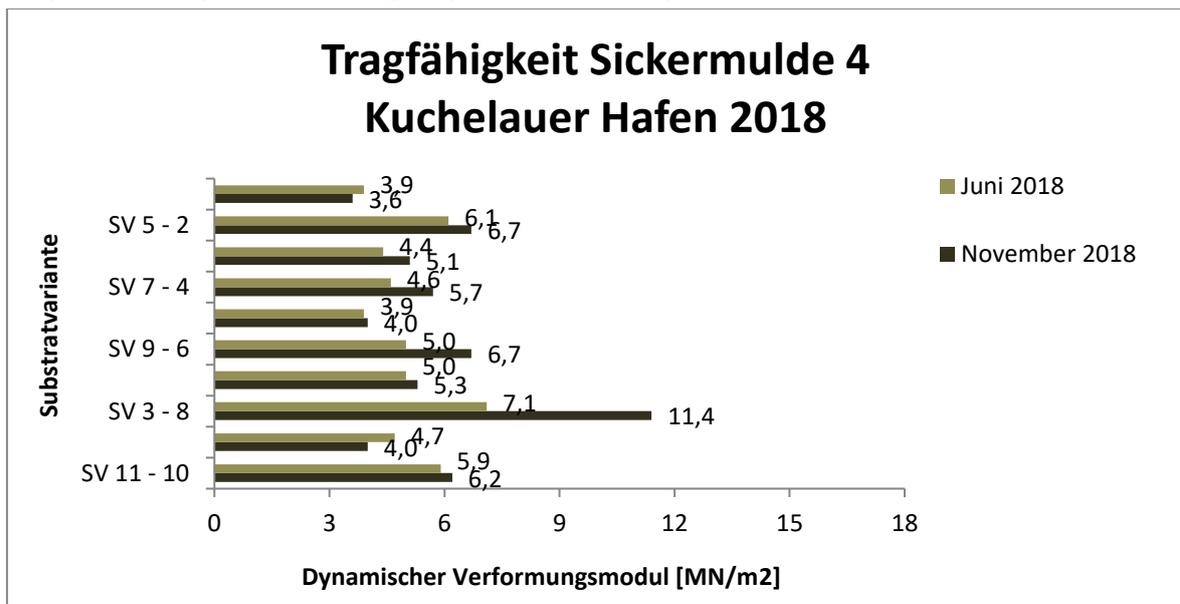


Diagramm 16: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen Kuchelauer Hafen SM 4 2018, Olesko 2020

Bei den in Diagramm 16 gezeigten Ergebnissen der Tragfähigkeitsuntersuchungen aus 2018 lassen sich sechs Werte über 6 MN/m<sup>2</sup> finden, während es 2019 insgesamt 12 sind, von jeweils 22 Werten. In beiden Jahren weisen jeweils drei Messungen einen geringen Tragfähigkeitswert von unter 4 MN/m<sup>2</sup> auf.

### 4.1.3 Ergebnisse Korrelationsanalyse Tragfähigkeit - Infiltrationsrate

Um die Forschungsfrage nach dem Zusammenhang der Infiltrationsrate und der Tragfähigkeit zu beantworten, wurde eine Korrelationsanalyse mithilfe des Programmes IBM SPSS Statistics 26 erstellt. Das Ziel der Auswertung war die Überprüfung eines möglichen Zusammenhangs der Parameter Tragfähigkeit [MN/m<sup>2</sup>] und Infiltrationsrate [m/s]. Der Spearman Korrelationskoeffizient  $r$  zeigt dabei die Stärke des linearen Zusammenhangs der beiden Variablen an. Alpha wurde mit einem Signifikanzniveau von 0,05 festgelegt. Jeder Versuchsstandort wird einzeln in der Korrelationsanalyse betrachtet, die Ergebnisse werden folgend in alphabetischer Reihenfolge in Tabellen und Streudiagrammen dargestellt.

#### Attemsgasse

Das in Diagramm 17 zu sehende Bestimmtheitsmaß  $R^2$  weist einen sehr geringen linearen Zusammenhang von 8,7 % auf. Tabelle 13 zeigt einen negativen Korrelationskoeffizienten, welcher einen negativen Zusammenhang der beiden Parameter angibt. Das Signifikanzniveau liegt mit 0,091 jedoch über dem von 0,05, womit kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Tragfähigkeit und der Infiltrationsrate am Versuchsstandort Attemsgasse gegeben ist.

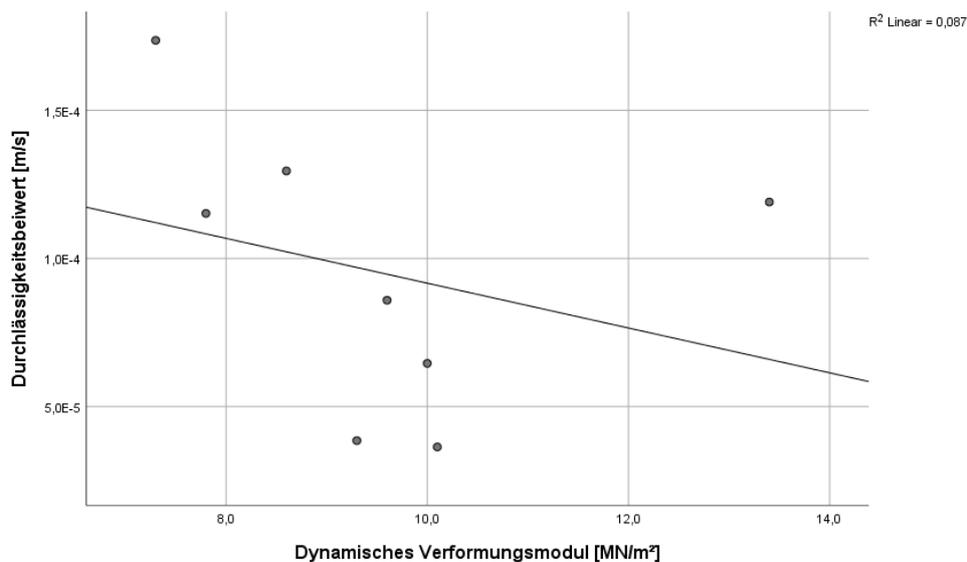


Diagramm 17: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit [MN/m<sup>2</sup>] und Infiltrationsrate [m/s] Attemsgasse 2019, Olesko 2019

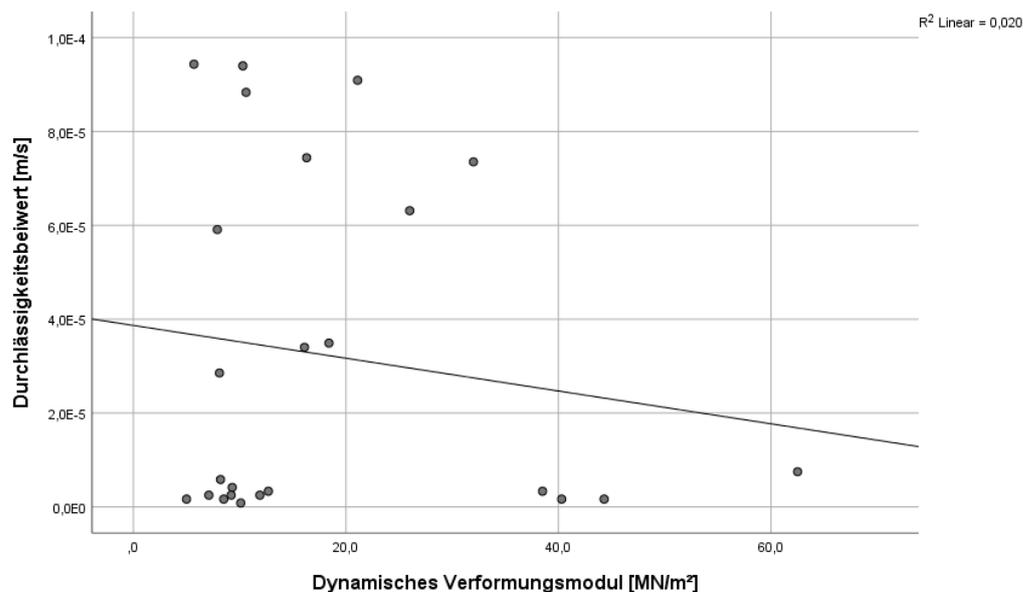
**Tabelle 13: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit [MN/m<sup>2</sup>] und Infiltrationsrate [m/s] Atemsgasse 2019, Olesko 2019**

		Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	Dynamisches Verformungsmodul [MN/m <sup>2</sup> ]
Spearman-Rho	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	Korrelationskoeffizient	1,000
		Sig. (1-seitig)	.
		N	36
Dynamisches Verformungsmodul [MN/m <sup>2</sup> ]		Korrelationskoeffizient	-,524
		Sig. (1-seitig)	,091
		N	8

Die Analyseergebnisse des Jahres 2018 ergeben ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang, wobei das Ergebnis im Jahr 2019 dem Signifikanzniveau näher ist als im Vorjahr.

### Edith-Piaf-Straße

Das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit und Infiltrationsrate am Standort Edith-Piaf-Straße zeigt einen sehr geringen linearen Zusammenhang von 2 % (siehe Diagramm 18). Mit 0,04 ist ein sehr geringer positiver Korrelationskoeffizient in Tabelle 14 zu erkennen. Der Wert für des Signifikanzniveaus von 0,05 wird überschritten mit dem ermittelten Wert von 0,4, womit der Tragfähigkeit und der Infiltration kein signifikanter Zusammenhang zugrunde liegt am Standort Edith-Piaf-Straße.



**Diagramm 18: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit [MN/m<sup>2</sup>] und Infiltrationsrate [m/s] Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2019**

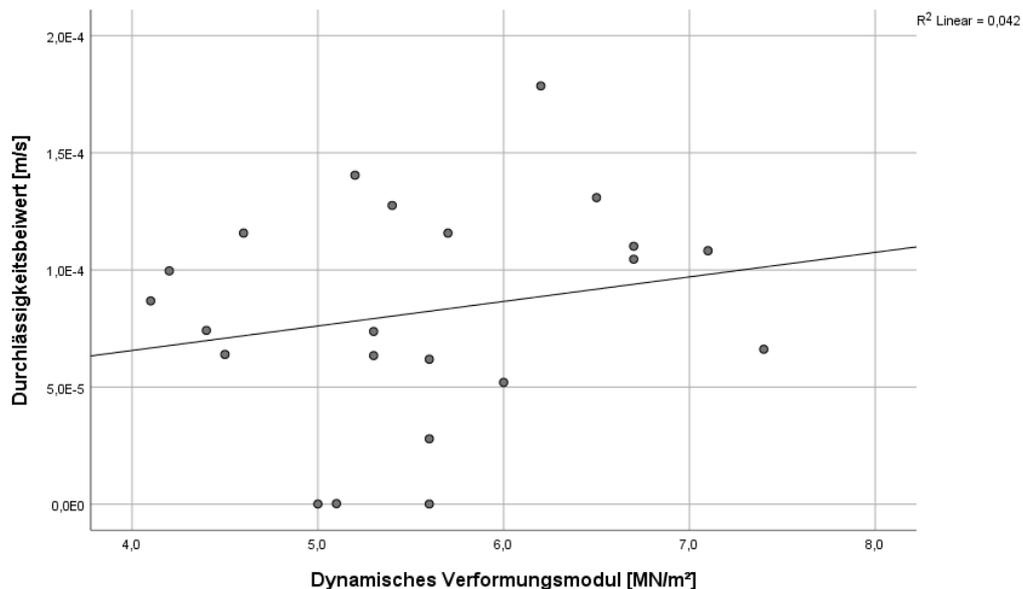
**Tabelle 14: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit [MN/m<sup>2</sup>] und Infiltrationsrate [m/s] Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2019**

		Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	Dynamisches Verformungsmodul [MN/m <sup>2</sup> ]
Spearman-Rho	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	Korrelationskoeffizient	1,000
		Sig. (1-seitig)	,412
		N	72
Dynamisches Verformungsmodul [MN/m <sup>2</sup> ]		Korrelationskoeffizient	,048
		Sig. (1-seitig)	,412
		N	24

Die Korrelationsanalyse aus 2018 konnte hier einen signifikanten negativen Zusammenhang feststellen. Damit wird aufgezeigt das bei steigendem Wert eines Parameters der zweite Parameter sinkt. Dieses Ergebnis wird 2019 nicht wiederholt.

### Kuchelauer Hafenstraße SM 8

Der Wert für das Bestimmtheitsmaß R<sup>2</sup> zeigt mit 4,2 % in Diagramm 19 einen sehr gering ausgebildeten Zusammenhang zwischen Infiltration und Tragfähigkeit. Die beiden Variablen weisen einen sehr geringen positiven Korrelationskoeffizienten von 0,2 aus. Es besteht kein signifikanter Zusammenhang zwischen Infiltration und Tragfähigkeit, da die Signifikanz von 0,18 das Signifikanzniveau von 0,05 übersteigt (Tabelle 15).



**Diagramm 19: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit [MN/m<sup>2</sup>] und Infiltrationsrate [m/s] Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2019**

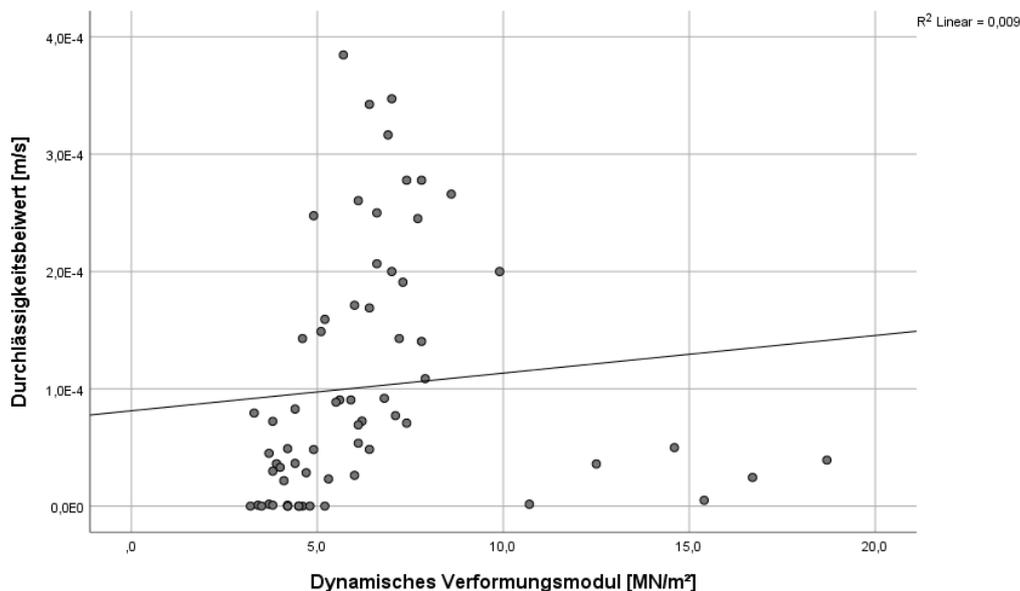
**Tabelle 15: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit [MN/m<sup>2</sup>] und Infiltrationsrate [m/s] Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2019**

		Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	Dynamisches Verformungsmodul [MN/m <sup>2</sup> ]
Spearman-Rho	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	Korrelationskoeffizient	1,000
		Sig. (1-seitig)	,200
		N	66
Dynamisches Verformungsmodul [MN/m <sup>2</sup> ]		Korrelationskoeffizient	,200
		Sig. (1-seitig)	,186
		N	22

Das Ergebnis der Korrelationsanalyse dieses Standortes von 2018 wird im Ergebnis von 2019 wiedergespiegelt.

#### Kuchelauer Hafenstraße SM 4

Der Korrelationskoeffizient weist einen positiven linearen Zusammenhang von 0,4 aus (siehe Tabelle 16), was bedeutet, wenn ein Parameter steigt folgt der Zweite mit der Steigerung. Die ausgewiesene Signifikanz liegt bei 0 womit ein signifikanter Zusammenhang gegeben ist. Das Bestimmtheitsmaß R<sup>2</sup> in Diagramm 20 zeigt 0,9 % Wahrscheinlichkeit auf, dass dieser Zusammenhang gegeben ist.



**Diagramm 20: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit [MN/m<sup>2</sup>] und Infiltrationsrate [m/s] Kuchelauer Hafen SM 4 2019, Olesko 2019**

**Tabelle 16: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit [MN/m<sup>2</sup>] und Infiltrationsrate [m/s] Kuchelauer Hafen SM 4 2019, Olesko 2019**

		Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	Dynamisches Verformungsmodul [MN/m <sup>2</sup> ]
Spearman-Rho	Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]	Korrelationskoeffizient	1,000
		Sig. (1-seitig)	,495
		N	,000
Dynamisches Verformungsmodul [MN/m <sup>2</sup> ]			198
		Korrelationskoeffizient	66
		Sig. (1-seitig)	,495
			,000
		N	66

Das signifikante, aber unwahrscheinliche Ergebnis des positiven linearen Zusammenhanges von Tragfähigkeit und Infiltration wird erstmalig 2019 ausgewertet. Aus den Analysen von 2018 geht keine Korrelation hervor.

## 4.2 Ergebnisse der Baumpflanzungsuntersuchungen

Nachfolgend sind die Messungsergebnisse der Vegetationsaufnahmen der Baumpflanzungen aus der Untersuchungsperiode 2019 dargestellt. Es werden innerhalb von verschiedenen Parametern die Differenzen der Pflanzungen aufgezeigt sowie in Bezug zur vorausgegangen Vegetationsperiode 2018 gestellt. Zusätzlich erhobene Daten zeigen Verzweigungsgrad, Laubaustrieb-/abwurf, Leaf Area Index sowie thermografisches Stressverhalten. Der Ordnung der Ergebnisse liegt die alphabetische Anordnung der Versuchstandorte zugrunde, für Details zum Versuchsaufbau wird auf Kapitel 3 verwiesen.

### 4.2.1 Ergebnisse Grundparameter Gehölze

Die Grundparameter (Stammumfang, -durchmesser, Baumhöhe und Kronendurchmesser) der Gehölzpflanzungen wurden jeweils im April sowie im November der Vegetationsperiode 2019 erhoben. Die Entwicklung des Jahres 2019 wird aufgezeigt sowie ein Vergleich mit der Untersuchungsperiode 2018 angestellt.

#### Attemsgasse

In der Attemsgasse wurden die Parameter an vier Baumscheiben, ausgeführt mit der Substratvariante 13 mit jeweils einer Baumpflanzung der Baumart *Celtis australis*, gemessen (siehe Tabelle 17-20).

##### *Stammumfang*

Der Stammumfang hat Zuwachswerte im Bereich von 4,9-7,2 cm. Das Gehölz in der zweiten Baumscheibe hat den größten Zuwachs erreicht, während die erste Pflanzung den geringsten Zuwachs verzeichnet (Tabelle 17).

**Tabelle 17: Ergebnisse der Stammumfangsmessungen [cm] Attemsgasse 2019, Olesko 2020**

Stammumfang [cm]					
Attemsgasse 2019					
Nr.	SV	Gehölz	April	November	Zuwachs
1	SV 13	<i>Celtis australis</i>	24,6	29,5	4,9
2	SV 13	<i>Celtis australis</i>	24	31,2	7,2
3	SV 13	<i>Celtis australis</i>	24,7	31,2	6,5
4	SV 13	<i>Celtis australis</i>	23,2	30,2	7,0

Die Ergebnisse aus der Vegetationsperiode zeigen Zuwächse im Bereich von 1,3-2,1 cm. Die erhöhten Zuwachswerte können als Zeichen für den erfolgreichen Anwuchs der Gehölze in der Attemsgasse gewertet werden.

#### *Stammdurchmesser*

Die Ergebnisse der Stammdurchmesser-Erhebungen haben Werte zwischen 1,5-2,6 cm ergeben (Tabelle 18). Den höchsten Zuwachs wies die Baumpflanzung Nummer 4 auf, Baumpflanzung Nummer 1 weist den geringsten Zuwachs auf.

**Tabelle 18: Ergebnisse der Messungen des Stammdurchmesser [cm] Attemsgasse 2019, Olesko 2020**

Stammdurchmesser [cm]					
Attemsgasse 2019					
Nr.	SV	Gehölz	April	November	Zuwachs
1	SV 13	<i>Celtis australis</i>	7,5	9	1,5
2	SV 13	<i>Celtis australis</i>	7,8	9,8	2,0
3	SV 13	<i>Celtis australis</i>	7,9	9,8	1,9
4	SV 13	<i>Celtis australis</i>	7,3	9,9	2,6

Im Vergleich zur vorangegangenen Untersuchungsperiode 2018 mit Zuwächsen von 0,1-0,9 cm wurde bei den Messungen 2019 höhere Werte festgestellt. Während Baum 1 im Jahr 2018 den größten Zuwachs am Stammdurchmesser (0,9 cm) zeigte, wurden 2019 die geringsten Werte gemessen (1,5 cm).

#### *Baumhöhe*

Die Messungen der Baumhöhe 2019 zeigen Ergebnisse zwischen 0,1 cm Zuwachs bei Baumpflanzung 1 bis 0,6 cm Zuwachs bei Baumpflanzung 4 auf (Tabelle 19).

**Tabelle 19: Ergebnisse der Baumhöhenmessungen [m] Attemsgasse 2019, Olesko 2020**

Baumhöhe [m]					
Attemsgasse 2019					
Nr.	SV	Gehölz	April	November	Zuwachs
1	SV 13	<i>Celtis australis</i>	6,6	6,7	0,1
2	SV 13	<i>Celtis australis</i>	6,3	6,7	0,4
3	SV 13	<i>Celtis australis</i>	6,2	6,5	0,3
4	SV 13	<i>Celtis australis</i>	5,9	6,5	0,6

Die Ergebnisse sind im Vergleich zum Vorjahr 2018 geringer ausgefallen, wo zweimal Höhenzuwächse von 1,1 m sowie zweimal 1,2 m gemessen wurden. Der verringerte

Höhenzuwachs 2019 muss keine geringere Vitalität des Gehölzes aufzeigen, da der verstärkte Zuwachs des Stammes auf eine Wachstumsphase in die Breite und stätige Wachstumsleistung hinweist.

#### *Kronendurchmesser*

Baum 3 zeigt einen Kronendurchmesser-Zuwachs von 0,8 m, welches den geringsten Wert aufweist. Die Gehölzpflanzung 2 verzeichnet einen Zuwachs von 2,4 m (Tabelle 20).

**Tabelle 20: Ergebnisse der Messungen des Kronendurchmesser [m] Attemsgasse 2019, Olesko 2020**

Kronendurchmesser [m]					
Attemsgasse 2019					
Nr.	SV	Gehölz	April	November	Zuwachs
1	SV 13	<i>Celtis australis</i>	1,8	2,9	1,1
2	SV 13	<i>Celtis australis</i>	1,7	4,1	2,4
3	SV 13	<i>Celtis australis</i>	2	2,7	0,8
4	SV 13	<i>Celtis australis</i>	2	3	1,1

Drei von vier Ergebnisse des Zuwachses aus dem Jahr 2018 wurden in der Vegetationsperiode 2019 übertroffen. Baum 3 zeigt in beiden Jahren einen Zuwachs von 0,8 m. Die höchste Zuwachsleistung konnte in beiden Jahren bei Baum 2 gemessen werden, 2018 mit 1,4 m.

#### **Edith-Piaf-Straße**

In der Edith-Piaf-Straße wurden zwölf Baumpflanzungen vorgenommen. Pro Art sind jeweils zwei Bäume gesetzt, einmal in der Substratvariante 13 und einmal in der Substratvariante 12. Die Vergleiche der Zuwachsleistungen erfolgen innerhalb der Art, sichtbar in Tabelle 21-24 sowie anhand der Messungen des Vorjahres 2018.

#### *Stammumfang*

In vier von sechs Fällen kann bei den Pflanzungen in der Substratvariante 13 eine höhere Zuwachsleistung festgestellt werden (Tabelle 21). Bei den Pflanzungen 5 und 6, zwei Exemplare der *Fraxinus excelsior* 'Altena', wurde bei keiner Pflanzung Zuwachs gemessen. Die Gehölze der Art *Ulmus* 'New Horizon' zeigen den insgesamt größten Zuwachs mit 6,4 cm bei Pflanzung 7 in der Substratvariante 12. Die Pflanzungen 7-12, welche in der zweiten Sickermulde gesetzt sind, weisen insgesamt höhere Zuwachsleistungen auf.

**Tabelle 21: Ergebnisse der Messungen des Stammumfang [cm] Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020**

Stammumfang [cm]					
Edith-Piaf-Straße 2019					
Nr.	SV	Gehölz	April	November	Zuwachs
1	SV 13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	30,0	31,0	1
2	SV 12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	26,0	26,0	0
3	SV 13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	24,6	25,0	0,4
4	SV 12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	25,5	25,5	0
5	SV 13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	30,8	30,8	0
6	SV 12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	29,8	29,8	0
7	SV 12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	23,9	30,3	6,4
8	SV 13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	25,6	27,2	1,6
9	SV 12	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	21,0	22,0	1
10	SV 13	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	21,4	23,5	2,1
11	SV 12	<i>Celtis australis</i>	23,4	24,8	1,4
12	SV 13	<i>Celtis australis</i>	23,3	25,5	2,2

Die Ergebnisse des Stammumfangs der Vorjahresmessung 2018 zeigen einen höheren Zuwachs der Pflanzungen in der Substratvariante 13 bei vier von sechs Messungen an Baumstandort 1 bis 8. Bei den Messungen der Gehölze 9 bis 12 haben die Bäume in der Substratvariante 12 stärker an Umfang zugelegt. In den Vorjahresmessungen sind von allen zwölf Messungen insgesamt zwei mit einer Zuwachsleistung gleich oder über 1 cm, während das in der Untersuchungsperiode 2019 bei 7 Gehölzen der Fall ist.

#### *Stammdurchmesser*

Die Ergebnisse der Stammdurchmesser am Standort Edith-Piaf-Straße können in drei Gruppen gefasst werden (Tabelle 22). Je zwei Messungen haben in der Substratvariante 13 höheren Zuwachs, jeweils zwei haben diesen in der Substratvariante 12 und jeweils zwei Messungen lieferten die gleichen Zuwachsergebnisse innerhalb der Vergleichspflanzung (Baumpflanzung 3-6). Den höchsten Zuwachs weist die Pflanzung 7 *Ulmus* 'New Horizon' in Substratvariante 12 mit 2 cm auf. Es erreichen zwei Messungen einen Zuwachs über 0,5 cm, sechs Messungen unter 0,5 cm und bei vier Gehölzen wurde kein Zuwachs gemessen.

**Tabelle 22: Ergebnisse der Messungen des Stammumfang [cm] Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020**

Stammdurchmesser [cm]					
Edith-Piaf-Straße 2019					
Nr.	SV	Gehölz	April	November	Zuwachs
1	SV 13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	9,7	9,8	0,1
2	SV 12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	8,2	8,2	0,0
3	SV 13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	7,5	7,7	0,2
4	SV 12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	7,4	7,6	0,2
5	SV 13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	9,5	9,5	0,0
6	SV 12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	9,5	9,5	0,0
7	SV 12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	7,9	9,9	2,0
8	SV 13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	9,0	9,0	0,0
9	SV 12	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	6,3	6,6	0,3
10	SV 13	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	6,9	7,4	0,5
11	SV 12	<i>Celtis australis</i>	7,4	7,8	0,4
12	SV 13	<i>Celtis australis</i>	7,5	7,8	0,3

Im Jahr 2018 wurden bei den Messungen bei fünf von sechs Vergleichsfällen eine höhere Zuwachsleistung bei der Substratvariante 13 festgestellt. Bei dem Gehölz 8, *Ulmus* 'New Horizon', wurde der größte Zuwachs und einzige über 1 cm mit 1,5 cm festgestellt. Vier Ergebnisse liegen mit der Zuwachsleistung zwischen 0,5-1 cm, sechs zwischen 0,1-0,4 cm. Nur eine Messung bei Baumpflanzung 5 *Fraxinus excelsior* 'Altena' weist keinen Zuwachs auf.

## Baumhöhe

Die Baumhöhen der Untersuchungsperiode 2019 zeigen ein gleichmäßig verteiltes Ergebnis (Tabelle 23). Sowohl Substratvariante 12 als auch 13 weisen zweimal einen höheren Zuwachs des jeweiligen Gehölzes auf, in den Fällen der Baumpflanzungen 3 und 4 sowie 7 und 8 ist der Zuwachs beider Pflanzungen gleich. Den größten Höhengewinn verzeichnet die Baumpflanzung 10 *Gledithsia triacanthos* 'Skyline' in der Substratvariante 13 mit 1,4 m Zuwachs. Der geringste Zuwachs ist bei der Pflanzung 1 *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' in der Substratvariante 13 mit 0,1 m gemessen worden.

**Tabelle 23: Ergebnisse der Baumhöhenmessung [m] Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020**

Baumhöhe [m]					
Edith-Piaf-Straße 2019					
Nr.	SV	Gehölz	April	November	Zuwachs
1	SV 13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	6,7	6,8	0,1
2	SV 12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	6,7	7,3	0,6
3	SV 13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	5,8	6,2	0,4
4	SV 12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	6,3	6,7	0,4
5	SV 13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	7,2	8,0	0,8
6	SV 12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	6,9	7,8	0,9
7	SV 12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	5,8	6,5	0,7
8	SV 13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	6,3	7,0	0,7
9	SV 12	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	6,9	7,5	0,6
10	SV 13	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	6,4	7,8	1,4
11	SV 12	<i>Celtis australis</i>	6,4	7,1	0,7
12	SV 13	<i>Celtis australis</i>	6,2	6,8	0,6

Den maximalen Zuwachs der Messungen 2018 erreicht die Baumpflanzung 12 mit 1 m. Insgesamt zeigen Ergebnisse aus dem Vorjahr drei Messungen mit höherem Zuwachs in Substratvariante 13, zwei Messungen mit höherem Zuwachs in Variante 12 sowie einen gleichstarken Zuwachs bei den Pflanzungen 7 und 8, im Vorjahr mit 0,5 m.

## Kronendurchmesser

Der Zuwachs des Kronendurchmessers in der Edith-Piaf-Straße ist ein stark objekt-, messungs- und umstands-bezogener Parameter. Das bedeutet, Unschärfen können sich durch Messungsausrichtung, Umwelteinflüsse oder Schäden am Objekt ergeben. Dies kann die vier negativen Messungen 2019 beim Kronendurchmesser erklären. Die Zuwachsleistung der restlichen Bäume reicht von 0 bis 0,6 m, wobei beide Baumpflanzungen der *Ulmus* 'New Horizon' den größten Zuwachs verzeichnen (Tabelle 24).

**Tabelle 24: Ergebnisse der Messungen des Kronendurchmesser [m] Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020**

Kronendurchmesser [m]					
Edith-Piaf-Straße 2019					
Nr.	SV	Gehölz	April	November	Zuwachs
1	SV 13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	1,7	1,8	0,1
2	SV 12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	1,7	1,6	-0,1
3	SV 13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	3,2	2,7	-0,5
4	SV 12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	2,5	2,4	-0,1
5	SV 13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	1,6	1,6	0,0
6	SV 12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	2,0	1,8	-0,2
7	SV 12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	1,9	2,0	0,1
8	SV 13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	1,7	1,7	0,0
9	SV 12	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	1,6	2,2	0,6
10	SV 13	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	1,8	2,4	0,6
11	SV 12	<i>Celtis australis</i>	1,5	1,9	0,4
12	SV 13	<i>Celtis australis</i>	1,4	1,8	0,4

In der Untersuchungsperiode 2018 wurden Zuwachsleistungen des Kronendurchmessers von 0 bis 0,3 m gemessen. Den geringsten Zuwachs von jeweils 0 m konnte bei den Baumpflanzungen der *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' (1-2) festgestellt werden.

### **Kuchelauer Hafen Sickermulde 8**

Die Baumart *Celtis australis* wurde elfmal in der Sickermulde 8 am Standort Kuchelauer Hafen in fünf unterschiedlichen Substratkombinationen angepflanzt. Die Zuwachsleistungen werden in den Tabelle 25-28 aufgezeigt, relevante Ergebnisse textlich hervorgehoben und die Daten mit den Messungen aus der Untersuchungsperiode 2018 verglichen.

#### *Stammumfang*

Der Stammumfang wurde im April und November gemessen. Die Zuwächse in der Sickermulde 8 des Kuchelauer Hafens im Jahr 2019 zeigen als geringsten Wert Baum 11 in Substratvariante 15 mit 0,9 cm Zuwachs (Tabelle 25). Den höchsten Zuwachs verzeichnet Baum 9 in der Substratvariante 12 mit 5,6 cm, gefolgt von Baum 4 in der Substratvariante 15 mit 2,0 cm Zuwachs.

**Tabelle 25: Ergebnisse der Messungen des Stammumfang [cm] Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020**

Stammumfang [cm]					
Kuchelauer Hafen 2019					
Nr.	SV	Gehölz	April	November	Zuwachs
1	SV 16	<i>Celtis australis</i>	25,2	27,0	1,8
2	SV 16	<i>Celtis australis</i>	24,6	26,3	1,7
3	SV 16	<i>Celtis australis</i>	25,4	26,9	1,5
4	SV 15	<i>Celtis australis</i>	27,1	29,1	2,0
5	SV 14	<i>Celtis australis</i>	22,0	23,3	1,3
6	SV 14	<i>Celtis australis</i>	25,4	26,7	1,3
7	SV 13	<i>Celtis australis</i>	26,2	27,9	1,7
8	SV 12	<i>Celtis australis</i>	26,7	27,8	1,1
9	SV 12	<i>Celtis australis</i>	24,0	29,6	5,6
10	SV 13	<i>Celtis australis</i>	26,5	27,8	1,3
11	SV 15	<i>Celtis australis</i>	26,0	26,9	0,9

Die Zuwachsleistungen der Erhebung aus dem Vorjahr verzeichnen einen maximalen Zuwachs von 0,7 cm sowie einen minimalen Zuwachs von 0,2 cm. Der höchste Zuwachs wurde 2018 bei Pflanzung 6 festgestellt, welche im Untersuchungsjahr 2019 in den unteren Bereichen der Zuwachsleistung liegt.

#### Stammdurchmesser

Bei dem Parameter Stammdurchmesser legten die Gehölze zwischen 0 und 0,4 cm zu (Tabelle 26). Zwei Pflanzungen weisen dabei einen Zuwachs von 0,4 auf, die Pflanzung 4 in Substratvariante 15 sowie die Pflanzung 10 in Substratvariante 13. Beide Pflanzungen in Substratvariante 12 (8 und 9) zeigen keinen Zuwachs.

**Tabelle 26: Ergebnisse der Messungen des Stammdurchmesser [cm] Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020**

Stammdurchmesser [cm]					
Kuchelauer Hafen 2019					
Nr.	SV	Gehölz	April	November	Zuwachs
1	SV 16	<i>Celtis australis</i>	7,9	8,0	0,1
2	SV 16	<i>Celtis australis</i>	7,5	7,8	0,3
3	SV 16	<i>Celtis australis</i>	8,0	8,2	0,2
4	SV 15	<i>Celtis australis</i>	8,1	8,5	0,4
5	SV 14	<i>Celtis australis</i>	6,9	7,1	0,2
6	SV 14	<i>Celtis australis</i>	8,1	8,2	0,1
7	SV 13	<i>Celtis australis</i>	8,2	8,5	0,3
8	SV 12	<i>Celtis australis</i>	8,2	8,2	0,0
9	SV 12	<i>Celtis australis</i>	7,8	7,8	0,0
10	SV 13	<i>Celtis australis</i>	8,5	8,9	0,4
11	SV 15	<i>Celtis australis</i>	8,1	8,3	0,2

Die Ergebnisse von 2018 weisen Zuwachsleistungen zwischen 0-1 cm aus. Baum 1 in der Substratvariante 16 zeigt einen Zuwachs von 1 cm, drei Messungen haben keinen

Zuwachs. Dies sind beide Pflanzungen der Substratvariante 14 (5 und 6) sowie Baum 1, welcher in Substratvariante 15 gepflanzt ist.

### *Baumhöhe*

Die Baumhöhe in der Sickersmulde 8 des Versuchsstandortes Kuchelauer Hafen erzielt Zuwachsleistungen von 0-0,4 m sowie einen Höhenverlust von 0,3 m (Tabelle 27). Die Messung an Baum 6 in der Substratvariante 14 viel im Herbst um 0,3 m geringer aus als jene im Frühjahr. Keinen Gewinn an Höhe wurde bei Pflanzung 1, 4, 5 sowie 9 festgestellt, jeweils in unterschiedlichen Substratvarianten. Die größten Zuwachsleistungen zeigten sich bei beiden Pflanzungen in der Substratvariante 13, wo Baum 7 sowie 10 jeweils 0,4 m zulegen konnten.

**Tabelle 27: Ergebnisse der Messungen des Baumhöhe [m] Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020**

<b>Baumhöhe [m]</b>					
<b>Kuchelauer Hafen 2019</b>					
Nr.	SV	Gehölz	April	November	Zuwachs
1	SV 16	<i>Celtis australis</i>	6,3	6,3	0,0
2	SV 16	<i>Celtis australis</i>	5,8	5,9	0,1
3	SV 16	<i>Celtis australis</i>	6,0	6,2	0,2
4	SV 15	<i>Celtis australis</i>	6,0	6,0	0,0
5	SV 14	<i>Celtis australis</i>	5,7	5,7	0,0
6	SV 14	<i>Celtis australis</i>	6,4	6,1	-0,3
7	SV 13	<i>Celtis australis</i>	5,8	6,2	0,4
8	SV 12	<i>Celtis australis</i>	6,2	6,4	0,2
9	SV 12	<i>Celtis australis</i>	5,4	5,4	0,0
10	SV 13	<i>Celtis australis</i>	5,6	6,0	0,4
11	SV 15	<i>Celtis australis</i>	5,9	6,2	0,3

Die Messungen aus dem Vorjahr weisen Baum 6 in der Substratvariante 14 als denjenigen mit dem größten Zuwachs von 1,1 m aus. Die Ergebnisse der Baumhöhe liegen 2018 zwischen 0,5-1,1 m.

### *Kronendurchmesser*

Die Ergebnisse zum Zuwachs des Kronendurchmessers liegen 2019 zwischen 0,2-0,7 m (Tabelle 28). Die höchste Zuwachsleistung hat Baumpflanzung 6 mit 0,7 m in der Substratvariante 14 erreicht, den geringsten Zuwachs weist Baum 7 in der Substratvariante 13 mit 0,2 m auf.

**Tabelle 28: Ergebnisse der Messungen des Kronendurchmesser [m] Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020**

Kronendurchmesser [m]					
Kuchelauer Hafen 2019					
Nr.	SV	Gehölz	April	November	Zuwachs
1	SV 16	<i>Celtis australis</i>	1,9	2,5	0,6
2	SV 16	<i>Celtis australis</i>	2,0	2,4	0,4
3	SV 16	<i>Celtis australis</i>	1,6	1,9	0,3
4	SV 15	<i>Celtis australis</i>	2,3	2,7	0,4
5	SV 14	<i>Celtis australis</i>	1,6	2,2	0,6
6	SV 14	<i>Celtis australis</i>	1,4	2,1	0,7
7	SV 13	<i>Celtis australis</i>	2,4	2,6	0,2
8	SV 12	<i>Celtis australis</i>	1,7	2,0	0,3
9	SV 12	<i>Celtis australis</i>	1,3	1,7	0,4
10	SV 13	<i>Celtis australis</i>	1,6	2,1	0,5
11	SV 15	<i>Celtis australis</i>	1,7	2,2	0,5

Im Jahr 2018 zeigen sich Zuwachsleistungen von 0-0,3 m. Die drei Pflanzungen mit dem höchsten Zuwachs waren Baum 1, 6 und 7 in unterschiedlichen Substratvarianten.

#### 4.2.2 Ergebnisse Triebblängen Gehölze

Zur Messung der Entwicklung des Triebblängenwachstums der Gehölze wurden pro Pflanzung fünf Erhebungen im November durchgeführt. Aus den fünf Messungen wurde ein vergleichbarer Durchschnitt ermittelt. Die Daten aus der Vegetationsperiode 2019 werden mit der Entwicklung aus 2018 verglichen.

##### Attemsgasse

Das Wachstum der Triebblängen beträgt 2019 in der Attemsgasse zwischen 24 und 44,4 cm. Pflanzung 1 zeigt das geringste Wachstum, Baum 2 weist die längsten Triebe auf (Tabelle 29).

**Tabelle 29: Ergebnisse des Triebblängenwachstum [cm] Attemsgasse 2019, Olesko 2020**

Triebblängenwachstum [cm]			
Attemsgasse 2019			
Nr.	SV	Gehölz	∅
1	SV 13	<i>Celtis australis</i>	24,0
2	SV 13	<i>Celtis australis</i>	44,4
3	SV 13	<i>Celtis australis</i>	26,5
4	SV 13	<i>Celtis australis</i>	27,8

Dieser Parameter zeigt 2018 Werte zwischen 34 (Baum 1 und 3) und 39 cm (Baum 2). Während Baum 2 in der Periode 2019 weiter zulegt, weisen Baum 1, 3 und 4 geringere Wachstumswerte als im Vorjahr auf.

## Edith-Piaf-Straße

In der Edith-Piaf-Straße zeigen sich innerhalb der Baumart große Unterschiede des Trieb­längenwachstums beim Standort 9 und 10 *Gledithsia triacanthos* 'Skyline'. In der Substratvariante 13 sind die Trieb­längen fast um das Doppelte länger als in der Substratvariante 12. Auch bei den Pflanzungen 1 und 2 liegt die Messung der Trieb­länge im Substrat 13 um mehr als 100 % über der Messung im Substrat 12. Sehr geringe Zuwächse weisen die Pflanzungen 5 und 6 auf (Tabelle 30).

**Tabelle 30: Ergebnisse des Trieb­längenwachstums [cm] Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020**

Trieb­längenwachstum [cm]			
Edith-Piaf-Straße 2019			
Nr.	SV	Gehölz	∅
1	SV 13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	11
2	SV 12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	5
3	SV 13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	23
4	SV 12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	20
5	SV 13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	3
6	SV 12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	2
7	SV 12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	21
8	SV 13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	28
9	SV 12	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	29
10	SV 13	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	57
11	SV 12	<i>Celtis australis</i>	13
12	SV 13	<i>Celtis australis</i>	13

Bei den Messungen 2018 lassen sich keine starken Schwankungen innerhalb der Gehölzarten feststellen. Die Pflanzungen 3-6 weisen mit zwei und drei Zentimetern die geringsten Zuwächse der Trieb­längen in der Edith-Piaf-Straße 2018 aus.

## Kuchelauer Hafen Sickermulde 8

Die Triebblängenwachstumsmessungen variierten im Kuchelauer Hafen 2019 von 10 cm Zuwachs bei Baum 9 bis zu 30 cm Zuwachs bei Gehölz 2 (Tabelle 31).

**Tabelle 31: Ergebnisse des Triebblängenwachstums [cm] Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020**

Triebblängenwachstum [cm]			
Kuchelauer Hafen 2019			
Nr.	SV	Gehölz	∅
1	SV 16	<i>Celtis australis</i>	23
2	SV 16	<i>Celtis australis</i>	30
3	SV 16	<i>Celtis australis</i>	21
4	SV 15	<i>Celtis australis</i>	28
5	SV 14	<i>Celtis australis</i>	23
6	SV 14	<i>Celtis australis</i>	18
7	SV 13	<i>Celtis australis</i>	24
8	SV 12	<i>Celtis australis</i>	11
9	SV 12	<i>Celtis australis</i>	10
10	SV 13	<i>Celtis australis</i>	28
11	SV 15	<i>Celtis australis</i>	27

2018 war der geringste Zuwachs bei Baum 7 mit 17 cm festzustellen, der größte Zuwachs mit 24 cm bei Baum 1. Die Entwicklung im Jahr 2019 ist diverser als im Jahr 2018.

### 4.2.3 Ergebnisse Schäden Gehölze

Für die Aufnahme der Schäden an den Gehölzen wurden Schadensmerkmale in den Bereich Krone, Stamm und Wurzel unterteilt. Die Aufnahmen erfolgten monatlich zwischen April und November. Die Bereiche wurden auf die Schadbilder untersucht, für die Auswertung wird die maximale Anzahl der Schäden pro Abschnitt festgestellt und der Maximalwert dargestellt.

#### Attemsgasse

Die Erhebung der Schäden in der Attemsgasse zeigt (Tabelle 32), dass drei von vier Gehölzen in der Krone maximal 7 Schadbilder trugen, nur Gehölz 3 zeigte 6. Am Stamm wurden zwischen ein und drei Schäden maximal festgestellt, im Wurzelbereich wurden bei der Pflanzung 1 zwei Schadbilder aufgenommen, während die restlichen Pflanzungen keine Schäden im Bereich der Wurzel aufweisen.

**Tabelle 32: Ergebnisse der Schadenserhebung (max. Anzahl) Attemsgasse 2019, Olesko 2020**

Schäden					
Attemsgasse 2019					
Nr.	SV	Gehölz	Krone	Stamm	Wurzel
1	SV 13	<i>Celtis australis</i>	7	3	2
2	SV 13	<i>Celtis australis</i>	7	2	0
3	SV 13	<i>Celtis australis</i>	6	3	0
4	SV 13	<i>Celtis australis</i>	7	1	0

Die Schadenserhebung aus der Untersuchungsperiode 2018 zeigt maximal fünf Schäden der Krone am Baumstandort 1, während die restlichen Gehölze 4 aufweisen. Am Stamm wurden jeweils 3 Schadensmerkmale festgestellt, im Wurzelbereich kam ein Schadensfall bei Gehölz 1 zum Tragen. Es lassen sich demnach vermehrt Schäden im Kronenbereich feststellen, während Stammschäden zum Teil rückläufig sind. Die Wurzelschäden für Baum 1 steigen, während die restlichen Pflanzungen nach wie vor unbeeinträchtigt sind.

### Edith-Piaf-Straße

In der Edith-Piaf-Straße wurden 2019 bei den Erhebungen der Schäden im Kronenbereich zwischen zehn und fünf Fällen aufgenommen, am Stamm zwischen eins und vier (Tabelle 33). Der Wurzelbereich weist ein Spektrum von null bis zwei Schadensfällen auf. Der am stärksten von Kronenschäden betroffene Baum ist die Pflanzung *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' 2 mit maximal 10 Schadfällen. Mit 5 Schäden weist Baum 4 *Acer campestre* 'Elsrijk' die geringste Anzahl von maximalen Schäden in der Krone auf. Bei den Pflanzungen von 1-8 traten jeweils maximal drei Stammschäden auf. Die Pflanzungen der *Gledithsia triacanthos* 'Skyline' 9-10 zeigten jeweils maximal 4 Stammschäden, während die 11. und 12. *Celtis australis* Pflanzungen die geringsten Schäden im Stammbereich mit zwei und einem Fall aufwiesen. Zwei Wurzelschäden zeigt die erste Pflanzung des Versuchstandortes als auch die Pflanzung 12, jeweils einen Schadensfall wurden bei dem Gehölz 2 und 3 erhoben.

**Tabelle 33: Ergebnisse der Schadenserhebung (max. Anzahl) Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020**

Schäden					
Edith-Piaf-Straße 2019					
Nr.	SV	Gehölz	Krone	Stamm	Wurzel
1	SV 13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	7	3	2
2	SV 12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	10	3	1
3	SV 13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	6	3	1
4	SV 12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	5	3	0
5	SV 13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	8	3	0
6	SV 12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	7	3	0
7	SV 12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	6	3	0
8	SV 13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	9	3	0
9	SV 12	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	6	4	2
10	SV 13	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	6	4	0
11	SV 12	<i>Celtis australis</i>	7	2	0
12	SV 13	<i>Celtis australis</i>	8	1	0

Im Gegensatz zu den Ergebnissen des Vorjahres ist die maximale Anzahl der Kronenschäden gestiegen, welche 2018 noch bei sechs Schadfällen lag. Auch bei den Stamm-

schäden ist ein Anstieg festzustellen, wobei auch 2018 die beiden höchsten Fälle vier Schäden aufwiesen, jedoch wurden nur bei zwei Pflanzungen drei Schadensfälle festgestellt, die restlichen zeigten zwei Schadensfälle bis auf die Pflanzungen 11-12, die 2018 jeweils nur einen Stammschaden aufgewiesen haben. Im Wurzelbereich wurden im Vorjahr an fünf Gehölzen Einzelschäden festgestellt, nur bei der ersten Pflanzung wurden zwei Schäden festgestellt.

### Kuchelauer Hafen Sickermulde 8

Die maximale Anzahl der Schäden im Kronenbereich liegt bei den Messungen 2019 im Kuchelauer Hafen im Durchschnitt zwischen sechs und acht Fällen, lediglich Baum 12 weist eine Anzahl von zwölf Schadfällen in der Krone auf. Im Stammbereich wurden sechsmal jeweils drei Schäden erhoben, fünfmal waren es zwei Schäden. Im Wurzelbereich gab es eine Aufnahme eines einzelnen Schadens, sowie drei Pflanzungen, welche jeweils zwei Schadbilder getragen haben (Tabelle 34).

**Tabelle 34: Ergebnisse der Schadenserhebung (max. Anzahl) Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020**

Schäden					
Kuchelauer Hafen 2019					
Nr.	SV	Gehölz	Krone	Stamm	Wurzel
1	SV 16	<i>Celtis australis</i>	8	3	0
2	SV 16	<i>Celtis australis</i>	7	3	0
3	SV 16	<i>Celtis australis</i>	7	3	0
4	SV 15	<i>Celtis australis</i>	6	3	0
5	SV 14	<i>Celtis australis</i>	7	2	0
6	SV 14	<i>Celtis australis</i>	7	3	0
7	SV 13	<i>Celtis australis</i>	6	3	1
8	SV 12	<i>Celtis australis</i>	8	2	2
9	SV 12	<i>Celtis australis</i>	11	2	2
10	SV 13	<i>Celtis australis</i>	6	2	0
11	SV 15	<i>Celtis australis</i>	8	2	2

Die maximale Anzahl der Schadereignisse bei den Erhebungen 2018 lag im Kronenbereich zwischen drei und fünf, wobei ein Gehölz drei Schäden aufwies, sechs Gehölze wurden mit maximal vier Schadfällen aufgenommen und vier Gehölzpflanzungen zeigten fünf Schadensfälle im Kronenbereich. Im Stammbereich wurde 2018 dreimal kein Schaden aufgenommen, fünfmal wurde ein Schaden aufgezeichnet und in drei Fällen wurden zwei Schäden festgestellt. Bei den Wurzeln zeigen sich an fünf Baumpflanzungen jeweils ein Schadensfall, die restlichen Bäume waren schadensfrei. Ein Anstieg der Schäden im Vergleich zum Vorjahr ist feststellbar.

#### 4.2.4 Ergebnisse Vitalität Gehölze

Die Ergebnisse der Messungen liefern Aussagen über die Vitalität der Gehölze in den Sickermulden und Baumscheiben über eine Vegetationsperiode hinweg. Angewandt wurde ein angepasstes System nach Roloff (2015), näheres dazu in Kapitel 3.1.2. Die Erhebung

der Vitalität erfolgte einmal im Monat in Stufen von 0 (vollkommen vitale, unbeschädigte Laubbäume) bis 4 (abgestorbene Bäume mit keiner erkennbaren Vitalität). Der Durchschnitt der Messungen der Untersuchungsperiode 2019 (Tabelle 35-38) werden textlich mit den Ergebnissen aus dem Vorjahr verglichen.

### Attemsgasse

Die Vitalität der Gehölze in der Attemsgasse 2019 beträgt durchschnittlich 0-1 (Tabelle 35).

**Tabelle 35: Ergebnisse der Vitalitätserhebung Attemsgasse 2019, Olesko 2020**

Vitalität											
Attemsgasse 04.-11.2019											
Nr.	SV	Gehölz	04.	05.	06.	07.	08.	09.	10.	11.	Ø
1	SV 13	<i>Celtis australis</i>	1	0-1	0-1	0-1	0	0-1	1	0	<b>0,5</b>
2	SV 13	<i>Celtis australis</i>	0-1	0	0	0-1	0	0-1	1	0-1	<b>0,4</b>
3	SV 13	<i>Celtis australis</i>	0-1	0-1	0-1	1	0	0	0-1	0	<b>0,4</b>
4	SV 13	<i>Celtis australis</i>	1	0-1	0-1	0-1	0	0	1	0-1	<b>0,5</b>

Die Vitalitätsbewertung im Jahr 2018 lässt ebenfalls eine Klassifizierung von durchschnittlich 0-1 zu, wobei die Werte hier zwischen 0,2 (Baum 2) sowie 0,3 (Baum 1, 3 und 4) betragen. 2019 wurden die Bäume demnach im Durchschnitt als weniger vital eingestuft.

### Edith-Piaf-Straße

In der Edith-Piaf-Straße zeigen die Ergebnisse der Vitalitätsbewertung 2019 eine Bandbreite von 0,9-3, was den Vitalitätsstufen von 1 bis 3 zugeordnet werden kann (Tabelle 36). Die im Durchschnitt als vitalsten eingestuftes Gehölze sind die Pflanzungen 3 und 4 *Acer campestre* 'Elsrijk' mit einer Vitalitätsstufe von 1. Als Pflanzung mit geminderter Vitalität wird der *Celtis australis*, Baum 11 eingestuft. Auch Baum 1 und 2 weisen keine sehr hohe Vitalität auf.

**Tabelle 36: Ergebnisse der Vitalitätserhebung Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020**

Vitalität											
Edith-Piaf-Straße 04.-11.2019											
Nr.	SV	Gehölz	04.	05.	06.	07.	08.	09.	10.	11.	Ø
1	SV 13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	2	2-3	2	2-3	2	3	2-3	2	<b>2,6</b>
2	SV 12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	2	3	2-3	3	3	3-4	3-4	3	<b>2,9</b>
3	SV 13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0	0-1	0	0	2	2	1-2	1	<b>0,9</b>
4	SV 12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0	1	0-1	1-2	0-1	2	0-1	1	<b>0,9</b>
5	SV 13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0-1	2-3	2-3	2	3	2	2-3	1-2	<b>1,9</b>
6	SV 12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	1	2-3	2	2-3	2-3	1	2	2	<b>2,1</b>
7	SV 12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	2	2-3	3	1-2	0-1	3	0-1	1	<b>1,7</b>
8	SV 13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	2-3	3	3	2	2	3	1-2	1-2	<b>2,0</b>
9	SV 12	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	1-2	1	0-1	1-2	1-2	2-3	2	1-2	<b>1,5</b>
10	SV 13	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	1	0	0	1-2	1-2	3	1-2	0-1	<b>1,6</b>
11	SV 12	<i>Celtis australis</i>	3	3	3	3-4	2-3	3-4	2-3	2	<b>3,0</b>
12	SV 13	<i>Celtis australis</i>	2-3	2	2-3	3	2	2-3	2	1-2	<b>2,2</b>

Im Untersuchungsjahr 2018 variieren die Werte von 0,3 (Baum 4) bis 2,5 (Baum 11). Insgesamt wurden die Bäume 2019 als weniger vital beurteilt.

### Kuchelauer Hafen Sickermulde 8

Die Vitalität im Kuchelauer Hafen weist Werte zwischen 0,7 (Baum 10) bis 3,3 (Baum 12) auf (Tabelle 37).

**Tabelle 37: Ergebnisse der Vitalitätserhebung Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020**

Vitalität											
Kuchelauer Hafen 04.-11.2019											
Nr.	SV	Gehölz	04.	05.	06.	07.	08.	09.	10.	11.	Ø
1	SV 16	<i>Celtis australis</i>	1	1-2	0-1	1	0-1	1	1-2	2-3	<b>1,2</b>
2	SV 16	<i>Celtis australis</i>	0-1	2	0-1	0-1	0-1	1	1,0	2-3	<b>0,9</b>
3	SV 16	<i>Celtis australis</i>	1-2	2-3	2	2	1-2	1-2	2,0	2-3	<b>1,9</b>
4	SV 15	<i>Celtis australis</i>	1-2	2	0	1	0-1	1	1,0	1-2	<b>1,1</b>
5	SV 14	<i>Celtis australis</i>	2	2-3	1-2	2	2	2	2-3	2	<b>2,1</b>
6	SV 14	<i>Celtis australis</i>	1-2	2	0-1	0-1	1	1	2,0	1-2	<b>1,2</b>
7	SV 13	<i>Celtis australis</i>	1	1-2	0-1	1	0-1	1-2	2-3	1-2	<b>1,3</b>
8	SV 12	<i>Celtis australis</i>	2	3	3-4	3-4	3-4	3	3-4	3-4	<b>3,2</b>
9	SV 12	<i>Celtis australis</i>	2	3-4	3-4	3-4	3-4	3	3-4	3-4	<b>3,3</b>
10	SV 13	<i>Celtis australis</i>	1	1	0-1	1	0-1	0	1-2	0-1	<b>0,7</b>
11	SV 15	<i>Celtis australis</i>	2	1-2	1	1-2	2	0	2,0	1	<b>1,3</b>

Im Vorjahr 2018 wurden zweimal Werte von 0,8 bei Pflanzung 7 sowie 4 als vitalste Werte festgestellt, die geringste Vitalität weist mit 2,0 die Pflanzung 5 auf.

#### 4.2.5 Ergebnisse Blattprobenanalyse Gehölze

Die Werbung der Blattproben und deren Untersuchung auf das NaCl-Gehalt erfolgt im Mai 2019. Die Ergebnisse sollen Antworten bezüglich der Forschungsfragen zum Verhalten der Gehölze auf Streusalz (NaCl) geben.

##### Attemsgasse

Den geringsten Natriumgehalt wies Baumpflanzung 3 in der Attemsgasse 2019 auf, gefolgt von Baumpflanzung 4. Im Fall des Chloridgehalts verhält es sich umgekehrt, Baum 4 zeigt den niedrigsten Wert, darauf folgt Baum 3 (Tabelle 38).

**Tabelle 38: Auswertung zu Natrium- und Chloridgehalt [mg/L] der Blattmasse Attemsgasse 2019, Olesko 2020**

Blattprobenanalyse					
Attemsgasse 2019					
Nr.	SV	Gehölz	Natrium [mg/L]	Chlorid [mg/L]	Cl : Na Verhältnis
1	SV 13	<i>Celtis australis</i>	4,94	5,03	1:1,0
2	SV 13	<i>Celtis australis</i>	5,13	4,55	1:0,9
3	SV 13	<i>Celtis australis</i>	3,27	3,69	1:1,1
4	SV 13	<i>Celtis australis</i>	3,60	3,57	1:1

Im Gegenzug der Vorjahresmessung sind die Natriumwerte leicht gestiegen. Liegen sie 2018 noch zwischen 1,8 und 3,3 mg/L, so liegt der geringste Wert 2019 nur knapp unter dem höchsten Natriumwert 2018. Der Chloridgehalt ist rapide zurückgegangen. 2018 wurden Werte zwischen 24,8-36,7 mg/L gemessen, zum Teil also die 10-fache Menge als 2019.

##### Edith-Piaf-Straße

Der Natriumgehalt der Blattproben von Pflanzungen in der Substratvariante 13 sind in vier von sechs Fällen höher, wie auch bei den Chloridwerten (Tabelle 39). Den geringsten Na-Wert zeigt Baumpflanzung 4, den höchsten die Vergleichsbaumpflanzung 3. Den niedrigsten Chloridgehalt weist Baumpflanzung 2 auf, während Baumpflanzung 7 den höchsten Chloridwert hat.

**Tabelle 39: Auswertung zu Natrium- und Chloridgehalt [mg/L] der Blattmasse Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020**

Blattprobenanalyse					
Edith-Piaf-Straße 2019					
Nr.	SV	Gehölz	Natrium [mg/L]	Chlorid [mg/L]	Cl : Na Verhältnis
1	SV 13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	2,17	0,73	1:0,3
2	SV 12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	1,88	0,63	1:0,3
3	SV 13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	2,49	1,57	1:0,6
4	SV 12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,96	2,08	1:2,2
5	SV 13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	1,70	7,07	1:4,1
6	SV 12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	2,38	3,62	1:1,5
7	SV 12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	0,99	7,08	1:7,2
8	SV 13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	1,96	4,29	1:2,2
9	SV 12	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	2,02	1,35	1:0,7
10	SV 13	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	2,39	3,42	1:1,4
11	SV 12	<i>Celtis australis</i>	1,33	2,36	1:1,8
12	SV 13	<i>Celtis australis</i>	2,20	2,70	1:1,2

Den höchsten Gehalt an Natrium hat 2018 Baumpflanzung 3 mit 5,07 mg/L. Die gleiche Pflanzung weist mit 2,40 mg/L den höchsten Natriumgehalt 2019 auf. Der niedrigste Wert wurde 2018 bei Baumpflanzung 10 mit 1,29 mg/L (gleicher Baum 2019 hat 2,39 mg/L), während 2019 das geringste Natriumgehalt von 0,96 mg/L die Pflanzung 4 aufweist (2018 sind es 3,20 mg/L). Die Chloridwerte sind 2018 in einem Bereich zwischen 4,87-29,34 mg/L gemessen worden (Baum 5 sowie Baum 9), während Chlorid in den Blättern 2019 zwischen 0,63 und 7,07 mg/L beträgt (Baum 2 sowie 5).

#### **Kuchelauer Hafen Sickermulde 8**

Die Blattprobenanalysen des Standorts Kuchelauer Hafen zeigen 2019 Werte des Natriumgehalts zwischen 2,23 mg/L (Pflanzung 2) bis 6,47 mg/L (Pflanzung 10). Der Chloridgehalt variiert zwischen 2,93 mg/L (Pflanzung 11) in kleinen Schritten bis zu den drei höchsten Werten. Baumpflanzung 6 weist 7,46 mg/L auf, gefolgt von Baumpflanzung 8 mit 12,37 mg/L und Baumpflanzung 9 mit dem Höchstwert von Chlorid in der Blattmasse mit 91,25 mg/L (Tabelle 40).

Da die Pflanzung erst in den Sommermonaten 2018 erfolgt ist, wurden in diesem Jahr keine Blattproben geworben, demnach sind keine Vergleichswerte vorhanden.

**Tabelle 40: Auswertung zu Natrium- und Chloridgehalt [mg/L] der Blattmasse Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020**

<b>Blattprobenanalyse</b>					
<b>Kuchelauer Hafen 2019</b>					
Nr.	SV	Gehölz	Natrium [mg/L]	Chlorid [mg/L]	Cl : Na Verhältnis
1	SV 16	<i>Celtis australis</i>	2,95	3,57	1:1,2
2	SV 16	<i>Celtis australis</i>	2,23	4,15	1:1,9
3	SV 16	<i>Celtis australis</i>	2,37	3,03	1:1,3
4	SV 15	<i>Celtis australis</i>	3,46	3,74	1:1,1
5	SV 14	<i>Celtis australis</i>	3,03	2,96	1:1
6	SV 14	<i>Celtis australis</i>	2,92	7,46	1:2,6
7	SV 13	<i>Celtis australis</i>	3,89	4,30	1:1,1
8	SV 12	<i>Celtis australis</i>	3,57	12,37	1:3,5
9	SV 12	<i>Celtis australis</i>	6,27	91,25	1:14,6
10	SV 13	<i>Celtis australis</i>	6,47	3,01	1:0,5
11	SV 15	<i>Celtis australis</i>	4,74	2,93	1:0,6

#### 4.2.6 Ergebnisse Verzweigungsgrad Gehölze

Die Gehölzverzweigung wurde im November 2019 erhoben. Im Vergleich lässt sich die Entwicklung innerhalb eines Standortes aufzeigen, sowie auch die Entwicklung zu den Vorjahresuntersuchungen. Pro Pflanzung wurde 2018 ein Ast ausgewählt und markiert, welcher im Zuge der Erhebungen 2019 aufgenommen wurde. Die Ergebnisse sind in den Tabelle 41-43 dargestellt.

#### Attemsgasse

In der Attemsgasse wurden 2019 zwischen 30-126 Verzweigungen aufgezeichnet. Baum 3 weist damit viermal weniger Verzweigungen auf als Baum 2 (Tabelle 41).

**Tabelle 41: Ergebnisse der Verzweigungsgraderhebung Attemsgasse 2019, Olesko 2020**

<b>Verzweigungsgrad</b>								
<b>Attemsgasse 2019</b>								
Nr.	SV	Gehölz	1. Grad	2. Grad	3. Grad	4. Grad	5. Grad	Σ
1	SV 13	<i>Celtis australis</i>	1	28	14	4		<b>47</b>
2	SV 13	<i>Celtis australis</i>	1	11	14	90	10	<b>126</b>
3	SV 13	<i>Celtis australis</i>	1	2	22	5		<b>30</b>
4	SV 13	<i>Celtis australis</i>		11	48	15		<b>74</b>

Die Untersuchungen des Vorjahres 2018 zeigten zwischen 20-38 Verzweigungen, die größte Anzahl an Verzweigungen hatte Baum 4. Die Anzahl der Verzweigungen hat stark zugenommen.

#### Edith-Piaf-Straße

Die Pflanzungen mit dem geringsten Verzweigungsvorkommen sind Baum 5 und 6, die meisten Verzweigungen weisen Baum 3 und 4 auf (Tabelle 42). Den größten Unterschied zwischen den Baumpflanzungen innerhalb einer Art weisen Baum 9 und 10 auf, die

Pflanzung der Substratvariante 13 zeigt hier 12 Verzweigungen, während jene in der Substratvariante 12 mehr als doppelt so viele (29) Verzweigungen hat.

**Tabelle 42: Ergebnisse der Verzweigungsgraderhebung Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020**

Verzweigungsgrad								
Edith-Piaf-Straße 2019								
Nr.	SV	Gehölz	1. Grad	2. Grad	3. Grad	4. Grad	5. Grad	Σ
1	SV 13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	1	24	25	16	0	<b>66</b>
2	SV 12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	1	11	16	14	0	<b>42</b>
3	SV 13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	1	30	115	75	10	<b>231</b>
4	SV 12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	1	74	153	10	0	<b>238</b>
5	SV 13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	1	11	2	1	0	<b>15</b>
6	SV 12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0	8	3	0	0	<b>11</b>
7	SV 12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	1	26	56	37	2	<b>122</b>
8	SV 13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	1	46	18	6	0	<b>71</b>
9	SV 12	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	1	20	8	0	0	<b>29</b>
10	SV 13	<i>Gledithsia triacanthos</i> 'Skyline'	0	8	4	0	0	<b>12</b>
11	SV 12	<i>Celtis australis</i>	0	17	27	21	0	<b>65</b>
12	SV 13	<i>Celtis australis</i>	0	20	18	3	2	<b>43</b>

Bei den Verzweigungen wiederholt sich die maximale sowie minimale Anzahl je Baumart von 2018 auf 2019. Die geringste Entwicklung zeigen die Bäume von *Gledithsia triacanthos* 'Skyline'. Die Verzweigungen haben bei Baum 9 um vier Stück sowie um eine Verzweigung bei Baum 10 zugenommen.

### **Kuchelauer Hafen Sickermulde 8**

Baum 4 weist im Kuchelauer Hafen 2019 die meisten Verzweigungen (122) auf, die geringste Anzahl von Verzweigungen zeigt Baum 9 (16). Die Bandbreite der Messungen nach Baum 9 ist 38 bis 98 und einer einzelnen Messung mit <100 Verzweigungen (Tabelle 43).

**Tabelle 43: Ergebnisse der Verzweigungsgraderhebung Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020**

Verzweigungsgrad								
Kuchelauer Hafen 2019								
Nr.	SV	Gehölz	1. Grad	2. Grad	3. Grad	4. Grad	5. Grad	Σ
1	SV 16	<i>Celtis australis</i>	1	2	37	29	2	<b>71</b>
2	SV 16	<i>Celtis australis</i>	1	4	22	11	0	<b>38</b>
3	SV 16	<i>Celtis australis</i>	1	14	29	5	3	<b>52</b>
4	SV 15	<i>Celtis australis</i>	1	6	32	74	9	<b>122</b>
5	SV 14	<i>Celtis australis</i>	1	2	20	61	10	<b>94</b>
6	SV 14	<i>Celtis australis</i>	1	8	24	20	12	<b>65</b>
7	SV 13	<i>Celtis australis</i>	1	2	17	52	26	<b>98</b>
8	SV 12	<i>Celtis australis</i>	1	6	17	19	3	<b>46</b>
9	SV 12	<i>Celtis australis</i>	1	3	9	3	0	<b>16</b>
10	SV 13	<i>Celtis australis</i>	1	2	30	40	3	<b>76</b>
11	SV 15	<i>Celtis australis</i>	1	6	16	18	0	<b>41</b>

Im Untersuchungszeitraum 2018 ist die höchste Anzahl der Verzweigungen 77 (Baum 7) sowie die niedrigste 22 (Baum 9). Die Bandbreite bei den Verzweigungen von 2018 wurde im Jahr 2019 weiter diversifiziert.

#### 4.2.7 Ergebnisse Leaf Area Index Gehölze

Die Erhebung des Leaf Area Index erfolgt wie in Kapitel 3.2 beschrieben mit einer Drohne. Der Vergleich mit den Auswertungen des Vorjahres fällt hier aufgrund unterschiedlicher Software und deren abweichenden Auswertungssysteme aus. Der Leaf Area Index beschreibt die Blattfläche [m<sup>2</sup>] pro Bodenoberfläche [m<sup>2</sup>]. Die Daten sind den Tabelle 44-47 zu entnehmen.

#### Attemsgasse

Wie Tabelle 44 aufweist, zeigt Gehölz 4 den höchsten Leaf Area Index bei den Erhebungen 2019 in der Attemsgasse.

**Tabelle 44: Ergebnisse des LAI Attemsgasse 2019, Olesko 2020**

Leaf Area Index (LAI)			
Attemsgasse 2019			
Nr.	SV	Gehölz	LAI
1	SV 13	<i>Celtis australis</i>	1,890
2	SV 13	<i>Celtis australis</i>	1,280
3	SV 13	<i>Celtis australis</i>	2,060
4	SV 13	<i>Celtis australis</i>	2,280

#### Edith-Piaf-Straße

Am Standort Edith-Piaf-Straße wurde 2019 größte LAI bei Pflanzung 8 in Substratvariante 13 gemessen (Tabelle 45).

**Tabelle 45: Ergebnisse des LAI Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020**

Leaf Area Index (LAI)			
Edith-Piaf-Straße 2019			
Nr.	SV	Gehölz	LAI
1	SV 13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	1,520
2	SV 12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	0,250
3	SV 13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,330
4	SV 12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,660
5	SV 13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	1,170
6	SV 12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0,430
7	SV 12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	3,890
8	SV 13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	2,350
9	SV 12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	0,360
10	SV 13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	1,400
11	SV 12	<i>Celtis australis</i>	0,450
12	SV 13	<i>Celtis australis</i>	1,300

### Kuchelauer Hafen Sickermulde 8

Der am Standort Kuchelauer Hafen 2019 maximal erreichte LAI wird bei Gehölz 2 in der Substratvariante 16 gemessen (Tabelle 46).

**Tabelle 46: Ergebnisse des LAI Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020**

Leaf Area Index (LAI)			
Kuchelauer Hafen 2019			
Nr.	SV	Gehölz	LAI
1	SV 16	<i>Celtis australis</i>	0,73
2	SV 16	<i>Celtis australis</i>	0,82
3	SV 16	<i>Celtis australis</i>	0,89
4	SV 15	<i>Celtis australis</i>	0,56
5	SV 14	<i>Celtis australis</i>	0,31
6	SV 14	<i>Celtis australis</i>	0,45
7	SV 13	<i>Celtis australis</i>	0,2
8	SV 12	<i>Celtis australis</i>	0,02
9	SV 12	<i>Celtis australis</i>	0,07
10	SV 13	<i>Celtis australis</i>	0,15
11	SV 15	<i>Celtis australis</i>	0,12

#### 4.2.8 Ergebnisse Laubaustrieb/ -abwurf Gehölze

Der Belaubungszustand der Gehölze wurde 2019 mittels regelmäßigen Sichtkontrollen überprüft. Die Kalenderwochen sind in den Tabelle 47-49 dargestellt.

##### Attemsgasse

Tabelle 47: Aufzeichnung Kalenderwoche des Laubaustrieb /-abwurf Attemsgasse 2019, Olesko 2020

Laubaustrieb/-Abwurf				
Attemsgasse 2019				
Nr.	SV	Gehölz	Laubaustrieb	Laubabwurf
1	SV 13	<i>Celtis australis</i>	KW 14	KW 49
2	SV 13	<i>Celtis australis</i>	KW 11	KW 49
3	SV 13	<i>Celtis australis</i>	KW 12	KW 49
4	SV 13	<i>Celtis australis</i>	KW 12	KW 49

##### Edith-Piaf-Straße

Tabelle 48: Aufzeichnung Kalenderwoche des Laubaustrieb /-abwurf Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020

Laubaustrieb/-Abwurf				
Edith-Piaf-Straße 2019				
Nr.	SV	Gehölz	Laubaustrieb	Laubabwurf
1	SV 13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	KW 13	KW 50
2	SV 12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	KW 13	KW 50
3	SV 13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	KW 13	KW 48
4	SV 12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	KW 14	KW 47
5	SV 13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	KW 16	KW 45
6	SV 12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	KW 16	KW 44
7	SV 12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	KW 13	KW 48
8	SV 13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	KW 13	KW 47
9	SV 12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	KW 15	KW 44
10	SV 13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	KW 15	KW 44
11	SV 12	<i>Celtis australis</i>	KW 13	KW 47
12	SV 13	<i>Celtis australis</i>	KW 13	KW 47

## Kuchelauer Hafen Sickersmulde 8

Tabelle 49: Aufzeichnung Kalenderwoche des Laubaustrieb /-abwurf Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020

Laubaustrieb/-Abwurf				
Kuchelauer Hafen 2019				
Nr.	SV	Gehölz	Laubaustrieb	Laubabwurf
1	SV 16	<i>Celtis australis</i>	KW 15	KW 49
2	SV 16	<i>Celtis australis</i>	KW 15	KW 49
3	SV 16	<i>Celtis australis</i>	KW 15	KW 49
4	SV 15	<i>Celtis australis</i>	KW 14	KW 49
5	SV 14	<i>Celtis australis</i>	KW 14	KW 49
6	SV 14	<i>Celtis australis</i>	KW 15	KW 49
7	SV 13	<i>Celtis australis</i>	KW 14	KW 49
8	SV 12	<i>Celtis australis</i>	KW 15	KW 44
9	SV 12	<i>Celtis australis</i>	KW 15	KW 44
10	SV 13	<i>Celtis australis</i>	KW 15	KW 48
11	SV 15	<i>Celtis australis</i>	KW 14	KW 48

#### 4.2.9 Ergebnisse Thermografische Stressermittlung Gehölze

Die Aufnahmen der Gehölze wurden mit einer Infrarotwärmebildkamera erstellt, um festzustellen ob die gepflanzten Gehölze auf die vorherrschenden Temperaturen mit Hitze-/Trockenstress reagieren. Im Juni und August 2019 wurde die Oberflächentemperatur der Gehölze bei 30°C Lufttemperatur aufgenommen und anschließend in dem Programm TESTO ausgewertet. Für jeden Versuchsstandort wurde beispielhaft ein Baum ausgewählt und mit Temperaturskala abgebildet. Es wurde jeweils ein Messpunkt der Temperaturen am Stamm sowie mindestens ein Messpunkt im Blattwerk festgelegt, wie in Abbildung 10-12 zu sehen ist. Die Temperaturen der Blätter übersteigen die Lufttemperatur nicht, es kann demnach kein Hitze-/Trockenstress festgestellt werden.

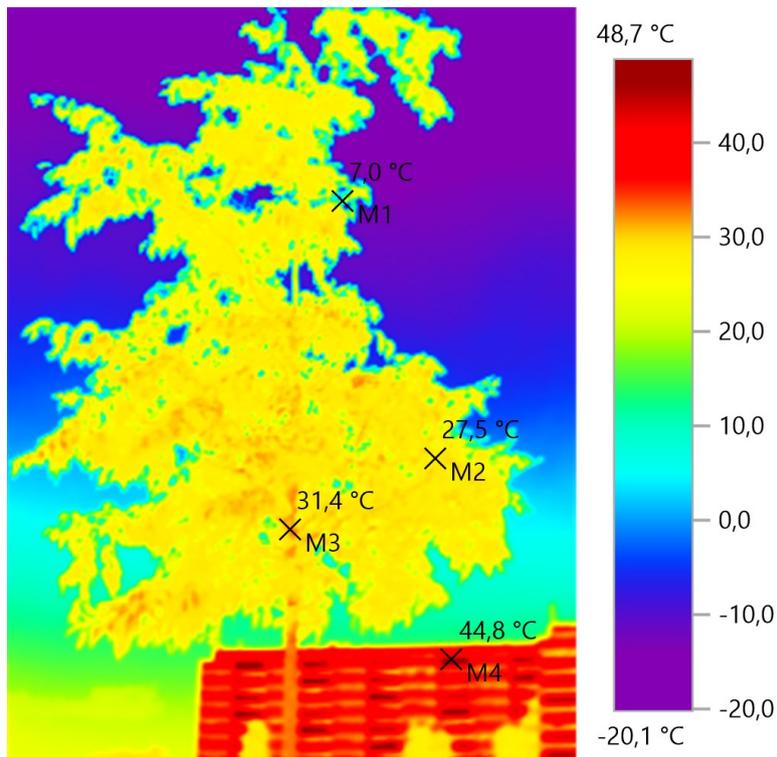


Abbildung 10: Wärmebild Baum 1 Atemsgasse, 3.6.2019, Olesko 2020

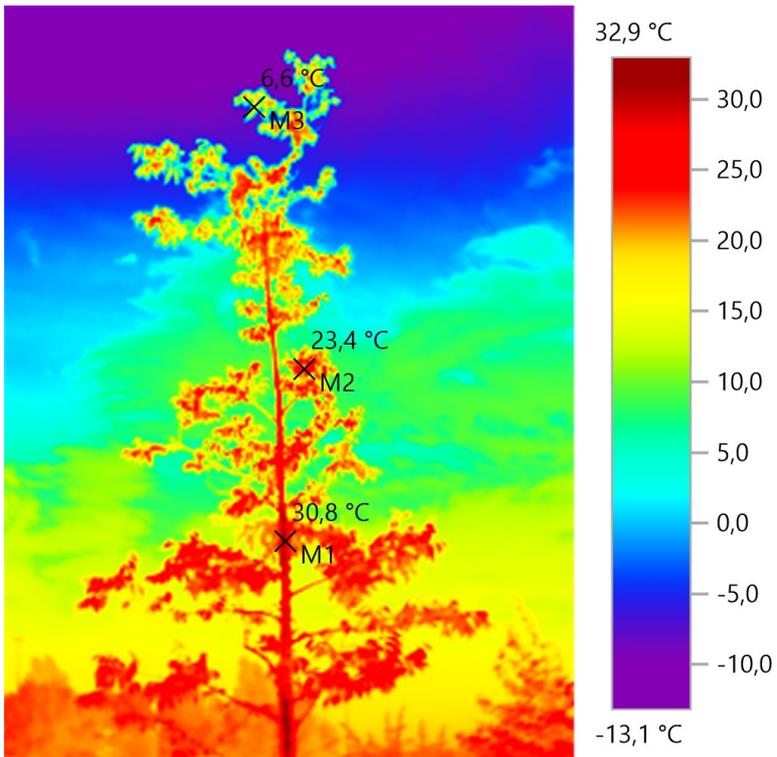


Abbildung 11: Wärmebild Baum 11 Edith-Piaf-Straße, 8.8.2019, Olesko 2020

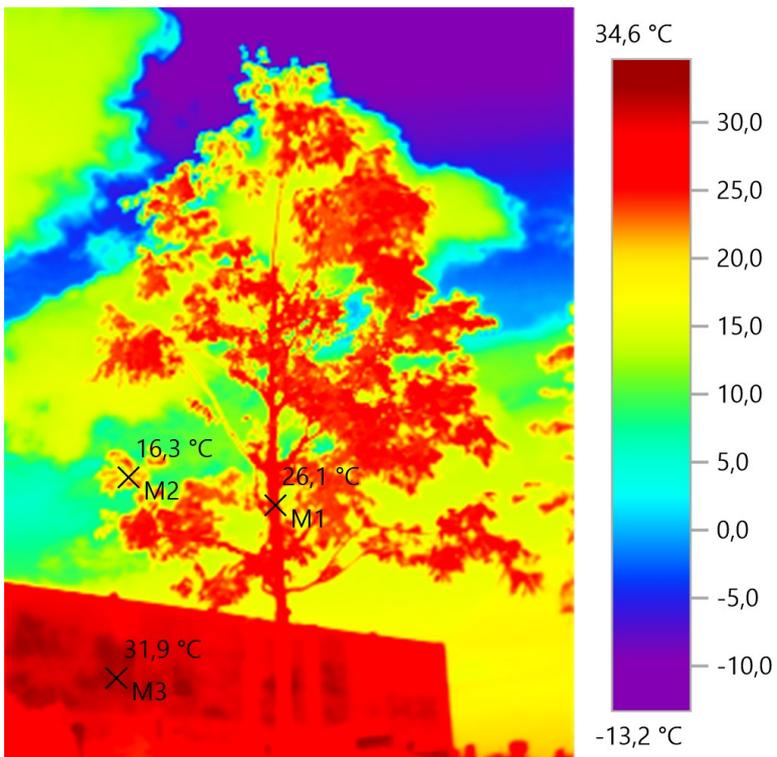


Abbildung 12: Wärmebild Baum 7 Kuchelauer Hafen, 8.8.2019, Olesko 2020

## **4.3 Ergebnisse der Ansaatenuntersuchungen**

Die Ansaatmischungen wurden hinsichtlich der Forschungsfrage *„Wie entwickeln sich die drei untersuchten Ansaatmischungen Standardrasen, Blumenrasen und Blumenwiese in den Substratvarianten in Bezug auf Deckungsgrad, Vitalität und Infloreszenz innerhalb der Vegetationsperiode 2019?“* geprüft. Zusätzlich wurden bei der Bonitur das Gräser-Kräuter Verhältnis und die Wuchshöhe der Vegetation aufgenommen. Die Biomasse des Blumenrasen wurde 2019 dreimal erhoben. Bei einer einmaligen Erhebung wurde zudem das Gräser-Kräuter-Leguminosen Verhältnis sowie die dominierende Pflanzenart eruiert. Die Aufnahmen am Standort Kuchelauer Hafan, Sickermulde 4, sind laut Versuchsaufbau in Kapitel 3.2.6 in der Vegetationsperiode 2019 erfolgt. Die Ergebnisse werden zudem mit den Untersuchungsergebnissen aus dem Vorjahresversuch 2018 verglichen.

### **4.3.1 Ergebnisse Bonitur Ansaaten**

Die Bonitur nach Anleitung des Institutes für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau der Universität für Bodenkultur Wien deckt die Parameter Deckungsgrad, Gräser-Kräuter Verhältnis, Vitalität, Infloreszenz und Wuchshöhe ab. Diese Parameter werden monatlich erhoben, die Ergebnisse der Forschungsfragen sind nachfolgend dargestellt.

## Deckungsgrad

Der Deckungsgrad wird in Prozentanteilen der jeweiligen Vegetations-Versuchsfläche, welche von Pflanzen bedeckt sind, angeben. Die monatlichen Erhebungen von April bis November werden in Tabelle 50 dargestellt, sowie ein Jahresdurchschnitt ermittelt. Den höchsten Deckungsgrad im Jahresdurchschnitt erzielt Abschnitt 7, die BOKU-Blumenrasenmischung auf der Substratvariante 10. Die niedrigsten Werte bei dem Parameter Deckungsgrad werden auf Abschnitt 8, der Substratvariante 3 in allen Ansaat-mischungen gemessen.

**Tabelle 50: Ergebnisse der Deckungsgraderhebung [%] Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020**

Deckungsgrad [%]											
Kuchelauer Hafen 04.-11.2019											
Abschnitt	SV	Ansaat	04.	05.	06.	07.	08.	09.	10.	11.	Ø
1	SV 2	S	80	75	80	80	75	75	65	65	<b>74</b>
		BR	60	70	65	70	70	80	70	75	<b>70</b>
		BW	55	60	60	65	75	80	85	80	<b>70</b>
2	SV 5	S	60	60	60	65	60	60	65	65	<b>62</b>
		BR	20	35	35	55	50	60	55	55	<b>46</b>
		BW	35	50	70	70	70	75	80	80	<b>66</b>
3	SV 6	BR	60	60	60	70	70	80	80	85	<b>71</b>
		BW	55	65	80	80	85	90	95	95	<b>81</b>
		S	85	65	70	75	75	75	75	80	<b>75</b>
4	SV 7	BW	65	75	75	70	80	75	85	85	<b>76</b>
		S	70	80	75	65	80	80	80	80	<b>76</b>
		BR	55	65	60	75	70	75	80	80	<b>70</b>
5	SV 4	S	60	70	65	70	70	65	70	60	<b>66</b>
		BR	40	55	55	60	60	65	75	60	<b>59</b>
		BW	55	70	80	85	0	95	95	95	<b>72</b>
6	SV 9	BR	30	55	55	65	60	70	70	70	<b>59</b>
		BW	40	60	75	80	80	75	85	85	<b>73</b>
		S	60	85	70	60	70	65	70	75	<b>69</b>
7	SV 10	BW	55	75	95	90	95	95	95	85	<b>86</b>
		S	75	70	75	70	75	75	75	85	<b>75</b>
		BR	85	85	90	95	90	90	85	90	<b>89</b>
8	SV 3	S	10	20	10	25	20	25	40	30	<b>23</b>
		BR	5	15	25	25	20	30	40	40	<b>25</b>
		BW	5	10	20	25	25	35	25	40	<b>23</b>
9	SV 8	BR	55	70	90	95	90	85	85	90	<b>83</b>
		BW	55	70	95	90	90	95	90	95	<b>85</b>
		S	60	60	70	75	75	65	60	70	<b>67</b>
10	SV 11	BW	50	60	85	85	90	95	85	90	<b>80</b>
		S	65	45	60	60	75	65	55	70	<b>62</b>
		BR	80	75	90	85	80	90	90	95	<b>86</b>
11	SV 2	S	50	50	45	50	55	75	55	50	<b>54</b>
		BR	40	50	65	65	65	75	75	75	<b>64</b>
		BW	40	50	60	70	75	55	70	70	<b>61</b>

Die in Tabelle 51 zu sehenden Ergebnisse zeigen eine mittlere Zunahme des Deckungsgrades um 46 %. Bei insgesamt 4 von 33 Ergebnissen wird eine Abnahme des Deckungsgrades ermittelt. Die höchste Zunahme der Deckung von 2018 auf 2019 zeigt Abschnitt 8.

**Tabelle 51: Vergleich der Ergebnisse der Deckungsgraderhebung [%] Kuchelauer Hafen 2018-2019, Olesko 2020**

Deckungsgrad [%]				
Kuchelauer Hafen 2018-2019				
Abschnitt	SV	Ansaat	2018	2019
1	SV 2	S	69	74
		BR	71	70
		BW	66	70
2	SV 5	S	46	62
		BR	33	46
		BW	40	66
3	SV 6	BR	55	71
		BW	74	81
		S	63	75
4	SV 7	BW	71	76
		S	65	76
		BR	50	70
5	SV 4	S	56	66
		BR	45	59
		BW	75	72
6	SV 9	BR	31	59
		BW	51	73
		S	43	69
7	SV 10	BW	76	86
		S	44	75
		BR	86	89
8	SV 3	S	9	23
		BR	6	25
		BW	7	23
9	SV 8	BR	74	83
		BW	65	85
		S	39	67
10	SV 11	BW	60	80
		S	43	62
		BR	76	86
11	SV 2	S	65	54
		BR	70	64
		BW	55	61

## Vitalität

Die Vitalität 2019 wurde von April bis November erhoben, diese Werte als auch ein Mittelwert werden in Tabelle 52 dargestellt. Die Beschreibung der Vitalitätsklassen von 1-5 werden in Kapitel 3 ausgeführt. Von 33 Ansaatmischungsversuchen wurden 2019 zwei mit einer durchschnittlichen Vitalität von 1 = üppig ermittelt (Abschnitt 4, Substratvariante 7, BOKU-Blumenwiese sowie Abschnitt 5, Substratvariante 4 BOKU-Blumenwiese).

**Tabelle 52: Vitalitätserhebungsergebnisse Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020**

Vitalität											
Kuchelauer Hafen 04.-11.2019											
Abschnitt	SV	Ansaat	04.	05.	06.	07.	08.	09.	10.	11.	Ø
1	SV 2	S	2,5	3,5	2	3	3	2,5	3	3	3
		BR	2,5	3	2	2	2,5	2	2	2	2
		BW	2	3,5	1,5	2,5	2	1,5	2	2	2
2	SV 5	S	2	3	2	2	1,5	1,5	1	2	2
		BR	2	2,5	3	3	2	2	1	4	2
		BW	2	3	1	1,5	2	1	1	2	2
3	SV 6	BR	2	3	2,5	1	2	1	3	3	2
		BW	2,5	3	1	1	1	1,5	1	1	2
		S	2,5	3	1	1	1,5	1,5	1	2	2
4	SV 7	BW	2,5	3	1	1	1	1	1	1	1
		S	2,5	3,5	2	1	1,5	1	2	3	2
		BR	2,5	3	3	1	1,5	1,5	2	2	2
5	SV 4	S	2,5	3	2	1	1,5	1,5	2	2	2
		BR	2,5	2,5	2,5	1,5	1,5	1	2	2	2
		BW	2,5	2,5	1	1	1,5	1	1	1	1
6	SV 9	BR	2,5	3	2,5	2	2	2	2	4	3
		BW	2,5	3	1	1	2	1	1	2	2
		S	2,5	3,5	1,5	2	2	2	2	3	2
7	SV 10	BW	2	3	1	3	2	1	2	1	2
		S	2,5	3,5	3	1,5	1,5	2,5	2	3	2
		BR	2,5	2,5	1	1	2	1	1	1	2
8	SV 3	S	4,5	4,5	4	4	3	4	3,5	4	4
		BR	4	5	3,5	3,5	2,5	3	4	4	4
		BW	4	5	3	3	2	2,5	4	3	3
9	SV 8	BR	2,5	2,5	1	1	2	1,5	2,5	1	2
		BW	2,5	2,5	1	1,5	2,5	2	2	1	2
		S	2,5	3,5	3	1,5	2,5	3	2	5	3
10	SV 11	BW	2,5	2,5	1	1	2	1	1	1	2
		S	2,5	4,5	3	3	2	3	3	3	3
		BR	2,5	2,5	1	1	1	1	2	1	2
11	SV 2	S	2,5	4	3,5	2	3	2	3	3	3
		BR	2,5	3	1,5	2,5	2	1	1	1	2
		BW	2,5	3,5	1,5	3	2,5	3	1	2	2

## Infloreszenz

Die Anzahl der blühenden Pflanzen wurde in Stufen von 1 (= viele Blüten >20) bis 5 (= keine Blüten) für den Parameter Infloreszenz erhoben. Tabelle 53 zeigt diesen Parameter als auch die für das Jahr 2019 durchschnittliche Infloreszenzstufe. Auf Stufe 1 sind sechsmal die BOKU-Blumenwiesenansaat sowie zweimal die BOKU-Blumenrasenansaat.

**Tabelle 53: Ergebnisse der Infloreszenzmessungen Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020**

Infloreszenz											
Kuchelauer Hafen 04.-11.2019											
Abschnitt	SV	Ansaat	04.	05.	06.	07.	08.	09.	10.	11.	Ø
1	SV 2	S	5	5	3	1	3	4	5	5	4
		BR	5	1	1	1	2	2	4	3	2
		BW	5	1	1	1	1	1	1	2	2
2	SV 5	S	4	1	1	1	1	1	1	2	2
		BR	5	1	1	4	2	2	1	3	2
		BW	4	1	1	1	1	1	1	1	1
3	SV 6	BR	4	1	1	1	4	1	1	1	2
		BW	5	2	1	1	1	1	1	1	2
		S	4	1	1	1	2	2	1	5	2
4	SV 7	BW	4	1	1	1	1	1	1	1	1
		S	4	1	1	1	1	1	1	4	2
		BR	4	1	1	1	1	1	1	1	1
5	SV 4	S	4	1	1	1	2	1	1	4	2
		BR	5	1	1	1	3	1	2	1	2
		BW	5	1	1	1	1	1	1	1	2
6	SV 9	BR	4	1	1	1	2	1	3	3	2
		BW	4	1	1	1	1	1	1	1	1
		S	4	1	1	1	1	1	1	4	2
7	SV 10	BW	4	1	1	1	1	1	1	1	1
		S	4	1	1	1	2	2	1	3	2
		BR	5	1	1	4	1	1	1	1	2
8	SV 3	S	4	2	4	2	4	4	2	5	3
		BR	5	1	1	1	4	1	5	4	3
		BW	5	1	1	1	1	1	5	4	2
9	SV 8	BR	4	1	1	1	1	1	1	1	1
		BW	4	1	1	1	1	1	1	1	1
		S	5	1	1	1	4	3	2	5	3
10	SV 11	BW	4	1	1	1	1	1	1	1	1
		S	4	1	1	1	4	1	2	5	2
		BR	5	1	1	1	1	1	1	1	2
11	SV 2	S	5	1	1	1	4	1	2	5	3
		BR	5	1	1	1	2	1	1	4	2
		BW	5	1	1	1	2	1	1	4	2

Im Vergleich zum Vorjahr zeigen über die Hälfte der Versuchsflächen eine Zunahme der Infloreszenz, in Zahlen sind es 17 von 33 Ansaaten mit erhöhter Infloreszenz. Bei 14 Ansaaten wurde die gleiche Infloreszenzstufe ermittelt, zweimal wird eine Abnahme erhoben, siehe Tabelle 54.

**Tabelle 54: Vergleich der Infloreszenzstufenergebnisse Kuchelauer Hafen 2018-2019, Olesko 2020**

Infloreszenz				
Kuchelauer Hafen 2018 - 2019				
Abschnitt	SV	Ansaat	2018	2019
1	SV 2	S	4	4
		BR	3	2
		BW	3	2
2	SV 5	S	2	2
		BR	3	2
		BW	2	1
3	SV 6	BR	3	2
		BW	1	2
		S	2	2
4	SV 7	BW	1	1
		S	3	2
		BR	2	1
5	SV 4	S	3	2
		BR	2	2
		BW	2	2
6	SV 9	BR	3	2
		BW	1	1
		S	3	2
7	SV 10	BW	1	1
		S	3	2
		BR	1	2
8	SV 3	S	5	3
		BR	5	3
		BW	5	2
9	SV 8	BR	1	1
		BW	1	1
		S	3	3
10	SV 11	BW	1	1
		S	3	2
		BR	1	2
11	SV 2	S	3	3
		BR	3	2
		BW	3	2

## Wuchshöhe

2019 wurde die durchschnittliche Höhe [cm] der Ansaatmischung pro Monat aus zwölf Messpunkten ermittelt. Diese sind für die Monate April bis November mit dem Jahresdurchschnitt in Tabelle 55 zu sehen.

**Tabelle 55: Wuchshöhen [cm] der Ansaatmischungen Kuchelauer Hafen 2019**

Wuchshöhe [cm]											
Kuchelauer Hafen 04.-11.2019											
Abschnitt	SV	Ansaat	04.	05.	06.	07.	08.	09.	10.	11.	Ø
1	SV 2	S	5,6	5,9	14,0	6,6	13,2	11,9	11,4	8,3	<b>9,6</b>
		BR	5,1	5,8	11,1	8,7	12,2	15,3	11,4	12,8	<b>10,3</b>
		BW	3,5	5,8	14,8	15,0	32,1	26,2	22,7	22,4	<b>17,8</b>
2	SV 5	S	4,8	5,3	10,0	14,4	14,1	15,3	65,0	9,4	<b>17,3</b>
		BR	1,5	3,8	7,0	20,7	10,4	16,5	55,0	9,9	<b>15,6</b>
		BW	2,8	3,6	23,7	18,9	12,7	19,1	80,0	15,0	<b>22,0</b>
3	SV 6	BR	4,2	3,8	10,4	21,0	14,0	22,0	9,8	12,4	<b>12,2</b>
		BW	4,2	4,9	16,8	20,7	16,5	23,3	19,3	18,1	<b>15,5</b>
		S	5,3	6,1	14,2	11,8	10,0	11,8	10,6	8,3	<b>9,7</b>
4	SV 7	BW	4,8	4,3	21,6	18,2	15,6	19,0	19,4	16,4	<b>14,9</b>
		S	3,0	2,3	14,5	13,0	14,0	11,5	11,2	8,4	<b>9,7</b>
		BR	4,3	5,5	12,1	28,0	13,5	16,0	13,5	14,0	<b>13,4</b>
5	SV 4	S	3,3	4,8	14,8	16,6	13,1	12,3	12,2	8,3	<b>10,6</b>
		BR	3,3	8,3	10,4	19,2	17,0	15,6	9,8	12,9	<b>12,1</b>
		BW	7,3	8,9	23,7	20,8	18,9	18,1	19,2	17,8	<b>16,8</b>
6	SV 9	BR	3,3	4,8	9,7	18,0	12,2	13,1	7,8	10,8	<b>9,9</b>
		BW	4,0	7,1	20,7	21,6	21,0	22,7	18,4	16,5	<b>16,5</b>
		S	3,0	4,7	13,8	16,2	13,9	12,2	11,2	6,6	<b>10,2</b>
7	SV 10	BW	3,7	4,6	17,3	20,0	15,7	23,8	17,1	15,5	<b>14,7</b>
		S	4,3	5,2	14,5	8,5	13,1	12,6	10,5	7,4	<b>9,5</b>
		BR	5,1	6,8	17,4	21,5	16,2	19,0	11,9	14,8	<b>14,1</b>
8	SV 3	S	1,2	0,8	2,8	2,0	5,6	4,4	13,0	4,8	<b>4,3</b>
		BR	0,7	2,2	9,2	10,6	8,1	10,1	5,4	4,2	<b>6,3</b>
		BW	0,5	1,7	5,9	9,8	13,7	12,2	5,6	13,6	<b>7,9</b>
9	SV 8	BR	2,9	7,4	32,3	23,4	20,2	25,0	12,8	17,2	<b>17,7</b>
		BW	3,4	6,4	38,6	27,4	23,1	26,3	23,9	19,8	<b>21,1</b>
		S	3,8	7,3	13,6	13,7	11,3	12,6	10,4	7,4	<b>10,0</b>
10	SV 11	BW	3,8	5,3	35,7	27,5	24,2	24,1	24,2	24,8	<b>21,2</b>
		S	4,3	6,0	11,3	10,2	12,0	11,3	8,1	5,3	<b>8,5</b>
		BR	5,3	5,2	22,7	20,6	12,3	21,1	11,4	12,5	<b>13,9</b>
11	SV 2	S	3,3	3,8	7,3	9,5	9,4	24,1	8,8	6,2	<b>9,0</b>
		BR	3,0	4,3	14,0	17,5	11,5	18,3	8,6	11,4	<b>11,1</b>
		BW	3,9	3,7	17,3	15,3	19,3	14,2	22,1	17,6	<b>14,2</b>

In 27 Fällen kann eine Zunahme der durchschnittlichen Höhe im Vergleich zum Vorjahr festgestellt werden (Tabelle 56). Viermal verringert sich die durchschnittlich gemessene Höhe, zweimal ist sie gleichgeblieben. Im Mittel ist die Vegetation 2019 um 4 cm höher als im Vorjahr.

**Tabelle 56: Vergleich der durchschnittlichen Wuchshöhe [cm] Kuchelauer Hafen 2018-2019, Olesko 2020**

Wuchshöhe [cm]				
Kuchelauer Hafen 2018-2019				
Abschnitt	SV	Ansaat	2018	2019
1	SV 2	S	14	10
		BR	13	10
		BW	11	18
2	SV 5	S	8	17
		BR	5	16
		BW	5	22
3	SV 6	BR	11	12
		BW	12	15
		S	8	10
4	SV 7	BW	10	15
		S	8	10
		BR	11	13
5	SV 4	S	8	11
		BR	12	12
		BW	13	17
6	SV 9	BR	3	10
		BW	9	16
		S	7	10
7	SV 10	BW	13	15
		S	11	10
		BR	13	14
8	SV 3	S	3	4
		BR	2	6
		BW	1	8
9	SV 8	BR	10	18
		BW	10	21
		S	7	10
10	SV 11	BW	11	21
		S	8	9
		BR	16	14
11	SV 2	S	8	9
		BR	9	11
		BW	8	14

## Verhältnis Gräser-Kräuter

Das Ergebnis der Aufnahmen der Gräser zu Kräuter in Prozent wird in Tabelle 57 dargestellt, der Jahresdurchschnitt wird ebenfalls gezeigt.

Tabelle 57: Erhebung des Gräser-Kräuter Verhältnis [%] Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020

Gräser-Kräuter Verhältnis [%]																				
Kuchelauer Hafen 04.-11.2019																				
Abschnitt	SV	Ansaat	04.		05.		06.		07.		08.		09.		10.		11.		Ø	
			Gr	Kr	Gr	Kr														
1	SV 2	S	99	1	95	5	95	5	95	5	90	10	95	5	90	10	90	10	<b>94</b>	<b>6</b>
		BR	65	35	80	20	45	55	60	40	65	35	65	35	60	40	50	50	<b>61</b>	<b>39</b>
		BW	50	50	75	25	50	50	65	35	40	60	30	70	30	70	20	80	<b>45</b>	<b>55</b>
2	SV 5	S	35	65	30	70	20	80	40	60	40	60	40	60	40	60	50	50	<b>37</b>	<b>63</b>
		BR	40	60	40	60	60	40	60	40	70	30	50	50	60	40	50	50	<b>54</b>	<b>46</b>
		BW	25	75	20	80	20	80	35	65	20	80	10	90	10	90	15	85	<b>19</b>	<b>81</b>
3	SV 6	BR	75	25	75	25	65	35	60	40	90	10	50	50	50	50	50	50	<b>64</b>	<b>36</b>
		BW	35	65	40	60	20	80	30	70	10	90	5	95	10	90	5	95	<b>19</b>	<b>81</b>
		S	50	50	50	50	30	70	70	30	30	70	25	75	20	80	40	60	<b>39</b>	<b>61</b>
4	SV 7	BW	50	50	60	40	40	60	50	50	50	50	20	80	20	80	10	90	<b>38</b>	<b>63</b>
		S	35	65	40	60	40	60	40	60	50	50	30	70	40	60	40	60	<b>39</b>	<b>61</b>
		BR	75	25	60	40	50	50	60	40	40	60	45	55	40	60	30	70	<b>50</b>	<b>50</b>
5	SV 4	S	25	75	40	60	30	70	40	60	15	85	40	60	45	65	40	60	<b>34</b>	<b>67</b>
		BR	60	40	70	30	60	40	65	35	45	65	30	70	30	70	15	85	<b>47</b>	<b>54</b>
		BW	45	55	55	45	30	70	40	60	20	80	10	90	10	90	10	90	<b>28</b>	<b>73</b>
6	SV 9	BR	45	55	45	55	40	60	40	60	65	35	70	30	50	50	45	55	<b>50</b>	<b>50</b>
		BW	10	90	10	90	10	90	15	85	10	90	10	90	20	80	30	70	<b>14</b>	<b>86</b>
		S	40	60	15	85	10	90	10	90	15	85	20	80	40	60	50	50	<b>25</b>	<b>75</b>
7	SV 10	BW	20	80	10	90	10	90	15	85	5	95	20	80	15	85	15	85	<b>14</b>	<b>86</b>
		S	85	15	75	25	70	30	70	30	10	90	75	25	80	20	75	25	<b>68</b>	<b>33</b>
		BR	30	70	30	70	15	85	15	85	15	85	15	85	10	90	5	95	<b>17</b>	<b>83</b>
8	SV 3	S	70	30	90	10	99	1	90	10	90	10	90	10	70	30	90	10	<b>86</b>	<b>14</b>
		BR	50	50	35	65	70	30	45	55	40	60	45	55	50	50	50	50	<b>48</b>	<b>52</b>
		BW	50	50	30	70	65	35	40	60	50	50	40	60	90	10	45	55	<b>51</b>	<b>49</b>
9	SV 8	BR	30	70	30	70	20	80	20	80	10	90	15	85	20	80	15	85	<b>20</b>	<b>80</b>
		BW	20	80	20	80	25	75	15	85	30	70	35	65	35	65	30	70	<b>26</b>	<b>74</b>
		S	70	30	60	40	60	40	85	15	85	15	80	20	90	10	85	15	<b>77</b>	<b>23</b>
10	SV 11	BW	40	60	25	75	15	85	30	70	20	80	15	85	10	90	15	85	<b>21</b>	<b>79</b>
		S	85	15	60	40	60	40	15	85	80	20	75	25	85	15	10	90	<b>59</b>	<b>41</b>
		BR	50	50	20	80	15	85	20	80	10	90	5	95	5	95	15	85	<b>18</b>	<b>83</b>
11	SV 2	S	90	10	75	25	75	25	65	35	80	20	30	70	85	15	75	25	<b>72</b>	<b>28</b>
		BR	60	40	65	35	45	55	40	60	60	40	35	65	50	50	45	55	<b>50</b>	<b>50</b>
		BW	40	60	50	50	35	65	40	60	50	50	90	10	45	55	35	65	<b>48</b>	<b>52</b>

Der Vergleich des Gräser-Kräuterverhältnis weist nur im Fall des Abschnitt 6 der Substratvariante 9 der BOKU-Blumenrasenmischung die exakt gleiche Verteilung von Gräsern zu Kräutern in beiden Erhebungsperioden, siehe Tabelle 58.

**Tabelle 58: Vergleich Gräser-Kräuter Verhältnis Kuchelauer Hafen 2018 - 2019, Olesko 2020**

Gräser-Kräuter Verhältnis [%]						
Kuchelauer Hafen 2018 -2019						
Abschnitt	SV	Ansaat	2018		2019	
			Gräser	Kräuter	Gräser	Kräuter
1	SV 2	S	97	3	94	6
		BR	48	53	61	39
		BW	43	58	45	55
2	SV 5	S	30	70	37	63
		BR	28	73	54	46
		BW	25	75	19	81
3	SV 6	BR	58	43	64	36
		BW	29	71	19	81
		S	50	50	39	61
4	SV 7	BW	43	58	38	63
		S	40	60	39	61
		BR	61	39	50	50
5	SV 4	S	35	65	34	67
		BR	63	38	47	54
		BW	43	58	28	73
6	SV 9	BR	55	45	50	50
		BW	14	86	14	86
		S	11	89	25	75
7	SV 10	BW	10	90	14	86
		S	75	25	68	33
		BR	28	73	17	83
8	SV 3	S	98	2	86	14
		BR	70	30	48	52
		BW	55	45	51	49
9	SV 8	BR	14	86	20	80
		BW	20	80	26	74
		S	53	48	77	23
10	SV 11	BW	33	68	21	79
		S	65	35	59	41
		BR	40	60	18	83
11	SV 2	S	75	25	72	28
		BR	35	65	50	50
		BW	48	53	48	52

#### 4.3.2 Ergebnisse Biomasseerhebung

Die Erhebung der Biomasse im Kuchelauer Hafen erfolgt 2019 in den Monaten Juni, August und November. Der Mittelwert aus den gewonnen Trockensubstanzergebnissen wird pro Blumenrasenansaat/Substratvariante in den drei Bereichen Straße, Sohle und Hecke dargestellt. Hohe Trockensubstanz lässt sowohl auf hohe Biomasse als auch auf hohen Trockenmassenanteil der Biomasse (bereits trockene Vegetation) schließen. Der höchste

Wert der Trockenmasse wurde in Abschnitt 2, Substratvariante 5 der Heckenfläche ermittelt. Den niedrigsten Wert zeigt der Straßenabschnitt der Substratvariante 7 in Abschnitt 5, siehe Tabelle 59.

**Tabelle 59: Ergebnisse der Biomasseerhebung als Trockensubstanz [%] Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020**

<b>Biomasse – Trockensubstanz [%]</b>							
<b>Kuchelauer Hafen 2019</b>							
Abschnitt	SV	Bereich	Ansaat	Trockensubstanz [%]			Mittel [%]
				Juni	August	November	
1	SV 2	Straße	BR	41	24	25	<b>30</b>
		Sohle	BR	34	18	20	<b>24</b>
		Hecke	BR	44	26	22	<b>31</b>
2	SV 5	Straße	BR	31	25	25	<b>27</b>
		Sohle	BR	28	22	24	<b>25</b>
		Hecke	BR	71	38	36	<b>48</b>
3	SV 6	Straße	BR	34	17	17	<b>23</b>
		Sohle	BR	37	19	19	<b>25</b>
		Hecke	BR	59	27	31	<b>39</b>
4	SV 7	Straße	BR	26	15	21	<b>21</b>
		Sohle	BR	24	15	19	<b>19</b>
		Hecke	BR	36	28	46	<b>37</b>
5	SV 4	Straße	BR	25	13	15	<b>17</b>
		Sohle	BR	28	12	15	<b>18</b>
		Hecke	BR	51	21	35	<b>36</b>
6	SV 9	Straße	BR	24	21	28	<b>24</b>
		Sohle	BR	22	19	31	<b>24</b>
		Hecke	BR	34	25	50	<b>37</b>
7	SV 10	Straße	BR	35	12	14	<b>21</b>
		Sohle	BR	26	11	13	<b>17</b>
		Hecke	BR	30	14	27	<b>24</b>
8	SV 3	Straße	BR	34	30	53	<b>39</b>
		Sohle	BR	31	27	51	<b>36</b>
		Hecke	BR	37	31	69	<b>46</b>
9	SV 8	Straße	BR	60	13	15	<b>29</b>
		Sohle	BR	65	10	10	<b>28</b>
		Hecke	BR	57	17	19	<b>31</b>
10	SV 11	Straße	BR	51	15	17	<b>27</b>
		Sohle	BR	36	11	19	<b>22</b>
		Hecke	BR	40	16	15	<b>23</b>
11	SV 2	Straße	BR	37	29	24	<b>30</b>
		Sohle	BR	29	16	16	<b>20</b>
		Hecke	BR	38	23	20	<b>27</b>

### 4.3.3 Ergebnisse Frequenzanalyse

Die Daten, welche im Rahmen der Frequenzanalyse erhoben wurden, werden hinsichtlich ihrer Anteile an Gräser-Kräuter-Leguminosen aufgeschlüsselt, zudem wird pro Ansaatmischung die dominierende Pflanzenart dargestellt.

Tabelle 60 zeigt das Verhältnis der Ansaatmischungen Standardrasen (S), BOKU-Blumenrasen (BR) und BOKU-Blumenwiese (BW).

**Tabelle 60: Reguläres Verhältnis Gräser-Kräuter-Leguminosen [%] der Ansaatmischungen, Olesko nach Lübke 2019**

<b>Reguläres Verhältnis Gräser-Kräuter-Leguminosen [%]</b>			
Ansaat	Gräser	Kräuter	Leguminosen
S	100	0	0
BR	80	15	5
BW	76	18	6

Bei der Aufnahme im August wurden die Einzelarten der Pflanzen erfasst und gruppiert. Tabelle 61 erfasst die Prozente anteilmäßig am Gesamtvolumen der Vegetation.

**Tabelle 61: Ergebnisse der Stichprobenerhebung zum aktuellen Verhältnis Gräser-Kräuter-Leguminosen [%] Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020**

Gräser-Kräuter-Leguminosen Verhältnis [%]					
Kuchelauer Hafen 2019					
Abschnitt	Ansaat	SV	August		
			Gräser	Kräuter	Leguminosen
1	SV 2	S	96	4	0
		BR	73	9	18
		BW	72	1	27
2	SV 5	S	29	47	24
		BR	67	33	0
		BW	44	33	22
3	SV 6	BR	94	2	4
		BW	35	33	31
		S	58	17	25
4	SV 7	BW	43	41	16
		S	36	47	17
		BR	75	15	10
5	SV 4	S	51	39	11
		BR	51	28	21
		BW	41	30	29
6	SV 9	BR	81	6	13
		BW	18	34	48
		S	27	52	21
7	SV 10	BW	26	33	41
		S	88	9	3
		BR	35	32	32
8	SV 3	S	99	1	0
		BR	77	5	18
		BW	43	33	24
9	SV 8	BR	46	16	39
		BW	25	36	39
		S	88	3	8
10	SV 11	BW	44	30	26
		S	84	16	0
		BR	34	14	52
11	SV 2	S	45	15	40
		BR	50	41	9
		BW	58	9	33

Die Auswertung der dominierenden Pflanzenart zeigt, dass *Lolium perenne* (deutsches Weidelgras) in 30/33 Versuchsflächen den größeren Vegetationsanteil stellt. Die Anteile variieren von 19-91 %, siehe Tabelle 62. Zweimal hat eine Leguminose den größten Teil der gemessenen Vegetation ausgemacht, einmal macht ein Kraut den Hauptteil der Pflanzung aus.

**Tabelle 62: Ergebnisse der Frequenzanalyse, Auswertung der anteilmäßig stärksten Pflanzenart [%] sowie deren durchschnittliche Wuchshöhe [cm] Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020**

Frequenzanalyse - häufigste Pflanzenart [%]						
Kuchelauer Hafen 2019						
Abschnitt	SV	Ansaat	Pflanzenart	Anteil [%]	Ø Wuchshöhe	Aufkommen
1	SV 2	S	<i>Lolium perenne</i>	90	8	Angesät
		BR	<i>Lolium perenne</i>	69	18	Angesät
		BW	<i>Lolium perenne</i>	64	22	Angesät
2	SV 5	S	<i>Lolium perenne</i>	29	15	Angesät
		BR	<i>Lolium perenne</i>	67	24	Angesät
		BW	<i>Lolium perenne</i>	37	30	Angesät
3	SV 6	BR	<i>Lolium perenne</i>	91	31	Angesät
		BW	<i>Lolium perenne</i>	35	27	Angesät
		S	<i>Lolium perenne</i>	58	18	Angesät
4	SV 7	BW	<i>Lolium perenne</i>	43	39	Angesät
		S	<i>Lolium perenne</i>	36	19	Angesät
		BR	<i>Lolium perenne</i>	75	37	Angesät
5	SV 4	S	<i>Lolium perenne</i>	46	24	Angesät
		BR	<i>Lolium perenne</i>	49	34	Angesät
		BW	<i>Lolium perenne</i>	39	33	Angesät
6	SV 9	BR	<i>Lolium perenne</i>	76	36	Angesät
		BW	<i>Medicago lupulina</i>	19	16	Angesät
		S	<i>Silene vulgaris</i>	29	27	Eingewandert
7	SV 10	BW	<i>Lolium perenne</i>	23	31	Angesät
		S	<i>Lolium perenne</i>	88	25	Angesät
		BR	<i>Lolium perenne</i>	35	36	Angesät
8	SV 3	S	<i>Lolium perenne</i>	99	5	Angesät
		BR	<i>Lolium perenne</i>	75	7	Angesät
		BW	<i>Lolium perenne</i>	40	16	Angesät
9	SV 8	BR	<i>Lolium perenne</i>	40	34	Angesät
		BW	<i>Trifolium pratense</i>	29	25	Angesät
		S	<i>Lolium perenne</i>	88	16	Angesät
10	SV 11	BW	<i>Lolium perenne</i>	43	46	Angesät
		S	<i>Lolium perenne</i>	82	12	Angesät
		BR	<i>Lolium perenne</i>	34	34	Angesät
11	SV 2	S	<i>Lolium perenne</i>	44	8	Angesät
		BR	<i>Lolium perenne</i>	50	39	Angesät
		BW	<i>Lolium perenne</i>	58	28	Angesät

#### 4.3.4 Ergebnisse Thermografische Stressermittlung

Abbildung 13 zeigt die Realsituation zu dem Wärmebild in Abbildung 14. Die Asphalt-  
oberfläche weist 28 °C auf, während die üppiger ausgebildete Vegetation 19 °C hat. Das  
vegetationslose Substratmaterial an der Böschung zeigt 25 °C.



Abbildung 13: Foto am 28.05.2019 von BR (Vordergrund), S (Hintergrund) Ansaatmischungen  
Substratvariante 5 Kuchelauer Hafen 2019

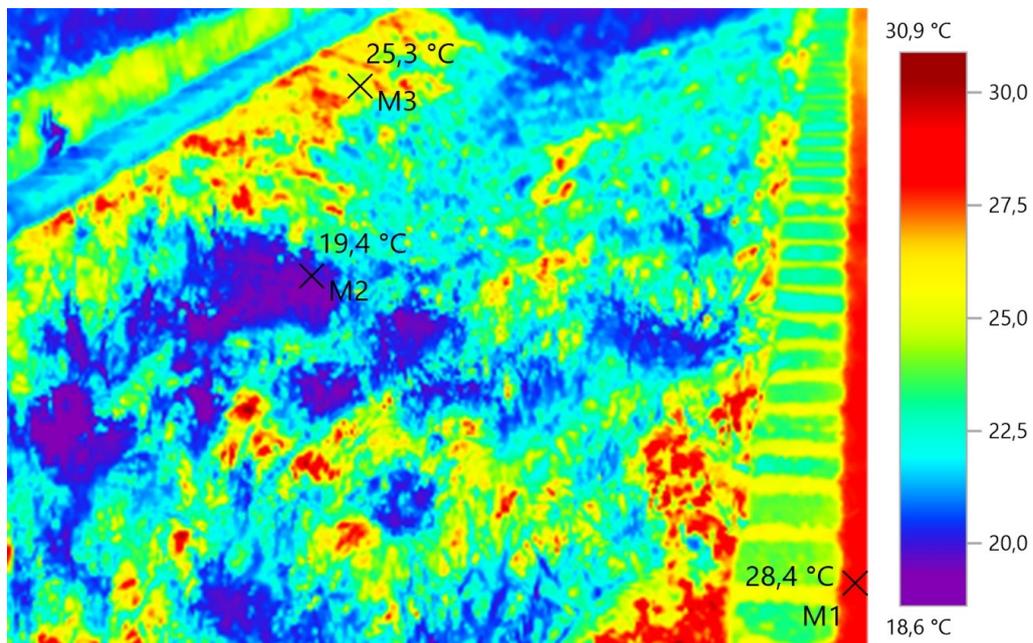


Abbildung 14: Wärmebild am 28.05.2019 von BR (Vordergrund), S (Hintergrund) Ansaatmischungen  
Substratvariante 5 Kuchelauer Hafen 2019

## 5 Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die erhobenen Daten des zweiten Versuchsjahres der Feldaufnahmen und erarbeiteten Ergebnisse anhand eines Bewertungsschemas vergleichbar gemacht. Dazu werden die Ergebnisse aus der Vegetationsperiode 2019 pro Standort dargestellt und mit einem gewichteten System visualisiert. Die textliche Interpretation der Matrizen je Standort dient der Beantwortung der Forschungsfragen.

### 5.1 Mastermatrix

In der Mastermatrix werden die Ergebnisse der Parameter aus den Bereichen Substrat und Vegetation dargestellt. Die Bewertung der einzelnen Versuchsparameter erfolgt nach Punkten, basierend auf fachspezifischer Literatur, Richtlinien und Normen. Eine Gewichtung der Punkte ergibt sich aus der Relevanz der erhobenen Daten.

#### 5.1.1 Bewertungsschema

Zur Bewertung der Ergebnisse pro Parameter werden für diese Punkte in einer Skala vergeben. Die Bewertungsskala umfasst die in Tabelle 63 zu sehenden Kategorien Gut (3 Punkte), Ausreichend (2 Punkte) sowie Unzureichend (1 Punkt).

**Tabelle 63: Bewertungsskala mit Punktevergabe 2019, Olesko 2020**

Beschreibung	Punkte
Gut	3
Ausreichend	2
Unzureichend	1

#### Geotechnische Parameter

Für die Infiltration führt die FLL - Empfehlungen für Baumpflanzungen - Teil 2 (2010b) einen Durchlässigkeitsbeiwert von mindestens  $5 \times 10^{-6}$  m/s bis höchsten  $5 \times 10^{-4}$  m/s an. Diese Durchlässigkeitswerte sind angepasst auf Pflanzenstandorte. Die ÖNORM B 2506-1 (2013) für Regenwassersickeranlagen schreibt für die obersten 30 cm einer Substratschicht einen Sickerwert von  $1 \times 10^{-4}$  bis  $1 \times 10^{-5}$  m/s im eingebauten Zustand vor. Aus diesen Vorgaben ergibt sich die Bewertung für eine bepflanzte Sickerfläche (Tabelle 64). Die Substratvarianten, welche innerhalb der Grenzwerte aus der ÖNORM B 2506-1 (2013) liegen, werden im Bewertungsschema mit ‚Gut‘ (3 Punkte) versehen. Tritt höhere oder niedrigere Infiltration als in der ÖNORM vorgesehen auf, wird überprüft, ob der gemessene Wert in den von der FLL (2010b) vorgegebenen Bereichen liegt. Wenn der Durchlässigkeitsbeiwert innerhalb der Grenzwerte der FLL (2010b) liegt, wird die Bewertung ‚Ausreichend‘ (2 Punkte) vergeben. Infiltrationsraten außerhalb der FLL-Grenzwerte von  $5 \times 10^{-4}$  m/s bis  $5 \times 10^{-6}$  m/s werden als ‚Unzureichend‘ (1 Punkt) bewertet.

Für verdichtbare und überbaubare Baumsubstrate der Pflanzgrubenbauweise 2 gibt die FLL - Empfehlungen für Baumpflanzungen - Teil 2 (2010b) einen Wert von mindestens

45 MN/m<sup>2</sup> an. In der vorliegenden Untersuchungsreihe besteht das Ziel jedoch, die Eignung der Substrate auf ihre Sickerfähigkeit zu prüfen, nicht auf die Überbaubarkeit. Da zudem in den Korrelationsanalysen keine relevanten Zusammenhänge zwischen der Tragfähigkeit und der Infiltrationsrate eruiert werden konnten (alle Bestimmtheitsmaße R<sup>2</sup> unter 10 %), wird die Tragfähigkeit hier nicht bewertet. Sie wird jedoch in der Mastermatrix angeführt, um Vergleiche der Untersuchungsjahre zu ermöglichen.

**Tabelle 64: Bewertungsskala der geotechnischen Parameter der Substrate 2019, Olesko 2020**

Geotechnische Parameter		
	Infiltrationsrate	Tragfähigkeit
Gut (3 Punkte)	$1 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-5}$	-
Ausreichend (2 Punkte)	$5 \times 10^{-4} - 1,1 \times 10^{-4}$ $9,9 \times 10^{-6} - 5 \times 10^{-6}$	-
Unzureichend (1 Punkt)	$> 5 \times 10^{-4}$ $< 5 \times 10^{-6}$	-

## Vegetationstechnische Parameter

### *Gehölze*

Die Gehölz-Grunddaten (Stammdurchmesser, Stammumfang, Baumhöhe und Kronendurchmesser) sind artenspezifisch unterschiedlich und können daher nicht einheitlich mithilfe der höchsten oder niedrigsten Zuwächse verglichen werden. Aus diesem Grund werden pro Standort und Baumart die höchsten Zuwächse grün markiert und mit „Gut“ (drei Punkte) bewertet (Tabelle 65-66).

Der Parameter der Vitalität beschreibt die Gesundheit und Lebenstüchtigkeit des Baumes (FLL, 2020) und ist ein wichtiger Faktor zur Bewertung von Gehölzen. Die Skala basiert auf den Vitalitätsstufen nach Roloff (Dujesiefken, 2015).

Triebblängenwachstum, Blattprobenanalyse, und Eigenschaften/Schäden sind sehr artenspezifisch und können gegebenenfalls nur innerhalb einer Baumart ausgewertet werden. Eine Bewertung der besten Ergebnisse pro Gehölz und Standort mit der Kategorie „Gut“ und drei Punkten erfolgt für die Parameter Triebblängenwachstum (größter Zuwachs), Blattprobenanalyse (geringster Wert des Cl:Na-Verhältnis) und Eigenschaften/Schäden (geringste Anzahl der Schäden). Die ebenfalls erhobenen Parameter, Laubaustrieb/-abwurf, Verzweigung und Leaf Area Index werden in der Mastermatrix angeführt, sie fließen jedoch nicht in die Bewertung mit ein. Sie dienen als ergänzende Werte, um potenzielle Einflussfaktoren identifizieren zu können.

Zu Dokumentationszwecken aufgenommen wurden Baumnummer, Standort, und Baumbezeichnung, und sind somit nicht bei der Bewertung zu berücksichtigen.

**Tabelle 65: Bewertungsskala der vegetationstechnischen Parameter Gehölze (1/2) 2019, Olesko 2020**

Vegetationstechnische Parameter Gehölze				
	Gehölzgrunddaten	Vitalität	Triebblängen	Verzweigung
Gut (3 Punkte)	-	0-1,4	-	-
Ausreichend (2 Punkte)	-	1,5-2,9	-	-
Unzureichend (1 Punkt)	-	3-4	-	-

**Tabelle 66: Bewertungsskala der vegetationstechnischen Parameter Gehölze (2/2) 2019, Olesko 2020**

Vegetationstechnische Parameter				
	Laubaustrieb/ -abwurf	Eigenschaften/ Schäden	LAI	Na:Cl Verhältnis
Gut (3 Punkte)	-	-	-	-

### *Ansaaten*

Die Werkvertragsnorm für Gartengestaltung und Landschaftsbau B 2241 (2013) weist für Ansaatenbegrünung mit Entwicklungspflege eine Bodenbedeckung im geschnittenen Zustand von mindestens 60 % aus. Für Naturrasen auf Sportplätzen müssen bei der Abnahme nach Fertigstellungspflege mindestens 95 % projektive Bodenbedeckung hergestellt sein (ÖNORM B 2606-1, 2009). Aus diesem Grund wird der Deckungsgrad von 60-95 % als „Ausreichend“ mit zwei Punkten bewertet, bei einem Wert von über 95 % fällt die Ansaat in die Kategorie „Gut“, da der Idealzustand erreicht wird und bei unter 60 % in die Kategorie „Unzureichend“ (Tabelle 67).

Die prozentuale Verteilung von Gräser zu Kräuter wird aufgrund eines Ausbringungsfehlers zu Beginn der Versuchsreihe nicht im Gesamtergebnis berücksichtigt. Für jede Ansaatmischung sind laut Inhaltsangaben folgende Verhältnisse ausgewiesen: Die Mischung des Standardrasen besteht zu 100 % aus Gräsern, der Blumenrasen enthält 80 % Gräser und 20 % Kräuter, und für die Blumenwiese gilt ein Verhältnis von 76 % Gräser zu 24 % Kräuter (Lübke, 2019).

Die Parameter Vitalität und Infloreszenz wurden anhand der Bonituranleitung des Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau VT-Team (2012) aufgenommen, die Bewertung richtet sich dementsprechend nach diesem System.

Der Parameter der Wuchshöhe wurde erhoben und dargestellt, durch die unterschiedlichen Mähintervalle wird dieser jedoch nicht in der Bewertung berücksichtigt.

**Tabelle 67: Bewertungsskala der vegetationstechnischen Parameter Ansaaten 2019, Olesko 2020**

Vegetationstechnische Parameter Ansaaten						
	Deckungsgrad	Gräser-Kräuter Verhältnis	Vitalität	Infloreszenz	Wuchshöhe	Trockensubstanz
Gut (3 Punkte)	> 95 %	-	1-2,4	1	-	-
Ausreichend (2 Punkte)	60-95 %	-	2,5-3,4	2-3	-	-
Unzureichend (1 Punkt)	< 60 %	-	3,5-5	4-5	-	-

### 5.1.2 Gewichtung und Bewertung

Die unterschiedliche Relevanz der einzelnen Parameter begründet die nachfolgende Gewichtung ebenjener. Die mithilfe des zuvor angeführten Bewertungsschemas mit den Kategorien „Gut“, „Ausreichend“ und „Unzureichend“ ausgegebenen Punkte werden gewichtet, um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erzielen. Die Gewichtung der Parameter für die Mastermatrix 2019 erfolgt mit den Multiplikatoren 3 (hohe Relevanz) bis 1 (niedrige Relevanz), siehe Tabelle 68.

**Tabelle 68: Gewichtung der Parameter in der Mastermatrix 2019, Olesko 2020**

Gewichtung der Parameter		
Parameter	Gewichtung	Max. Erreichbare Punktezahl je Abschnitt
Infiltrationsrate	3	9
Stammdurchmesser	2	36
Stammumfang	2	
Baumhöhe	1	
Kronendurchmesser	1	
Vitalität Gehölze	2	
Triebblängenwachstum	2	
Eigenschaften/Schäden	1	
Blattprobenanalyse	1	
Deckungsgrad	3	21
Vitalität Ansaaten	2	
Infloreszenz	1	
Biomasse	1	

Der geotechnische Parameter der Infiltration ist als wesentlicher Gesichtspunkt der Sickerfähigkeit der Substrate mit 3 gewichtet. Die Gehölzparameter Stammdurchmesser und Stammumfang dienen als Indikatoren für Dickenwachstum, welches eine mittlere Relevanz erhält, während Baumhöhe und Kronendurchmesser von niedriger Relevanz sind. Erforderlich ist eine mittlere Relevanz bei der Vitalität der Gehölze und des Triebblängenwachstums. Die Eigenschaften und Schäden sowie die Blattprobenanalyse fließen mit niedriger Relevanz in die Bewertung ein. Für die Erfüllung der Ziele der Ansaaten ist eine hohe Relevanz beim Parameter Deckungsgrad angebracht. Die Vitalität kann mit einer mittleren Relevanz gewichtet werden, während die Infloreszenz und die Biomasse niedrig gewichtet sind (Tabelle 68).

Die Punkte werden jeweils pro Parameter errechnet, die Summe wird als Gesamtergebnis einmal für den geotechnischen und einmal für den vegetationstechnischen Bereich in der letzten Spalte ausgewiesen. Zum Beispiel: SV 13 an Baumstandort 1 in der Atemsgasse hat mit dem durchschnittlichen Sickerwert  $8,62 \times 10^{-05}$  eine gute Sickerleistung (3 Punkte), dieser Wert hat eine hohe Gewichtung (x3) daraus ergeben sich  $3 \times 3 = 9$  Punkte. Durch diese Berechnung ergibt sich ein Ranking der Performance der Substrate sowie der Vegetation. Die höchsten Ergebnisse sind gelb hinterlegt. Die maximal erreichbare Punkteanzahl für geotechnischen Parameter belaufen sich auf 9 Gesamtpunkte. Bei der Rubrik der Gehölzpflanzung lassen sich für die vegetativen Parameter 36 Punkte erreichen. Die Pflanzungen an den Standorten Atemsgasse, Edith-Piaf-Straße und Kuchelauer Hafen SM 8 können demnach einen Höchstwert von 45 Punkten erreichen. Die vegetativen Parameter der Ansaatmischungen zeigen einen maximalen Punktwert von 21 Punkten auf, womit die Ansaaten je Substratvariante einen Höchstwert von 30 Punkten erreichen können (Tabelle 68).

Die nachfolgenden Tabellen umfassen alle aufgenommenen Parameter, wobei nicht alle in die Bewertung mit einfließen (Begründung siehe Kapitel 5.1.1). Die grau hinterlegten sowie fett gedruckten Parameter stellen die Basis der Bewertung dar, während die beige hinterlegten Parameter zur besseren Vergleichbarkeit über den gesamten Versuchszeitraum in den Mastermatrizen aufgeführt sind.

Aufgrund des Bewertungsschemas kann die Performance aller Substratvarianten in Kombination mit der Vegetationsform des Untersuchungszeitraums 2019 im Gesamtergebnis verglichen werden, welches im Kapitel 6.1 Gesamt-Ranking aufgezeigt wird.

## 5.2 Mastermatrix Atemsgasse

Ergebnisse Atemsgasse – Mastermatrix 2019

Tabelle 69: Mastermatrix Atemsgasse 2019, Olesko 2020

Nr.	SV	Substratvariante	geotechnische Parameter	Infiltrationsrate			Tragfähigkeit			Gesamtergebnis
				Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]			Dynamischer EV [MN/m²]			
				August	November	Ø	September	Dezember	Ø	
1	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. ohne Zufluss		7,6E-05	9,6E-05	8,62E-05	13,7	8,4	11,1	9,0
2	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. inkl. 2 Zufüssen		5,1E-05	7,4E-05	6,25E-05	15,7	7,2	11,5	9,0
3	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. ohne Zufluss		1,3E-04	1,1E-04	1,19E-04	15,5	12,0	13,8	6,0
4	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. inkl. 1 Zufluss		8,7E-05	8,0E-05	8,34E-05	13,1	8,1	10,6	9,0

Nr.	SV	Substratvariante	geotechnische Parameter	Gehölz	Grunddaten									Ø Vitalität			
					Stammdurchmesser [cm]			Stammumfang [cm]			Baumhöhe [m]				Kronendurchmesser [m]		
					April	November	Zuwachs	April	November	Zuwachs	April	November	Zuwachs		April	November	Zuwachs
1	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. ohne Zufluss		<i>Celtis australis</i>	7,5	9,0	1,5	24,6	29,5	4,9	6,6	6,7	0,1	1,8	2,9	1,1	0,5
2	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. inkl. 2 Zufüssen		<i>Celtis australis</i>	7,8	9,8	2,0	24	31,2	7,2	6,3	6,7	0,4	1,8	4,2	2,4	0,4
3	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. ohne Zufluss		<i>Celtis australis</i>	7,9	9,8	1,9	24,7	31,2	6,5	6,2	6,5	0,3	2,0	2,8	0,8	0,4
4	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. inkl. 1 Zufluss		<i>Celtis australis</i>	7,3	9,9	2,6	23,2	30,2	7,0	5,9	6,5	0,6	2,0	3,1	1,1	0,5

Nr.	SV	Substratvariante	geotechnische Parameter	Gehölz	Schäden				Ø Triebblängen [cm]	Σ Verzweigungen	Laubaustrieb	Laubabwurf	Blattprobenanalyse			Leaf Area Index (LAI)	Gesamtergebnis
					Krone	Stamm	Wurzel	Σ					Natrium [mg/L]	Chlorid [mg/L]	Cl : Na Verhältnis		
					1	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. ohne Zufluss						<i>Celtis australis</i>	7	3		
2	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. inkl. 2 Zufüssen		<i>Celtis australis</i>	7	2	0	9	44,4	126	KW 11	KW 49	5,1257	4,5459	1:0,9	1,280	24,0
3	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. ohne Zufluss		<i>Celtis australis</i>	6	3	0	9	26,5	30	KW 12	KW 49	3,2668	3,6937	1:1,1	2,060	6,0
4	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. inkl. 1 Zufluss		<i>Celtis australis</i>	7	1	0	8	27,8	74	KW 12	KW 49	3,5972	3,5723	1:1	2,280	18,0

Nach einem Steckbrief des Standortes werden zusammenfassend die Ergebnisse interpretiert und damit die Teilforschungsfragen beantwortet. Der Vergleich zu 2018 erfolgt jeweils direkt bei dem Parameter. Ableitend daraus wird eine Antwort zu den übergeordneten Fragestellungen (F1) formuliert.

### **Attemsgasse Steckbrief**

- Art: Baumscheiben (4 Stück)
- Pflanzung: *Celtis australis* (4 Stück)
- Substrat: SV 13 (4 Stück)
- Zufluss: direkte Einleitung von Oberflächenwasser, unterschiedliche Ausführung

Siehe auch Abbildung 6 bzw. Tabelle 69.

### **Substrate**

**F1)** Wie unterscheiden sich die getesteten Substratvarianten, von Sickermulden und Baumscheiben, in Hinblick auf die Infiltrationsrate?

- Welche der 2019 getesteten Substratvarianten entsprechen dem aktuellen Stand der Technik in Bezug auf die benötigte Infiltrationsleistung von Sickerflächen nach ÖNORM B 2506-1 (2013) und der FLL – Empfehlung für Baumpflanzungen – Teil 2 (2010b)?
- Welche Unterschiede der Vegetationsperiode 2019 lassen sich zu den Ergebnissen der Forschungsperiode 2018 erkennen?

Die Infiltrationsleistung der Baumscheiben in der Attemsgasse 2019 liegen in drei von vier Fällen innerhalb der Grenzwerte der ÖNORM 2506-1 (2013), welche  $1 \times 10^{-4}$  bis  $1 \times 10^{-5}$  m/s betragen. Die Versickerungsrate von Gehölz 3 liegt über dem Grenzwert der ÖNORM 2506-1 (2013), versickert also schneller. Damit liegt es jedoch im Bereich der FLL (2010b). Die höchste Versickerungsleistung innerhalb der ÖNORM 2506-1 (2013) erreicht Pflanzung 1.

In der Attemsgasse entwickelt sich die Sickerleistung von 2018 auf 2019 unterschiedlich. Bei Baum 1 und 4 lassen sich Steigerungen erkennen, während Gehölz 2 und 3 einen Leistungsverlust aufweisen. Wie 2019 liegt die Versickerungsrate von Pflanzung 3 2018 über der ÖNORM B2506-1 (2013) Obergrenze von  $1 \times 10^{-4}$  m/s, infiltriert also schneller.

**F1)** Die Versickerungsrate von Baum 1,2 und 4 der Attemsgasse im Untersuchungszeitraum 2019 liegt im optimalen Bereich. Baum 3 versickert etwas schneller, als in ÖNORM B2506-1 (2013) vorgesehen.

### **Gehölzpflanzungen**

**F1)** Wie entwickeln sich die gepflanzten Gehölze in den jeweiligen Substratvarianten in den Sickermulden und Baumscheiben in Bezug auf Zuwachs, Vitalität, Beschädigung und Salzgehalt in der Blattmasse?

- Welche Zuwächse an Stammumfang, Stammdurchmesser, Baumhöhe, Kronendurchmesser und Trieblänge können in der Vegetationsperiode 2019 verzeichnet werden?
- Welche Vitalität weisen die gepflanzten Gehölze in den Sickermulden und Baumscheiben über die Vegetationsperiode 2019 hinweg auf?
- Welche Unterschiede gibt es in der Vegetationsperiode 2019 bezüglich Schadensaufkommen in Krone-, Stamm und Wurzelbereich zwischen den einzelnen Gehölzpflanzungen?
- Welches Verhalten zeigt sich bei den gepflanzten Gehölzen in den Sickermulden und Baumscheiben hinsichtlich der Aufnahme von Streusalz (NaCl) in der Vegetationsperiode 2019?
- Welche Unterschiede der Vegetationsperiode 2019 lassen sich zu den Ergebnissen der Forschungsperiode 2018 erkennen?

### **Stammumfang**

In der Atemsgasse werden von allen Standorten die höchsten Zugewinne gemessen, Baumscheibe 2 erreicht mit 7,2 cm die größte Zunahme (Tabelle 69).

Von 2018 auf 2019 lässt sich in der Atemsgasse eine Zunahme des Stammumfang-Zuwachses feststellen.

### **Stammdurchmesser**

Die größte Zunahme in der Atemsgasse 2019 wird an Baumscheibe 4 gemessen (2,6 cm siehe Tabelle 69).

Im Vergleich zu 2018 gibt es nur in der Atemsgasse 2019 höhere Zuwächse

### **Baumhöhe**

Der maximale Zugewinn an Höhe in der Atemsgasse kann 2019 bei Baumscheibe 4 gemessen werden (Tabelle 69).

Die Zuwächse an Baumhöhe haben in der Atemsgasse von 2018 auf 2019 abgenommen.

### **Kronendurchmesser**

In der Atemsgasse zeigen sich Kronendurchmesser-Zuwächse zwischen 0,8-2,4 m, den höchsten Zugewinn hat Baumscheibe 2 (Tabelle 69).

Eine Zunahme der Zuwächse von 2018 auf 2019 ist bei der Atemsgasse festzustellen

### **Trieblänge**

Alle Pflanzungen zeigen 2019 Zuwächse der Triebängen, diese unterliegen je Standort und Gehölzart einer großen Varianz.

Die Atemsgasse hat 2019 den insgesamt höchsten Trieb­längen­zu­wachs über alle *Celtis australis* Pflanzungen bei Baumscheibe 2 mit 44 cm erreicht (Tabelle 69).

Die Atemsgasse zeigt 2019 einen Höchstwert bei den Trieb­längen, liegt jedoch mit den Zu­wächsen im Vergleich zu 2018 ansonsten zurück.

### **Vitalität**

Bei den Erhebungen der Vitalität weisen die Pflanzungen der Atemsgasse 2019 insgesamt die höchsten Werte auf (Vitalitätsstufen zwischen 0-1, siehe Tabelle 69).

Eine generelle Abnahme der Vitalität von 2018 auf die Erhebungsperiode 2019 ist festzustellen.

### **Schadensaufkommen**

Bei den Schadensbetrachtungen der Gehölze in Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich kann für 2019 festgehalten werden, dass an allen Standorten eine Häufung der Schadensfälle im Kronenbereich auftritt. Die häufigsten erhobenen Schadbilder waren dabei Spitzendürre, Wund- und Schnittstellen sowie aufgeplatzte Rinde & Risse. Die geringste Anzahl an Schadensfällen wurde 2019 jeweils im Wurzelbereich festgestellt (Tabelle 69).

Von 2018 auf 2019 sind Zunahmen der Schäden im Kronenbereich feststellbar. Die Anzahl der Schadensfälle an Stamm zeigen eine leichte Abnahme, im Wurzelbereich sind 2019 mehr Schäden aufgetreten als 2018.

### **Streusalz (NaCl)**

Die in der Atemsgasse erhobenen Daten stehen in einem ausgeglichenen Verhältnis zueinander (Tabelle 69).

Im Vergleich zum Versuchsjahr 2018 kann 2019 größtenteils ein Rückgang der Mineralstoffe Natrium und Chlorid beobachtet werden.

**F1)** Die gepflanzten Gehölze entwickeln sich 2019 sehr unterschiedlich in der Atemsgasse, wobei Gehölz 2 gesamt die positivste Entwicklung zeigt.

# 5.3 Mastermatrix Edith-Piaf-Straße

Ergebnisse Edith-Piaf-Straße – Mastermatrix 2019

Tabelle 70: Mastermatrix Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020

Nr.	SV	Substratvariante	geotechnische Parameter	Infiltrationsrate			Tragfähigkeit			Gesamtergebnis
				Ø Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]			Dynamischer EV [MN/m²]			
				April	November	Ø	April	November	Ø	
1	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		3,5E-05	9,7E-05	6,6E-05	18,4	10,3	14,4	9,0
2	SV12	WBS. O./WBS. U.		1,1E-06	1,7E-06	1,4E-06	40,3	10,1	25,2	3,0
3	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		5,3E-05	2,8E-05	4,1E-05	26,0	8,1	17,1	9,0
4	SV12	WBS. O./WBS. U.		1,7E-06	4,2E-06	2,9E-06	44,3	8,2	26,3	3,0
5	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		6,6E-05	7,2E-05	6,9E-05	16,3	7,9	12,1	9,0
6	SV12	WBS. O./WBS. U.		4,7E-06	5,8E-06	5,3E-06	9,3	12,7	11,0	6,0
7	SV12	WBS. O./WBS. U.		1,7E-06	1,9E-06	1,8E-06	11,9	9,2	10,6	3,0
8	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		2,9E-05	7,3E-05	5,1E-05	16,1	10,6	13,4	9,0
9	SV12	WBS. O./WBS. U.		6,1E-06	1,9E-06	4,0E-06	67,5	8,5	35,5	3,0
10	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		7,9E-05	8,4E-05	8,1E-05	21,1	5,7	13,4	9,0
11	SV12	WBS. O./WBS. U.		3,1E-06	1,4E-06	2,2E-06	38,5	7,1	22,8	3,0
12	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		6,6E-05	1,7E-06	3,4E-05	32,0	5,0	18,5	9,0

Nr.	SV	Substratvariante	vegetationstechnische Parameter	Gehölz	Gehölz-Grunddaten												Ø Vitalität
					Stammdurchmesser [cm]			Stammumfang [cm]			Baumhöhe [m]			Kronendurchmesser [m]			
					April	November	Zuwachs	April	November	Zuwachs	April	November	Zuwachs	April	November	Zuwachs	
1	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	9,7	9,8	0,1	30,0	31,0	1	6,7	6,8	0,1	1,7	1,8	0,1	2,6
2	SV12	WBS. O./WBS. U.		<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	8,2	8,2	0,0	26,0	26,0	0	6,7	7,3	0,6	1,7	1,6	-0,1	2,9
3	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		<i>Acer campestre</i> 'Eburijk'	7,5	7,7	0,2	24,6	25,0	0,4	5,8	6,2	0,4	3,2	2,7	-0,5	0,9
4	SV12	WBS. O./WBS. U.		<i>Acer campestre</i> 'Eburijk'	7,4	7,6	0,2	25,5	25,5	0	6,3	6,7	0,4	2,5	2,4	-0,1	0,9
5	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	9,5	9,5	0,0	30,8	30,8	0	7,2	8,0	0,8	1,6	1,6	0,0	1,9
6	SV12	WBS. O./WBS. U.		<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	9,5	9,5	0,0	29,8	29,8	0	6,9	7,8	0,9	2,0	1,8	-0,2	2,1
7	SV12	WBS. O./WBS. U.		<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	7,9	9,9	2,0	23,9	30,3	6,4	5,8	6,5	0,7	1,9	2,0	0,1	1,7
8	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	9	9,0	0,0	25,6	27,2	1,6	6,3	7,0	0,7	1,7	1,7	0,0	2,0
9	SV12	WBS. O./WBS. U.		<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	6,3	6,6	0,3	21,0	22,0	1	6,9	7,5	0,6	1,6	2,2	0,6	1,5
10	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	6,9	7,4	0,5	21,4	23,5	2,1	6,4	7,8	1,4	1,8	2,4	0,6	1,6
11	SV12	WBS. O./WBS. U.		<i>Celtis australis</i>	7,4	7,8	0,4	23,4	24,8	1,4	6,4	7,1	0,7	1,5	1,9	0,4	3,0
12	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		<i>Celtis australis</i>	7,5	7,8	0,3	23,3	25,5	2,2	6,2	6,8	0,6	1,4	1,8	0,4	2,2

Nr.	SV	Substratvariante	vegetationstechnische Parameter	Gehölz	Schäden				Ø Triebblängen [cm]	Σ Verzweigungen	Laubaustrieb	Laubabwurf	Blattprobenanalyse			Leaf Area Index (LAI)	Gesamtergebnis
					Krone	Stamm	Wurzel	Σ					Natrium [mg/L]	Chlorid [mg/L]	Cl : Na Verhältnis		
1	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	7	3	2	12	11	66	KW 13	KW 50	2,1654	0,7289	10,3	1,520	31,0
2	SV12	WBS. O./WBS. U.		<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	10	3	1	14	5	42	KW 13	KW 50	1,8831	0,6301	10,3	0,250	10,0
3	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		<i>Acer campestre</i> 'Eburijk'	6	3	1	10	23	231	KW 13	KW 48	2,4868	1,5691	10,6	0,330	30,0
4	SV12	WBS. O./WBS. U.		<i>Acer campestre</i> 'Eburijk'	5	3	0	8	20	238	KW 14	KW 47	0,9659	2,0808	12,2	0,660	18,0
5	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	8	3	0	11	3	15	KW 16	KW 45	1,7023	7,0382	14,1	1,370	10,0
6	SV12	WBS. O./WBS. U.		<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	7	3	0	10	2	11	KW 16	KW 44	2,3754	3,6221	13,5	0,430	13,0
7	SV12	WBS. O./WBS. U.		<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	6	3	0	9	21	122	KW 13	KW 48	0,8897	7,0771	17,2	3,890	25,0
8	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	9	3	0	12	28	71	KW 13	KW 47	1,9582	4,2941	12,2	2,350	16,0
9	SV12	WBS. O./WBS. U.		<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	6	4	2	12	29	29	KW 15	KW 44	2,0176	1,3516	10,7	0,360	10,0
10	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	6	4	0	10	57	12	KW 15	KW 44	2,3991	3,4231	11,4	1,400	31,0
11	SV12	WBS. O./WBS. U.		<i>Celtis australis</i>	7	2	0	9	13	65	KW 13	KW 47	1,3287	2,3587	11,8	0,450	23,0
12	SV13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.		<i>Celtis australis</i>	8	1	0	9	13	43	KW 13	KW 47	2,2031	2,6955	11,2	1,300	25,0

Zuerst erfolgt Steckbrief des Standortes, anschließend werden zusammenfassend die Ergebnisse anhand der Teilforschungsfragen interpretiert und beantwortet. Der Vergleich zu 2018 erfolgt jeweils direkt bei dem Parameter. Eine Antwort zu den übergeordneten Fragestellungen (F1) befindet sich am Ende jeden Teilbereiches.

### **Edith-Piaf-Straße Steckbrief**

- Art: Sickermulde (2 Stück)
- Pflanzung: 6 Baumarten je zwei Stück - *Pyrus calleryana* 'Aristocrat'; *Acer campestre* 'Elsrijk'; *Fraxinus excelsior* 'Altena'; *Ulmus* 'New Horizon'; *Gledithsia triacanthos* 'Skyline'; *Celtis australis*
- Substrat: 2 Arten - SV 13 (6 Stück); SV 12 (6 Stück)
- Zufluss: Duales System

Siehe auch Abbildung 7 bzw. Tabelle 70.

### **Substrate**

**F1)** Wie unterscheiden sich die getesteten Substratvarianten, von Sickermulden und Baumscheiben, in Hinblick auf die Infiltrationsrate?

- Welche der 2019 getesteten Substratvarianten entsprechen dem aktuellen Stand der Technik in Bezug auf die benötigte Infiltrationsleistung von Sickerflächen nach ÖNORM B 2506-1 (2013) und der FLL – Empfehlung für Baumpflanzungen – Teil 2 (2010b)?
- Welche Unterschiede der Vegetationsperiode 2019 lassen sich zu den Ergebnissen der Forschungsperiode 2018 erkennen?

Der Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße weist 2019 unterschiedliche Infiltrationsraten auf, welche in die beiden eingebauten Substratvarianten kategorisiert werden können. Bei SV 12 können bis auf einen Fall keine ausreichenden Infiltrationsleistungen nach ÖNORM B2506-1 (2013) oder FLL (2010b) gemessen werden. Das beste Ergebnis in der Edith-Piaf-Straße erzielt Gehölzpflanzung 10 in SV 13, auch die restlichen Vergleichspflanzgruben mit SV 13 zeigen ausreichende Versickerungsleistungen ÖNORM B2506-1 (2013).

Im Vergleich zum Vorjahr werden 2019 in der Edith-Piaf-Straße vier Zunahmen der Infiltrationsleistung von zwölf Messungen festgestellt. Zwei Zunahmen bewegen sich in einem sehr geringen Bereich, zudem bleibt die Versickerungsleistung ungenügend (Gehölz 4 und 9 in SV 12). Die weiteren zwei Zunahmen der Infiltrationsrate zeigen Baum 1 und 5 in SV 13. Durch eine Abnahme der hohen Versickerungsleistung bei Gehölz 10 und 12 (SV 13) sind die beiden Pflanzungen der Infiltration in die Grenzwerte der ÖNORM B2506-1 (2013) von  $1 \times 10^{-4}$  bis  $1 \times 10^{-5}$  m/s gelangt.

**F1)** In der Edith-Piaf-Straße zeigen 2019 alle sechs Pflanzungen in SV 13 (1, 3, 5, 8, 10, 12) ideale Versickerungsleistungen nach ÖNORM B2506-1 (2013). In SV 12 weist Gehölz

6 eine ausreichende Infiltrationsrate nach FLL (2010b) auf, während die restlichen fünf Pflanzungen (2, 4, 7, 9, 11) keine Werte im versickerungsfähigen Bereich zeigen.

## **Gehölzpflanzungen**

**F1)** Wie entwickeln sich die gepflanzten Gehölze in den jeweiligen Substratvarianten in den Sickermulden und Baumscheiben in Bezug auf Zuwachs, Vitalität, Beschädigung und Salzgehalt in der Blattmasse?

- Welche Zuwächse an Stammumfang, Stammdurchmesser, Baumhöhe, Kronendurchmesser und Trieblänge können in der Vegetationsperiode 2019 verzeichnet werden?
- Welche Vitalität weisen die gepflanzten Gehölze in den Sickermulden und Baumscheiben über die Vegetationsperiode 2019 hinweg auf?
- Welche Unterschiede gibt es in der Vegetationsperiode 2019 bezüglich Schadensaufkommen in Krone-, Stamm und Wurzelbereich zwischen den einzelnen Gehölzpflanzungen?
- Welches Verhalten zeigt sich bei den gepflanzten Gehölzen in den Sickermulden und Baumscheiben hinsichtlich der Aufnahme von Streusalz (NaCl) in der Vegetationsperiode 2019?
- Welche Unterschiede der Vegetationsperiode 2019 lassen sich zu den Ergebnissen der Forschungsperiode 2018 erkennen?

## **Stammumfang**

Die Edith-Piaf-Straße, in welcher 6 Baumarten jeweils paarweise in SV 12 und SV 13 gepflanzt wurden, zeigt 2019 in vier von sechs Fällen einen höheren Zuwachs in SV 13 (Tabelle 70). Die Zunahme an Stammumfang erfolgt vor allem bei den Pflanzungen von 7 bis 12, während 1 bis 6 sehr geringe bis keine Zuwächse aufzeigen

Die Edith-Piaf-Straße zeigt im Vergleich zu 2018 einen erhöhten Zuwachs bei den Gehölzen 1 (SV 13), 3 (SV 13) und 7-12 (jeweils SV 12 und 13), während die restlichen Pflanzungen 2019 gleich bleibende oder geringere Zuwächse als 2018 aufweisen.

## **Stammdurchmesser**

In der Edith-Piaf-Straße werden bei elf Gehölzpflanzungen Zugewinne von 0-0,5 cm gemessen, ein Gehölz (7 in SV 12) zeigt 2 cm Zuwachs (Tabelle 70).

An Standort Edith-Piaf-Straße gibt es eine Zunahmen der Stammdurchmesser seit 2018.

## **Baumhöhe**

Im Vergleich über alle Standorte zeigt die Baumart *Celtis australis*, Gehölz 11 (SV 12) in der Edith-Piaf-Straße mit 0,7 m den höchsten Zuwachs an Baumhöhe (Tabelle 70). Das

größte Längenwachstum am Standort Edith-Piaf-Straße zeigt 2019 die Pflanzung 10 (SV 13) mit 1,4 m.

Die Edith-Piaf-Straße verzeichnet eine leichte Steigerung der Zunahme in 2019 gegenüber dem Vorjahr.

### **Kronendurchmesser**

Bei den Pflanzungen der Edith-Piaf-Straße weisen 2019 die Gehölze 7-12 Zuwächse von 0-0,6 m auf, während die Pflanzungen 1-6 nur einen maximalen Gewinn von 0,1 m zeigen (Tabelle 70).

In der Edith-Piaf-Straße gibt es erhöhte Wachstumsleistungen bei den Gehölzen 1 (SV 12) und 9-12 (jeweils SV 12 und SV 13), die Pflanzungen 2-8 können keine Steigerung der Zuwächse von 2018 auf 2019 verbuchen.

### **Trieblänge**

Die Zugewinne der Triebängen an verschiedenen Baumarten in der Edith-Piaf-Straße sind 2019 sehr unterschiedlich. Höhere Zuwächse lassen sich in der Edith-Piaf-Straße vor allem in der SV 13 messen, bis auf einen Fall, welcher sowohl in der SV 13 als auch SV 12 gleich große Zugewinne zeigt. Die Gehölze 5 und 6 zeigen in beiden Substratvarianten die geringsten Zuwächse, die längsten Triebe in der Edith-Piaf-Straße zeigt 2019 die Pflanzung 10 in SV 13 (Tabelle 70).

Im Jahr 2019 sind die Triebängen der Standorte Edith-Piaf-Straße größtenteils stärker gewachsen als 2018. Ausnahmen bilden Pflanzungen 1 und 2 (SV 13 und SV 12), welche 2019 weniger Triebängen angesetzt haben. Den höchsten Zuwachs hat in beiden Jahren Gehölz 10 in SV 13.

### **Vitalität**

Die Edith-Piaf-Straße hat eine hohe Diversität mit Vitalitätswerten zwischen 0-1 bis zur Vitalitätsstufe 3. Der Vergleich zwischen den Baumarten zeigt ein ausgeglichenes Verhältnis, welche der Gehölze (pro Art jeweils in SV 12 und SV 13) die höhere Vitalität hat: dreimal weist die Pflanzung in der SV 13 die höhere Vitalität auf, zweimal jene in der SV 12 und in einem Fall haben beide Gehölze in den unterschiedlichen Substratvarianten die gleiche Vitalität (Tabelle 70).

Eine generelle Abnahme der Vitalität von 2018 auf die Erhebungsperiode 2019 ist festzustellen.

### **Schadensaufkommen**

Bei den Schadensbetrachtungen der Gehölze in Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich kann für 2019 festgehalten werden, dass eine Häufung der Schadensfälle im Kronenbereich auftritt. Die geringste Anzahl an Schadfällen wurde 2019 im Wurzelbereich festgestellt (Tabelle 70).

Von 2018 auf 2019 sind Zunahmen der Schäden im Kronenbereich feststellbar.

### **Streusalz (NaCl)**

In der Edith-Piaf-Straße wurden zum Teil starke Schwankungen festgestellt. So weist etwa der Baum 7 in der SV 12 einen im Verhältnis zu Natrium betrachteten sehr hohen Chloridgehalt auf (Tabelle 70).

Im Vergleich zum Versuchsjahr 2018 kann 2019 größtenteils ein Rückgang der Mineralstoffe Natrium und Chlorid beobachtet werden. Bei drei Gehölzen in der Edith-Piaf-Straße (Pflanzungen 4,5 und 7) hat sich das Cl:Na-Verhältnis von 2018 auf 2019 erhöht.

**F1)** Die Entwicklung der Gehölze zeigt 2019 große Unterschiede in der Atemsgasse. Die besten Leistungen weisen Baum 1 *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' sowie 10 *Gledithsia triacanthos* 'Skyline' in Substratvariante 13 auf.

## 5.4 Mastermatrix Kuchelauer Hafen Sickermulde 8

Mastermatrix Kuchelauer Hafen Sickermulde 8 – Ergebnisse 2019

Tabelle 71: Mastermatrix Kuchelauer Hafen Sickermulde 8 2019, Olesko 2020

Nr.	SV	Substratvariante	geotechnische Parameter	Infiltrationsrate			Tragfähigkeit			Gesamtergebnis
				Ø Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]			Dynamischer EV [MN/m <sup>2</sup> ]			
				April	Oktober	Ø	Juni	Dezember	Ø	
1	SV16	SBS 1.0/SBS 1.U.		1,4E-04	7,2E-05	1,0E-04	9,1	15,7	12,4	9,0
2	SV16	SBS 1.0/SBS 1.U.		6,2E-05	1,1E-04	8,7E-05	6,4	9,9	8,2	9,0
3	SV16	SBS 1.0/SBS 1.U.		5,9E-05	1,3E-04	8,7E-05	5,3	6,6	6,0	9,0
4	SV15	SBS 1.0/SBS 2.U.		7,0E-05	1,1E-04	8,7E-05	4,5	7,0	5,8	9,0
5	SV14	SBS 2.0/SBS 1.U.		5,8E-05	1,1E-04	8,7E-05	7,7	7,3	7,5	9,0
6	SV14	SBS 2.0/SBS 1.U.		1,4E-04	1,2E-04	1,3E-04	9,4	10,1	9,8	6,0
7	SV13	SBS 2.0/SBS 2.U.		7,8E-05	1,4E-04	1,1E-04	7,2	5,9	6,6	6,0
8	SV12	WBS O/WBS U.		8,3E-08	2,5E-07	1,7E-07	3,7	7,3	5,5	3,0
9	SV12	WBS O/WBS U.		2,9E-05	8,3E-08	1,5E-05	4,1	8,5	6,3	9,0
10	SV13	SBS 2.0/SBS 2.U.		1,0E-04	1,3E-04	1,2E-04	5,9	4,8	5,4	6,0
11	SV15	SBS 1.0/SBS 2.U.		8,8E-05	1,6E-04	1,2E-04	7,3	9,5	8,4	6,0

Nr.	SV	Substratvariante	Gehölz	Gehölz-Grunddaten												Ø Vitalität
				Stammdurchmesser [cm]			Stammumfang [cm]			Baumhöhe [m]			Kronendurchmesser [m]			
				April	November	Zuwachs	April	November	Zuwachs	April	November	Zuwachs	April	November	Zuwachs	
1	SV16	SBS 1.0/SBS 1.U.	Celtis australis	7,9	8,0	0,1	25,2	27,0	1,8	6,3	6,3	0,0	1,9	2,5	0,6	1,2
2	SV16	SBS 1.0/SBS 1.U.	Celtis australis	7,5	7,8	0,3	24,6	26,3	1,7	5,8	5,9	0,1	2,0	2,4	0,4	0,9
3	SV16	SBS 1.0/SBS 1.U.	Celtis australis	8,0	8,2	0,2	25,4	26,9	1,5	6,0	6,2	0,2	1,6	1,9	0,3	1,9
4	SV15	SBS 1.0/SBS 2.U.	Celtis australis	8,1	8,5	0,4	27,1	29,1	2,0	6,0	6,0	0,0	2,3	2,7	0,4	1,1
5	SV14	SBS 2.0/SBS 1.U.	Celtis australis	6,9	7,1	0,2	22,0	23,3	1,3	5,7	5,7	0,0	1,6	2,2	0,6	2,1
6	SV14	SBS 2.0/SBS 1.U.	Celtis australis	8,1	8,2	0,1	25,4	26,7	1,3	6,4	6,1	-0,3	1,4	2,1	0,7	1,2
7	SV13	SBS 2.0/SBS 2.U.	Celtis australis	8,2	8,5	0,3	26,2	27,9	1,7	5,8	6,2	0,4	2,4	2,6	0,2	1,3
8	SV12	WBS O/WBS U.	Celtis australis	8,2	8,2	0,0	26,7	27,8	1,1	6,2	6,4	0,2	1,7	2,0	0,3	3,2
9	SV12	WBS O/WBS U.	Celtis australis	7,8	7,8	0,0	24,0	29,6	5,6	5,4	5,4	0,0	1,3	1,7	0,4	3,3
10	SV13	SBS 2.0/SBS 2.U.	Celtis australis	8,5	8,9	0,4	26,5	27,8	1,3	5,6	6,0	0,4	1,6	2,1	0,5	0,7
11	SV15	SBS 1.0/SBS 2.U.	Celtis australis	8,1	8,3	0,2	26,0	26,9	0,9	5,9	6,2	0,3	1,7	2,2	0,5	1,3

Nr.	SV	Substratvariante	Gehölz	Schäden				Ø Triebblängen [cm]	Σ Verzweigungen	Laubaustrieb	Laubabwurf	Blattprobenanalyse			Leaf Area Index (LAI)	Gesamtergebnis
				Krone	Stamm	Wurzel	Σ					Natrium [mg/L]	Chlorid [mg/L]	Cl : Na Verhältnis		
				1	SV16	SBS 1.0/SBS 1.U.	Celtis australis					8	3	0		
2	SV16	SBS 1.0/SBS 1.U.	Celtis australis	7	3	0	10	30	38	KW 15	KW 49	2,2320	4,1529	1:1,9	0,820	12,0
3	SV16	SBS 1.0/SBS 1.U.	Celtis australis	7	3	0	10	21	52	KW 15	KW 49	2,3714	3,0349	1:1,3	0,890	6,0
4	SV15	SBS 1.0/SBS 2.U.	Celtis australis	6	3	0	9	28	122	KW 14	KW 49	3,4594	3,7442	1:1,1	0,560	12,0
5	SV14	SBS 2.0/SBS 1.U.	Celtis australis	7	2	0	9	23	94	KW 14	KW 49	3,0316	2,9622	1:1	0,310	4,0
6	SV14	SBS 2.0/SBS 1.U.	Celtis australis	7	3	0	10	18	65	KW 15	KW 49	2,9151	7,4594	1:2,6	0,450	9,0
7	SV13	SBS 2.0/SBS 2.U.	Celtis australis	6	3	1	10	24	98	KW 14	KW 49	3,8871	4,2973	1:1,1	0,200	9,0
8	SV12	WBS O/WBS U.	Celtis australis	8	2	2	12	11	46	KW 15	KW 44	3,5695	12,3731	1:3,5	0,020	3,0
9	SV12	WBS O/WBS U.	Celtis australis	11	2	2	15	10	16	KW 15	KW 44	6,2669	91,2486	1:14,6	0,070	9,0
10	SV13	SBS 2.0/SBS 2.U.	Celtis australis	6	2	0	8	28	76	KW 15	KW 48	6,4666	3,0101	1:0,5	0,150	21,0
11	SV15	SBS 1.0/SBS 2.U.	Celtis australis	8	2	2	12	27	41	KW 14	KW 48	4,7386	2,9323	1:0,6	0,120	6,0

Nach dem Steckbrief des Standortes werden die Ergebnisse anhand der Teilforschungsfragen interpretiert und beantwortet. Der Vergleich zu 2018 wird jeweils direkt bei dem Parameter beschrieben. Ableitend daraus erfolgt eine Antwort zu den übergeordneten Fragestellungen (F1).

### **Kuchelauer Hafen Sickermulde 8 Steckbrief**

- Art: Sickermulde (1 Stück)
- Pflanzung: *Celtis australis* (11 Stück)
- Substrat: 5 Arten - SV 12 (2 Stück), SV 13 (2 Stück), SV 14 (2 Stück), SV 15 (2 Stück), SV 16 (3 Stück)
- Zufluss: direkte Einleitung von Oberflächenwasser

Siehe auch Abbildung 8Abbildung 7 bzw. Tabelle 71.

### **Substrate**

**F1)** Wie unterscheiden sich die getesteten Substratvarianten, von Sickermulden und Baumscheiben, in Hinblick auf die Infiltrationsrate?

- Welche der 2019 getesteten Substratvarianten entsprechen dem aktuellen Stand der Technik in Bezug auf die benötigte Infiltrationsleistung von Sickerflächen nach ÖNORM B 2506-1 (2013) und der FLL – Empfehlung für Baumpflanzungen – Teil 2 (2010b)?
- Welche Unterschiede der Vegetationsperiode 2019 lassen sich zu den Ergebnissen der Forschungsperiode 2018 erkennen?

Im Kuchelauer Hafen Sickermulde 4 gibt es Sickerleistungen außerhalb der Grenzwerte (SV 2, Abschnitt 1&11), innerhalb der FLL (2010b) mit hoher Versickerung (Abschnitt 2 SV5, Abschnitt 4 SV 7, Abschnitt 6 SV 9, Abschnitt 10 SV 11) und Werte innerhalb des ÖNORM 2506-1 (2013) Bereiches (Abschnitt 3 SV 6, Abschnitt 5 SV 4, Abschnitt 7 SV 10, Abschnitt 8 SV 3, Abschnitt 9 SV 8).

Die Messungen von 2018 zeigen, im Kuchelauer Hafen Sickermulde 8, Zunahmen und Abnahmen der Werte zu den Messungen 2019. Pflanzung 1 und 2 (SV 16) zeigen Zunahmen der Infiltrationsleistung und befinden sich in beiden Vergleichszeiträumen innerhalb der Grenzwerte von  $1 \times 10^{-4}$  bis  $1 \times 10^{-5}$  m/s der ÖNORM B2506-1 (2013). Abnahmen der Infiltrationsrate weisen die Gehölze 3 bis 5 auf (SV 16, SV 15, SV14), wobei die Verringerung von einer hohen Infiltration im FLL (2010b) Bereich zu einem Wert innerhalb der ÖNORM B2506-1 (2013) Grenzwerte gelangt ist. Bei Baum 8 (SV 12) führt die Abnahme der Sickerleistung zu Werten außerhalb aller Grenzwerte von ÖNORM B2506-1 (2013) und FLL (2010b), welche 2018 im ÖNORM B2506-1 (2013) Bereich war. Die Pflanzungen von 9 bis 11 (SV 12, SV 13, SV 15) zeigen 2018 und 2019 gleichbleibend hohe bis ausreichende Versickerungsleistungen.

**F1)** Es gibt große Unterschiede der Infiltrationsrate im Kuchelauer Hafen Sickermulde 8 im Jahr 2019. Gute Infiltrationswerte nach ÖNORM B2506-1 (2013) hat SV 16 an allen Pflanzgruben. SV 15 und SV 14 haben jeweils einmal Werte im Normen-Bereich (Gehölz 4 und 5) oder darüber, im FLL-Bereich (Baum 11 und 6). Bei SV 13 sind die Infiltrationswerte beider Pflanzgruben höher als in der ÖNORM vorgesehen und damit im FLL (2010b) Bereich. Unterschiedliche Werte zeigt SV 12: einmal mit idealer Versickerung (Gehölz 9) und einmal ohne ausreichende Versickerung (Gehölz 8).

### **Gehölzpflanzungen**

**F1)** Wie entwickeln sich die gepflanzten Gehölze in den jeweiligen Substratvarianten in den Sickermulden und Baumscheiben in Bezug auf Zuwachs, Vitalität, Beschädigung und Salzgehalt in der Blattmasse?

- Welche Zuwächse an Stammumfang, Stammdurchmesser, Baumhöhe, Kronendurchmesser und Trieblänge können in der Vegetationsperiode 2019 verzeichnet werden?
- Welche Vitalität weisen die gepflanzten Gehölze in den Sickermulden und Baumscheiben über die Vegetationsperiode 2019 hinweg auf?
- Welche Unterschiede gibt es in der Vegetationsperiode 2019 bezüglich Schadensaufkommen in Krone-, Stamm und Wurzelbereich zwischen den einzelnen Gehölzpflanzungen?
- Welches Verhalten zeigt sich bei den gepflanzten Gehölzen in den Sickermulden und Baumscheiben hinsichtlich der Aufnahme von Streusalz (NaCl) in der Vegetationsperiode 2019?
- Welche Unterschiede der Vegetationsperiode 2019 lassen sich zu den Ergebnissen der Forschungsperiode 2018 erkennen?

### **Stammumfang**

Der Standort Kuchelauer Hafen weist Zuwachsleistungen von 0,9-5,6 cm auf (Tabelle 71). Von 2018 auf 2019 lässt sich eine Zunahme der Zuwachsleistung am Standort Kuchelauer Hafen feststellen.

### **Stammdurchmesser**

In der Vegetationsperiode 2019 kann nicht jedes Gehölz eine Zunahme des Stammdurchmessers verzeichnen.

Der Kuchelauer Hafen hat 2019 Messergebnisse mit Zuwächsen von 0-0,4 cm, die Pflanzungen 4 (SV 15) und 10 (SV 3) zeigen die größten Zunahmen (Tabelle 71).

Am Standort Kuchelauer Hafen ist die Zunahme des Stammdurchmesser 2018 durchschnittlich höher.

## **Baumhöhe**

Im Kuchelauer Hafen wurden Wachstumsleistungen zwischen 0-0,4 m gemessen, wobei die höchsten Zunahmen bei den beiden Pflanzungen in SV 13 (Gehölze 7 und 10) stattgefunden haben (Tabelle 71).

Die Zuwachssituation 2019 am Standort Kuchelauer Hafen weist eine Abnahme im Vergleich zu 2018 auf.

## **Kronendurchmesser**

Im Kuchelauer Hafen erreicht 2019 das Gehölz 6 in SV 14 die größte Zunahme des Kronendurchmessers mit 0,7 m (Tabelle 71).

Das Gehölz 6 in SV 14 zeigt im Kuchelauer Hafen sowohl 2019 als auch 2018 die größten Zugewinne. Generell nehmen die Kronendurchmesser am Standort Kuchelauer Hafen 2019 im Vergleich zu 2018 zu.

## **Trieblänge**

Der Standort Kuchelauer Hafen hat 2019 Zuwächse zwischen 10-30 cm. Die geringste Trieblänge weist Gehölz 9 (SV 12) auf, die höchsten Triebhöhen werden von Pflanzung 2 (SV 16) gebildet (Tabelle 71).

Abnahmen an Triebhöhe zu 2018 im Kuchelauer Hafen zeigen die Pflanzungen 1 (SV 16), 6 (SV 14) und 8-9 (SV 12), während ansonsten Zuwächse verzeichnet wurden. Den größten Zugewinn von 2018 auf 2019 zeigt im Kuchelauer Hafen Gehölzpflanzung 2 (SV 16).

## **Vitalität**

Am Standort Kuchelauer Hafen ist 2019 eine große Varianz sichtbar (Tabelle 71). Während die Pflanzungen 8 und 9 in der SV 12 die insgesamt niedrigsten Vitalität (Vitalitätsstufen 3-4) im Gesamtvergleich aller Standorte aufweisen, zeigen sich auch hohe Vitalitätsstufen zwischen 0-1 bei dem Gehölz 10 (SV 13) und 2 (SV 16).

Eine generelle Abnahme der Vitalität von 2018 auf die Erhebungsperiode 2019 ist festzustellen. Lediglich am Standort Kuchelauer Hafen weisen einzelne Pflanzungen (10 in SV 13, 2 in SV 16 und 6 in SV 14) eine höhere Vitalität als im Vorjahr auf.

## **Schadensaufkommen**

Eine Häufung der Schadensfälle tritt 2019 im Kronenbereich auf. Die geringste Anzahl an Schadensfällen wurde 2019 jeweils im Wurzelbereich festgestellt (Tabelle 71).

Es sind in den betrachteten Bereichen Krone, Stamm und Wurzel Zunahmen der Schäden im Kronenbereich von 2018 auf 2019 feststellbar.

### **Streusalz (NaCl)**

Auch im Kuchelauer Hafen ist das bei Baumpflanzung 9 der Fall (SV 12), welche einen 35-fach höheres Cl:Na Verhältnis als der geringste Wert an diesem Standort beträgt, der bei Pflanzung 10, SV 13 (Tabelle 71) festgestellt wurde.

Für den Kuchelauer Hafen können keine Vergleiche angestellt werden, da 2018 keine Blattprobenanalyse vorgenommen wurde.

**F1)** In der Sickermulde 8 des Kuchelauer Hafen ist 2019 eine diverse Entwicklung der gepflanzten Gehölze festzustellen. Optimale Werte zeigt 10 *Celtis australis* in der Substratvariante 13.

## 5.5 Mastermatrix Kuchelauer Hafen Sickermulde 4

### Mastermatrix Kuchelauer Hafen Sickermulde 4 – Ergebnisse 2019

Tabelle 72: Mastermatrix Kuchelauer Hafen Sickermulde 4 2019, Olesko 2020

Abschnitt	SV	Substratvariante	Ansaat	geotechnische Parameter	Infiltrationsrate			Tragfähigkeit			Gesamtergebnis
					Durchlässigkeitsbeiwert [m/s]			Dynamischer EV [MN/m²]			
					April	Oktober	Ø	Juni	November	Ø	
1	SV 2	Oberboden	S		8,3E-09	8,3E-07	4,2E-07	4,6	3,4	4,0	3,0
			BR		8,3E-09	8,4E-07	4,2E-07	4,5	3,7	4,1	3,0
			BW		8,3E-09	8,3E-09	8,3E-09	4,5	3,2	3,9	3,0
			S		9,1E-05	1,9E-04	1,4E-04	5,6	4,9	5,3	6,0
2	SV 5	SaPf.-Zeolith	BR		2,8E-04	2,2E-04	2,5E-04	6,9	7,3	7,1	6,0
			BW		3,5E-04	1,7E-04	2,6E-04	5,7	6,6	6,2	6,0
			S		1,3E-04	3,7E-05	8,2E-05	5,1	4,4	4,8	9,0
			BW		2,8E-06	4,2E-05	2,3E-05	4,2	4,9	4,6	9,0
3	SV 6	SaPf.-Kombi	S		2,2E-05	1,9E-05	2,1E-05	4,1	5,3	4,7	9,0
			BW		1,4E-04	1,1E-04	1,2E-04	4,6	7,9	6,3	6,0
			S		3,2E-04	2,7E-04	3,0E-04	7	7,8	7,4	6,0
			BR		3,6E-04	2,2E-04	2,9E-04	6,4	8,6	7,5	6,0
			S		2,5E-05	1,6E-04	9,3E-05	3,8	7	5,4	9,0
			BR		7,6E-05	2,5E-05	5,1E-05	3,3	6	4,7	9,0
			BW		3,3E-05	6,5E-05	4,9E-05	3,9	7,4	5,7	9,0
6	SV 9	SaPf.-Zeolith/SaSp.	BR		1,6E-04	1,8E-04	1,7E-04	6,4	6,6	6,5	6,0
			BW		8,2E-05	1,3E-04	1,1E-04	5,9	7,8	6,9	6,0
			S		1,5E-04	2,3E-04	1,9E-04	6	7,7	6,9	6,0
			BW		4,6E-05	6,8E-05	5,7E-05	4,2	6,2	5,2	9,0
7	SV 10	SaPf.-Kombi/SaSp.	S		4,7E-05	5,1E-05	4,9E-05	6,4	6,1	6,3	9,0
			BR		6,3E-05	7,0E-05	6,6E-05	3,8	7,1	5,5	9,0
			S		4,1E-05	3,1E-05	3,6E-05	14,6	18,7	16,7	9,0
			BR		3,2E-05	2,2E-06	1,7E-05	12,5	10,7	11,6	9,0
			BW		2,2E-05	3,3E-06	1,3E-05	16,7	15,4	16,1	9,0
			BR		2,1E-05	2,6E-05	5,3E-05	4	5,5	4,8	9,0
			BW		4,0E-05	5,8E-05	4,9E-05	3,7	6,1	4,9	9,0
			S		2,6E-05	7,6E-05	5,1E-05	4,7	4,4	4,6	9,0
			BW		2,6E-04	1,6E-04	2,1E-04	7,4	9,9	8,7	6,0
10	SV 11	SaPf.-Kalk/SaSp.	S		9,5E-05	2,1E-04	1,5E-04	6,8	6,1	6,5	6,0
			BR		1,3E-04	1,5E-04	1,4E-04	7,2	5,2	6,2	6,0
			S		8,3E-08	8,3E-09	4,6E-08	5,2	4,2	4,7	3,0
			BR		8,3E-08	2,8E-07	1,8E-07	4,2	3,8	4,0	3,0
			BW		6,1E-07	8,3E-09	3,1E-07	4,8	3,5	4,2	3,0

Abschnitt	SV	Substratvariante	Ansaat	vegetationstechnische Parameter	Ø Deckungsgrad [%]		Ø Verhältnis [%]		Ø Vitalität	Ø Infloreszenz	Ø Wuchshöhe [cm]	Gesamtergebnis
					Gräser	Kräuter	Ø Verhältnis [%]					
							Gräser	Kräuter				
1	SV 2	Oberboden	S		74	94	6	2,8	4	10	11,0	
			BR		70	61	39	2,3	2	10	14,0	
			BW		70	45	55	2,1	2	18	14,0	
			S		62	37	63	1,9	2	17	14,0	
2	SV 5	SaPf.-Zeolith	BR		46	54	46	2,4	2	16	11,0	
			BW		66	19	81	1,7	1	22	18,0	
			S		71	64	36	2,2	2	12	14,0	
			BR		81	19	81	1,5	2	15	14,0	
			BW		75	39	61	1,7	2	10	14,0	
3	SV 6	SaPf.-Kombi	S		76	38	63	1,4	1	15	15,0	
			BR		76	39	61	2,1	2	10	14,0	
			BW		70	50	50	2,1	1	13	18,0	
			S		66	34	67	1,9	2	11	14,0	
			BR		59	47	54	1,9	2	12	11,0	
			BW		72	28	73	1,4	2	17	14,0	
6	SV 9	SaPf.-Zeolith/SaSp.	BR		59	50	50	2,5	2	10	9,0	
			BW		73	14	86	1,7	1	16	15,0	
			S		69	25	75	2,3	2	10	14,0	
			BW		86	14	86	1,9	1	15	15,0	
7	SV 10	SaPf.-Kombi/SaSp.	S		75	68	33	2,4	2	10	14,0	
			BR		89	17	83	1,5	2	14	14,0	
			S		23	86	14	3,9	3	4	7,0	
			BR		25	48	52	3,7	3	6	7,0	
			BW		23	51	49	3,3	2	8	9,0	
8	SV 3	WBS. O./WBS. U.	S		83	20	80	1,8	1	18	15,0	
			BR		85	26	74	1,9	1	21	15,0	
			BW		67	77	23	2,9	3	10	12,0	
			S		80	21	79	1,5	1	21	18,0	
10	SV 11	SaPf.-Kalk/SaSp.	S		62	59	41	3,0	2	9	12,0	
			BR		86	18	83	1,5	2	14	14,0	
			S		54	72	28	2,9	3	9	9,0	
11	SV 2	Oberboden	BR		64	50	50	1,8	2	11	14,0	
			BW		61	48	52	2,4	2	14	14,0	

Zusammenfassend werden die Ergebnisse des Abschnittes Ansaaten anhand der Teilforschungsfragen beantwortet, wobei der Vergleich zu 2018 jeweils direkt bei dem Parameter erfolgt. Im Anschluss wird Antwort aus der Forschungsfrage (F1) abgeleitet.

#### **Kuchelauer Hafen Sickermulde 4 Steckbrief**

- Art: Sickermulde (1 Stück)
- Pflanzung: 3 Ansaatmischungen je Substratvariante – Standardrasen, BOKU-Blumenrasen, BOKU-Blumenwiese
- Substrat: SV 2-11
- Zufluss: direkte Einleitung von Oberflächenwasser

Siehe auch Abbildung 9 bzw. Tabelle 72. Abbildung 7

#### **Substrate**

**F1)** Wie unterscheiden sich die getesteten Substratvarianten, von Sickermulden und Baumscheiben, in Hinblick auf die Infiltrationsrate?

- Welche der 2019 getesteten Substratvarianten entsprechen dem aktuellen Stand der Technik in Bezug auf die benötigte Infiltrationsleistung von Sickerflächen nach ÖNORM B 2506-1 (2013) und der FLL – Empfehlung für Baumpflanzungen – Teil 2 (2010b)?
- Welche Unterschiede der Vegetationsperiode 2019 lassen sich zu den Ergebnissen der Forschungsperiode 2018 erkennen?

Im Kuchelauer Hafen Sickermulde 4 gibt es Sickerleistungen außerhalb der Grenzwerte (SV 2, Abschnitt 1&11), innerhalb der FLL (2010b) mit hoher Versickerung (Abschnitt 2 SV5, Abschnitt 4 SV 7, Abschnitt 6 SV 9, Abschnitt 10 SV 11) und Werte innerhalb des ÖNORM 2506-1 (2013) Bereiches (Abschnitt 3 SV 6, Abschnitt 5 SV 4, Abschnitt 7 SV 10, Abschnitt 8 SV 3, Abschnitt 9 SV 8).

Die Messungen von 2018 zeigen, im Kuchelauer Hafen Sickermulde 4, Zunahmen und Abnahmen der Werte zu den Messungen 2019. Die einzelnen Ansaatmischungen in den Substratvarianten zeigen im Durchschnitt Ergebnisse innerhalb des gleichen Wertebereichs von ÖNORM B2506-1 (2013) oder FLL (2010b). Bei fünf von elf Abschnitten steigt die Infiltration bei alle Ansaatmischungen der Substratvariante.

**F1)** Der Großteil der Substratvarianten in der Sickermulde 4 des Kuchelauer Hafen versickern 2019 gut bis ausreichend. Die SV 2 zeigt nicht genügend Infiltrationsrate, die restlichen Substratvarianten versickern gut nach ÖNORM B2506-1 (2013) oder schneller – also ausreichend nach FLL (2010b).

## **Ansaaten**

**F2)** Wie entwickeln sich die drei untersuchten Ansaatmischungen Standardrasen, Blumenrasen und Blumenwiese in den Substratvarianten in Bezug auf Deckungsgrad, Vitalität und Infloreszenz innerhalb der Vegetationsperiode 2019?

- Welche Unterschiede weisen die ausgesäten Ansaatmischungen auf den verschiedenen Substratvarianten in der Sickermulde in Bezug auf den Deckungsgrad in der Vegetationsperiode 2019 auf?
- Welche Vitalität zeigen die verwendeten Ansaatmischungen, in der Sickermulde, innerhalb der Vegetationsperiode 2019?
- Welche Unterschiede gibt es bei der Infloreszenz der Ansaatmischungen in der Sickermulde, innerhalb der Vegetationsperiode 2019?
- Welche Unterschiede der Vegetationsperiode 2019 lassen sich zu den Ergebnissen der Forschungsperiode 2018 erkennen?

## **Deckungsgrad**

Der Deckungsgrad in Sickermulde 4 des Kuchelauer Hafen liegt 2019 im Gesamtdurchschnitt bei 67 %. Den geringsten Deckungsgrad weist Substratvariante 3, Abschnitt 8 auf. Der höchste Deckungsgrad der Ansaatmischungen kommt bei Substratvariante 10, Abschnitt 7 zustande. Je Abschnitt/SV wird der erste Platz des Deckungsgrades 2019 unterschiedlich belegt: sechsmal die Blumenwiese, viermal der Blumenrasen und zweimal der Standardrasen (Tabelle 72).

Im Vergleich zum Jahr 2018 ist ein höherer Deckungsgrad zu erkennen. 2018 liegt der Gesamtdurchschnitt bei 54 % Deckung. Die geringste Deckung war wie 2019 Substratvariante 3, Abschnitt 8. 2018 gab es zwei Abschnitte/SV, welche durchschnittliche eine hohe Deckung erzielten: wie 2019 die SV 10, Abschnitt 7 sowie SV 2, Abschnitt 1 (Tabelle 54). Von 2018 auf 2019 haben die verschiedenen Ansaatmischungen je Abschnitt durchschnittlich 46 % an Deckungsgrad gewonnen.

## **Infloreszenz**

In der Vegetationsperiode 2019 wird die höchste Infloreszenzstufe 1 sechsmal von der BOKU-Blumenwiesenansaat und zweimal von der BOKU-Blumenrasenansaat erreicht. Die geringsten Infloreszenzstufen im Durchschnitt je Substratvariante bringt SV 3 Abschnitt 8 sowie SV 2 Abschnitt 1 hervor. Die geringste Blühleistung zeigt dabei die Standardrasenansaat der SV 2 Abschnitt 1 (Tabelle 72).

Der Vergleich zum Vorjahr zeigt 2019 eine Zunahme der Infloreszenz. Die Hälfte der Versuchsflächen verzeichnen eine Erhöhung von mindestens einer Infloreszenzstufe, 17 von 33 Ansaaten. Bei 14 Ansaaten wurde die gleiche Infloreszenzstufe ermittelt, zweimal wird eine Abnahme festgestellt, siehe Tabelle 54.

## **Vitalität**

Die durchschnittlich vitaleren Ansaatenmischungen (Vitalitätsstufe 1) mit einer Gesamtvitalität über die Vegetationsperiode (04.-11.2019) sind die BOKU-Blumenwiese auf Substratvariante 7, Abschnitt 4 sowie die Blumenwiese auf Substratvariante 4, Abschnitt 5. Den am wenigsten vitalen Bewuchs (Vitalitätsstufe 4) zeigt zweimal die SV 3, Abschnitt 8 (Tabelle 72).

Die Entwicklung der Vitalität von 2018 auf 2019 zeigt eine geringfügige Erhöhung. Eine Zunahme der Vitalität wird bei 15 Ansaatmischungen festgestellt, eine Abnahme bei 16, zwei haben die gleiche durchschnittliche Vitalität wie im Vorjahr. Gesamt ergibt sich dennoch eine höhere Vitalität.

**F2)** Die Entwicklung der Ansaatmischungen am Standort Kuchelauer Hafen, Sickermulde 4, ist je Mischung und Substratvariante unterschiedlich. Gute Gesamtergebnisse zeigen die BOKU-Blumenwiese in SV 5, Abschnitt 4 und SV 11, Abschnitt 10 sowie der BOKU-Blumenrasen.

## 5.6 Diskussion

Um dezentrales Regenwassermanagement in der Stadt zu betreiben und so zeitgleich Überflutungsschutz und eine vitale, grüne Stadt zu schaffen, sind die richtigen Voraussetzungen von Bedeutung. Um die unterschiedlichen Bausteine, von Substrat als Pflanzenstandort, Sicker- und Reinigungskörper, sowie die Vegetation als Quelle von verschiedenen Ecosystem Services vereint sinnvoll einzusetzen, ist eine Abstimmung unerlässlich. Verschiedene Richtlinien und Regelwerke geben Vorgaben über die Umsetzung für einzelne Parameter, bei einer kombinierten Anwendung mit mehreren Zielen kann die Erfüllung der Anforderungen zu einer Hürde werden.

Die zukünftige DWA (2020) und Grimm (2010) geben an, dass Infiltrationsraten zwischen  $1 \times 10^{-3}$  bis  $1 \times 10^{-6}$  m/s für die entwässerungstechnische Versickerung gegeben sein soll. In der FLL (2010b) mit dem Schwerpunkt auf Substrat als Pflanzenstandort werden Werte zwischen  $5 \times 10^{-4}$  bis  $5 \times 10^{-6}$  m/s gefordert, während die ÖNORM B 2506-1 (2013) einen Wert von  $1 \times 10^{-4}$  bis  $1 \times 10^{-5}$  für die ersten 30 cm einer flächigen Versickerung vorgibt.

Aufgrund der Voraussetzungen des Projektes einer Regenwasser-Sickeranlage wurden die Werte der ÖNORM B 2506-1 (2013) als Ausgangsbasis für die Bewertung gewählt. Substrate, mit einer höheren Infiltration, welche jedoch nicht im Bereich der ÖNORM liegt, werden demnach nicht mit der höchst-möglichen Bewertungsstufe kategorisiert.

Die Aussage von Fürhacker *et al.*, (2013, S.18) kann als eine Erklärung für die Ergebnisse der Infiltrationsmessungen gesehen werden: „*Der Bodenfilter verliert seine Wasserleitfähigkeit, die aber durch die Neubildung von Poren, in Form von Sekundärporen, wieder ertüchtigt werden kann.*“ In den Versuchen des Jahres 2019 an den unterschiedlichen Standorten zeigen, sich wie Fürhacker (2013) beschreibt, sowohl Abnahmen als auch Zunahmen des Durchlässigkeitsbeiwerts.

Die ÖNORM B 2506-1 (2013) gibt vor, dass die Vegetation in Sickermulden zeitweise Überstauung aushalten muss. In der Literatur gibt es keine Aussagen darüber, dass die im SAVE-Projekt meist gepflanzte Baumart *Celtis australis* diese Voraussetzung erfüllen kann, wobei die Einstauereignisse in Zeitabständen erfolgen, welche eine spezifische Anpassung dafür vernachlässigbar machen. Die Straßenbaumlisten der GALK (2012) beschreiben das Gehölz als trockenheitsverträglich und wärmeliebend, jedoch als gebietsweise frostgefährdet, beispielsweise in München. In Anbetracht der Diversität der mikroklimatischen Bedingungen bei Gehölzstandorten in Städten können Baumarten mit den Eigenschaften der *Celtis australis* dennoch die geeignete Pflanzenwahl sein. Die Baumart *Celtis australis* kann je nach Standortbedingungen gegebenenfalls die höchste Vitalität erreichen und so die meisten damit verbundenen Ecosystem Services erbringen.

Die Zuwachsleistungen von Gehölzen als Indikator für eine fortschreitende Entwicklung müssen über einen längeren Zeitraum hinweg betrachtet werden, um Aussagen bezüglich der Qualität der Entwicklung treffen zu können. Eine Studie über die Anwendung statistische Wachstumskurven bei städtischen Gehölzen zeigt, dass prognostizierte,

potenzielle Zuwächse nicht in allen Fällen eintreffen (Berland, 2020). Ein Vorschlag zur Verbesserung von Modellierungstools besteht darin, Baumart, Standort und Schnittmaßnahmen zu berücksichtigen. Im SAVE-Projekt werden die verschiedenen Bedingungen erhoben, die als Begründung der Unterschiede in den Wachstumsleistungen eine Rolle spielen können. Die Studie von Berland (2020) zeigt unter anderem, dass Variabilität in der Wachstumsentwicklung verbreitet ist. Unter Berücksichtigung der Trockenheit seit der Pflanzung an den Versuchsstandorten in den Jahren 2018 und 2019 sind Schwankungen bei Zuwächsen nachvollziehbar, die Auswirkungen auf die weitere Entwicklung werden erst in einigen Jahren feststellbar sein.

Die Bildung von Kurztrieben anstatt Langtrieben erfolgt laut Roloff (2013) und Bonn (2019) häufig als Anpassungsstrategie bei Hitzestress. Bei dem Parameter der Trieblänge wurde in der Vegetationsperiode 2019 des SAVE-Projektes festgestellt, dass alle Pflanzungen 2019 Zuwächse erreicht haben. Diese variieren stark je Standort und Baumart, liegen jedoch in der Zuwachsleistung zumeist über den in der Vegetationsperiode 2018 erhobenen Triebängen. Damit kann von einer positiven Entwicklung der Triebängen im Erhebungszeitraum 2019 ausgegangen werden.

Die ÖNORM B 2506-1 (2013) sagt aus, dass für eine gute Filterwirkung bei Sickermulden die Versickerungsfläche als Wiese oder als andere geeignete Vegetationsdecke gestaltet werden soll, wobei auch das Einbringen einer Deckschicht befürwortet wird, um einen Vegetationsschluss herstellen zu können. Die Testflächen im Kuchelauer Hafen, Sickermulde 4 zeigen dabei, dass nicht alle Substrate die Voraussetzungen für das Erreichen eines hohen Deckungsgrades innerhalb der ersten zwei Vegetationsperioden haben. Wenn demnach Begrünung einer Sickeranlage ein Ziel darstellt, erweisen sich nicht alle getesteten Substratvarianten dafür geeignet.



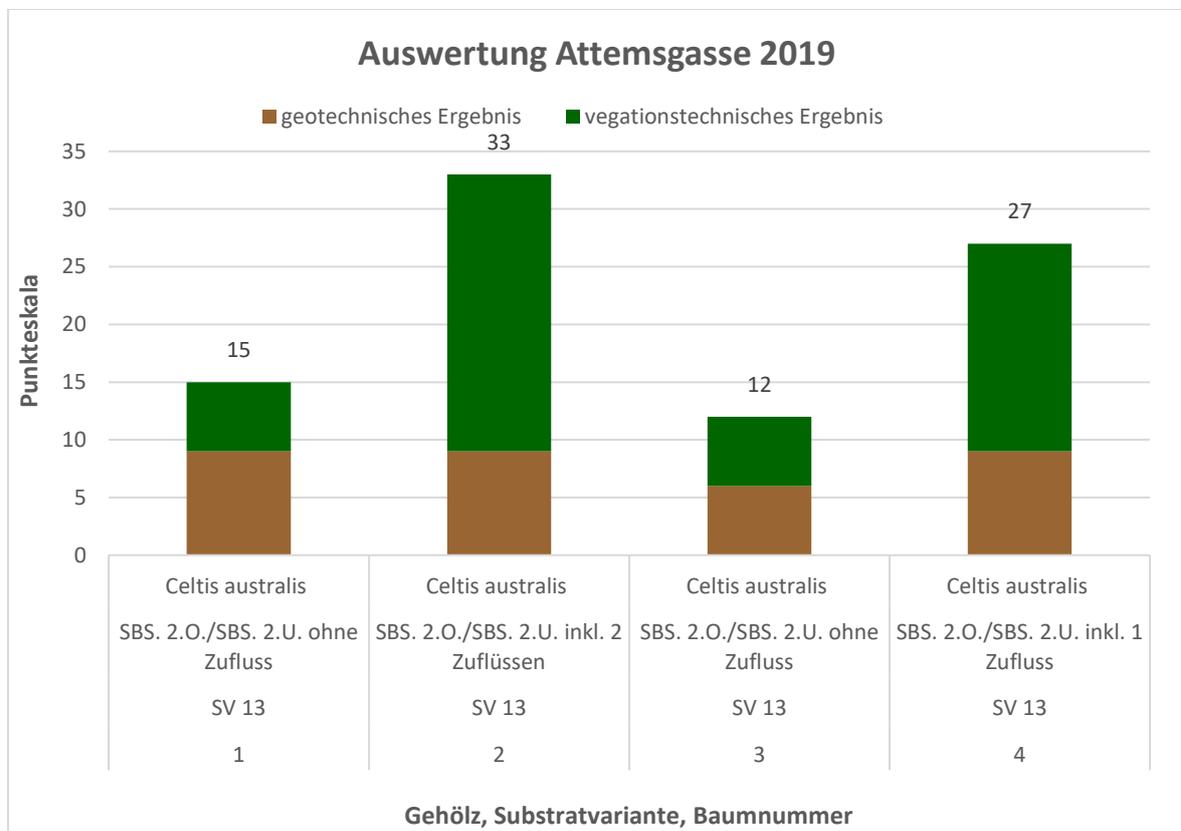
## 6 Conclusio

Das nachfolgende Kapitel beinhaltet im ersten Teil die Zusammenfassung der Ergebnisse je Standort in Grafiken sowie deren textliche Erörterung hinsichtlich der Eignung von Substrat- und Vegetations-Kombinationen in urbanen Gebieten. Weiters werden die Ergebnisse des Untersuchungsjahres 2019 den Vorjahresergebnissen gegenübergestellt.

### 6.1 Gesamt-Ranking

Die Bewertung der Untersuchungsparameter wurde je Standort ausgeführt. Die grafische Darstellung beinhaltet die gewichtet bewerteten geo- und vegetationstechnischen Ergebnisse und dient als Überblick der Gesamtauswertung je Standort.

#### Gesamtergebnis Attemsgasse



**Diagramm 21: Gesamtergebnis Attemsgasse 2019, Olesko 2020**

Die geotechnischen Parameter fallen in der Attemsgasse 2019 unterschiedlich aus, wie in Diagramm 21 zu sehen ist.

Die Performance der Vegetation an Baumstandort 2 hat sich in der Untersuchungsperiode 2019 bezüglich der zu erzielenden Werte positiv hervorgetan. Es kann davon ausgegangen werden, dass durch die zwei Zuflüsse der Baumscheibe 2 mehr Wasser pflanzenverfügbar wurde, was sich auf die vegetationstechnischen Eigenschaften ausgewirkt hat. Nach Auswertung der gewichtet bewerteten Parameter lässt sich feststellen, dass am Standort

Atmungs-gasse in der Vegetationsperiode 2019 Baum 2 (*Celtis australis*) in der Substratvariante SBS 2.O./2.U. mit 2 Zuflüssen die beste Gesamtperformance im geo- und vegetationstechnischen Bereich geliefert hat mit 33 von 45 möglichen Punkten.

### Gesamtergebnis Edith-Piaf-Straße

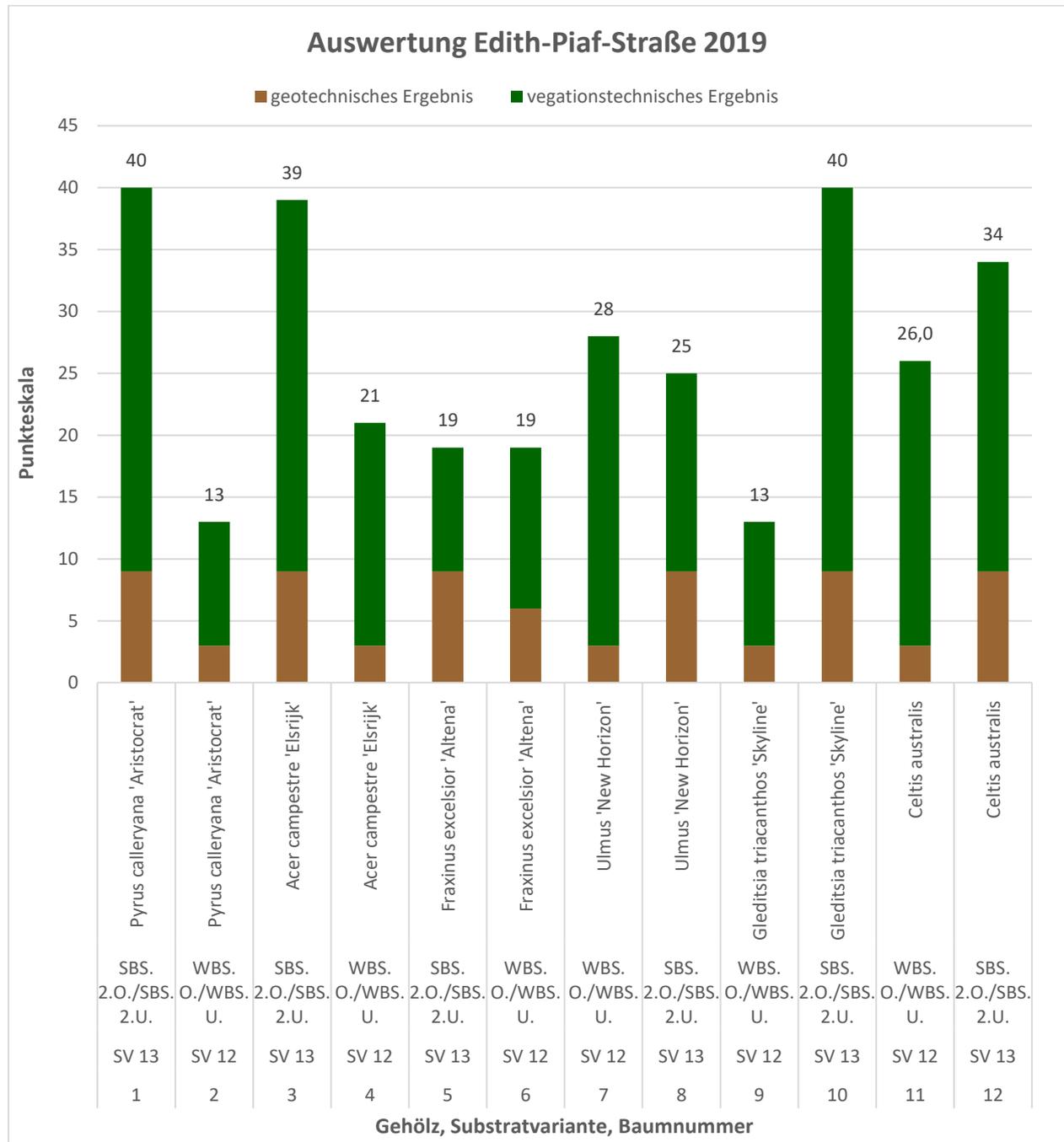


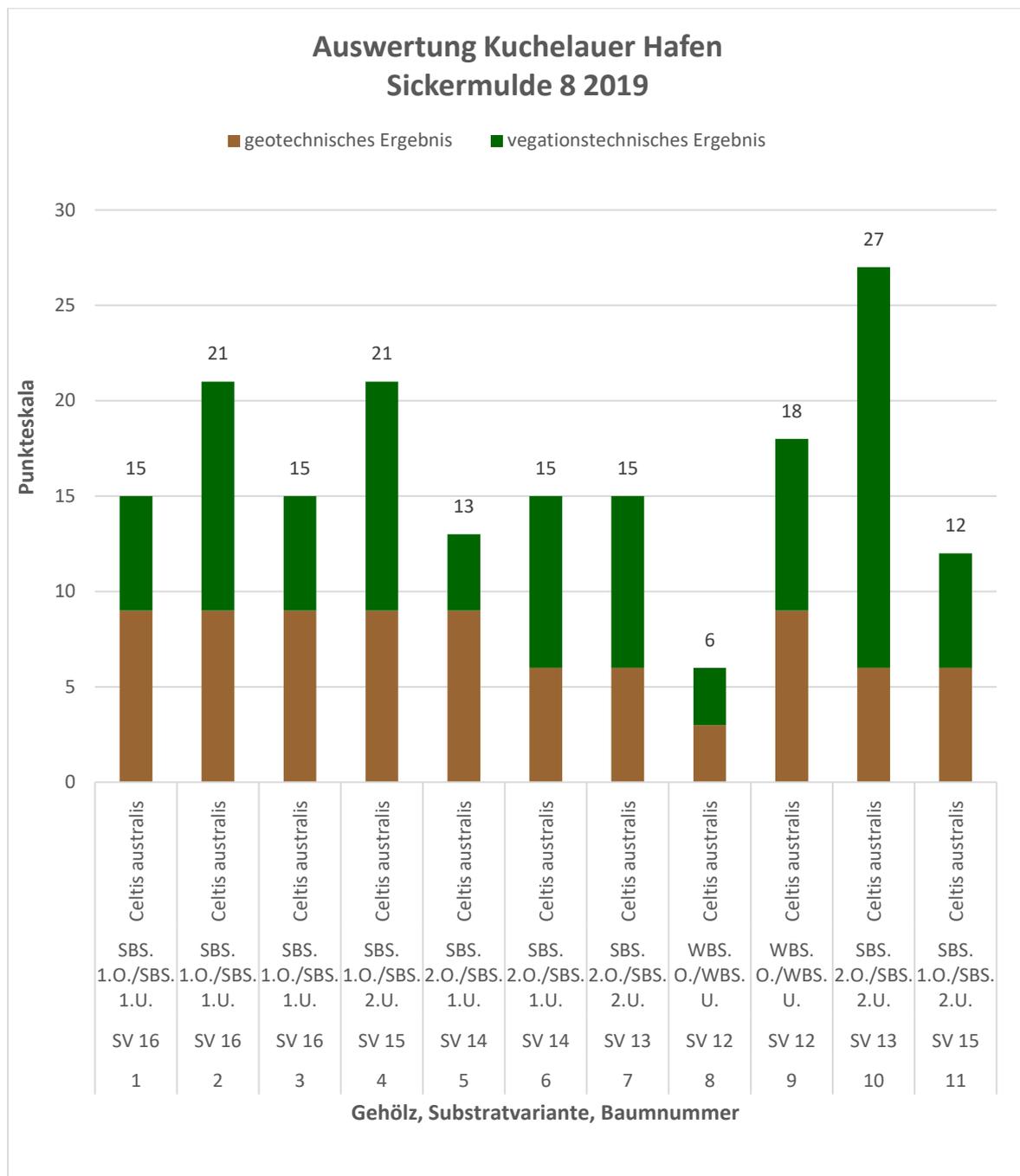
Diagramm 22: Gesamtergebnis Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020

Die sechs Pflanzungen in SV 13 weisen höhere Werte der geotechnische Parameter auf. Bei den gesamten ausgewerteten Parameter von 2019 zeigen in der Edith-Piaf-Straße zwei Baumstandorte als optimale Kombination aus vegetativen und geotechnischen Eigenschaften auf (40 von 45 möglichen Punkten).

In Diagramm 22 sind die höchsten erreichten Punktesummen bei Baumstandort 1 sowie Baumstandort 10 sichtbar. Beide Standorte haben einen Wassereinlass in unmittelbarer Nähe, und während dieser Umstand auch bei anderen Standorten der Fall war, ist hier in beiden Fällen die Substratvariante 13 (SBS.2.O/ SBS.2.U.) verbaut worden. Die Vitalität beider Gehölze hat sich in den heißen Sommermonaten verschlechtert und danach wieder erholt, jedoch war die Vitalität der *Gledithsia triacanthos* ‚Skyline‘ an Baumstandort 10 über den Vegetationszeitraum konstant 1-2 Stufen höher als jene der *Pyrus calleryana* ‚Aristocrat‘. Das kann zum einen an einer besseren Gehölzqualität liegen, jedoch auch an der höheren Verträglichkeit von heißen und trockenen Standorten.

Das Gesamtergebnis für die geo- und vegetationstechnischen Parameter weist nach der gewichteten Bewertung die Gehölze mit der Baumnummer 1 (*Pyrus calleryana* ‚Aristocrat‘) sowie 10 (*Gledithsia triacanthos* ‚Skyline‘), beide in der Substratvariante 13 (SBS.2.O/ SBS.2.U.) als die Substrat-Vegetations-Kombination mit der besten Performance am Standort Edith-Piaf-Straße im Jahr 2019 aus.

## Gesamtergebnis Kuchelauer Hafen Sickermulde 8



**Diagramm 23: Gesamtergebnis Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020**

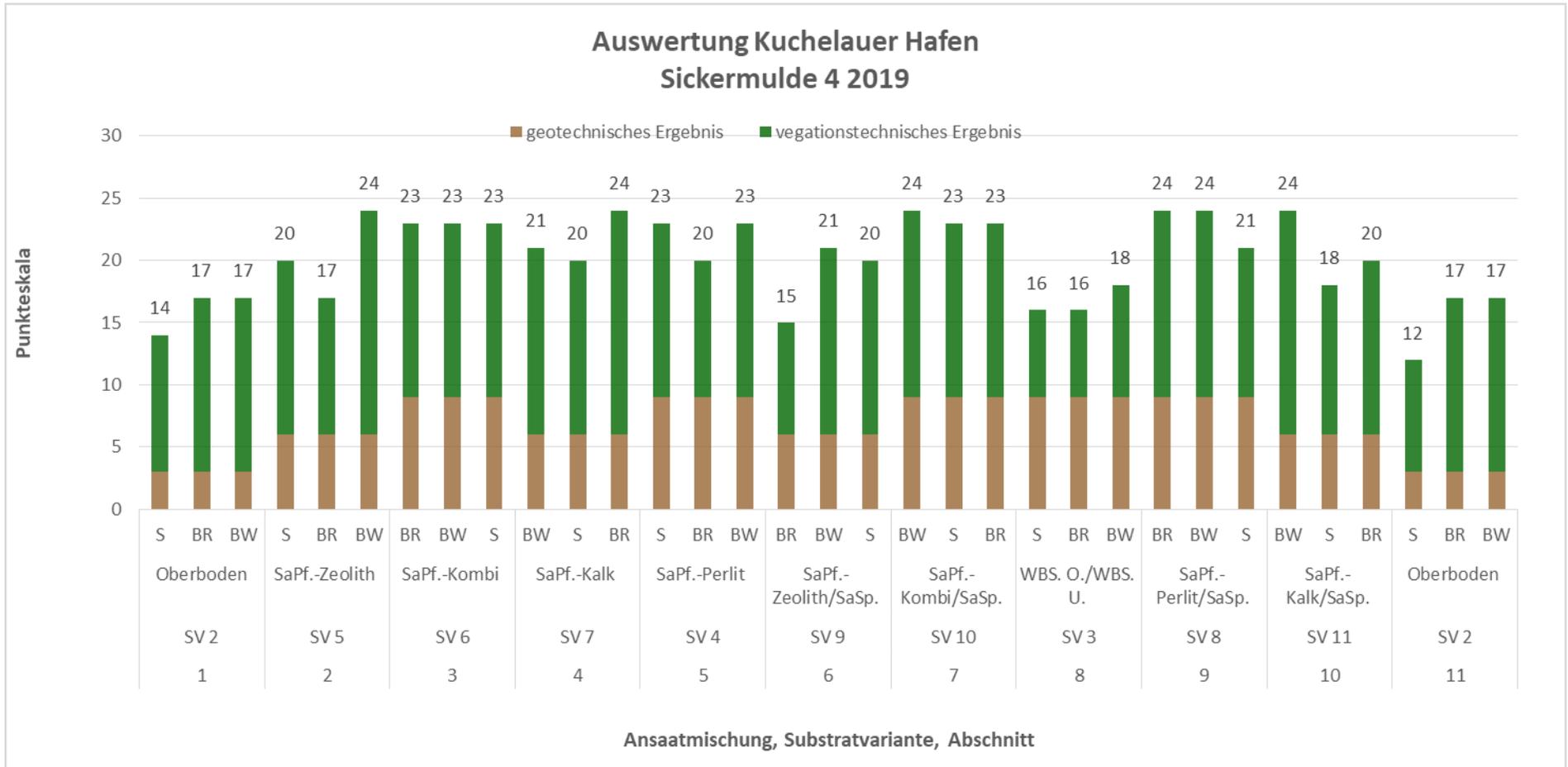
Bei der Auswertung des Gesamtergebnisses des Gehölzstandortes Kuchelauer Hafen hat die Pflanzung 10 die höchste Performance mit 27 von 45 möglichen Punkten erreicht.

Diagramm 23 zeigt eine Überlegenheit der Kombination in den vegetationstechnischen Bereichen, während die geotechnischen Parameter nicht die höchstmögliche Punkteanzahl aufweisen. Das liegt daran an dem Umstand, dass der Durchlässigkeitsbeiwert an Standort 10 höher ist, als in der ÖNORM B2506-1 (2013) als Obergrenze angegeben wird.

Die hervorragende Vitalität sowie die Zuwächse an Baumstandort 10 können unter Umständen darauf zurückzuführen sein, dass die Einflüsse der Straße weniger auf diese Pflanzung gewirkt haben, da sie weiter hinten zum Straßenrand gelegen hat. Das geringere Cl:Na-Verhältnis des Blattwerkes kann als zusätzliches Indiz für diese These betrachtet werden.

Im Gesamten hat sich die Substrat-Vegetations-Kombination der Pflanzung 10 (*Celtis australis*) in der Substratvariante 13 (SBS.2.O/SBS.2.U.) im Untersuchungszeitraum 2019 in der Sickermulde 8 des Kuchelauer Hafens am besten hinsichtlich der angestrebten Werte entwickelt.

**Gesamtergebnis Kuchelauer Hafen Sickermulde 4**



**Diagramm 24: Gesamtergebnis Kuchelauer Hafen SM 4 2019, Olesko 2020**

Der Vergleich der Ansaatenparameter des Versuchsstandortes Kuchelauer Hafen zeigt nach der Bewertung sechs Kombinationen auf, deren Performance sich den Zielvorstellungen nach am günstigsten entwickelt haben, mit 24 erreichten Punkten von 30 erreichbaren Punkten.

Die geotechnischen Parameter haben je Substratvariante ähnliche Werte gezeigt und weisen auch mit den unterschiedlichen Ansaatmischungen die gleichen Auswertungsergebnisse auf (Diagramm 24).

Durch die gewichtete Bewertung der Parameter am Standort Kuchelauer Hafen Sickermulde 4 wurde bei den Ansaaten festgestellt, dass folgende Substrat-Ansaat-Kombinationen die stärkste Entwicklung in Bezug auf die Zielsetzung haben: In Versuchsabschnitt 2 die Ansaatmischung BOKU-Blumenwiese in der Substratvariante 5 (SaPf.-Zeolith), in Abschnitt 4 der BOKU-Blumenrasen in der Substratvariante 7 (SaPf.-Kalk), in Abschnitt 7 die BOKU-Blumenwiese in SV 10 (SaPf.-Kombi/SaSp.), beide BOKU-Ansaatmischungen in Abschnitt 9 mit SV 8 (SaPf.-Perlit/SaSp.) sowie in Abschnitt 10 die BOKU-Blumenwiese in Variante 11 (SaPf.-Kalk/SaSp.).

## 6.2 Vergleich zum Vorjahr

Um die Entwicklung des Versuches betrachten und einordnen zu können, werden folgende die Gesamtergebnisse der Forschungsperiode 2018 und 2019 beschrieben. Die Daten von 2018 wurden mit Einverständnis von Lübke (2019) übernommen und für die aktuelle Auswertung angepasst, da 2019 Abweichungen zu der Bewertungsmethode aus dem Vorjahr entstanden sind.

### Vergleich Gesamtergebnis Atemsgasse

**Tabelle 73: Untersuchungsergebnisse Atemsgasse 2018/2019, Olesko 2020**

Nr.	SV	Substratvariante	Gehölz	2018			2019		
				geo. Ergebnis	veg. Ergebnis	Gesamtergebnis	geo. Ergebnis	veg. Ergebnis	Gesamtergebnis
1	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. ohne Zufluss	<i>Celtis australis</i>	9,0	15,0	24,0	9,0	6,0	15,0
2	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. inkl. 2 Zuflüssen	<i>Celtis australis</i>	9,0	18,0	27,0	9,0	24,0	33,0
3	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. ohne Zufluss	<i>Celtis australis</i>	6,0	12,0	18,0	6,0	6,0	12,0
4	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. inkl. 1 Zufluss	<i>Celtis australis</i>	9,0	18,0	27,0	9,0	18,0	27,0

Am Standort Atemsgasse wurden die Gehölze zeitweise bewässert, was zu einer guten Entwicklung geführt hat. Die Gehölze, vor allem an Versuchsfeld 2, weisen eine hohe Vitalität über beide Untersuchungsjahre auf (Tabelle 73). Eine starke Verbesserung ist im Bereich des Salzgehaltes in den Blattwerken vorzufinden. Gerade die best-bewertete Kombination konnte das Cl:Na-Verhältnis deutlich verringern, wobei die vermehrte Wasserzufuhr der beiden Zuflüsse eine Rolle gespielt haben kann.

## Vergleich Gesamtergebnis Edith-Piaf-Straße

Tabelle 74: Untersuchungsergebnisse Edith-Piaf-Straße 2018/2019, Olesko 2020

Nr.	SV	Substratvariante	Gehölz	2018			2019		
				geo. Ergebnis	veg. Ergebnis	Gesamtergebnis	geo. Ergebnis	veg. Ergebnis	Gesamtergebnis
1	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	9,0	27,0	36,0	9,0	31,0	40,0
2	SV 12	WBS. O./WBS. U.	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	3,0	10,0	13,0	3,0	10,0	13,0
3	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	9,0	33,0	42,0	9,0	30,0	39,0
4	SV 12	WBS. O./WBS. U.	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	3,0	18,0	21,0	3,0	18,0	21,0
5	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	9,0	27,0	36,0	9,0	10,0	19,0
6	SV 12	WBS. O./WBS. U.	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	9,0	18,0	27,0	6,0	13,0	19,0
7	SV 12	WBS. O./WBS. U.	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	3,0	18,0	21,0	3,0	25,0	28,0
8	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	9,0	36,0	45,0	9,0	16,0	25,0
9	SV 12	WBS. O./WBS. U.	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	3,0	18,0	21,0	3,0	10,0	13,0
10	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	6,0	27,0	33,0	9,0	31,0	40,0
11	SV 12	WBS. O./WBS. U.	<i>Celtis australis</i>	3,0	16,0	19,0	3,0	23,0	26,0
12	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Celtis australis</i>	6,0	25,0	31,0	9,0	25,0	34,0

Die Entwicklung der Pflanzung mit dem höchsten Gesamtergebnis 2018 ist Nr. 8, *Ulmus* ‚New Horizon‘ (Tabelle 74). Die Vitalität im Pflanzungsjahr 2018 war hoch, was auch auf eine gute Pflanzqualität zurück zu führen sein kann. Im Folgejahr 2019 hat sich die Vitalität der Pflanzung 8 verschlechtert. Sowohl 2018 als auch 2019 waren warme Jahre mit überdurchschnittlichen Sommertemperaturen und geringem Niederschlag, wobei Schwankungen des Niederschlags im gesamten Jahresverlauf vorliegen. Dieser Umstand kann eine mögliche Erklärung für den Rückgang der Vitalität von *Ulmus* ‚New Horizon‘, Pflanzung Nr. 8 sein.

Die günstigsten Entwicklungen 2019 an Baumstandort 1 und 10 weisen in beiden Fällen eine Kombination mit der Substratvariante 13 auf (Tabelle 74). Diese Gehölze zeigen gegenüber ihren Vergleichspflanzungen größere Zuwächse. Der Salzgehalt in den Blättern hat sich bei den Kombinationen mit der besten Performance stark reduziert im Vergleich zum Vorjahr.

## Vergleich Gesamtergebnis Kuchelauer Hafen Sickermulde 8

Tabelle 75: Untersuchungsergebnisse Kuchelauer Hafen SM 8 2018/2019, Olesko 2020

Nr.	SV	Substratvariante	Gehölz	2018			2019		
				geo. Ergebnis	veg. Ergebnis	Gesamtergebnis	geo. Ergebnis	veg. Ergebnis	Gesamtergebnis
1	SV 16	SBS. 1.O./SBS. 1.U.	<i>Celtis australis</i>	9,0	21,0	30,0	9,0	6,0	15,0
2	SV 16	SBS. 1.O./SBS. 1.U.	<i>Celtis australis</i>	9,0	4,0	13,0	9,0	12,0	21,0
3	SV 16	SBS. 1.O./SBS. 1.U.	<i>Celtis australis</i>	6,0	4,0	10,0	9,0	6,0	15,0
4	SV 15	SBS. 1.O./SBS. 2.U.	<i>Celtis australis</i>	6,0	6,0	12,0	9,0	12,0	21,0
5	SV 14	SBS. 2.O./SBS. 1.U.	<i>Celtis australis</i>	6,0	4,0	10,0	9,0	4,0	13,0
6	SV 14	SBS. 2.O./SBS. 1.U.	<i>Celtis australis</i>	9,0	16,0	25,0	6,0	9,0	15,0
7	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Celtis australis</i>	9,0	9,0	18,0	6,0	9,0	15,0
8	SV 12	WBS. O./WBS. U.	<i>Celtis australis</i>	9,0	6,0	15,0	3,0	3,0	6,0
9	SV 12	WBS. O./WBS. U.	<i>Celtis australis</i>	9,0	6,0	15,0	9,0	9,0	18,0
10	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Celtis australis</i>	6,0	9,0	15,0	6,0	21,0	27,0
11	SV 15	SBS. 1.O./SBS. 2.U.	<i>Celtis australis</i>	6,0	6,0	12,0	6,0	6,0	12,0

Die Sickermulde 8 am Standort Kuchelauer Hafen bietet einen sehr direkten Vergleich der Gehölzperformance (Tabelle 75). Im Versuchsjahr 2018 wurden die Gehölze im Verlauf des Jahres gepflanzt, es kann von einem starken Einfluss von der Baumschule ausgegangen

werden. Im Jahr 2018 wurden mehrmals die größten Zuwächse an dem Gehölz an Baumstandort 1 gemessen. An Baum 10 wurden im Jahr 2019 vermehrt Zuwächse aufgenommen, zudem ist die geringste Anzahl an Schäden als auch das geringste Cl:Na-Verhältnis ausgemacht worden.

#### Vergleich Gesamtergebnis Kuchelauer Hafen Sickermulde 4

Tabelle 76: Untersuchungsergebnisse Kuchelauer Hafen SM 4 2018/2019, Olesko 2020

Nr.	SV	Substratvariante	Ansaat	2018			2019		
				geo. Ergebnis	veg. Ergebnis	Gesamtergebnis	geo. Ergebnis	veg. Ergebnis	Gesamtergebnis
1	SV 2	Oberboden	S	6,0	13,0	19,0	3,0	11,0	14,0
			BR		14,0	20,0	3,0	14,0	17,0
			BW		14,0	20,0	3,0	14,0	17,0
2	SV 5	SaPf.-Zeolith	S	6,0	9,0	15,0	6,0	14,0	20,0
			BR		11,0	17,0	6,0	11,0	17,0
			BW		11,0	17,0	6,0	18,0	24,0
3	SV 6	SaPf.-Kombi	BR	9,0	7,0	16,0	9,0	14,0	23,0
			BW		15,0	24,0	9,0	14,0	23,0
			S		14,0	23,0	9,0	14,0	23,0
4	SV 7	SaPf.-Kalk	BW	6,0	11,0	17,0	6,0	15,0	21,0
			S		10,0	16,0	6,0	14,0	20,0
			BR		7,0	13,0	6,0	18,0	24,0
5	SV 4	SaPf.-Perlit	S	9,0	11,0	20,0	9,0	14,0	23,0
			BR		11,0	20,0	9,0	11,0	20,0
			BW		14,0	23,0	9,0	14,0	23,0
6	SV 9	SaPf.-Zeolith/SaSp.	BR	6,0	7,0	13,0	6,0	9,0	15,0
			BW		12,0	18,0	6,0	15,0	21,0
			S		8,0	14,0	6,0	14,0	20,0
7	SV 10	SaPf.-Kombi/SaSp.	BW	9,0	15,0	24,0	9,0	15,0	24,0
			S		7,0	16,0	9,0	14,0	23,0
			BR		15,0	24,0	9,0	14,0	23,0
8	SV 3	WBS. O./WBS. U.	S	9,0	6,0	15,0	9,0	7,0	16,0
			BR		6,0	15,0	9,0	7,0	16,0
			BW		6,0	15,0	9,0	9,0	18,0
9	SV 8	SaPf.-Perlit/SaSp.	BR	9,0	15,0	24,0	9,0	15,0	24,0
			BW		15,0	24,0	9,0	15,0	24,0
			S		11,0	20,0	9,0	12,0	21,0
10	SV 11	SaPf.-Kalk/SaSp.	BW	6,0	13,0	19,0	6,0	18,0	24,0
			S		9,0	15,0	6,0	12,0	18,0
			BR		15,0	21,0	6,0	14,0	20,0
11	SV 2	Oberboden	S	9,0	12,0	21,0	3,0	9,0	12,0
			BR		14,0	23,0	3,0	14,0	17,0
			BW		8,0	17,0	3,0	14,0	17,0

Die im Gesamtergebnis 2018 mit den meisten Punkten bewerteten Substrat-Ansaat-Kombinationen konnte im gefragten Jahr hohe Werte bei den vegetationstechnischen Parametern sowie guten Infiltrationswerten bei den geotechnischen Parametern vorweisen (Tabelle 76). Im Jahr 2019 konnten die besten Ergebnisse aus dem Vorjahr sich nicht mehr eindeutig gegen andere Kombinationen durchsetzen.

Die Infiltrationsraten der optimal performenden Kombinationen 2019 waren von Jahr 2018 auf 2019 annähernd stabil in einem Bereich hoher Versickerung. Durch Zunahme der Vegetation und der damit verbunden Aufnahme vermehrter hoher Werte im vegetationstechnischen Bereich, steigt die Anzahl der best-bewertetend Substrat-Ansaat-Kombinationen von 5 auf 6.

### 6.3 Schlussfolgerung

Mit der gegenständlichen Forschungsarbeit wurden Versuchsanlagen zum dezentralen Regenwassermanagement untersucht, um Erkenntnisse für das weitere Vorgehen im Umgang mit Niederschlagswasser zu finden.

Die Infiltrationsleistung der getesteten Substratvarianten zeigt eine hohe Varianz. Unzureichende Infiltrationswerte sind in jedem Fall bei dem Oberboden der Sickermulde 4 im Kuchelauer Hafen zu finden. In manchen Versuchsfeldern werden auch sehr niedrige Werte von dem Standardbaumsubstrat der Stadt Wien hervorgebracht. Die Sickerfähigkeit der SAVE-Substrate ist unterschiedlich, die meisten Messungen mit hoher Infiltrationsrate wurden bei SAVE-Substraten gemessen. Die Korrelationsanalyse weisen auf keinen Zusammenhang zwischen Infiltration und Tragfähigkeit hin, mit Werten von unter 10 % bei Bestimmtheitsmaße  $R^2$  an allen Standorten.

Unter ähnlichen Bedingungen ist die Performance der Vegetation in SAVE Substraten besser als in dem Standardsubstrat der Stadt Wien. Im direkten Vergleich der Edith-Piaf-Straße ist das Pflanzenwachstum im SAVE Substrat in vier von sechs Fällen höher im Versuchsjahr 2019.

Aus den Ergebnissen des Standort Attemsgasse lässt sich schließen, dass negative Umwelteinflüsse durch erhöhte Verfügbarkeit von Wasser ausgeglichen werden können. Ersichtlich ist dies an der Performance der Vegetation (Baum 2), welche im Versuchsfeld mit zwei Zuflüssen optimal performt.

Im Falle der Ansaaten kann festgehalten werden, dass der nicht für die Infiltration geeignete Oberboden in zwei Versuchsfeldern dennoch einen ausreichenden Deckungsgrad des Bewuchs erreicht hat. Daraus ist abzuleiten, dass grüne Infrastruktur nicht in jedem Fall für Versickerungsanlagen geeignet sind, Testungen und gegebenenfalls Eingriffe sind für die korrekte Ausführung solcher Maßnahmen nötig. In diesem Rahmen wurde festgestellt, dass eine Eignung des Standardbaumsubstrat der Stadt Wien als Ansaatsubstrat nicht vorliegt.

Die abgeschlossenen Versuchsjahre 2018 – 2019 haben mit wenig Niederschlag und heißen Sommern Voraussetzungen geschaffen, auf deren Anpassung man sich eingestimmt hat. Für Vegetation in der Entwicklungsphase sind es keine optimalen Grundlagen. Gerade aus diesem Grund sind die durch diese Forschungsarbeit gewonnenen Erkenntnisse von großer Bedeutung für eine angepasste Entwicklung von Vegetationsstandorten als dezentrale Maßnahme für Regenwassermanagement.

## 7 Anmerkungen und Ausblick

Die im Zuge der Forschungsarbeit inklusive der Feldversuche gewonnenen Erkenntnisse der potenziellen Optimierungsmöglichkeiten werden als kritische Betrachtung der eigenen Untersuchung im folgenden Kapitel dargestellt, als auch auf weiteren Forschungsbedarf hingewiesen.

### 7.1 Anmerkungen

Bei zukünftigen Forschungsprojekten ähnlicher Größenordnung ist es für höhere statistische Aussagekraft zu empfehlen, die Anzahl der Kombinationen von Substraten und Vegetation sowie unterschiedlicher Aufbauweisen geringer zu halten. Die Diversität der Standorte lässt keinen Vergleich untereinander zu, da die Systeme der Wasserzufuhr jeweils unterschiedlich geregelt sind. Einbaufehler können Einfluss auf das gesamte Forschungsprojekt haben und sollten durch das Hinzuziehen einer qualifizierten Fachkraft von Beginn an unterbunden werden. Die Kommunikation innerhalb der betreffenden Forschungsteilnehmer ist essenziell, um im Zeitraum der Projektuntersuchungen die Voraussetzungen an den Standorten nicht zu verändern, da die Vergleichbarkeit ansonsten nicht gegeben ist. Dies betrifft vorrangig Pflegemaßnahmen an der Vegetation.

Bei der angewandten Methode zur Messung des Durchlässigkeitsbeiwertes der Substrate ist das Material der verwendeten Instrumente (Doppelring-Infiltrometer) idealerweise so zu wählen, dass es der Beanspruchung dauerhaft standhält. Für diesen Feldversuch ist die Menge des benötigten Wassers vorab schwer einschätzbar, aus diesem Grund muss der Zugang zu einer Wasserentnahmestelle geklärt sein. Die Einführung kleinerer Kanister hat die Belastung durch deren Transport etwas verringert. Der 2019 noch zusätzlich erhobene Parameter des Setzungsverhalten des Substrates kann in der vorliegenden Arbeit nicht betrachtet werden, da das Erstellen der Messung eine zu präzise Verortung der Messpunkte sowie der Stellung des Messgerätes (Theodolit) benötigt hätte, welche über den gesamten Zeitraum des Versuches nicht in der benötigten Form gegeben war. Zudem war die benötigte Messgenauigkeit durch den Versuchsaufbau nicht gegeben.

Die Messung der vegetationstechnischen Grunddaten enthielt an vielen Stellen die Notwendigkeit einer Messstelle auf einem Meter Stammhöhe. Um hier Messungenauigkeiten zu beseitigen, wäre eine permanente Markierung, eventuell mit wasserunlöslicher, vegetationsfreundlicher Farbe oder Ähnlichem, von Vorteil. Diese Vorgehensweise könnte die Untersuchungen über die Jahre erleichtern und genauer gestalten. Eine präzise Dokumentation und Durchführung ist auch für die Messung des Stammdurchschnittes erforderlich, da unförmige Stämme bei abweichenden Aufnahmepraktiken zu Unregelmäßigkeiten in den Datenreihen führen. Jungbäume sind noch in der Entwicklungsphase, damit ist unter Umständen noch nicht das endgültige Erscheinungsbild der Kronenstruktur vorhanden, nach welchem die Vitalität beurteilt wird. Bei der Erhebung der Biomasse beeinflusst die unterschiedlichen Mahd-Intervalle das Ergebnis.

Es soll erwähnt sein, dass die mit dieser Arbeit bereits abgeschlossenen Versuchsjahre 2018 und 2019 niederschlagsarm waren und mit hohen Sommertemperaturen und einhergehender Trockenheit bereits in der Anfangsphase des Versuches eine große Herausforderung für die Jungvegetation dargestellt hat. Die Entwicklung kann nicht auf Standorte mit bestehender Bepflanzung oder anderwärtig anderen Parametern übertragen werden.

## **7.2 Ausblick**

Um die an den Standorten erhobenen Daten in Hinblick auf ihre gesamte Wirkungsweise zu validieren und Aussagen über die weitere Entwicklung treffen zu können, ist es nötig, das Monitoring und die Datenerhebung fortzuführen. Gegebenenfalls kann es auch als sinnvoll betrachtet werden, die Untersuchungen zu einem späteren Zeitpunkt – nach einigen Jahren – wieder aufzunehmen, um die weitere Entwicklung der Gehölze und Substrate abzugleichen. Speziell die Belastung durch winterliche Salzstreuung kann zu einem späteren Zeitpunkt mithilfe von Boden- als auch Blattanalysen genauer bewerkstelligt werden. Weitere Fragestellungen die sich im Rahmen der Forschungsarbeit aufgetan haben können Vertiefungen der unterschiedlichen Teilaspekte und Parameter sein. Untersuchungen der Substrate über deren Infiltrationswert im Labor können Hinweise über die Erfüllung der Voraussetzung als technisches Substrat geben. Eine Abstimmung der Anteile im Substrat kann auf hohe Infiltration bei hoher Tragfähigkeit abzielen. Das Wurzelverhalten der Vegetation kann Aufschluss darüber geben, inwiefern Spezialsubstrate als Baumgrubenverfüllung in Kombination mit vorhandenem Erdreich ringsum agieren. Um weitere Erkenntnisse auf dem Feld der Vegetationsverdunstung zu erlangen, würde die Erhebung der Verdunstungsleistung der unterschiedlichen Vegetationsformen einen Beitrag zum spezifisch vertiefenden Verständnis des natürlichen Wasserkreislaufes in urbanen Gebieten mit deren Einwirkungen darauf liefern.

## 8 Zusammenfassung

Urbane Ballungsräume stehen im Zuge des Klimawandels und der damit einhergehenden Folgen vor einem Problem: Wasser, sowohl durch Abstinenz als auch durch intensives Auftreten. Mit steigenden Temperaturen und zunehmenden Hitzeperioden im Sommer ist die Trockenheit ein Thema, welches die Vitalität der grünen Infrastruktur in Städten und dahingehen auch die Gesundheit und das Wohlbefinden von Menschen beeinflusst. Die Zunahme von Extremwetterereignissen umfasst auch einen Anstieg der Starkniederschläge. Geeignete Maßnahmen für das Hochwasserrisikomanagement zum Schutz von Infrastruktur, Lebensräumen und Menschen können durch gezieltes, dezentrales Regenwassermanagement synergetische Vorteile in beiden Bereichen hervorbringen. Spezielle technische Substrate als Speicher- und Filtermedium können in Abstimmung mit geeigneter Vegetation den vorherrschenden Regulierungen in sicherheitstechnischen Aspekten entsprechen als auch urbane Pflanzenstandorte verbessern und durch die Ecosystem Services (ES) der Vegetation die Resilienz der Stadt im Klimawandel und somit die Lebensqualität der Bewohnerinnen positiv beeinflussen.

Zur Untersuchung von speziell entwickelten Substraten für Baumscheiben und Sickermulden als Versickerungsanlagen in Kombination mit Bepflanzung entstand das Forschungsprojekt SAVE der Stadt Wien mit der Universität für Bodenkultur Wien. Das Ziel der Masterarbeit ist die Bewertung von Substrat- und Vegetations-Kombinationen in der Stadt bezüglich ihrer Eignung für Maßnahmen des integrativen Regenwassermanagement.

Dafür wurden an drei Standorten die geo- und vegetationstechnischen Voraussetzungen von 15 Einzelsubstrate in 16 Kombinationen, sechs Baumarten mit 27 Einzelbäumen und drei Saatgutmischungen in unterschiedlichen Varianten getestet. Das Monitoring der Vegetationsperiode 2019 umfasst von Seiten des Institutes für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau den geotechnischen Teilbereich mit Infiltrations- und Tragfähigkeitsuntersuchungen des Substrates mittels Doppelring-Infiltrometer und dynamischer Lastplatte. Die vegetationstechnischen Aufnahmen enthalten monatliche visuelle Datenerhebung der Gehölze mit Vitalitätsbeurteilung, Schadenserfassung sowie das zweimalige Aufnahmen von Messdaten für das Wachstum (Baumhöhe, Stammumfang, Durchmesser von Stamm und Krone). Einmalige Erhebungen für die Gehölzparameter umfassen das Triebblängenwachstum, den Verzweigungsgrad, Laubaustrieb/-abwurf, die Aufnahme des Leaf Area Index, das Werben von Blattproben für die Bestimmung des Salzgehaltes (NaCl) in der Blattmasse sowie Ermittlung des thermografischen Stressverhalten. Weitere Vegetationsaufnahmen befassen sich mit den Ansaatenmischungen, bei welchen die Deckungsgradbestimmung, Wuchshöhe, das Gräser-Kräuter Verhältnis, Infloreszenz und Vitalität monatlich erhoben wurde. In unterschiedlichen zeitlichen Abschnitten wurden die Biomasse und das thermografische Stressverhalten der Ansaaten dokumentiert, die Frequenz der Einzelarten wurde einmalig erhoben.

Anhand eines Bewertungs- und Gewichtungsschema für ausgewählte Parameter des geo- sowie vegetationstechnischen Bereiches werden die Ergebnisse der Erhebungen von 2019 pro Standort in einer Bewertungsmatrix zusammengefasst und bewertet.

Die Ergebnisse zeigen, dass Vegetationsstandorte mit SAVE-Substratvarianten vitalere Pflanzen hervorbringen. Die Kombination eines SAVE-Substrats mit geeigneter Vegetation kann den Erhalt der Ecosystem Services von grüner Infrastruktur fördern sowie einen Beitrag zum dezentral integrierten Hochwasserschutz leisten.

Nachfolgend zeigen Tabelle 77 bis Tabelle 80 die gesamten Ergebnisse je Standort für die Untersuchungsperiode 2019. Die Bewertungen von geo- und vegetationstechnischen Parametern der Vegetation-Substrat-Kombinationen sind hier als Sammelergebnis abgebildet und im Gesamtergebnis zusammenaddiert. Die Kombination mit der besten Performance ist pro Standort gelb hinterlegt.

### Gesamtergebnis Attemsgasse

Am Standort Attemsgasse in der Vegetationsperiode 2019 zeigt Baum 2 (*Celtis australis*) in der Substratvariante SBS 2.O./2.U. mit 2 Zuflüssen die beste Gesamtperformance im geo- und vegetationstechnischen Bereich mit 33 von 45 möglichen Punkten.

**Tabelle 77: Auswertung Gesamtergebnis Attemsgasse 2019, Olesko 2020**

Nr.	SV	Substratvariante	Gehölz	geo. Gesamtergebnis	veg. Gesamtergebnis	ges. Gesamtergebnis
1	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. ohne Zufluss	<i>Celtis australis</i>	9,0	6,0	15,0
2	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. inkl. 2 Zuflüssen	<i>Celtis australis</i>	9,0	24,0	33,0
3	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. ohne Zufluss	<i>Celtis australis</i>	6,0	6,0	12,0
4	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. inkl. 1 Zufluss	<i>Celtis australis</i>	9,0	18,0	27,0

## Gesamtergebnis Edith-Piaf-Straße

Das Gesamtergebnis für die geo- und vegetationstechnischen Parameter weist nach der gewichteten Bewertung die Gehölze mit der Baumnummer 1 (*Pyrus calleryana* 'Aristocrat') sowie 10 (*Gleditsia triacanthos* 'Skyline'), beide in der Substratvariante 13 (SBS.2.O./SBS.2.U.) als die Substrat-Vegetations-Kombination mit der besten Performance am Standort Edith-Piaf-Straße im Jahr 2019 aus. Die erreichte Punkteanzahl beträgt 40 von 45 möglichen Punkten (Tabelle 78).

**Tabelle 78: Auswertung Gesamtergebnis Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020**

Nr.	SV	Substratvariante	Gehölz	geo. Gesamtergebnis	veg. Gesamtergebnis	ges. Gesamtergebnis
1	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	9,0	31,0	40,0
2	SV 12	WBS. O./WBS. U.	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	3,0	10,0	13,0
3	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	9,0	30,0	39,0
4	SV 12	WBS. O./WBS. U.	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	3,0	18,0	21,0
5	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	9,0	10,0	19,0
6	SV 12	WBS. O./WBS. U.	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	6,0	13,0	19,0
7	SV 12	WBS. O./WBS. U.	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	3,0	25,0	28,0
8	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	9,0	16,0	25,0
9	SV 12	WBS. O./WBS. U.	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	3,0	10,0	13,0
10	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	9,0	31,0	40,0
11	SV 12	WBS. O./WBS. U.	<i>Celtis australis</i>	3,0	23,0	26,0
12	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Celtis australis</i>	9,0	25,0	34,0

## Gesamtergebnis Kuchelauer Hafen Sickermulde 8

Im Gesamten hat sich die Substrat-Vegetations-Kombination der Pflanzung 10 (*Celtis australis*) in der Substratvariante 13 (SBS.2.O/SBS.2.U.) im Untersuchungszeitraum 2019 in der Sickermulde 8 des Kuchelauer Hafen am besten hinsichtlich der angestrebten Werte entwickelt. Die Auswertung ergibt 27 von 45 möglichen Punkten (Tabelle 79).

**Tabelle 79: Auswertung Gesamtergebnis Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020**

Nr.	SV	Substratvariante	Gehölz	geo. Gesamtergebnis	veg. Gesamtergebnis	ges. Gesamtergebnis
1	SV 16	SBS. 1.O./SBS. 1.U.	<i>Celtis australis</i>	9,0	6,0	15,0
2	SV 16	SBS. 1.O./SBS. 1.U.	<i>Celtis australis</i>	9,0	12,0	21,0
3	SV 16	SBS. 1.O./SBS. 1.U.	<i>Celtis australis</i>	9,0	6,0	15,0
4	SV 15	SBS. 1.O./SBS. 2.U.	<i>Celtis australis</i>	9,0	12,0	21,0
5	SV 14	SBS. 2.O./SBS. 1.U.	<i>Celtis australis</i>	9,0	4,0	13,0
6	SV 14	SBS. 2.O./SBS. 1.U.	<i>Celtis australis</i>	6,0	9,0	15,0
7	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Celtis australis</i>	6,0	9,0	15,0
8	SV 12	WBS. O./WBS. U.	<i>Celtis australis</i>	3,0	3,0	6,0
9	SV 12	WBS. O./WBS. U.	<i>Celtis australis</i>	9,0	9,0	18,0
10	SV 13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Celtis australis</i>	6,0	21,0	27,0
11	SV 15	SBS. 1.O./SBS. 2.U.	<i>Celtis australis</i>	6,0	6,0	12,0

## Gesamtergebnis Kuchelauer Hafen Sickermulde 4

Durch die gewichtete Bewertung der Parameter am Standort Kuchelauer Hafen Sickermulde 4 wurde bei den Ansaaten festgestellt, dass die sechs folgenden Substrat-Ansaat-Kombinationen positive Voraussetzung in geo- und vegetationstechnischen Bereichen hinsichtlich ihrer Eignung als Regenwasserversickerungsanlage sowie vitaler Pflanzenstandort haben. Von 30 möglichen Punkten zeigen die sechs höchstbewerteten Kombinationen 24 Punkte auf (Tabelle 80). In Versuchsabschnitt 2 die Ansaatmischung BOKU-Blumenwiese in der Substratvariante 5 (SaPf.-Zeolith), in Abschnitt 4 der BOKU-Blumenrasen in der Substratvariante 7 (SaPf.-Kalk), in Abschnitt 7 die BOKU-Blumenwiese in SV 10 (SaPf.-Kombi/ SaSp.), beide BOKU-Ansaatmischungen in Abschnitt 9 mit SV 8 (SaPf.-Perlit/SaSp.) sowie in Abschnitt 10 die BOKU-Blumenwiese in Variante 11 (SaPf.-Kalk/SaSp.).

**Tabelle 80: Auswertung Gesamtergebnis Kuchelauer Hafen SM 4 2019, Olesko 2020**

Abschnitt	SV	Substratvariante	Ansaat	geo. Gesamtergebnis	veg. Gesamtergebnis	ges. Gesamtergebnis
1	SV 2	Oberboden	S	3,0	11,0	14,0
			BR	3,0	14,0	17,0
			BW	3,0	14,0	17,0
2	SV 5	SaPf.-Zeolith	S	6,0	14,0	20,0
			BR	6,0	11,0	17,0
			BW	6,0	18,0	24,0
3	SV 6	SaPf.-Kombi	BR	9,0	14,0	23,0
			BW	9,0	14,0	23,0
			S	9,0	14,0	23,0
4	SV 7	SaPf.-Kalk	BW	6,0	15,0	21,0
			S	6,0	14,0	20,0
			BR	6,0	18,0	24,0
5	SV 4	SaPf.-Perlit	S	9,0	14,0	23,0
			BR	9,0	11,0	20,0
			BW	9,0	14,0	23,0
6	SV 9	SaPf.-Zeolith/SaSp.	BR	6,0	9,0	15,0
			BW	6,0	15,0	21,0
			S	6,0	14,0	20,0
7	SV 10	SaPf.-Kombi/SaSp.	BW	9,0	15,0	24,0
			S	9,0	14,0	23,0
			BR	9,0	14,0	23,0
8	SV 3	WBS. O./WBS. U.	S	9,0	7,0	16,0
			BR	9,0	7,0	16,0
			BW	9,0	9,0	18,0
9	SV 8	SaPf.-Perlit/SaSp.	BR	9,0	15,0	24,0
			BW	9,0	15,0	24,0
			S	9,0	12,0	21,0
10	SV 11	SaPf.-Kalk/SaSp.	BW	6,0	18,0	24,0
			S	6,0	12,0	18,0
			BR	6,0	14,0	20,0
11	SV 2	Oberboden	S	3,0	9,0	12,0
			BR	3,0	14,0	17,0
			BW	3,0	14,0	17,0



## 9 Literaturverzeichnis

- Amt der Tiroler Landesregierung (2016) Entsorgung von Oberflächenwässern. Innsbruck: Amt der Tiroler Landesregierung.
- Balder, H., Reuter, A. und Semmler, R. (2009) Handbuch zur Baumkontrolle : Blatt-, Kronen-, Stammprobleme. Patzer.
- Berland, A. (2020) Urban tree growth models for two nearby cities show notable differences. *Urban Ecosystems*, 23(6), S. 1253–1261. doi: 10.1007/s11252-020-01015-0.
- Bibliographisches Institut GmbH (2021) Vitalität. Verfügbar unter: <https://www.duden.de/suchen/dudenonline/Vitalität> (Zugegriffen: 5. April 2021).
- Bonn, S. et al. (2019) Baumpflege: Baumbiologische Grundlagen und Anwendung. Herausgegeben von A.Roloff. Stuttgart (Hohenheim): Ulmer.
- Chen, J. M. und Black, T. A. (1991) Measuring leaf area index of plant canopies with branch architecture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 57(1–3), S. 1–12. doi: 10.1016/0168-1923(91)90074-Z.
- Chen, J. M. und Cihlar, J. (1995) Plant canopy gap-size analysis theory for improving optical measurements of leaf-area index. *Applied Optics*, S. 6211. doi: 10.1364/ao.34.006211.
- Dujesiefken, D. (Hrsg.) (2015) Jahrbuch der Baumpflege. Haymarket Media.
- DWA (2020) DWA-Regelwerk. Arbeitsblatt DWA-A 138-1, Anlagen zur Versickerung von Niederschlagswasser - Teil 1: Planung, Bau, Betrieb - Entwurf. Hennef.
- FLL (2010a) Baumkontrollrichtlinien - Richtlinien für Regelkontrollen zur Überprüfung der Verkehrssicherheit von Bäumen. Bonn: FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
- FLL (2010b) Empfehlungen für Baumpflanzungen - Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen; Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate. Bonn: FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
- FLL (2020) Baumkontrollrichtlinien - Richtlinien für Baumkontrollen zur Überprüfung der Verkehrssicherheit. Bonn: FLL - Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
- FSV (2008) RVS Verdichtungsnachweis mittels dynamischen Lastplattenversuches.
- Fürhacker, M. et al. (2013) Entwicklung von Methoden zur Prüfung der Eignung von Substraten für die Oberflächenwasserbehandlung von Dach- und Verkehrsflächen, Kurzfassung 1.
- Wien. GALK - Deutsche Gartenamtleiterkonferenz (2012) Straßenbaumliste der ständigen Konferenz der Gartenamtleiter beim Deutschen Städtetag.
- Grimm, K. (2010) Integratives Regenwassermanagement: Motivenbericht. Wien: MA 22 - Umweltschutzabteilung.
- Grimm, K. (2016) Einführung zur Regenwasserbewirtschaftung Stand in Österreich. Wien.
- Hiemesch und IGEWA GmbH, I. für G. und W. (ohne Datum) Merkblatt Plattendruckversuch DIN 18134. Verfügbar unter: <http://www.igewa.de/merkblaetter/plattendruckversuch/plattendruckversuch.shtml> (Zugegriffen: 18. Februar 2020).
- Hirons, A. D. und Thomas, P. A. (2017) *Applied tree biology*. doi:10.1002/9781118296387.

- Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau VT-Team (2012) Bonitur-Anleitung. Wien:Universität für Bodenkultur: Wien.
- IPCC (2020) Sonderbericht Klimawandel und Landsysteme – SRCCL. Verfügbar unter: [https://www.de-ipcc.de/media/content/Hauptaussagen\\_SRCCL.pdf](https://www.de-ipcc.de/media/content/Hauptaussagen_SRCCL.pdf) (Zugegriffen: 8. Mai 2020)
- Kleidorfer, M. et al. (2019) Leitfaden Regenwasserbewirtschaftung. Wien: BMLRT.
- Kroiss, F. und Waitz - Vetter von der Lilie, W. (2011) Regenwassermanagement: Rechtliche Grundlagen. Wien: MA 22 - Umweltschutzabteilung.
- Lang, A. R. G. und Yueqin, X. (1986) Estimation of leaf area index from transmission of direct sunlight in discontinuous canopies. *Agricultural and Forest Meteorology*, 37(3), S. 229–243. doi: 10.1016/0168-1923(86)90033-X.
- Lübke, K. (2019) Dezentrales Regenwassermanagement in der Stadt - Multifunktionale Sickerflächen. Wien: Universität für Bodenkultur Wien.
- MA 18 Stadtentwicklung und Stadtplanung (2005) STEP 05 - Stadtentwicklungsplan 2005. Grün- und Freiraum. Wien.
- MA 18 Stadtentwicklung und Stadtplanung (2015) STEP 2025 Fachkonzept Grün- und Freiraum. Wien.
- MA 22 - Wiener Umweltschutzabteilung (2013) Regenwassermanagement - Nachhaltiger Umgang mit wertvollem Regenwasser. Wien.
- MA 22 - Wiener Umweltschutzabteilung (2015) Urban Heat Islands (UHI) - Strategieplan angesichts von Hitzeinseln und Klimawandel. Wien.
- MA 23 - Wirtschaft, Arbeit und Statistik (o. D.) Bevölkerungsprognose - Statistiken. Verfügbar unter: <https://www.wien.gv.at/statistik/bevoelkerung/prognose/index.html> (Zugegriffen: 11. Mai 2020).
- Moser, A. et al. (2017) Effects of Climate and the Urban Heat Island Effect on Urban Tree Growth in Houston. *Open Journal of Forestry*, 07(04), S. 428–445. doi: 10.4236/ojf.2017.74026.
- Moss, J. L. et al. (2019) Influence of evaporative cooling by urban forests on cooling demand in cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 37, S. 65–73. doi: 10.1016/J.UFUG.2018.07.023.
- ÖNORM B 2241 (2013) Gartengestaltung und Landschaftsbau - Werkvertragsnorm.
- ÖNORM B 2506-1 (2013) Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen - Anwendung, hydraulische Bemessung, Bau und Betrieb.
- ÖNORM B 2506-2 (2012) Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und unbefestigten Flächen - Teil 2: Qualitative Anforderungen an das zu versickernde Regenwasser sowie Anforderungen an Bemessung, Bau und Betrieb von Reinigungsanlagen.
- ÖNORM B 2606-1 (2009) Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen - Teil 1: Anwendung, hydraulische Bemessung, Bau und Betrieb.
- ÖNORM B 4417 (2018) Geotechnik - Untersuchung von Böden - Statischer Lastplattenversuch. ÖNORM EN 12616 (2013) Sportböden - Bestimmung der Wasserinfiltrationsrat“.
- ÖNORM EN ISO 22282-1:2012 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Geohydraulische Versuche - Teil 1: Allgemeine Regeln.

- ÖNORM L 1050 (2016) Bäume als Pflanzenstandort - Begriffe und Untersuchungsverfahren.
- ÖNORM L 1111 (2019) Garden design and landscaping - Technical implementation.
- ÖNORM L 1122 (2011) Baumkontrolle und Baumpflege.
- ÖWAV-Regelblatt 45 (2013) „Oberflächenentwässerung durch Versickerung in den Untergrund“.
- Roloff, A. (2013) Bäume in der Stadt Besonderheiten - Funktion - Nutzen - Arten - Risiken ; 12 Tabellen. Ulmer.
- Roloff, A., Gillner, S. und Bonn, S. (2008) „Die KLimaArtenMatrix für Stadtbaumarten (KLAM-Stadt)“, in Branchenbuch Baumschulwirtschaft 2009. Braunschweig: Haymarket Media.
- Scharf, B., Pitha, U. und Enzi, V. (2013) „Mikroklima und Bauwerksbegrünung“, in GRÜNgeWANDt 2.0. Wien.
- Schindler, M. (2012) „Wasserwirtschaftliche Rahmenbedingungen für Regenwasserbehandlungs- und Regenwasserversickerungsanlagen in Österreich“.
- Stadtbaudirektion Wien (2018) Oberflächenentwässerung Leitfaden für die Bauplanung. Wien. Stundner, W. (2014) Regenwasserbewirtschaftungsbecken als Teil des nachhaltigen Regenwassermanagements in Wien. Wien.
- The Economist (o.D.) Daily chart - Vienna remains the world's most liveable city | Graphic detail |
- The Economist, 2019. Verfügbar unter: <https://www.economist.com/graphic-detail/2019/09/04/vienna-remains-the-worlds-most-liveable-city> (Zugegriffen: 14. Mai 2020).
- Thomas, F. (2018) Grundzüge der Pflanzenökologie. Berlin: Springer Spektrum.
- Urban Innovation Vienna (ohne Datum) Duales Wasserversickerungsmodell – Smart City Wien. Verfügbar unter: <https://smartcity.wien.gv.at/site/dualeswasserversickerungsmodell/> (Zugegriffen: 4. Februar 2020).
- Watson, D. J. (1947) Comparative Physiological Studies on the Growth of Field Crops: I. Variation in Net Assimilation Rate and Leaf Area between Species and Varieties, and within and between Years. *Annals of Botany*, 11(1). doi: 10.1093/oxfordjournals.aob.a083148.
- Wien ORF (2020) Wien ist „grünste Stadt der Welt“ - wien.ORF.at. Verfügbar unter: <https://wien.orf.at/stories/3047325/> (Zugegriffen: 14. Mai 2020).

## 10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vor- und Nachteile verschiedener Verdichtungskontrollverfahren. Olesko 2018 nach (Hiemesch und IGEWA GmbH, ohne Datum) .....	23
Tabelle 2: Vitalitätsstufen angepasst nach Vorbild Roloff, Olesko 2019 nach Lübke 2019.....	39
Tabelle 3: Übersicht der Substratvarianten 2019, Olesko 2020 nach Lübke 2019 .....	43
Tabelle 4: Übersicht der gepflanzten Gehölzarten 2019, Olesko 2020 .....	44
Tabelle 5: Ansaatmischung Standardrasen 2019, Olesko 2020 nach Lübke 2019 .....	44
Tabelle 6: Ansaatmischung Blumenrasen 2019, Olesko 2020 nach Schmidl 2002 .....	45
Tabelle 7: Ansaatmischung Blumenwiese 2019, Olesko 2020 nach Schmidl 2002 .....	46
Tabelle 8: Übersicht der Versuchsstandorte und deren Aufbau 2019, Olesko 2020.....	48
Tabelle 9: Messintervalle der Parameter Atemsgasse 2019, Olesko 2021 .....	50
Tabelle 10: Messintervalle der Parameter Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2021 .....	52
Tabelle 11: Messintervalle der Parameter Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2021 .....	54
Tabelle 12: Messintervalle der Parameter Kuchelauer Hafen SM 4 2019, Olesko 2021 .....	56
Tabelle 13: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit [MN/m <sup>2</sup> ] und Infiltrationsrate [m/s] Atemsgasse 2019, Olesko 2019 .....	71
Tabelle 14: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit [MN/m <sup>2</sup> ] und Infiltrationsrate [m/s] Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2019 .....	72
Tabelle 15: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit [MN/m <sup>2</sup> ] und Infiltrationsrate [m/s] Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2019.....	73
Tabelle 16: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit [MN/m <sup>2</sup> ] und Infiltrationsrate [m/s] Kuchelauer Hafen SM 4 2019, Olesko 2019.....	74
Tabelle 17: Ergebnisse der Stammumfangmessungen [cm] Atemsgasse 2019, Olesko 2020.....	75
Tabelle 18: Ergebnisse der Messungen des Stammdurchmesser [cm] Atemsgasse 2019, Olesko 2020 .....	75
Tabelle 19: Ergebnisse der Baumhöhenmessungen [m] Atemsgasse 2019, Olesko 2020 .....	75
Tabelle 20: Ergebnisse der Messungen des Kronendurchmesser [m] Atemsgasse 2019, Olesko 2020 .....	76
Tabelle 21: Ergebnisse der Messungen des Stammumfang [cm] Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020 .....	77
Tabelle 22: Ergebnisse der Messungen des Stammumfang [cm] Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020 .....	78
Tabelle 23: Ergebnisse der Baumhöhenmessung [m] Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020.....	79
Tabelle 24: Ergebnisse der Messungen des Kronendurchmesser [m] Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020 .....	80
Tabelle 25: Ergebnisse der Messungen des Stammumfang [cm] Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020 .....	81
Tabelle 26: Ergebnisse der Messungen des Stammdurchmesser [cm] Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020.....	81
Tabelle 27: Ergebnisse der Messungen des Baumhöhe [m] Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020 .....	82

Tabelle 28: Ergebnisse der Messungen des Kronendurchmesser [m] Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020 .....	83
Tabelle 29: Ergebnisse des Triebblängenwachstum [cm] Attemsgasse 2019, Olesko 2020 .....	83
Tabelle 30: Ergebnisse des Triebblängenwachstums [cm] Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020.....	84
Tabelle 31: Ergebnisse des Triebblängenwachstums [cm] Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020.....	85
Tabelle 32: Ergebnisse der Schadenserhebung (max. Anzahl) Attemsgasse 2019, Olesko 2020.....	85
Tabelle 33: Ergebnisse der Schadenserhebung (max. Anzahl) Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020 .....	86
Tabelle 34: Ergebnisse der Schadenserhebung (max. Anzahl) Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020 .....	87
Tabelle 35: Ergebnisse der Vitalitätserhebung Attemsgasse 2019, Olesko 2020 .....	88
Tabelle 36: Ergebnisse der Vitalitätserhebung Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020 .....	89
Tabelle 37: Ergebnisse der Vitalitätserhebung Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020 .....	89
Tabelle 38: Auswertung zu Natrium- und Chloridgehalt [mg/L] der Blattmasse Attemsgasse 2019, Olesko 2020 .....	90
Tabelle 39: Auswertung zu Natrium- und Chloridgehalt [mg/L] der Blattmasse Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020 .....	91
Tabelle 40: Auswertung zu Natrium- und Chloridgehalt [mg/L] der Blattmasse Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020 .....	92
Tabelle 41: Ergebnisse der Verzweigungsgraderhebung Attemsgasse 2019, Olesko 2020.....	92
Tabelle 42: Ergebnisse der Verzweigungsgraderhebung Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020.....	93
Tabelle 43: Ergebnisse der Verzweigungsgraderhebung Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020.....	94
Tabelle 44: Ergebnisse des LAI Attemsgasse 2019, Olesko 2020 .....	94
Tabelle 45: Ergebnisse des LAI Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020 .....	95
Tabelle 46: Ergebnisse des LAI Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020 .....	95
Tabelle 47: Aufzeichnung Kalenderwoche des Laubaustrieb /-abwurf Attemsgasse 2019, Olesko 2020 .....	96
Tabelle 48: Aufzeichnung Kalenderwoche des Laubaustrieb /-abwurf Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020 .....	96
Tabelle 49: Aufzeichnung Kalenderwoche des Laubaustrieb /-abwurf Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020 .....	97
Tabelle 50: Ergebnisse der Deckungsgraderhebung [%] Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020.....	101
Tabelle 51: Vergleich der Ergebnisse der Deckungsgraderhebung [%] Kuchelauer Hafen 2018-2019, Olesko 2020.....	102
Tabelle 52: Vitalitätserhebungsergebnisse Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020.....	103
Tabelle 53: Ergebnisse der Infloreszenzmessungen Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020....	104
Tabelle 54: Vergleich der Infloreszenzstufenergebnisse Kuchelauer Hafen 2018-2019, Olesko 2020 .....	105

Tabelle 55: Wuchshöhen [cm] der Ansaatenmischungen Kuchelauer Hafen 2019 .....	106
Tabelle 56: Vergleich der durchschnittlichen Wuchshöhe [cm] Kuchelauer Hafen 2018- 2019, Olesko 2020 .....	107
Tabelle 57: Erhebung des Gräser-Kräuter Verhältnis [%] Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020.....	108
Tabelle 58: Vergleich Gräser-Kräuter Verhältnis Kuchelauer Hafen 2018 - 2019, Olesko 2020.....	109
Tabelle 59: Ergebnisse der Biomasseerhebung als Trockensubstanz [%] Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020 .....	110
Tabelle 60: Reguläres Verhältnis Gräser-Kräuter-Leguminosen [%] der Ansaatmischungen, Olesko nach Lübke 2019 .....	111
Tabelle 61: Ergebnisse der Stichprobenerhebung zum aktuellen Verhältnis Gräser-Kräuter- Leguminosen [%] Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020.....	112
Tabelle 62: Ergebnisse der Frequenzanalyse, Auswertung der anteilmäßig stärksten Pflanzenart [%] sowie deren durchschnittliche Wuchshöhe [cm] Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020 .....	113
Tabelle 63: Bewertungsskala mit Punktevergabe 2019, Olesko 2020.....	115
Tabelle 64: Bewertungsskala der geotechnischen Parameter der Substrate 2019, Olesko 2020.....	116
Tabelle 65: Bewertungsskala der vegetationstechnischen Parameter Gehölze (1/2) 2019, Olesko 2020 .....	117
Tabelle 66: Bewertungsskala der vegetationstechnischen Parameter Gehölze (2/2) 2019, Olesko 2020 .....	117
Tabelle 67: Bewertungsskala der vegetationstechnischen Parameter Ansaaten 2019, Olesko 2020 .....	118
Tabelle 68: Gewichtung der Parameter in der Mastermatrix 2019, Olesko 2020.....	118
Tabelle 69: Mastermatrix Attemsgasse 2019, Olesko 2020.....	120
Tabelle 70: Mastermatrix Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020.....	124
Tabelle 71: Mastermatrix Kuchelauer Hafen Sickermulde 8 2019, Olesko 2020 .....	129
Tabelle 72: Mastermatrix Kuchelauer Hafen Sickermulde 4 2019, Olesko 2020 .....	134
Tabelle 73: Untersuchungsergebnisse Attemsgasse 2018/2019, Olesko 2020 .....	147
Tabelle 74: Untersuchungsergebnisse Edith-Piaf-Straße 2018/2019, Olesko 2020 .....	148
Tabelle 75: Untersuchungsergebnisse Kuchelauer Hafen SM 8 2018/2019, Olesko 2020.....	148
Tabelle 76: Untersuchungsergebnisse Kuchelauer Hafen SM 4 2018/2019, Olesko 2020.....	149
Tabelle 77: Auswertung Gesamtergebnis Attemsgasse 2019, Olesko 2020.....	154
Tabelle 78: Auswertung Gesamtergebnis Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020.....	155
Tabelle 79: Auswertung Gesamtergebnis Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020 .....	156
Tabelle 80: Auswertung Gesamtergebnis Kuchelauer Hafen SM 4 2019, Olesko 2020 .....	157

# 11 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektpartner Pilotprojekt SAVE, Olesko 2019.....	13
Abbildung 2: Problematik von Oberflächenversiegelung. Olesko 2020 nach W. Geiger und H. Dreiseitl, 2017 .....	17
Abbildung 3: Bewilligungspflicht bei der Einbringung von Niederschlagswässern durch Versickerung. Olesko 2021 nach Regelblatt 45 „Oberflächenentwässerung durch Versickerung in den Untergrund“ .....	19
Abbildung 4: Dynamischer Plattendruckversuch. Olesko 2021 nach HOBRACT 2014 .....	34
Abbildung 5: Verortung der SAVE-Versuchsflächen in alphabetischer Reihenfolge. Olesko 2019 nach Rosso 2012 .....	47
Abbildung 6: Darstellung der Versuchsanordnung Attemsgasse 2019, Olesko 2020.....	48
Abbildung 7: Darstellung der Versuchsanordnung Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020.....	51
Abbildung 8: Darstellung der Versuchsanordnung Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020 .....	53
Abbildung 9: Darstellung der Versuchsanordnung Kuchelauer Hafen SM 4 2019, Olesko 2020 .....	55
Abbildung 10: Wärmebild Baum 1 Attemsgasse, 3.6.2019, Olesko 2020.....	98
Abbildung 11: Wärmebild Baum 11 Edith-Piaf-Straße, 8.8.2019, Olesko 2020 .....	99
Abbildung 12: Wärmebild Baum 7 Kuchelauer Hafen, 8.8.2019, Olesko 2020.....	99
Abbildung 13: Foto am 28.05.2019 von BR (Vordergrund), S (Hintergrund) Ansaatmischungen Substratvariante 5 Kuchelauer Hafen 2019 .....	114
Abbildung 14: Wärmebild am 28.05.2019 von BR (Vordergrund), S (Hintergrund) Ansaatmischungen Substratvariante 5 Kuchelauer Hafen 2019 .....	114
Abbildung 15: Gehölz-Aufnahmebogen Grunddaten 2019.....	169
Abbildung 16: Gehölz-Aufnahmebogen Schäden 2019.....	170
Abbildung 17: Gehölz Aufnahmebogen Vitalität 2019 .....	171
Abbildung 18: Gehölz Aufnahmebogen Standort 2019 .....	172
Abbildung 19: Infiltrationsversuche Aufnahmebogen 2019 .....	173
Abbildung 20: Aufnahmebogen Biomasseerhebung Blumenrase 2019.....	174
Abbildung 21: Aufnahmebogen Bonitätserhebung/Frequenzerhebung Substratvariante 1 SM8 2019.....	175
Abbildung 22: Erhebungsbogen Lastplattenversuch 2019 .....	176

## 12 Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Ergebnisse der Infiltrationsrate Attemsgasse 2019, Olesko 2020 .....	58
Diagramm 2: Ergebnisse der Infiltrationsrate Attemsgasse 2018, Olesko 2020 .....	59
Diagramm 3: Ergebnisse der Infiltrationsmessungen Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020 ...	60
Diagramm 4: Ergebnisse der Infiltrationsmessungen Edith-Piaf-Straße 2018, Olesko 2020 ...	60
Diagramm 5: Ergebnisse der Infiltrationsmessungen Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020 .....	61
Diagramm 6: Ergebnisse der Infiltrationsmessungen Kuchelauer Hafen SM 8 2018, Olesko 2020 .....	62
Diagramm 7: Ergebnisse der Infiltrationsmessungen Kuchelauer Hafen 2019, Olesko 2020 .....	63
Diagramm 8: Ergebnisse der Infiltrationsmessungen Kuchelauer Hafen 2018, Olesko 2020 .....	63
Diagramm 9: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen Attemsgasse 2019, Olesko 2020 .....	65
Diagramm 10: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen Attemsgasse 2018, Olesko 2020 .....	65
Diagramm 11: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020 .....	66
Diagramm 12: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen Edith-Piaf-Straße 2018, Olesko 2020 .....	67
Diagramm 13: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020 .....	68
Diagramm 14: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen Kuchelauer Hafen SM 8 2018, Olesko 2020 .....	68
Diagramm 15: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen Kuchelauer Hafen SM 4 2019, Olesko 2020 .....	69
Diagramm 16: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchungen Kuchelauer Hafen SM 4 2018, Olesko 2020 .....	69
Diagramm 17: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit [MN/m <sup>2</sup> ] und Infiltrationsrate [m/s] Attemsgasse 2019, Olesko 2019 .....	70
Diagramm 18: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit [MN/m <sup>2</sup> ] und Infiltrationsrate [m/s] Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2019 .....	71
Diagramm 19: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit [MN/m <sup>2</sup> ] und Infiltrationsrate [m/s] Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2019 .....	72
Diagramm 20: Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen Tragfähigkeit [MN/m <sup>2</sup> ] und Infiltrationsrate [m/s] Kuchelauer Hafen SM 4 2019, Olesko 2019 .....	73
Diagramm 21: Gesamtergebnis Attemsgasse 2019, Olesko 2020 .....	141
Diagramm 22: Gesamtergebnis Edith-Piaf-Straße 2019, Olesko 2020 .....	142
Diagramm 23: Gesamtergebnis Kuchelauer Hafen SM 8 2019, Olesko 2020 .....	144
Diagramm 24: Gesamtergebnis Kuchelauer Hafen SM 4 2019, Olesko 2020 .....	146

## 13 Abkürzungsverzeichnis

AAEV = Allgemeine Abwasseremissionsverordnung

ES = Ecosystem Services

FLL = Forschungsgesellschaft für Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau e.V.

IBLB = Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau

LAI = Leaf Area Index

MA = Magistratsabteilung (der Stadt Wien)

ÖWAV = Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband

SAVE = Straßen Abwasserlösungen für Vegetation und Entwässerungssysteme

SIG = Institut für Siedlungswasserbau, Industrierewasserwirtschaft und Gewässerschutz

SM 4 = Sickermulde 4 des Versuchsaufbau im Kuchelauer Hafen

SM 8 = Sickermulde 8 des Versuchsaufbau im Kuchelauer Hafen

SV = Substratvariante

UHI = Urban Heat Island

VO = Verordnung

VT = Vegetationstechnik

WRG = Wasserrechtsgesetz

# 14 Curriculum Vitae

## Elisabeth Olesko, BSc

---

Geburtsdaten: 28. Jänner 1993 in Ternberg  
Anschrift: Ledererstr. 15, 4452 Ternberg  
Telefonnummer: +43 676/7747330  
E-Mail: elisabeth@olesko.at  
Staatsbürgerschaft: Österreich



## Ausbildung

---

Seit 2017 Masterstudium Universität für Bodenkultur Wien  
Studienrichtung: Landschaftsplanung und  
Landschaftsarchitektur

2017 - 2018 Auslandssemester in Tartu, Estonian University of Life  
Science

2013 - 2017 Bachelorstudium Universität für Bodenkultur Wien  
Studienrichtung: Landschaftsplanung und  
Landschaftsarchitektur

2007 - 2012 HBLA für künstlerische Gestaltung Linz

## Arbeitserfahrung

---

Seit 2021 Anwendungstechnikerin bei „Optigrün international AG“

07.- 12. 2020 Praktikum in der Anwendungstechnik/  
Entwässerungstechnik bei Optigrün Deutschland

2019 - 2021 Sachbearbeiterin der österreichischen  
Hochschülerschaft der Universität für Bodenkultur im  
Referat Internationale Angelegenheiten

2019 - 2020 Tutorin am Institut für Ingenieurbiologie und Land-  
schaftsbau an der Universität für Bodenkultur Wien

2014 - 2019 Tutorin am Institut für Botanik an der Universität für  
Bodenkultur Wien

2017 - 2019 Eventarbeit bei „Feschmarkt“ in Linz, Graz und Wien

2015 - 2017 Büroangestellte bei „Phytopharma“ Ternberg

08.2014 Praktikum bei „Halbartschlager Sierning“

01. - 07.2013 Au Pair in Kanada, Blue Mountain, Ontario

## Zusatzqualifikationen

---

Führerschein Klasse A und B

Sprachen Deutsch Muttersprache, Englisch B2

EDV-Kenntnisse MS-Office, AutoCAD, Grundkenntnisse Adobe  
Photoshop, InDesign, Illustrator

---

# 15 Anhang

## Gehölz-Aufnahmebogen: Grunddaten

Standort:

Datum:

Baum-Nummer	Gattung/ Art	Grunddaten							
		Stammumfang (cm)	Stammdurchmesser (cm)	Baumhöhe (m)	Kronendurchmesser (m)	Entwicklungsphase*	Stämmigkeit	Pflanzjahr	Substrat
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									

\*JP... Jugendphase, RP...Reifungsphase, AP...Alterungsphase

Abbildung 15: Gehölz-Aufnahmebogen Grunddaten 2019



## Gehölz-Aufnahmebogen: Vitalität

Standort:

Datum:

Baum-Nummer	Vitalität nach Roloff*	Laubaustrieb/-abwurf	Verzweigungsgrad					Trieb­längenwachstum					
			1. Grad	2. Grad	3. Grad	4. Grad	5. Grad	Messung 1	Messung 2	Messung 3	Messung 4	Messung 5	Durchschn. Länge
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													

\*Vitalität: 0...Exploration, 1...Degeneration, 2...Stagnation, 3...Resignation, 4...Abgestorben

Bemerkung:

Abbildung 17: Gehölz Aufnahmebogen Vitalität 2019

## Gehölz-Aufnahmebogen: Standort

Standort:

Datum:

Baum-Nummer	Standort			Baumscheibe				Littering						
	Straßenbegleitgrün	Geh-/Radweg	Parkplatz	Art*	Größe	Oberfläche	Einbauten	keine Verschmutzung	leichte Verschmutzung	mittlere Verschmutzung	starke Verschmutzung	anorganisch	organisch	anorganisch & organisch
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														

Art\*: SM...Sickermulde, BS...Baumscheibe

Bemerkung:

Abbildung 18: Gehölz Aufnahmebogen Standort 2019

Infiltrationsversuche - Aufnahmebogen

Nr.	Datum	Ort	Substrat	Bepflanzung	Start - Vorsättigung	Start-Infiltrationsversuch	Absinken des Wasserspiegels (mm)	Zeit des Absinkens (h)
1.1								
1.2								
1.3								
2.1								
2.2								
2.3								
3.1								
3.2								
3.3								
4.1								
4.2								
4.3								
5.1								
5.2								
5.3								
6.1								
6.2								
6.3								
7.1								
7.2								
7.3								
8.1								
8.2								
8.3								
9.1								
9.2								
9.3								
10.1								
10.2								
10.3								

Anmerkungen:

**Abbildung 19: Infiltrationsversuche Aufnahmebogen 2019**

## Biomassebestimmung Ansaaten

Blumenrasen

Datum:

Standort: Kuchelauer Hafen, SM4

Frischegewicht Papiersack:

Trockengewicht Papiersack:

Mahd-Nr.	Substratvariante	Substrat	Abschnitt	Größe-Abschnitt (cm)	Frischegewicht (g)	Trockengewicht (g)	Netto-Gewicht	Trockensubstanz (g)	Trockensubstanz (%)	Differenz (%)
1.1	2	01_Oberboden	Böschung-Straße	100x70						
1.2	2	01_Oberboden	Sohle	100x70						
1.3	2	01_Oberboden	Böschung-Hecke	100x70						
1.4	5	02_Pflanzsubstrat Zeolith	Böschung-Straße	100x80						
1.5	5	02_Pflanzsubstrat Zeolith	Sohle	100x80						
1.6	5	02_Pflanzsubstrat Zeolith	Böschung-Hecke	100x80						
1.7	6	03_Kombi	Böschung-Straße	100x85						
1.8	6	03_Kombi	Sohle	100x85						
1.9	6	03_Kombi	Böschung-Hecke	100x85						
1.10	7	04_Kalk	Böschung-Straße	100x85						
1.11	7	04_Kalk	Sohle	100x85						
1.12	7	04_Kalk	Böschung-Hecke	100x85						
1.13	4	05_Perlith	Böschung-Straße	100x85						
1.14	4	05_Perlith	Sohle	100x85						
1.15	4	05_Perlith	Böschung-Hecke	100x85						
1.16	9	06_Speichers. Zeolith	Böschung-Straße	100x90						
1.17	9	06_Speichers. Zeolith	Sohle	100x90						
1.18	9	06_Speichers. Zeolith	Böschung-Hecke	100x90						
1.19	10	07_Speichers. Kombi	Böschung-Straße	100x110						
1.20	10	07_Speichers. Kombi	Sohle	100x110						
1.21	10	07_Speichers. Kombi	Böschung-Hecke	100x110						
1.22	3	08_Wiener Baums substrat	Böschung-Straße	100x100						
1.23	3	08_Wiener Baums substrat	Sohle	100x100						
1.24	3	08_Wiener Baums substrat	Böschung-Hecke	100x100						
1.25	8	09_Speichers. Perlith	Böschung-Straße	100x100						
1.26	8	09_Speichers. Perlith	Sohle	100x100						
1.27	8	09_Speichers. Perlith	Böschung-Hecke	100x100						
1.28	11	10_Speichers. Kalk	Böschung-Straße	100x100						
1.29	11	10_Speichers. Kalk	Sohle	100x100						
1.30	11	10_Speichers. Kalk	Böschung-Hecke	100x100						
1.31	2	11_Oberboden	Böschung-Straße	100x120						
1.32	2	11_Oberboden	Sohle	100x120						
1.33	2	11_Oberboden	Böschung-Hecke	100x120						

Abbildung 20: Aufnahmebogen Biomasseerhebung Blumenrase 2019

# SAVE

## Bonitur (monatlich) - Kuchelauer Hafen, Sickermulde 4

**Aufnahmenummer:**

**Datum:**

**Wetter:**

**Vitalitätsstufen:**

- 1 = üppig
- 2 = wüchsig
- 3 = durchschnittlich
- 4 = kümmerlich
- 5 = teilweise abgestorben

**Infloreszenzstufen:**

- 1 = viele Blüten (<20)
- 2 = zahlreiche Blüten (11 bis 20)
- 3 = wenige Blüten (4 bis 10)
- 4 = einzelne bis rare Blüten (1 bis 3)
- 5 = keine Blüten (0)

**Bearbeiter:**

- Oliver Weiss
- Elisabeth Olesko
- 
- 

Nr.	Substrat	Ansaat	Frequenz	Höhe	Deckg.	Gräser:Kräuter	Vitalität	Infloreszenz	Anmerkung
1	SV1_Oberboden_1	S							
2	SV1_Oberboden_1	S							
3	SV1_Oberboden_1	S							
4	SV1_Oberboden_1	S							
5	SV1_Oberboden_1	S							
6	SV1_Oberboden_1	S							
7	SV1_Oberboden_1	S							
8	SV1_Oberboden_1	S							
9	SV1_Oberboden_1	S							
10	SV1_Oberboden_1	S							
11	SV1_Oberboden_1	S							
12	SV1_Oberboden_1	S							
13	SV1_Oberboden_1	R							
14	SV1_Oberboden_1	R							
15	SV1_Oberboden_1	R							
16	SV1_Oberboden_1	R							
17	SV1_Oberboden_1	R							
18	SV1_Oberboden_1	R							
19	SV1_Oberboden_1	R							
20	SV1_Oberboden_1	R							
21	SV1_Oberboden_1	R							
22	SV1_Oberboden_1	R							
23	SV1_Oberboden_1	R							
24	SV1_Oberboden_1	R							
25	SV1_Oberboden_1	W							
26	SV1_Oberboden_1	W							
27	SV1_Oberboden_1	W							
28	SV1_Oberboden_1	W							
29	SV1_Oberboden_1	W							
30	SV1_Oberboden_1	W							
31	SV1_Oberboden_1	W							
32	SV1_Oberboden_1	W							
33	SV1_Oberboden_1	W							
34	SV1_Oberboden_1	W							
35	SV1_Oberboden_1	W							
36	SV1_Oberboden_1	W							

Abbildung 21: Aufnahmebogen Bonitätserhebung/Frequenzerhebung Substratvariante 1 SM8 2019

## Dynamischer Lastplattenversuch

gemäß RVS 08.03.04

Datum:		Wetter, Temperatur:	
Projekt: SAVE		Prüfperson:	
Standort:		Gerätehersteller: Zorn	
Bauteil:		Datum der letzten Kalibrierung: Juli 2002	
Setzungen			
Prüfpunkt	s1max 1. Messstoß	Evd <sub>m</sub>	Bemerkungen:
Lage	s2max 2. Messstoß	s/v	
Substrat	s3max 3. Messstoß	s <sub>max</sub> Setzung i.M.	
	mm	MN/ qm	Bemerkungen:
	mm	ms	
	mm	mm	
	mm	MN/ qm	Bemerkungen:
	mm	ms	
	mm	mm	
	mm	MN/ qm	Bemerkungen:
	mm	ms	
	mm	mm	
	mm	MN/ qm	Bemerkungen:
	mm	ms	
	mm	mm	
	mm	MN/ qm	Bemerkungen:
	mm	ms	
	mm	mm	
	mm	MN/ qm	Bemerkungen:
	mm	ms	
	mm	mm	
	mm	MN/ qm	Bemerkungen:
	mm	ms	
	mm	mm	

Blatt 1/

Abbildung 22: Erhebungsbogen Lastplattenversuch 2019