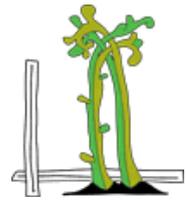




Universität für Bodenkultur Wien

Department für Bautechnik und
Naturgefahren



Universität für Bodenkultur Wien

Institut für Ingenieurbiologie und
Landschaftsbau

Masterarbeit

Regenwassermanagement im städtischen Raum Multifunktionale Straßenbaumpflanzungen

Rainwater management in urban areas Multifunctional street tree plantings

Zur Erlangung des akademischen Grades
einer diplomierten Ingenieurin der Naturwissenschaften
an der Universität für Bodenkultur Wien

eingereicht von

Nadine Werner, BSc

Betreuung: Priv.-Doz.ⁱⁿ Dipl.-Ing.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Ulrike Pitha
Dipl.-Ing. Oliver Weiss

Institutsleiterin: Univ. Prof.ⁱⁿ Dipl.-Ing.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Rosemarie Stangl

Wien, August 2021

Inhalt

Eidesstattliche Erklärung	7
Danksagung.....	9
Abstract.....	11
Kurzfassung.....	13
1. Einleitung	15
1.1. Einführung in das Forschungsprojekt SAVE	16
1.2. Zielsetzung	17
1.3. Fragestellung.....	17
1.3.1. Forschungsfragen zu den Gehölzen	17
1.3.2. Forschungsfragen zu den Substraten	18
1.4. Aufbau der Arbeit.....	18
2. Das Stadtgrün und die Regenwasserbewirtschaftung	21
2.1. Urbanes Regenwassermanagement.....	21
2.1.1. Hintergrund und Bedeutung	21
2.1.2. Strategien und Vorteile	22
2.2. Anforderungen an Stadtbäume	23
2.2.1. Funktionen der Gehölze	24
2.2.2. Klimabäume für den urbanen Raum	25
2.3. Anforderungen an das Baumsubstrat.....	30
2.3.1. Bestandteile von Baumsubstraten.....	31
2.4. Technische Versickerungssysteme.....	35
2.4.1. Flächenversickerung	35
2.4.2. Muldenversickerung	37
2.4.3. Schwammstadt-Prinzip.....	38
2.5. Begriffsdefinitionen	40

3. Datengrundlagen	47
3.1. Material	47
3.2. Verortung der Versuchsstandorte	49
3.2.1. Attemsgasse	50
3.2.2. Edith-Piaf-Straße	51
3.2.3. Kuchelauer Hafen	52
3.3. Methoden	54
3.3.1. Vegetationstechnische Messparameter	54
3.3.2. Geotechnische Messparameter	61
3.3.3. Bewertungsmethode der Ergebnisse	65
3.4. Messintervalle	66
3.5. Wettergeschehnisse während der Perioden 2018–2020	68
4. Ergebnisse - Jahr 2020	71
4.1. Vegetationstechnische Ergebnisse	71
4.1.1. Grundparameter	71
4.1.2. Gehölzvitalität	80
4.1.3. Gehölzschäden	83
4.1.4. Laubaustrieb und Laubabwurf	86
4.1.5. Triebblängenwachstum	89
4.1.6. Verzweigungsgrad	92
4.1.7. Blattprobenanalyse	95
4.1.8. Thermografische Stressermittlung	98
4.2. Geotechnische Ergebnisse	101
4.2.1. Infiltrationsmessungen	101
4.2.2. Tragfähigkeitsuntersuchung	105
5. Vergleich der Projektergebnisse 2018–2020	109
5.1. Vegetationstechnische Ergebnisse	109
5.1.1. Grundparameter	109
5.1.2. Gehölzvitalität	119
5.1.3. Gehölzschäden	122
5.1.4. Laubaustrieb und Laubabwurf	128
5.1.5. Triebblängenwachstum	132
5.1.6. Verzweigungsgrad	135
5.1.7. Blattprobenanalyse	138
5.1.8. Thermografische Stressermittlung	143

5.2.	Geotechnische Ergebnisse	145
5.2.1.	Infiltrationsmessungen.....	145
5.2.2.	Tragfähigkeitsuntersuchung	150
6.	Interpretation und Diskussion der Ergebnisse	155
6.1.	Mastermatrix.....	155
6.1.1.	Bewertungsschema	155
6.1.2.	Gewichtung.....	158
6.2.	Mastermatrix Attemsgasse 2020.....	160
6.3.	Mastermatrix Edith-Piaf-Straße 2020	163
6.4.	Mastermatrix Kuchelauer Hafen 2020.....	167
6.5.	Vergleich der Gesamtergebnisse 2018–2020	170
6.6.	Diskussion	174
7.	Schlussfolgerung	179
8.	Ausblick.....	187
9.	Zusammenfassung	189
10.	Literaturverzeichnis.....	195
11.	Tabellenverzeichnis.....	203
12.	Diagrammverzeichnis.....	209
13.	Abbildungsverzeichnis.....	211
14.	Bildquellenverzeichnis.....	215
15.	Abkürzungsverzeichnis.....	217
16.	Anhang	219
17.	Lebenslauf.....	239

Eidesstattliche Erklärung

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

Ort, Datum

Unterschrift

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich im Laufe des Studiums und im Rahmen der Masterarbeit unterstützt und begleitet haben.

Ich bedanke mich herzlichst bei Priv.-Doz.ⁱⁿ Dipl.-Ing.ⁱⁿ Dr.ⁱⁿ Ulrike Pitha und Dipl.-Ing. Oliver Weiss für die Betreuung und Begutachtung meiner Masterarbeit. Die hilfreichen Anregungen und die konstruktive Kritik erleichterten mir das Erstellen und Schreiben dieser Arbeit. Zusätzlich danke ich Oliver Weiss für seine Hilfestellung während des Monitorings.

Ebenfalls bedanke ich mich bei meinem Kommilitonen Stefan Riedenbauer für die Hilfe und Motivation während der praktischen Arbeiten an den Versuchsstandorten, welche auch bei Regen und Hitze durchgeführt wurden.

Ein großes Dankeschön gilt meinem Freund Sebastian, der mich während der gesamten Studienzeit begleitet hat und mir zur Seite gestanden ist. Danke für die tatkräftige Unterstützung bei den örtlichen Aufnahmen und Messungen.

Abschließend bedanke ich mich bei meiner Familie, insbesondere bei meinen Eltern, die mir meine gesamte Ausbildung, sowie mein Studium ermöglicht haben und mich über viele Jahre in jeglicher Art und Weise unterstützt und motiviert haben. Ich danke euch von ganzem Herzen.

Abstract

Today urban trees play an essential role. However, these can only develop moderately due to climatic changes, increasing urbanization and unfavorable site conditions. In addition, the amount of precipitation that occurs cannot seep into the ground, but has to be diverted into the canals. Because of this, it is important to create and test suitable tree substrates and urban tree species for future conditions.

In the course of the master's thesis, 27 woody plants (six tree species) and five substrate variants, which were planted and spread on three trial areas in Vienna, were looked after during the 2020 vegetation period. Geotechnical and vegetation-related parameters were used for the investigation and assessment. Infiltration and bearing capacity tests were carried out on the substrates. The woody plants were assessed on the basis of their vitality, damage and growth. In addition, the shoot lengths, the degree of branching, leaves shoot / shedding, the thermographic stress behavior and the salt content in the leaf mass were measured and noted.

The results obtained from the individual parameter surveys were noted for each location in the form of a master matrix and evaluated using a weighted point system. The overall result is thus made up of the number of points in the two subareas.

The results show that the SAVE substrate variants achieved favorable infiltration rates. In addition, the trees in the SAVE variants showed better vitality and growth development. The tree species *Acer campestre* and *Celtis australis* performed particularly well. The SAVE variants can therefore be recommended as a tree substrate for infiltration systems in urban areas and also serve as an optimal basis for rainwater management applications.

Key words: green infrastructure, urban water balance, substrate, urban climate tree, infiltration

Kurzfassung

Urbane Gehölze spielen heutzutage eine essentielle Rolle. Diese können sich aufgrund der klimatischen Veränderungen, der zunehmenden Urbanisierung und der ungünstigen Standortbedingungen jedoch nur mäßig entwickeln. Hinzu kommt, dass die anfallenden Niederschlagsmengen nicht in den Boden versickern können, sondern in die Kanäle abgeleitet werden müssen. Aufgrund dessen ist es wichtig, geeignete Baumsubstrate und Stadtbaumarten für zukünftige Gegebenheiten zu schaffen und zu erproben.

Im Zuge der Masterarbeit wurden während der Vegetationsperiode 2020 27 Gehölze (sechs Baumarten) und fünf Substratvarianten, welche auf drei Versuchsflächen in Wien gepflanzt und ausgebracht wurden, betreut. Zur Untersuchung und Beurteilung wurden geotechnische und vegetationstechnische Parameter angewendet. Bei den Substraten wurden Infiltrations- und Tragfähigkeitsuntersuchungen durchgeführt. Die Gehölze wurden anhand ihrer Vitalität, Schäden und Zuwächse bewertet. Zusätzlich wurden die Triebblängen, der Verzweigungsgrad, Laubaustrieb/ -abwurf, das thermografische Stressverhalten, sowie der Salzgehalt in der Blattmasse gemessen und notiert.

Die gewonnenen Ergebnisse der einzelnen Parametererhebungen wurden pro Standort in Form einer Mastermatrix vermerkt und mittels eines gewichteten Punktesystems ausgewertet. Das Gesamtergebnis setzt sich somit aus der Punkteanzahl der zwei Teilbereiche zusammen.

Anhand der Ergebnisse ist zu erkennen, dass die SAVE-Substratvarianten günstige Infiltrationsleistungen erzielten. Zudem wiesen die Gehölze in den SAVE-Varianten eine bessere Vitalitäts- und Wachstumsentwicklung auf. Die Baumarten *Acer campestre* und *Celtis australis* schnitten dabei besonders gut ab. Somit können die SAVE-Varianten als Baumsubstrat für Versickerungsanlagen im urbanen Raum empfohlen werden und dienen zudem als optimale Basis für die Anwendungen des Regenwassermanagements.

Schlüsselwörter: Grüne Infrastruktur, städtischer Wasserhaushalt, Substrat, urbaner Klimabaum, Versickerung

1. Einleitung

Wasser stellt eine lebensnotwendige Grundlage sowohl für die Menschen, als auch für die Tiere und die Vegetation dar. Aufgrund dessen sollte das kostbare Gut geschätzt und sinnvoll verwendet werden (LAND NÖ, 2020). Gerade in Zeiten des Klimawandels, welcher Temperaturanstiege, extreme Trockenperioden, als auch intensive Starkregenereignisse mit sich bringt, sollte besonders im urbanen Raum auf eine bedachte Nutzung und Handhabung des anfallenden Regenwassers geachtet werden. Durch den hohen Versiegelungsgrad in der Stadt kann das Niederschlagswasser nicht an Ort und Stelle in den natürlichen Boden versickern, sondern muss eingeleitet werden. Eine Erhebung in Wien hat gezeigt, dass 54 Mio. m³ Regenwasser innerhalb eines Jahres auf befestigte Flächen fallen. Dabei fließt ein Großteil der Wassermenge ungenutzt in den Kanal ab. Dies hat zur Folge, dass die Kanalkapazitäten ausgelastet sind und eine hohe Überflutungsgefahr besteht (MA 22, 2013). Um diesen Konsequenzen entgegenzusteuern wird das Regenwassermanagement vorwiegend in Großstädten als Lösungsansatz eingesetzt. Hierzu werden unterschiedliche Möglichkeiten angewendet, um das stoßartig anfallende Regenwasser verteilen, versickern, verdunsten und speichern zu können (LAND NÖ, 2020). Um dies bewerkstelligen zu können, wird an den angrenzenden entsiegelten Flächen ein optimaler Boden bzw. ein spezielles Substrat mit einer hohen wasserdurchlässigen und wasserspeichernden Fähigkeit benötigt. Denn nur durch eine rasche Infiltration kann der Bodenluftaustausch, welcher für die Gehölzentwicklung essentiell ist, stattfinden (BALDER, 1998). Ist ein passender Boden vorhanden, so können unzählige Vorteile durch den nachhaltigen Umgang mit der essentiellen Ressource gezogen werden. Dabei kann es zur Verbesserung des Mikroklimas, zur Reduktion der Überhitzung, sowie zur Entlastung der Kanalisation kommen. Zusätzlich kann sich das eingeleitete Niederschlagswasser, welches in den Grünflächen versickert, positiv auf die Entwicklung des urbanen Grüns auswirken (MA 22, 2013). Obwohl die vorhandene Vegetation ohnehin mit schwierigen städtischen und klimatischen Verhältnissen zu kämpfen hat, sind dennoch vitale und lebensfähige Gehölze notwendig. Nur durch einen optimalen Vitalitätszustand können die Baumpflanzungen deren Funktionen erfüllen und tragen zum Anstieg der Lebensqualität, sowie zum Wohlbefinden der Stadtbewohner*innen bei (GRETZ und PRÄHOFER, 2019; ROLOFF, 2009).

1.1. Einführung in das Forschungsprojekt SAVE

Das Forschungsprojekt SAVE, welches 2017 entstand, ist eine Kooperation zwischen der Stadt Wien und der Universität für Bodenkultur Wien. Der Begriff SAVE steht für „Straßen Abwasserlösungen für Vegetation und Entwässerungssysteme“ und soll als Pilotprojekt hinsichtlich der Umsetzung von urbanem Regenwassermanagement dienen. Seit Anfang 2018 bis Ende 2021 werden die Versuchsflächen von der Universität für Bodenkultur Wien, speziell vom Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB) und vom Institut für Siedlungswasserbau, Industrierewasserwirtschaft und Gewässerschutz (SIG), betreut und gemonitort. Dabei wurden insgesamt zehn vegetationstechnische und geotechnische Messparameter, welche an drei Standorten in Wien zum Einsatz kommen, ausgewählt. Die Versuchsstandorte befinden sich in der Attemsgasse, Edith-Piaf-Straße, sowie im Kuchelauer Hafen und wurden in Form von Baumscheiben und Sickermulden ausgebildet. Diese Flächen wurden mit 27 Gehölzen und fünf Substratvarianten ausgestattet. Im Rahmen des Forschungsprojekts sollen Aussagen über Entwässerungs- und Pflanzsysteme, welche die Ziele des Regenwassermanagements berücksichtigen und zugleich einen langfristigen Bestand von Straßenpflanzungen ermöglichen, getroffen werden. Dabei sollen die Interessen und Ansprüche des Grundwasserschutzes, der Grünraumgestaltung, sowie die des Winterdienstes miteinbezogen werden.

Zu dem Pilotprojekt SAVE wurden bereits erste Ergebnisse aus den Jahren 2018 und 2019 veröffentlicht, welche in Form von Masterarbeiten am Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau (IBLB) vorliegen. Die Forschungsarbeit aus dem Jahr 2018 wurde von Dipl.-Ing.ⁱⁿ Katharina Lübke verfasst und trägt den Titel „Dezentrales Regenwassermanagement in der Stadt – Multifunktionale Sickerflächen“. Die zweite Forschungsarbeit wurde von Dipl.-Ing.ⁱⁿ Elisabeth Olesko angefertigt und enthält die Ergebnisse aus dem Versuchsjahr 2019. Diese wurde als „Dezentrale Versickerungsmöglichkeiten von Niederschlagswasser in urbanen Gebieten“ betitelt. Die Masterarbeiten aus dem Jahr 2020, welche von Stefan Riedenbauer, BSc und Nadine Werner, BSc verfasst wurden, bauen auf die abgeschlossenen zwei Forschungsarbeiten auf. Der erstgenannte Verfasser (Stefan Riedenbauer) beschäftigt sich mit dem Thema „Substratvarianten in Kombination mit Ansaaten“ und die vorliegende Masterarbeit erläutert und untersucht die „Substratvarianten in Kombination mit Gehölzpflanzungen“.

1.2. Zielsetzung

Im Rahmen dieser Masterarbeit wurden an drei Standorten unterschiedliche Substratvarianten, welche für Sickerflächen im städtischen Raum entwickelt wurden, auf deren Wasserhaushalt untersucht. Zusätzlich wurde mit Hilfe des Monitorings die Entwicklung und Vitalität von den in den Substraten gepflanzten Gehölzarten beurteilt. Ziel ist es, Aussagen und Empfehlungen über die Eignung der Substrate in Verbindung mit den eingesetzten Gehölzarten zu tätigen bzw. abzugeben. Diese Feststellungen sollen zusätzlich mit den Erkenntnissen aus den Forschungsjahren 2018 und 2019 verglichen und analysiert werden.

1.3. Fragestellung

In der Masterarbeit werden Forschungsfragen, welche sich einerseits auf den Schwerpunkt Gehölze und andererseits auf den Schwerpunkt Substrate beziehen, behandelt. Zusätzlich werden pro Teilbereich weitere Fragestellungen formuliert.

1.3.1. Forschungsfragen zu den Gehölzen

1. Wie entwickeln sich die verwendeten Gehölze auf den Versuchsflächen an den drei Versuchsstandorten in Wien im Hinblick auf die vegetationstechnischen Parameter im Jahr 2020?

- Welche Zuwächse weisen die Gehölzpflanzungen bezüglich des Stammdurchmessers, Stammumfangs, Kronendurchmessers, der Baumhöhe und Triebblängen auf?
- Wie entfalten sich die Gehölze hinsichtlich der Vitalität?
- Welche Intensität an Schadmerkmalen ist im Krone-, Stamm- und Wurzelbereich der einzelnen Bäume zu erkennen?
- Wie wirkt sich der gemessene Salzgehalt (NaCl) auf die Entwicklung der gepflanzten Bäume aus?

2. Inwiefern unterscheiden sich die Ergebnisse der Gehölze aus der Forschungsperiode 2020 mit den gewonnenen Ergebnissen aus den Forschungsperioden 2018 und 2019 an den drei Versuchsstandorten in Wien?

1.3.2. Forschungsfragen zu den Substraten

1. Welche Unterschiede lassen sich zwischen den getesteten Substratvarianten in den Sickerflächen an den drei Versuchsstandorten in Wien hinsichtlich des geotechnischen Parameters im Jahr 2020 feststellen?

- Welche der verwendeten Substratvarianten erfüllen die Anforderungen der FLL – Richtlinien (2010) im Hinblick auf die Infiltrationsleistung von Sickerflächen?

2. Inwiefern unterscheiden sich die Ergebnisse der Substrate aus der Forschungsperiode 2020 mit den gewonnenen Ergebnissen aus den Forschungsperioden 2018 und 2019 an den drei Versuchsstandorten in Wien?

1.4. Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Masterarbeit ist in einen theoretischen und empirischen Teil gegliedert. Vorab wird die **Problematik** des Arbeitsthemas behandelt und das **Forschungsprojekt** vorgestellt. Zusätzlich werden die **Zielsetzung** und die **Forschungsfragen**, welche sich auf die Schwerpunkte Gehölze und Substrate beziehen, erläutert.

Im anschließenden **Theorieteil** werden der Hintergrund, die Bedeutung, sowie die Strategien des urbanen Regenwassermanagements beschrieben. In weiterer Folge werden die Anforderungen und Funktionen von Stadtgehölzen konkretisiert und zukünftige Klimabäume aufgelistet. Das nächste Unterkapitel beinhaltet die Anforderungen, welche an Baumsubstrate gestellt werden. Zusätzlich werden die Zusammensetzung, als auch die Bestandteile von Baumsubstraten detailliert ausgeführt. Im weiteren Verlauf folgen ausführliche Beschreibungen von technischen Versickerungssystemen, welche bevorzugt im städtischen Raum angewendet werden. Abschließend werden pro Themenschwerpunkt die wichtigsten Begriffe präzisiert.

Im nachfolgenden Abschnitt werden einerseits eine Auflistung der verwendeten **Materialien**, sowie die **Verortung und Beschreibung der Versuchsstandorte** dargestellt. Des Weiteren wird die **Methode** erläutert. Dabei wird speziell auf die vegetationstechnischen und geotechnischen Messparameter eingegangen.

Der empirische Teil (Kapitel 4 und 5) gibt sowohl die **Ergebnisse** der Parameteraufnahmen aus dem Jahr 2020, als auch die erhobenen Daten, welche während der gesamten Projektdauer 2018–2020 aufgenommen wurden, wieder. Diese Endergebnisse liegen in tabellarischer, grafischer und textlicher Form vor.

Zu Beginn des Kapitels 6 wird das Bewertungsschema und die Gewichtung der einzelnen Parameter erläutert. Im Anschluss erfolgen die mittels gewichteten Punktesystems ausgewerteten Gesamtergebnisse aus dem Jahr 2020, welche in den standortbezogenen Mastermatrizen vorliegen. Zusätzlich werden die Endergebnisse aus den drei Versuchsjahren (2018–2020) dargestellt. Diese sollen einen Überblick über die Entwicklung des SAVE-Projekts geben. Anhand der **Interpretationen und Vergleiche** der gesamten Daten werden die gewonnenen Erkenntnisse mit dem theoretischen Fachwissen diskutiert.

Im nachfolgenden Abschnitt **Schlussfolgerung** werden die gestellten Forschungsfragen beantwortet. Als Basis werden die Erläuterungen der Mastermatrizen aus dem Kapitel 6 herangezogen.

Außerdem werden Möglichkeiten für weiteren Forschungsbedarf, welche zukünftig umgesetzt werden können, in **Ausblick** gestellt.

Abschließend folgt eine **Kurzversion der Masterarbeit**, in dieser der Versuchsaufbau, die erzielten Ergebnisse, sowie relevante Erkenntnisse zusammengefasst sind.



Abbildung 1: Versuchsstandort Atemsgasse. WERNER, 2020

2. Das Stadtgrün und die Regenwasserbewirtschaftung

In diesem Kapitel wird einerseits auf das urbane Regenwassermanagement und andererseits auf die Anforderungen und Funktionen von Stadtbäumen und Baumsubstraten eingegangen. Zusätzlich wird ein Überblick über unterschiedliche Versickerungsmethoden gegeben, welche in Bezug auf das Regenwassermanagement im städtischen Raum angewendet werden.

2.1. Urbanes Regenwassermanagement

Das Regenwassermanagement, welches als innovative und zukunftsweisende Lösung für den nachhaltigen Umgang mit Regenwasser auf versiegelten Oberflächen gilt, ist ein essentieller Bestandteil für zukünftige Planungsschritte in der Stadtentwicklung. Durch die richtige Anwendung des Managements können diverse Vorteile für die Bevölkerung und für die Umwelt erzielt werden.

2.1.1. Hintergrund und Bedeutung

Seit etlichen Jahren spielt der Klimawandel eine wesentliche Rolle im Leben der Menschen. Dessen Folgen wirken sich vorwiegend in Form von auffälligen Wettergeschehnissen, wie zunehmende Starkregenereignisse, als auch extreme Hitzeperioden aus. Diese Auswirkungen sind vor allem in Großstädten, welche zu den beliebtesten Hauptlebensräumen der Menschen zählen, spürbar. Dazu kommt, dass aufgrund der wachsenden Bevölkerungszahl die Nachfrage am urbanen Wohnungsmarkt rapide ansteigt, wodurch unzählige Böden und Naturräume bebaut werden. In weiterer Folge ist mit einer Zunahme der Umgebungstemperatur zu rechnen (HABER, 2010; ZEBISCH et al., 2011).

Durch den hohen Versiegelungsgrad und die wiederkehrenden Niederschläge sind nicht nur die Lebensqualität der Menschen, sondern auch die Entwicklung und Vitalität des städtischen Grüns gefährdet. Aufgrund der zunehmenden versiegelten Oberflächen, welche wasser- und luftundurchlässig sind, können die enormen Regenwassermengen nicht mehr ungehindert in den Boden versickern, sondern fließen ohne Rückhaltung oberirdisch ab. In weitere Folge führt dies einerseits zu Hochwasserspitzen in der Kanalisation, als auch zur Verringerung der Grundwasserneubildung. Eine Messung, welche in Wien durchgeführt wurde, hat ergeben, dass pro Jahr 54 Mio. m³ Niederschlagswasser auf befestigte und undurchlässige Flächen fällt und dieses größtenteils ungenutzt in die Kanalisation gelangt (MA 22, 2013).

Aufgrund dessen ist es besonders essentiell einen nachhaltigen Umgang mit dem Niederschlagswasser im städtischen Raum zu forcieren, um dem vorab beschriebenen Geschehnis entgegenzuwirken (MA 22, 2013; LAND NÖ, 2020).

Als potentielle Lösung wurde das „Regenwassermanagement“, welches Ende der 1970er-Jahre entwickelt wurde, herangezogen (MAHABADI, 2012). Dieses wurde in den letzten Jahrzehnten von vielen Städten, wie beispielsweise der Stadt Wien angewendet und weiterentwickelt, wodurch diverse Pilotprojekte entstanden. Dabei wurde der Begriff Regenwassermanagement laut MA 22 (2013: 2) wie folgt definiert: *„Regenwassermanagement belässt das Niederschlagswasser von befestigten oder bebauten Flächen in einem naturnahen Kreislauf. Es wird also nicht in den Kanal abgeleitet, sondern verdunstet oder versickert möglichst vor Ort.“* Zusätzlich soll dadurch versucht werden, die Kanalkapazität und Überflutungsereignisse zu reduzieren (MA 22, 2013; LAND NÖ, 2020).

2.1.2. Strategien und Vorteile

Da Wasser einen hohen Stellenwert im Leben der Menschen einnimmt, ist es besonders wichtig mit dieser Ressource sorgsam und vernünftig umzugehen. Durch das urbane Regenwassermanagement, welches sich auf drei wesentliche Säulen bei der Bewirtschaftung des Niederschlagswassers stützt, ist dies gelungen. Für die erfolgreiche Anwendung des Regenwassermanagements spielen die Versickerung, Verdunstung, sowie die Retention von Regenwasser eine essentielle Rolle (LAND NÖ, 2020). Für die Regenwasserversickerung wird ein durchwurzelter Boden benötigt, welcher eine entsprechende Durchlässigkeit und Beschaffenheit aufweist, um das anfallende Niederschlagswasser aufnehmen zu können (MA 22, 2013; STADT SIEGEN: 2006). In weiterer Folge wird die Komponente Verdunstung von Vegetation bzw. Oberflächen übernommen. Dieser Vorgang wird als Evapotranspiration definiert. Bei diesem wird Wasser in gasförmiger Form über die Blätter, sowie über den Boden abgegeben (GRETZ und PRÄHOFER, 2019). Durch die angestrebte Verdunstung von Regenwasser soll ein verbessertes Stadtklima, sowie eine geringere Bildung von Hitzeinseln gewährleistet werden. Die Retention, welche auch als Zwischenspeicherung bezeichnet werden kann, soll einerseits das Regenwasser zurückzuhalten und zur Bewässerung der Pflanzen dienen. Andererseits soll das überschüssige Niederschlagswasser bei Starkregenereignissen zeitverzögert in den Kanal einmünden, um Überschwemmungen zu vermeiden (MA 22, 2013).

Durch die drei vorab erläuterten Strategien, welche im Sinn des Regenwassermanagements angestrebt werden, können verschiedene Vorteile gezogen werden. Diese wirken sich einerseits positiv auf die Menschen, als auch auf die gesamte Umwelt aus (GRIMM¹, 2010; MA 22, 2013):

- Verbesserung des Mikroklimas erzeugt eine kühlende Wirkung
- Nutzung des Niederschlagswassers für Boden und Pflanzen
- Einsparung an Trinkwasser, da Regenwasser für Bewässerung herangezogen wird
- Aufgrund von Verdunstung des Regenwassers wird Luft befeuchtet
- Entlastung der Kanalisation und Kläranlagen
- Verringerung der Hochwasserereignisse aufgrund von reduzierten und verzögerten Oberflächenabfluss
- Schaffung von Lebensräumen für Pflanzen und Tiere aufgrund von Feuchtbiotopen
- Wasserspeicherung im Boden wirkt sich positiv auf Dürreperioden aus
- Kosteneinsparungen bei Kanalabgaben

2.2. Anforderungen an Stadtbäume

In den Städten stellen Grünflächen und Gehölze einen Gegensatz zu den grauen Fassaden der Gebäude dar und sind aufgrund dessen ein wesentlicher Bestandteil. Hinzu kommt, dass Gehölze unzählige Funktionen und Vorteile mit sich bringen, welche sich positiv auf die Bewohner*innen, das Stadtklima, sowie auf die Tiere in der Stadt auswirken (BMUB, 2015; GRETZ und PRÄHOFER, 2019). Damit diese Anforderungen erfüllt werden können, muss eine günstige Entwicklung der Stadtbäume gewährleistet werden. Dabei bedarf es unter anderem an ausreichend Pflege, sowie an genügend Wasser und Platz (RUST, 2010). Obwohl viele Städte die Bedeutung des urbanen Grüns, sowie deren Funktionen als essentiell erachten und Maßnahmen ergreifen, liegen dennoch in einigen Regionen ungünstige Standortbedingungen, wodurch eine geringere Lebenserwartung und Entfaltung der Gehölze zu erwarten ist, vor (MALEK et al., 1999). Dazu zählen vorwiegend ein hoher Verdichtungs- und Versiegelungsgrad der Böden, eine mangelnde Wasser- und Nährstoffversorgung, eine geringe Sauerstoffzufuhr, ansteigende Temperaturen, ein begrenzter Wurzelraum, ein hoher Salzeintrag, Beschädigungen, Staub- und Immissionsbelastungen, sowie ein erhöhter Trockenstress (ROLOFF, 2013).

Damit diese Belastungsfaktoren für die Stadtgehölze reduziert werden, ist es wichtig, Maßnahmen, wie das Regenwassermanagement, speziell abgestimmte Substrate, sowie passende Versickerungsmethoden im dicht besiedelten Raum anzuwenden. Denn dadurch kann eine verbesserte Stadt- und Baumqualität erzielt werden (STEP 2025, 2014).

2.2.1. Funktionen der Gehölze

Angesichts der klimatischen Geschehnisse und des hohen Nutzungsdrucks in besiedelten Gebieten gewinnt das urbane Grün seit einigen Jahren immer mehr an Bedeutung. Dabei ist nicht nur die Nachfrage an neue Parkanlagen und Alleen besonders hoch, sondern auch das Bedürfnis an weiteren Fassaden- und Dachbegrünungen. Die Vielzahl an verschiedenen Begrünungsvarianten in der Stadt tragen einerseits zur positiven Wahrnehmung und Erscheinung des Stadtbildes bei und andererseits wird dadurch eine wesentliche Synthese zwischen den einzelnen Bebauungselementen geschaffen (BMUB, 2015). Hinzu kommt, dass die Verwendung von Stadtgehölzen erheblichen Einfluss auf die Gestaltung und Gliederung der Stadt- bzw. Straßenräume haben. Durch die Gehölzpflanzungen werden sowohl notwendige Begegnungszonen und Aufenthaltsplätze für die Bewohner*innen errichtet, sowie Schutzvorkehrungen im Straßenverkehr vorgenommen. Das Stadtgrün, welches entlang von hoch frequentierten Straßen gepflanzt wird, dient zur Orientierung und Aufmerksamkeit, sowie zur optischen Führung des Straßenverlaufs. Zusätzlich trägt es zur Reduktion der Fahrgeschwindigkeit, als auch zum Blend- und Windschutz bei (FLL, 2015; FLORINETH, 2012; BMUB, 2015).

Aufgrund der zunehmenden Bebauung und des ansteigenden Versiegelungsgrads entstehen verschiedene Sonderformen des Klimas im urbanen Raum. Dabei sind vor allem die Veränderung der Windgeschwindigkeit, als auch eine Zunahme der Temperatur (Hitzeinseln) besonders spürbar. Zusätzlich sind eine Abnahme der Luftfeuchtigkeit, sowie eine Verstärkung der Luftverschmutzung in den Städten festzustellen. Diese Folgen können jedoch von Stadtgehölzen aufgrund deren klimaregulierenden Wirkung wesentlich gemindert werden. Dabei spielen vorwiegend die in der Stadt gepflanzten Laubbäume, welche eine dichte, ausladende Krone mit großen Blättern besitzen, eine besondere Rolle (GRETZ und PRÄHOFER, 2019). Durch die Transpiration der Blätter wird sowohl die Luftfeuchtigkeit erhöht, als auch eine Bindung der Schadstoffe erzielt. Dazu kommt, dass die Luft gefiltert und gereinigt wird. Des Weiteren tragen vitale Gehölzpflanzungen zur Sauerstoffproduktion, sowie zur Senkung der Umgebungstemperatur bei. Zusätzlich leisten die urbanen Gehölze einen essentiellen Beitrag zur Beschattung und Kühlung der Umgebung. Zudem wird der Straßenlärm durch die gepflanzten Gehölze reduziert (FLL, 2015; GRETZ und PRÄHOFER, 2019; HABER, 2010).

In weiterer Folge beeinflussen die Gehölze das Wohlbefinden und die Lebensqualität der Stadtbewohner*innen. Dabei trägt die Farbe Grün erheblich bei. Diese symbolisiert die Natur und das Leben, als auch die Hoffnung und Harmonie. Zusätzlich weist die Laubfarbe auch eine stresssenkende, beruhigende und friedliche Wirkung auf, wodurch die Psyche der Menschen profitiert. Ebenfalls ist bewiesen, dass Grünanlagen den Heilungs- und Genesungsprozess der Menschen beschleunigen und sich positiv auf deren Gesundheit und Wohlergehen auswirken. Aufgrund dessen wird bei der Planung von Parkanlagen, welche sich bei Kuranstalten oder Krankenhäuser befinden, vermehrt auf eine umfangreiche, grüne Bepflanzung geachtet. Zudem wird durch das urbane Grün eine natürliche und angenehme Atmosphäre geschaffen, wodurch die begrünten Plätze in der Stadt zum Entspannen und Verweilen einladen (GRETZ und PRÄHOFER, 2019; ROLOFF, 2009).

Des Weiteren dienen die Gehölzpflanzungen in der Stadt nicht nur zur Förderung des menschlichen Wohlbefindens, sondern leisten auch einen essentiellen Beitrag für die Flora und Fauna. Dabei wird die urbane Begrünung einerseits als Lebens- und Rückzugsraum und andererseits als Nahrungsquelle von verschiedenen Tierarten, wie Insekten, Vögel, etc. genutzt (ROLOFF, 2009).

2.2.2. Klimabäume für den urbanen Raum

Heutzutage stellen Gehölze ein zentrales und essentielles Element für viele Stadtquartiere und Straßenräume dar. Die zahlreichen Funktionen, welche Baumpflanzungen mit sich bringen, können allerdings nur erfüllt werden, wenn die Bäume gesund und vital sind, sowie unter günstigen Standortbedingungen wachsen können. Da der städtische Nutzungsdruck zunimmt und klimatische Veränderungen in der Stadt spürbar sind, ist eine optimale Entwicklung der heimischen Gehölze im urbanen Gebiet nur begrenzt möglich. Die Vitalitätsentwicklung und die Leistungsfähigkeit der Baumpflanzungen werden durch verschiedene Faktoren, wie beengter Wurzelraum, geringe Wasser- und Sauerstoffversorgung, Bodenverdichtung, sowie durch längere Trockenperioden beeinträchtigt und gehemmt. Aufgrund dieser Aspekte leiden Stadtgehölze häufig an Hitze- und Trockenstress, welche sich in Form von Schäden zeigen. (DICKHAUT et al., 2017; ROLOFF, 2019; ROLOFF, 2013) Hinzu kommt, dass durch die extremen Witterungsverhältnisse (zunehmende Sommertemperaturen und Starkregenereignisse) neu eingewanderte Schädlinge die Stadtbaumarten befallen, wodurch die Baumvitalität weiter gemindert wird. Infolgedessen können diese Faktoren zum Absterben der Bäume führen (GRETZ und PRÄHOFER, 2019; ROLOFF, 2019).

Damit weiterhin Stadtbäume gepflanzt werden und diese gedeihen können, ist eine Umstellung der Baumarten und -sorten notwendig. Somit sollten zukünftig vermehrt klima- und trockenheitstolerante Arten, sogenannte Klimabäume gewählt werden, welche sich den vorherrschenden Klimageschehnissen in der Stadt anpassen (ROLOFF², 2015; GALK, o.J.). Dabei handelt es sich vorwiegend um Gehölzarten aus dem südosteuropäischen Raum bzw. aus weiteren kontinental geprägten Gebieten (ROLOFF; 2013).

Im Zuge von etlichen Testreihen, die von der Deutschen Gartenamtsleiterkonferenz (GALK) durchgeführt wurden, wurde eine Straßenbaumliste mit potentiellen Baumarten erstellt. Diese urbanen Gehölze wurden aufgrund diverser Kriterien ausgewählt. Dazu zählen einerseits die morphologischen und physiologischen Merkmale, wie die Lichtdurchlässigkeit, Wuchskraft, der Habitus und die Entwicklung des Kronen-, Stamm- und Wurzelbereichs, als auch die Standortansprüche und der Pflegeaufwand. Die erstellten Baumlisten werden fortlaufend erweitert und sollen als Entscheidungs- und Planungshilfe für zukünftige innerstädtische Projekte dienen (GALK, o.J.).

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Straßenbäume, welche laut GALK (2021) für den Straßenraum gut geeignet bzw. geeignet (ohne Einschränkungen) sind.

Tabelle 1: GALK - Straßenbaumliste; Bearbeitung WERNER, 2021

GALK - Straßenbaumliste	
Botanischer Name	Deutscher Name
<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	Feldahorn
<i>Acer platanoides</i> 'Allershausen' und 'Olmsted'	Spitzahorn
<i>Acer platanoides</i> 'Cleveland'	Kegelförmiger Spitzahorn
<i>Acer platanoides</i> 'Columnare'	Säulenförmiger Spitzahorn
<i>Acer platanoides</i> 'Globosum'	Kugelspitzahorn
<i>Alnus x spaethii</i>	Purpurerle
<i>Amelanchier arborea</i> 'Robin Hill'	Felsenbirne
<i>Carpinus betulus</i> 'Fastigiata'	Pyramiden-Hainbuche
<i>Fraxinus excelsior</i> 'Geessink'	Esche
<i>Fraxinus excelsior</i> 'Globosa'	Kugelesche
<i>Fraxinus excelsior</i> 'Westhof's Glorie'	Nichtfruchtende Straßenesche
<i>Fraxinus ornus</i> 'Rotterdam'	Blumenesche
<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Inermis'; 'Shademaster'; 'Skyline'	Dornenlose Gleditschie
<i>Liquidambar styraciflua</i> 'Paarl'	Amberbaum
<i>Malus tschonoskii</i>	Wollapfel
<i>Ostrya carpinifolia</i>	Hopfenbuche
<i>Populus nigra</i> 'Italica'	Säulenpappel
<i>Prunus padus</i> 'Schloss Tiefurt'	Traubenkirsche
<i>Prunus x schmittii</i>	Zierkirsche
<i>Quercus cerris</i>	Zerr-Eiche
<i>Quercus petraea</i>	Trauben-Eiche
<i>Quercus robur</i> 'Fastigiata'	Stielsäuleneiche
<i>Quercus robur</i> 'Fastigiata Koster'	Schmale Pyramideneiche
<i>Robinia pseudoacacia</i> 'Sandraudiga' und 'Semperflorens'	Scheinakazie
<i>Robinia pseudoacacia</i> 'Bessoniana'	Kegelakazie
<i>Robinia pseudoacacia</i> 'Umbraculifera'	Kugelakazie
<i>Sorbus aria</i> 'Magnifica'	Mehlbeere
<i>Sorbus intermedia</i> 'Brouwers'	Schwedische Mehlbeere
<i>Sorbus x thuringiaca</i> 'Fastigiata'	Thüringische Säulen - Mehlbeere
<i>Tilia americana</i> 'Nova'	Amerikanische Linde
<i>Tilia cordata</i> 'Erecta'	Dichtkronige Winterlinde
<i>Tilia cordata</i> 'Greenspire' und 'Rancho'	Amerikanische Stadtlinde
<i>Tilia cordata</i> 'Roelvo'	Winterlinde
<i>Tilia tomentosa</i> 'Brabant'	Brabanter Silberlinde
<i>Tilia x euchlora</i>	Krimlinde
<i>Tilia x europaea</i> 'Pallida'	Kaiserlinde
<i>Tilia x flavescens</i> 'Glenleven'	Kegellinde

Des Weiteren beschäftigt sich nicht nur die Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz (GALK) mit der Auswahl von klimaresistenten Stadtbäumen, sondern auch Roloff entwickelte im Jahr 2008 eine Matrix, welche Aufschluss über geeignete Klimabäume im urbanen Raum geben soll. Bei dieser Klimaartenmatrix (KLAM) wurden über 230 Gehölzarten anhand der Parameter Winterhärte und Trockenstresstoleranz mit den Noten 1 (sehr gut geeignet) bis 4 (ungeeignet) bewertet (ROLOFF et al., 2008). Aufgrund der Beurteilung wurden die Baumarten in 16 Unterkategorisierungen, wie die Abbildung 2 zeigt, eingeteilt.

		Winterhärte			
		1.	2.	3.	4.
Trockenstresstoleranz	1.	1.1	1.2	1.3	1.4
	2.	2.1	2.2	2.3	2.4
	3.	3.1	3.2	3.3	3.4
	4.	4.1	4.2	4.3	4.4

	sehr gut geeignet
	gut geeignet
	geeignet aber z.T. problematisch
	nur sehr eingeschränkt geeignet
	ungeeignet

Abbildung 2: Klimaartenmatrix. Bearbeitung WERNER, 2021 nach ROLOFF, 2008

Die folgende Tabelle zeigt einen Ausschnitt der Baumarten, welche sich mittels der Klimaartenmatrix sehr gut (1.1 und 1.2) bzw. gut (1.3, 2.1 und 2.2) eignen würden (ROLOFF, 2013).

Tabelle 2: KLAM – Straßenbaumarten. Bearbeitung WERNER, 2021 nach ROLOFF, 2013

KLAM - Straßenbaumarten		
Eignung	Botanischer Name	Deutscher Name
1.1	<i>Acer campestre</i>	Feldahorn
2.1	<i>Acer platanoides</i>	Spitzahorn
1.2	<i>Acer opalus</i>	Schneeballblättriger Ahorn
1.2	<i>Acer rubrum</i>	Rot-Ahorn
1.1	<i>Acer x zoeschense</i>	Zoeschener Ahorn
2.1	<i>Aesculus x carnea</i>	Rotblühende Kastanie
1.2	<i>Alianthus altissima</i>	Drüsiger Götterbaum
2.2	<i>Alianthus altissima</i>	Herzblättrige Erle
2.1	<i>Alnus x spaethii</i>	Spaeths Erle
2.1	<i>Betula pendula</i>	Sand-Birke
2.1	<i>Carpinus betulus</i>	Gemeine Hainbuche
1.2	<i>Catalpa speciosa</i>	Prächtiger Trompetenbaum
1.3	<i>Celtis australis</i>	Südlicher Zürgelbaum
2.2	<i>Corylus colurna</i>	Baum-Hasel
1.2	<i>Fraxinus angustifolia</i>	Schmalblättrige Esche
2.2	<i>Fraxinus excelsior</i>	Gemeine Esche
2.1	<i>Fraxinus pennsylvanica</i>	Grün-Esche
1.2	<i>Ginkgo biloba</i>	Ginkgo
1.2	<i>Gleditsia triacanthos</i>	Amerikanische Gleditschie
2.2	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Amerikanischer Amberbaum
1.2	<i>Morus alba</i>	Weißer Maulbeerbaum
1.1	<i>Ostrya carpinifolia</i>	Gemeine Hopfenbuche
2.2	<i>Phellodendron amurense</i>	Amur-Korkbaum
1.1	<i>Phellodendron sachalinense</i>	Sachalin-Korkbaum
1.2	<i>Platanus x hispanica</i>	Ahornblättrige Platane
2.1	<i>Populus x berolinensis</i>	Berliner Pappel
1.2	<i>Quercus cerris</i>	Zerr-Eiche
2.2	<i>Quercus petraea</i>	Trauben-Eiche
2.2	<i>Quercus rubra</i>	Rot-Eiche
1.1	<i>Robinia pseudoacacia</i>	Gemeine Robinie
1.2	<i>Sophora japonica</i>	Japanischer Schnurbaum
1.1	<i>Sorbus aria</i>	Echte Mehlbeere
2.1	<i>Sorbus intermedia</i>	Schwedische Mehlbeere
1.1	<i>Sorbus x thuringiaca</i>	Thüringer Mehlbeere
2.1	<i>Tilia cordata</i>	Winterlinde
1.2	<i>Tilia tomentosa</i>	Silberlinde
2.1	<i>Tilia x euchlora</i>	Krimlinde
1.1	<i>Ulmus pumila</i>	Sibirische Ulme
2.2	<i>Zelkova serrata</i>	Japanische Zelkove

2.3. Anforderungen an das Baumsubstrat

Damit die Baumpflanzungen deren Ökosystemleistungen, welche im Unterkapitel 2.2.1 genannt wurden, auch erfüllen können, benötigen diese einen geeigneten Boden. Somit muss der Boden günstige Verhältnisse, wie eine ausreichende Nährstoffversorgung, als auch eine angemessene Sauerstoff- und Wasserzufuhr aufweisen, um eine gesunde Pflanzenentwicklung gewährleisten zu können (BALDER, 1998). Da diese Bodenansprüche im verdichteten städtischen Raum oftmals nicht vorliegen, werden aufgrund dessen optimierte Substrate anstelle des bestehenden Bodens verwendet (FLORINETH, 2011).

Da aufgrund der heutigen klimatischen Situation mit vermehrten Starkregenereignissen in der Stadt zu rechnen ist, müssen die eingesetzten Substrate im urbanen Pflanzbereich diverse Anforderungen abdecken. Somit ist bei der Herstellung der Substrate zu beachten, dass diese einerseits das Wasser rasch versickern lassen, als auch genügend Wasser speichern können (FLORINETH, 2011). Des Weiteren sollen die kreierten Substrate eine hohe Filterleistung gegenüber Schwermetallen besitzen, sowie den Boden vor Versalzung bewahren. Zusätzlich soll das Substrat keine Verschlammung aufweisen (KOS, 2017). Damit diese Voraussetzungen auch erfüllt werden können, wurden folgende Mindestangaben von der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau – Empfehlungen für Baumpflanzungen (2010) vorgegeben:

- Um eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit des Substrats zu garantieren, sollte der k_f -Wert zwischen $\geq 5,0 \times 10^{-6}$ m/s und $\leq 5,0 \times 10^{-4}$ m/s liegen.
- Die Wasserkapazität des Gesamtvolumens des Substrats sollte mindestens 25 Vol.-% im eingebauten Zustand aufweisen.
- Bei maximaler Wasserkapazität sollte die Luftkapazität des Substrats nicht unter 10 Vol.-% gelangen.
- Damit eine günstige Speicherfähigkeit von Nährstoffen und Wasser gewährleistet werden kann, sollte das Substrat organische Substanzen enthalten.
- Für eine ausreichende Strukturstabilität der Substrate sollte der Anteil der organischen Substanz zwischen 1 % und 4 % des Gesamtvolumens betragen.
- Laut FLL (2010) sollten Substrate einen pH-Wert zwischen 5,0 und 8,5 aufweisen.
- Der Salzgehalt in den Substraten darf nicht höher als 150 mg/100 g (im Wasserauszug) sein.
- Mindestens 30 % des Gesamtvolumens des Substrats sollte aus Korngrößen, welche zwischen 0,063 mm und 2,0 mm liegen, bestehen.

Zusätzlich zu diesen Anforderungen wird eine großzügige Pflanzgrube empfohlen. Für Baumpflanzungen sollte diese mindestens 1,5 m tief sein und ein Mindestvolumen von 12 m³ aufweisen (FLL, 2010).

Da vor allem die Wasserdurchlässigkeit einen ausschlaggebenden und essentiellen Indikator für die Sickerfähigkeit der Substrate darstellt, wurden weitere Quellen herangezogen. Im Vergleich zur FLL (2010) sollte der Durchlässigkeitsbeiwert laut ÖNORM B 2506-1 (2013) im eingebauten Zustand zwischen $1,0 \times 10^{-5}$ m/s und $1,0 \times 10^{-4}$ m/s liegen. Zusätzlich sollte auf entsprechendes Material für die ersten 30 cm der Bodendeckschicht geachtet werden, damit anhand der Werte eine günstige Sickerleitung garantiert werden kann. Dafür würde sich beispielsweise sandiger Humus eignen (ÖNORM B 2506-1, 2013). Nach GRIMM¹ (2010) sollten Durchlässigkeitsbeiwerte des vorliegenden Bodens, welche sich zwischen $1,0 \times 10^{-3}$ m/s und $1,0 \times 10^{-6}$ m/s befinden, angestrebt werden. Der Grund dafür ist, dass nur durch eine mittelmäßige Geschwindigkeit der Wasserversickerung eine optimale Reinigungsleistung des Bodens erreicht werden kann. Aufgrund dessen sollten die Werte nicht außerhalb des angegebenen Bereichs liegen, da bei geringer Sickerleistung Staunässe in der ungesättigten Bodenzone entstehen kann, wodurch der Bodenluftaustausch behindert wird. Im Gegensatz dazu führt eine rasche Wasserdurchlässigkeit zu einer mangelhaften Reinigungsleistung (GRIMM¹, 2010).

2.3.1. Bestandteile von Baumsubstraten

Aufgrund der zunehmenden Bebauung im städtischen Raum haben die urbanen Gehölze mit verschiedenen Belastungen zu kämpfen. Anhand der resultierenden Versiegelung und Verdichtung der Stadtböden werden die Baumpflanzungen im Wurzelraum stark eingeschränkt, wodurch eine Abnahme der Baumvitalität folgt. Um diesem Phänomen entgegenzuwirken, sollten die neu errichteten Pflanzgruben mit einem optimalen Substrat ausgestattet werden (FLORINETH, 2011). Dieses soll ausreichend Nährstoffe enthalten, sowie ein großporiges, verdichtungs- und strukturstabiles, sowie wasserspeicherndes und wasserdurchlässiges Bodengefüge besitzen. Zusätzlich soll das Substrat eine hohe Luftkapazität aufweisen. Aufgrund dessen ist es wichtig, Substrate mit ausgewählten Bestandteilen zu verwenden, welche diese Anforderungen erfüllen können (FLORINETH, 2011; BECK, 2019).

Unter dem Begriff Substrat wird laut FLL (2010) ein „aus miteinander vermischten Stoffen oder aus aufbereiteten Böden nach definierten Anforderungen hergestellter Bodenersatz zur Pflanzgrubenverfüllung“ verstanden. Bei der Herstellung von Substraten werden je nach Verwendungszweck organische und/ oder mineralische Ausgangsstoffe vermengt.

Dabei können folgende Komponenten (siehe Tabelle 3), welche unterschiedliche Eigenschaften und Funktionen besitzen, zur Zusammensetzung der Substrate verwendet werden (SCHMILEWSKI, o.J.; FISCHER, 2010).

Tabelle 3: Auflistung der Substratausgangsstoffe. Bearbeitung WERNER, 2021 nach SCHMILEWSKI, o.J.

Substratausgangsstoffe	
<i>Organische Ausgangsstoffe</i>	<i>Mineralische Ausgangsstoffe</i>
• Torf	• Ton
• Kompost	• Blähton
• Holzfaserstoffe	• Perlite
• Kokosfasern	• Vermiculit
• Rindenumus	• Sand
• Reisspelzen	• Bims und Schaumlava
• Xylit (Braunkohlefaserholz)	• Ziegelsplitt
• Flachsschäben/ Flachsfasern	• Steinwolle
• Hanfschäben/ Hanffasern	

Für die Erzeugung eines Baumsubstrats, welches zur Befüllung der urbanen Pflanzgruben eingesetzt werden soll, werden vorwiegend mineralische Ausgangsstoffe verwendet. Diese tragen laut DIN 18915 (2002) zur Verbesserung der Wasserdurchlässigkeit, zur höheren Strukturstabilisierung und Porenverteilung, sowie zur Steigerung der Belastbarkeit bei. Oftmals wird jedoch ein geringer Anteil an organischen Stoffen, wie beispielsweise Kompost, etc., hinzugefügt (SCHMILEWSKI, o.J.). Die organische Substanz soll zur Bodenverbesserung und als Düngemittel dienen (AUMÜLLER-GRUBER und LEIFERT, 2015). In weiterer Folge werden einzelne mineralische Ausgangsstoffe, welche häufig zur Herstellung von Baumsubstraten herangezogen werden, aufgelistet und näher beschrieben.

- Ton
Für die Substratzusammenstellung werden ausschließlich natürliche Tone, welche durch Verwitterung entstanden sind und aus Tongruben gewonnen werden, verwendet. Dabei wird jedoch nicht Ton, sondern ein Gemisch aus Ton, Schluff und Sand hinzugefügt. Tone besitzen verschiedene physikalische Eigenschaften, welche eine günstige Herstellung von Substraten ermöglichen (FISCHER, 2010). Dazu zählt einerseits eine verbesserte Wasser- und Nährstoffaufnahme, sowie deren Speicherung.

Zudem wird durch Ton der Benetzungswiderstand reduziert, wodurch ausgetrocknete Substrate rascher wiederbefeuchtet werden können. Des Weiteren erhöhen Tonzugaben die Strukturstabilität und Bindigkeit von Substraten. Zusätzlich kann Ton die Wurzelbildung ankurbeln, wodurch ein kompaktes Wachstum gefördert wird (FISCHER, 2010; SCHMILEWSKI, o.J.).

- Blähton

Blähton entsteht durch das Verbrennen von natürlichem Ton, welcher organische Bestandteile enthält. Durch den Brennvorgang bei 1150 °C werden diese Komponenten verbrannt, wodurch sich der Ton aufbläht. In weiterer Folge entstehen Blähtonkörner, welche über grobe Poren im Inneren aufweisen. Blähton verfügt über ein geringes Gewicht, eine hohe Luftkapazität und ist zudem sehr strukturstabil. Zusätzlich können aufgrund der porösen Struktur Feuchtigkeit, als auch Nährstoffe gespeichert werden. Dieses Material kommt sowohl in der Bauindustrie, als auch im Gartenbau zum Einsatz. Bei gartenbaulichen Anwendungen wird dieser Stoff häufig zur Verbesserung des Bodens, als auch als Drainschicht eingesetzt (FISCHER, 2010; BAUMGARTEN et al., 2020).

- Perlite

Perlit entsteht durch die Verwitterung von vulkanischem Gestein (Glas). Nach dem Abbauprozess wird diese Substratkomponente zerkleinert und auf 1000 °C erhitzt. Anschließend dehnt sich das im Gestein enthaltene Kristallwasser aus, wodurch das Material aufgebläht wird. Aufgrund des Vorganges wird das weiße Endprodukt Perlite, auch Blähperlite genannt, welches ein sehr geringes Volumengewicht, sowie ein hohes Porenvolumen besitzt, gewonnen. Da Perlit eine sehr gute Wasserspeicherfähigkeit besitzt, sowie eine optimale Bodendurchlüftung herstellt, wird dieser in vielen Substraten verwendet. Zusätzlich wird Perlit als strukturstabil, pH neutral und witterungsbeständig eingestuft. Der Einsatz dieses Substratbestandteils trägt zur Verbesserung des Bodens auf Extremstandorten bei und wirkt sich positiv auf das Wachstum der Pflanzen aus (FISCHER, 2010; BAUMGARTEN et al., 2020; SCHMILEWSKI, o.J.).

- Vermiculit
 Vermiculit zählt zu den Tonmineralien und gehört der Gruppe der Schichtsilikate an. Für die Herstellung wird das gewonnene Rohmaterial auf eine Temperatur von über 850 °C erhitzt, sodass das enthaltene Kristallwasser die Plattenstruktur verändert. Nach diesem Vorgang entstehen wurmartige Gebilde, wodurch dieser Ausgangsstoff seinen Namen erhielt (lat. vermiculus = Würmchen). Aufgrund der Verbesserung der Nährstoffversorgung, sowie der durchschnittlichen Wasserspeicherung werden Vermiculiten für eine optimierte Substratmischung hinzugefügt. Des Weiteren steigert dieses Material die Bodendurchlüftung und wirkt sich zugleich positiv auf den Boden und des Pflanzwachstum aus. Außerdem sind Vermiculiten wärmeisolierend, keimfrei, leicht, als auch pH neutral (BAUMGARTEN et al., 2020; SCHMILEWSKI, o.J.).
- Sand
 Durch die Verwitterung von Gesteinen entsteht Sand, welcher größtenteils aus Quarz besteht. Aufgrund der günstigen Wasserdurchlässigkeit wird das Material häufig als ergänzende Substratkomponente verwendet. Zusätzlich stellt ein mittel- bis grobkörniger Sand eine optimale Durchlüftung, sowie eine Lockerung des Bodens dar (SCHMILEWSKI, o.J.; PENNINGSFELD, 1988). Des Weiteren weist Sand eine überdurchschnittlich gute Durchwurzelbarkeit auf, wodurch die Standfestigkeit der Pflanze erhöht und das Pflanzenwachstum angeregt wird (CHMIELESKI und ZEITZ, o.J.).
- Bims und Lava
 Bims und Lava, welche einen vulkanischen Ursprung aufweisen, unterscheiden sich je nach Größe des Porenanteils, sowie an deren Farbe. Somit besitzt Bims einen hohen Porenanteil und ist gelblich-weiß gefärbt. Im Vergleich dazu stellt die dunkel gefärbte Lava einen geringeren Anteil dar (FISCHER, 2010).
 Da die Gesteine eine hohe Stabilität des Substrats, sowie eine Verbesserung der Durchlüftung gewährleisten, werden diese für verschiedene Substratvarianten, wie beispielsweise für Baumsubstrate, als auch für Dach- und Innenraumbegrünungen eingesetzt. Des Weiteren weist Bims im Gegensatz zu Lava ein geringes Gewicht auf und kann zudem größere Wassermengen aufnehmen und speichern. Die genannten Ausgangsstoffe enthalten einen minimalen Anteil an Salz und zeigen keine Verunreinigungen auf (FISCHER, 2010; SCHMILEWSKI, o.J.; BAUMGARTEN et al., 2020).

2.4. Technische Versickerungssysteme

Da das Regenwassermanagement in den Städten immer mehr an Bedeutung gewinnt, werden begrünte Versickerungssysteme benötigt. Dabei können laut ZIMMERMANN (2014) folgende Anlagen zum Einsatz kommen:

- Flächenversickerung
- Muldenversickerung
- Rigolenversickerung
- Beckenversickerung
- Schachtversickerung
- Kombination aus Mulden- und Rigolenversickerung

Anhand dieser soll das anfallende Niederschlagswasser abgeleitet und im Anschluss versickern bzw. zwischengespeichert werden. Um die Strategien der Regenwasserbewirtschaftung (Versickerung, Verdunstung, Retention) erfüllen zu können, wird ein wasserdurchlässiger und wasserspeichernder Untergrund benötigt. Auf diesem werden sowohl Bäume und Sträucher gepflanzt, als auch Gräser-Kräuter-Ansaaten ausgebracht. Des Weiteren ist bei der Wahl der Versickerungsanlage nicht nur der Untergrund ausschlaggebend, sondern auch die Verfügbarkeit der Fläche (MAHABADI, 2012; ZIMMERMANN, 2014). Da im innerstädtischen Raum das Platzangebot für großdimensionierte Anlagen gering ist, wurde ein Versickerungssystem entwickelt, dessen Boden aus sickerfähigem Material besteht, um Regenwasser versickern zu lassen. Zusätzlich bietet dieses System, welches zurzeit in vielen Städten getestet und angewendet wird, einen umfangreichen Wurzelraum für urbane Gehölze (UMWELTBUNDESAMT, 2020).

In weiterer Folge werden einerseits die neue Innovation, als auch die Flächen- und Muldenversickerung näher beschrieben. Der Grund für diese Auswahl an Versickerungssystemen ist, dass laut MAHABADI (2012) die Muldenversickerung am häufigsten in der Stadt errichtet wird. Zudem wurden die drei Versuchsstandorte des SAVE-Projekts als Flächen- bzw. Muldenversickerungsanlagen angelegt.

2.4.1. Flächenversickerung

Bei dieser Sickeranlage wird das anfallende Niederschlagswasser von einer angrenzenden versiegelten Fläche auf eine Versickerungsfläche geleitet. Dabei handelt es sich um eine ebene, durchlässige Fläche, welche keine Speichermöglichkeit besitzt. Die Sickerfläche kann einerseits eine bewachsene oder befestigte Oberfläche besitzen (ÖNORM B 2506-1, 2013).

Dabei kann diese sowohl als Rasen-, Stauden-, Gehölz- und Mischfläche ausgeführt, als auch aus diversen Materialien, wie Rasengittersteine, Schotter, Pflastersteine mit wasserdurchlässiger Fuge, etc. ausgestattet sein (siehe Abbildung 3). Des Weiteren können Flächen, wie extensiv genutzte Sport- und Hofflächen, sowie Zugänge zu Gebäuden herangezogen werden und als Versickerungsfläche fungieren (MAHABADI, 2012). Wichtig ist, dass das Regenwasser möglichst gleichmäßig über mehrere Zuflüsse auf die gesamte Fläche verteilt wird. Vorab muss jedoch sichergestellt werden, dass eine angemessene Flächengröße zur Verfügung steht. Zusätzlich soll eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit des Bodenaufbaus gewährleistet sein (SIEKER et al., 2006). Dabei ist zu achten, dass der Durchlässigkeitsbeiwert sowohl im Oberbau, als auch im Unterbau des Bodens mindestens 10^{-5} m/s beträgt (ÖNORM B 2506-1, 2013). Ein Vorteil der Flächenversickerung stellt die einfache Herstellung dar, welche mit einem geringen technischen Aufwand verbunden ist. Hinzu kommt, dass der Wartungs- und Pflegeeinsatz der Flächen aufgrund deren Einsehbarkeit und freien Zugänglichkeit rasch erledigt werden kann. Des Weiteren besteht bei dieser Systemvariante die Möglichkeit, dass ungelöste Stoffe zurückgehalten werden, sodass diese nicht in den Boden eindringen können. Ein weiterer positiver Aspekt der bewachsenen Flächenversickerung zeigt sich bei der überdurchschnittlichen Reinigungsleistung des Sickerwassers. Wie schon erwähnt, können versickerungsfähige Flächen multifunktional genutzt werden. Jedoch sollten keine schweren Fahrzeuge und Maschinen auf diesen Flächen eingesetzt werden, da aufgrund dessen eine Bodenverdichtung stattfindet, welche sich negativ auf die Durchlässigkeit des Untergrunds auswirkt (MAHABADI, 2012)

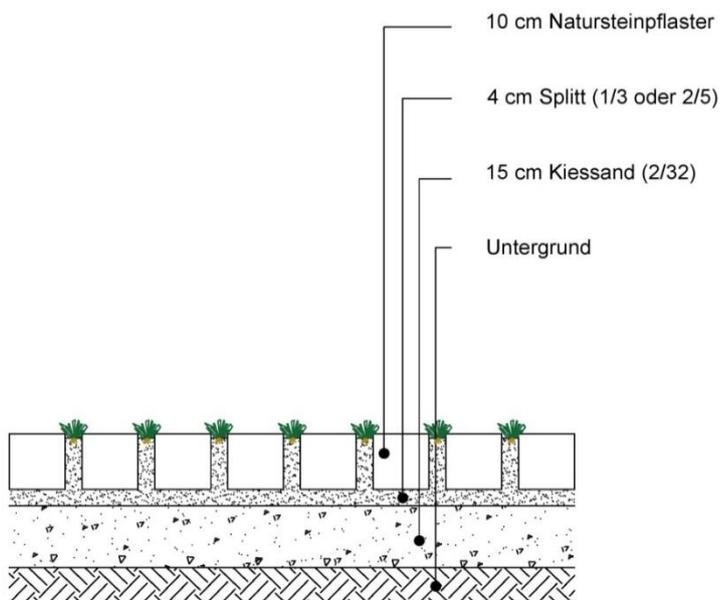


Abbildung 3: Wasserdurchlässige Oberflächenbefestigung mit Natursteinpflaster und Rasenfugen. Bearbeitung WERNER, 2021 nach MAHABADI, 2012

2.4.2. Muldenversickerung

Unter Muldenversickerung wird eine offene, durchlässige Fläche verstanden, bei dieser einerseits Wasser versickert, als auch zwischengespeichert und verdunstet werden kann. Deshalb zählt diese Sickeranlage zu den Versickerungen mit oberirdischer Speicherung. Da die Muldenversickerung sowohl kompakt, als auch langgestreckt angelegt werden kann, wird dieses System aufgrund des geringen Platzbedarfs am häufigsten angewendet. Des Weiteren stellt die Herstellung der Sickeranlage einerseits einen minimalen technischen Aufwand, sowie geringe Kontroll- und Wartungseinsätze dar. Zusätzlich weist das muldenförmige Versickerungssystem ein ausgezeichnetes Retentionsvermögen, als auch eine sehr gute Reinigungsleistung auf. Letzteres kann durch eine vielfältige Bepflanzung, wie beispielsweise durch Gehölz- und Strauchpflanzungen oder durch eine Rasenansaat erzielt werden (ÖNORM B 2506-1: 2013; MAHABADI, 2012). Dabei sollen jedoch nur Pflanzen verwendet werden, welche einen kurzzeitigen Wassereinstau (ein bis zwei Tage) vertragen. Aufgrund dessen sind Bemessungen des Muldenvolumens essentiell, um einen Dauerstau des Niederschlagswassers, sowie die anschließende Verdichtung oder Verschlickung der Oberfläche zu vermeiden. Um eine ausreichende Versickerung zu gewährleisten, sollte die Deckschicht der Mulde aus sandigem Humus bestehen und einen Durchlässigkeitsbeiwert zwischen 10^{-4} m/s und 10^{-5} m/s aufweisen (ÖNORM B 2506-1, 2013). Bei Mulden, welche frei zugänglich sind, darf die Einstautiefe nicht mehr als 30 cm betragen (siehe Abbildung 4). Der Grund für diese Vorgabe ist die potentielle Ertrinkungsgefahr von Kindern, welche verhindert werden muss (MAHABADI, 2012).

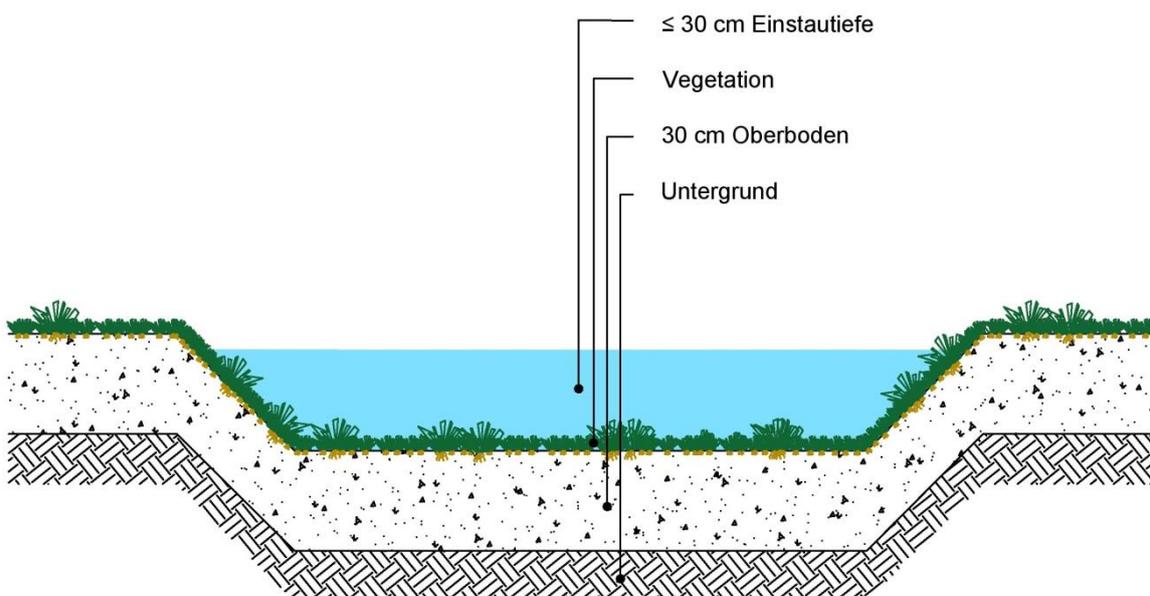


Abbildung 4: Querschnitt einer Mulde. WERNER, 2021 nach MAHABADI, 2012

2.4.3. Schwammstadt-Prinzip

Das sogenannte Schwammstadt-Prinzip stammt ursprünglich aus Skandinavien. Seit einigen Jahren wird dieses jedoch in vielen Städten, wie Stockholm, Osnabrück, Wien, Graz etc., erfolgreich angewendet. Ziel ist es, die grüne und blaue Infrastruktur im urbanen Raum zu vereinen. Dabei sollen einerseits die Lebensraumbedingungen für Stadtbäume verbessert werden und andererseits soll eine günstige Versickerung von Regenwasser auf entsiegelten Baumstandorten gewährleistet werden (NOWAK et al., 2019). Aufgrund der hohen Flächenversiegelungen in Städten steigt der Oberflächenabfluss an und kann in weiterer Folge von den Kanälen nicht vollständig aufgenommen werden. Besonders bei Starkregenereignissen sind die Entwässerungssysteme oft überlastet, wodurch Hochwasser und Überschwemmungen in städtischen Gebieten auftreten können. Des Weiteren heizen sich die versiegelten Flächen, welche aus Asphalt, Stein oder Beton bestehen, im Sommer extrem auf. Die dadurch entstehenden urbanen „Hitzeinseln“ führen nicht nur zum Anstieg der Umgebungstemperatur, sondern wirken sich auch negativ auf die Lebensqualität der Bewohner*innen aus (SIEKER, o.J.). Aber nicht nur das Wohlbefinden der Menschen leidet unter diesen Bedingungen, sondern auch die Gesundheit der Stadtgehölze. Damit die Bäume deren Funktionen, wie Verdunstung, Beschattung, Kühlung, etc. erfüllen können, müssen die derzeitigen Bedingungen verbessert werden. Aufgrund dessen wurde das Schwammstadt-Prinzip entwickelt. Bei diesem Konzept wird ein vergrößerter Wurzelraum, welcher sich unter den versiegelten Straßen und Gehwegen befindet, für die urbanen Gehölze zur Verfügung gestellt. Dieser erweiterte Platz wird sowohl mit einem grobkörnigen Schotter, als auch mit einem feinen, wasserspeichernden Schlämmaterial, welches aus Splitt, Kompost und weiteren Substanzen besteht, ausgestattet (UMWELTBUNDESAMT, 2020). Der großdimensionierte, lockere Untergrund bietet eine hohe Durchwurzelbarkeit, wodurch die Standsicherheit, sowie die Entwicklung der Bäume gewährleistet werden. Die offene Baumscheibe wird mit einem wasserdurchlässigen Baumsustrat versehen, in diese das überschüssige Regenwasser direkt einfließen kann. Des Weiteren kann das Niederschlagswasser auch über einen vorgesehenen Einlaufschacht in die Schotterschicht gelangen (siehe Abbildung 5). Anhand dieser Möglichkeiten wird das Regenwasser einerseits aufgenommen, zwischengespeichert, sowie an die Gehölze weitergegeben. In weiterer Folge kann das verbleibende Wasser durch die Baumpflanzungen verdunsten und die Umgebung kühlen. Zusätzlich werden bei Starkregenereignissen die Überschwemmungen reduziert und der Wasserabfluss verringert (STADT WIEN², o.J.; NOWAK et al., 2019).

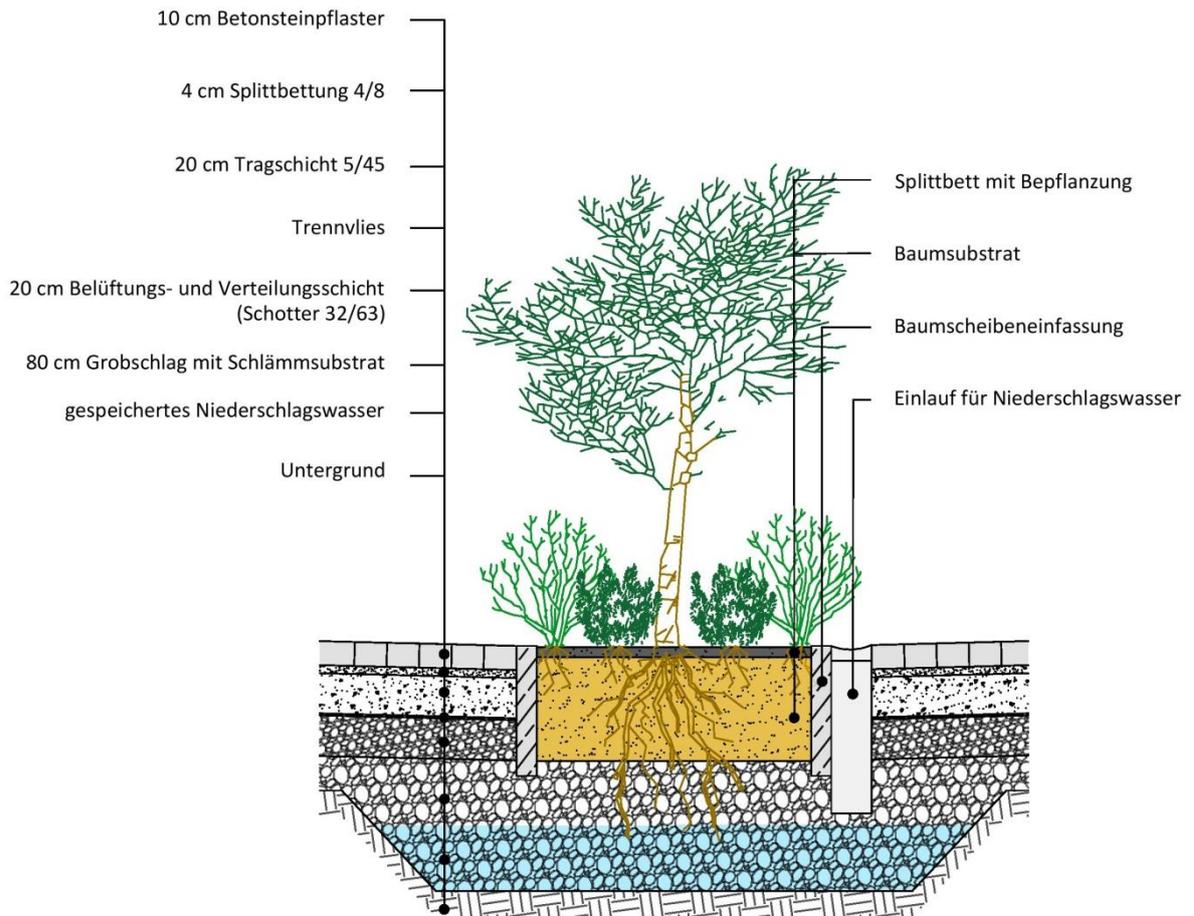


Abbildung 5: Querschnitt des Schwammstadt-Prinzips. WERNER, 2021 nach UMWELTBUNDESAMT, 2020

2.5. Begriffsdefinitionen

In diesem Abschnitt werden die wichtigsten Begriffe präzisiert, welche in den vorab beschriebenen Themenschwerpunkten erwähnt wurden.

Themenschwerpunkt Regenwassermanagement

- Grundwasserneubildung
Unter Grundwasserneubildung wird der Zugang von versickertem Niederschlagswasser zu Grundwasser (= gespeichertes Wasser) verstanden (ZIEGLER, 2011).
- Mikroklima
Als urbanes Mikroklima werden klimatische Bedingungen, welche in einem bestimmten Bereich vorherrschen, bezeichnet. Das Mikroklima wird vorwiegend durch den Wind, die Sonneneinstrahlung, sowie die Beschaffenheit der städtischen Oberflächen beeinflusst. Zusätzlich kann es die Gesundheit der Stadtbewohner*innen beeinträchtigen (PITHA et al, o.J.).
- Oberflächenabfluss
Von einem Oberflächenabfluss wird gesprochen, wenn das anfallende Niederschlags- bzw. Schneeschmelzwasser nicht in den Boden infiltrieren, verdunsten oder in den Kanal abgeleitet werden kann (UNTERLERCHER, 2019).
- Retention
Als Retention wird die lokale Rückhaltung und Speicherung des Regenwassers bezeichnet (ZIEGLER, 2011).
- Verdunstung
Unter Verdunstung wird der Aggregatzustand des Wassers, welcher sich von flüssiger in gasförmige Form verändert, verstanden (ZIEGLER, 2011). Durch die Verdunstung werden das Stadtklima und die Luftqualität verbessert, sowie die Luftfeuchtigkeit erhöht (MA 22, 2013).

- **Versickerung**
Eine Versickerung bezeichnet eine Sickerwassermenge, welche in den Boden eindringt (ZIEGLER, 2011). Dieser Vorgang kann jedoch nur auf unversiegelten Flächen, sowie auf wasserdurchlässigen Oberflächenbeläge stattfinden (MA 22, 2013).
- **Versiegelung**
Unter Versiegelung wird eine wasser- und luftundurchlässige Abdeckung des Bodens, welche in Form von Asphalt- und Betonflächen ausgeführt werden kann, verstanden. Dadurch kann das Niederschlagswasser nicht direkt in den Boden versickern, sondern muss in den Kanal bzw. in die nächstgelegene Grünfläche abgeleitet werden (UBA¹, 2020).

Themenschwerpunkt Gehölze

- **Bodenverdichtung**
Durch das Befahren von schweren Maschinen werden die mit Wasser und Luft gefüllten Bodenporen zusammengedrückt. Dies führt zur Verformung bzw. Verdichtung des Bodens, wodurch der Boden schlecht durchwurzelbar, sowie wasser- und luftundurchlässig wird (UBA², 2019).
- **Klimabaum**
Unter Klimabäumen werden Baumarten, welche die Anforderungen der bevorstehenden Klimageschehnisse erfüllen, definiert. Zusätzlich müssen die urbanen Klimabäume mit weiteren Einwirkungen, wie beispielsweise mit Streusalz, Bodenverdichtung, beengter Wurzelraum, etc. zurechtkommen (ROLOFF², 2015).
- **Vitalität**
Die Vitalität, welche auch als Wuchspotenz beschrieben wird, zeigt den Gesundheitsstand der Gehölze an. Diese wird anhand der Kronenentwicklung, des Blattwerkes, sowie anhand der Jahrestrieblängen bestimmt (WESSOLLY und ERB, 1998).
- **Wurzelbereich**
Dieser Bereich beschreibt einen Bodenraum, welcher von Gehölzen durchwurzelt wird (FLL, 2010).

- **Boden**

Der Boden ist der oberste Teil der Erdkruste und besteht aus organischen, sowie anorganischen Komponenten. Zusätzlich befinden sich im Boden Hohlräume, welche mit Wasser und Gasen gefüllt sind (ÖWAV RG 45, 2014).
- **Drainschicht**

Die Drainschicht befindet sich zwischen dem Planum (= technisch bearbeitete Oberfläche des Untergrunds) und der Rasentragschicht (= Hauptwurzelraum der Pflanzen). Diese dient vor allem für die Entwässerung und ist für eine rasche Ableitung des überflüssigen Sickerwassers verantwortlich (ÖNORM B 2606 -1, 2009).
- **Korngröße**

Unter Korngröße wird der Durchmesser von mineralischen Feststoffteilen, welche die Bestandteile des Bodens darstellen, verstanden. Die Einteilung der unterschiedlichen Korngrößen erfolgt anhand der Lochweite/ Maschenweite des Siebgewebes (ÖNORM L 1050, 2016).
- **Luftkapazität**

Unter dem Begriff Luftkapazität wird das Porenvolumen des Bodens definiert, welches mit Luft gefüllt ist. Dabei wird Aufschluss über die Sauerstoffversorgung des Bodens bzw. der Pflanzenwurzeln gegeben (LAZAR et al., 2012).
- **Pflanzgrube**

Als Pflanzgrube wird ein überdurchschnittlich großer Grubenraum, welcher mit Substrat befüllt wird, definiert. In dieser Grube wird anschließend das Pflanzloch (= Vertiefung für Pflanzung des Gehölzes) ausgehoben (FLL, 2015).
- **pH-Wert**

Der pH-Wert, welcher zwischen pH 0 und pH 14 liegen kann, zeigt die Wasserstoffionen-Konzentration in einer Lösung an. Dabei gilt, je geringer der gemessene pH-Wert ist, desto saurer das Substrat (FISCHER, 2010).

- **Wasserdurchlässigkeit**
Die Wasserdurchlässigkeit wird auch als Sickerfähigkeit oder Infiltration beschrieben. Unter diesem Begriff wird das Wasserdurchlässigkeitsvermögen des Bodens verstanden und als Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) angegeben (ÖNORM B 2506-1, 2013). Die Wasserdurchlässigkeit wird von der Korngröße, Konvertierung und Lagerungsdichte beeinflusst (GRIMM², 2010).
- **Wasserkapazität**
Unter Wasserkapazität, welche auch als Wasserhaltevermögen definiert werden kann, wird die Rückhaltung der aufgenommenen Wassermenge verstanden. Eine Verbesserung der Wasserkapazität kann durch einen höheren Humusgehalt, sowie durch einen zunehmenden Anteil an Feinkörnigkeit im Boden erzielt werden (FISCHER, 2010).

Themenschwerpunkt Versickerungssysteme

- **Baumscheibe**
Die Baumscheibe, welche offen, begrünt oder befestigt ausgeführt werden kann, wird als begrenzte Oberfläche der Vegetationstragschicht bezeichnet. Diese sollte permanent wasser- und luftdurchlässig sein (FLL, 2015).
- **Blaue Infrastruktur**
Unter blauer Infrastruktur werden Wasseranlagen, wie künstlich angelegte Wasserflächen, natürliche Gewässer, Wasserspiele, etc. verstanden (TRAPP und WINKER, 2020).
- **Deckschicht**
Als Deckschicht werden die gesamten Gesteinskörper, welche sich über der Grundwasseroberfläche befinden, bezeichnet (ZIEGLER, 2011).
- **Durchlässigkeitsbeiwert**
Der Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) beschreibt die Wasserdurchlässigkeit der Böden. Dieser Wert wird in Meter pro Sekunde [m/s] angegeben (GRIMM², 2010).

- **Grüne Infrastruktur**
Grüne Infrastrukturen sind begrünte Anlagen, welche im öffentlichen oder privaten Bereich vorkommen können. Diese werden vorwiegend in Form von Bauwerksbegrünungen, Sickermulden, etc. angelegt und sollen das Niederschlagswasser versickern bzw. verdunsten lassen (TRAPP und WINKER, 2020).
- **Oberbau**
Der Oberbau besteht sowohl aus der Deckschicht, als auch aus der Tragschicht und liegt über dem Unterbau/ Untergrund (FLL, 2010).
- **Oberboden**
Als Oberboden wird die oberste Zone des Bodens, welche besonders humusreich ist, bezeichnet (ÖWAV RB 45, 2014).
- **Tragschicht**
Als Tragschicht wird der unterste Teil des Oberbaus definiert. Diese befindet sich zwischen der Deckschicht und dem Untergrund (FLL, 2010).
- **Unterbau**
Der Unterbau trägt durch Abtrag, Aufschüttung, etc. zur Veränderung des Untergrunds bei. Dadurch kann ein Ausgleich der Höhe hergestellt werden (ÖNORM B 2606-1, 2009).
- **Untergrund**
Unter dem Begriff „Untergrund“ wird der anstehende natürliche Boden verstanden, welcher bereits vorhanden ist (ÖNORM B 2606-1, 2009).



Abbildung 6: Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße, Sickermulde 1 – Bäume 1-6. WERNER, 2021



Abbildung 7: Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße, Sickermulde 2 – Bäume 7-12. WERNER, 2021

3. Datengrundlagen

Das Kapitel 3 erläutert den Versuchsaufbau der Forschungsarbeit. Zuerst liegt eine Materialaufstellung in tabellarischer Form vor, welche einen exakten Überblick über die verwendeten Gehölze und Substrate gibt. Des Weiteren wird mit Hilfe einer Karte die Lage der Standorte präzisiert. Anschließend folgen detaillierte Beschreibungen der Versuchsflächen, sowie der geotechnischen und vegetationstechnischen Messmethoden. Zusätzlich sind die Messintervalle der drei Standorte aufgelistet, die den genauen Mess- und Aufnahmezeitpunkt der Parameter darstellen.

3.1. Material

Die SAVE-Forschungsarbeit bezieht sich auf sechs verschiedene Baumarten und fünf unterschiedlich zusammengestellte Substrate. Diese befinden sich auf drei Versuchsflächen in Wien, welche im Anschluss näher beschrieben werden. Die folgenden Tabellen geben einen detaillierten Überblick über das verwendete Material.

Tabelle 4: Übersicht der verwendeten Gehölzarten. WERNER, 2020

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

Tabelle 5: Übersicht der verwendeten Substratvarianten. WERNER, 2020

Verwendete Substrate			
Variantennummer	Substratvariante	Abkürzung	Anzahl
Variante 12	Wiener Baums substrat Oberbausubstrat + Wiener Baums substrat Unterbausubstrat	WBS. O./ WBS. U.	8
Variante 13	SAVE Baums substrat 2 Oberbausubstrat + SAVE Baums substrat 2 Unterbausubstrat	SBS. 2.O./ SBS. 2.U.	12
Variante 14	SAVE Baums substrat 2 Oberbausubstrat + SAVE Baums substrat 1 Unterbausubstrat	SBS. 2.O./ SBS. 1.U.	2
Variante 15	SAVE Baums substrat 1 Oberbausubstrat + SAVE Baums substrat 2 Unterbausubstrat	SBS. 1.O./ SBS. 2.U.	2
Variante 16	SAVE Baums substrat 1 Oberbausubstrat + SAVE Baums substrat 1 Unterbausubstrat	SBS. 1.O./ SBS. 1.U.	3

Anhand der Tabelle 5 ist zu erkennen, dass die fünf genannten Substratvarianten jeweils aus einem Oberbau-, sowie aus einem Unterbausubstrat bestehen. Diese beinhalten zudem unterschiedliche Inhaltsstoffe, welche nun aufgelistet werden:

- WBS. O. = Granulit, Kompost
- WBS. U. = Granulit
- SBS. 1. O. = Blähton, Perlit, Zeolith, Granulit, Kompost
- SBS. 1. U. = Blähton, Perlit, Zeolith, Granulit, Sand
- SBS. 2. O. = Blähton, Perlit, Zeolith, Granulit, Kompost, Sand
- SBS. 2. U. = Blähton, Perlit, Zeolith, Granulit

Das Wiener Baums substrat (= Standardbaums substrat) wurde von der Magistratsabteilung 42 der Stadt Wien hergestellt. Da dieses Substrat nicht speziell für Versickerungsflächen entwickelt wurde, wurde es dennoch beim SAVE-Projekt als Vergleichssubstrat bzw. als Referenz herangezogen.

Die SAVE-Baums substrate wurden eigens für Forschungszwecke kreiert und entwickelt. Aufgrund des Datenschutzes wurden sowohl die Korngrößen, als auch die Mengenanteile der einzelnen Inhaltsstoffe nicht bekannt gegeben.

3.2. Verortung der Versuchsstandorte

Für das SAVE-Projekt wurden drei Versuchsstandorte in Wien ausgewählt. Wie die Abbildung 8 zeigt, befinden sich diese in der (1.) Attemsgasse (22. Bezirk), (2.) Edith-Piaf Straße (22. Bezirk) und im (3.) Kuchelauer Hafen (19. Bezirk). In einem Zeitraum von vier Jahren werden bei diesen Versuchsflächen, welche im Anschluss näher beschrieben werden, diverse Aufnahmen und Messungen an Gehölz und Substrat durchgeführt. Die Projektstandorte sind in Form von Sickermulden und Baumscheiben errichtet worden. Auf diesen wurden insgesamt 27 Gehölze, welche sich in fünf verschiedenen Substratvarianten befinden, gepflanzt.

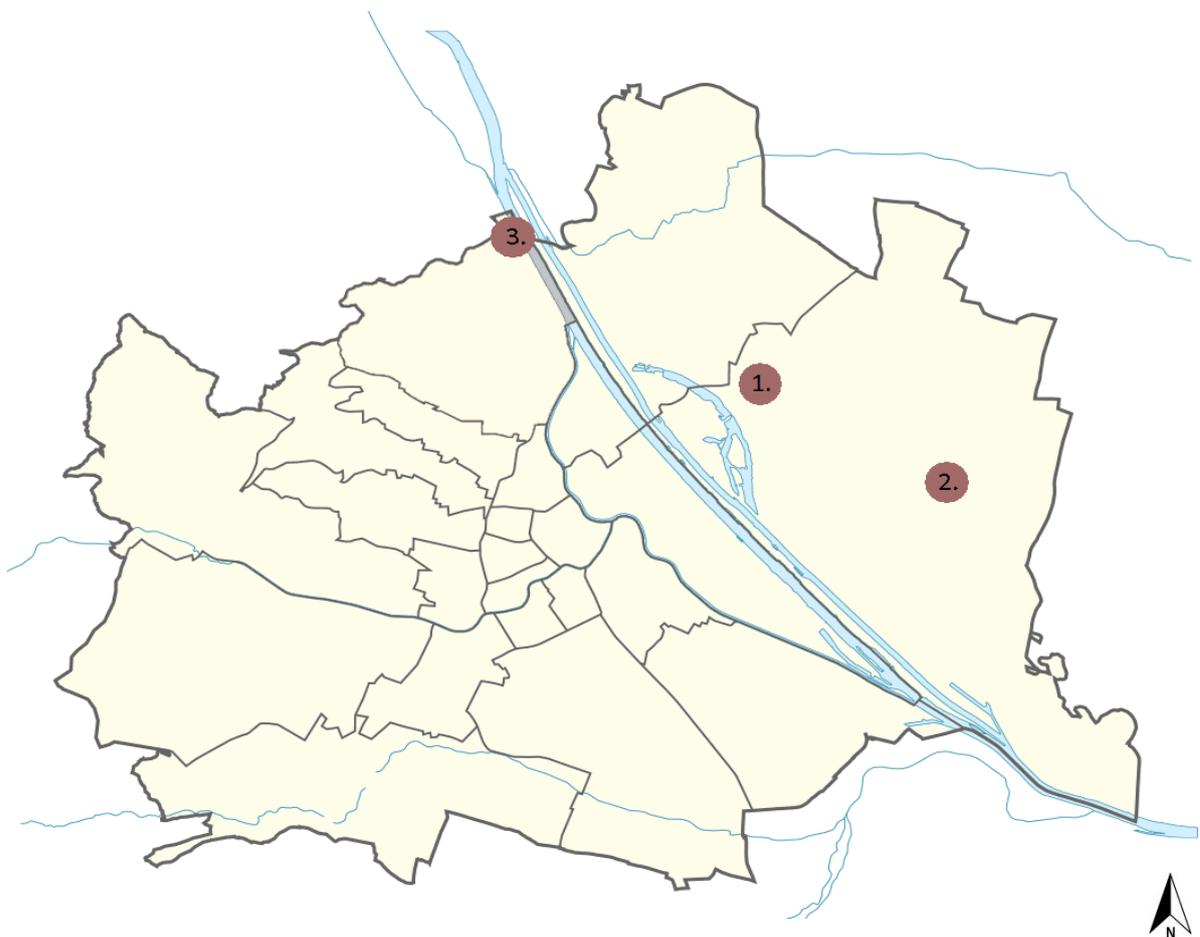


Abbildung 8: Verortung der Standorte; Bearbeitung WERNER, 2020

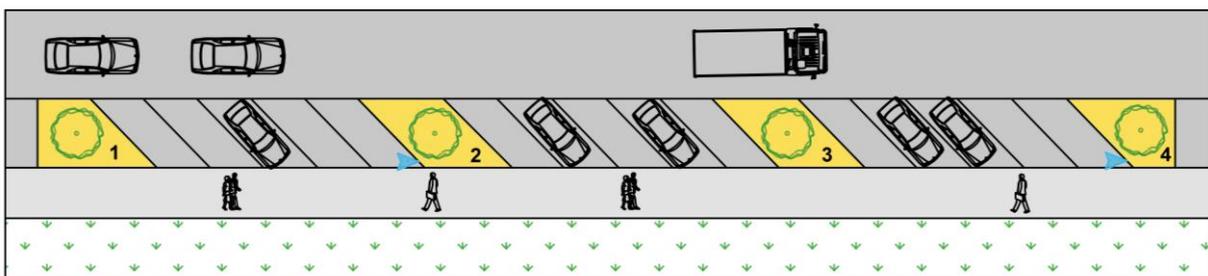
3.2.1. Atemsgasse

In der Atemsgasse, welche im 22. Wiener Gemeindebezirk liegt, wurden vier Baumscheiben angelegt. Diese werden einerseits von einem Gehweg und andererseits von einer Einbahnstraße begrenzt. Wie in der nachfolgenden Abbildung ersichtlich ist, wurden zwischen den einzelnen Sickerflächen fünf PKW-Parkplätze in Schrägausführung errichtet.

Für die Baumscheiben, welche mit Randsteinen eingefasst sind, wurde die Substratvariante 13 verwendet. Dieses Substrat besteht aus dem SAVE Baumsubstrat Oberbausubstrat 2 und dem SAVE Baumsubstrat Unterbausubstrat 2. Speziell wurde bei dem Unterbausubstrat eine Aufbauhöhe von 50 cm und bei dem Oberbausubstrat eine Höhe von 40 cm aufgetragen. Abschließend wurde eine Mulchschicht aus Schotter, dessen Höhe 10 cm beträgt, aufgebracht. Bei den Baumscheiben 1 und 3 wurden zusätzlich Kunststoffgitterwaben in die Mulchschicht eingelegt. In den vier Sickerflächen wurden *Celtis australis*, welche eine Anwuchspflege erhielten und im Jahr 2018 mit ausreichend Wasser versorgt wurden, gepflanzt.

Wie schon erwähnt, wurden Randsteine als Einfassung eingesetzt, sodass kein Verkehrsflächenwasser in die Pflanzscheiben gelangt. Dies betrifft vor allem Baum 1 und Baum 3, welche über keinen Zufluss verfügen. Im Gegensatz dazu wurden die Bäume 2 und 4 jeweils mit einem Zufluss ausgestattet. Baum 2 hatte bis Herbst 2019 zwei Zuläufe zu verzeichnen. Der nördliche Zufluss wurde jedoch im Zuge von Straßenarbeiten geschlossen. Die vorhandenen Wasserzuläufe werden anhand von Pfeilen in der Abbildung ersichtlich gemacht.

Attemsgasse, 22. Bezirk
Baumscheiben



 SV 13 (SBS. 2.O./2.U.)

Abbildung 9: Anordnung der Baumscheiben am Versuchsstandort Atemsgasse. WERNER, 2021

3.2.2. Edith-Piaf-Straße

Am Standort Edith-Piaf-Straße im 22. Wiener Gemeindebezirk, wurden zwei Sickermulden mit insgesamt zwölf Gehölzpflanzungen erbaut. Diese Mulden, welche einerseits von einem Gehweg mit anschließender Ackerfläche und andererseits von einer Straße (Edith-Piaf-Straße) mit PKW-Parkplätzen in Längsausführung begrenzt sind, sind durch eine versiegelte Parkfläche getrennt. Bei den verwendeten Gehölzen handelt es sich um sechs Baumarten, welche wie folgt erläutert werden. Baum 1 und 2, welche im südlichen Bereich des Standorts gepflanzt wurden, wurde die Baumart *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' gewählt. Anschließend wurden zweimal *Acer campestre* 'Elsrijk', sowie *Fraxinus excelsior* 'Altena' eingesetzt. Für die Gehölze 7 und 8, welche in der zweiten Sickermulde nach dem Trenndamm gepflanzt wurden, wurde die Baumart *Ulmus* 'New Horizon' verwendet. Die folgenden zwei Pflanzungen gehören der Gehölzart *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' an. Die letzten zwei Gehölze mit den Nummern 11 und 12 wurden mit der Baumart *Celtis australis* ausgeführt. Für die ausgewählten Bäume wurden in den Sickermulden Pflanzgruben ausgehoben, welche eine Größe von 2 m x 2 m aufweisen. Wie die Abbildung 10 zeigt, wurden an diesem Standort sechs Pflanzlöcher mit der Substratvariante 13, als auch sechs Pflanzgruben mit der Substratvariante 12 ausgehoben. Das Substrat 13 besteht aus dem SAVE Baums substrat Oberbausubstrat 2 + SAVE Baums substrat Unterbausubstrat 2. Die Substratvariante 12 beinhaltet das Wiener Baums substrat Oberbausubstrat + Wiener Baums substrat Unterbausubstrat. Für den Substrataufbau der beschriebenen Varianten wurde jeweils eine 50 cm hohe Unterbauschicht, sowie eine 40 cm hohe Oberbauschicht gewählt. Auf die restliche Fläche der Sickermulde wurden 30 cm Oberboden, welcher als Bodenfilterpassage fungieren soll, aufgebracht. Des Weiteren wurde dieser mit einer Standardrasenmischung versehen.

In der Edith-Piaf-Straße wurde 2017 ein Pilotprojekt umgesetzt, welches zur Versickerung von Verkehrsflächenwasser beitragen soll. Dieses duale System, welches auch Wiener Modell genannt wird, soll das chloridbelastete Wasser der versiegelten Oberflächen vom „sauberen“ Regenwasser trennen. Mit Hilfe einer eingebauten Drossel im Kanalschacht steigt das wenig verunreinigte Wasser an, bis es über die Zuflüsse, welche mit einem blauen Pfeil in der Grafik versehen sind, in die Sickermulden fließt. Das angewendete System soll nicht nur als Entlastungsmöglichkeit für das Kanalsystem bei starkem Regen fungieren, sondern auch als Bewässerung der Gehölze dienen (STADT WIEN¹, 2016).

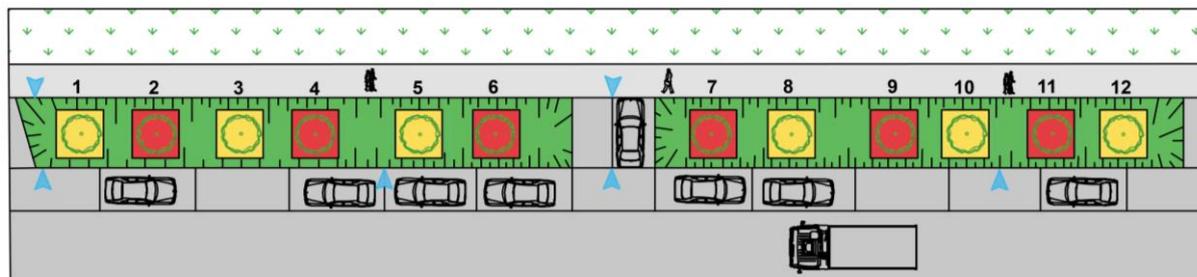


Abbildung 10: Anordnung der Substratvarianten am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße. WERNER, 2021

3.2.3. Kuchelauer Hafen

Die Sickermulde 8 in der Kuchelauer Hafenstraße befindet sich im 19. Wiener Gemeindebezirk. Auf dieser Sickerfläche wurden elf Gehölze, welche der Baumart *Celtis australis* angehören, gepflanzt. Diese wurden in 2,5 m x 2,5 m große Pflanzgruben, welche mit Baumsubstrat befüllt sind, gesetzt. Insgesamt wurden fünf verschiedene Substratvarianten, welche jeweils mit einem 50 cm hohen Unterbausubstrat, sowie mit einem 40 cm hohen Oberbausubstrat ausgeführt wurden, verwendet. Die Baumgruben 1, 2 und 3 wurden mit der Substratvariante 16 – SAVE Baumsubstrat 1 Oberbausubstrat + SAVE Baumsubstrat 1 Unterbausubstrat versehen. Die Gehölze 4 und 11 wurden in das Substrat 15 – SAVE Baumsubstrat 1 Oberbausubstrat + SAVE Baumsubstrat 2 Unterbausubstrat gepflanzt. Anschließend folgte die Substratvariante 14 – SAVE Baumsubstrat 2 Oberbausubstrat + SAVE Baumsubstrat 1 Unterbausubstrat, welche bei Baum 5 und 6 ausgewählt wurde. Die Pflanzgruben 7 und 10 wurden mit dem Substrat 13 – SAVE Baumsubstrat 2 Oberbausubstrat + SAVE Baumsubstrat 2 Unterbausubstrat ausgeführt. Abschließend wurde die Variante 12 – Wiener Baumsubstrat Oberbausubstrat + Wiener Baumsubstrat Unterbausubstrat bei den Bäumen 8 und 9 verwendet. Auch bei diesem Standort wurde die verbleibende Fläche der Mulde mit einem 30 cm hohen Oberboden, auf welcher eine Standardrasenmischung angesät wurde, versehen. Diese Oberbodenschicht soll als Bodenfilterpassage dienen. Anhand der Abbildung 11 ist zu sehen, dass die Mulde von einer teilweisen hochfrequentierten Straße begrenzt wird. Aufgrund der unregelmäßigen Ausführung der Randsteine fließt das anfallende Regenwasser der Oberfläche direkt in die Sickermulde. Die blauen Pfeile in der Grafik kennzeichnen die entsprechende Entwässerungsrichtung. Als zusätzliche Bewässerung werden Bewässerungssäcke, welche temporär um den Baumstamm gelegt werden, eingesetzt.

Diese werden in den Sommermonaten von Mitarbeitern der Stadt Wien regelmäßig befüllt. Mittels der Perforierung der Säcke wird das Wasser langsam an den Boden abgegeben, sodass dieses versickern kann.

Kuchelauer Hafen , 19. Bezirk

Sickermulde

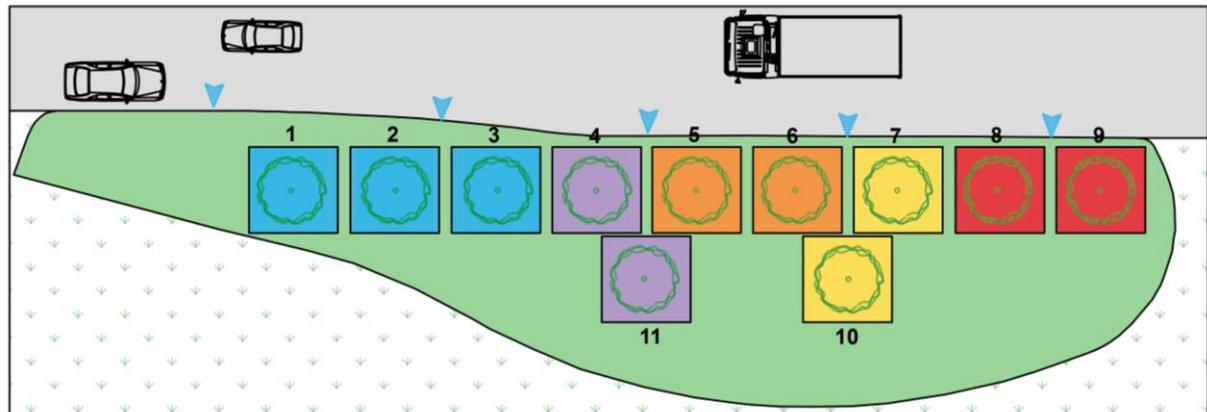


Abbildung 11: Anordnung der Substratvarianten am Versuchsstandort Kuchelauer Hafen. WERNER, 2021

Besondere Vorkommnisse auf der Versuchsfläche Kuchelauer Hafen

Im Jahr 2018 kam es am Standort Kuchelauer Hafen zu einer partiellen Erosion der Böschung. Diese Abtragung führte zu einer Bodenverschlammung der Baumscheiben 8 und 9, welche mit dem Wiener Baums substrat ausgestattet wurden. Aufgrund der Verschlammung konnte das anfallende Regenwasser kaum versickern und schränkte somit den essentiellen Bodenluftaustausch, als auch die Nährstoffaufnahme ein. Dies wirkte sich in weiterer Folge negativ auf das Wachstum und die Vitalität der Gehölze aus, wie die Aufnahmen und Ergebnisse der Vegetationsperiode 2020 zeigten.

3.3. Methoden

Für die vorliegende Forschungsarbeit wurden verschiedene Methoden angewendet. Um erste Ideen und Erfahrungen über dieses Thema zu sammeln, wurde eine Literaturrecherche, welche aktuelle Fachliteratur, Richtlinien und Normen beinhaltet, durchgeführt. Diese Erkenntnisse wurden als Beurteilungs- und Entscheidungshilfe für den praktischen Teil der Arbeit herangezogen. Des Weiteren wurden vegetationstechnische und geotechnische Parameter, welche im Anschluss detailliert beschrieben werden, an den drei Versuchsstandorten aufgenommen. Diese Parameter sollen mittels der Bewertungsmethode Aufschluss über die Vitalität und Gesundheit der Gehölze, als auch über die Sickerfähigkeit der Substrate geben. Aufgrund dieser Verfahrensweise wurden die Ergebnisse der einzelnen Projektstandorte mit den erhobenen Werten der letzten drei Jahren (2018, 2019, 2020) verglichen und aufschlussreiche Erkenntnisse erzielt.

3.3.1. Vegetationstechnische Messparameter

Um spezifische Aussagen über die Entwicklung und Gesundheit der Gehölze treffen zu können, wurden für das Gehölzmonitoring verschiedene Parameter herangezogen. In weiterer Folge werden diese ausführlich beschrieben und dargestellt. Für die einzelnen Erhebungen wurden Aufnahmebögen, welche im 16. Kapitel zu finden sind, angefertigt.

3.3.1.1. Grundparameter

Die Gliederung der folgenden Begriffe und Parameter orientiert sich an der FLL – Empfehlungen für Baumpflanzungen (2010) und an der ÖNORM L 1122 – Baumkontrolle und Baumpflege (2011).

Baumnummer

Jedes Gehölz wurde zu Beginn des Monitoring im Jahr 2018 mit einer Baumnummer versehen. Mit dem jeweiligen Standortkürzel (AT; KH; EP) und der Nummer ist eine eindeutige Bestimmung der Pflanzungen gewährleistet.

Standort

Wie bereits beschrieben, wurden für dieses Projekt drei Standorte in Wien ausgewählt. Um eine genaue Zuordnung der Baumstandorte zu ermöglichen, werden der Straßename, sowie der dazugehörige Wiener Gemeindebezirk angegeben. Zusätzlich werden anhand von Plandarstellungen und textlichen Beschreibungen der Standorte auch die umliegenden Flächen, Gebäude und Verkehrsinfrastrukturen definiert.

Baumbezeichnung

Für die Feststellung der Gehölze wird sowohl die deutsche, als auch die lateinische Nomenklatur herangezogen. Dabei wird zuerst die Gattung der Gehölze genannt und anschließend die Art, sowie die Sorte des Baumes.

Beispiel: Deutsche Baumbezeichnung: Lederhülsenbaum

Lateinische Baumbezeichnung: **Gattung:** *Gleditsia* **Art:** *triacanthos* **Sorte:** 'Skyline'

Stammdurchmesser

Der Stammdurchmesser wird zweimal im Jahr eruiert. Für die Durchführung der Messung wird eine Messkluppe bzw. Schiebelehre zur Hilfe genommen. Die Messutensilien werden parallel zur Straße in einer Höhe von 1 m am Stamm angebracht. Anschließend kann der Wert des Stammdurchmessers in Zentimeter abgelesen werden.

Stammumfang

Die Messung des Stammumfangs, welche zweimal jährlich durchgeführt wird, erfolgt mit Hilfe eines flexiblen Maßbandes. Dieses wird in einer Höhe von 1 m um den Baumstamm gelegt. Des Weiteren kann der gemessene Umfang in Zentimeter erhoben werden.

Kronendurchmesser

Für die Erhebung des Kronendurchmessers werden zwei Teleskopnivellierlatten, sowie ein Maßband angewendet. Mit Hilfe der Latten, welche an den Standorten Attemsgasse und Edith-Piaf-Straße parallel, sowie am Versuchsstandort Kuchelauer Hafen normal zur Straße platziert werden, werden die äußeren Äste der Krone anvisiert. Der Abstand zwischen den Latten ergibt den Kronendurchmesser in Meter. Diese Erhebung wird sowohl im Frühjahr, als auch im Herbst durchgeführt.

Baumhöhe

Die Baumhöhe, welche mit Hilfe des Vertex Baumhöhenmesser ermittelt wird, wird vom Stammfuß bis zum höchstgelegenen Ast der Baumkrone gemessen. Für die Durchführung wird ein Transponder in 1,3 m Höhe am Baumstamm montiert. Anschließend startet die Aufnahme mit dem Messgerät in einer Entfernung von 10 m zum Stamm. Der Höhenmesser visiert zuerst den Transponder und danach den höchsten Punkt der Baumkrone an. Anhand der aufgenommenen Punkte berechnet das Gerät die erwünschte Baumhöhe, welche in Meter angezeigt wird. Die Höhenmessung der Baumpflanzungen wird zweimal im Jahr im unbelaubten Zustand durchgeführt.

3.3.1.2. Vitalität

Generell kann die Vitalität der Baumpflanzungen mit dem Begriff Wuchspotenz beschrieben werden. Der Grund für diese Definition ist, dass sich die Vitalität bzw. die Wuchspotenz der Gehölze an den Zuwächsen der Triebblängen im oberen Kronenbereich feststellen lässt (ROLOFF, 2001).

Im Zuge der Masterarbeit wird die Gehölzvitalität, welche nur im belaubten Zustand durchführbar ist, an jedem Standort aufgezeichnet. Die Beurteilung der Wuchspotenz findet monatlich statt. Für die Bewertung werden die Vitalitätsstufen nach Roloff verwendet. Dieser entwickelte insgesamt vier Stufen (0–3), um die Vitalität der Gehölze zu beurteilen. Da es oftmals schwer fällt, jedes Gehölz exakt einer Beurteilungsstufe zuzuordnen, wird aufgrund dessen das Vitalitätssystem mit Zwischenstufen erweitert (ROLOFF¹, 2015). Zusätzlich wurde die Vitalitätsstufe 4 in das Bewertungssystem aufgenommen. Anhand der Tabelle 6 sind die angepassten Stufen, welche für das SAVE-Monitoring herangezogen werden, ersichtlich. Mittels dieser Vitalitätsstufen wird der Kronenbereich von jedem Gehölz bewertet.

Tabelle 6: Vitalitätsstufen. Bearbeitung WERNER, 2021 nach ROLOFF¹, 2015

Vitalitätsstufen	Definition
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

3.3.1.3. Gehölzschäden

Für die Sichtkontrolle der Gehölzschäden, welche monatlich durchgeführt wird, werden spezielle Aufnahmebögen benötigt. In Anlehnung an die ÖNORM L 1122 (2011) und an die FLL – Empfehlungen für Baumpflanzungen (2010) werden die erwähnten Bögen erstellt und in die Bereiche Krone, Stamm und Wurzel differenziert. Vor Ort werden die einzelnen Baumpflanzungen auf spezifische Schadmerkmale untersucht. Die festgestellten Beschädigungen werden mit Hilfe der Aufnahmeunterlagen aufgenommen.

Kronenbereich

Die Krone wird laut ÖNORM L 1122 (2011) als Sammlung aller Baumteile, welche sich oberhalb des Stammkopfes befinden, bezeichnet. Zusätzlich gibt dieser Teilbereich des Baumes einen ersten Überblick über den Gesundheitszustand der Pflanzung, sowie über mögliche Schnitt- und Pflegemaßnahmen. Beim SAVE-Monitoring wird auf folgende Mängel im Kronenbereich besonders geachtet:

- Astbruch
- Asymmetrischer Wuchs
- Aufgeplatzte Rinde/ Risse
- Blattchlorosen
- Blattnekrosen
- Dürholz
- Faulstelle
- Wund- bzw. Schnittstellen
- Einschnürungen
- Pilzfruchtkörper
- Schädlinge
- Morschung
- Spitzendürre
- Wülste bzw. Wucherungen
- Totholz
- Abgestorbene Triebspitzen

Stammbereich

In der ÖNORM L 1122 (2011) wird der Stamm als Hauptachse zwischen Stammfuß und Kronenansatz definiert. Bei der visuellen Erhebung können daher diverse Schäden am Stamm erhoben werden.

- Anfahrschäden
- Fäule
- Drehwuchs
- Wund- bzw. Schnittstellen
- Harzfluss
- Höhlung
- Abplatzungen des Anstrichs
- Morschung
- Neigung
- Pilzfruchtkörper
- Aufgeplatzte Rinde/ Risse
- Schädlinge
- Spechtloch
- Stammaustriebe
- Stammwucherungen bzw. Stammwülste

Wurzelbereich

Die Wurzel, welche hauptsächlich unter der Bodenoberfläche liegt, dient als Verankerung im Boden. Eine weitere Aufgabe stellt die Aufnahme von Wasser und Nährstoffen dar (ÖNORM L 1122, 2011). Vor Ort können folgende Wurzelschäden an den Gehölzen festgestellt werden:

- Aufgrabungen
- Bodenabtrag bzw. Bodenauftrag
- Bodenrisse/ Anhebungen
- Fäule
- Freiliegende Wurzel
- Höhlung
- Morschung
- Pilzfruchtkörper
- Stockaustriebe
- Würgewurzel

3.3.1.4. Laubaustrieb und Laubabwurf

Der Zeitpunkt des Laubaustriebs ist nicht nur von der Gehölzart, sondern auch von den klimatischen Gegebenheiten am Standort abhängig. Zusätzlich zählen Umwelteinflüsse, wie Frost, Trockenheit, Hitze, Schädlingsbefall etc., welche zu einem frühzeitigen Laubabwurf der Bäume beitragen (ROLOFF¹, 2015; ROLOFF², 2015).

Beim Monitoring wird die jeweilige Kalenderwoche notiert, in welcher der Laubaustrieb bzw. der Laubabwurf der einzelnen Baumpflanzungen stattfindet.

3.3.1.5. Triblängenwachstum

Wie bereits bekannt ist, spiegelt das jährliche Triblängenwachstum die Vitalität der Gehölze wider. Dies bedeutet, dass ein Gehölz mit einer abnehmenden Vitalität gleichzeitig geringere Zuwächse der Triblängen aufweist. In weiterer Folge können die Kurztriebe keine Verzweigungen ausbilden, da diese durch äußere Umwelteinflüsse, wie Sturm, Schnee, etc. sofort abbrechen würden. Dadurch ist nicht nur mit einer Minderung der Vitalität, sondern auch mit einer Verschlechterung der Lebensfähigkeit der Gehölze zu rechnen (ROLOFF¹, 2015).

Im praktischen Versuchsteil der Forschungsarbeit werden mit Hilfe eines mobilen Gerüsts die Triblängen pro Baumpflanzung ermittelt. Dabei werden fünf Zweige aus der oberen Baumkrone ausgewählt, da diese ohne Beeinträchtigungen, wie Seitendruck der Nachbarspflanzungen und Lichtmangel, wachsen können. Anschließend werden die Zuwächse mit einem flexiblen Maßband gemessen und notiert. Die Erhebung der Triblängen erfolgt einmal jährlich im Herbst.

3.3.1.6. Verzweigungsgrad

Die Zählung der Verzweigungen erfolgt einmal pro Jahr. Dafür wurde in der ersten Versuchsperiode 2018 ein Ast pro Pflanzung ausgewählt und sichtbar markiert. An diesem werden die einzelnen Verzweigungen vom ersten bis fünften Grad gezählt. Anhand dieser Ergebnisse lässt sich die Verzweigungsentwicklung, welche auch Einfluss auf die Gehölzvitalität hat, über die gesamte Projektdauer feststellen.

3.3.1.7. Salzgehalt - Blattprobenanalyse

Auftausalze (NaCl), welche zum Enteisen der Verkehrsflächen verwendet werden, spielen im Winter eine wesentliche Rolle. Dieser Vorgang bringt eine hohe Salzkonzentration in die angrenzenden Grünflächen ein, wodurch negative Störungen bzw. Stressfaktoren bei den Pflanzen ausgelöst werden. Dazu zählen eine Verringerung der Wasser- und Nährstoffaufnahme, ein verlangsamtes Wachstum, sowie eine verminderte Photosyntheseintensität (LARCHER, 1994). Zusätzlich kann es durch die Verwendung des Natriums zu Bodenverschlammungen, sowie zu Verdrängungen von wichtigen Mineralstoffen, wie Magnesium und Kalium, kommen. Des Weiteren verursachen zu hohe Natrium- und Chloridwerte, welche durch die Wurzeln der Pflanze aufgenommen werden, nicht nur Beeinträchtigungen, sondern auch eine Verschlechterung der Vitalität (BALDER, 1998).

Zur Ermittlung des Salzgehalts werden frische Blätter von jedem Gehölz gesammelt und im Labor am Institut für Bodenforschung an der Universität für Bodenkultur Wien auf die Inhaltsstoffe Natrium und Chlorid untersucht. Für die Analyse werden 2 g Blattmasse gemörsert und mit 40 ml deionisiertem Wasser vermengt. In weiterer Folge werden die 27 Proben in der Zentrifuge vier Minuten lang bei 4.000 Umdrehungen behandelt und danach filtriert. Abschließend wird der Natrium- und Chloridgehalt in den gewonnenen Extrakten bestimmt.

3.3.1.8. Thermografische Stressermittlung

Im Rahmen der Projektarbeit werden die Gehölze auf Hitze- bzw. Trockenstress überprüft. Diese Untersuchung, welche im Sommer stattfindet, wird mittels einer Infrarot-Wärmebildkamera durchgeführt. Dabei wird jeder Baum mit der Kamera aufgenommen. Mit Hilfe der Computersoftware „Testo“ entsteht in weiterer Folge ein thermografisches Bild, worauf diverse Messpunkte angezeigt werden. Dadurch kann eine potentielle Hitzestress-Situation bei den Baumpflanzungen erkannt werden.

3.3.2. Geotechnische Messparameter

In diesem Abschnitt werden die Parameter, welche für die Untersuchung der Substrate herangezogen wurden, erläutert. Dazu zählen die Messung der Infiltration, sowie der Tragfähigkeit. Anhand dieser Messtechniken lässt sich sowohl die Sickerfähigkeit, als auch der Verdichtungsgrad der Substrate feststellen. Die Ergebnisse dieser Erhebungen werden mittels Aufnahmebögen, welche im 16. Kapitel zu finden sind, notiert.

3.3.2.1. Infiltration

Der Begriff Infiltration wird in der Vegetationstechnik als die „*vertikale Versickerung von Oberflächenwasser in tiefer Bodenschichten*“ verstanden (NIESEL und RÜCK, 2009: 141). Die Infiltration, welche auch als Wasserdurchlässigkeit deklariert wird, wird mit dem Durchlässigkeitsbeiwert (k_f -Wert) beschrieben. Dieser Wert wird in Meter pro Sekunde [m/s] angegeben. Um eine ausreichende Durchlässigkeit zu gewährleisten, sollte das Substrat einen k_f -Wert zwischen $\geq 5,0 \times 10^{-6}$ m/s und $\leq 5,0 \times 10^{-4}$ m/s aufweisen (FLL, 2010).

Die Infiltrationsmessung an den SAVE Versuchsstandorten erfolgt mit Hilfe eines Doppelring-Infiltrometers nach ÖNORM EN 12616 (2013) Sportböden – Bestimmung der Wasserinfiltrationsrate gemäß dem Verfahren C – ungebundene mineralische Sportböden.

Für die Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit werden vor Ort bestimmte Materialien benötigt. Dazu zählen zwei unterschiedlich große Zylinder (Doppelring-Infiltrometer), Zollstöcke, Reinigungsschwämme, Gießkannen, Mörtelwannen (80 Liter), Kanister (5 und 20 Liter), ein Gummihammer, Dichtungsmasse, sowie eine Stoppuhr.

Des Weiteren muss für die Messungen genügend Wasser an den Versuchsstandorten vorhanden sein. Am Standort Attemsgasse befindet sich die Wasserentnahmestelle im Müllraum der angrenzenden Schule. Dies wurde vorab mit dem zuständigen Schulpersonal vereinbart. In der Edith-Piaf-Straße wird das benötigte Wasser von der gegenüberliegenden Firma „Wien Work“ mit vorheriger Absprache des Facility-Managers entnommen. Die Wasserquelle befindet sich im Innenhof des Firmengebäudes. Im Kuchelauer Hafen wird das Wasser mittels Kanister direkt aus der Donau geschöpft.

Die Erhebung der Infiltrationsrate wird bei jedem Standort wie folgt durchgeführt. Der Doppelring-Infiltrometer, welcher aus einem Innenzylinder mit einem Durchmesser von 150 mm und einem Außenzylinder mit einem Durchmesser von 300 mm besteht, wird mit dem Gummihammer in das Substrat eingeschlagen. Dabei ist zu achten, dass die Ringe tief im Boden verankert sind, sodass kein Wasser austreten kann. Sollte dies aufgrund einer festen Substratoberfläche nicht möglich sein, muss mit Dichtungsmasse gearbeitet werden.

In weiterer Folge werden beide Zylinder 20 Minuten lang mit Wasser befüllt, sodass der Boden gesättigt ist. Für diesen Vorgang werden Schwämme, welche als Vorsichtsmaßnahme vor Unterspülungen fungieren sollen, verwendet. Durch die Vollsättigung des Substrats wird eine vergleichbare Ausgangsbasis der einzelnen Messungen geschaffen. Für die Versuchsdurchführung, welche nach einer Stunde gestartet werden kann, wird vorab Wasser in den Innen- und Außenzylinder gefüllt. Dabei benötigt der innere Zylinder eine Anfangsstautiefe von 30 mm. Anschließend wird im inneren Ring mit Hilfe einer Stoppuhr die Zeit, in welcher der Wasserspiegel auf 5 mm sinkt, gemessen und notiert. Während der Messaufnahme muss darauf geachtet werden, dass der äußere Ring permanent mit Wasser befüllt ist, damit dieser nicht leertrocknet. Jeder Messdurchgang dauert maximal 20 Minuten. Falls 25 mm Wasser innerhalb der angegebenen Zeitdauer nicht versickert sind, wird die Erhebung abgebrochen. Somit wird nicht die Zeit, sondern die Absinkhöhe vermerkt (ÖNORM EN 12616, 2013; NIESEL und RÜCK, 2009). Dieser Vorgang wird insgesamt dreimal pro Baumpflanzung ohne weitere Pausen durchgeführt. Die erhobenen Ergebnisse der Messungen werden je Gehölz gemittelt.

Die Abbildung 12 zeigt den fertigen Messaufbau für die Durchführung der Infiltrationsmessung.

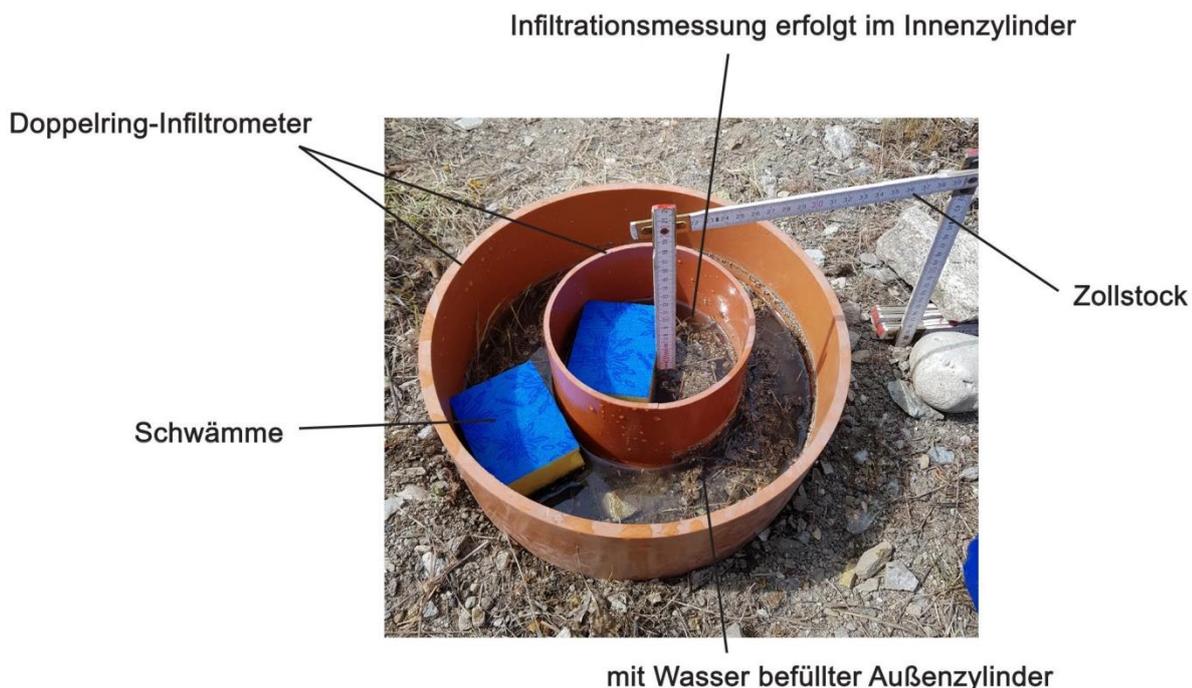


Abbildung 12: Aufbau für Infiltrationsmessung. WERNER, 2021

Die Wasserinfiltrationsrate wird anhand der untenstehenden Formel nach ÖNORM EN 12616 (2013) ermittelt:

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

I_C = Wasserinfiltrationsrate

F_{WC} = das Absinken des Wasserspiegels (mm)

t_C = die Zeit für das Absinken des Wasserspiegels (h)

Die Durchführung der Infiltrationsmessung wird zweimal im Jahr, sowohl im Frühjahr, als auch im Herbst, an den drei Versuchsstandorten vorgenommen. Um Vergleiche zwischen der Frühjahrs- und Herbstmessung anstellen zu können, ist eine exakte Positionierung der Doppelringe notwendig.

Am Standort Attemsgasse werden die Messungen auf der Seite des Gehsteigs erfolgen. Zusätzlich wird bei Baum 2 und 4 ein weiterer Messpunkt, welcher sich an der Straßenseite befindet, errichtet.

Bei Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße werden pro Pflanzung die Messutensilien im Abstand zwischen 0,5 m und 1 m zum Baumstamm platziert. Da größtenteils die Positionen der Messpunkte aus dem Jahr 2019 erkennbar sind, erfolgt die Infiltration an diesen Stellen. Die Messung der Gehölzpflanzungen 1, 2, 5, 6, 7, 10, 11 und 12 werden im Bereich der Straßenseite ausgeführt. Im Gegensatz dazu werden die Doppelringe in die Baumsubstrate 3, 4, 8 und 9 auf der Seite des Gehwegs eingeschlagen.

Im Kuchelauer Hafen finden die Infiltrationsversuche im Abstand zwischen 0,5 m und 1 m zum Baumstamm statt. Die Messpunkte der einzelnen Baumpflanzungen sind straßenseitig platziert.

3.3.2.2. Tragfähigkeit

Der Begriff Tragfähigkeit wird laut ÖNORM B 4417 (2018: 3) als „*mechanischer Widerstand einer oberflächennah anstehenden Bodenschicht gegen Verformung bei einer Belastung an der Oberfläche*“ definiert. Um die Tragfähigkeit eines Bodens bestimmen zu können, werden Plattendruckversuche angewendet. Anhand dieser Anwendungsmethoden können nicht nur die Tragfähigkeit, sondern auch das Verformungsverhalten und die Kompression der Böden festgestellt werden (HEMKER, 2009).

Für die Tragfähigkeitsmessungen an den SAVE-Versuchsstandorten, welche zweimal jährlich erfolgen, wird der dynamische Plattendruckversuch gewählt. Der Grund für diese Entscheidung ist, dass dieser im Gegensatz zum statischen Plattendruckversuch kein Gegengewicht benötigt.

Daher wird der dynamische Versuch bei schwer erreichbaren Standorten eingesetzt. Auch der zeitsparende und geringe Aufwand der Durchführung dieses Versuches ist ein wesentlicher Vorteil (HEMKER, 2009). Damit die Tragfähigkeit vor Ort gemessen werden kann, wird ein Fallgewichtsgerät, wie Abbildung 13 zeigt, benötigt. Dieses besteht aus einer Führungsstange, einem Fallgewicht (10 kg), einer kreisförmigen Lastplatte (Durchmesser 30 cm) und einem Setzungsmessgerät (ÖNORM B 5016, 2018). Die Stahlplatte wird auf einer horizontalen Fläche des Substrats platziert. Auf dieser Platte wird die Stange mit dem eingeklinkten Fallgewicht montiert. Auch das elektronische Messgerät wird an die Lastplatte angeschlossen, um die Setzung des Substrats bestimmen zu können. Bevor die drei Messungen durchgeführt werden können, müssen vorab drei Erstbelastungsstöße, welche zur Verdichtung des Substrats beitragen sollen, ausgeführt werden. Dabei wird die Führungsstange senkrecht ausgerichtet, sodass das Fallgewicht entlang der Stange auf das Federelement der Lastplatte fällt. Anschließend muss das zurückspringende Gewicht aufgefangen werden. Dieser Vorgang wird insgesamt dreimal ohne Pause wiederholt. Im Anschluss werden die drei gemessenen Setzungen, welche anhand des Aufpralls des Fallgewichts auf die Platte ermittelt werden, in Form des Mittelwerts, sowie des dynamischen Verformungsmoduls E_{vd} auf dem Messgerät angezeigt. Dabei wird das Ergebnis des dynamischen Verformungsmoduls E_{vd} in MN/m^2 dargestellt (HEMKER, 2009; ÖNORM B 5016, 2018).

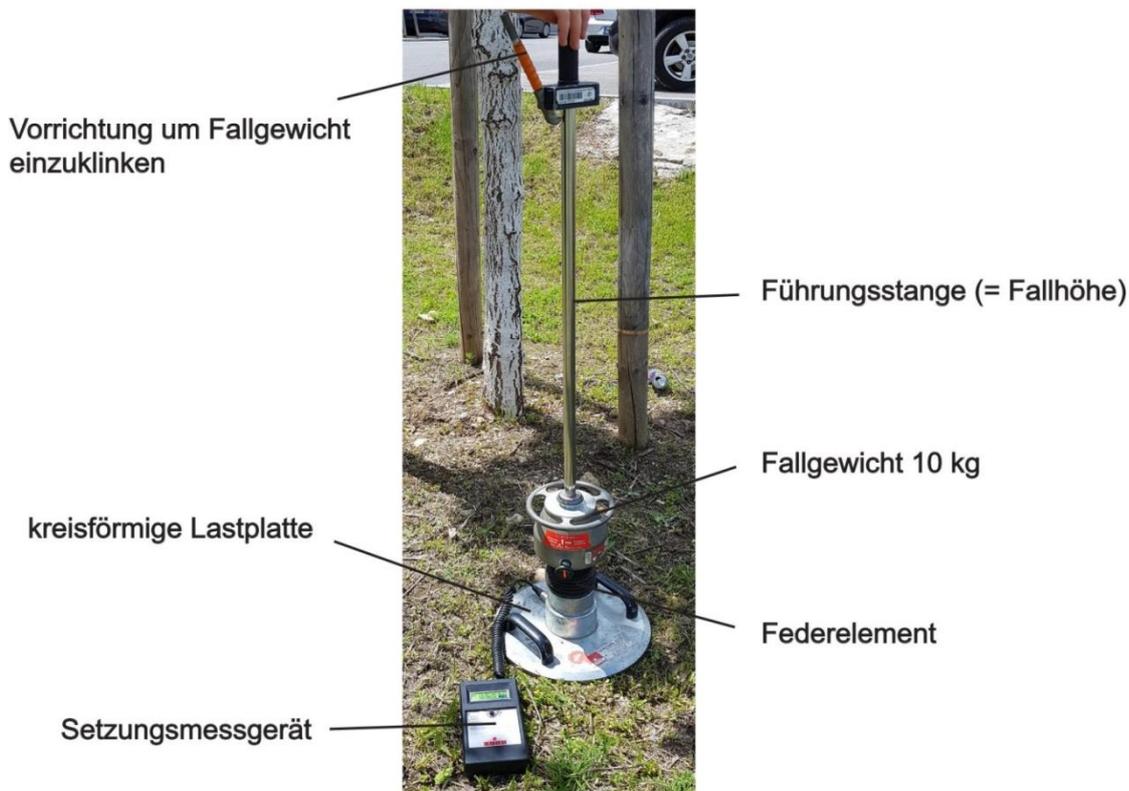


Abbildung 13: Fallgewichtsgerät für dynamischen Plattendruckversuch. WERNER, 2021

Bei der Anwendung des dynamischen Plattendruckversuchs ist zu achten, dass die Messstelle nicht geneigt ist. Zusätzlich sollten die Messungen weder auf gefrorenen, noch auf durchfeuchteten Böden stattfinden, da aufgrund dessen verfälschte Ergebnisse erzeugt werden könnten. Auch die Umgebungstemperatur, welche zwischen 0 °C und 40 °C betragen sollte, spielt bei der Durchführung der Tragfähigkeitsprüfung eine wesentliche Rolle (ÖNORM B 5016, 2018).

3.3.3. Bewertungsmethode der Ergebnisse

Die Bewertungsmethode der erhobenen Ergebnisse erfolgt anhand eines gewichteten Punktesystems. Dabei werden die Ergebnisse des geotechnischen Parameters (Infiltrationsmessung), sowie der vegetationstechnischen Parameter (Grundparameter, Gehölzvitalität, Gehölzschäden, Trieblängenwachstum und NaCl-Verhältnis) in drei Kategorien, welche eine unterschiedliche Punkteanzahl aufweisen, eingeteilt. Das Bewertungsschema besteht aus den Kategorien „Gut“ (3 Punkte), „Ausreichend“ (2 Punkte) und „Unzureichend“ (1 Punkt). Im Anschluss findet die Gewichtung der Ergebnisse, welche je nach Relevanz der Parameter unterschiedlich ausfällt, statt. Die benötigten Richtwerte sind in der Tabelle 94 aufgelistet. Des Weiteren werden die vorab erreichten Punkte mit den Faktoren 3 (hohe Relevanz), 2 (mittlere Relevanz) und 1 (niedrige Relevanz) multipliziert. Anhand des Verfahrens wird das Gesamtergebnis pro Parameter errechnet. Dieses Endergebnis gibt an, wie die Substratvariante bzw. das Gehölz in der Vegetationsperiode 2020 performt hat. Im Kapitel 6 wird die Bewertungsmethode näher erläutert, sowie an den vorliegenden Mastermatrizen, welche pro Standort erstellt wurden, angewendet.

3.4. Messintervalle

Pro Standort wurde jeweils eine Tabelle erstellt, welche die einzelnen Messzeitpunkte der ausgewählten vegetations- und geotechnischen Parameter darstellt. Die untenstehenden Tabellen beschränken sich auf die Aufnahmen und Messungen aus dem Jahr 2020.

Attemsgasse (22. Bezirk)

Tabelle 7: Überblick über Messintervalle im Jahr 2020 am Standort Attemsgasse

Messintervalle 2020	Attemsgasse								
	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
Geotechnische Parameter									
Infiltrationsmessung			x						x
Tragfähigkeitsuntersuchung				x					x
Vegetationstechnische Parameter									
Grundparameter	x								x
Gehölzschäden	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Gehölzvitalität	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Triebblängenwachstum									x
Verzweigungsgrad									x
Laubaustrieb/ -abwurf		x							x
Blattprobenanalyse (NaCl)				x					
Thermog. Stressermittlung							x		

Edith-Piaf-Straße (22. Bezirk)

Tabelle 8: Überblick über Messintervalle im Jahr 2020 am Standort Edith-Piaf-Straße

Messintervalle 2020	Edith-Piaf-Straße								
	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
Geotechnische Parameter									
Infiltrationsmessung			x					x	x
Tragfähigkeitsuntersuchung				x				x	
Vegetationstechnische Parameter									
Grundparameter	x								x
Gehölzschäden	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Gehölzvitalität	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Triebblängenwachstum									x
Verzweigungsgrad									x
Laubaustrieb/ -abwurf	x	x						x	x
Blattprobenanalyse (NaCl)				x					
Thermog. Stressermittlung							x		

Kuchelauer Hafen (19. Bezirk)

Tabelle 9: Überblick über Messintervalle im Jahr 2020 am Standort Kuchelauer Hafen

Messintervalle 2020	Kuchelauer Hafen								
	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
Geotechnische Parameter									
Infiltrationsmessung			x					x	
Tragfähigkeitsuntersuchung			x					x	
Vegetationstechnische Parameter									
Grundparameter	x							x	
Gehölzschäden	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Gehölzvitalität	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Triebblängenwachstum								x	
Verzweigungsgrad									x
Laubaustrieb/ -abwurf		x							x
Blattprobenanalyse (NaCl)				x					
Thermog. Stressermittlung							x		

3.5. Wettergeschehnisse während der Perioden 2018–2020

Vegetationsperiode 2018

Das Wetter in Wien war im Jahr 2018 geprägt von zahlreichen Sonnenstunden, warmen Temperaturen und wenig Niederschlag. Anhand der Aufzeichnungen der Wetterstation in Wien Stammersdorf wurde während dem gesamten Jahr nur 639 mm Niederschlag gemessen. Dabei wurde im Mai 2018 die höchste Niederschlagsmenge von 101 mm erzielt. In den Sommermonaten Juni bis August fielen lediglich 49–87 mm Regen. Die geringste Niederschlagsmessung (10 mm) wurde im April festgestellt. Laut ZAMG (2018) ging das Jahr 2018 als wärmstes Jahr der österreichischen Messgeschichte ein. Dabei lag der Mittelwert der Lufttemperatur bei 12 °C. Die höchste Temperatur wurde im August mit 35,9 °C ermittelt und im Gegensatz dazu wurde die tiefste Umgebungstemperatur mit –13,8 °C im Februar 2018 erreicht. Hinzu kommt, dass aufgrund der überdurchschnittlichen Temperaturen viele Sommertage (113), an welchen die Tageshöchsttemperatur ≥ 25 °C erzielt wurde, gezählt wurden. Die Summe der Sonnenscheindauer betrug in diesem Jahr 1976 h. Der phänologische Kalender zeigte, dass aufgrund der kalten Anfangsmonate eine Verzögerung der Vegetationsentwicklung, wie dies bei der Forsythie (*Forsythia x intermedia*) der Fall war, mit sich brachte. Dies änderte sich jedoch Anfang April. Aufgrund der warmen Temperaturen fingen beispielsweise der Flieder (*Syringa*) und die Marille (*Prunus armeniaca*) früher bzw. zum durchschnittlichen Blühzeitpunkt zu blühen an (ZAMG, 2018; ZAMG, o.J.).

Vegetationsperiode 2019

Das Jahr 2019 wurde ebenfalls als eines der wärmsten Jahre in der Messgeschichte Österreichs bezeichnet. Zusätzlich wurde das Wetter in Wien als niederschlagsarm, sonnig und trocken beschrieben. Laut Messung der Wetterstation in Wien Stammersdorf fielen nur 626 mm Niederschlag. Auch in diesem Jahr wurde im Mai die höchste Regenmenge mit 145 mm gemessen, wohingegen es im Februar nur 11 mm Niederschlag gab. In den Sommermonaten, in welchen die Vegetation das Regenwasser besonders benötigt, wurden Niederschlagsmengen zwischen 53 mm und 71 mm erfasst. In Wien wurden im Juli 2019 die höchste Umgebungstemperatur mit 36,6 °C, sowie im Jänner eine Tiefsttemperatur von –10,6 °C eruiert. Zusätzlich wurden in der Hauptstadt 87 Sommertage (≥ 25 °C) und 38 Hitzetage (≥ 30 °C) gezählt. Die Summe der Sonnenscheindauer betrug in der Vegetationsperiode 2019 insgesamt 2021 h. Dabei wurde im Juni die höchste Anzahl an Sonnenstunden (337 h) erzielt (ZAMG, o.J.; ZAMG¹, 2019). Laut dem phänologischen Kalender trieben aufgrund des milden Frühjahrs viele Gehölze zu einem deutlich früheren Zeitpunkt aus (ZAMG², 2019).

Dies betraf beispielsweise die Marille (*Prunus armeniaca*), den Apfel (*Malus*), den Flieder (*Syringa*), die Robinie (*Robinia*) und die Rote Johannisbeere (*Ribes rubrum*). Im Gegensatz dazu wurden bei der Weinrebe (*Vitis vinifera*) und der Rosskastanie (*Aesculus*) ein verspäteter Blühzeitpunkt bzw. ein späterer Eintritt der Fruchtreife festgestellt (ZAMG², 2019).

Vegetationsperiode 2020

Das Jahr 2020 zählte zu den sonnigsten, sehr warmen und niederschlagsreichsten Jahren in der österreichischen Messgeschichte. Anhand der Aufzeichnungen der Wetterstation in Wien Stammersdorf wurde im Jahr 2020 640 mm Niederschlag gemessen. Dabei wurde im Juni die höchste Regenmenge von 122 mm erzielt. In den Sommermonaten Juni bis August fielen 59–122 mm Regen. Diese Niederschlagsmengen stellten somit die höchsten Werte im Vergleich zu den vorab beschriebenen Vegetationsperioden für diese Jahreszeit dar. Die geringste Niederschlagsmessung wurde im April mit 8 mm festgestellt. Laut ZAMG (2020) wurde das Jahr 2020 als überdurchschnittlich warmes Jahr charakterisiert. Dabei lag der Mittelwert der Lufttemperatur bei 11,5 °C. Die höchste Umgebungstemperatur wurde im Juli mit 35,8 °C ermittelt und im Gegensatz dazu wurde die geringste Lufttemperatur mit –6,6 °C im Jänner 2020 erreicht. Zusätzlich wurden 76 Sommertage (≥ 25 °C), sowie 21 Hitzetage (≥ 30 °C) festgestellt. Ähnlich wie im Jahr 2019 betrug die Summe der Sonnenscheindauer 2035 h. Im April 2020 schien die Sonne mit 312 h am häufigsten (ZAMG, o.J.; ZAMG¹, 2020). Aufgrund des milden und warmen Frühjahrs setzte auch in diesem Jahr der Blühzeitpunkt bei zahlreichen Gehölzen frühzeitig ein. Der phänologische Kalender zeigt, dass im Februar/ März der Haselstrauch (*Corylus*), die Salweide (*Salix caprea*) und die Marille (*Prunus armeniaca*) besonders früh zu blühen begonnen haben. Auch der Blühbeginn des Apfels (*Malus*), des Flieders (*Syringa*), der Rosskastanie (*Aesculus*) und des Schwarzen Holunders (*Sambucus nigra*) startete deutlich früher (ZAMG², 2020).



Abbildung 14: Versuchsstandort Kuchelauer Hafen. Werner, 2020

4. Ergebnisse - Jahr 2020

Dieses Kapitel handelt von den Ergebnissen der einzelnen Parameter, welche im Jahr 2020 erhoben wurden. Anhand dieser Resultate lassen sich unterschiedliche Entwicklungen und Leistungen der Gehölze, sowie der Substrate feststellen.

4.1. Vegetationstechnische Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden die erhobenen Messergebnisse der vegetationstechnischen Parameter präsentiert. Dazu zählen die Grundparameter, Gehölzvitalität, Gehölzschäden, der Laubaustrieb bzw. Laubabwurf, das Triebblängenwachstum, der Verzweigungsgrad, die Blattprobenanalyse, sowie die thermische Stressermittlung. Diese Kenngrößen wurden vorab im 3. Kapitel detailliert erläutert. Bei den nachstehenden Unterpunkten liegen die Ergebnisse der drei Versuchsstandorte in alphabetischer Reihenfolge vor. Im Anschluss an die Ergebnisse wird zu jedem Parameter eine Kurzfassung, welche einen Überblick über die wichtigsten Erkenntnisse der Untersuchungen geben soll, dargelegt.

4.1.1. Grundparameter

Die Ergebnisse der Grundparameter der Gehölze sind in tabellarischer Form angeführt. Zu diesen Grunddaten zählen der Stammdurchmesser [cm], der Kronendurchmesser [m], der Stammumfang [cm], sowie die Baumhöhe [m]. Diese Daten wurden zweimal pro Jahr erhoben, um etwaige Zuwächse ermitteln zu können. Die Gehölze, welche den größten Zuwachs im Jahr 2020 erzielt hatten, wurden farblich markiert. Am Standort Edith-Piaf-Straße wird der größte Zuwachswert pro Baumart hervorgehoben.

Da bei der Ergebnisdarstellung vereinzelt negative Werte auftraten, wurden diese aus dem Vergleich bzw. der Bewertung exkludiert. Diese Negativwerte können einerseits aufgrund von Fehlermessungen und andererseits durch Bruchschäden an den Trieben entstehen. Zusätzlich können abgebrochene bzw. abgestorbene Kronenteile, als auch eine geneigte Baumkrone Ursache für die resultierenden Ergebnisse sein.

4.1.1.1. Stammdurchmesser

Der Stammdurchmesser wurde in den Monaten März und Oktober bzw. November gemessen. Dadurch kann das jährliche Dickenwachstum der einzelnen Gehölze festgestellt werden.

Attemsgasse

Anhand der Tabelle 10 ist zu sehen, dass die Zuwächse des Stammdurchmessers in der Attemsgasse zwischen 2,6 cm und 3,3 cm betragen. Dabei erzielte Baum 4 den höchsten Wert und Baum 3 den geringsten.

Tabelle 10: Ergebnisse des Stammdurchmessers [cm], Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse

Stammdurchmesser [cm]					
Attemsgasse 2020					
Nr.	SV	Gehölz	März	November	Zuwachs
1	13	<i>Celtis australis</i>	9,0	11,8	2,8
2	13	<i>Celtis australis</i>	9,8	12,6	2,8
3	13	<i>Celtis australis</i>	9,8	12,4	2,6
4	13	<i>Celtis australis</i>	9,9	13,2	3,3

Edith-Piaf-Straße

Die Zuwächse der Stammdurchmesser in der Edith-Piaf-Straße lagen zwischen 0,0 cm und 3,0 cm. Baum 7 – *Ulmus* 'New Horizon', welcher in die Substratvariante 12 gepflanzt wurde, erreichte den höchsten Zuwachswert. Die Tabelle 11 zeigt, dass drei Gehölze in der Substratvariante 12 und zwei Pflanzungen in der Substratvariante 13 den größten Zuwachs verzeichneten. Die Gehölze 11 und 12, welche der Baumart *Celtis australis* angehören, erzielten mit 0,7 cm ein gleiches Zuwachsergebnis.

Tabelle 11: Ergebnisse des Stammdurchmessers [cm], Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße

Stammdurchmesser [cm]					
Edith-Piaf-Straße 2020					
Nr.	SV	Gehölz	März	November	Zuwachs
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	9,8	9,8	0,0
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	8,2	8,4	0,2
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	7,7	8,0	0,3
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	7,6	7,8	0,2
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	9,5	9,6	0,1
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	9,5	10,1	0,6
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	9,9	12,9	3,0
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	9,0	10,2	1,2
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	6,6	7,1	0,5
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	7,4	8,2	0,8
11	12	<i>Celtis australis</i>	7,8	8,5	0,7
12	13	<i>Celtis australis</i>	7,8	8,5	0,7

Kuchelauer Hafen

In der Sickermulde 8 beim Kuchelauer Hafen erlangte Baum 1 in der Substratvariante 16 einen Zuwachs von 0,9 cm und schnitt somit am besten ab. Im Gegensatz dazu erzielten die Gehölze 5 (SV 14), 9 (SV 12), sowie 11 (SV 15) keine Zuwächse des Stammdurchmessers, wie die Tabelle 12 zeigt.

Tabelle 12: Ergebnisse des Stammdurchmessers [cm], Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen

Stammdurchmesser [cm]					
Kuchelauer Hafen 2020					
Nr.	SV	Gehölz	März	Oktober	Zuwachs
1	16	<i>Celtis australis</i>	8,0	8,9	0,9
2	16	<i>Celtis australis</i>	7,8	8,3	0,5
3	16	<i>Celtis australis</i>	8,2	8,3	0,1
4	15	<i>Celtis australis</i>	8,5	8,8	0,3
5	14	<i>Celtis australis</i>	7,1	7,1	0,0
6	14	<i>Celtis australis</i>	8,2	8,9	0,7
7	13	<i>Celtis australis</i>	8,5	9,0	0,5
8	12	<i>Celtis australis</i>	8,1	8,0	-0,1
9	12	<i>Celtis australis</i>	7,8	7,8	0,0
10	13	<i>Celtis australis</i>	8,9	9,1	0,2
11	15	<i>Celtis australis</i>	8,3	8,3	0,0

4.1.1.2. Stammumfang

Die Messung des Stammumfangs erfolgte je nach Standort sowohl im März, als auch im Oktober bzw. November. Durch die zwei Aufnahmen kann der jährliche Zuwachs des Stammumfangs eruiert werden.

Attemsgasse

Den höchsten Zuwachswert des Stammumfangs hat Baum 4 mit 10,3 cm erreicht. Baum 2 folgte mit 9,3 cm und Baum 1 nahm um 8,7 cm zu. Mittels der Tabelle 13 ist zu sehen, dass der geringste Zuwachs mit 8,0 cm bei Baum 3 gemessen wurde.

Tabelle 13: Ergebnisse des Stammumfangs [cm], Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse

Stammumfang [cm]					
Attemsgasse 2020					
Nr.	SV	Gehölz	März	November	Zuwachs
1	13	<i>Celtis australis</i>	29,5	38,2	8,7
2	13	<i>Celtis australis</i>	31,2	40,5	9,3
3	13	<i>Celtis australis</i>	31,2	39,2	8,0
4	13	<i>Celtis australis</i>	30,2	40,5	10,3

Edith-Piaf-Straße

Anhand der Tabelle 14 ist zu sehen, dass die Ergebnisse der Stammumfang-Erhebungen Zuwächse von 0,1 cm (Baum 5) bis 7,7 cm (Baum 7) aufwiesen. Die Baumarten *Pyrus calleryana* 'Aristocrat', *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' und *Celtis australis* in der Substratvariante 13, sowie die Gehölzarten *Acer campestre* 'Elsrijk', *Ulmus* 'New Horizon' und *Fraxinus excelsior* 'Altena', welche in der Variante 12 gepflanzt wurden, erzielten die höchsten Zuwachswerte.

Tabelle 14: Ergebnisse des Stammumfangs [cm], Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße

Stammumfang [cm]					
Edith-Piaf-Straße 2020					
Nr.	SV	Gehölz	März	November	Zuwachs
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	31,0	32,1	1,1
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	26,0	26,2	0,2
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	25,0	26,5	1,5
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	25,5	27,2	1,7
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	30,8	30,9	0,1
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	29,8	31,3	1,5
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	30,3	38,0	7,7
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	27,2	32,2	5,0
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	22,0	23,5	1,5
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	23,5	26,3	2,8
11	12	<i>Celtis australis</i>	24,8	26,6	1,8
12	13	<i>Celtis australis</i>	25,5	27,0	2,5

Kuchelauer Hafen

Die Zuwächse des Stammumfangs in der Vegetationsperiode 2020 lagen zwischen 0,4 cm und 2,6 cm. Dabei wurde bei Baum 1 in der Substratvariante 16 der größte Zuwachs gemessen, wohingegen Baum 8 in der Substratvariante 12 den geringsten Wert aufwies. Wie die Tabelle 15 zeigt, wurde bei Baum 9 ein Negativwert verzeichnet. Somit wurde dieser aus der Bewertung ausgeschlossen.

Tabelle 15: Ergebnisse des Stammumfangs [cm], Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen

Stammumfang [cm]					
Kuchelauer Hafen 2020					
Nr.	SV	Gehölz	März	Oktober	Zuwachs
1	16	<i>Celtis australis</i>	27,0	29,6	2,6
2	16	<i>Celtis australis</i>	26,3	27,9	1,6
3	16	<i>Celtis australis</i>	26,9	28,3	1,4
4	15	<i>Celtis australis</i>	29,1	31,0	1,9
5	14	<i>Celtis australis</i>	23,3	24,5	1,2
6	14	<i>Celtis australis</i>	26,7	27,6	0,9
7	13	<i>Celtis australis</i>	27,9	30,1	2,2
8	12	<i>Celtis australis</i>	27,8	28,2	0,4
9	12	<i>Celtis australis</i>	29,6	25,1	-4,5
10	13	<i>Celtis australis</i>	27,8	29,8	2,0
11	15	<i>Celtis australis</i>	26,9	28,8	1,9

4.1.1.3. Kronendurchmesser

Der Kronendurchmesser wurde ebenfalls zweimal im Jahr, nämlich im März und im Oktober/November, erhoben. Mittels der Messungen konnte ein möglicher Zuwachs der Krone festgestellt werden.

Attemsgasse

In Bezug auf den Kronendurchmesser ist bei der Gehölzpflanzung 3 ein maximaler Zuwachs von 1,4 m gemessen worden (siehe Tabelle 16). Baum 2 hingegen verzeichnete eine Zunahme von 1,0 m. Dieses Ergebnis stellte den geringsten Wert dar.

Tabelle 16: Ergebnisse des Kronendurchmessers [m], Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse

Kronendurchmesser [m]					
Attemsgasse 2020					
Nr.	SV	Gehölz	März	November	Zuwachs
1	13	<i>Celtis australis</i>	2,9	4,1	1,2
2	13	<i>Celtis australis</i>	4,2	5,2	1,0
3	13	<i>Celtis australis</i>	2,8	4,2	1,4
4	13	<i>Celtis australis</i>	3,1	4,4	1,3

Edith-Piaf-Straße

Mittels der Tabelle 17 ist zu erkennen, dass die Kronenzuwächse zwischen 0,0 m und 1,1 m betragen. Dabei erreichte Baum 6, welcher der Baumart *Fraxinus excelsior* 'Altena' angehört, die höchste Zuwachsleistung. Anhand der erhobenen Ergebnisse schnitt die Substratvariante 13 in vier von fünf Fällen am besten ab.

Tabelle 17: Ergebnisse des Kronendurchmessers [m], Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße

Kronendurchmesser [m]					
Edith-Piaf-Straße 2020					
Nr.	SV	Gehölz	März	November	Zuwachs
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	1,8	2,3	0,5
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	1,6	2,0	0,4
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	2,7	3,1	0,4
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	2,4	2,4	0,0
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	1,6	2,0	0,4
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	1,8	2,9	1,1
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	2,0	1,9	-0,1
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	1,7	1,7	0,0
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	2,2	2,4	0,2
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	2,4	2,7	0,3
11	12	<i>Celtis australis</i>	1,9	2,0	0,1
12	13	<i>Celtis australis</i>	1,8	2,0	0,2

Kuchelauer Hafen

Im Jahr 2020 erreichten die Gehölze 3 und 11 eine maximale Zuwachsleistung von 0,4 m. Die Gehölze 2 und 10 folgten diesen mit einem Kronenzuwachs von 0,3 m. Den geringsten Wert von 0,1 m erzielten die Pflanzungen 5 und 6, welche in der Substratvariante 14 gepflanzt wurden, sowie das Gehölz 4 (SV 15). Mittels der Tabelle 18 ist zu sehen, dass Baum 1 in der Substratvariante 16 keinen Zuwachs verzeichnete.

Tabelle 18: Ergebnisse des Kronendurchmessers [m], Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen

Kronendurchmesser [m]					
Kuchelauer Hafen 2020					
Nr.	SV	Gehölz	März	Oktober	Zuwachs
1	16	<i>Celtis australis</i>	2,5	2,5	0,0
2	16	<i>Celtis australis</i>	2,4	2,7	0,3
3	16	<i>Celtis australis</i>	1,9	2,3	0,4
4	15	<i>Celtis australis</i>	2,7	2,8	0,1
5	14	<i>Celtis australis</i>	2,2	2,3	0,1
6	14	<i>Celtis australis</i>	2,1	2,2	0,1
7	13	<i>Celtis australis</i>	2,6	2,8	0,2
8	12	<i>Celtis australis</i>	2,0	1,7	-0,3
9	12	<i>Celtis australis</i>	1,7	1,6	-0,1
10	13	<i>Celtis australis</i>	2,1	2,4	0,3
11	15	<i>Celtis australis</i>	2,2	2,6	0,4

4.1.1.4. Baumhöhe

Je nach Standort erfolgten die Messungen sowohl im Frühjahr, als auch im Herbst. Der jährliche Zuwachs der Baumhöhe lässt sich aus der Differenz der zwei gemessenen Werte eruieren.

Attemsgasse

Im November 2020 wurde bei Baum 4 eine Höhe von 7,0 m gemessen, wodurch dieses Gehölz einen Zuwachs von 0,5 m erlangte. Die weiteren Pflanzungen erreichten hingegen nur 0,1 m bzw. keinen Zuwachs, wie die Tabelle 19 zeigt.

Tabelle 19: Ergebnisse der Baumhöhe [m], Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse

Baumhöhe [m]					
Attemsgasse 2020					
Nr.	SV	Gehölz	März	November	Zuwachs
1	13	<i>Celtis australis</i>	6,7	6,7	0,0
2	13	<i>Celtis australis</i>	6,7	6,8	0,1
3	13	<i>Celtis australis</i>	6,5	6,6	0,1
4	13	<i>Celtis australis</i>	6,5	7,0	0,5

Edith-Piaf-Straße

Anhand der negativen Werte können keine Aussagen über die Zuwächse der Baumhöhe im Jahr 2020 getätigt werden. Lediglich bei der Gehölzart *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' wurden Zuwächse gemessen. Dabei erlangte Baum 1 in der Substratvariante 13 den höchsten Wert von 0,2 m (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20: Ergebnisse der Baumhöhe [m], Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße

Baumhöhe [m]					
Edith-Piaf-Straße 2020					
Nr.	SV	Gehölz	März	November	Zuwachs
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	6,8	7,0	0,2
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	7,3	7,4	0,1
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	6,2	6,3	0,1
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	6,7	6,5	-0,2
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	8,0	7,2	-0,8
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	7,8	7,6	-0,2
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	6,5	6,9	0,4
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	7,0	6,8	-0,2
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	7,5	6,7	-0,8
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	7,8	6,9	-0,9
11	12	<i>Celtis australis</i>	7,1	6,6	-0,5
12	13	<i>Celtis australis</i>	6,8	6,8	0,0

Kuchelauer Hafen

In der Sickermulde 8 beim Kuchelauer Hafen wurden Zuwachswerte zwischen 0,0 m und 0,4 m dokumentiert. Die Messungen der Baumhöhe ergaben bei Baum 6 in der Substratvariante 14 den höchsten Zuwachs. Anhand der Tabelle 21 wurde bei Gehölz 3, 7 und 10 keine Zuwachsleistung erkannt.

Tabelle 21: Ergebnisse der Baumhöhe [m], Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen

Baumhöhe [m]					
Kuchelauer Hafen 2020					
Nr.	SV	Gehölz	März	Oktober	Zuwachs
1	16	<i>Celtis australis</i>	6,3	6,1	-0,2
2	16	<i>Celtis australis</i>	5,9	6,1	0,2
3	16	<i>Celtis australis</i>	6,2	6,2	0,0
4	15	<i>Celtis australis</i>	6,0	6,3	0,3
5	14	<i>Celtis australis</i>	5,7	5,9	0,2
6	14	<i>Celtis australis</i>	6,1	6,5	0,4
7	13	<i>Celtis australis</i>	6,2	6,2	0,0
8	12	<i>Celtis australis</i>	6,4	6,3	-0,1
9	12	<i>Celtis australis</i>	5,4	5,5	0,1
10	13	<i>Celtis australis</i>	6,0	6,0	0,0
11	15	<i>Celtis australis</i>	6,2	6,3	0,1

Kurzfassung – Grundparameter

- Bei den Gehölzen (*Celtis australis*) in der Attemsgasse, welche im SAVE Baumsubstrat (SV 13) gepflanzt wurden, wurden im Jahr 2020 deutliche Zuwächse ermittelt. Die Baumpflanzung 4 (mit Zufluss) erzielte bei den Grundparameter Stammdurchmesser, Stammumfang und Baumhöhe jeweils den höchsten Wert. Bei Baumpflanzungen 3 wurde hingegen die breiteste Krone gemessen.
- In der Edith-Piaf-Straße wurden je nach Baumart unterschiedliche Zuwachswerte festgestellt. Die Gehölzart *Ulmus* 'New Horizon' erzielte bei den Parametern Stammdurchmesser und Stammumfang jeweils deutliche Zuwächse. Im Gegensatz dazu wurde bei der Baumart *Fraxinus excelsior* 'Altena' die größte Zunahme des Kronendurchmessers gemessen. Aufgrund der Negativwerte im Bereich der Baumhöhe, welche durch Ungenauigkeiten diverser Einflüsse entstanden, konnten keine Aussagen getroffen werden.
- Am Standort Kuchelauer Hafen schnitten die Gehölze in den SAVE-Baumsubstraten (SV 13, 14, 15 und 16) besser ab, als jene im Wiener Baumsubstrat (SV 12). Der Grund für die geringe Entwicklung dürfte die Verschlämmung der Baumscheibe sein.

4.1.2. Gehölzvitalität

In diesem Unterkapitel werden die Ergebnisse der Gehölzvitalität über den gesamten Untersuchungszeitraum 2020 an den drei Standorten dargelegt. Für die Aufnahme der Vitalität wurden die Vitalitätsstufen nach Roloff (ROLOFF¹, 2015) herangezogen. Wie schon im 3. Kapitel beschrieben, wurde die Vitalität der Gehölze anhand der Stufen, welche zwischen 0 (vollkommen vital, unbeschädigte Laubbäume) und 4 (abgestorbene Bäume mit keiner erkennbaren Vitalität) liegen, bewertet. Zusätzlich können die Gehölze auch mittels Zwischenstufen beurteilt werden.

Attemsgasse

In der Attemsgasse 2020 betragen die gemittelten Vitalitätswerte der Gehölze zwischen 0,4 und 0,6 (siehe Tabelle 22). Dabei ist zu erwähnen, dass Baum 2 und 4 jeweils eine geringere Vitalität aufwiesen, obwohl diese über einen Zufluss verfügen.

Tabelle 22: Ergebnisse der Vitalität, Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse

Vitalität												
Attemsgasse 2020												
Nr.	SV	Gehölz	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Ø
1	13	<i>Celtis australis</i>	0	0–1	0–1	0–1	0–1	0	0–1	0–1	1	0,4
2	13	<i>Celtis australis</i>	0–1	0–1	0–1	0–1	0–1	0	1	1	1	0,6
3	13	<i>Celtis australis</i>	0	0–1	0–1	0–1	0–1	0	0–1	0–1	0–1	0,4
4	13	<i>Celtis australis</i>	0–1	0–1	0–1	0–1	0–1	0–1	0–1	1	1	0,6

Edith-Piaf-Straße

Die Vitalitätswerte in der Edith-Piaf-Straße variierten zwischen 0,6 und 2,7, wie die Tabelle 23 darstellt. Diese Ergebnisse entsprechen den Vitalitätsstufen von 1 bis 3. Am vitalsten erschien Gehölz 7 – *Ulmus* 'New Horizon' in der Substratvariante 12. Im Gegensatz dazu wies die Baumart *Fraxinus excelsior* 'Altena' eine geminderte Vitalität auf.

Tabelle 23: Ergebnisse der Vitalität, Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße

Vitalität												
Edith-Piaf-Straße 2020												
Nr.	SV	Gehölz	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Ø
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	2	2	2-3	2-3	2	2	2	2	2	2,1
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	3	3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2-3	2,3
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	1	1-2	1	1-2	1-2	1	1-2	2	2	1,4
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	1	1	1-2	1-2	1	1	1-2	1-2	1-2	1,3
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	1-2	2	2-3	3	3	3	3	3	3	2,7
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	2	2	2-3	3	3	3	3	3	3	2,7
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	1	1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0,6
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	1-2	1-2	0-1	0-1	0-1	1	1-2	1-2	1-2	1,1
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	1-2	1	1-2	1-2	1-2	2	2-3	2-3	2-3	1,8
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	0-1	1	1-2	1	1	1-2	1-2	2	2	1,3
11	12	<i>Celtis australis</i>	2	1-2	2-3	2-3	2	2-3	2-3	2-3	2-3	2,3
12	13	<i>Celtis australis</i>	1-2	2	2	1-2	1-2	1-2	1-2	2	2	1,7

Kuchelauer Hafen

Anhand der Tabelle 24 zeigten die Ergebnisse der Vitalitätsbewertung eine Bandbreite von 1,4 bis 3,5. Baum 10 in der Substratvariante 13, erzielte den besten Vitalitätswert. Die geringste Vitalität stellten hingegen jeweils Baum 8 und 9, welche in der Substratvariante 12 gepflanzt wurden, dar.

Tabelle 24: Ergebnisse der Vitalität, Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen

Vitalität												
Kuchelauer Hafen 2020												
Nr.	SV	Gehölz	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Ø
1	16	<i>Celtis australis</i>	2-3	1-2	1-2	1-2	2	2-3	2	2-3	2-3	2,0
2	16	<i>Celtis australis</i>	2-3	1	1	1-2	1-2	1-2	1-2	2	2	1,6
3	16	<i>Celtis australis</i>	2-3	1-2	1-2	2-3	2	2-3	2-3	2-3	2-3	2,2
4	15	<i>Celtis australis</i>	1-2	1	1	1-2	1-2	1-2	1-2	2	2	1,5
5	14	<i>Celtis australis</i>	2	1-2	1-2	2-3	2-3	2-3	2-3	3	2	2,2
6	14	<i>Celtis australis</i>	1-2	1	1	2	2	2	2-3	2-3	2-3	1,9
7	13	<i>Celtis australis</i>	1-2	1	1	2	2	2-3	2-3	2-3	2-3	1,9
8	12	<i>Celtis australis</i>	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3,5
9	12	<i>Celtis australis</i>	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4	3,5
10	13	<i>Celtis australis</i>	0-1	1	1	1-2	1-2	2	1-2	2	2	1,4
11	15	<i>Celtis australis</i>	1	1	1	1-2	2	2	2	2-3	2-3	2,3

Kurzfassung - Gehölzvitalität

- In der Attemsgasse wurden überdurchschnittlich vitale Gehölze (*Celtis australis*) vorgefunden. Diese wiesen im Jahr 2020 eine Vitalität zwischen 0 und 1 auf.
- Am Standort Edith-Piaf-Straße erhielt die Gehölzart *Ulmus* 'New Horizon' die beste Vitalitätsbeurteilung. Auch die Baumart *Acer campestre* 'Elsrijk' erzielte eine angemessene Bewertung. Die Baumpflanzungen im SAVE-Baums substrat (SV 13) schnitten im Vergleich zu jene im Wiener Baums substrat (SV 12) besser ab.
- Im Kuchelauer Hafen wurden signifikante Vitalitätsunterschiede zwischen den Gehölzen im Wiener Baums substrat (SV 12) und den Pflanzungen in den unterschiedlichen Varianten des SAVE-Baums substrat (SV 13, 14, 15 und 16) bemerkt. Dabei weisen die Gehölze in den SAVE-Baums substraten im Gegensatz zu den Bäumen im Wiener Baums substrat eine deutlich bessere Vitalitätsentwicklung auf. Die geringe Entwicklung der Substratvariante 12 ist auf die Verschlammung der Baumscheibe zurückzuführen.

4.1.3. Gehölzschäden

Die monatlich aufgenommenen Gehölzschäden werden in drei Bereiche, nämlich in Krone, Stamm und Wurzel differenziert. Dabei werden die einzelnen Abschnitte auf spezielle Schadensmerkmale, wie beispielsweise Wund- und Schnittstellen, Dür Holz, asymmetrischer Wuchs, Einschnürungen, aufgeplatzte Rinde, Stammaustriebe, Aufgrabungen, freiliegende Wurzel, etc. untersucht. Die nachfolgenden Tabellen stellen die aufsummierte Anzahl der Schäden pro Abschnitt dar.

Attemsgasse

An diesem Standort wurden drei bis fünf Kronenschäden gezählt. Die meisten Schadensmerkmale hatte Pflanzung 2 zu verzeichnen. Dabei wurden vorwiegend Einschnürungen, sowie Wund- und Schnittstellen bemerkt. Ebenso im Bereich des Stammes wurden bei Baum 2, als auch bei Baum 3 die höchste Anzahl an Schäden entdeckt. Dabei wurden Schnittstellen, sowie Abplatzungen des Anstrichs, welche bedingt durch Wachstum entstanden sind, festgestellt. Im Gegensatz dazu wurden im Wurzelbereich keine Beeinträchtigungen erkannt.

Tabelle 25: Ergebnisse der Gehölzschäden (max. n), Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse

Schäden					
Attemsgasse 2020					
Nr.	SV	Gehölz	Krone	Stamm	Wurzel
1	13	<i>Celtis australis</i>	4	2	0
2	13	<i>Celtis australis</i>	5	3	0
3	13	<i>Celtis australis</i>	4	3	0
4	13	<i>Celtis australis</i>	3	2	0

Edith-Piaf-Straße

Die Aufnahmen der Kronenschäden in der Edith-Piaf-Straße zeigten, dass die Gehölze 1, 7 und 8 die höchste Anzahl an Beeinträchtigungen (sieben) darstellten. Bei diesen wurden vorwiegend Dür Holz, Einschnürungen, Rindenschäden, als auch Wund- und Schnittstellen erkannt. In weiterer Folge wiesen acht von zwölf Gehölzen sechs Schadbilder auf. Im Bereich des Stammes erzielte Gehölz 7 die meisten und Gehölz 11 die geringsten Schäden. Anhand der Tabelle 26 ist zu erkennen, dass Gehölz 2 im Wurzelbereich am meisten geschädigt wurde. Weitere Schadensmerkmale, wie Aufgrabungen und Stockaustriebe wiesen Baum 1, 4 und 7 auf.

Tabelle 26: Ergebnisse der Gehölzschäden (max. n), Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße

Schäden					
Edith-Piaf-Straße 2020					
Nr.	SV	Gehölz	Krone	Stamm	Wurzel
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	7	4	1
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	6	4	2
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	5	4	0
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	6	3	1
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	6	4	0
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	6	3	0
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	7	6	1
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	7	4	0
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	6	5	0
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	6	4	0
11	12	<i>Celtis australis</i>	6	2	0
12	13	<i>Celtis australis</i>	6	3	0

Kuchelauer Hafen

Am Standort Kuchelauer Hafen waren die Kronenschäden bei Baum 8 und 9, welche in der Substratvariante 12 eingesetzt wurden, mit einer Anzahl von neun am höchsten. Bei diesen wurden Rindenschäden, Dürholz, Schnittstellen, Einschnürungen, abgestorbene Triebspitzen, Totholz, Wucherungen, sowie ein asymmetrischer Wuchs festgestellt. Mit sieben Schadbildern folgten die Pflanzungen 1, 3 und 5. Im Bereich des Stammes wies jedes Gehölz drei Schäden, welche sich anhand von Abplatzungen des Anstrichs, Rindenschäden, sowie Wund- und Schnittstellen bemerkbar machten, auf. Bei der Gehölzpflanzung 10 in der Substratvariante 13 wurde im Wurzelbereich die höchste Anzahl an Beeinträchtigungen (vier) ermittelt. Als Schäden wurden Bodenrisse, Bodenabtrag, Aufgrabungen, sowie eine freiliegende Wurzel festgestellt.

Tabelle 27: Ergebnisse der Gehölzschäden (max. n), Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen

Schäden					
Kuchelauer Hafen 2020					
Nr.	SV	Gehölz	Krone	Stamm	Wurzel
1	16	<i>Celtis australis</i>	7	3	1
2	16	<i>Celtis australis</i>	5	3	1
3	16	<i>Celtis australis</i>	7	3	1
4	15	<i>Celtis australis</i>	5	3	2
5	14	<i>Celtis australis</i>	7	3	1
6	14	<i>Celtis australis</i>	6	3	2
7	13	<i>Celtis australis</i>	6	3	1
8	12	<i>Celtis australis</i>	9	3	3
9	12	<i>Celtis australis</i>	9	3	2
10	13	<i>Celtis australis</i>	5	3	4
11	15	<i>Celtis australis</i>	5	3	3

Kurzfassung - Gehölzschäden

- Aufgrund der umfangreichen Aufnahme der Schadbilder wurden minimale Schäden aufgenommen, welche für die zukünftige Vegetationsentwicklung geringfügig essentiell sind. Wesentliche Mängel, wie beispielsweise abgestorbene Triebspitzen, Spitzendürre etc. wurden bei der Vitalitätsbeurteilung registriert und mitbewertet.

4.1.4. Laubaustrieb und Laubabwurf

In den Tabellen 28–30 wurden die Kalenderwochen aufgelistet, welche den Laubaustrieb bzw. Laubabwurf pro Standort und Pflanzung dokumentieren. Wie schon erwähnt wurde, hängt dieser Parameter nicht nur von der Baumart, sondern auch vom Standort und von den klimatischen Gegebenheiten ab.

Attemsgasse

Der Laubaustrieb in der Attemsgasse fand bei Gehölz 1–4 in der Kalenderwoche 15 statt. Das Laub wurde bei Pflanzung 1, 2 und 4 in der Kalenderwoche 46 abgeworfen. Bei Baum 3 folgte dies eine Woche später.

Tabelle 28: Ergebnisse des Laubaustriebs/ -abwurfs, Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse

Laubaustrieb/ -abwurf				
Attemsgasse 2020				
Nr.	SV	Gehölz	Laubaustrieb	Laubabwurf
1	13	<i>Celtis australis</i>	KW 15	KW 46
2	13	<i>Celtis australis</i>	KW 15	KW 46
3	13	<i>Celtis australis</i>	KW 15	KW 47
4	13	<i>Celtis australis</i>	KW 15	KW 46

Edith-Piaf-Straße

In der Edith-Piaf-Straße erfolgte der Laubaustrieb zwischen der Kalenderwoche 13 und 18. Die Baumart *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' trieb am schnellsten aus, wohingegen Baumart *Fraxinus excelsior* 'Altena' am längsten Zeit benötigte. Der Laubabwurf fand zwischen der Kalenderwoche 43 und 50 statt. Im Gegensatz zum Austrieb verlor die Gehölzart *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' sehr spät das Laub.

Tabelle 29: Ergebnisse des Laubaustriebs/ -abwurfs, Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße

Laubaustrieb/ -abwurf				
Edith-Piaf-Straße 2020				
Nr.	SV	Gehölz	Laubaustrieb	Laubabwurf
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	KW 13	KW 50
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	KW 13	KW 50
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	KW 15	KW 46
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	KW 15	KW 46
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	KW 18	KW 44
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	KW 18	KW 44
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	KW 15	KW 50
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	KW 15	KW 48
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	KW 16	KW 43
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	KW 16	KW 43
11	12	<i>Celtis australis</i>	KW 15	KW 44
12	13	<i>Celtis australis</i>	KW 15	KW 48

Kuchelauer Hafen

Die meisten Gehölze trieben in der Kalenderwoche 16 aus. Die Gehölze in der Substratvariante 12 benötigten jedoch zwei Wochen länger. In der Sickermulde 8 beim Kuchelauer Hafen war der Laubabwurf zwischen der Kalenderwoche 45 und 47 beendet.

Tabelle 30: Ergebnisse des Laubaustriebs/ -abwurfs, Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen

Laubaustrieb/ -abwurf				
Kuchelauer Hafen 2020				
Nr.	SV	Gehölz	Laubaustrieb	Laubabwurf
1	16	<i>Celtis australis</i>	KW 16	KW 45
2	16	<i>Celtis australis</i>	KW 16	KW 45
3	16	<i>Celtis australis</i>	KW 16	KW 47
4	15	<i>Celtis australis</i>	KW 17	KW 45
5	14	<i>Celtis australis</i>	KW 16	KW 46
6	14	<i>Celtis australis</i>	KW 17	KW 46
7	13	<i>Celtis australis</i>	KW 16	KW 45
8	12	<i>Celtis australis</i>	KW 18	KW 45
9	12	<i>Celtis australis</i>	KW 18	KW 46
10	13	<i>Celtis australis</i>	KW 16	KW 46
11	15	<i>Celtis australis</i>	KW 17	KW 46

Kurzfassung - Laubaustrieb und Laubabwurf

- In der Attemsgasse fand der Laubaustrieb bzw. der Laubabwurf bei den Baumpflanzungen (*Celtis australis*) in derselben Kalenderwoche statt.
- Am Standort Edith-Piaf-Straße wurden ein unterschiedlicher Zeitpunkt des Laubaustriebs und Laubabwurfs festgestellt. Die Gehölzart *Fraxinus excelsior* 'Altena' bildete das Laub später aus und verlor dieses deutlich früher. Im Gegensatz dazu trieben die Blätter bei der Gehölzart *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' besonders früh aus. Der Laubabwurf fand hingegen sehr spät statt.
- Im Kuchelauer Hafen wurden bezüglich des Laubaustriebs und Laubabwurfs Unterschiede zwischen Gehölzen (*Celtis australis*) in den Substratvarianten (Wiener Baums substrat – SV 12 und SAVE-Baums substrate – SV 13, 14, 15 und 16) festgestellt. Auffallend war, dass der Laubaustrieb bei den Gehölzen im Wiener Baums substrat später, als bei jenen in den SAVE-Baums substraten, stattfand.

4.1.5. Triblängenwachstum

In diesem Kapitel werden die jährlich gemessenen Zuwächse der Gehölztriebe in tabellarischer Form dargelegt. Pro Pflanzung wurden fünf Messungen an den längsten Triebspitzen im Kronenbereich durchgeführt. Diese Ergebnisse wurden gemittelt, um Vergleiche anstellen zu können. Die Gehölze, welche die längsten Triblängen aufwiesen, wurden farblich markiert.

Attemsgasse

Bei diesem Parameter wurden im Jahr 2020 Messungswerte zwischen 20,2 cm und 41,7 cm erhoben (siehe Tabelle 31). Gehölz 1 wies das geringste Wachstum auf und Baumscheibe 2, welche mit einem Zufluss versehen ist, zeigte den größten Triblängenzuwachs.

Tabelle 31: Ergebnisse des Triblängenwachstums [cm], Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse

Triblängenwachstum [cm]			
Attemsgasse 2020			
Nr.	SV	Gehölz	Ø
1	13	<i>Celtis australis</i>	20,2
2	13	<i>Celtis australis</i>	41,7
3	13	<i>Celtis australis</i>	33,2
4	13	<i>Celtis australis</i>	32,5

Edith-Piaf-Straße

Am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße wurden große Unterschiede zwischen den Gehölzarten festgestellt. Die Baumart *Fraxinus excelsior* 'Altena' zeigte mit 1 cm bzw. 2 cm den geringsten Triblängenzuwachs auf. Im Gegensatz dazu erreichten die Gehölze 9 und 10 (*Gleditsia triacanthos* 'Skyline') die längsten Triebe mit 33 cm bzw. 45 cm. In vier von sechs Fällen erzielten die Gehölze in der Substratvariante 13 den höchsten Zuwachs. Wie die Tabelle 32 zeigt, waren die Triblängen bei Baum 1 (SV 13) um das Dreifache länger als bei Baum 2 (SV 12).

Tabelle 32: Ergebnisse des Trieb­längenwachstums [cm], Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße

Trieb­längenwachstum [cm]			
Edith-Piaf-Straße 2020			
Nr.	SV	Gehölz	Ø
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	12,5
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	4,2
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	25,6
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	23,3
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	2,0
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	1,4
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	28,9
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	17,7
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	32,9
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	44,6
11	12	<i>Celtis australis</i>	15,6
12	13	<i>Celtis australis</i>	13,4

Kuchelauer Hafen

An diesem Standort variierten die Zuwächse der Trieb­längen zwischen 16,5 cm und 42,5 cm. Dabei zeigte Gehölz 9 das geringste Wachstum und Baum 2 erreichte die längsten durchschnittlichen Trieb­längen. Anhand der Tabelle 33 ist zu sehen, dass die Substratvariante 12 im Gegensatz zu den anderen Varianten ein gemindertes Wachstum aufwies.

Tabelle 33: Ergebnisse des Trieb­längenwachstums [cm], Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen

Trieb­längenwachstum [cm]			
Kuchelauer Hafen 2020			
Nr.	SV	Gehölz	Ø
1	16	<i>Celtis australis</i>	36,4
2	16	<i>Celtis australis</i>	42,5
3	16	<i>Celtis australis</i>	26,4
4	15	<i>Celtis australis</i>	38,7
5	14	<i>Celtis australis</i>	31,8
6	14	<i>Celtis australis</i>	23,0
7	13	<i>Celtis australis</i>	28,9
8	12	<i>Celtis australis</i>	17,3
9	12	<i>Celtis australis</i>	16,5
10	13	<i>Celtis australis</i>	37,3
11	15	<i>Celtis australis</i>	33,7

Kurzfassung - Trieb­längenwachstum

- Am Standort Attemsgasse wiesen die Gehölze (*Celtis australis*) im Jahr 2020 enorme Trieb­längenzuwächse auf. Bei Baumpflanzung 2 (mit Zufluss) wurden die längsten Triebe gemessen.
- Am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße wurden bei der Baumart *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' die längsten Trieb­längen gemessen. Die Gehölze im SAVE-Baums­substrat (SV 13) zeigten größere Trieb­längenzuwächse, als die Pflanzungen im Wiener Baums­substrat (SV 12).
- Im Kuchelauer Hafen wurden Unterschiede im Trieb­längenwachstum zwischen den Gehölzen im Wiener Baums­substrat (SV 12) und den Pflanzungen in den unterschiedlichen Varianten des SAVE-Baums­substrat (SV 13, 14, 15 und 16) bemerkt. Dabei wiesen die Gehölze in den SAVE-Baums­substraten im Gegensatz zu den Bäumen 8 und 9, welche im Wiener Baums­substrat gepflanzt wurden, deutlich längere Trieb­längen auf. Der geringe Trieb­längenzuwachs der Substratvariante 12 ist auf die Verschlammung der Baumscheibe zurückzuführen.

4.1.6. Verzweigungsgrad

Die Entwicklung der Verzweigungen wurde im Herbst aufgenommen. Dafür wurden am ausgewählten Ast der einzelnen Baumpflanzungen die Verzweigungen vom ersten bis fünften Grad gezählt und im Anschluss aufsummiert. Die Gehölze mit der höchsten Anzahl an Verzweigungen wurden farblich hervorgehoben.

Da die Verzweigungsanzahl einerseits vom Alter des Gehölzes abhängig ist und andererseits von Baumart zu Baumart unterschiedlich sein kann, wurde dieser Parameter nicht zur Bewertung hinzugezogen.

Attemsgasse

In der Attemsgasse wurden im Jahr 2020 Verzweigungen bis zum 5. Grad gezählt. Baum 2 erreichte dies und erzielte zugleich die höchste Anzahl an Verzweigungen (175), wie anhand der Tabelle 34 zu erkennen ist. Im Vergleich dazu wurden bei Baum 1 und 4 um die Hälfte weniger Verzweigungen als bei Baum 2 aufgezeichnet. Die geringste Verzweigungsentwicklung wies Baum 3 mit 50 Gabelungen auf.

Tabelle 34: Ergebnisse des Verzweigungsgrads, Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse

Verzweigungsgrad								
Attemsgasse 2020								
Nr.	SV	Gehölz	1. Grad	2. Grad	3. Grad	4. Grad	5. Grad	Σ
1	13	<i>Celtis australis</i>	1	31	48	7	0	87
2	13	<i>Celtis australis</i>	2	12	17	136	8	175
3	13	<i>Celtis australis</i>	1	5	35	9	0	50
4	13	<i>Celtis australis</i>	1	12	58	16	0	87

Edith-Piaf-Straße

Bei den Pflanzungen 7, 11 und 12 wurden Verzweigungen bis zum 5. Grad ermittelt. Die geringsten Gabelungen mit 18 bzw. 21 wies die Baumart *Fraxinus excelsior* 'Altena' auf, gefolgt von *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' mit 37 bzw. 55 Verzweigungen (siehe Tabelle 35). Das höchste Verzweigungsvorkommen erzielten die Pflanzungen 3 und 4 (*Acer campestre* 'Elsrijk'), welche über 200 Gabelungen verzeichneten. In drei von fünf Fällen schnitten die Gehölze der Substratvariante 13 am besten ab.

Tabelle 35: Ergebnisse des Verzweigungsgrads, Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße

Verzweigungsgrad								
Edith-Piaf-Straße 2020								
Nr.	SV	Gehölz	1. Grad	2. Grad	3. Grad	4. Grad	5. Grad	Σ
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	1	25	31	21	0	78
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	2	14	30	15	0	61
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	1	37	126	38	0	202
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	5	89	144	21	0	259
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0	9	12	0	0	21
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	1	8	9	0	0	18
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	1	12	29	85	17	144
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	/	/	/	/	/	/
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	1	5	20	11	0	37
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	0	7	27	21	0	55
11	12	<i>Celtis australis</i>	0	10	25	88	17	140
12	13	<i>Celtis australis</i>	0	24	48	5	1	78

Kuchelauer Hafen

Die Tabelle 36 zeigt, dass bei zehn von elf Gehölzen Verzweigungen bis zum 5. Grad gezählt wurden. Die Anzahl an Gabelungen variierte im Jahr 2020 zwischen 27 und 230. Dabei zeigte Baum 9, als auch Gehölz 8 (SV 12) ein gemindertetes Verzweigungsvorkommen. Im Vergleich dazu erreichte die Pflanzung 4 in der Substratvariante 15 die höchste Summe an Verzweigungen.

Tabelle 36: Ergebnisse des Verzweigungsgrads, Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen

Verzweigungsgrad								
Kuchelauer Hafen 2020								
Nr.	SV	Gehölz	1. Grad	2. Grad	3. Grad	4. Grad	5. Grad	Σ
1	16	<i>Celtis australis</i>	1	26	43	64	24	158
2	16	<i>Celtis australis</i>	2	13	32	58	22	127
3	16	<i>Celtis australis</i>	1	16	54	35	9	115
4	15	<i>Celtis australis</i>	3	37	70	87	33	230
5	14	<i>Celtis australis</i>	1	9	18	104	14	146
6	14	<i>Celtis australis</i>	1	8	55	92	16	172
7	13	<i>Celtis australis</i>	1	2	28	68	32	131
8	12	<i>Celtis australis</i>	1	8	14	12	0	35
9	12	<i>Celtis australis</i>	1	3	12	10	1	27
10	13	<i>Celtis australis</i>	1	2	40	67	32	142
11	15	<i>Celtis australis</i>	1	7	38	59	27	132

Kurzfassung - Verzweigungsgrad

- Die Aufnahme des Verzweigungsgrads wurde aufgrund von diversen Einflussfaktoren, wie beispielsweise durch Astbruch, Schnittmaßnahmen, Einfluss von Wind, Schneelast etc. beeinflusst. Deswegen konnten keine weiteren Aussagen getroffen werden. Der Parameter Verzweigungsgrad wurde bei der Vitalitätsbeurteilung berücksichtigt und aufgenommen.

4.1.7. Blattprobenanalyse

Die Blattprobenanalyse wurde im Juni 2020 durchgeführt. Von jedem Gehölz wurden frische Blätter gesammelt, welche anschließend im Labor auf die Inhaltsstoffe Natrium und Chlorid untersucht wurden. Die nachfolgenden Tabellen zeigen die erhobenen Ergebnisse pro Baum, welche in mg/g notiert wurden. Zusätzlich wurden die Gehölze mit den geringsten Belastungswerten farblich gekennzeichnet.

Attemsgasse

In der Attemsgasse wies das Gehölz 1 den geringsten Natriumgehalt mit 0,1097 mg/g auf, dicht gefolgt von Gehölz 4. Den niedrigsten Chloridwert mit 0,5278 mg/g stellte Pflanzung 2 dar, während Baum 1 den höchsten Wert erlangte.

Tabelle 37: Ergebnisse der Blattprobenanalyse [mg/g], Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse

Blattprobenanalyse				
Attemsgasse 2020				
Nr.	SV	Gehölz	Natrium [mg/g]	Chlorid [mg/g]
1	13	<i>Celtis australis</i>	0,1097	0,8831
2	13	<i>Celtis australis</i>	0,1851	0,5278
3	13	<i>Celtis australis</i>	0,1234	0,7272
4	13	<i>Celtis australis</i>	0,1098	0,5627

Edith-Piaf-Straße

Am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße wurde bei Pflanzungen 9 der geringste Natriumwert mit 0,0400 mg/g und bei Gehölz 3 der höchste Wert mit 0,1820 mg/g festgestellt. Die Ergebnisse des Chlorids variierten im Jahr 2020 zwischen 0,1240 mg/g und 0,5974 mg/g. Die Gehölze in der Substratvariante 13 zeigten in fünf von sechs Fällen einen höheren Natriumgehalt in den Blattproben an. Bei vier von sechs Gehölzen in der Variante 13 wurden die höchsten Chloridwerte gefunden.

Tabelle 38: Ergebnisse der Blattprobenanalyse [mg/g], Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße

Blattprobenanalyse				
Edith-Piaf-Straße 2020				
Nr.	SV	Gehölz	Natrium [mg/g]	Chlorid [mg/g]
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	0,1295	0,5051
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	0,1266	0,1385
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,1820	0,7442
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,0835	0,1216
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0,0655	0,2011
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0,0473	0,3960
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	0,0888	0,3812
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	0,1258	0,5974
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	0,0400	0,1662
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	0,0647	0,1240
11	12	<i>Celtis australis</i>	0,1070	0,2335
12	13	<i>Celtis australis</i>	0,0802	0,2814

Kuchelauer Hafen

An diesem Standort variierte der Natriumgehalt der Blattproben zwischen 0,0774 mg/g und 0,1247 mg/g. Dabei wurde bei Gehölz 10 in der Substratvariante 13 der niedrigste Wert, sowie bei Baum 8 (SV 12) der höchste Gehalt an Natrium festgestellt. Die Chloridwerte im Jahr 2020 lagen zwischen 0,3185 mg/g und 1,4592 mg/g. Den Höchstwert erzielte Pflanzung 9, gefolgt von Baum 8 mit 0,8912 mg/g. Im Vergleich dazu schnitt Gehölz 1 mit dem geringsten Ergebnis am besten ab.

Tabelle 39: Ergebnisse der Blattprobenanalyse [mg/g], Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen

Blattprobenanalyse				
Kuchelauer Hafen 2020				
Nr.	SV	Gehölz	Natrium [mg/g]	Chlorid [mg/g]
1	16	<i>Celtis australis</i>	0,1174	0,3185
2	16	<i>Celtis australis</i>	0,0831	0,3561
3	16	<i>Celtis australis</i>	0,1159	0,4545
4	15	<i>Celtis australis</i>	0,1156	0,4309
5	14	<i>Celtis australis</i>	0,0961	0,3866
6	14	<i>Celtis australis</i>	0,0859	0,3444
7	13	<i>Celtis australis</i>	0,0852	0,4088
8	12	<i>Celtis australis</i>	0,1247	0,8912
9	12	<i>Celtis australis</i>	0,0971	1,4592
10	13	<i>Celtis australis</i>	0,0774	0,3664
11	15	<i>Celtis australis</i>	0,0816	0,4104

Kurzfassung - Blattprobenanalyse

- In der Atemsgasse erzielten die Gehölze 1 und 4 die geringsten Natriumwerte. Die niedrigsten Chloridwerte wurden bei den Baumscheiben 2 und 4, welche mit einem Zufluss versehen sind, festgestellt.
- In der Edith-Piaf-Straße wurden die geringsten Natrium- und Chloridwerte größtenteils bei den Gehölzen im Wiener Baums substrat (SV 12) gemessen.
- Am Standort Kuchelauer Hafen wurden Unterschiede in Bezug auf die Natrium- und Chloridwerte in der Blattmasse der Gehölze (*Celtis australis*) erkannt. In den Substratvarianten (SV 13, 14, 15 und 16) wurden erhöhte Natriumwerte festgestellt. Die Gehölze 8 und 9 im Wiener Baums substrat (SV 12) wiesen hingegen die höchste Chloridbelastung im Jahr 2020 auf.

4.1.8. Thermografische Stressermittlung

Die Aufnahmen der thermografischen Stressermittlung wurden im September 2020 bei 25 °C Umgebungstemperatur durchgeführt. Mit Hilfe einer Infrarot-Wärmebildkamera konnte getestet werden, ob die einzelnen Gehölze unter Hitze- bzw. Trockenstress leiden. Wie die folgenden Abbildungen zeigen, wurde pro Versuchsstandort ein Baum als beispielhafte Darstellung gewählt. Diese Aufnahmen wurden mit Messpunkten versehen, welche die Temperatur des Stammes, sowie die des Blattwerks wiedergeben. Zusätzlich wurde ein Referenzpunkt am nächstgelegenen Gebäude hinzugefügt.

Attemsgasse

Die Blatttemperaturen in der Attemsgasse überstiegen in keiner durchgeführten Messung die Lufttemperatur. Somit konnte kein Hitzestress der Gehölze anhand der thermografischen Stressermittlung festgestellt werden.

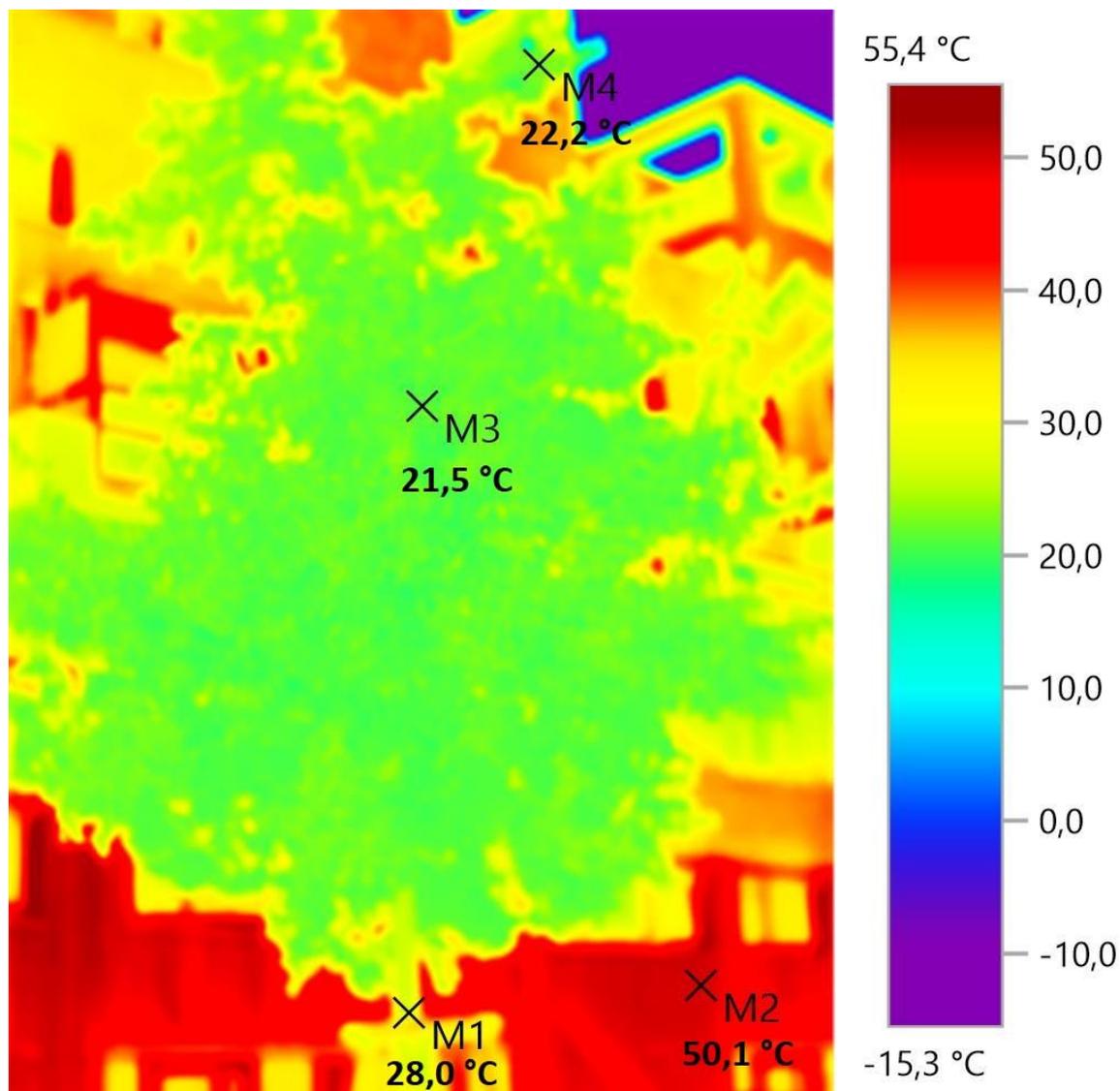


Abbildung 15: Wärmebild – Baum 1 (*Celtis australis*), Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse

Edith-Piaf-Straße

Anhand der Darstellung ist zu erkennen, dass die erhobenen Blatttemperaturen die Umgebungstemperatur nicht übertrafen. Somit konnte am Standort Edith-Piaf-Straße kein Hitzestress der Gehölze mittels der thermografischen Untersuchung bemerkt werden.

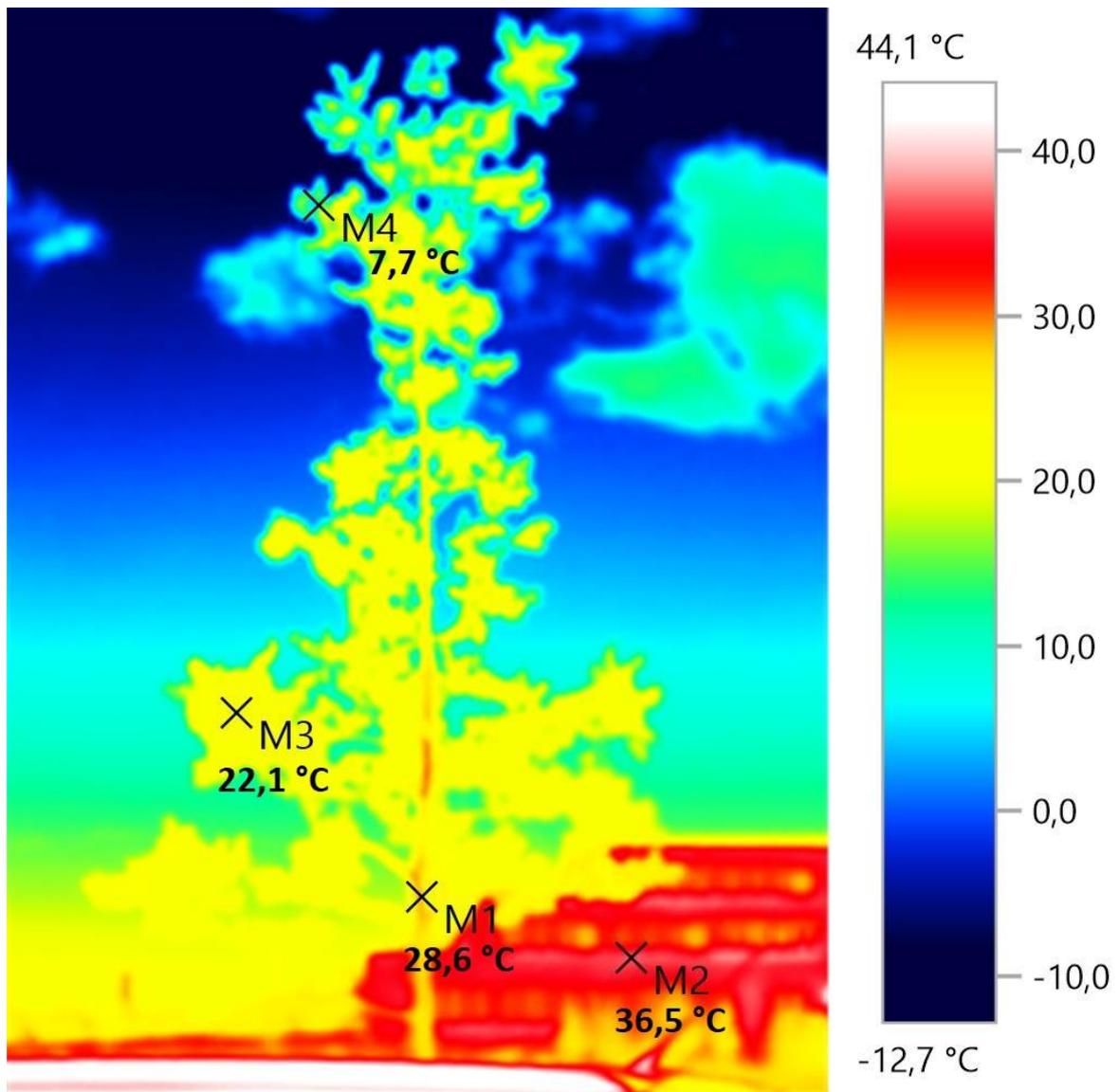


Abbildung 16: Wärmebild – Baum 11 (*Celtis australis*), Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße

Kuchelauer Hafen

Am Standort Kuchelauer Hafen wurde mittels der thermografischen Stressermittlung kein Hitzestress an den Gehölzen erkannt. Dies wurde durch die gemessenen Blatttemperaturen, welche niedriger als die Umgebungstemperatur waren, bewiesen.

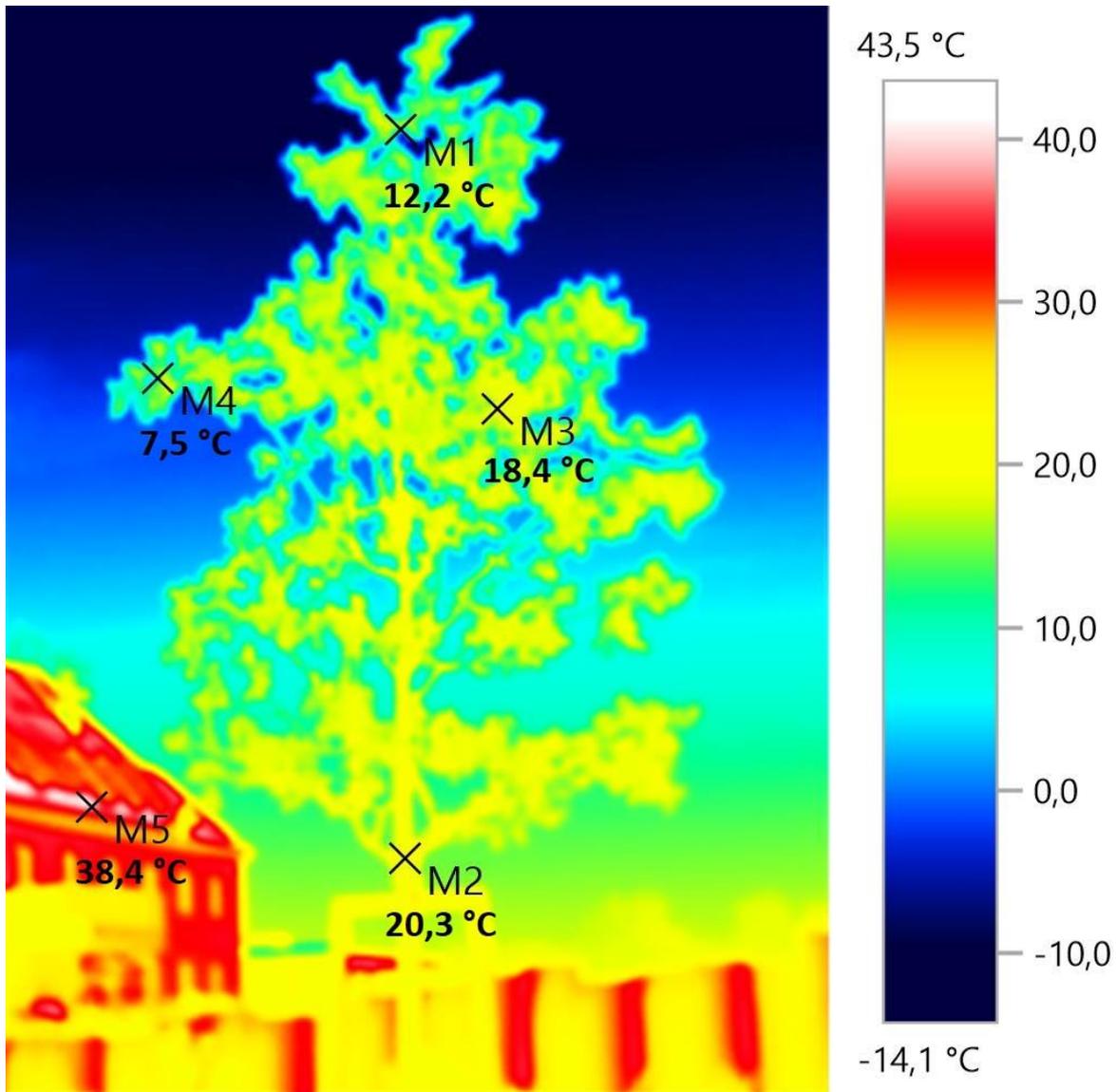


Abbildung 17: Wärmebild – Baum 7 (*Celtis australis*), Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen

Kurzfassung - Thermografische Stressermittlung

- Im Jahr 2020 wurde kein Hitzestress an den Gehölzen, welche an den drei Versuchsstandorten gepflanzt wurden, festgestellt.

4.2. Geotechnische Ergebnisse

Dieses Kapitel handelt über die erhobenen Messergebnisse der geotechnischen Parameter, welche die Infiltrationsmessung und die Tragfähigkeitsuntersuchung der Substrate beinhalten. Der Versuchsaufbau dieser Kenngrößen, sowie die verwendeten Substratvarianten wurden im 3. Kapitel detailliert erläutert. Bei den nachstehenden Abschnitten liegen die Resultate der drei Versuchsstandorte in alphabetischer Reihenfolge vor. Zusätzlich wird im Anschluss an die Darstellungen der Ergebnisse zu jedem Parameter eine Kurzfassung dargelegt. Diese soll einen Überblick über die wichtigsten Erkenntnisse der Untersuchungen geben.

4.2.1. Infiltrationsmessungen

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Infiltration aus dem Jahr 2020 textlich, als auch grafisch präsentiert. Dabei werden die Resultate der einzelnen Messungen in Meter pro Sekunde [m/s] angegeben. Pro Standort wurden die Aufnahmen einmal im Mai, sowie einmal im Oktober bzw. November durchgeführt.

Attemsgasse

Anhand des folgenden Diagramms ist zu erkennen, dass der Durchlässigkeitsbeiwert der Baumscheibe 4 mit einem Wert von $2,2E^{-04}$ m/s im Mai am geringsten war. Der höchste Beiwert mit $3,0E^{-05}$ m/s wurde im Bereich der Gehölzpflanzung 1 gemessen. Des Weiteren sind Abweichungen zwischen den Frühjahrs- und Herbstmessungen zu erkennen. Die geringste Differenz stellt jedoch das Substrat von Baum 4 dar. Zusätzlich fällt auf, dass Baumscheibe 4 die einzige Sickerfläche am Versuchsstandort Attemsgasse ist, welche eine Verzögerung der Wasserdurchlässigkeit bei der zweiten Erhebung im Herbst zeigte. Die errechneten Beiwerte der Frühjahrs-, als auch die der Herbstmessungen befinden sich im empfohlenen Grenzwertbereich der FLL (2010), wodurch eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit gewährleistet wird.

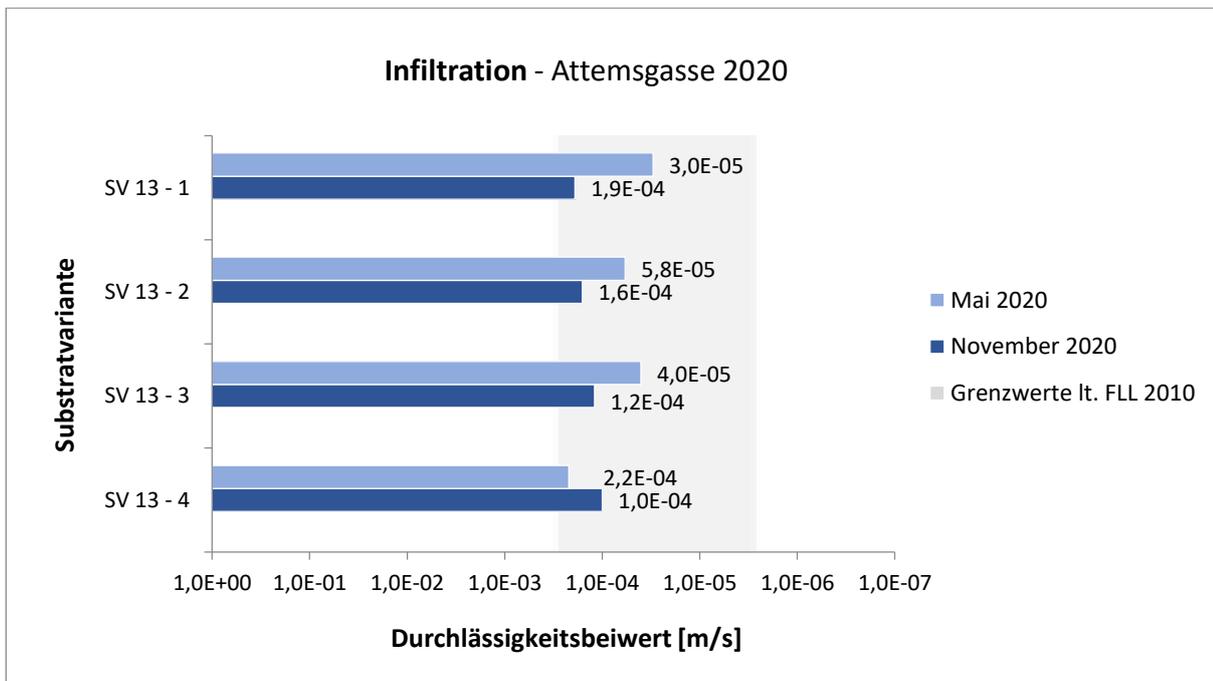


Diagramm 1: Ergebnisse der Infiltrationsmessung [m/s], Vegetationsperiode 2020; Atemsgasse

Edith-Piaf-Straße

In der Edith-Piaf-Straße fielen die gesamten Herbstmessungen im Vergleich zu den Frühjahrmessungen niedriger aus. Dabei ist zu erkennen, dass die Durchlässigkeitsbeiwerte der Pflanzgruben 5, 8, 10 und 12, welche mit der Substratvariante 13 versehen sind, im unteren Abschnitt des Grenzbereichs der FLL (2010) liegen. Die Werte der genannten Pflanzgruben variierten zwischen $1,1E^{-04}$ m/s und $1,7E^{-04}$ m/s. Des Weiteren stellten die geringen Durchlässigkeitsbeiwerte bei der Substratvariante 12 eine langsamere Versickerung, als bei der Substratvariante 13, dar. Dabei wurden Werte bis zu $1,1E^{-06}$ m/s, gemessen. Anhand des Diagramms 2 ist eine Überschreitung des Grenzwertbereichs zur erkennen.

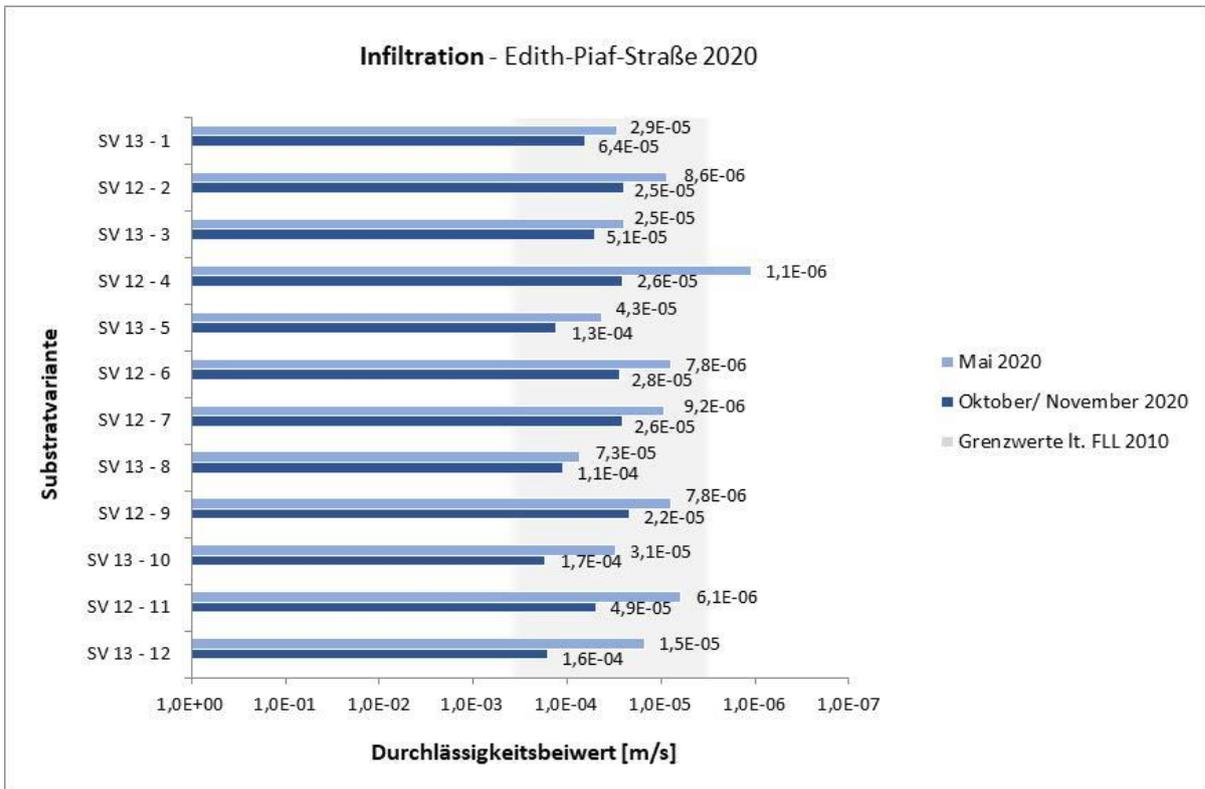


Diagramm 2: Ergebnisse der Infiltrationsmessung [m/s], Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße

Kuchelauer Hafen

Im Kuchelauer Hafen stellten sich die Messergebnisse als sehr unterschiedlich dar. Diese variierten zwischen $5,6E^{-07}$ m/s und $4,4E^{-04}$ m/s. Mittels der Durchlässigkeitsbeiwerte wurde bei Substratvariante 12 (Gehölzen 8 und 9) eine sehr langsame Versickerungsrate festgestellt. Die Werte dieser Sickerflächen befinden sich am oberen Ende des Grenzwertbereichs der FLL (2010) bzw. überschreiten diesen. Der Grund für die Ergebnisse ist die vorhandene Verschlammung des Substrats, welche aufgrund einer Böschungserosion der Sickermulde im Jahr 2018 entstand. Im Gegensatz dazu wurden bei den Varianten des SAVE-Baumsubstrats 13, 14, 15 und 16 geringere Beiwerte festgestellt (siehe Diagramm 3). Diese liegen im angegebenen Grenzwertbereich, wodurch eine ausreichende Sickerleistung garantiert wird.

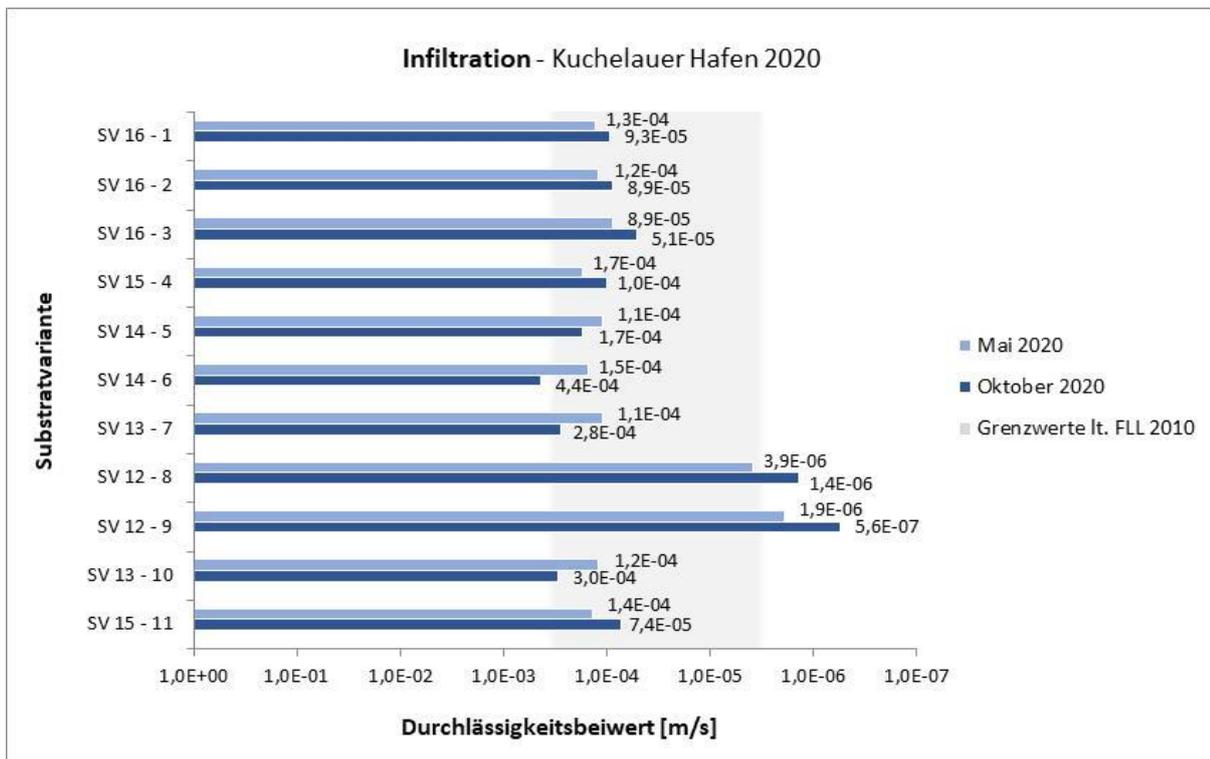


Diagramm 3: Ergebnisse der Infiltrationsmessung [m/s], Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen

Kurzfassung - Infiltrationsmessung

- Die Baumscheiben in der Attemsgasse wiesen im Jahr 2020 eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit (SV 13 – SAVE-Baums substrat) auf. Die Durchlässigkeitsbeiwerte befanden sich im bzw. unter dem angegebenen Grenzwertbereich der FLL (2010).
- In der Edith-Piaf-Straße wurde bei den Gehölzen im Wiener Baums substrat eine geringere Wasserdurchlässigkeit, als bei jenen im SAVE-Baums substrat festgestellt. Jedoch lagen die gesamten Infiltrationswerte der beiden Substratvarianten im Grenzwertbereich der FLL (2010).
- Im Kuchelauer Hafen wiesen die Baums substrate (SV 12 – Wiener Baums substrat und SV 13 – SAVE-Baums substrat) Unterschiede bezüglich der Wasserdurchlässigkeit auf. Dabei zeigte das Wiener Baums substrat deutlich langsamere Infiltrationswerte, welche sich am oberen Ende des Grenzwertbereichs der FLL (2010) befanden bzw. diesen überschritten. Der Grund für die geringe Wasserdurchlässigkeit der Substratvariante 12 ist eine Verschläm mung des Substrats durch eine partielle Böschungserosion der Sicker mulde.

4.2.2. Tragfähigkeitsuntersuchung

Die Messungen der Tragfähigkeit wurden insgesamt zweimal im Jahr, sowohl im Frühjahr, als auch im Herbst, vorgenommen. Dazu wurde eine dynamische Lastplatte verwendet. Anhand der Ergebnisse, welche in MN/m^2 angegeben sind, lässt sich der Verdichtungszustand der verwendeten Substrate erkennen.

Attemsgasse

Die Tragfähigkeitsmessungen in der Attemsgasse fanden im Juni und November 2020 statt. Anhand der Tabelle 40 ist zu erkennen, dass die Frühjahrsmessungen höhere Werte, als die Untersuchungen im November erzielten. Das Substrat der Baumscheibe 1 zeigte einerseits die höchste Tragfähigkeit mit $14,0 \text{ MN/m}^2$ bzw. $13,1 \text{ MN/m}^2$ und andererseits wurde bei diesem Baumstandort die geringste Differenz zwischen den Messungen festgestellt. Der größte Messunterschied mit $3,2 \text{ MN/m}^2$ wurde hingegen bei Baums substrat 3 ermittelt.

Tabelle 40: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchung [MN/m^2], Vegetationsperiode 2020, Attemsgasse

Tragfähigkeit				
Attemsgasse 2020				
Nr.	SV	Gehölz	Dynamischer EV [MN/m^2]	
			Juni	November
1	13	<i>Celtis australis</i>	14,0	13,1
2	13	<i>Celtis australis</i>	9,7	8,4
3	13	<i>Celtis australis</i>	11,5	8,3
4	13	<i>Celtis australis</i>	11,9	10,5

Edith-Piaf-Straße

Die Tabelle 41 zeigt, dass die Tragfähigkeitsuntersuchungen 2020 in den Monaten Juni und Oktober durchgeführt wurden. Die Werte der Substratvariante 12 am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße variierten zwischen $4,5 \text{ MN/m}^2$ und $11,0 \text{ MN/m}^2$. Im Vergleich dazu lagen die Ergebnisse der Substratvariante 13 zwischen $4,2 \text{ MN/m}^2$ und $9,2 \text{ MN/m}^2$. Die Messungen der Variante 13 zeigten im Oktober höhere Werte als im Frühjahr. Die größte Differenz wurde bei Baumstandort 9 (SV 12) festgestellt, dessen Unterschied $4,7 \text{ MN/m}^2$ betrug. Baumstandort 2 mit der Substratvariante 12 wies die geringste Differenz mit $0,2 \text{ MN/m}^2$ auf.

Tabelle 41: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchung [MN/m²], Vegetationsperiode 2020, Edith-Piaf-Straße

Tragfähigkeit				
Edith-Piaf-Straße 2020				
Nr.	SV	Gehölz	Dynamischer EV [MN/m ²]	
			Juni	Oktober
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	7,7	9,1
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	11,0	10,8
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	5,1	9,2
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	6,4	6,0
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	5,7	7,7
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	5,4	5,8
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	6,0	7,0
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	4,2	5,3
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	4,5	9,2
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	5,3	6,9
11	12	<i>Celtis australis</i>	4,8	5,2
12	13	<i>Celtis australis</i>	4,9	5,9

Kuchelauer Hafen

Die Tragfähigkeit im Kuchelauer Hafen wurde im Mai, als auch im Oktober 2020 gemessen. Die Substratvariante 16 am Baumstandort 1 erreichte mit 13,5 MN/m² die höchste Tragfähigkeit. Zusätzlich wurde bei Gehölz 1 die größte Differenz zwischen den Messungen, welche 5,7 MN/m² beträgt, festgestellt. Im Gegensatz dazu wies die Substratvariante 13 im Bereich der Baumpflanzung 10 die geringste Tragfähigkeit mit 5,3 MN/m² auf (siehe Tabelle 42). Die Gehölze 2, 4, 8 und 9, welche in den Substratvarianten 16, 15 und 12 gepflanzt wurden, stellten die niedrigsten bzw. keine Messunterschiede dar.

Tabelle 42: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchung [MN/m²], Vegetationsperiode 2020, Kuchelauer Hafen

Tragfähigkeit				
Kuchelauer Hafen 2020				
Nr.	SV	Gehölz	Dynamischer EV [MN/m ²]	
			Mai	Oktober
1	16	<i>Celtis australis</i>	13,5	7,8
2	16	<i>Celtis australis</i>	11,0	11,3
3	16	<i>Celtis australis</i>	8,2	9,2
4	15	<i>Celtis australis</i>	6,5	6,8
5	14	<i>Celtis australis</i>	6,6	9,9
6	14	<i>Celtis australis</i>	9,0	9,7
7	13	<i>Celtis australis</i>	5,6	6,3
8	12	<i>Celtis australis</i>	9,3	9,6
9	12	<i>Celtis australis</i>	9,7	9,7
10	13	<i>Celtis australis</i>	5,3	7,3
11	15	<i>Celtis australis</i>	6,4	7,5

Kurzfassung - Tragfähigkeitsuntersuchung

- In der Atemsgasse wurden im Jahr 2020 bei Gehölz 1 die höchsten Tragfähigkeitswerte gemessen. Der Grund dafür ist die Lage der Baumscheibe, welche öfters befahren wird. Dies führt in weiterer Folge zur Verdichtung des Substrats.
- In der Edith-Piaf-Straße konnten im Jahr 2020 keine eindeutigen Unterschiede bezüglich der Tragfähigkeiten zwischen den verwendeten Substratvarianten (SV 12 – Wiener Baums substrat und SV 13 – SAVE-Baums substrat) festgestellt werden. Jedoch wurden sowohl im Frühjahr, als auch im Herbst die höchsten Werte bei der Gehölzart *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' ermittelt.
- Am Standort Kuchelauer Hafen wurden Unterschiede zwischen den verwendeten Substratvarianten (Wiener Baums substrat – SV 12 und SAVE-Baums substrate – SV 13, 14, 15 und 16) erkannt. Im Jahr 2020 erzielte das SAVE-Baums substrat 16 bei den Gehölzen 1 und 2 die höchsten Tragfähigkeitswerte. Auch bei den Substratvarianten 12 (Wiener Baums substrat) und 14 wurden hohe Werte gemessen.



Abbildung 18: Baumart *Acer campestre* 'Elsrijk' am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße. Werner, 2020

5. Vergleich der Projektergebnisse 2018–2020

Das Kapitel beinhaltet die Ergebnisse der einzelnen Parameter über die gesamte Projektdauer, welche in grafischer und tabellarischer Form dargelegt sind. In weiterer Folge werden die Resultate miteinander verglichen, um mögliche Aussagen über die Leistungsfähigkeit der Substrate, sowie die Vitalitätsentwicklung der Gehölzpflanzungen treffen zu können. Für dieses Vorhaben werden die gewonnenen Ergebnisse der Jahren 2018 und 2019 aus den Masterarbeiten, welche von Dipl.-Ing.ⁱⁿ Katharina Lübke und Dipl.-Ing.ⁱⁿ Elisabeth Olesko verfasst wurden, entnommen.

Des Weiteren soll mit Hilfe einer Bilddokumentation ein visueller Vergleich der Gehölzvitalität der 27 Gehölze an den drei Versuchsstandorten dargestellt werden. Diese Fotoaufnahmen sind im Kapitel 16 zu finden und zeigen die Gehölzentwicklung vom Pflanzjahr 2018 bis zur letzten Aufnahme in der Vegetationsperiode 2020.

5.1. Vegetationstechnische Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der vegetationstechnischen Parameter, welche im Jahr 2018, 2019 und 2020 erhoben wurden, tabellarisch dargestellt und verglichen. Bei jedem Unterkapitel liegen die Ergebnisse der drei Versuchsstandorte in alphabetischer Reihenfolge vor. Zusätzlich enthält jeder Parameter eine abschließende Kurzfassung, welche einen Überblick über die wichtigsten Erkenntnisse der Untersuchungen geben soll.

5.1.1. Grundparameter

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse des Stammdurchmessers [cm], des Kronendurchmessers [m], des Stammumfangs [cm], sowie der Baumhöhe [m] präsentiert. Wie im Kapitel 4.1.1. beschrieben, werden auch in diesem Kapitelteil die Gehölze mit dem größten Zuwachswert farblich gekennzeichnet. Am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße wird der größte Zuwachs pro Gehölzart markiert. Negativwerte werden aus dem Vergleich exkludiert.

5.1.1.1. Stammdurchmesser

Die Messung des Stammdurchmessers wurde bei jedem Gehölz durchgeführt. Die Aufnahme erfolgte mit Hilfe einer Messkluppe bzw. Schiebelehre, welche am Baumstamm in einer Höhe von 1 m platziert wurde.

Attemsgasse

Anhand der nachfolgenden Tabelle ist ein deutlicher Zuwachs des Stammdurchmessers über die gesamte Projektdauer zu erkennen. Im Jahr 2018 wurden Zuwächse von 0,1 cm bis 0,9 cm verzeichnet. Im nachfolgenden Jahr lag die Zuwachsrate zwischen 1,5 cm und 2,6 cm. Im Jahr 2020 erreichte Baum 4 den größten Zuwachs mit 3,3 cm an diesem Standort.

Tabelle 43: Ergebnisse des Stammdurchmessers [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse

Stammdurchmesser [cm] - Zuwachs					
Attemsgasse 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Celtis australis</i>	0,9	1,5	2,8
2	13	<i>Celtis australis</i>	0,1	2,0	2,8
3	13	<i>Celtis australis</i>	0,6	1,9	2,6
4	13	<i>Celtis australis</i>	0,4	2,6	3,3

Edith-Piaf-Straße

Von 2018 bis 2020 sind Zunahmen, wie auch Abnahmen des Stammdurchmessers zu erkennen (siehe Tabelle 44). Im Jahr 2018 konnten in fünf von sechs Fällen bei den Pflanzungen in der Substratvariante 13 (SAVE) höhere Zuwachswerte verzeichnet werden. Dabei wurde der größte Zuwachs mit 1,5 cm bei der Gehölzart *Ulmus* 'New Horizon' gemessen. In den nachfolgenden Jahren gab es sowohl Zuwächse bei den Gehölzpflanzungen in der Substratvariante 13, als auch in der Substratvariante 12. Der höchste Zuwachswert in diesen zwei Untersuchungsperioden wurde ebenfalls bei der Baumart *Ulmus* 'New Horizon', welche jedoch in der Substratvariante 12 (Wiener Baums substrat) gepflanzt wurde, erfasst. Im Jahr 2019 lag der Zuwachs bei 2,0 cm und im Jahr 2020 stieg dieser um 3,0 cm an. Anzumerken ist jedoch, dass die Gehölzpflanzungen 7–12, welche sich in der tieferen Sicker mulde befinden, höhere Zuwachsleistungen über die gesamte Projektdauer aufweisen.

Tabelle 44: Ergebnisse des Stammdurchmessers [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße

Stammdurchmesser [cm] - Zuwachs					
Edith-Piaf-Straße 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	0,6	0,1	0,0
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	0,4	0,0	0,2
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,4	0,2	0,3
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,1	0,2	0,2
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0,0	0,0	0,1
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0,1	0,0	0,6
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	0,6	2,0	3,0
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	1,5	0,0	1,2
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	0,1	0,3	0,5
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	0,6	0,5	0,8
11	12	<i>Celtis australis</i>	0,2	0,4	0,7
12	13	<i>Celtis australis</i>	0,5	0,3	0,7

Kuchelauer Hafen

Anhand der Tabelle 45 sind sowohl Zunahmen, als auch Abnahmen des Stammdurchmessers zu erkennen. Im Jahr 2018 wurden Zuwächse von 0,0 cm bis 1,0 cm verzeichnet. Dabei wurde der größte Zuwachs bei Baum 1 gemessen. Im nachfolgenden Jahr kam es bei sechs Gehölzen zu geringeren Zuwächsen als im Vorjahr. Die höchste Zuwachsleistung erreichte Baum 4 und 10 mit jeweils 0,4 cm. Im Jahr 2020 legten die Gehölze zwischen 0,0 cm und 0,9 cm an Wachstum zu. Pflanzung 1 in der Substratvariante 16 entwickelte sich am besten. Wohingegen Baum 5, 9 und 11 keinen Zuwachs zeigten.

Tabelle 45: Ergebnisse des Stammdurchmessers [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen

Stammdurchmesser [cm] - Zuwachs					
Kuchelauer Hafen 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	16	<i>Celtis australis</i>	1,0	0,1	0,9
2	16	<i>Celtis australis</i>	0,5	0,3	0,5
3	16	<i>Celtis australis</i>	0,2	0,2	0,1
4	15	<i>Celtis australis</i>	0,2	0,4	0,3
5	14	<i>Celtis australis</i>	0,0	0,2	0,0
6	14	<i>Celtis australis</i>	0,0	0,1	0,7
7	13	<i>Celtis australis</i>	0,4	0,3	0,5
8	12	<i>Celtis australis</i>	0,3	-0,1	-0,1
9	12	<i>Celtis australis</i>	0,3	0,0	0,0
10	13	<i>Celtis australis</i>	0,3	0,4	0,2
11	15	<i>Celtis australis</i>	0,0	0,2	0,0

5.1.1.2. Stammumfang

Die Erhebung des Stammumfangs erfolgte mittels eines Maßbands, welches in 1 m Höhe um den Baumstamm gelegt wurde.

Attemsgasse

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse des Stammumfangs vom Jahr 2018 bis Jahr 2020. Dabei ist wiederum ein deutlicher Anstieg der Zuwächse zu erkennen. Besonders im letzten Jahr lagen die Zuwächse zwischen 8,0 cm und 10,3 cm. Baum 4, als auch Baum 2 wiesen über die gesamte Projektdauer eine solide Zuwachslleistung auf.

Tabelle 46: Ergebnisse des Stammumfangs [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse

Stammumfang [cm] - Zuwachs					
Attemsgasse 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Celtis australis</i>	1,4	4,9	8,7
2	13	<i>Celtis australis</i>	1,4	7,2	9,3
3	13	<i>Celtis australis</i>	1,3	6,5	8,0
4	13	<i>Celtis australis</i>	2,1	7,0	10,3

Edith-Piaf-Straße

Die Tabelle 47 zeigt die Ergebnisse des Stammumfangs vom Jahr 2018 bis Jahr 2020. Dabei ist größtenteils ein Anstieg der Zuwächse zu erkennen. Im ersten Jahr verzeichneten vier von sechs Gehölzarten, welche in der Substratvariante 13 gepflanzt wurden, einen höheren Zuwachs. Bei Baum 8 wurde mit 1,3 cm die höchste Zuwachsleistung festgestellt. Im Gegensatz dazu verzeichneten die Gehölze 4, 10 und 12 keinen Zuwachs. Im Jahr 2019 entwickelte sich die Baumart *Ulmus* 'New Horizon' mit 6,4 cm Zuwachs am besten. Die gemittelten Messungen im Jahr 2020 wiesen enorme Unterschiede in Bezug auf die Entwicklung des Stammumfangs auf. Diese erstreckten sich zwischen 0,1 cm (Baum 5) und 7,7 cm (Baum 7).

Tabelle 47: Ergebnisse des Stammumfangs [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße

Stammumfang [cm] - Zuwachs					
Edith-Piaf-Straße 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	0,3	1,0	1,1
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	0,2	0,0	0,2
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,3	0,4	1,5
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,0	0,0	1,7
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0,4	0,0	0,1
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0,1	0,0	1,5
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	0,7	6,4	7,7
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	1,3	1,6	5,0
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	1,0	1,0	1,5
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	0,0	2,1	2,8
11	12	<i>Celtis australis</i>	0,9	1,4	1,8
12	13	<i>Celtis australis</i>	0,0	2,2	2,5

Kuchelauer Hafen

In Tabelle 48 ist im Jahr 2018 ein Zuwachs des Stammumfangs zwischen 0,2 cm und 0,7 cm zu erkennen. Im Vergleich dazu lagen die Zuwachswerte im Jahr 2019 zwischen 0,9 cm und 2,0 cm. Obwohl Baum 9 einen Zuwachs von 5,6 cm vorzuweisen hat, kann dieser Wert nicht zum Vergleich hinzugezogen werden, da es sich womöglich um eine Fehlermessung handelt, wie der Negativwert 2020 zeigt.

Im letzten Jahr lagen die Zuwächse zwischen 0,4 cm und 2,6 cm. Baum 1, 7 und 10 wiesen über die gesamte Projektdauer eine solide Zuwachsleistung auf.

Tabelle 48: Ergebnisse des Stammumfangs [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen

Stammumfang [cm] - Zuwachs					
Kuchelauer Hafen 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	16	<i>Celtis australis</i>	0,5	1,8	2,6
2	16	<i>Celtis australis</i>	0,4	1,7	1,6
3	16	<i>Celtis australis</i>	0,4	1,5	1,4
4	15	<i>Celtis australis</i>	0,3	2,0	1,9
5	14	<i>Celtis australis</i>	0,3	1,3	1,2
6	14	<i>Celtis australis</i>	0,7	1,3	0,9
7	13	<i>Celtis australis</i>	0,2	1,7	2,2
8	12	<i>Celtis australis</i>	0,2	1,1	0,4
9	12	<i>Celtis australis</i>	0,4	5,6	–4,5
10	13	<i>Celtis australis</i>	0,4	1,3	2,0
11	15	<i>Celtis australis</i>	0,3	0,9	1,9

5.1.1.3. Kronendurchmesser

Für die Messung des Kronendurchmessers wurden anhand von zwei Teleskopnivellierlatten die äußeren Kronenäste anvisiert, um den Abstand messen zu können. In der Attemsgasse und Edith-Piaf-Straße wurden die Latten parallel und am Versuchsstandort Kuchelauer Hafen normal zur Straße ausgerichtet.

Attemsgasse

Die Ergebnisse des Kronendurchmessers zeigen ebenfalls einen Anstieg von Jahr zu Jahr (siehe untenstehende Tabelle). Den höchsten Wert von 2,4 m erzielte Baum 2 im Jahr 2019. Jedoch verzeichnet dieser Baum im Jahr 2020 nur einen Zuwachs von 1 m und stellt sogleich den geringsten Wert dar.

Tabelle 49: Ergebnisse des Kronendurchmessers [m], Vegetationsperiode 2018– 2020; Attemsgasse

Kronendurchmesser [m] - Zuwachs					
Attemsgasse 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Celtis australis</i>	0,7	1,1	1,2
2	13	<i>Celtis australis</i>	1,4	2,4	1,0
3	13	<i>Celtis australis</i>	0,8	0,8	1,4
4	13	<i>Celtis australis</i>	0,4	1,1	1,3

Edith-Piaf-Straße

Im ersten Untersuchungsjahr (2018) lagen die Zuwachswerte der Kronenbreite zwischen 0,1 m und 0,3 m. Dabei erzielten vorwiegend die Gehölze in der Substratvariante 13 die höchste Zuwachsleistung. Anhand der Tabelle 50 sind im Jahr 2019 vier negative Messungen verzeichnet worden. Diese Ungenauigkeiten ergaben sich möglicherweise durch Umwelteinflüsse wie Wind, Objektschäden oder unterschiedliche Messungsausrichtung. Die restlichen Gehölze wiesen eine Zuwachsleistung von 0,1 m bis 0,6 m auf, wobei die Baumart *Ulmus* 'New Horizon' sowohl in der Substratvariante 13, als auch in der Substratvariante 12 den größten Zuwachs erreichte. Im Jahr 2020 verzeichneten die gesamten sechs Gehölze in der Substratvariante 13 den höchsten Zuwachs. Vor allem die Baumart *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' schnitt in diesem Jahr mit einem Zuwachswert von 0,5 m am besten ab.

Tabelle 50: Ergebnisse des Kronendurchmessers [m], Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße

Kronendurchmesser [m] - Zuwachs					
Edith-Piaf-Straße 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	0,0	0,1	0,5
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	0,0	–0,1	0,4
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,2	–0,5	0,4
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,1	–0,1	0,0
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0,2	0,0	0,4
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0,3	–0,2	1,1
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	0,2	0,1	–0,1
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	0,3	0,0	0,0
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	0,2	0,6	0,2
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	0,3	0,6	0,3
11	12	<i>Celtis australis</i>	0,1	0,4	0,1
12	13	<i>Celtis australis</i>	0,3	0,4	0,2

Kuchelauer Hafen

Im ersten Projektjahr lagen die Zuwächse im Kronenbereich zwischen 0,0 m und 0,3 m. Dabei erreichten die Gehölze 1, 6 und 7 die höchste Zuwachsleistung. Im folgenden Jahr 2019 wurden während der gesamten Projektdauer die breitesten Kronen gemessen. Deren Zuwächse betragen bis zu 0,7 m, wie dies bei Baum 6 in der Substratvariante 14 der Fall war (siehe Tabelle 51). Im Jahr 2020 wurden Zuwachswerte zwischen 0,0 m und 0,4 m erzielt. Vor allem die Bäume 3 und 11, welche sich in der Substratvariante 16 und 15 befinden, schnitten in diesem Jahr am besten ab.

Tabelle 51: Ergebnisse des Kronendurchmessers [m], Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen

Kronendurchmesser [m] - Zuwachs					
Kuchelauer Hafen 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	16	<i>Celtis australis</i>	0,3	0,6	0,0
2	16	<i>Celtis australis</i>	0,1	0,4	0,3
3	16	<i>Celtis australis</i>	0,2	0,3	0,4
4	15	<i>Celtis australis</i>	0,1	0,4	0,1
5	14	<i>Celtis australis</i>	0,0	0,6	0,1
6	14	<i>Celtis australis</i>	0,3	0,7	0,1
7	13	<i>Celtis australis</i>	0,3	0,2	0,2
8	12	<i>Celtis australis</i>	0,0	0,3	–0,3
9	12	<i>Celtis australis</i>	0,1	0,4	–0,1
10	13	<i>Celtis australis</i>	0,0	0,5	0,3
11	15	<i>Celtis australis</i>	0,1	0,5	0,4

5.1.1.4. Baumhöhe

Die Ermittlung der Baumhöhe wurde bei jedem Gehölz durchgeführt. Mit Hilfe eines Messgeräts wurde die Höhendifferenz zwischen dem Stammfuß und dem höchstgelegenen Kronenast eruiert.

Attemsgasse

Bei der Entwicklung der Baumhöhe am Standort Attemsgasse ist eine markante Abnahme festzustellen. Anhand der folgenden Tabelle ist im Jahr 2018 ein Zuwachs zwischen 1,1 m und 1,2 m zu erkennen. Im Vergleich dazu lagen die Zuwachswerte im Jahr 2019 zwischen 0,1 m und 0,6 m. Die Messungen der Baumhöhe im letzten Jahr zeigten Ergebnisse zwischen 0,1 m (Baum 2 und 3) bis 0,5 m (Baum 4). Trotz Abnahme performte Baum 4 über den gesamten Untersuchungszeitraum am besten.

Tabelle 52: Ergebnisse der Baumhöhe [m], Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse

Baumhöhe [m] - Zuwachs					
Attemsgasse 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Celtis australis</i>	1,2	0,1	0,0
2	13	<i>Celtis australis</i>	1,1	0,4	0,1
3	13	<i>Celtis australis</i>	1,2	0,3	0,1
4	13	<i>Celtis australis</i>	1,1	0,6	0,5

Edith-Piaf-Straße

Im Jahr 2018 wurden Zuwachswerte der Baumhöhe zwischen 0,2 m und 1,0 m verzeichnet. Dabei erzielte die Gehölzart *Celtis australis* in der Substratvariante 13 die höchste Zuwachsleistung. Die Zuwächse im Jahr 2019 lagen zwischen 0,1 m und 1,4 m, wobei Baum 10 den Rekordzuwachs erreichte. Der geringste Zuwachs wurde bei dem Baum 1 *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' gemessen, welcher in der Substratvariante 13 gepflanzt wurde. Anhand der Tabelle 53 wurden im Jahr 2020 sieben negative Messungen verzeichnet. Wie schon erwähnt, können diese Ungenauigkeiten durch diverse Einflüsse etc. entstehen. Aufgrund dessen werden die Messungen 2020 vom Vergleich mit den Jahren 2018 und 2019 ausgenommen.

Tabelle 53: Ergebnisse der Baumhöhe [m], Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße

Baumhöhe [m] - Zuwachs					
Edith-Piaf-Straße 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	0,3	0,1	0,2
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	0,8	0,6	0,1
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,5	0,4	0,1
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,6	0,4	-0,2
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0,6	0,8	-0,8
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0,2	0,9	-0,2
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	0,5	0,7	0,4
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	0,5	0,7	-0,2
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	0,8	0,6	-0,8
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	0,9	1,4	-0,9
11	12	<i>Celtis australis</i>	0,8	0,7	-0,5
12	13	<i>Celtis australis</i>	1,0	0,6	0,0

Kuchelauer Hafen

Bei der Entwicklung der Baumhöhe am Standort Kuchelauer Hafen ist teilweise eine Abnahme der Zuwächse festzustellen. Mittels der Tabelle 54 wurden im Jahr 2018 Zuwachswerte zwischen 0,5 m und 1,1 m gemessen. Besonders Baum 6 in der Substratvariante 14 ist hier hervorzuheben. Im Vergleich dazu liegen die Werte im Jahr 2019 zwischen 0,0 m und 0,4 m. Die Messungen der Baumhöhe im letzten Untersuchungsjahr ergaben bei Baum 6 einen Zuwachs von 0,4 m, hingegen bei Baum 3, 7 und 10 wurde keine Entwicklung erkannt.

Tabelle 54: Ergebnisse der Baumhöhe [m], Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen

Baumhöhe [m] - Zuwachs					
Kuchelauer Hafen 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	16	<i>Celtis australis</i>	0,7	0,0	–0,2
2	16	<i>Celtis australis</i>	0,5	0,1	0,2
3	16	<i>Celtis australis</i>	0,7	0,2	0,0
4	15	<i>Celtis australis</i>	0,8	0,0	0,3
5	14	<i>Celtis australis</i>	0,5	0,0	0,2
6	14	<i>Celtis australis</i>	1,1	–0,3	0,4
7	13	<i>Celtis australis</i>	0,5	0,4	0,0
8	12	<i>Celtis australis</i>	0,8	0,2	–0,1
9	12	<i>Celtis australis</i>	0,8	0,0	0,1
10	13	<i>Celtis australis</i>	0,7	0,4	0,0
11	15	<i>Celtis australis</i>	0,7	0,3	0,1

Kurzfassung – Grundparameter

- Bei den Gehölzen (*Celtis australis*) in der Attemsgasse, welche im SAVE-Baumsubstrat (SV 13) gepflanzt wurden, wurden deutliche Zuwächse des Stammdurchmessers/ -umfangs, der Kronenbreite und Baumhöhe festgestellt. Die Baumpflanzungen 2 und 4 (jeweils mit Zufluss) schnitten dabei am besten ab.
- In der Edith-Piaf-Straße wurden je nach Baumart unterschiedliche Zuwachswerte festgestellt. Die Gehölzart *Ulmus* 'New Horizon' erzielte bei den Parametern Stammdurchmesser, Stammumfang und Kronenbreite deutliche Zuwächse. Im Gegensatz dazu wurde bei der Baumart *Gleditsia triacanthos* die größte Zunahme der Baumhöhe gemessen.
- Im Kuchelauer Hafen wurden deutliche Unterschiede zwischen den gepflanzten Bäumen 8 und 9 (Wiener Baumsubstrat) und den Baumpflanzungen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10 und 11 (SAVE-Baumsubstrat) erkannt. Dabei erzielten die Gehölze in den SAVE-Baumsubstraten bessere Ergebnisse im Bereich der gesamten Grundparameter, als die im Wiener Baumsubstrat. Der Grund für die geringe Entwicklung dürfte die Verschlämmung der Baumscheibe sein.
- An den drei Standorten wurde eine positive Gehölzentwicklung festgestellt. Besonders die Gehölze in der Attemsgasse, welche eine Anwuchspflege erhielten, sind hier hervorzuheben. Die einzige Ausnahme stellten jedoch die Bäume im Wiener Baumsubstrat am Versuchsstandort Kuchelauer Hafen dar.

5.1.2. Gehölzvitalität

Dieser Teilabschnitt beinhaltet die Vitalitätsentwicklung der untersuchten Gehölze, welche monatlich aufgenommen wurden. Wie schon vorab beschrieben, werden die Vitalitätsstufen nach Roloff (ROLOFF¹, 2015) herangezogen. Anhand dieser Stufen, welche zwischen 0 (vollkommen vital, unbeschädigte Laubbäume) und 4 (abgestorbene Bäume mit keiner erkennbaren Vitalität) liegen, wird die Gehölzvitalität bewertet.

Attemsgasse

Mittels der Tabelle 55 ist zu erkennen, dass die Vitalität der Gehölze in der Attemsgasse während der gesamten Projektdauer zwischen den Vitalitätsstufen 0 und 1 lagen. Dies lässt sich möglicherweise auf die Anwuchspflege zurückführen, wodurch die Gehölze mit ausreichend Wasser versorgt wurden. Im Jahr 2018 befanden sich die Durchschnittswerte zwischen 0,2 und 0,3. In den nachfolgenden Jahren ist eine geringe Verschlechterung der Vitalität zu verzeichnen.

Tabelle 55: Ergebnisse der Vitalität, Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse

Vitalität					
Attemsgasse 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Celtis australis</i>	0,3	0,5	0,4
2	13	<i>Celtis australis</i>	0,2	0,4	0,6
3	13	<i>Celtis australis</i>	0,3	0,4	0,4
4	13	<i>Celtis australis</i>	0,3	0,5	0,6

Edith-Piaf-Straße

Am Standort Edith-Piaf-Straße variierten die Vitalitätswerte in der Vegetationsperiode 2018 zwischen 0,3 und 2,5. Die vitalste Baumart in diesem Jahr war *Acer campestre* 'Elsrijk', welche in der Substratvariante 13 gepflanzt wurde. Am schlechtesten schnitt die Gehölzart *Celtis australis* in der Substratvariante 12 ab. Im Jahr 2019 verzeichnete jede Pflanzung eine Abnahme der Vitalität. Die Gehölze 3 und 4 (*Acer campestre* 'Elsrijk') wurden mit einem Wert von 0,9 als die vitalsten Pflanzungen eingestuft. Baum 11 wurde mit einem Durchschnittswert von 3,0 bewertet. Daher konnten die Vitalitätsergebnisse den Stufen 1 bis 3 zugeordnet werden. Im letzten Jahr waren sowohl Zunahmen, als auch Abnahmen der Vitalität zu erkennen (siehe Tabelle 56). Baum 7, *Ulmus* 'New Horizon', zeigte mit einem Wert von 0,6 eine besonders positive Vitalitätsentwicklung. Im Gegensatz dazu ist dies bei den Bäumen 5 und 6 (*Fraxinus excelsior* 'Altena') nicht der Fall. Diese wiesen im Durchschnitt einen Wert von 2,7 auf.

Tabelle 56: Ergebnisse der Vitalität, Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße

Vitalität					
Edith-Piaf-Straße 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	1,3	2,6	2,1
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	2,1	2,9	2,3
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,4	0,9	1,4
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,3	0,9	1,3
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0,8	1,9	2,7
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	1,2	2,1	2,7
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	0,8	1,7	0,6
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	1,0	2,0	1,1
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	1,2	1,5	1,8
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	0,8	1,6	1,3
11	12	<i>Celtis australis</i>	2,5	3,0	2,3
12	13	<i>Celtis australis</i>	2,1	2,2	1,7

Kuchelauer Hafen

In der nachfolgenden Tabelle ist zu sehen, dass eine Zunahme, als auch eine Abnahme der Vitalität zu erkennen ist. Im Jahr 2018 erschienen die Gehölzpflanzungen 4 und 7 am vitalsten, da diese einen Wert von 0,8 aufwiesen. Baum 5 wurde mit einem Wert von 2,0 als Pflanzung mit geminderter Vitalität eingestuft. Im nächsten Jahr lagen die Durchschnittswerte zwischen 0,7 (Baum 10) und 3,3 (Baum 9). Im Untersuchungszeitraum 2020 variierten die Vitalitätswerte von 1,4 bis 3,5. Dabei erzielte Baum 10 den geringsten Wert. Im Gegensatz dazu zeigten die Pflanzungen 8 und 9, welche in der Substratvariante 12 gepflanzt wurden, eine stark verminderte Vitalität. Dies lässt sich möglicherweise auf die verschlammten Baumscheiben zurückführen, wodurch einerseits die Versickerung von Wasser, als auch der Bodenluftaustausch eingeschränkt werden.

Tabelle 57: Ergebnisse der Vitalität, Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen

Vitalität					
Kuchelauer Hafen 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	16	<i>Celtis australis</i>	1,0	1,2	2,0
2	16	<i>Celtis australis</i>	1,5	0,9	1,6
3	16	<i>Celtis australis</i>	1,5	1,9	2,2
4	15	<i>Celtis australis</i>	0,8	1,1	1,5
5	14	<i>Celtis australis</i>	2,0	2,1	2,2
6	14	<i>Celtis australis</i>	1,8	1,2	1,9
7	13	<i>Celtis australis</i>	0,8	1,3	1,9
8	12	<i>Celtis australis</i>	1,0	3,2	3,5
9	12	<i>Celtis australis</i>	1,2	3,3	3,5
10	13	<i>Celtis australis</i>	1,0	0,7	1,4
11	15	<i>Celtis australis</i>	1,0	1,3	2,3

Kurzfassung - Gehölzvitalität

- In der Attemsgasse wurden die Gehölze (*Celtis australis*) mit ausgezeichneter Vitalität beurteilt. Zwischen den Baumscheiben wurde kein deutlicher Unterschied festgestellt.
- Am Standort Edith-Piaf-Straße erhielt während der gesamten Projektdauer die Gehölzart *Acer campestre* die beste Vitalitätsbeurteilung. Die Baumpflanzungen im SAVE-Baums substrat (SV 13) stellten eine erfolgreichere Vitalitätsentwicklung, als jene im Wiener Baums substrat (SV 12) dar.
- Im Kuchelauer Hafen wurden signifikante Vitalitätsunterschiede zwischen den Gehölzen im Wiener Baums substrat (SV 12) und den Pflanzungen in den unterschiedlichen Varianten des SAVE-Baums substrat (SV 13, 14, 15 und 16) bemerkt. Dabei weisen die Gehölze in den SAVE-Baums substraten im Gegensatz zu den Bäumen im Wiener Baums substrat eine deutlich bessere Vitalitätsentwicklung auf. Die geringe Entwicklung der Substratvariante 12 ist auf die Verschlammung der Baumscheibe zurückzuführen.
- An den Standorten wurden diverse Vitalitätswerte festgestellt. Jedoch schnitten anhand der Beurteilung die Gehölzarten *Acer campestre* 'Elsrijk', *Celtis australis*, *Gleditsia triacanthos* und *Ulmus* 'New Horizon' am besten ab. Die Gehölze im SAVE-Baums substrat entwickelten sich geringfügig besser, als jene im Wiener Baums substrat.

5.1.3. Gehölzschäden

Die Gehölzschäden, welche sich auf den Kronen-, Stamm- und Wurzelbereich beziehen, wurden monatlich erhoben. Dabei wurden die einzelnen Abschnitte auf Schadensmerkmale untersucht. Die nachfolgenden Tabellen, welche die Ergebnisse der einzelnen Standorte zeigen, stellen die aufsummierte Anzahl der Schäden pro Abschnitt dar.

Attemsgasse

Baum 1 wies im ersten Untersuchungsjahr fünf Schäden im Kronenbereich auf, während bei den restlichen Pflanzungen vier Schäden erhoben wurden. Im folgenden Jahr stieg die Anzahl an Schäden. Bei Baum 3 wurden sechs Schäden und bei Baum 1, 2 und 4 wurden jeweils sieben Schäden erkannt. Im Jahr 2020 verzeichnete Baum 4 die geringsten Schäden, wie Tabelle 58 zeigt. Während bei Baum 2 fünf Schadensmerkmale zu erkennen sind.

Tabelle 58: Ergebnisse der Schäden im Bereich der Krone (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse

Schäden - Bereich Krone					
Attemsgasse 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Celtis australis</i>	5	7	4
2	13	<i>Celtis australis</i>	4	7	5
3	13	<i>Celtis australis</i>	4	6	4
4	13	<i>Celtis australis</i>	4	7	3

Im Jahr 2018 wurden bei Baum 1 bis 4 jeweils drei Stammschäden entdeckt. Dabei handelte es sich vorwiegend um Wund- und Schnittstellen, sowie um Aufplatzungen an der Rinde. Im nachfolgenden Jahr wurden die meisten Schäden an Baum 1 und 3 erhoben. Anhand der Tabelle 59 ist zu erkennen, dass im Jahr 2020 die Anzahl an Schäden zwischen zwei und drei variierte.

Tabelle 59: Ergebnisse der Schäden im Bereich des Stammes (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse

Schäden - Bereich Stamm					
Attemsgasse 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Celtis australis</i>	3	3	2
2	13	<i>Celtis australis</i>	3	2	3
3	13	<i>Celtis australis</i>	3	3	3
4	13	<i>Celtis australis</i>	3	1	2

Mittels der Tabelle 60 ist zu sehen, dass die Anzahl der Schadbilder im Wurzelbereich gering ist. So wurde im Jahr 2018 nur ein Schaden an Baum 1 festgestellt, während im Jahr 2019 zwei Schäden verzeichnet wurden.

Tabelle 60: Ergebnisse der Schäden im Bereich der Wurzel (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse

Schäden - Bereich Wurzel					
Attemsgasse 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Celtis australis</i>	1	2	0
2	13	<i>Celtis australis</i>	0	0	0
3	13	<i>Celtis australis</i>	0	0	0
4	13	<i>Celtis australis</i>	0	0	0

Edith-Piaf-Straße

Am Standort Edith-Piaf-Straße wurden 2018 zwischen drei und sechs Kronenschäden entdeckt (siehe Tabelle 61). Die meisten Beschädigungen wurden bei der Baumart *Celtis australis* gefunden. Die Schadensmerkmale sind im folgenden Jahr bei jeder Pflanzung gestiegen. Bei Baum 2 wurde die höchste Anzahl an Schäden (zehn) wahrgenommen. Baum 4 wies hingegen nur fünf Schadensfälle auf. Im Jahr 2020 variierten die Kronenschäden zwischen fünf und sieben. Am besten schnitt Baum 3 mit insgesamt fünf Schäden ab.

Tabelle 61: Ergebnisse der Schäden im Bereich der Krone (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße

Schäden - Bereich Krone					
Edith-Piaf-Straße 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	5	7	7
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	5	10	6
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	4	6	5
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	4	5	6
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	4	8	6
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	4	7	6
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	5	6	7
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	5	9	7
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	4	6	6
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	3	6	6
11	12	<i>Celtis australis</i>	6	7	6
12	13	<i>Celtis australis</i>	6	8	6

In der ersten Versuchsperiode wurde zwischen einem Schaden und vier Schäden gezählt. Die geringste Anzahl an Beeinträchtigungen verzeichnete die Baumart *Celtis australis* (Baum 11 und 12). Bei den Bäumen 1 und 10 wurden jeweils vier Beschädigungen festgestellt. Im Jahr 2019 verzeichneten die Bäume 1–8 je drei Stammschäden. Die Tabelle 62 zeigt, dass die Gehölzart *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' die meisten Schäden davontrug. Im Gegensatz dazu wurden bei Baum 11 und 12 die geringsten Mängel entdeckt. Im letzten Projektjahr wurden bei der Pflanzung 11 wiederum nur zwei Schäden festgestellt. Bei Gehölz 7 wurden hingegen sechs Stammschäden erhoben, wodurch dieses Gehölz am stärksten von Beschädigungen betroffen war.

Tabelle 62: Ergebnisse der Schäden im Bereich des Stammes (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße

Schäden - Bereich Stamm					
Edith-Piaf-Straße 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	4	3	4
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	3	3	4
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	2	3	4
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	2	3	3
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	2	3	4
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	2	3	3
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	2	3	6
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	2	3	4
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	3	4	5
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	4	4	4
11	12	<i>Celtis australis</i>	1	2	2
12	13	<i>Celtis australis</i>	1	1	3

Anhand der Tabelle 63 ist zu erkennen, dass die Anzahl der Wurzelschäden während der gesamten Projektdauer zwischen null und zwei lag. Im Jahr 2018 verzeichneten die Gehölzpflanzungen 5, 6, 7, 8, 11 und 12 die geringsten Schäden. Im nachfolgenden Jahr wurden bei den Bäumen 4–8 und 10–12 keine Mängel erhoben. Auch im Jahr 2020 verzeichneten acht von zwölf Pflanzungen keinen Wurzelschaden.

Tabelle 63: Ergebnisse der Schäden im Bereich der Wurzel (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße

Schäden - Bereich Wurzel					
Edith-Piaf-Straße 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	2	2	1
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	1	1	2
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	1	1	0
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	1	0	1
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0	0	0
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0	0	0
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	0	0	1
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	0	0	0
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	1	2	0
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	1	0	0
11	12	<i>Celtis australis</i>	0	0	0
12	13	<i>Celtis australis</i>	0	0	0

Kuchelauer Hafen

Bei Baum 3 wurden im ersten Untersuchungsjahr drei Schäden im Kronenbereich entdeckt. Die restlichen Pflanzungen wiesen zwischen vier und fünf Mängel auf. Die Anzahl an Schäden stieg im folgenden Jahr bei jeder Pflanzung deutlich an, wie die Tabelle 64 zeigt. Die meisten Beschädigungen wurden bei Baum 9, welcher elf Schäden aufwies, gefunden. Im Jahr 2020 variierten die Kronenschäden zwischen fünf und neun. Besonders bei Baum 8 und 9 wurden die meisten Schadensmerkmale festgestellt.

Tabelle 64: Ergebnisse der Schäden im Bereich der Krone (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen

Schäden - Bereich Krone					
Kuchelauer Hafen 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	16	<i>Celtis australis</i>	5	8	7
2	16	<i>Celtis australis</i>	5	7	5
3	16	<i>Celtis australis</i>	3	7	7
4	15	<i>Celtis australis</i>	4	6	5
5	14	<i>Celtis australis</i>	5	7	7
6	14	<i>Celtis australis</i>	4	7	6
7	13	<i>Celtis australis</i>	4	6	6
8	12	<i>Celtis australis</i>	5	8	9
9	12	<i>Celtis australis</i>	4	11	9
10	13	<i>Celtis australis</i>	4	6	5
11	15	<i>Celtis australis</i>	4	8	5

Im Jahr 2018 wurden am Stamm zwischen null und zwei Schäden gezählt. Am besten schnitten die Pflanzungen 8, 9 und 10 ab. Im nachfolgenden Jahr wiesen die Bäume 1–4, 6 und 7 jeweils drei Stammschäden und die Gehölze 5, 8, 9, 10 und 11 je zwei Mängel auf. Die Tabelle 65 zeigt, dass im Jahr 2020 bei jeder Gehölzpflanzung drei Schadbilder gesichtet wurden.

Tabelle 65: Ergebnisse der Schäden im Bereich des Stammes (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen

Schäden - Bereich Stamm					
Kuchelauer Hafen 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	16	<i>Celtis australis</i>	1	3	3
2	16	<i>Celtis australis</i>	1	3	3
3	16	<i>Celtis australis</i>	2	3	3
4	15	<i>Celtis australis</i>	2	3	3
5	14	<i>Celtis australis</i>	1	2	3
6	14	<i>Celtis australis</i>	1	3	3
7	13	<i>Celtis australis</i>	2	3	3
8	12	<i>Celtis australis</i>	0	2	3
9	12	<i>Celtis australis</i>	0	2	3
10	13	<i>Celtis australis</i>	0	2	3
11	15	<i>Celtis australis</i>	1	2	3

Anhand der Tabelle 66 ist zu erkennen, dass die Anzahl der Wurzelschäden im ersten Projektjahr zwischen null und eins lag. Im Jahr 2019 wurden bei den Gehölzpflanzungen 1–6, und 10 die geringsten Mängel entdeckt. Die Bäume 8, 9 und 11 erzielten hingegen mit je zwei Schäden die meisten Beeinträchtigungen. Im nachfolgenden Jahr verzeichneten alle elf Pflanzungen Wurzelschäden, wobei Baum 10 die meisten Mängel aufwies.

Tabelle 66: Ergebnisse der Schäden im Bereich der Wurzel (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen

Schäden - Bereich Wurzel					
Kuchelauer Hafen 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	16	<i>Celtis australis</i>	0	0	1
2	16	<i>Celtis australis</i>	0	0	1
3	16	<i>Celtis australis</i>	0	0	1
4	15	<i>Celtis australis</i>	1	0	2
5	14	<i>Celtis australis</i>	0	0	1
6	14	<i>Celtis australis</i>	0	0	2
7	13	<i>Celtis australis</i>	1	1	1
8	12	<i>Celtis australis</i>	1	2	3
9	12	<i>Celtis australis</i>	1	2	2
10	13	<i>Celtis australis</i>	0	0	4
11	15	<i>Celtis australis</i>	1	2	3

Kurzfassung - Gehölzschäden

- Aufgrund der umfangreichen Aufnahme der Schadbilder wurden unzählige kleinere Schäden aufgenommen, welche für die zukünftige Vegetationsentwicklung geringfügig essentiell sind. Wesentliche Mängel, wie beispielsweise abgestorbene Triebspitzen, Spitzendürre etc. wurden bei der Vitalitätsbeurteilung registriert und mitbewertet.

5.1.4. Laubaustrieb und Laubabwurf

Der Laubaustrieb, sowie der Laubabwurf wurden für jedes Gehölz während der Projektjahre festgehalten. Nachfolgend werden die Kalenderwochen präsentiert, in denen dies stattfand.

Attemsgasse

Der Laubaustrieb fand im Jahr 2019 bei den Gehölzen zwischen der Kalenderwoche 11 und 14 statt. Im Vergleich dazu fing der Austrieb in den Jahren 2018 und 2020 erst in der 15. Woche an. Am längsten benötigte jedoch Baum 4 im Jahr 2018, wie anhand der Tabelle 67 zu erkennen ist.

Tabelle 67: Ergebnisse des Laubaustriebs, Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse

Laubaustrieb					
Attemsgasse 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Celtis australis</i>	KW 15	KW 14	KW 15
2	13	<i>Celtis australis</i>	KW 16	KW 11	KW 15
3	13	<i>Celtis australis</i>	KW 17	KW 12	KW 15
4	13	<i>Celtis australis</i>	KW 18	KW 12	KW 15

Der Laubabwurf endete in den Jahren 2018, 2019 und 2020 bei (fast) allen vier Pflanzungen in derselben Kalenderwoche (siehe Tabelle 68). Im Jahr 2020 fand der Blattabwurf jedoch schon deutlich früher statt, als in den Jahren zuvor.

Tabelle 68: Ergebnisse des Laubabwurfs, Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse

Laubabwurf					
Attemsgasse 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Celtis australis</i>	KW 48	KW 49	KW 46
2	13	<i>Celtis australis</i>	KW 48	KW 49	KW 46
3	13	<i>Celtis australis</i>	KW 48	KW 49	KW 47
4	13	<i>Celtis australis</i>	KW 48	KW 49	KW 46

Edith-Piaf-Straße

Im Jahr 2018 fand der Laubaustrieb am Standort Edith-Piaf-Straße zwischen der 14. und 16. Kalenderwoche statt. Im nachfolgenden Jahr trieben sieben Gehölze schon in der 13. Kalenderwoche aus. Auffallend ist, dass im letzten Untersuchungsjahr die Baumart *Fraxinus excelsior* 'Altena' besonders spät austrieb, nämlich erst in der 18. Kalenderwoche (siehe Tabelle 69).

Tabelle 69: Ergebnisse des Laubaustriebs, Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße

Laubaustrieb					
Edith-Piaf-Straße 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	KW 14	KW 13	KW 13
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	KW 14	KW 13	KW 13
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	KW 16	KW 13	KW 15
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	KW 16	KW 14	KW 15
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	KW 16	KW 16	KW 18
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	KW 16	KW 16	KW 18
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	KW 15	KW 13	KW 15
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	KW 15	KW 13	KW 15
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	KW 16	KW 15	KW 16
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	KW 16	KW 15	KW 16
11	12	<i>Celtis australis</i>	KW 15	KW 13	KW 15
12	13	<i>Celtis australis</i>	KW 15	KW 13	KW 15

Anhand der Tabelle 70 ist zu erkennen, dass der Laubabwurf zwischen der 42. und 51. Kalenderwoche stattfand und somit eine enorme Zeitspanne darstellt. Anzumerken ist, dass dieser Standort in einer sehr exponierten Lage liegt und zusätzlich unterschiedliche Baumarten gepflanzt wurden. Dadurch kann diese Schwankung erklärt werden.

Tabelle 70: Ergebnisse des Laubabwurfs, Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße

Laubabwurf					
Edith-Piaf-Straße 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	KW 51	KW 50	KW 50
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	KW 51	KW 50	KW 50
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	KW 48	KW 48	KW 46
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	KW 47	KW 47	KW 46
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	KW 44	KW 45	KW 44
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	KW 44	KW 44	KW 44
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	KW 49	KW 48	KW 50
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	KW 48	KW 47	KW 48
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	KW 42	KW 44	KW 43
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	KW 42	KW 44	KW 43
11	12	<i>Celtis australis</i>	KW 48	KW 47	KW 44
12	13	<i>Celtis australis</i>	KW 48	KW 47	KW 48

Kuchelauer Hafen

Im Frühjahr 2018 konnten keine Aufnahmen des Laubaustriebs durchgeführt werden, da die Gehölze zu diesem Zeitpunkt gepflanzt wurden. Das nachfolgende Jahr zeigt, dass im Kuchelauer Hafen der Laubaustrieb in der 14. und 15. Kalenderwoche stattfand. Im Vergleich dazu trieben die Gehölze im Jahr 2020 erst später aus, nämlich zwischen der 16. und 18. Woche (siehe Tabelle 71)

Tabelle 71: Ergebnisse des Laubaustriebs, Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen

Laubaustrieb					
Kuchelauer Hafen 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	16	<i>Celtis australis</i>	/	KW 15	KW 16
2	16	<i>Celtis australis</i>	/	KW 15	KW 16
3	16	<i>Celtis australis</i>	/	KW 15	KW 16
4	15	<i>Celtis australis</i>	/	KW 14	KW 17
5	14	<i>Celtis australis</i>	/	KW 14	KW 16
6	14	<i>Celtis australis</i>	/	KW 15	KW 17
7	13	<i>Celtis australis</i>	/	KW 14	KW 16
8	12	<i>Celtis australis</i>	/	KW 15	KW 18
9	12	<i>Celtis australis</i>	/	KW 15	KW 18
10	13	<i>Celtis australis</i>	/	KW 15	KW 16
11	15	<i>Celtis australis</i>	/	KW 14	KW 17

Anhand der nachfolgenden Tabelle sind keinerlei Regelmäßigkeiten in Bezug auf den Laubabwurf zu erkennen. Im Jahr 2020 war der Abwurf der Laubes früher beendet, als in den Jahren zuvor.

Tabelle 72: Ergebnisse des Laubabwurfs, Vegetationsperiode 2018– 2020; Kuchelauer Hafen

Laubabwurf					
Kuchelauer Hafen 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	16	<i>Celtis australis</i>	KW 48	KW 49	KW 45
2	16	<i>Celtis australis</i>	KW 48	KW 49	KW 45
3	16	<i>Celtis australis</i>	KW 48	KW 49	KW 47
4	15	<i>Celtis australis</i>	KW 48	KW 49	KW 45
5	14	<i>Celtis australis</i>	KW 47	KW 49	KW 46
6	14	<i>Celtis australis</i>	KW 47	KW 49	KW 46
7	13	<i>Celtis australis</i>	KW 48	KW 49	KW 45
8	12	<i>Celtis australis</i>	KW 46	KW 44	KW 45
9	12	<i>Celtis australis</i>	KW 48	KW 44	KW 46
10	13	<i>Celtis australis</i>	KW 48	KW 48	KW 46
11	15	<i>Celtis australis</i>	KW 48	KW 48	KW 46

Kurzfassung - Laubaustrieb und Laubabwurf

- In der Attemsgasse wurde während der gesamten Projektdauer ein unterschiedlicher Zeitpunkt des Laubaustriebs bzw. des Laubabwurfs ermittelt.
- Je nach Gehölzart wurden in der Edith-Piaf-Straße Unterschiede im Laubaustrieb, sowie im Laubabwurf erkannt. Auffallend war, dass die Baumart *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' deren Laub später ausbildete und deutlich früher verlor. Im Gegensatz dazu trieben die Blätter bei der Gehölzart *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' besonders früh aus. Der Laubabwurf erfolgte hingegen sehr spät.
- Im Kuchelauer Hafen wurden signifikante Unterschiede zwischen den Gehölzen im Wiener Baums substrat (SV 12) und den Pflanzungen in den unterschiedlichen Varianten des SAVE-Baums substrat (SV 13, 14, 15 und 16) festgestellt. Dabei fand einerseits der Laubaustrieb bei den Gehölzen im Wiener Baums substrat sehr spät und andererseits der Laubabwurf deutlich früher statt, als bei den Pflanzungen in den SAVE-Baums substraten.
- Im Allgemeinen wurden deutliche Unterschiede zwischen den Standorten und Baumarten festgestellt.

5.1.5. Trieb­längenwachstum

Wie schon im Kapitel 4 beschrieben, wurden bei jedem Gehölz fünf Triebe im Kronenbereich gemessen. Die gemittelten Trieb­längen aus den Jahren 2018–2020 liegen im Anschluss in tabellarischer Form vor.

Attemsgasse

Mit Hilfe der Tabelle 73 ist zu erkennen, dass Baum 2 den größten Zuwachs der Trieb­längen pro Jahr erzielte. Die durchschnittlich gemessenen Zuwächse des Baumes lagen zwischen 39,2 cm und 44,4 cm. Im Gegensatz dazu, erreichte Baum 1 den geringsten jährlichen Zuwachs. Bei diesem wurden Trieb­längen von 20,2 cm (2018) bis 34,0 cm (2020) gemessen.

Tabelle 73: Ergebnisse des Trieb­längenwachstums [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse

Trieb­längenwachstum [cm]					
Attemsgasse 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Celtis australis</i>	34,0	24,0	20,2
2	13	<i>Celtis australis</i>	39,2	44,4	41,7
3	13	<i>Celtis australis</i>	34,0	26,5	33,2
4	13	<i>Celtis australis</i>	37,5	27,8	32,5

Edith-Piaf-Straße

Anhand der Tabelle 74 lassen sich deutliche Wachstumsunterschiede der Trieb­längen zwischen den einzelnen Baumarten erkennen. Bei den Messungen 2018 wurden Zuwächse zwischen 2,0 cm und 29,0 cm erzielt. Das geringste Wachstum wurde bei den Pflanzungen 3, 4 und 6 festgestellt. Die längsten Triebe wurden bei der Baumart *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' in der Substratvariante 13 gemessen. Die Zuwächse der Trieb­längen variierten im Jahr 2019 zwischen 2,1 cm und 56,8 cm und im folgenden Jahr zwischen 1,4 cm und 44,6 cm. Die Tabelle zeigt, dass auch in diesen Jahren Baum 6 den geringsten und Baum 10 den höchsten Zuwachs erreichte.

Tabelle 74: Ergebnisse des Trieb­längenwachstums [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße

Trieb­längenwachstum [cm]					
Edith-Piaf-Straße 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	16,0	10,6	12,5
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	10,0	5,0	4,2
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	2,0	23,5	25,6
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	2,0	20,4	23,3
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	3,0	2,7	2,0
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	2,0	2,1	1,4
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	12,0	20,6	28,9
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	12,0	28,0	17,7
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	26,0	28,8	32,9
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	29,0	56,8	44,6
11	12	<i>Celtis australis</i>	11,0	13,4	15,6
12	13	<i>Celtis australis</i>	13,0	13,3	13,4

Kuchelauer Hafen

Im Kuchelauer Hafen ist größtenteils eine Zunahme der gemessenen Trieb­längen zu erkennen. Im Jahr 2018 lagen die durchschnittlichen Zuwächse zwischen 14,0 cm und 24,5 cm. Am besten schnitt Baum 1 ab, welcher in der Substratvariante 16 gepflanzt wurde. Der geringste Zuwachs wurde bei Baum 7 gemessen. Im nächsten Jahr erreichte Baum 2 eine Zuwachslänge von 30,3 cm. Im Gegensatz dazu gewann Baum 9, welcher in Substratvariante 12 eingesetzt wurde, nur 10,3 cm. In der letzten Versuchsperiode verzeichnete wiederum Baum 2 einen Rekordzuwachs von 42,5 cm. Auch in diesem Jahr wurde bei Baum 9 der geringste Zuwachs von 16,5 cm festgestellt (siehe Tabelle 75).

Tabelle 75: Ergebnisse des Triblängenwachstums [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen

Triblängenwachstum [cm]					
Kuchelauer Hafen 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	16	<i>Celtis australis</i>	24,5	23,1	36,4
2	16	<i>Celtis australis</i>	17,3	30,3	42,5
3	16	<i>Celtis australis</i>	15,9	20,7	26,4
4	15	<i>Celtis australis</i>	17,9	27,6	38,7
5	14	<i>Celtis australis</i>	16,1	22,7	31,8
6	14	<i>Celtis australis</i>	20,6	17,6	23,0
7	13	<i>Celtis australis</i>	14,0	23,8	28,9
8	12	<i>Celtis australis</i>	15,8	11,0	17,3
9	12	<i>Celtis australis</i>	18,0	10,3	16,5
10	13	<i>Celtis australis</i>	19,5	28,1	37,3
11	15	<i>Celtis australis</i>	16,1	26,7	33,7

Kurzfassung - Triblängenwachstum

- Die Gehölze (*Celtis australis*) in der Atemsgasse wiesen über die gesamte Projektdauer ein deutliches Triblängenwachstum auf. Bei Baumpflanzung 2 (mit Zufluss) wurde der höchste Zuwachs ermittelt.
- Am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße wurden bei der Baumart *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' die längsten Triblängen gemessen. Bei den Gehölzen im Wiener Baums substrat (SV 12) wurde im Gegensatz zu den Pflanzungen im SAVE-Baums substrat (SV 13) ein geringerer Triblängenzuwachs festgestellt.
- Im Kuchelauer Hafen wurden signifikante Unterschiede im Triblängenwachstum zwischen den Gehölzen im Wiener Baums substrat (SV 12) und den Pflanzungen in den unterschiedlichen Varianten des SAVE-Baums substrat (SV 13, 14, 15 und 16) bemerkt. Dabei weisen die Gehölze in den SAVE-Baums substraten im Gegensatz zu den Bäumen im Wiener Baums substrat längere Triblängen auf. Der geringe Triblängenzuwachs der Substratvariante 12 ist auf die Verschlämmung der Baumscheibe zurückzuführen.
- An den Standorten wurden Unterschiede bezüglich des Triblängenwachstums festgestellt. Dabei spielte die Wasserverfügbarkeit eine wesentliche Rolle. Am besten schnitten die Gehölze in der Atemsgasse ab, da diese in den Jahren 2018 und 2019 eine Anwuchsbewässerung erhielten.

5.1.6. Verzweigungsgrad

Die Messungen des Verzweigungsgrades (1.–5. Grad) wurden an einem Ast pro Gehölz, welcher im Projektjahr 2018 ausgewählt und markiert wurde, durchgeführt. Über die aufsummierten Gabelungen lässt sich die Verzweigungsentwicklung über die gesamte Projektdauer feststellen. Die unterschiedliche Anzahl hängt stark vom Entwicklungszustand des Triebes zu Beginn der Aufnahmen 2019 ab.

Attemsgasse

An diesem Standort wird ausschließlich die Gehölzart *Celtis australis* miteinander verglichen. Bei der Zählung im Jahr 2018 wurden zwischen 20 und 38 Verzweigungen aufgezeichnet. Dabei erreichte Baum 4 die höchste Anzahl an Verzweigungen. Auffallend ist, dass im folgenden Untersuchungsjahr die Summe der Verzweigungen pro Pflanzung deutlich zunahm. Besonders bei Baum 2 und 4, welche 126 und 74 Verzweigungen verzeichneten, ist dies zu erkennen. Im Jahr 2020 kam es ebenfalls zu einem Anstieg an Verzweigungen. Dabei wurden zwischen 175 und 50 Verzweigungen gezählt. Auch bei dieser Zählung schnitt Baum 2 am besten ab, wie die Tabelle 76 zeigt.

Tabelle 76: Ergebnisse des Verzweigungsgrads, Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse

Verzweigungsgrad					
Attemsgasse 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Celtis australis</i>	20	47	87
2	13	<i>Celtis australis</i>	37	126	175
3	13	<i>Celtis australis</i>	23	30	50
4	13	<i>Celtis australis</i>	38	74	87

Edith-Piaf-Straße

In der Edith-Piaf-Straße wurden im ersten Versuchsjahr zwischen elf und 230 und im zweiten Jahr zwischen elf und 238 Verzweigungen gezählt. Die geringste Entwicklung in diesen Jahren wurde bei den Bäumen 6 und 10 festgestellt. Im Gegensatz dazu erreichte die Baumart *Acer campestre* 'Elsrijk' in der Substratvariante 12 die höchste Verzweigungssumme. Auch im Jahr 2020 zeigte Baum 6 mit 18 Gabelungen die geringste Anzahl, wo wiederum Baum 4 die höchste Summe an Verzweigungen erreichte.

Wie die Tabelle 77 zeigt, wurde an diesem Standort jeweils eine Baumart in zwei unterschiedlichen Substratvarianten (SV 13 und SV 12) gepflanzt. Es fällt auf, dass über die drei Jahre hinweg die Gehölzarten *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' und *Fraxinus excelsior* 'Altena', welche im SV 13 eingesetzt wurden, sowie die Pflanzungen *Acer campestre* 'Elsrijk', *Ulmus* 'New Horizon' und *Celtis australis* in der Substratvariante 12, die meisten Verzweigungen erzielten.

Tabelle 77: Ergebnisse des Verzweigungsgrads, Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße

Verzweigungsgrad					
Edith-Piaf-Straße 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	55	66	78
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	38	42	61
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	196	231	202
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	230	238	259
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	17	15	21
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	11	11	18
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	100	122	144
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	75	71	/
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	25	29	37
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	11	12	55
11	12	<i>Celtis australis</i>	58	65	140
12	13	<i>Celtis australis</i>	42	43	78

Kuchelauer Hafen

Wie anhand der Tabelle 78 ersichtlich ist, wird an diesem Standort wiederum nur eine Baumart miteinander verglichen. Dabei ist eine jährliche Zunahme an Verzweigungen bei jeder Pflanzung, mit Ausnahme von Baum 9, zu erkennen. Im Jahr 2018 erreichte Baum 7 mit insgesamt 77 Gabelungen das höchste Ergebnis. Diese Höchstzahl wurde im Jahr 2019 von Baum 4 mit 122 Verzweigungen übertroffen. Baum 9 hatte im Gegenzug dazu nur 16 Verzweigungen zu verzeichnen. Im Untersuchungszeitraum 2020 wies erneut Baum 4 die höchste Anzahl mit 230 Verzweigungen und Baum 9 die geringste Anzahl mit 27 Gabelungen auf.

Tabelle 78: Ergebnisse des Verzweigungsgrads, Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen

Verzweigungsgrad					
Kuchelauer Hafen 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	16	<i>Celtis australis</i>	59	71	158
2	16	<i>Celtis australis</i>	29	38	127
3	16	<i>Celtis australis</i>	34	52	115
4	15	<i>Celtis australis</i>	60	122	230
5	14	<i>Celtis australis</i>	36	94	146
6	14	<i>Celtis australis</i>	63	65	172
7	13	<i>Celtis australis</i>	77	98	131
8	12	<i>Celtis australis</i>	32	46	35
9	12	<i>Celtis australis</i>	22	16	27
10	13	<i>Celtis australis</i>	37	76	142
11	15	<i>Celtis australis</i>	32	41	132

Kurzfassung - Verzweigungsgrad

- Die Aufnahme des Verzweigungsgrads wurde aufgrund von diversen Einflussfaktoren, wie beispielsweise durch Astbruch, Schnittmaßnahmen, Einfluss von Wind, Schneelast etc. beeinflusst. Deswegen konnten keine weiteren Aussagen getroffen werden. Dieser Parameter wurde bei der Vitalitätsbeurteilung berücksichtigt und aufgenommen.

5.1.7. Blattprobenanalyse

Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Analyse der Blattproben pro Gehölz. Die untersuchten Inhaltsstoffe Natrium und Chlorid, dessen Werte je nach Standort variieren, wurden im Labor am Institut für Bodenforschung an der Universität für Bodenkultur Wien ausgewertet. Die Messergebnisse wurden in mg/g angegeben.

Attemsgasse

Am Versuchsstandort Attemsgasse wurde im Jahr 2018 zwischen 0,0913 mg/g und 0,1648 mg/g Natrium in den Blattproben gefunden. Im zweiten Versuchsjahr wurde bei Gehölz 3 der geringste Wert von 0,0653 mg/g festgestellt. Die Blattmasse bei Pflanzung 2 beinhaltetete sowohl im Jahr 2019, als auch im Jahr 2020 den höchsten Natriumwert. Dieser betrug 0,1025 mg/g, sowie 0,1851 mg/g. Zu erwähnen ist, dass die Gehölze 2 und 4, welche über einen Zufluss verfügen, am schlechtesten abschnitten.

Tabelle 79: Ergebnisse der Blattprobenanalyse – Natrium [mg/g], Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse

Blattprobenanalyse – Natrium [mg/g]					
Attemsgasse 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Celtis australis</i>	0,1207	0,0988	0,1097
2	13	<i>Celtis australis</i>	0,0913	0,1025	0,1851
3	13	<i>Celtis australis</i>	0,1185	0,0653	0,1234
4	13	<i>Celtis australis</i>	0,1648	0,0719	0,1098

Im Gegensatz dazu zeigten die Gehölze 2 und 4 über die drei Projektjahre hinweg die geringsten Chloridwerte. Besonders Baum 2 schnitt in den Jahren 2018 und 2020 am besten ab. Bei Pflanzung 4 wurde im ersten Versuchsjahr eine maximale Chloridbelastung, welche 1,8341 mg/g betrug, festgestellt. In den Jahren 2019 und 2020 erzielte hingegen Gehölz 1 das höchste Ergebnis mit 0,1005 mg/g und 0,8831 mg/g.

Tabelle 80: Ergebnisse der Blattprobenanalyse – Chlorid [mg/g], Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse

Blattprobenanalyse – Chlorid [mg/g]					
Attemsgasse 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Celtis australis</i>	1,3960	0,1005	0,8831
2	13	<i>Celtis australis</i>	1,2335	0,0909	0,5278
3	13	<i>Celtis australis</i>	1,4936	0,0739	0,7272
4	13	<i>Celtis australis</i>	1,8341	0,0714	0,5627

Edith-Piaf-Straße

Der Natriumgehalt betrug im Jahr 2018 zwischen 0,0647 mg/g und 0,2510 mg/g. Den niedrigsten Wert wies Gehölz 10 (SV 13) auf und den höchsten Natriumwert erzielte Baumpflanzung 3 (SV 13). In den nachfolgenden Jahren 2019 und 2020 wurde bei jedem Gehölz eine geringere Natriumbelastung festgestellt. So wurden im zweiten Versuchsjahr Werte zwischen 0,0193 mg/g und 0,0497 mg/g gemessen. Im Jahr 2020 erlangte Gehölz 9 (SV 12) einen Natriumwert von 0,0400 mg/g, während Baum 3 in der Substratvariante 13 den Höchstwert von 0,1820 mg/g zeigte. Anzumerken ist, dass während der gesamten Projektdauer der geringste Natriumgehalt bei den Gehölzen in der Substratvariante 12 ermittelt wurde.

Tabelle 81: Ergebnisse der Blattprobenanalyse – Natrium [mg/g], Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße

Blattprobenanalyse – Natrium [mg/g]					
Edith-Piaf-Straße 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	0,1959	0,0433	0,1295
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	0,1528	0,0377	0,1266
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,2510	0,0497	0,1820
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,1594	0,0193	0,0835
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0,1512	0,0340	0,0655
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0,0977	0,0475	0,0473
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	0,1564	0,0198	0,0888
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	0,0915	0,0392	0,1258
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	0,0859	0,0404	0,0400
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	0,0647	0,0480	0,0647
11	12	<i>Celtis australis</i>	0,1060	0,0266	0,1070
12	13	<i>Celtis australis</i>	0,1157	0,0441	0,0802

Am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße wurden im Jahr 2018 anhand der Blattprobenanalysen Chloridwerte zwischen 0,2402 mg/g und 1,4522 mg/g festgestellt. Den geringsten Wert erreichte Gehölz 5 (SV 13), während Baum 9 (SV 12) den Höchstwert erlangte. In weiterer Folge wurde auch beim Chloridgehalt eine Abnahme ab dem Jahr 2019 erkannt. Gehölzpflanzung 2 in der Substratvariante 12 erzielte im zweiten Projektjahr einen Wert von 0,0126 mg/g, welcher den geringsten darstellt. Im Gegensatz dazu, zeigte Baum 7 (SV 12) den höchsten Gehalt an Chlorid. Im Jahr 2020 variierten die Ergebnisse zwischen 0,1216 mg/g und 0,7442 mg/g.

Tabelle 82: Ergebnisse der Blattprobenanalyse – Chlorid [mg/g], Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße

Blattprobenanalyse – Chlorid [mg/g]					
Edith-Piaf-Straße 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	0,6587	0,0146	0,5051
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	0,7023	0,0126	0,1385
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,3430	0,0314	0,7442
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	0,3106	0,0416	0,1216
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0,2402	0,1408	0,2011
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	0,8837	0,0724	0,3960
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	0,8074	0,1415	0,3812
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	0,4092	0,0859	0,5974
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	1,4522	0,0270	0,1662
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	1,2148	0,0685	0,1240
11	12	<i>Celtis australis</i>	0,2479	0,0472	0,2335
12	13	<i>Celtis australis</i>	0,4381	0,0539	0,2814

Kuchelauer Hafen

Da die Gehölzpflanzung am Standort Kuchelauer Hafen erst im Jahr 2018 erfolgte, wurden aufgrund dessen keine Blattproben entnommen. Somit stehen keine Vergleichswerte aus diesem Jahr zur Verfügung. Im Jahr 2019 betragen die Natriumwerte zwischen 0,0446 mg/g und 0,1293 mg/g. Dabei erzielte Gehölz 2 in der Substratvariante 16 den geringsten Natriumgehalt und Pflanzung 10 (SV 13) den höchsten. Im Gegensatz dazu wies im nachfolgenden Jahr 2020 Gehölz 10 den niedrigsten Wert auf und bei Baumpflanzung 8 in der Substratvariante 12 wurde der höchste Natriumgehalt festgestellt.

Tabelle 83: Ergebnisse der Blattprobenanalyse – Natrium [mg/g], Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen

Blattprobenanalyse – Natrium [mg/g]					
Kuchelauer Hafen 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	16	<i>Celtis australis</i>	/	0,0589	0,1174
2	16	<i>Celtis australis</i>	/	0,0446	0,0831
3	16	<i>Celtis australis</i>	/	0,0474	0,1159
4	15	<i>Celtis australis</i>	/	0,0692	0,1156
5	14	<i>Celtis australis</i>	/	0,0606	0,0961
6	14	<i>Celtis australis</i>	/	0,0583	0,0859
7	13	<i>Celtis australis</i>	/	0,0777	0,0852
8	12	<i>Celtis australis</i>	/	0,0714	0,1247
9	12	<i>Celtis australis</i>	/	0,1253	0,0971
10	13	<i>Celtis australis</i>	/	0,1293	0,0774
11	15	<i>Celtis australis</i>	/	0,0948	0,0816

Wie bereits erwähnt, liegen auch beim Inhaltsstoff Chlorid keine Ergebnisse aus dem Jahr 2018 vor. Die Blattprobenanalyse zeigte, dass die Chloridwerte im folgenden Jahr 2019 zwischen 0,0587 mg/g und 1,8250 mg/g variierten. Die geringste Chloridbelastung wurde in der Blattmasse bei Gehölz 11 (SV 15) festgestellt. Den Höchstwert hingegen erzielte Baumpflanzung 9 in der Substratvariante 12. Auch im Jahr 2020 schnitt Gehölz 9 mit einem Chloridwert von 1,4592 mg/g am schlechtesten ab. Im Vergleich dazu stellte Pflanzung 1, welche in der Substratvariante 16 eingesetzt wurde, den geringsten Gehalt mit 0,3185 mg/g dar.

Tabelle 84: Ergebnisse der Blattprobenanalyse – Chlorid [mg/g], Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen

Blattprobenanalyse – Chlorid [mg/g]					
Kuchelauer Hafen 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	2018	2019	2020
1	16	<i>Celtis australis</i>	/	0,0715	0,3185
2	16	<i>Celtis australis</i>	/	0,0831	0,3561
3	16	<i>Celtis australis</i>	/	0,0607	0,4545
4	15	<i>Celtis australis</i>	/	0,0749	0,4309
5	14	<i>Celtis australis</i>	/	0,0592	0,3866
6	14	<i>Celtis australis</i>	/	0,1492	0,3444
7	13	<i>Celtis australis</i>	/	0,0860	0,4088
8	12	<i>Celtis australis</i>	/	0,2475	0,8912
9	12	<i>Celtis australis</i>	/	1,8250	1,4592
10	13	<i>Celtis australis</i>	/	0,0602	0,3664
11	15	<i>Celtis australis</i>	/	0,0587	0,4104

Kurzfassung - Blattprobenanalyse

- In der Atemsgasse wurden sowohl Zunahmen, als auch Abnahmen der Natrium- und Chloridwerte in der Blattmasse der Gehölze (*Celtis australis*) bemerkt. Vor allem bei Baumscheibe 4 (mit Zufluss) wurden in den Jahren 2019 und 2020 geringe Werte festgestellt.
- In der Edith-Piaf-Straße wurden bei den Gehölzen im Wiener Baums substrat (SV 12) geringere Natriumwerte, als bei jenen im SAVE-Baums substrat (SV 13) erkannt. Bei den Chloridwerten konnte keine Regelmäßigkeit festgestellt werden.
- Am Standort Kuchelauer Hafen wurden Unterschiede zwischen den verwendeten Substraten entdeckt. Dabei schnitten die Gehölze 8 und 9, welche im Wiener Baums substrat (SV 12) gepflanzt wurden, schlechter ab, als jene in den unterschiedlichen Varianten des SAVE-Baums substrats (SV 13, 14, 15 und 16). Der Grund für die hohen Natrium- und Chloridwerte ist die Böschungserosion der Sicker mulde.
- Anhand der vorliegenden Ergebnisse der drei Versuchsstandorte konnten keine klaren Aussagen bezüglich der Natrium- und Chloridbelastung in Bezug auf die Gehölze getätigt werden. Deshalb sind weitere Untersuchungen in der Vegetationsperiode 2021 essentiell.

5.1.8. Thermografische Stressermittlung

Die Aufnahmen der thermografischen Stressermittlung wurden im August 2018 und 2019, sowie im September 2020 mit Hilfe einer Infrarot-Wärmebildkamera aufgenommen. Das Ziel dieser Messungen war es, einen möglichen Hitze- bzw. Trockenstress an den Gehölzen festzustellen. Die angeführten Tabellen 85–87 beinhalten einerseits die Umgebungstemperatur, welche 30 °C bzw. 25 °C betrug, und andererseits die durchschnittliche Blatt- und Stammtemperatur. Zusätzlich wurde ein weiterer Messpunkt, welcher die Oberflächentemperatur der umliegenden Gebäude darstellt, angegeben.

Attemsgasse

Wie die durchschnittliche Blatttemperatur bei Baum 1 in der Attemsgasse zeigte, stiegen die Temperaturwerte von Jahr zu Jahr an. Jedoch wurde durch diese Zunahme kein Hitze- bzw. Trockenstress festgestellt. Im Gegensatz dazu wurde anhand der Werte eine Abnahme der Stammtemperatur erkannt.

Tabelle 85: Ergebnisse der thermografischen Stressermittlung – Baum 1 (*Celtis australis*), Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse

Thermografische Stressermittlung			
Attemsgasse 2018–2020			
Temperatur	2018	2019	2020
Umgebungstemperatur	30,0 °C	30,0 °C	25,0 °C
Durchschnittliche Blatttemperatur	11,7 °C	17,3 °C	21,9 °C
Stammtemperatur	36,2 °C	31,4 °C	28,0 °C
Gebäudetemperatur (Referenz)	/	44,8 °C	50,1 °C

Edith-Piaf-Straße

Auch bei Gehölz 11 in der Edith-Piaf-Straße wurde eine Zunahme der gemittelten Blatttemperatur, welche von 13,6 °C auf 15,0 °C anstieg, bemerkt. Dennoch wurde die Lufttemperatur nicht überschritten, sodass kein Hitzestress bei den Gehölzen entstand. An diesem Standort nahm über die gesamte Projektdauer ebenfalls die Stammtemperatur ab.

Tabelle 86: Ergebnisse der thermografischen Stressermittlung – Baum 11 (*Celtis australis*), Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße

Thermografische Stressermittlung			
Edith-Piaf-Straße 2018–2020			
Temperatur	2018	2019	2020
Umgebungstemperatur	30,0 °C	30,0 °C	25,0 °C
Durchschnittliche Blatttemperatur	13,6 °C	15,0 °C	14,9 °C
Stammtemperatur	39,9 °C	30,8 °C	28,6 °C
Gebäudetemperatur (Referenz)	/	/	36,5 °C

Kuchelauer Hafen

An Baum 7 im Kuchelauer Hafen wurde sowohl eine Zunahme, als auch eine Abnahme der Blatttemperatur über die Projektjahre festgestellt. Die höchste Temperatur am Blattwerk wurde im Jahr 2019 mit 16,3 °C erreicht. Trotzdem wurde kein Hitze- bzw. Trockenstress an den Baumpflanzungen bemerkt. Die Stammtemperatur sank von 45,4 °C auf 20,3 °C.

Tabelle 87: Ergebnisse der thermografischen Stressermittlung – Baum 7 (*Celtis australis*), Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen

Thermografische Stressermittlung			
Kuchelauer Hafen 2018–2020			
Temperatur	2018	2019	2020
Umgebungstemperatur	30,0 °C	30,0 °C	25,0 °C
Durchschnittliche Blatttemperatur	14,6 °C	16,3 °C	12,7 °C
Stammtemperatur	45,4 °C	26,1 °C	20,3 °C
Gebäudetemperatur (Referenz)	/	31,9 °C	38,4 °C

Kurzfassung - Thermografische Stressermittlung

- Während der gesamten Projektdauer wurde kein Hitzestress an den Gehölzen, welche an den drei Versuchsstandorten gepflanzt wurden, festgestellt.

5.2. Geotechnische Ergebnisse

In weiterer Folge werden die Ergebnisse der geotechnischen Parameter, welche in den Jahren 2018, 2019 und 2020 erhoben wurden, verglichen. Diese sollen Aufschluss über die Funktionalität und Leistung der Substrate geben. Bei jedem Unterkapitel liegen die Ergebnisse der drei Versuchsstandorte in alphabetischer Reihenfolge vor. Zusätzlich wird zu jedem Parameter eine Kurzfassung, welche einen Überblick über die wichtigsten Erkenntnisse der Untersuchungen liefern soll, dargelegt.

5.2.1. Infiltrationsmessungen

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse der Infiltrationsmessungen textlich, als auch in grafischer Form präsentiert. Dabei werden die Endresultate in Meter pro Sekunde [m/s] angegeben. Mit Hilfe eines Doppelring-Infiltrometers wurden die einzelnen Messungen durchgeführt.

Attemsgasse

Das folgende Diagramm zeigt die Infiltrationsleistung über die gesamten drei Jahre. Pro Jahr wurden zwei Messungen durchgeführt, sowohl im Frühling/ Sommer, als auch im Herbst. An diesem Standort wurde das SAVE-Baumssubstrat (SV 13) verwendet. Zusätzlich wurden die Baumscheiben 2 und 4 mit einem Zufluss versehen. Es ist zu erkennen, dass der Durchlässigkeitsbeiwert der Baumscheibe 4 im August 2018 über dem angegebenen Grenzwertbereich der FLL 2010 liegt. Dies lässt auf eine Verschlämmung des Substrats deuten. Jedoch zeigt die Grafik auch, dass der Beiwert bei Baum 4 über die gesamte Projektdauer abnimmt und somit eine ausreichende Durchlässigkeit gewährleistet ist.

Die Messungen der Baumscheiben 1, 2 und 3, welche sich über den Zeitraum von drei Jahren im empfohlenen Grenzwertbereich befinden, verhalten sich konstant. Die Infiltrationsmessung im Jahr 2020 zeigt eine verbesserte Durchlässigkeit des Bodens.

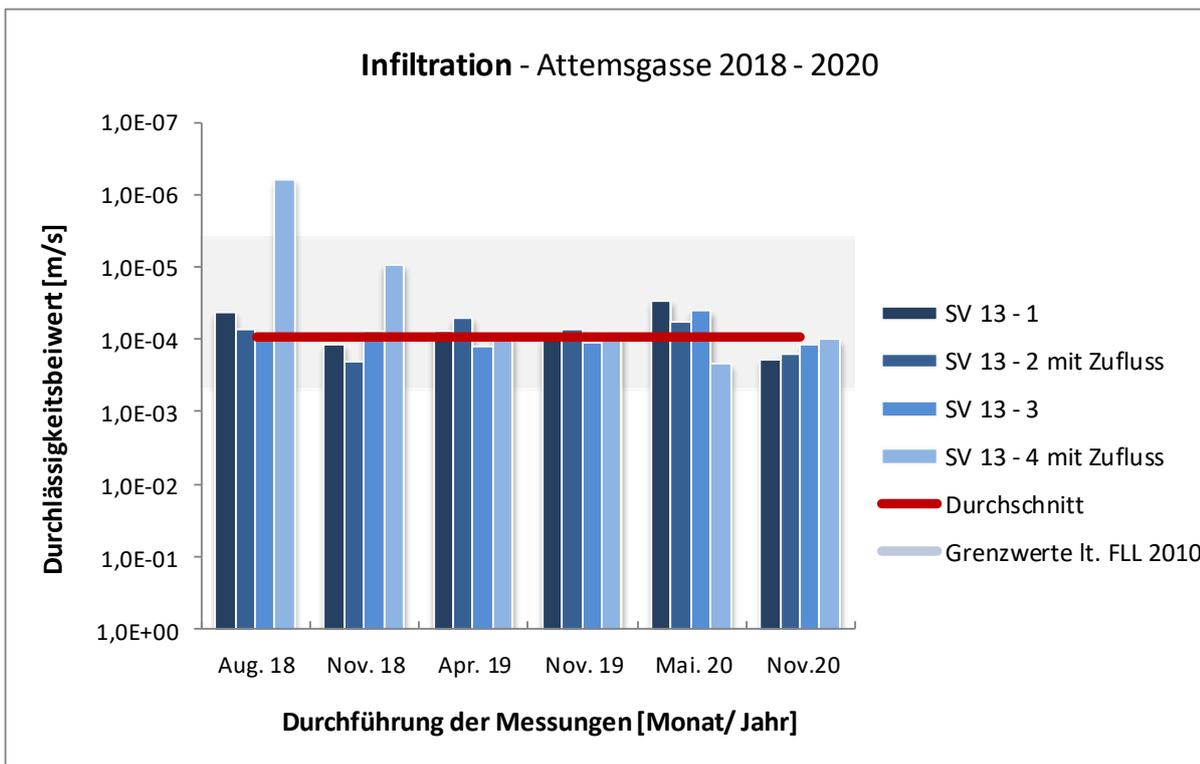


Diagramm 4: Ergebnisse der Infiltrationsmessung [m/s], Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse

Edith-Piaf-Straße

Das Diagramm 5 stellt die einzelnen Infiltrationsmessungen über die gesamte Projektdauer am Standort Edith-Piaf-Straße dar. In der Edith-Piaf-Straße wurden das SAVE-Baumssubstrat (SV 13), sowie das Wiener Baumssubstrat (SV 12) verwendet. Anhand des Diagramms ist zu sehen, dass die gemittelten Durchlässigkeitsbeiwerte des WB-Substrats bei jeder Messung höher ausfielen, als die des SAVE-Baumssubstrats. Somit weist das WB-Substrat eine geringere Wasserdurchlässigkeit auf. Jedoch ist zu erwähnen, dass die Beiwerte des WB-Substrats im empfohlenen Grenzwertbereich der FLL 2010 liegen. Die Durchlässigkeitsbeiwerte des SAVE-Baumssubstrats befinden sich im Mittelfeld bzw. am unteren Ende des Grenzwertbereichs.

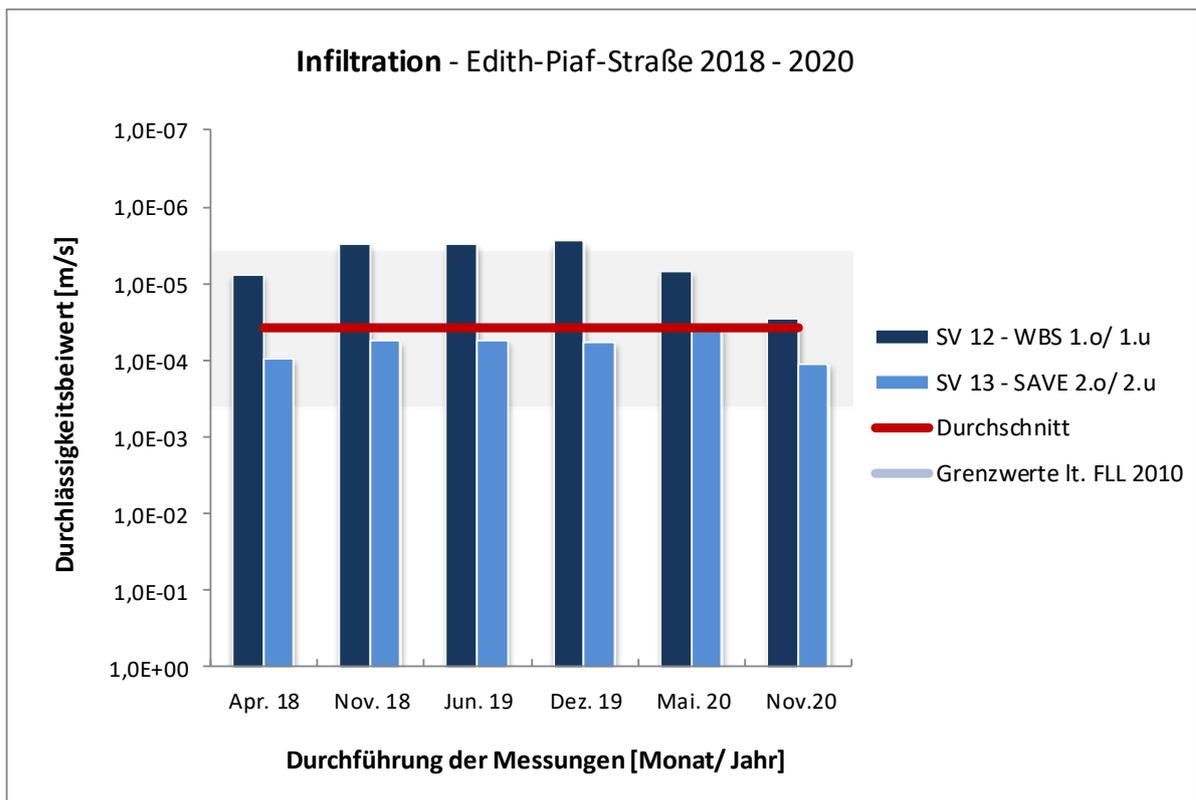


Diagramm 5: Ergebnisse der Infiltrationsmessung [m/s], Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße

Kuchelauer Hafen

Im nachfolgenden Diagramm sind die gemessenen Infiltrationsleistungen über die gesamten drei Jahre dargestellt. An diesem Standort wurden sowohl das WB-Substrat (SV 12), als auch vier SAVE-Baumsubstrate (SV 13; SV 14; SV 15; SV 16), welche eine unterschiedliche Zusammensetzung aufweisen, verwendet. Bei der Sickermulde 8 im Kuchelauer Hafen ist zu sehen, dass die SAVE-Substrate über die gesamte Projektdauer eine günstige Bodendurchlässigkeit aufzeigen und es liegen keine nennenswerten Überschreitungen vor. Im Gegensatz dazu ist vor allem ab Oktober 2019 ein deutlicher Anstieg der Durchlässigkeitsbeiwerte des WB-Substrats zu erkennen. Diese Werte befinden sich am oberen Ende des Grenzwertbereichs der FLL 2010, beziehungsweise überschreiten diesen. Grund dafür ist eine hohe Verschlämmung des Substrats, die durch eine Böschungserosion entstand.

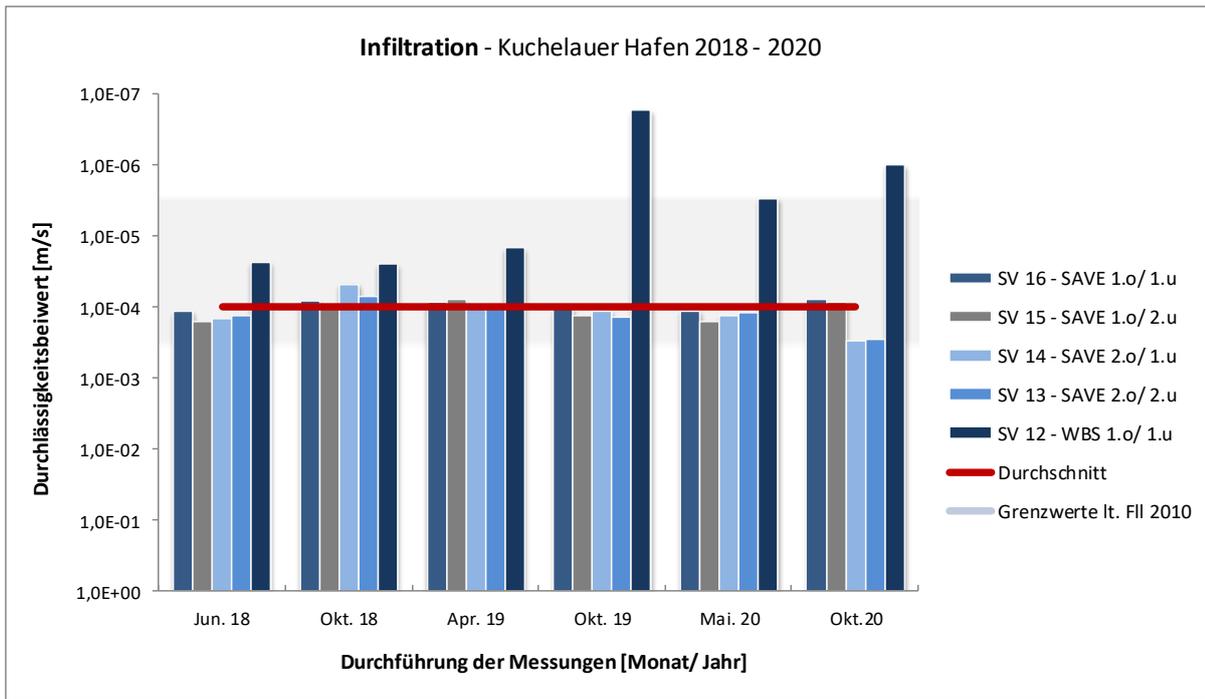


Diagramm 6: Ergebnisse der Infiltrationsmessung [m/s], Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen

Kurzfassung - Infiltrationsmessung

- In der Attemsgasse ist anhand der Infiltrationsergebnisse eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit in den Baumscheiben (SV 13 – SAVE-Baumsubstrat) gegeben. Eine Ausnahme stellt Baumscheibe 4 (mit Zufluss) bei der ersten Messung im August 2018 dar. Diese weist einen deutlich verlangsamten Durchlässigkeitswert auf. In den nachfolgenden Jahren liegen die Infiltrationswerte der Baumscheiben im bzw. unter dem definierten Grenzwert der FLL (2010).
- In der Edith-Piaf-Straße weisen die Baumsubstrate (SV 12 – Wiener Baumsubstrat und SV 13 – SAVE-Baumsubstrat) einen markanten Unterschied auf. Das Wiener Baumsubstrat zeigt im Gegensatz zum SAVE-Baumsubstrat eine geringere Wasserdurchlässigkeit an. Jedoch befinden sich die gesamten Infiltrationswerte im Grenzwertbereich der FLL (2010).
- Im Kuchelauer Hafen sind deutliche Unterschiede zwischen den Varianten des SAVE-Baumsubstrats (SV 13, 14, 15 und 16) und dem Wiener Baumsubstrat (SV 12) zu erkennen. Dabei weist das Wiener Baumsubstrat verlangsamte Infiltrationswerte, welche sich ab Herbst 2019 am Ende des Grenzwertbereichs der FLL (2010) befinden, auf. Der Grund für die geringe Wasserdurchlässigkeit der Substratvariante 12 ist eine Verschlämmung des Substrats durch eine partielle Böschungserosion der Sickermulde.
- An den drei Versuchsstandorten wurden Unterschiede zwischen den SAVE-Baumsubstraten (SV 13, 14, 15 und 16) und dem Wiener Baumsubstrat (SV 12) festgestellt. Die Infiltrationswerte befanden sich jedoch größtenteils im Grenzwertbereich der FLL (2010).

5.2.2. Tragfähigkeitsuntersuchung

Pro Versuchsstandort wurden die Messungen der Tragfähigkeit mittels einer dynamischen Lastplatte durchgeführt. Die Ergebnisse, welche in MN/m² vorliegen, zeigen den Verdichtungszustand der verwendeten Substrate.

Attemsgasse

Am Standort Attemsgasse wurden die gesamten Sickerflächen mit der Substratvariante 13 ausgeführt. Anhand der Tabelle 88 ist zu sehen, dass im Jahr 2018 Tragfähigkeitswerte zwischen 8,0 MN/m² und 11,4 MN/m² festgestellt wurden. Diese nahmen in den folgenden Projektjahren teilweise zu. Die höchste Tragfähigkeit betrug im Jahr 2019 13,8 MN/m² und im nachfolgenden Jahr 13,5 MN/m².

Tabelle 88: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchung [MN/m²], Vegetationsperiode 2018–2020, Attemsgasse

Tragfähigkeit					
Attemsgasse 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	Dynamischer EV [MN/m ²]		
			2018	2019	2020
1	13	<i>Celtis australis</i>	8,7	11,1	13,5
2	13	<i>Celtis australis</i>	11,4	11,5	9,1
3	13	<i>Celtis australis</i>	8,0	13,8	9,9
4	13	<i>Celtis australis</i>	10,1	10,6	11,2

Edith-Piaf-Straße

Wie schon erwähnt, wurde in der Edith-Piaf-Straße die Substratvariante 12 und 13 verwendet. Die Ergebnisse der Tragfähigkeit variierten im ersten Untersuchungsjahr zwischen 6,3 MN/m² (Baum 8) und 14,9 MN/m² (Baum 4). Anzumerken ist, dass 2018 die Substratvariante 12 höhere Werte als die Substratvariante 13 verzeichnete. Auch im Jahr 2019 ist dies bei den Bäumen 2, 4, 9 und 11 zu erkennen. Vor allem Baum 9 (*Gleditsia triacanthos* 'Skyline') wies mit 35,5 MN/m² eine hohe Tragfähigkeit auf. Anhand der Tabelle 89 ist zu erkennen, dass die Tragfähigkeit im Jahr 2020 bei jeder Pflanzung abnahm. Der höchste Wert wurde bei Baum 2 mit 10,9 MN/m² und der geringste Wert wurde bei Gehölz 8 gemessen.

Tabelle 89: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchung [MN/m²], Vegetationsperiode 2018–2020, Edith-Piaf-Straße

Tragfähigkeit					
Edith-Piaf-Straße 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	Dynamischer EV [MN/m ²]		
			2018	2019	2020
1	13	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	8,7	14,4	8,4
2	12	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	12,2	25,2	10,9
3	13	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	9,7	17,1	7,2
4	12	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	14,9	26,3	6,2
5	13	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	9,9	12,1	6,7
6	12	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	11,6	11,0	5,6
7	12	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	9,5	10,6	6,5
8	13	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	6,3	13,4	4,8
9	12	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	10,2	35,5	6,9
10	13	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	6,7	13,4	6,1
11	12	<i>Celtis australis</i>	13,2	22,8	5,0
12	13	<i>Celtis australis</i>	7,8	18,5	5,4

Kuchelauer Hafen

Am Standort Kuchelauer Hafen wurden die Baumpflanzungen in fünf verschiedene Substratvarianten (12, 13, 14, 15 und 16) gesetzt. Die Tabelle 90 zeigt, dass Baum 1 (SV 16) in den Projektjahren 2018 und 2019 die höchste Tragfähigkeit erreichte. Im Gegensatz dazu verzeichnete Baum 10 (SV 13) die geringsten Werte. Im Jahr 2018 lagen die Tragfähigkeitswerte zwischen 4,4 MN/m² und 6,8 MN/m². In den folgenden Vegetationsperioden 2019 und 2020 variierten diese einerseits zwischen 5,4 MN/m² und 12,4 MN/m², sowie zwischen 6,0 MN/m² und 11,2 MN/m².

Tabelle 90: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchung [MN/m²], Vegetationsperiode 2018–2020, Kuchelauer Hafen

Tragfähigkeit					
Kuchelauer Hafen 2018–2020					
Nr.	SV	Gehölz	Dynamischer EV [MN/m ²]		
			2018	2019	2020
1	16	<i>Celtis australis</i>	6,8	12,4	10,7
2	16	<i>Celtis australis</i>	6,0	8,2	11,2
3	16	<i>Celtis australis</i>	5,7	6,0	8,7
4	15	<i>Celtis australis</i>	4,4	5,8	6,7
5	14	<i>Celtis australis</i>	6,4	7,5	8,3
6	14	<i>Celtis australis</i>	6,8	9,8	9,4
7	13	<i>Celtis australis</i>	4,9	6,6	6,0
8	12	<i>Celtis australis</i>	5,4	5,5	9,5
9	12	<i>Celtis australis</i>	5,3	6,3	9,7
10	13	<i>Celtis australis</i>	4,4	5,4	6,3
11	15	<i>Celtis australis</i>	5,3	8,4	7,0

Kurzfassung - Tragfähigkeitsuntersuchung

- In der Atemsgasse wurde bei Gehölz 1 ein kontinuierlicher Anstieg der Tragfähigkeit über die drei Projektjahre festgestellt. Da die Baumscheibe direkt an einer Ein- bzw. Ausfahrt eines Gebäudes liegt, wird diese des Öfteren befahren bzw. beparkt. In weiterer Folge führen diese Ereignisse zu einer Verdichtung des eingebauten Substrats.
- In der Edith-Piaf-Straße wurden höhere Tragfähigkeitswerte bei den Pflanzungen im Wiener Baumsubstrat (SV 12), als bei jenen im SAVE-Baumsubstrat (SV 13) gemessen.
- Am Standort Kuchelauer Hafen wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den verwendeten Substratvarianten (Wiener Baumsubstrat – SV 12 und SAVE-Baumsubstrate – SV 13, 14, 15 und 16) festgestellt.
- Über die Versuchsstandorte hinweg wies das Wiener Baumsubstrat höhere Tragfähigkeitswerte als die SAVE-Baumsubstrate auf.



Abbildung 19: Baumart *Celtis australis* am Versuchsstandort Kuchelauer Hafen. WERNER, 2020



Abbildung 20: Baumart *Celtis australis* am Versuchsstandort Attemsgasse. WERNER, 2020

6. Interpretation und Diskussion der Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden das angewendete Bewertungsschema und die dazugehörige Gewichtung der Daten ausführlich erläutert. Im Anschluss folgen die standortbezogenen Mastermatrizen, welche die gesamten Ergebnisse des Versuchsjahres 2020 grafisch darstellen. Zusätzlich enthält jede Matrix eine Kurzbeschreibung des Standorts, sowie eine Interpretation der bewerteten Ergebnisse. Des Weiteren werden die erhobenen Daten der Versuchsjahre 2018 und 2019 mit den aktuellen Ergebnissen 2020 verglichen und abschließend mit aktueller Literatur diskutiert.

6.1. Mastermatrix

Pro Standort wurde eine Mastermatrix erstellt. Diese legt die Ergebnisse des SAVE-Projekts, welche im Jahr 2020 erzielt wurden, dar. Anhand von geotechnischen und vegetationstechnischen Parameter wurden die verschiedenen Substrate untersucht. Die resultierenden Ergebnisse wurden mit Hilfe eines Punktesystems, welches auf Richtlinien, Normen und fachlicher Literatur basiert, bewertet. In Anschluss werden die Punkte, je nach Relevanz der einzelnen Parameter, verschieden gewichtet. Dieser Bewertungsvorgang wird in weiterer Folge detailliert erläutert.

6.1.1. Bewertungsschema

Die Bewertung der einzelnen Ergebnisse erfolgte anhand eines Punktesystems. Dabei wurden die erhobenen Ergebnisse in drei Kategorien, welche über eine unterschiedliche Punkteanzahl verfügen, eingeteilt. Das Bewertungsschema besteht aus den Kategorien „Gut“ (3 Punkte), „Ausreichend“ (2 Punkte) und „Unzureichend“ (1 Punkt), wie die Tabelle 91 zeigt. Zusätzlich wurden diese unterschiedlich eingefärbt, sodass die Zuweisung der Ergebnisse in der Mastermatrix zur jeweiligen Kategorie deutlich nachvollziehbar ist.

Tabelle 91: Punktesystem für Bewertung der Ergebnisse. WERNER, 2021

	Gut	Ausreichend	Unzureichend
Punkteanzahl	3 Punkte	2 Punkte	1 Punkt

Vegetationstechnische Messparameter

Die Tabelle 92 zeigt, dass die Ergebnisse der Grundparameter, Gehölzvitalität, Gehölzschäden, sowie die des Trieb­längenwachstums und NaCl-Verhältnisses zur Bewertung herangezogen werden. Der Ergebnisse des Verzweigungsgrads, als auch die des Laubaustriebs und -abwurfs wurden in die Mastermatrix aufgenommen, jedoch nicht bei der Gesamtwertung berücksichtigt. Der Ausschluss des Verzweigungsgrads wurde aufgrund des mangelhaften Hintergrundwissens (Baumschulschnitt, vorheriger Standort, Altersunterschied, etc.) entschieden.

Da die erhobenen vegetationstechnischen Parameter sehr artenspezifisch und diese ausschließlich innerhalb einer Gehölzart vergleichbar und auswertbar sind, wurden die jeweiligen Ergebnisse der Messparameter aus den drei Forschungsjahren 2018–2020 herangezogen. Dabei wurden pro Baumart die Maximalwerte, als auch die Minimumwerte erhoben. Anhand dieser Werte wurden drei gleich große Klassen, in welche die höchste(n)/ mittlere(n)/ geringste(n) Zuwächse/ Verhältnisse/ Anzahl an Schäden eingliedert wurden, erstellt. Mittels der Tabelle 92 ist die Zuweisung der einzelnen Klassen zu den Kategorien „Gut“, „Ausreichend“, „Unzureichend“ zu erkennen.

Die höchsten Zuwächse der Grundparameter (Stammdurchmesser, Stammumfang, Kronendurchmesser und Baumhöhe) und die der Trieb­längen wurden jeweils mit drei Punkten bewertet. Die mittleren Zuwächse erhielten zwei Punkte und die geringsten einen Punkt. Jene Gehölze, welche die geringste Anzahl an Schäden aufwiesen, wurden in die Kategorie „Gut“ eingestuft und erlangten drei Punkte. Die Gehölzpflanzungen mit einer mittleren Schadensanzahl wurden mit zwei Punkten belohnt und jene mit der höchsten Anzahl bekamen lediglich einen Punkt. Das geringste NaCl-Verhältnis wurde mit drei Punkten bewertet, das mittlere mit zwei Punkten und das höchste Verhältnis mit einem Punkt. Die Bewertung der Gehölzvitalität erfolgte anhand der Vitalitätsstufen nach ROLOFF¹ (2015). Dabei wurden die Gehölze, welche die Stufen 0, 0–1 und 1 erhielten, zur Kategorie „Gut“ zugeordnet und mit drei Punkten bewertet. Jene Baumpflanzungen mit den Vitalitätsstufen 1–2, 2 und 2–3 erhielten zwei Punkte und gehören der Kategorie „Ausreichend“ an. Die Gehölze, welche die Stufen 3, 3–4 und 4 aufwiesen, wurden als „Unzureichend“ eingestuft und ergatterten einen Punkt.

Tabelle 92: Bewertungsschema der vegetationstechnischen Parameter. WERNER, 2021

	Gut (3 Punkte)	Ausreichend (2 Punkte)	Unzureichend (1 Punkt)
Grundparameter	Höchster Zuwachs	Mittlerer Zuwachs	Geringster Zuwachs
Gehölzvitalität	0–1,4	1,5–2,9	3–4
Triebblängenwachstum	Höchster Zuwachs	Mittlerer Zuwachs	Geringster Zuwachs
Gehölzschäden	Geringste Anzahl	Mittlere Anzahl	Höchste Anzahl
NaCl-Verhältnis	Geringstes Verhältnis	Mittleres Verhältnis	Höchstes Verhältnis

Geotechnische Messparameter

Für die Bewertung der Infiltrationsergebnisse wurden die Vorgaben der FLL – Empfehlungen für Baumpflanzungen – Teil 2 (2010), sowie die der ÖNORM B 2506-1 – Regenwassersickeranlagen (2013) herangezogen (siehe Tabelle 93). Dabei wurden je nach Richtlinie unterschiedliche Durchlässigkeitsbeiwerte, welche die Wasserdurchlässigkeit einer bepflanzten Sickerfläche gewährleisten sollen, vorgegeben. Diese Werte sind speziell für Pflanzenstandorte geeignet. Der Durchlässigkeitsbeiwert sollte laut FLL (2010) mindestens $5,0 \times 10^{-6}$ betragen. Im Gegensatz dazu ist zu achten, dass der k_f -Wert von $5,0 \times 10^{-4}$ nicht übertroffen wird. Die ÖNORM B 2506-1 (2013) für Regenwassersickeranlagen legt für die obersten 30 cm des Substrates einen Durchlässigkeitsbeiwert von $1,0 \times 10^{-4}$ bis $1,0 \times 10^{-5}$ im eingebauten Zustand fest.

Anhand des Bewertungssystems wurden die Substratvarianten, bei diesen ein Durchlässigkeitsbeiwert zwischen $4,9 \times 10^{-4}$ und $1,1 \times 10^{-5}$ gemessen wurde, als „Gut“ beurteilt und mit drei Punkten belohnt. Die Substrate, welche einen Sickerwert von $\leq 5,0 \times 10^{-3}$ bis $5,0 \times 10^{-4}$ aufwiesen, erhielten zwei Punkte. In die Kategorie „Unzureichend“ fielen jene Substrate, dessen Beiwert zwischen $1,0 \times 10^{-5}$ und $\geq 5,0 \times 10^{-6}$ lag.

Zusätzlich zur Infiltrationsmessung wurden Tragfähigkeitsuntersuchungen auf den Versuchsflächen durchgeführt. Die Ergebnisse der Tragfähigkeit flossen jedoch nicht in die Bewertung der Mastermatrix ein. Der Grund dafür ist, dass die verschiedenen Substratvarianten auf deren Sickerfähigkeit und nicht auf die Überbaubarkeit untersucht und getestet wurden.

Tabelle 93: Bewertungsschema der geotechnischen Parameter. WERNER, 2021

	Gut (3 Punkte)	Ausreichend (2 Punkte)	Unzureichend (1 Punkt)
Infiltrationsmessung	$4,9 \times 10^{-4} - 1,1 \times 10^{-5}$	$\leq 5,0 \times 10^{-3} - 5,0 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-5} - \geq 5,0 \times 10^{-6}$

6.1.2. Gewichtung

Nachdem die Bewertung mit Hilfe des vorab beschriebenen Bewertungsschemas („Gut“ – 3 Punkte, „Ausreichend“ – 2 Punkte und „Unzureichend“ – 1 Punkt) erfolgte, wurden die Ergebnisse, je nach Relevanz der einzelnen Parameter, gewichtet. Für dieses Vorhaben wurden die Multiplikatoren 3 (hohe Relevanz), 2 (mittlere Relevanz) und 1 (niedrige Relevanz) angewendet. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Verteilung der unterschiedlichen Gewichtungen für die jeweiligen Messparameter.

Tabelle 94: Gewichtung der einzelnen Parameter. WERNER, 2021

Messparameter	Gewichtung
Infiltrationsmessung	3
Stammdurchmesser (Grundparameter)	2
Stammumfang (Grundparameter)	2
Kronendurchmesser (Grundparameter)	1
Baumhöhe (Grundparameter)	1
Gehölzvitalität	2
Triebblängenwachstum	2
Gehölzschäden	1
NaCl-Verhältnis (Blattprobenanalyse)	1

Da der Durchlässigkeitsbeiwert der Infiltrationsmessung eine hohe Bedeutsamkeit hinsichtlich der Sickerfähigkeit der Substrate darstellt, wurde dieser Parameter mit dem Faktor 3 gewichtet. Im Gegensatz dazu wurden die Punkte der vegetationstechnischen Parameter mit 1 bzw. 2 multipliziert. Der Stammdurchmesser und Stammumfang, welche als Kennzeichen für das Dickenwachstum stehen und somit das Alter des Gehölzes darstellen, sind von mittelmäßiger Relevanz und wurden mit dem Multiplikator 2 weiterbearbeitet.

Die Grundparameter Kronendurchmesser und Baumhöhe sind in dieser Untersuchungsreihe nur geringfügig bedeutend und erhielten somit den Faktor 1. Da die Entwicklung und der Gesundheitszustand der Gehölze anhand der Vitalität und des Triblängenwachstums ablesbar sind, flossen diese mit mittlerer Relevanz in die Beurteilung ein. Somit wurden die Punkte der zuletzt erwähnten Parameter mit 2 multipliziert. Im Vergleich dazu erhielten die Gehölzschäden, als auch der Salzgehalt in den Blattproben die niedrigste Gewichtung.

Mittels der Bewertung und der anschließenden Gewichtung wurden die Punkte pro Parameter errechnet und notiert. Diese lagen in Form eines geotechnischen und vegetationstechnischen Gesamtergebnisses, welches in der letzten Spalte der Gesamtmatrix zu finden ist, vor. Pro Substratvariante konnten maximal 9 Punkte erreicht werden und die Gehölzpflanzungen konnten jeweils einen Höchstwert von 45 Punkten erzielen. Anhand der Punkteanzahl ließ sich die Substratvariante bzw. das Gehölz, welches sich innerhalb der Vegetationsperiode 2020 am besten/ schlechtesten bewährt und entwickelt hat, bestimmen. Der höchste Punktwert ist in der Mastermatrix gelb markiert.

Zusätzlich erfolgte pro Standort eine Aufsummierung der Endergebnisse der beiden Teilbereiche. Dieses gesammelte Gesamtergebnis soll einen Überblick, sowie Aufschluss über die Performance der Substratvarianten in Kombination mit den Baumpflanzungen geben.

6.2. Mastermatrix Atemsgasse 2020

Nr.	SV	Substratvariante	Geotechnische Parameter		Infiltrationsrate				Tragfähigkeit				geo. Gesamtergebnis			
			Durchlässigkeitbeiwert [m/s]		Dynamischer EV [MN/m ²]		Dynamischer EV [MN/m ²]		Dynamischer EV [MN/m ²]							
				April	November	April	November	April	November	April	November	April	November			
1	SV 13	SBS_Z.O./SBS_Z.U. ohne Zufluss	3,0E-05	1,9E-04	1,1E-04	14,0	13,1	13,5	9,0							
2	SV 13	SBS_Z.O./SBS_Z.U. inkl. 1. Zufluss	5,8E-05	1,6E-04	9,7	8,4	9,1	9,0								
3	SV 13	SBS_Z.O./SBS_Z.U. ohne Zufluss	4,0E-05	1,2E-04	8,0E-05	11,5	8,3	9,9	9,0							
4	SV 13	SBS_Z.O./SBS_Z.U. inkl. 1. Zufluss	2,2E-04	1,0E-04	1,6E-04	11,9	10,5	11,2	9,0							

Nr.	SV	Substratvariante	Grunddaten				Baumhöhe [m]				Kronendurchmesser [m]				Ø Vitalität		
			Stammdurchmesser [cm]		Stammumfang [cm]		Zuwachs		Zuwachs		Zuwachs		Zuwachs				
				April	November	April	November	April	November	April	November	April	November	April	November		
		Gehölz		9,0	11,8	29,5	38,2	6,7	6,7	0,0	2,9	4,1	1,2	4,1	1,2	0,4	
1	SV 13	SBS_Z.O./SBS_Z.U. ohne Zufluss	9,8	12,6	31,2	40,5	9,3	6,7	6,8	0,1	4,2	5,2	1,0	5,2	1,0	0,6	
2	SV 13	SBS_Z.O./SBS_Z.U. inkl. 1. Zufluss	9,8	12,4	31,2	39,2	8,0	6,5	6,6	0,1	2,8	4,2	1,4	4,2	1,4	0,4	
3	SV 13	SBS_Z.O./SBS_Z.U. ohne Zufluss	9,9	13,2	30,2	40,5	10,3	6,5	7,0	0,5	3,1	4,4	1,3	4,4	1,3	0,6	
4	SV 13	SBS_Z.O./SBS_Z.U. inkl. 1. Zufluss	9,9	13,2	30,2	40,5	10,3	6,5	7,0	0,5	3,1	4,4	1,3	4,4	1,3	0,6	

Nr.	SV	Substratvariante	Schäden		Ø Triebblängen [cm]		Laubaustrieb laubabwurf		Blattprobenanalyse		veg. Gesamtergebnis	
			Krone	Stamm	Wurzel	Σ	Laubaustrieb	Laubabwurf	Natrium [mg/g]	Chlorid [mg/g]		Cl : Na Verhältnis
		Gehölz		4	2	0	6	KW 15	KW 46	0,1097	8,048	30,0
1	SV 13	SBS_Z.O./SBS_Z.U. ohne Zufluss	5	3	0	8	KW 15	KW 46	0,1851	2,852	30,0	
2	SV 13	SBS_Z.O./SBS_Z.U. inkl. 1. Zufluss	4	3	0	7	KW 15	KW 47	0,1224	5,892	31,0	
3	SV 13	SBS_Z.O./SBS_Z.U. ohne Zufluss	3	2	0	5	KW 15	KW 46	0,1088	0,5627	32,0	
4	SV 13	SBS_Z.O./SBS_Z.U. inkl. 1. Zufluss	3	2	0	5	KW 15	KW 46	0,1088	0,5627	32,0	

Nr.	SV	Substratvariante	Gesamtergebnis		ges. Gesamtergebnis	
			geo.	veg.		
		Gehölz		9,0	30,0	39,0
1	SV 13	SBS_Z.O./SBS_Z.U. ohne Zufluss	9,0	30,0	39,0	
2	SV 13	SBS_Z.O./SBS_Z.U. inkl. 1. Zufluss	9,0	32,0	41,0	
3	SV 13	SBS_Z.O./SBS_Z.U. ohne Zufluss	9,0	31,0	40,0	
4	SV 13	SBS_Z.O./SBS_Z.U. inkl. 1. Zufluss	9,0	32,0	41,0	

Abbildung 21: Mastermatrix Atemsgasse 2020

Kurzbeschreibung des Standorts Atemsgasse

Der Versuchsstandort umfasst vier Baumscheiben, in diese die Substratvariante 13 (SBS 2. O./ 2. U.) ausgebracht wurde. In den Sickerflächen wurden *Celtis australis*, welche im Jahr 2018 eine Anwuchspflege erhielten, gepflanzt. Da die Baumscheiben mit Randsteinen eingefasst sind, ist eine direkte Einleitung von Oberflächenwasser nur über den angrenzenden Gehsteig möglich. Eine Ausnahme stellen die Gehölzpflanzungen 2 und 4 dar. Diese verfügen über jeweils einen Zufluss, wodurch das Verkehrsflächenwasser der Straße in die Baumscheiben gelangen kann.

Interpretation der Mastermatrix

Anhand der Abbildung 21 ist zu erkennen, dass die Durchlässigkeitsbeiwerte der Substratvariante 13, welche mittels Infiltrationsmessung errechnet wurden, den aktuellen Stand der Technik laut FLL (2010) entsprechen. Da die gemittelten Werte zwischen $1,6E^{-04}$ m/s und $8,0E^{-05}$ m/s liegen, ist eine überdurchschnittliche Wasserdurchlässigkeit des Substrats garantiert. Aufgrund dessen wurden die Ergebnisse der vier vorliegenden Sickerflächen in Bezug auf den geotechnischen Parameter mit „Gut“ bewertet.

Im Bereich der vegetationstechnischen Messparameter wurden am Versuchsstandort Atemsgasse im Jahr 2020 Unterschiede bei den Ergebnissen festgestellt. Dies betrifft einerseits den Grundparameter Baumhöhe. Dabei erzielte Baum 4 den höchsten Zuwachs mit 0,5 m, welcher in die Kategorie „Ausreichend“ eingestuft wurde. Im Gegensatz dazu erzielten die Gehölze 1 bis 3 unzureichende Ergebnisse. Bei den Teilbereichen Stammdurchmesser, Stammumfang und Kronendurchmesser erlangten die gesamten Gehölzpflanzungen eine gute bzw. ausreichende Zuwachsleistung. Vor allem Baum 4 erreichte bei den Parametern Stammdurchmesser und Stammumfang das höchste Ergebnis mit 3,3 cm bzw. 10,3 cm.

Des Weiteren wurden am Standort überdurchschnittlich vitale Gehölze, deren gemittelte Vitalitätswerte zwischen 0,4 und 0,6 liegen, vorgefunden. Im Vergleich zu den weiteren zwei Versuchsstandorten schnitten die Gehölze in der Atemsgasse im Jahr 2020 am besten ab. Dieser Entwicklungszustand lässt sich womöglich auf die bereits erwähnte Anwuchspflege zurückführen, wodurch die Gehölze mit ausreichend Wasser versorgt wurden.

Die meisten Gehölzschäden (acht) wies Baum 2 auf. Diese wurden vorwiegend im Kronenbereich festgestellt. Dabei handelte es sich größtenteils um Wund- und Schnittstellen, Dürholz, asymmetrischen Wuchs und Einschnürungen. Im Gegensatz dazu wurden bei Baum 4 fünf Schadmerkmale, welche die geringste Anzahl an Schäden darstellt, bemerkt. Somit wurde dieses Gehölz mit „Gut“ bewertet.

Die gesamten vier Gehölzpflanzungen wiesen deutliche Triebgrößenzuwächse auf. Am besten schnitt Baum 2 ab, dessen durchschnittlicher Zuwachs 41,7 cm betrug.

Anhand der Blattprobenanalyse wird deutlich, dass die Baumscheiben 2 und 4, welche jeweils mit einem Zufluss versehen sind, die geringsten NaCl-Verhältnisse im Vergleich zu den Gehölzen 1 und 3 (ohne Zufluss) aufweisen.

Mittels des Bewertungsschemas und der Gewichtung der Parameter ist im geotechnischen Bereich bei der Substratvariante 13 eine günstige Sickerfähigkeit festzustellen. Aufgrund dessen kann keine Präferenz zwischen der Substratvariante mit Zufluss bzw. ohne Zufluss getroffen werden. Das Gesamtergebnis der vegetations-technischen Parameter zeigt eine optimale Entwicklung der Gehölze 2 und 4. Aufgrund der herausragenden Zuwachsleistungen und Vitalitätsbeurteilung, sowie der geringen Salzbelastung erreichen diese jeweils das höchste Ergebnis des Teilbereichs.

Anhand der gesammelten Gesamtergebnisse ist zu erkennen, dass am Versuchsstandort Atemsgasse im Jahr 2020 die Gehölzpflanzungen 2 und 4 mit der höchsten Punkteanzahl von 41 Punkten am besten abschnitten. Die Gehölze, welche der Baumart *Celtis australis* angehören, wurden in die Substratvariante 13 (SBS 2. O./ 2. U.) gepflanzt und verfügen jeweils über einen Zufluss.

6.3. Mastermatrix Edith-Piaf-Straße 2020

Nr.	SV	Substratvariante	Infiltrationsrate				Traeffähigkeit		geo. Gesamtergebnis
			Ø Durchlasshöhe [m/s]	Ø	April	November	Ø	Dynamischer PV [l/m²]	
1	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	6.4E-05	4.7E-05	7.7	9.1	9.1	8.4	9.0
2	SV 12	WBS 0/WBS U.	2.5E-05	1.7E-05	11.0	10.8	10.8	10.9	9.0
3	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	5.1E-05	3.8E-05	5.1	9.2	9.2	7.2	9.0
4	SV 12	WBS 0/WBS U.	2.8E-05	1.4E-05	6.4	6.0	6.0	6.2	9.0
5	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	1.3E-04	8.7E-05	5.7	7.7	6.7	6.7	9.0
6	SV 12	WBS 0/WBS U.	2.8E-05	1.4E-05	5.4	5.8	5.6	5.6	9.0
7	SV 12	WBS 0/WBS U.	2.6E-05	1.4E-05	6.0	7.0	6.5	6.5	9.0
8	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	1.1E-04	5.9E-05	4.2	5.9	4.8	4.8	9.0
9	SV 12	WBS 0/WBS U.	7.8E-05	1.5E-05	4.5	9.2	6.9	6.1	9.0
10	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	3.1E-05	1.0E-04	5.3	6.9	6.1	6.1	9.0
11	SV 12	WBS 0/WBS U.	4.9E-05	2.8E-05	4.8	5.2	5.0	5.0	9.0
12	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	1.6E-04	8.8E-05	4.9	5.9	5.4	5.4	9.0

Nr.	SV	Substratvariante	Stammdurchmesser [cm]				Stammumfang [cm]				Zuwachs	Baumhöhe [m]	Kronendurchmesser [m]				Ø Vitalität
			April	November	Zuwachs	Ø	April	November	Zuwachs	Ø			April	November	Zuwachs	Ø	
1	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	9.8	9.8	0.0	31.0	32.1	1.1	6.8	7.0	0.2	1.8	1.8	2.3	0.5	2.1	
2	SV 12	WBS 0/WBS U.	8.2	8.4	0.2	26.0	26.2	0.2	7.3	7.4	0.1	1.6	1.6	2.0	0.4	2.3	
3	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	7.7	8.0	0.3	24.0	26.5	2.5	6.2	6.3	0.1	2.7	3.1	0.4	1.4		
4	SV 12	WBS 0/WBS U.	7.6	7.8	0.2	25.5	27.2	1.7	6.7	6.5	-0.2	2.4	2.4	0.0	1.3		
5	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	9.5	9.6	0.1	30.8	30.9	0.1	8.0	7.2	-0.8	1.6	2.0	0.4	2.7		
6	SV 12	WBS 0/WBS U.	9.5	10.1	0.6	29.8	31.3	1.5	7.8	7.6	-0.2	1.8	2.9	1.1	2.7		
7	SV 12	WBS 0/WBS U.	9.9	12.9	3.0	30.3	38.0	7.7	6.5	6.9	0.4	2.0	1.9	-0.1	0.6		
8	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	9.0	10.2	1.2	27.2	32.2	5.0	7.0	6.8	-0.2	1.7	1.7	0.0	1.1		
9	SV 12	WBS 0/WBS U.	6.6	7.1	0.5	22.0	23.5	1.5	7.5	6.7	-0.8	2.2	2.4	0.2	1.8		
10	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	7.4	8.2	0.8	23.5	26.3	2.8	7.8	6.9	-0.9	2.4	2.7	0.3	1.3		
11	SV 12	WBS 0/WBS U.	7.8	8.5	0.7	24.8	26.6	1.8	7.1	6.6	-0.5	1.9	2.0	0.1	2.3		
12	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	7.8	8.5	0.7	25.5	27.0	1.5	6.8	6.8	0.0	1.8	2.0	0.2	1.7		

Nr.	SV	Substratvariante	Schäden				Triebhölzer				Σ Verwelkungen	Laubaustrieb	Laubbahwurf	Blattprobenanalyse		veg. Gesamtergebnis
			Krone	Stamm	Wurzel	Σ	Ø	Σ	Natrium [mg/g]	Chlorid [mg/g]				Cl:Na Verhältnis		
1	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	7	4	1	12	13	78	KW 13	KW 50	0.295	0.585	3.901	25.0		
2	SV 12	WBS 0/WBS U.	6	4	2	12	4	61	KW 13	KW 50	0.126	0.185	1.094	13.0		
3	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	5	4	0	9	26	202	KW 15	KW 46	0.1820	0.7442	4.090	29.0		
4	SV 12	WBS 0/WBS U.	6	3	1	10	23	259	KW 15	KW 46	0.0835	0.1216	1.456	25.0		
5	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	6	4	0	10	2	21	KW 18	KW 44	0.0555	0.2011	3.090	18.0		
6	SV 12	WBS 0/WBS U.	6	3	0	9	1	18	KW 18	KW 44	0.0473	0.3960	8.373	24.0		
7	SV 12	WBS 0/WBS U.	7	6	1	14	29	144	KW 15	KW 50	0.0888	0.3812	4.294	28.0		
8	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	7	4	0	11	18	7	KW 15	KW 48	0.1258	0.5974	4.748	23.0		
9	SV 12	WBS 0/WBS U.	6	5	0	11	33	37	KW 16	KW 43	0.0400	0.1662	4.158	20.0		
10	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	6	4	0	10	45	55	KW 16	KW 43	0.0647	0.1240	1.938	28.0		
11	SV 12	WBS 0/WBS U.	6	3	2	8	16	140	KW 15	KW 44	0.1070	0.2335	2.182	16.0		
12	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	6	3	0	9	13	78	KW 15	KW 48	0.0802	0.3814	3.507	17.0		

12	SV	Substratvariante	Gehölz	veg. Gesamtergebnis		veg. Gesamtergebnis
				geo. Gesamtergebnis	veg. Gesamtergebnis	
1	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	Pinus calyptana 'Aristocrat'	9.0	25.0	34.0
2	SV 12	WBS 0/WBS U.	Pinus calyptana 'Aristocrat'	9.0	19.0	28.0
3	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	Acer campestre 'Elsrijk'	9.0	29.0	38.0
4	SV 12	WBS 0/WBS U.	Acer campestre 'Elsrijk'	25.0	34.0	34.0
5	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	Fraxinus excelsior 'Altena'	9.0	18.0	27.0
6	SV 12	WBS 0/WBS U.	Fraxinus excelsior 'Altena'	24.0	33.0	33.0
7	SV 12	WBS 0/WBS U.	Ulmus 'New Horizon'	9.0	28.0	37.0
8	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	Ulmus 'New Horizon'	23.0	32.0	32.0
9	SV 12	WBS 0/WBS U.	Geflexia incombans 'Skyline'	20.0	29.0	29.0
10	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	Geflexia incombans 'Skyline'	28.0	37.0	37.0
11	SV 12	WBS 0/WBS U.	Celtis australis	16.0	25.0	25.0
12	SV 13	SBS 2.0/SBS 2.U.	Celtis australis	17.0	26.0	26.0

Abbildung 22: Mastermatrix Edith-Piaf-Straße 2020

Kurzbeschreibung des Standorts Edith-Piaf-Straße

Der Standort Edith-Piaf-Straße besteht aus zwei Sickermulden, welche mit insgesamt zwölf Gehölzen bepflanzt wurden. Bei den verwendeten Gehölzen handelt es sich um sechs Baumarten (*Pyrus calleryana* 'Aristocrat', *Acer campestre* 'Elsrijk', *Fraxinus excelsior* 'Altena', *Ulmus* 'New Horizon', *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' und *Celtis australis*). Auf dieser Versuchsfläche wurde jeweils ein Gehölz pro Baumart in die Substratvariante 12 (Wiener Baums substrat – WBS. O./ WBS. U.) gesetzt, sowie das zweite Gehölz in die Variante 13 (SAVE-Baums substrat – SBS. 2. O./ SBS. 2. U.) gepflanzt. Aufgrund dessen kann die Entwicklung der Gehölze innerhalb der Baumarten verglichen werden. Das anfallende Niederschlagswasser der angrenzenden Straßenflächen kann über einzelne Zuflüsse in die Sickermulden fließen. Dieses wird aufgrund des dualen Systems „gereinigt“, sodass das chloridbelastete Wasser in den Kanal mündet und das saubere Regenwasser in den Mulden versickert.

Interpretation der Mastermatrix

Im Versuchsjahr 2020 wurden im Bereich der Infiltrationsmessung keine Unterschiede zwischen den Substratvarianten bzw. den Gehölzarten erfasst. Da die gesamten Durchlässigkeitswerte zwischen $1,0E^{-04}$ m/s und $1,4E^{-05}$ m/s liegen und somit den Grenzwertangaben der FLL (2010) entsprechen, wurden diese mit „Gut“ bewertet. Aufgrund dessen ist sowohl bei den Gehölzen in der Substratvariante 12, als auch bei jenen in der Variante 13 eine optimale Sickerleistung garantiert.

Im vegetationstechnischen Bereich können hingegen unterschiedliche Ergebnisse, welche in die Kategorien „Gut“ bis „Unzureichend“ eingegliedert wurden, festgestellt werden. Beim Grundparameter Stammdurchmesser wurden drei Gehölze (6, 7 und 10) mit jeweils drei Punkten bewertet. Den höchsten Zuwachswert von 3,0 cm erzielte Baum 7- *Ulmus* 'New Horizon', welcher in die Substratvariante 12 gepflanzt wurde. Im Gegensatz dazu wurde bei Gehölz 1 (SV 13) kein Zuwachs gemessen. Generell schnitten die Baumarten *Celtis australis*, sowie *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' bei diesem Teilbereich schlecht ab. Mittels der Abbildung 22 ist zu erkennen, dass die gesamten zwölf Gehölze Zuwächse im Bereich des Stammumfangs aufwiesen. Dabei zeigte wiederum Gehölz 7 die höchste Zuwachsleistung mit 7,7 cm. Zusätzlich wurden die Gehölze 1, 6 und 10, sowie die Pflanzungen der Baumart *Acer campestre* 'Elsrijk' in die Kategorie „Gut“ aufgenommen. Baum 7 nahm mit 0,4 m im Jahr 2020 an Höhe zu.

Obwohl das Gehölz den Höchstwert erlangte, wurde dieses jedoch nur mit einem Punkt belohnt. Den größten Zuwachs im Bereich der Krone (1,1 m) wurde bei Gehölz 6 – *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' im Substrat 12 gemessen.

Zusätzlich schnitten Pflanzung 3 (SV 13) mit einem Zuwachs von 0,4 m, als auch die Gehölze der Baumart *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' mit 0,5 m (Baum 1) bzw. 0,4 m (Gehölz 2) gut ab. Im Vergleich dazu wurde bei den Baumarten *Ulmus* 'New Horizon', *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' und *Celtis australis* eine geringe bzw. keine Zunahme des Kronendurchmessers festgestellt.

In der Vegetationsperiode 2020 erlangten sieben von zwölf Gehölzen eine ausreichende Vitalität, deren Werte zwischen 1,7 und 2,7 lagen. Dabei handelte es sich um die Gehölze der Baumarten *Pyrus calleryana* 'Aristocrat', *Fraxinus excelsior* 'Altena' und *Celtis australis*. Mit einem Vitalitätswert von 0,6 erzielte Pflanzung 7 – *Ulmus* 'New Horizon' (SV 12) das beste Ergebnis. Da die Gehölzart *Acer campestre* 'Elsrijk' (Baum 3 und 4), sowie die Bäume 8 und 10 ebenfalls optimale Vitalitätsentwicklungen zeigten, wurden diese mit „Gut“ beurteilt. Anhand der Mastermatrix ist zu erkennen, dass jedes Gehölz Schäden aufweist. Diese wurden vorwiegend im Kronen-, als auch im Stammbereich bemerkt. Dabei wurden hauptsächlich Schäden an der Rinde, Einschnürungen, Dürholz, asymmetrischer Wuchs, als auch Wund- und Schnittstellen dokumentiert. Die meisten Schadmerkmale wurden bei den Gehölzen 4, 5 und 7, welche über zehn bzw. 14 Beeinträchtigungen verfügten, entdeckt. Aufgrund dessen wurden diese als „Unzureichend“ kategorisiert. Da bei den restlichen Pflanzungen zwischen acht und zwölf Schadbilder festgestellt wurden, wurden diese in der Kategorie „Ausreichend“ mit zwei Punkten bewertet.

Im Jahr 2020 wiesen die einzelnen Baumarten unterschiedliche Triebzuwächse, welche zwischen 1 cm und 45 cm variierten, auf. In der Edith-Piaf-Straße wurden im Vergleich zu den weiteren Versuchsstandorten die längsten Triebblängen gemessen. Diese wurden bei Baum 10 – *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' in der Substratvariante 13 ermittelt.

Im Bereich der Blattprobenanalyse wurden unterschiedliche NaCl-Ergebnisse zwischen den Gehölzen erfasst. Die Gehölze der Baumarten *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' und *Celtis australis*, als auch die Pflanzungen 2, 4 und 5 wurden aufgrund deren Werte, welche zwischen 1,094 mg/g und 4,158 mg/g liegen, in die Kategorie „Gut“ eingeteilt. Des Weiteren wurden die Gehölzart *Ulmus* 'New Horizon' als „Ausreichend“ kategorisiert, sowie die restlichen Bäume 1, 3 und 6 als „Unzureichend“ eingestuft. Das höchste NaCl-Verhältnis mit 8,373 mg/g wurde bei Pflanzung 6 – *Fraxinus excelsior* 'Altena' (SV 12) festgestellt.

Anhand des gewichteten Punktesystems wurde im geotechnischen Bereich sowohl bei der Substratvariante 12, als auch bei der Substratvariante 13 eine optimale Sickerleistung festgestellt. Aufgrund dessen ist keine Präferenz zwischen den Substratvarianten möglich.

Die vegetationstechnischen Gesamtergebnisse zeigen, dass die Gehölze 1, 3, 10 und 12 in der Substratvariante 13, sowie die Baumpflanzungen 6 und 7, welche in die Substratvariante 12 gepflanzt wurden, die höchsten Punkteanzahlen im Baumarten-Vergleich erzielten.

Mittels der gesammelten Gesamtergebnisse ist zu erkennen, dass am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße im Jahr 2020 Gehölz 3, welches der Baumart *Acer campestre* 'Elsrijk' angehört, mit 38 Punkten am besten abgeschnitten hat. Die Pflanzgrube wurde mit der Substratvariante 13 (SBS 2. O./ 2. U.) ausgestattet. Das Endergebnis wurde aufgrund des überdurchschnittlichen Sickerwerts, der vitalen Entwicklung, sowie der hohen Zuwächse im Bereich des Stammumfangs, des Kronendurchmessers und der Triebblängen erzielt.

6.4. Mastermatrix Kuchelauer Hafen 2020

Nr.	SV	Substratvariante	Infiltrationsrate		Tragfähigkeit		geo. Gesamttergebnis		
			Ø Durchlassigkeitsbeiwert [m/s]	Ø	Dynamischer EV [kN/m²]	Ø			
1	SV16	SBS.1.O/SBS.1.U.	1.3E-04	9.3E-05	1.1E-04	13.5	7.8	10.7	9.0
2	SV16	SBS.1.O/SBS.1.U.	1.2E-04	8.9E-05	1.0E-04	11.0	11.3	11.2	9.0
3	SV16	SBS.1.O/SBS.1.U.	8.9E-05	5.1E-05	7.0E-05	8.2	9.2	8.7	9.0
4	SV15	SBS.1.O/SBS.2.U.	1.7E-04	1.0E-04	1.4E-04	6.5	6.8	6.7	9.0
5	SV14	SBS.2.O/SBS.1.U.	1.1E-04	1.7E-04	1.4E-04	6.6	9.9	8.3	9.0
6	SV14	SBS.2.O/SBS.1.U.	1.5E-04	4.4E-04	3.0E-04	9.0	9.7	9.4	9.0
7	SV13	SBS.2.O/SBS.2.U.	1.1E-04	2.8E-04	2.0E-04	5.6	6.3	6.0	9.0
8	SV12	WBS.O/WBS.U.	3.9E-06	1.4E-06	2.7E-06	9.3	9.6	9.5	3.0
9	SV12	WBS.O/WBS.U.	1.9E-06	5.6E-07	1.2E-06	9.7	9.7	9.7	3.0
10	SV13	SBS.2.O/SBS.2.U.	1.2E-04	3.0E-04	2.1E-04	5.3	7.3	6.3	9.0
11	SV15	SBS.1.O/SBS.2.U.	1.4E-04	7.4E-05	1.1E-04	6.4	7.5	7.0	9.0

Nr.	SV	Substratvariante	Gehölz	Stammdurchmesser [cm]			Stammumfang [cm]	Baumhöhe [m]	Kronendurchmesser [m]			Ø Vitalität			
				April	November	Zuwachs			April	November	Zuwachs		April	November	Zuwachs
1	SV16	SBS.1.O/SBS.1.U.	<i>Celtis australis</i>	8.0	8.9	0.9	27.0	29.6	6.3	6.1	-0.2	2.5	2.5	0.0	2.0
2	SV16	SBS.1.O/SBS.1.U.	<i>Celtis australis</i>	7.8	8.3	0.5	26.3	27.9	5.9	6.1	0.2	2.4	2.7	0.3	1.6
3	SV16	SBS.1.O/SBS.1.U.	<i>Celtis australis</i>	8.2	8.3	0.1	26.9	28.3	6.2	6.2	0.0	1.9	2.3	0.4	2.2
4	SV15	SBS.1.O/SBS.2.U.	<i>Celtis australis</i>	8.5	8.8	0.3	29.1	31.0	6.0	6.3	0.3	2.7	2.8	0.1	1.5
5	SV14	SBS.2.O/SBS.1.U.	<i>Celtis australis</i>	7.1	7.1	0.0	23.3	24.5	5.7	5.9	0.2	2.2	2.3	0.1	2.2
6	SV14	SBS.2.O/SBS.1.U.	<i>Celtis australis</i>	8.2	8.9	0.7	26.7	27.6	8.1	6.5	0.4	2.1	2.2	0.1	1.6
7	SV13	SBS.2.O/SBS.2.U.	<i>Celtis australis</i>	8.5	9.0	0.5	27.9	30.1	6.2	6.2	0.0	2.6	2.8	0.2	1.9
8	SV12	WBS.O/WBS.U.	<i>Celtis australis</i>	8.1	8.0	-0.1	27.8	28.2	6.4	6.3	-0.1	2.0	1.7	-0.3	3.5
9	SV12	WBS.O/WBS.U.	<i>Celtis australis</i>	7.8	7.8	0.0	29.6	25.1	5.4	5.5	0.1	1.7	1.6	-0.1	3.5
10	SV13	SBS.2.O/SBS.2.U.	<i>Celtis australis</i>	8.9	9.1	0.2	27.8	29.8	6.0	6.0	0.0	2.1	2.4	0.3	1.4
11	SV15	SBS.1.O/SBS.2.U.	<i>Celtis australis</i>	8.3	8.3	0.0	26.9	28.8	6.2	6.3	0.1	2.2	2.6	0.4	2.3

Nr.	SV	Substratvariante	Gehölz	Schäden			Ø Triebblängen [cm]	2 Verästelungen	Blattprobenanalyse		veg. Gesamttergebnis	
				Krone	Stamm	Wurzel			Laubabwurf	Chlorid [mg/g]		Cl/Na Verhältnis
1	SV16	SBS.1.O/SBS.1.U.	<i>Celtis australis</i>	7	3	1	11	36	KW16	0.3185	2.712	18.0
2	SV16	SBS.1.O/SBS.1.U.	<i>Celtis australis</i>	5	3	1	9	43	KW15	0.0831	4.287	21.0
3	SV16	SBS.1.O/SBS.1.U.	<i>Celtis australis</i>	7	3	1	11	26	KW16	0.4545	3.92	19.0
4	SV15	SBS.1.O/SBS.2.U.	<i>Celtis australis</i>	5	3	2	10	39	KW17	0.1156	0.4309	21.0
5	SV14	SBS.2.O/SBS.1.U.	<i>Celtis australis</i>	7	3	1	11	32	KW15	0.0961	4.072	19.0
6	SV14	SBS.2.O/SBS.1.U.	<i>Celtis australis</i>	6	3	2	11	23	KW17	0.0859	4.059	19.0
7	SV13	SBS.2.O/SBS.2.U.	<i>Celtis australis</i>	6	3	1	10	29	KW16	0.0882	4.797	19.0
8	SV12	WBS.O/WBS.U.	<i>Celtis australis</i>	9	3	3	15	17	KW18	0.1247	7.147	9.0
9	SV12	WBS.O/WBS.U.	<i>Celtis australis</i>	3	3	2	14	17	KW18	0.0971	15.024	9.0
10	SV13	SBS.2.O/SBS.2.U.	<i>Celtis australis</i>	5	3	4	12	37	KW16	0.0774	0.8664	20.0
11	SV15	SBS.1.O/SBS.2.U.	<i>Celtis australis</i>	5	3	3	11	34	KW17	0.0816	0.4104	19.0

Nr.	SV	Substratvariante	Gehölz	geo. Gesamttergebnis	veg. Gesamttergebnis	ges. Gesamttergebnis
2	SV16	SBS.1.O/SBS.1.U.	<i>Celtis australis</i>	9.0	21.0	30.0
3	SV16	SBS.1.O/SBS.1.U.	<i>Celtis australis</i>	9.0	19.0	28.0
4	SV15	SBS.1.O/SBS.2.U.	<i>Celtis australis</i>	9.0	21.0	30.0
5	SV14	SBS.2.O/SBS.1.U.	<i>Celtis australis</i>	9.0	19.0	28.0
6	SV14	SBS.2.O/SBS.1.U.	<i>Celtis australis</i>	9.0	19.0	28.0
7	SV13	SBS.2.O/SBS.2.U.	<i>Celtis australis</i>	9.0	19.0	28.0
8	SV12	WBS.O/WBS.U.	<i>Celtis australis</i>	3.0	9.0	12.0
9	SV12	WBS.O/WBS.U.	<i>Celtis australis</i>	3.0	9.0	12.0
10	SV13	SBS.2.O/SBS.2.U.	<i>Celtis australis</i>	9.0	20.0	29.0
11	SV15	SBS.1.O/SBS.2.U.	<i>Celtis australis</i>	9.0	19.0	28.0

Abbildung 23: Mastermatrix Kuchelauer Hafen 2020

Kurzbeschreibung des Standorts Kuchelauer Hafen

Der Versuchsstandort Kuchelauer Hafen ist in Form einer Sickermulde errichtet worden. In dieser wurden elf Gehölze der Baumart *Celtis australis* gepflanzt. Die Pflanzgruben wurden mit fünf verschiedenen Substratvarianten befüllt. Dabei handelt es sich um das Wiener Baumsubstrat (SV 12 – WBS. O./ U.) und um vier SAVE-Baumsubstrate (SV 13 – SBS. 2. O./ 2. U., SV 14 – SBS. 2. O./ 1. U., SV 15 – SBS. 1. O./ 2. U. und SV 16 – SBS. 1. O./ 1. U.). Die Pflanzungen 1, 2 und 3 befinden sich in der Substratvariante 16, die Gehölze 4 und 11 in der Variante 15, die Bäume 5 und 6 wurden in das Substrat 14 gepflanzt und die Pflanzgruben der Gehölze 7 und 10 wurden mit der Variante 13 ausgestattet. Die Gehölze 8 und 9 wurden im Wiener Baumsubstrat (SV 12) eingesetzt. Das anfallende Regenwasser der angrenzenden Straßenoberfläche entwässert mittels der unregelmäßigen Ausführung der Randsteine direkt in die Sickermulde. Zusätzlich erhalten die gepflanzten Gehölze eine weitere temporäre Bewässerung, welche in Form von Gießsäcken erfolgt.

Interpretation der Mastermatrix

Die Ergebnisse der Infiltrationsrate zeigen, dass die gesamten SAVE-Substratvarianten optimale Durchlässigkeitsbeiwerte, welche mit den Vorgaben der FLL (2010) übereinstimmen, aufweisen. Im Gegensatz dazu stellen die Beiwerte der Gehölzen 8 und 9 (SV 12) eine langsame Sickerleistung dar. Da diese Werte ($2,7E^{-06}$ m/s bzw. $1,2E^{-06}$ m/s) nicht dem Stand der Technik entsprechen, wurden diese als „Unzureichend“ eingestuft. Der Grund für die geringe Wasserdurchlässigkeit des Wiener Baumsubstrats ist eine Verschlammung des Substrats, welche durch eine partielle Böschungserosion der Sickermulde erfolgte.

Im Jahr 2020 wurden im Bereich der Grundparameter (Stammdurchmesser, Stammumfang, Baumhöhe und Kronendurchmesser) größtenteils Zuwächse dokumentiert. Wie Abbildung 23 zeigt, wurden diese aufgrund des Bewertungsschemas nur mit einem Punkt bewertet. Pflanzung 1, welche in die Substratvariante 16 eingesetzt wurde, nahm beim Stammdurchmesser, sowie beim Stammumfang um 0,9 cm bzw. 2,6 cm zu. Diese Werte stellten die größten Zunahmen dar. Die Messungen der Baumhöhe ergaben bei Baum 6 (SV 14) den höchsten Zuwachs mit 0,4 m. Im Bereich des Kronendurchmessers variierten die Zuwächse zwischen 0,0 m und 0,4 m, wobei die Gehölze 3 und 11 am besten abschnitten. Bei acht von elf Gehölzpflanzungen im Kuchelauer Hafen wurde eine durchschnittliche Vitalität, welche zwischen 1,5 und 2,3 liegt, festgestellt. In die Kategorie „Gut“ wurde nur Baum 10 (SV 13) eingestuft, da dieser einen Vitalitätswert von 1,4 aufwies.

Die im Wiener Baumsubstrat eingesetzten Gehölze 8 und 9 zeigten hingegen eine stark verminderte Vitalität (3,5).

Bei den zuletzt genannten Pflanzungen wurden 15 bzw. 14 Schadmerkmale, welche größtenteils im Kronenbereich bemerkt wurden, festgestellt. Auch Baum 10 schnitt mit zwölf Beeinträchtigungen schlecht ab. Bei diesen Gehölzen handelte es sich vorwiegend um Schäden an der Rinde, asymmetrischen Wuchs, Dürholz, Wund- und Schnittstellen, Einschnürungen, Spitzendürre und Totholz. Aufgrund der geringeren Anzahl an Schäden wurden die restlichen acht Gehölze in die Kategorie „Ausreichend“ eingegliedert.

Im Kuchelauer Hafen wurde in der Vegetationsperiode 2020 ein durchschnittliches Triebblängenwachstum von 17 cm bis 43 cm dokumentiert. Gehölz 2 (SV 16) und Gehölz 4 (SV 15) wurden bezüglich der langen Triebe mit „Gut“ bewertet, wohingegen Gehölz 8 und 9 (SV 12) als „Unzureichend“ kategorisiert wurden.

Die Blattprobenanalyse zeigte, dass bei den gesamten neun Gehölzen, welche in die SAVE-Substratvarianten gepflanzt wurden, ein optimales NaCl-Verhältnis herrscht. Bei diesen variierten die Werte zwischen 2,712 mg/g und 5,030 mg/g. Im Gegensatz dazu wiesen die Gehölze 8 und 9 im Wiener Baumsubstrat höhere Verhältniswerte (7,147 mg/g bzw. 15,024 mg/g) auf. Der Grund dafür ist die Böschungserosion der Sickermulde, wodurch das anfallende Regenwasser nicht versickern kann. In weitere Folge verdunstet das Wasser und hinterlässt eine hohe Menge an NaCl, welches von dem Gehölz aufgenommen wird. Somit erhielten diese Baumpflanzungen im Zuge der Bewertung zwei Punkte bzw. einen Punkt.

Anhand der geotechnischen Gesamtergebnisse wurde bei den SAVE-Substratvarianten (13, 14, 15 und 16) eine optimale Wasserdurchlässigkeit festgestellt. Das Wiener Baumsubstrat (SV 12) wies hingegen eine langsame Sickerfähigkeit auf. Im vegetationstechnischen Bereich erzielten die Gehölze 2 und 4 in den Substratvarianten 16 bzw. 15 die höchste Punkteanzahl mit jeweils 21 Punkten. Im Vergleich dazu erreichten die Bäume 8 und 9 (Wiener Baumsubstrat – SV 12) nur jeweils 9 Gesamtpunkte.

Das im Jahr 2020 erzielte Gesamtergebnis der geotechnischen und vegetationstechnischen Teilbereiche zeigte, dass die Gehölze 2 und 4 am Versuchsstandort Kuchelauer Hafen mit einer Punkteanzahl von 30 Punkten am besten abgeschnitten hatten. Diese Gehölzpflanzungen, welche der Baumart *Celtis australis* angehören, befinden sich in den Substratvarianten 15 (SBS. 1. O./ 2. U) und 16 (SBS. 1. O./ 1. U.). Das Endergebnis wurde aufgrund des optimalen Sickerwerts, der durchschnittlichen Vitalitätsentwicklung, der hohen Zuwächse der Triebblängen, sowie des günstigen NaCl-Verhältnisses erzielt.

6.5. Vergleich der Gesamtergebnisse 2018–2020

In diesem Unterkapitel liegen die gesammelten Gesamtergebnisse der einzelnen Versuchsstandorte aus den Jahren 2018, 2019 und 2020 vor. Die markierten Endergebnisse in den nachfolgenden Tabellen sollen sowohl eine geeignete Baumart, als auch eine Substratvariante, welche sich am jeweiligen Standort am besten bewährt hat, darstellen. Für diese Abbildungen wurden die Ergebnisse mit Einverständnis von Lübke (2018) und Olesko (2019) herangezogen.

Attemsgasse

Am Standort Attemsgasse wurden vier Exemplare der Baumart *Celtis australis* in die Substratvariante 13 gepflanzt. Auf den ersten Blick fällt auf, dass sowohl Baum 2, als auch Baum 4, welche über einen Zufluss verfügen, die besten Ergebnisse in den letzten drei Versuchsjahren erzielten. Obwohl alle Gehölze im Jahr 2018 eine solide Punkteanzahl erreichten, performte dennoch Gehölz 2 mit einem Gesamtergebnis von 34 Punkten am besten. Dieses Ergebnis wurde in den Jahren 2019 und 2020 übertroffen. Im Jahr 2019 verbesserte sich Baum 2 um sechs Punkte. Dabei schnitt diese Pflanzung bei den vegetationstechnischen Parametern, wie beispielsweise beim Stammumfang, Kronendurchmesser, der Vitalität, dem Triebblängenwachstum und bei der Blattprobenanalyse gut ab. Auch Gehölz 4 erzielte im Jahr 2019 ein Gesamtergebnis von 40 Punkten. Im nachfolgenden Jahr erreichten, aufgrund des höchsten vegetationstechnischen Gesamtergebnisses, Baum 2, sowie Baum 4 ein Endergebnis von 41 Punkten.

Während der gesamten Projektdauer erhielt die Substratvariante 13 (SBS 2.O./2.U.) bei jedem der vier Gehölze die höchste Punkteanzahl.

Tabelle 95: Vergleich der Gesamtergebnisse 2018–2020 Attemsgasse

Gesamtergebnisse 2018–2020						
Attemsgasse						
Nr.	SV	Substratvariante	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. ohne Zufluss	<i>Celtis australis</i>	31,0	34,0	39,0
2	13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. inkl. 1 Zufluss	<i>Celtis australis</i>	34,0	40,0	41,0
3	13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. ohne Zufluss	<i>Celtis australis</i>	32,0	34,0	40,0
4	13	SBS. 2.O./SBS. 2.U. inkl. 1 Zufluss	<i>Celtis australis</i>	32,0	40,0	41,0

Edith-Piaf-Straße

Am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße erfolgten insgesamt zwölf Baumpflanzungen (sechs Gehölzarten). Dabei wurden jeweils die zwei vorhandenen Gehölze pro Baumart in zwei verschiedene Substrate (SV 12 und SV 13) gesetzt, sodass diese miteinander verglichen und anschließend bewertet werden konnten.

Anhand der Ergebnisse ist erkennbar, dass im Jahr 2018 Gehölz 3 (*Acer campestre* 'Elsrijk') das beste Gesamtergebnis mit 36 Punkten erzielt hat. Dieses Ergebnis wurde größtenteils aufgrund des überragenden vegetationstechnischen Gesamtergebnisses erreicht. Auffallend ist auch, dass in diesem Jahr die Substratvariante 13 (SBS. 2. O./ 2. U.) die höchste Punktzahl pro Baumart erlangt hat. Im folgenden Jahr schnitt Baum 10 (*Gleditsia triacanthos* 'Skyline') mit 40 Gesamtpunkten am besten ab. Dieses Resultat erfolgte aufgrund der ausreichenden Infiltrationsrate, sowie der überdurchschnittlichen Ergebnisse im vegetationstechnischen Teilbereich. Im Gegensatz dazu erzielten Baum 2 und 11, welche in der Substratvariante 12 (WBS. O./ U.) gepflanzt wurden, das geringste Ergebnis mit 19 Punkten. Auch das Gehölz 9, welches der Baumart *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' angehört, wies ein niedriges Gesamtergebnis von 23 Punkten auf. Im Jahr 2020 erreichte ebenfalls Baum 3 (*Acer campestre* 'Elsrijk') in der Substratvariante 13 die höchste Gesamtsumme von 38 Punkten. In diesem Jahr erzielte die Substratvariante 13 in vier von sechs Fällen das höchste Ergebnis, nämlich bei den Baumarten *Pyrus calleryana* 'Aristocrat', *Acer campestre* 'Elsrijk', *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' und *Celtis australis*.

Mittels der Tabelle 96 ist zu erkennen, dass Baum 3 (*Acer campestre* 'Elsrijk') in der Substratvariante 13 (SBS. 2. O./ 2. U.), welcher in den Jahren 2018 und 2020 den Höchstwert an Punkten erreicht hatte, mit dessen Entwicklung überzeugte. Über die gesamte Projektdauer gesehen, erzielten in 16 von 18 Fällen die Gehölze in der Substratvariante 13 (SBS. 2. O./ 2. U.) die höchste Anzahl an Punkten.

Tabelle 96: Vergleich der Gesamtergebnisse 2018-2020 Edith-Piaf-Straße

Gesamtergebnisse 2018-2020						
Edith-Piaf-Straße						
Nr.	SV	Substratvariante	Gehölz	2018	2019	2020
1	13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	34,0	32,0	34,0
2	12	WBS. O./WBS. U.	<i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat'	25,0	19,0	28,0
3	13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	36,0	31,0	38,0
4	12	WBS. O./WBS. U.	<i>Acer campestre</i> 'Elsrijk'	25,0	26,0	34,0
5	13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	34,0	30,0	27,0
6	12	WBS. O./WBS. U.	<i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena'	24,0	28,0	33,0
7	12	WBS. O./WBS. U.	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	22,0	29,0	37,0
8	13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Ulmus</i> 'New Horizon'	32,0	30,0	32,0
9	12	WBS. O./WBS. U.	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	23,0	23,0	29,0
10	13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline'	30,0	40,0	37,0
11	12	WBS. O./WBS. U.	<i>Celtis australis</i>	28,0	19,0	25,0
12	13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Celtis australis</i>	29,0	27,0	26,0

Kuchelauer Hafen

In der Kuchelauer Hafestraße Sickermulde 8 wurden elf Gehölze der Baumart *Celtis australis* gepflanzt. Auf dieser Fläche wurden die Baumscheiben mit fünf verschiedenen Substratvarianten (12, 13, 14, 15 und 16) ausgeführt. Mit einer Gesamtbewertung von 29 Punkten lagen Baum 1 und 10 im Jahr 2018 auf dem ersten Platz. Baum 2, 3 und 5, welche in den Substratvarianten 16, 14 gepflanzt wurden, befanden sich im unteren Bereich mit 25 Punkten. Im zweiten Projektjahr erreichten Baum 7 und 10 in der Substratvariante 13 (SBS. 2. O./ 2. U.), die Gehölze 1 und 2 (SV 16), sowie die Pflanzung 4 (SV 15) den Höchstwert von 30 Punkten. Dabei schnitten diese Baumpflanzungen bei der Infiltrationsmessung, als auch bei den vegetationstechnischen Parametern, wie beispielsweise bei der Vitalität, dem Triblängenwachstum und der Blattprobenanalyse besonders gut ab. Genauso wie in den Jahren 2018 und 2019 lagen größtenteils die gesammelten Gesamtergebnisse 2020 über 20 Punkten. Die einzigen Ausnahmen stellten die Bäume 8 und 9 im Jahr 2020 dar. Diese erzielten, aufgrund des geringsten geotechnischen, sowie vegetationstechnischen Gesamtergebnisses, ein Endergebnis von 12 Punkten. Im Gegensatz dazu wiesen die Gehölze 2 und 4 die höchste Punkteanzahl mit 30 Punkten auf.

Anhand der Tabelle 97 ist erkennbar, dass die Bäume 1, 2, 4, 7 und 10, welche in den Substratvarianten 13 (SBS. 2. O./ 2. U.), 15 (SBS. 1. O./ 2. U.) und 16 (SBS. 1. O./ 1. U.) eingesetzt wurden, eine überdurchschnittliche Leistung zeigten. Diese Gehölze erreichten über die gesamte Projektdauer das höchste Endergebnis.

Tabelle 97: Vergleich der Gesamtergebnisse 2018-2020 Kuchelauer Hafen

Gesamtergebnisse 2018-2020						
Kuchelauer Hafen						
Nr.	SV	Substratvariante	Gehölz	2018	2019	2020
1	16	SBS. 1.O./SBS. 1.U.	<i>Celtis australis</i>	29,0	30,0	27,0
2	16	SBS. 1.O./SBS. 1.U.	<i>Celtis australis</i>	25,0	30,0	30,0
3	16	SBS. 1.O./SBS. 1.U.	<i>Celtis australis</i>	25,0	28,0	28,0
4	15	SBS. 1.O./SBS. 2.U.	<i>Celtis australis</i>	27,0	30,0	30,0
5	14	SBS. 2.O./SBS. 1.U.	<i>Celtis australis</i>	25,0	28,0	28,0
6	14	SBS. 2.O./SBS. 1.U.	<i>Celtis australis</i>	28,0	28,0	28,0
7	13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Celtis australis</i>	27,0	30,0	28,0
8	12	WBS. O./WBS. U.	<i>Celtis australis</i>	27,0	17,0	12,0
9	12	WBS. O./WBS. U.	<i>Celtis australis</i>	27,0	23,0	12,0
10	13	SBS. 2.O./SBS. 2.U.	<i>Celtis australis</i>	29,0	30,0	29,0
11	15	SBS. 1.O./SBS. 2.U.	<i>Celtis australis</i>	27,0	29,0	28,0

6.6. Diskussion

Damit das Regenwassermanagement im urbanen Raum zur Anwendung kommen kann und deren Funktion auch erfüllt, bedarf es bestimmte Voraussetzungen. Dabei sollte jedoch nicht nur der nachhaltige Umgang mit Niederschlagswasser fokussiert werden, sondern auch die Schaffung und Zunahme von städtischem, vitalem Grün. Um diese Ziele erfüllen zu können, müssen optimierte Böden bzw. Substrate vorliegen. Diese sollen laut Aussagen von FLORINETH (2011) das anfallende Wasser sowohl speichern können, als auch rasch versickern lassen. Zusätzlich erwähnen BECK (2019) und FLORINETH (2011), dass die entwickelten Substrate einerseits Nährstoffe enthalten müssen und andererseits ein großporiges, strukturstabiles Bodengefüge, sowie eine hohe Luftkapazität aufweisen müssen. ROTH und SCHMIDT (2017) sind ebenfalls der Meinung, dass ein günstiges Substrat ein Porenvolumen mit ausreichend Wasser- und Luftporen aufweisen sollte. Dennoch sollte die Anzahl an Luftporen überwiegen, da diese gute Bedingungen für das Wurzelwachstum schaffen. Zudem wirkt sich der optimale Lufthaushalt auch positiv auf die Entwicklung der Vegetation aus.

Nichts desto trotz spielt die Wasserdurchlässigkeit eine essentielle Rolle im Hinblick auf die Versickerungsleistung der Substrate. Dazu wurden in der Literatur diverse Richtlinien und Normen, welche unterschiedliche Vorgaben bezüglich der Infiltration liefern, gefunden.

GRIMM¹ (2010) gibt an, dass eine angemessene Wasserdurchlässigkeit nur dann erreicht wird, wenn der Beiwert zwischen $1,0 \times 10^{-3}$ m/s und $1,0 \times 10^{-6}$ m/s liegt. Dabei handelt es sich nämlich um eine mittelmäßige Versickerungsgeschwindigkeit, wodurch eine optimale Reinigungsleistung des Bodens erzielt wird. Die ÖNORM B 2506-1 (2013) ist der Überzeugung, dass bei Pflanzenstandorten die Werte zwischen $1,0 \times 10^{-4}$ m/s und $1,0 \times 10^{-5}$ m/s betragen sollten. Diese Angaben gelten jedoch laut Richtlinie nur für die ersten 30 cm einer Deckschicht von Versickerungssystemen. Im Gegensatz zur ÖNORM stellt die FLL (2010) Grenzwerte zwischen $5,0 \times 10^{-4}$ m/s und $5,0 \times 10^{-6}$ m/s in Aussicht. Diese Angaben der FLL (2010) wurden laut SCHMIDT (o.J.) auch für die Herstellung der Skeletterde (structural soil), welches für das Schwammstadt-Prinzip verwendet wird, herangezogen. Die angegebenen Werte sollen eine ausreichende Sickerfähigkeit im Substratbereich von Baumpflanzungen garantieren.

Aufgrund dessen wurden für die Beurteilung der gemessenen Infiltrationsraten im SAVE-Projekt die vorgegebenen Durchlässigkeitsbeiwerte der FLL - Richtlinien (2010) herangezogen und als Basis verwendet. Anhand der Bewertung wurde festgestellt, dass bei 25 von 27 Fällen die erhobenen Beiwerte in der Vegetationsperiode 2020 innerhalb des Grenzwertbereiches des FLL (2010) lagen und somit mit der höchstmöglichen Punkteanzahl bewertet wurden. Somit herrscht größtenteils eine überdurchschnittliche Wasserdurchlässigkeit auf den drei Versuchsstandorten vor.

Diese Resultate lassen sich zusätzlich mit den Ausgangsstoffen der Substrate erklären. Mittels der Ergebnisse ist zu erkennen, dass die SAVE-Substratvarianten, welche für Versickerungsanlagen entwickelt wurden, am besten abschnitten. Diese beinhalten Bestandteile, welche die Anforderungen für optimale Gehölzsubstraten abdecken.

Für die Herstellung wurden unter anderem die Ausgangsstoffe Blähton, Perlit und Sand verwendet. Laut FISCHER (2010) weisen die Komponenten Blähton und Perlit eine hohe Wasserspeicherfähigkeit und Strukturstabilität auf. Im Gegensatz dazu stellt Sand eine günstige Wasserdurchlässigkeit, sowie eine optimale Bodendurchlüftung dar, wie SCHMILEWSKI (o.J.) bestätigt. Aufgrund dessen wird dieses Material häufig als ergänzende Substratkomponente verwendet. Des Weiteren können Blähton, Perlit und Sand einerseits Nährstoffe speichern und andererseits können diese eine Lockerung, sowie eine Verbesserung des Bodens herstellen. Somit sind FISCHER (2010), BAUMGARTEN et al. (2020) und SCHMILEWSKI (o.J.) überzeugt, dass diese drei erwähnten Ausgangsstoffe eine ideale Substratgrundlage bilden und das Wachstum der Pflanzen ankurbeln.

Dies lässt sich anhand der Zuwachsleistung an den Gehölzen des SAVE-Projekts im Jahr 2020 feststellen. Da im Jahr 2020 vergleichsweise mehr Niederschlag als in den Jahren 2018 und 2019 fiel, erzielten überdurchschnittlich viele Gehölze Zuwächse im Bereich des Stammdurchmessers, des Stammumfangs, des Kronendurchmessers und im Bereich der Baumhöhe. Hinzu kommt, dass jedes Gehölz eine Triebblängenzunahme in der Vegetationsperiode 2020 verzeichnete, jedoch diese unterschiedlich ausfiel. LIU (2021) ist der Ansicht, dass die Variabilität der Triebblängenzuwächse je nach Baumart und Alter abhängig ist. Anhand seiner Untersuchungen wurden beispielsweise längere Triebe bei den Gehölzarten *Fraxinus excelsior* und *Quercus robur* festgestellt. Im Gegensatz dazu wurden bei den Baumarten *Acer platanoides*, *Carpinus betulus*, *Prunus avium*, etc. Abnahmen der Triebblängenentwicklung im Vergleich zu vergangenen Messungen erkannt. Des Weiteren wird laut ROLOFF¹ (2015) der Rückgang bzw. die Bildung von Kurztrieben als Minderung der Vitalität dargestellt. Da Kurztriebe keine Verzweigungen ausbilden können, ist mit einer Abnahme der Lebensfähigkeit der Gehölze zu rechnen. Dieses Phänomen wurde größtenteils bei den Gehölzen in der Substratvariante 12 (Wiener Baums substrat) festgestellt.

Diese wiesen im Vergleich zu den Bäumen in den SAVE-Varianten kürzere Triebblängen, als auch eine geminderte Vitalität auf.

Im Gegensatz dazu zeigten die Gehölzarten *Acer campestre* 'Elsrijk', *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' und *Celtis australis*, welche in die SAVE-Substratvarianten eingesetzt wurden, eine günstige Wachstumsentwicklung auf. Aufgrund der vorherrschenden klimatischen Gegebenheiten in der Stadt und des überdurchschnittlichen Pflanzenwuchses über die gesamte Projektdauer 2018–2020 können die Arten als zukünftige Stadtgehölze deklariert werden. Diese Gehölzarten sind zudem in der Auflistung der Klimaartenmatrix (KLAM) von ROLOFF (2013), sowie in den Straßenbaumlisten von GALK (2021) zu finden. ROLOFF et al. (2008) stuft die angegebenen Baumarten als sehr trockenheitsverträglich, sowie als frostunempfindlich (Ausnahme *Celtis australis*) ein. Mittels der Straßenbaumliste der Deutschen Gartenamtsleiterkonferenz (GALK) (2021) werden die Baumarten als wärmeliebend, trockenheitsverträglich und als stadtklimafest beschrieben. Jedoch werden diese Arten auch als gebietsweise frostempfindlich (*Gleditsia triacanthos* 'Skyline' und *Acer campestre* 'Elsrijk') bzw. frostgefährdet (*Celtis australis*) charakterisiert. Da unterschiedliche Klimabedingungen je nach Lage und Gebiet vorliegen, stellen die vorab aufgelisteten Gehölzarten dennoch eine ideale, zukünftige Pflanzenauswahl für urbane Standorte dar.

Um eine günstige Gehölzentwicklung im städtischen Raum zu erzielen, sind nicht nur resistente Baumarten, sondern auch ein umfangreiches Pflegemanagement erforderlich. Gerade bei Jungbäumen ist die sogenannte Anwuchspflege besonders essentiell. Dazu zählen einerseits eine ausreichende Bewässerung, der Erziehungsschnitt, sowie fortlaufende Kontrollen. KURTHS et al. (2016), ZODL et al. (2008) und EMBRÉM et al. (2009) stimmen zu, dass in Zeiten des Klimawandels die Bewässerung immens zur Entwicklung von neugepflanzten Gehölzen beiträgt und somit eine Notwendigkeit darstellt. Laut EMBRÉM et al. (2009) soll jeder Jungbaum während der Sommermonate (April bis August) mindestens 140 Liter Wasser innerhalb von zwei Wochen erhalten. Um eine Austrocknung der Pflanzgrube zu verhindern, sollen Bewässerungssäcke eingesetzt werden. ZODL et al. (2008) ist der Meinung, dass in den ersten Pflanzjahren regelmäßig bewässert werden sollte. Dabei wird eine Bewässerungsmenge zwischen 30 Liter und 50 Liter pro Gehölz und Tag vorgeschlagen. Im Gegensatz dazu sollen laut KURTHS et al. (2016) zwischen zehn und zwölf Bewässerungsdurchgänge pro Jahr durchgeführt werden. Pro Durchgang und Gehölz werden zwischen 100 Liter und 200 Liter Wasser benötigt.

Die Annahme, dass eine Zuführung von Wasser das Wachstum von Jungbäumen anregt, wurde auch bei den Versuchsflächen des SAVE-Projekts bestätigt.

Dabei wiesen die Gehölze, welche in den ersten Pflanzjahren eine Anwuchspflege erhielten bzw. mit Bewässerungssäcken ausgestattet wurden, größtenteils eine vitalere und kräftigere Baumentwicklung auf.

Da die Schaffung und Zunahme von urbaner Vegetation im Fokus vieler Städte steht, wird seit etlichen Jahren an diversen Lösungsansätzen geforscht. Dabei soll das anfallende Regenwasser sinnvoll verwendet und genutzt werden (Regenwassermanagement). Somit wurde in der Edith-Piaf-Straße in Wien ein Pilotprojekt umgesetzt, welches zur Versickerung von Verkehrsflächenwasser beitragen soll. Dieses System soll laut STADT WIEN¹ (2016) das chloridbelastete Wasser der versiegelten Oberflächen vom „sauberen“ Regenwasser trennen. Mit Hilfe einer eingebauten Drossel im Kanalschacht steigt das wenig verunreinigte Wasser an, bis es über die Zuflüsse in die Sickermulden fließt und zugleich als Bewässerung der Gehölze fungiert.

Des Weiteren betonen GRIMM (o.J.) und STELZL (2018), dass das Schwammstadt-Prinzip (= Stockholm-System) in vielen Städten, wie beispielsweise in Stockholm (Schweden), Changde (China), Zürich (Schweiz), Graz, Wien (Österreich), Hamburg, Berlin, Osnabrück (Deutschland) etc. angewendet wird, um einerseits das Niederschlagswasser versickern und speichern zu können und andererseits dieses für die vorhandene Vegetation zur Verfügung zu stellen. Zusätzlich wird mittels des Prinzips ausreichend Wurzelraum für die gepflanzten urbanen Gehölze geschaffen. Das Schwammstadt-Prinzip stellt somit eine Verbindung zwischen Stadtgehölze und Regenwassermanagement dar. Da das vorab genannte Prinzip viele Vorteile mit sich bringt, wurden drei weitere Pflanzgrubensysteme, welche einen ähnlichen Aufbau wie das Stockholm-System aufweisen, entwickelt. Diese Systeme stammen aus New York, Melbourne und Toronto. Laut KRUSE et al. (2019) sollen die Systeme dieselbe Funktion wie das Schwammstadt-Prinzip übernehmen, jedoch werden diese nur bei Neupflanzungen herangezogen.



Abbildung 24: Baumart *Fraxinus excelsior* 'Altena' am Versuchsstandort Edith-Plaf-Straße. WERNER, 2020

7. Schlussfolgerung

Nach der ausführlichen Diskussion der gewonnenen Ergebnisse werden in diesem Kapitel die Forschungsfragen, welche im Rahmen der Masterarbeit gestellt wurden, nochmals dargelegt und mit konkreten Antworten versehen. Die Basis bilden die im Kapitel 6 dargestellten Abbildungen und Interpretationen der standortbezogenen Mastermatrizen.

Forschungsfragen zu den Gehölzen

1. Wie entwickeln sich die verwendeten Gehölze an den Versuchsstandorten im Hinblick auf die vegetationstechnischen Parameter im Jahr 2020?

Anhand der durchgeführten Aufnahmen und Messungen liegen Unterschiede bezüglich der vegetativen Entwicklung der gesamten 27 Gehölze, welche sich auf den drei Versuchsstandorten befinden, vor. Diese Divergenzen sind anhand der Parameter des Standorts, als auch zwischen den einzelnen Gehölzarten, erkennbar. Generell kann jedoch gesagt werden, dass die Pflanzungen in den SAVE-Substratvarianten besser performen, als jene, welche im Wiener Baumsubstrat der Stadt Wien eingesetzt wurden.

Am Versuchsstandort Attemsgasse zeigten die Gehölze 2 und 4 (*Celtis australis*), welche sich im SAVE-Baumsubstrat 13 befinden, im Jahr 2020 eine optimale Entwicklung.

In der Edith-Piaf-Straße erzielten in vier von sechs Fällen die Gehölze in der SAVE-Substratvariante 13 bessere Gesamtwerte als die Gehölzpflanzungen im Wiener Baumsubstrat. Dabei ist vor allem das Gehölz 3 der Baumart *Acer campestre* 'Elsrijk' (SV 13) zu erwähnen. Dieses überzeugte aufgrund deren Vitalitätsentwicklung, sowie der hohen Zuwächse im Bereich des Stammdurchmessers, des Kronendurchmessers und der Triebblängen. Des Weiteren können auch die Baumpflanzungen 7 (SV 12) und 10 (SV 13), welche den Gehölzarten *Ulmus* 'New Horizon' und *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' angehören, ein passables Endergebnis vorweisen.

Am Versuchsstandort Kuchelauer Hafen, auf diesem die Baumart *Celtis australis* vertreten ist, wurde bei den Pflanzungen 2 und 4 in den SAVE-Substratvarianten 16 bzw. 15 ein günstiger, vegetativer Entwicklungszustand festgestellt.

Im Allgemeinen kann jedoch gesagt werden, dass Gehölze, welche über einen Zufluss verfügen oder mit regelmäßigen anfänglichen Wassergaben versorgt werden, eine ideale Pflanzenentwicklung zeigen. Dies ist beispielsweise an den Ergebnissen der einzelnen Gehölze am Standort Attemsgasse zu sehen.

Zusätzlich spielen die Lage der Baumpflanzungen, die Exposition, sowie eine fehlerfreie Ausführung der Standorte eine wesentliche Rolle. Durch die Einflussfaktoren Wind und Schneelast kann es zum Bruch von jungen Trieben kommen, wodurch die Wachstumsentwicklung gemindert wird. Auch eine Bodenverschlämmung aufgrund einer erodierten Böschung, wie dies am Versuchsstandort Kuchelauer Hafen der Fall ist, kann sich negativ auf die Vitalität der Gehölze auswirken.

- Welche Zuwächse weisen die Gehölzpflanzungen bezüglich des Stammdurchmessers, Stammumfangs, Kronendurchmessers, der Baumhöhe und Triebblängen auf?

An den drei Versuchsstandorten wiesen die Gehölze größtenteils Zuwächse an den Trieben, als auch im Bereich der Grundparameter auf.

Dabei sind vor allem die Zunahmen des Stammdurchmessers, Stammumfangs und der Triebblängen in der Atemsgasse zu erwähnen. Baum 2 und Baum 4, welche jeweils über einen Zufluss verfügen und eine Anwuchspflege erhielten, zeigten bei den erwähnten Parametern eine optimale Entwicklung. Baum 4 erzielte im Jahr 2020 den höchsten Zuwachs im Bereich des Stammdurchmessers (3,3 cm), des Stammumfangs (10,3 cm) und der Baumhöhe (0,5 m). Beim Parameter Kronendurchmesser wies Gehölz 3 mit 1,4 m die höchste Zuwachsleistung auf und die längsten Triebe (42 cm) wurden bei Pflanzung 2 gemessen.

Auch in der Edith-Piaf-Straße zeigte Gehölz 7 (SV 12) beim Stammdurchmesser die größte Zunahme von 3,0 cm, sowie beim Stammumfang (7,7 cm) und bei der Baumhöhe (0,4 m). Baumpflanzung 1 im SAVE-Baums substrat 13 schnitt beim Kronendurchmesser mit einem Zugewinn von 0,5 m am besten ab. Die längsten Triebe mit 45 cm erzielte hingegen Gehölz 10 (SV 13).

Am Standort Kuchelauer Hafen wurde bei Baum 1 im SAVE-Baums substrat 16 ein Zuwachswert von 0,9 cm beim Grundparameter Stammdurchmesser gemessen. Zusätzlich wies dieser den höchsten Zuwachs von 2,6 cm im Bereich des Stammumfangs auf. Baum 6 (SV 14) wuchs im Vergleich zum Vorjahr um 0,4 m höher und stellte somit den Maximalwert dar. Beim Kronendurchmesser nahm Gehölz 3 (SV 16) und 11 (SV 15) um 0,4 m zu. Mittels der Messungen wurde die größte Triebblängenzunahme bei Baum 2 mit 43 cm festgestellt.

- Wie entfalten sich die Gehölze hinsichtlich der Vitalität?

Anhand der monatlichen Erhebungen im Jahr 2020 zeigten die Gehölze in der Atemsgasse die beste Vitalitätsentwicklung im Vergleich zu den anderen Standorten. Dabei wiesen die Gehölze Werte zwischen 0,4 und 0,6, welche den Vitalitätsstufen 0–1 nach ROLOFF¹ (2015) entsprechen, auf.

Im Gegensatz dazu variierten die Vitalitätswerte am Standort Edith-Piaf-Straße zwischen 0,6 und 2,7 (Vitalitätsstufen 0–1 bis 2–3). Bei Pflanzung 7 – *Ulmus* 'New Horizon' (SV 12) wurde eine vitale Pflanzenentwicklung festgestellt, wohingegen bei Gehölz 5 und 6 (Baumart *Fraxinus excelsior* 'Altena') eine erheblich geminderte Vitalität dokumentiert wurde.

Am Kuchelauer Hafen wurden deutliche Unterschiede im Hinblick auf die Vitalität erfasst. Die durchschnittlich errechneten Werte der Leistungsfähigkeit der Gehölze lagen zwischen 1,4 und 3,5 (Vitalitätsstufen 1–2 bis 3–4). Baum 10 in der Substratvariante 13, als auch Gehölz 4 im SAVE-Baums substrat 15 erzielten in der Vegetationsperiode 2020 die besten Vitalitätswerte. Trotz der durchschnittlichen Beurteilung zeigten diese Werte eine geringfügige Vitalität auf. Mit einem Ergebnis von 3,5 werden die Bäumen 8 und 9, welche in der Substratvariante 12 gepflanzt wurden, als „stark geschädigte Bäume mit stark geminderter Vitalität“ bezeichnet. Somit stellen diese Gehölze die niedrigste Vitalitätsentwicklung im Vergleich zu den weiteren Standorten dar.

- Welche Intensität an Schadmerkmalen ist im Krone-, Stamm- und Wurzelbereich der einzelnen Bäume zu erkennen?

Im Jahr 2020 wurden bei jedem Gehölz Schadmerkmale festgestellt. Diese wurden vorwiegend im Kronenbereich bemerkt. Dabei handelte es sich hauptsächlich um Schäden an der Rinde, Einschnürungen, Wund- und Schnittstellen, Dürholz und asymmetrischen Wuchs.

Am Standort Atemsgasse wurden generell die geringste Anzahl an Schäden im Gegensatz zu den Versuchsstandorten Edith-Piaf-Straße und Kuchelauer Hafen ermittelt. Dabei wurden maximal fünf Schäden (Baum 2) im Kronenbereich und bis zu drei Schadbilder (Baum 2 und 3) entlang des Stammes entdeckt. Im Wurzelbereich wurde hingegen kein Schaden dokumentiert.

In der Edith-Piaf-Straße variierte die Anzahl an Kronenschäden zwischen fünf und sieben Beeinträchtigungen. Dabei verzeichneten die Gehölze 1, 7 und 8 die meisten Schäden. Baumpflanzung 3 im SAVE-Baums substrat 13 erlangte hingegen die geringsten Schadmerkmale.

Im Stammbereich erzielte Gehölz 11 (SV 12) zwei Schadfälle und Baumpflanzung 7 – *Ulmus* 'New Horizon' (SV 12) erreichte insgesamt sechs Schäden. Anhand der Aufnahmen wurden bei Baum 1, 2, 4 und 7 Wurzelschäden festgestellt. Generell kann gesagt werden, dass an diesem Standort die Baumarten *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' und *Ulmus* 'New Horizon' die meisten Schäden aufwiesen.

Die Gehölze im Kuchelauer Hafen erlangten zwischen fünf und neun Kronenschäden. Die höchste Anzahl wurde bei den Bäumen 8 und 9 im Wiener Baums substrat erfasst. Im Bereich des Stammes wurden pro Baumpflanzung drei Schadbilder notiert. Bei Gehölz 10 in der SAVE-Substratvariante 13 wurden vier Wurzelschäden, welche die höchste Anzahl darstellt, ermittelt.

- Wie wirkt sich der gemessene Salzgehalt (NaCl) auf die Entwicklung der gepflanzten Bäume aus?

Anhand der erhobenen Ergebnisse der Blattprobenanalyse konnten bei den Gehölzen innerhalb eines Standorts Divergenzen festgestellt werden.

In der Atemsgasse zeigten die Baumscheiben 2 und 4, welche mit einem Zufluss versehen sind, die geringsten Chloridwerte mit 0,5278 mg/g und 0,5627 mg/g. Im Gegensatz dazu wies Baum 1 (ohne Zufluss) einen erhöhten Chloridanteil mit 0,8831 mg/g auf, wodurch das höchste NaCl-Verhältnis an diesem Standort zustande kam.

Am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße wurden bei vier von sechs Gehölzen in der Substratvariante 12 (Wiener Baums substrat) geringere Salzmengen ermittelt, als bei jenen, welche im SAVE-Baums substrat 13 eingesetzt wurden. Dabei handelte es sich um die Baumarten *Pyrus calleryana* 'Aristocrat', *Acer campestre* 'Elsrijk', *Ulmus* 'New Horizon' und *Celtis australis*. Bei Gehölz 2 - *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' (SV 12) wurde im Jahr 2020 das geringste NaCl-Verhältnis mit 1,094 mg/g dokumentiert. Baumpflanzung 6 – *Fraxinus excelsior* 'Altena' im Wiener Baums substrat erzielte hingegen den höchsten Verhältniswert.

Die Ergebnisse der Blattprobenanalyse am Kuchelauer Hafen zeigten bei den Gehölzen in den SAVE-Substratvarianten ein optimales NaCl-Verhältnis. Im Gegensatz dazu wurden bei den Gehölzen 8 und 9, welche im Wiener Baums substrat (SV 12) gepflanzt wurden, deutlich höhere Verhältniswerte (7,147 mg/g bzw. 15,024 mg/g) im Jahr 2020 eruiert. Diese wiesen im Vergleich zu den anderen Gehölzen erhöhte Chloridwerte auf.

2. Inwiefern unterscheiden sich die Ergebnisse der Gehölze aus der Forschungsperiode 2020 mit den gewonnenen Ergebnissen aus den Forschungsperioden 2018 und 2019?

In Bezug auf die Grundparameter (Stammdurchmesser, Stammumfang, Kronendurchmesser und Baumhöhe) wurde an allen drei Versuchsstandorten über die gesamte Projektdauer eine positive Gehölzentwicklung festgestellt. Die einzige Ausnahme stellten jedoch die Bäume 8 und 9 im Wiener Baumsubstrat (SV 12) am Standort Kuchelauer Hafen dar.

In der Atemsgasse zeigten die Gehölze während den drei Versuchsjahren eine ausgezeichnete Vitalität. An den weiteren zwei Versuchsstandorten wiesen die Gehölze von Jahr zu Jahr diverse Vitalitätswerte auf. Jedoch schnitten anhand der Beurteilung die Gehölzarten *Acer campestre* 'Elsrijk', *Gleditsia triacanthos* und *Ulmus* 'New Horizon' am besten ab. Generell entwickelten sich die Pflanzungen im SAVE Baumsubstrat geringfügig besser, als jene im Wiener Baumsubstrat.

Je nach Standort und Forschungsperiode wurden sowohl Zunahmen, als auch Abnahmen hinsichtlich der Anzahl an Gehölzschäden wahrgenommen. In der Atemsgasse wurden im Jahr 2020 geringere Schadbilder als im Jahr 2018 dokumentiert. Im Gegensatz dazu stieg bei den Gehölzen in der Edith-Piaf-Straße und im Kuchelauer Hafen die Anzahl an Schadfällen über die Projektjahre 2018–2020 an. Dennoch wurden auf jedem Standort, sowie in jedem Versuchsjahr die meisten Gehölzschäden im Kronenbereich entdeckt.

Während der gesamten Versuchsdauer konnte jedes Gehölz Zuwächse an den Triebblängen vorweisen. Die Gehölze in der Atemsgasse erzielten pro Jahr ein überdurchschnittliches Triebblängenwachstum, da diese 2018 und 2019 eine Anwuchsbewässerung erhielten. In der Edith-Piaf-Straße wurden jährlich bei der Baumart *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' die längsten Triebblängen gemessen. Bei den Gehölzen im Wiener Baumsubstrat (SV 12) wurde im Gegensatz zu den Pflanzungen im SAVE-Baumsubstrat (SV 13) ein geringerer Triebblängenzuwachs festgestellt. Diese Unterschiede wurden ebenfalls bei den Gehölzen am Standort Kuchelauer Hafen festgestellt.

Im Bereich der Blattprobenanalyse zeigten die einzelnen Gehölze während der Projektdauer 2018–2020 unregelmäßige NaCl-Verhältnisse auf. Am Standort Atemsgasse 2018 wurden in der Blattmasse der Gehölze besonders hohe Chloirdwerte gemessen. Diese nahmen jedoch in den nachfolgenden Jahren 2019 und 2020 deutlich ab. In der Edith-Piaf-Straße wurden bei den Gehölzen im Wiener Baumsubstrat (SV 12) geringere Natriumwerte, als bei jenen im SAVE Baumsubstrat (SV 13) erkannt. Bei den Chloridwerten konnte während der Projektdauer keine Regularität festgestellt werden. Am Standort Kuchelauer Hafen schnitten die Gehölze im Wiener Baumsubstrat (SV 12), welche einen hohen Chloridgehalt aufwiesen, schlechter ab, als die Pflanzungen in den Varianten des SAVE-Baumsubstrats (SV 13, 14, 15 und 16).

Forschungsfragen zu den Substraten

1. Welche Unterschiede lassen sich zwischen den getesteten Substratvarianten an den Versuchsstandorten hinsichtlich des geotechnischen Parameters im Jahr 2020 feststellen?

Bis auf einen Ausnahmefall konnten keine Unterschiede zwischen den fünf verwendeten Substratvarianten hinsichtlich der Infiltrationsraten im Jahr 2020 festgestellt werden. An den Standorten Attemsgasse und Edith-Piaf-Straße entsprachen die gemittelten Durchlässigkeitsbeiwerte, welche anhand von Infiltrationsmessungen ermittelt wurden, laut FLL (2010) dem Stand der Technik. Auch die SAVE-Substratvarianten am Kuchelauer Hafen erfüllten diese Anforderungen. Lediglich die Substratvariante 12 im Kuchelauer Hafen stellte eine Ausnahme dar. Der Grund für die geringe Wasserdurchlässigkeit des Wiener Baumsubstrats (SV 12) ist eine Verschlämmung des Substrats, welche durch eine partielle Böschungserosion der Sickermulde im Versuchsjahr 2018 erfolgte.

Somit kann gesagt werden, dass die getesteten Substratvarianten (Wiener Baumsubstrat – 12; SAVE-Baumsubstrate – 13, 14, 15 und 16) an den Versuchsstandorten im Jahr 2020 eine ausreichende Infiltrationsrate erzielten.

• Welche der verwendeten Substratvarianten erfüllen die Anforderungen der FLL – Richtlinien (2010) im Hinblick auf die Infiltrationsleistung von Sickerflächen?

An den drei Versuchsstandorten wurden im Jahr 2020 größtenteils optimale Durchlässigkeitswerte, welche im Grenzwertbereich der FLL (2010) liegen, erzielt. Dieser Bereich erstreckt sich von $5,0E^{-04}$ m/s bis $5,0E^{-06}$ m/s.

Die Gehölze in der Attemsgasse wiesen Beiwerte zwischen $1,6E^{-04}$ m/s und $8,0E^{-05}$ m/s auf. In der Edith-Piaf-Straße variierten die gesamten Werte zwischen $1,0E^{-04}$ m/s und $1,4E^{-05}$ m/s. Aufgrund dessen ist an diesem Standort keine Präferenz zwischen den getesteten Substratvarianten 12 (Wiener Baumsubstrat) und 13 (SAVE-Baumsubstrat) möglich.

Im Kuchelauer Hafen erfüllten die SAVE-Substratvarianten (13, 14, 15 und 16) die Anforderungen der FLL (2010) und zeigten günstige Durchlässigkeitsbeiwerte, welche zwischen $3,0E^{-04}$ m/s und $7,0E^{-05}$ m/s lagen. Bei den Baumpflanzungen 8 und 9 im Wiener Baumsubstrat wurden hingegen Werte außerhalb des FLL-Bereichs festgestellt. Dies hat zur Folge, dass eine langsame Infiltrationsleistung vorherrscht.

2. Inwiefern unterscheiden sich die Ergebnisse der Substrate aus der Forschungsperiode 2020 mit den gewonnenen Ergebnissen aus den Forschungsperioden 2018 und 2019?

Je nach Versuchsstandort und Forschungsperiode konnten Unterschiede hinsichtlich der Infiltrationsergebnisse festgestellt werden.

Die in der Attemsgasse durchgeführten Messungen zeigten, dass die erhobenen Durchlässigkeitsbeiwerte während der gesamten Projektdauer 2018–2020 innerhalb des angegebenen Grenzwertbereichs der FLL (2010) lagen. Somit wurde bei den Baumpflanzungen 1 bis 4 in der SAVE-Substratvariante 13 eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit erzielt.

In der Edith-Piaf-Straße wurde im Versuchsjahr 2018 bei vier von zwölf Gehölzen eine unzureichende Sickerleistung bemerkt. Die Bäume 2, 4, 7 und 9, welche in der Substratvariante 12 (Wiener Baumsubstrat) gepflanzt wurden, wiesen ungünstige Beiwerte auf. Die genannten Gehölze erfüllten ebenfalls im Versuchsjahr 2019 die Anforderungen der FLL (2010) nicht. Auch bei Baumpflanzung 11 (SV 12) lag der Durchlässigkeitsbeiwert außerhalb des Grenzwertbereichs der FLL (2010). Im Gegensatz dazu erlangten im nachfolgenden Jahr 2020 die gesamten Gehölze in den Substratvarianten 12 und 13 optimale Beiwerte, wodurch eine angemessene Infiltrationsleistung gewährleistet war.

Im Kuchelauer Hafen zeigten die Ergebnisse der Infiltrationsrate 2018, dass das Wiener Baumsubstrat, sowie die gesamten SAVE-Substratvarianten ideale Durchlässigkeitsbeiwerte, welche mit den Vorgaben der FLL (2010) übereinstimmen, aufwiesen. Auch im Folgejahr 2019 erzielten die Baumpflanzungen, mit Ausnahme von Gehölz 8 (SV 12), eine ausreichende Sickerleistung. Dies setzte sich größtenteils im Versuchsjahr 2020 fort. Bei den SAVE-Substratvarianten (13, 14, 15 und 16) wurden durchschnittliche Beiwerte festgestellt, wohingegen das Wiener Baumsubstrat (SV 12) bei den Gehölzen 8 und 9 eine langsame Wasserdurchlässigkeit aufzeigte.



Abbildung 25: Baumart *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße. WERNER, 2020

8. Ausblick

Um die Entwicklung von urbanen Gehölzen, sowie die Eignung von Substratvarianten beurteilen zu können, ist eine langjährige Durchführung von Messungen und diversen Vegetationsaufnahmen erforderlich. Aufgrund dessen ist es von Vorteil, die bereits durchgeführten Erhebungen der einzelnen vegetationstechnischen und geotechnischen Messparameter, welche an den drei Versuchsstandorten angewendet wurden, über die nachfolgende Vegetationsperiode 2021 fortzuführen. Dadurch können weitere Erkenntnisse, als auch spezifische Aussagen über die Leistungen der verwendeten Substrate und Baumpflanzungen getroffen werden.

Um die Vegetationsentwicklung der getesteten Gehölze bzw. der unterschiedlichen Baumarten optimaler bewerten zu können, wäre ein zusätzliches Monitoring von Gehölzen, welche sich im angrenzenden Umfeld des Versuchsstandorts befinden, sinnvoll. Bei diesen Aufnahmen sollten die gesamten vegetationstechnischen Parameter zum Einsatz kommen. Durch die gleichartigen Anwendungen können Vergleiche, sowie essentielle Rückschlüsse über den Entwicklungszustand der Bäume getätigt werden.

Bei den folgenden Untersuchungen sollte besonderes Augenmerk auf den Parameter „Blattprobenanalyse“ gelegt werden. Da aus den gewonnenen Ergebnissen der Jahre 2018–2020 keine eindeutigen Aussagen getroffen werden konnten, ließ sich nur eine Tendenz hinsichtlich der Einwirkung des Salzgehalts auf die Gehölzentwicklung ableiten. Diese besagt, dass durch zunehmende einfließende Wassermengen eine Reduktion des Salzgehalts in der Blattmasse erzielt wird. Um diese Annahme künftig zu untersuchen und zu präzisieren, sind die Erhebungen im nächsten Projektjahr 2021 bzw. in den weiteren Jahren von großer Bedeutung.



Abbildung 26: Baumart *Pyrus calleryana* 'Aristocrat' am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße. WERNER, 2020

9. Zusammenfassung

In urbanen Gebieten sind die klimatischen Geschehnisse, welche der Klimawandel mit sich bringt, verstärkt spürbar. Dessen Auswirkungen zeigen sich vorwiegend in Form von ausgeprägten Wettergeschehnissen, wie extreme Trockenperioden, zunehmende Temperaturanstiege, sowie intensive Starkregenereignisse. Da Großstädte zu den beliebtesten Hauptlebensräumen der Menschen zählen, sind die Bewohner*innen besonders von den Klimafolgen betroffen. Trotzdem nimmt die städtische Immobiliennachfrage weiterhin zu, wodurch erneut Böden und Naturräume bebaut werden. Aufgrund der fortschreitenden Versiegelung und der starken wiederkehrenden Niederschläge sind nicht nur die Gesundheit und die Lebensqualität der Menschen, sondern auch die Entwicklung der urbanen Vegetation, gefährdet. Durch die zunehmenden wasser- und luftundurchlässigen Oberflächen können die anfallenden Regenwassermengen nicht in den natürlichen Boden versickern, sondern müssen ungenutzt in den Kanal eingeleitet werden.

Um einen nachhaltigen Umgang mit dem Niederschlagswasser im städtischen Raum zu forcieren, ist eine Adaption im Bereich des Regenwassermanagements essentiell. Aufgrund der Notwendigkeit wurde das Forschungsprojekt SAVE (Straßen Abwasserlösungen für Vegetation und Entwässerungssysteme), welches 2017 gestartet wurde, von der Stadt Wien und der Universität für Bodenkultur Wien ins Leben gerufen. Das Ziel ist es, Erkenntnisse über die Eignung der zu testenden Substratvarianten in Verbindung mit den eingesetzten Gehölzarten zu gewinnen. Zusätzlich sollen die Feststellungen aus dem Jahr 2020 mit den Aussagen der Forschungsjahre 2018 und 2019 verglichen werden.

Für die Untersuchungen wurden drei Standorte in Wien, speziell in der Attemsgasse (22. Bezirk), der Edith-Piaf-Straße (22. Bezirk) und im Kuchelauer Hafen (19. Bezirk), errichtet. Die Versuchsflächen wurden in Form von Baumscheiben und Sickermulden angelegt. Im Rahmen der Masterarbeit wurden insgesamt 27 Gehölze, welche von sechs verschiedenen Baumarten stammen, betreut. Dabei handelte es sich um zwei *Pyrus calleryana* 'Aristocrat', zwei *Acer campestre* 'Elsrijk', zwei *Fraxinus excelsior* 'Altena', zwei *Ulmus* 'New Horizon', zwei *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' und um 17 *Celtis australis*. Diese Gehölze befinden sich in einer der fünf zu testenden Substratvarianten (vier SAVE-Substratvarianten und Wiener Baums substrat). Zur Untersuchung und Bewertung wurden geotechnische, sowie vegetationstechnische Messparameter herangezogen. Bei den eingebauten Substraten wurden sowohl Infiltrations-, als auch Tragfähigkeitsuntersuchungen durchgeführt. Diese Messungen wurden zweimal jährlich mit Hilfe eines Doppelring-Infiltrometers bzw. mit einer dynamischen Lastplatte ausgeführt.

Das vegetationstechnische Monitoring beinhaltete die visuelle monatliche Vitalitätsbewertung, sowie die Schadenserfassung an den unterschiedlichen Gehölzbereichen. Zusätzlich wurden zweimal im Jahr die Zuwächse der Gehölzparameter (Stammdurchmesser, Stammumfang, Kronendurchmesser und Baumhöhe) aufgenommen. Auch das Triebblängenwachstum, der Verzweigungsgrad, der Laubaustrieb/ -abwurf, das thermografische Stressverhalten, sowie der Salzgehalt in der Blattmasse der Gehölze wurden einmalig gemessen und dokumentiert.

Die erhobenen Daten wurden in Form einer Mastermatrix, welche für jeden Versuchsstandort angefertigt wurden, dargestellt. Anhand des Bewertungssystems und der Gewichtung wurden die Punkte der einzelnen Parameter errechnet und notiert. Die Summe der erzielten Punkte liegt in Form eines geotechnischen und vegetationstechnischen Gesamtergebnisses vor. Mittels dieser Punkteanzahl lässt sich die Substratvariante bzw. die Gehölzpflanzung, welche sich während der Versuchsperiode 2020 am besten/ schlechtesten bewährt und entwickelt hat, feststellen. Des Weiteren zeigen die nachfolgenden Diagramme die Aufsummierung der Gesamtergebnisse der beiden Teilbereiche. Diese gesammelten Gesamtergebnisse sollen Aufschluss über die Performance der Substratvarianten in Kombination mit den Gehölzen geben.

Attemsgasse

Anhand das Diagramm 7 ist zu erkennen, dass die Gehölzpflanzungen 2 und 4 im vegetationstechnischen Teilbereich jeweils 32 Punkte von 45 möglichen Punkten erzielt haben. Beim geotechnischen Ergebnis erreichten diese jeweils die maximale Punkteanzahl von neun Punkten. Somit haben die Bäume 2 und 4 am Standort Attemsgasse im Jahr 2020 mit insgesamt 41 Punkten am besten performt. Die Pflanzungen gehören der Baumart *Celtis australis* an und wurden in die SAVE-Substratvariante 13 (SBS 2. O./ 2. U.) gepflanzt. Die Gehölze weisen jeweils einen Zufluss auf.

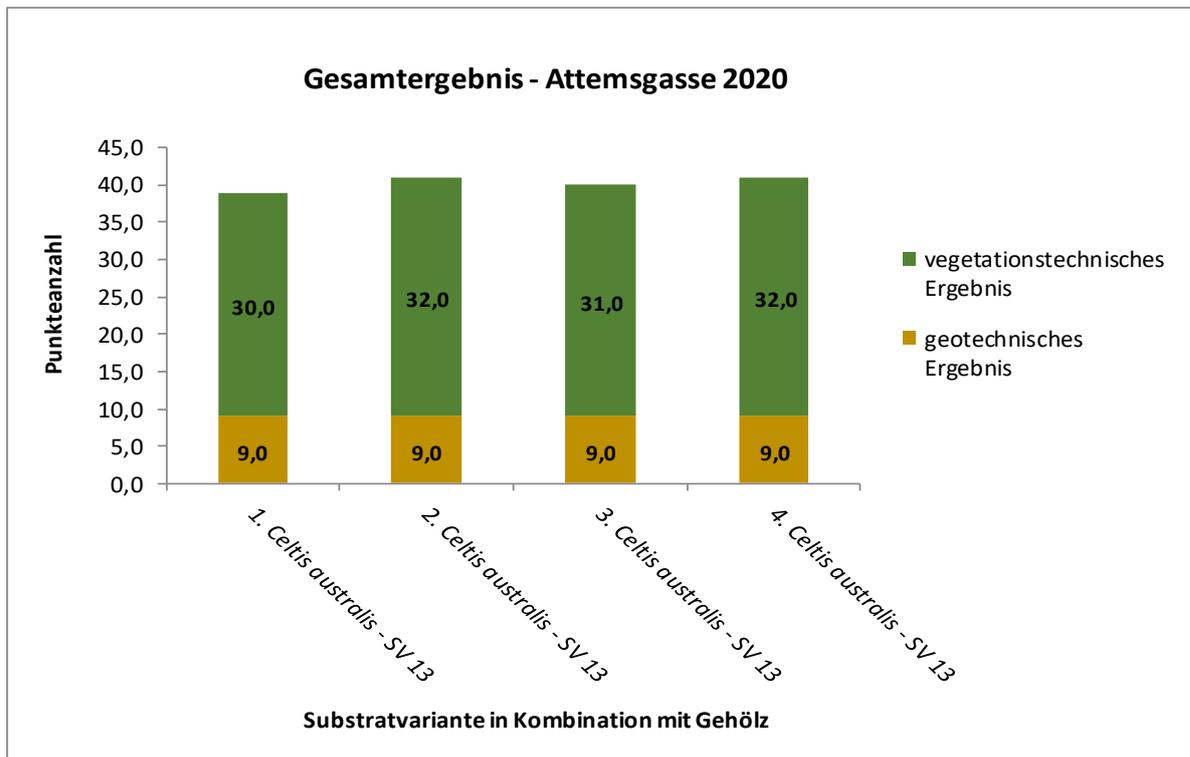


Diagramm 7: Gesammeltes Gesamtergebnis 2020 Attemsgasse

Edith-Piaf-Straße

Mittels der gesammelten Gesamtergebnisse ist zu erkennen, dass am Standort Edith-Piaf-Straße im Versuchsjahr 2020 Gehölz 3, welches der Baumart *Acer campestre* 'Elsrijk' angehört, mit 38 Punkten von 54 möglichen Punkten am besten abgeschnitten hat. Dieses Endergebnis setzt sich aus den geotechnischen (neun von neun Punkten) und vegetationstechnischen (29 von 45 Punkten) Teilbereichen zusammen, wie das folgende Diagramm zeigt. Die Pflanzgrube wurde mit der SAVE-Substratvariante 13 (SBS 2. O./ 2. U.) ausgestattet.

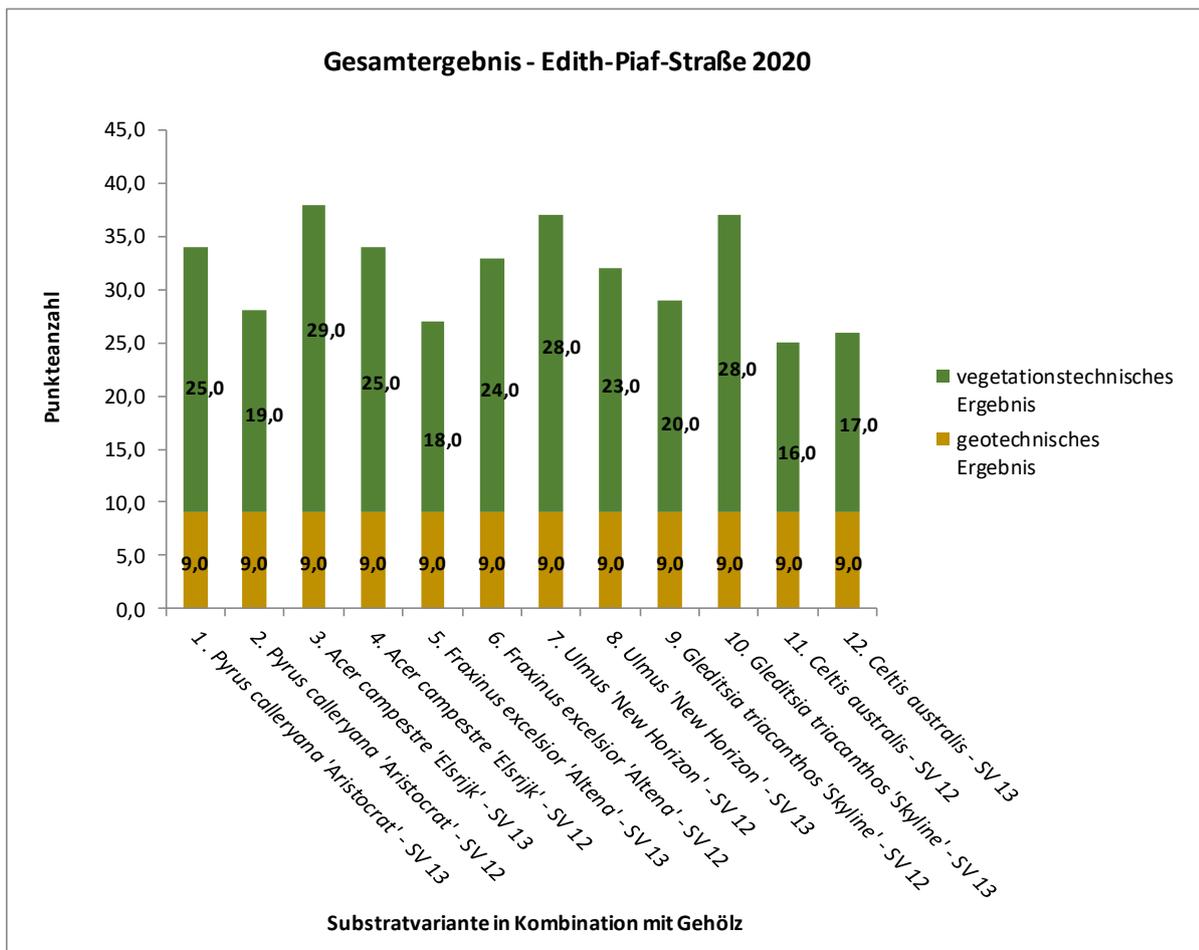


Diagramm 8: Gesammeltes Gesamtergebnis 2020 Edith-Piaf-Straße

Kuchelauer Hafen

Im Jahr 2020 erzielten die Gehölze 2 und 4 jeweils neun Punkte von neun möglichen Punkten im geotechnischen Parameterbereich. Im Gegensatz dazu erreichten diese im vegetationstechnischen Teilbereich jeweils 21 Punkte von maximal 45 Punkten. Anhand des Diagramms 9 wiesen die Bäume 2 und 4 am Versuchsstandort Kuchelauer Hafen im Jahr 2020 die höchste Punkteanzahl mit 30 Punkten auf. Diese Baumpflanzungen, welche der Gehölzart *Celtis australis* angehören, befinden sich in den SAVE-Substratvarianten 15 (SBS. 1. O./ 2. U) und 16 (SBS. 1. O./ 1. U.).

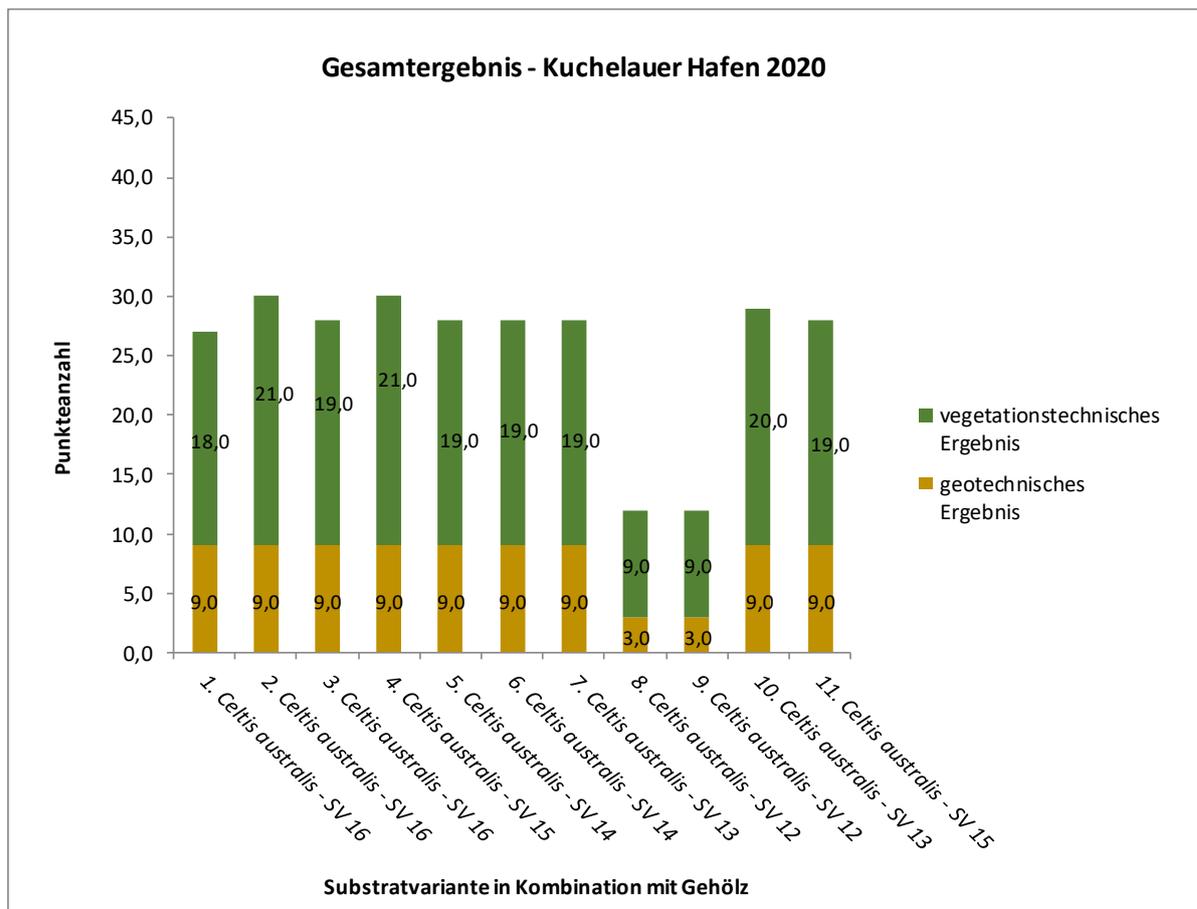


Diagramm 9: Gesammeltes Gesamtergebnis 2020 Kuchelauer Hafen

Vergleich der Versuchsjahre 2018 - 2020

Generell kann gesagt werden, dass anhand der Infiltrationsergebnisse 2020, sowohl bei den SAVE-Substratvarianten (SV 13, 14, 15 und 16), als auch beim Wiener Baums substrat (SV 12) eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit vorherrscht. Die einzige Ausnahme stellt das Wiener Baums substrat bei den Gehölzen 8 und 9 am Standort Kuchelauer Hafen dar.

Anhand der vegetationstechnischen Ergebnisse 2020 sind Unterschiede zwischen den Gehölzen zu erkennen. Jedoch zeigten die Baumpflanzungen in den SAVE-Substratvarianten eine vitalere Entwicklung.

In den Jahren 2018 und 2019 performten ebenfalls die Gehölze, welche in SAVE-Substratvarianten gepflanzt wurden, am besten. Am Standort Atemsgasse erzielten die Gehölze 2 und 4 (*Celtis australis*) die höchsten gesammelten Gesamtergebnisse. Beim Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße erreichten Gehölz 3 – *Acer campestre* 'Elsrijk' im Jahr 2018 und Baum 10 – *Gleditsia triacanthos* 'Skyline' im folgenden Jahr 2019 jeweils das Höchstergebnis. Im Kuchelauer Hafen zeigten 2018 die Baumpflanzungen 1 und 10, sowie 2019 die Gehölze 1, 2, 4, 7 und 10 optimale Ergebnisse.



Abbildung 27: Baumart *Ulmus* 'New Horizon' am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße. WERNER, 2020

10. Literaturverzeichnis

AUMÜLLER-GRUBER, C. und LEIFERT, I. (2015): Kompost für Stadtbäume. Anforderungen am Baums substrat in bodenversiegelter Umgebung. 3-5. Verfügbar: https://www.vhe.de/fileadmin/vhe/pdfs/Publikationen/HuMuss/HuMuss_2015/VHE_HuMussGARTEN_2015.pdf.

Gesehen am: 30.04.2021.

BALDER, H. (1998): Die Wurzeln der Stadtbäume. Ein Handbuch zum vorbeugenden und nachsorgenden Wurzelschutz. Berlin: Parey, 25–7; 40; 49.

BAUMGARTEN, A. et al. (2020): Leitfaden zum sachgerechten Umgang mit Substraten aus dem hydroponischen Anbau (Substratkultur). 11-18. Verfügbar: <https://www.bmlrt.gv.at/service/publikationen/landwirtschaft/leitfaden-zum-sachgerechten-umgang-mit-substraten-aus-dem-hydroponischen-anbau---substratkultur.html>. Gesehen am: 29.04.2021.

BECK, K. (2019): Pflanzenkohle für die Bäume in der Stadt. 19. Verfügbar: https://www.lwg.bayern.de/mam/cms06/analytik/dateien/pflanzenkohle_f%C3%BCr_die_b%C3%A4ume_in_der_stadt__2019.pdf. Gesehen am: 29.04.2021.

BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. (2015): Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft. Grünbuch Stadtgrün. 7. Verfügbar: https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bauen/wohnen/gruenbuch-stadtgruen.pdf?__blob=publicationFile&v=3. Gesehen am: 29.03.2021.

CHMIELESKI, J. und ZEITZ, J. (o.J.): Eigenschaften von Böden in Abhängigkeit von der Bodenart. Verfügbar: https://www.bodenkunde-projekte.hu-berlin.de/boku_online/pcboku10.agrar.hu-berlin.de/cocoon/boku/sco_2_substrate_82e17c.html?section=N100BW. Gesehen am: 30.04.2021.

DICKHAUT, W. et al. (2017): Stadtbäume. Bedeutung und Herausforderungen in Zeiten des Klimawandels. 3. Verfügbar: https://www.hcu-hamburg.de/fileadmin/documents/REAP/files/Bildungsmaterial_Stadtbaeume_im_Klimawandel_2017.pdf. Gesehen am: 02.04.2021.

DIN 18915 (2002): Vegetationstechnik im Landschaftsbau - Bodenarbeiten.

EMBRÉM, B. (2009): Pflanzgruben in der Stadt Stockholm. Ein Handbuch. 34. Verfügbar: https://www.urbanevegetation.de/downloads/Pflanzgruben_Stockholm_deutsch.pdf.

Gesehen am: 02.08.2021.

FISCHER, P. (2010): Kultursubstrate im Gartenbau. Bonn: aid – Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 8-34, 55-56.

FLL - FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTS-BAU e.V. (2010): Empfehlungen für Baumpflanzungen. Teil 2: Standortvorbereitungen für Neupflanzungen. Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate. Bonn.

FLL - FORSCHUNGSGESELLSCHAFT LANDSCHAFTSENTWICKLUNG LANDSCHAFTS-BAU e.V. (2015): Empfehlungen für Baumpflanzungen. Teil 1: Planung, Pflanzarbeiten, Pflege. Bonn.

FLORINETH, F. (2011): Baumsubstrate auf Basis von Baustoff-Recycling-Materialien. Aktuelle Erfahrungen in Österreich. In: Dujesiefken, D. (Hrsg.): Jahrbuch der Baumpflege. Braunschweig: Haymarket Media, 27–28.

FLORINETH, F. (2012): Pflanzen statt Beton. Sichern und Gestalten mit Pflanzen. Berlin-Hannover: Patzer, 62–63.

GALK – Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz (o.J.): Zukunftsbäume für die Stadt. Auswahl aus der GALK-Straßenbaumliste. 7-8. Verfügbar: <https://www.galk.de/component/jdownloads/send/4-informationsflyer/664-broschuere-zukunftsbaeume-galk-und-bdb-2020>. Gesehen am: 02.04.2021.

GALK – Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz. (2021): GALK-Straßenbaumliste, Abfrage vom 02.04.2021. Verfügbar: <https://strassenbaumliste.galk.de/>. Gesehen am: 02.04.2021.

GRETZ, V. und PRÄHOFER, G. (2019): Der Klimabaum. Wie Bäume unser Klima verbessern. Verfügbar: https://www.naturimgarten.at/files/content/4.%20GARTENWISSEN/4.3%20Brosch%C3%BCren%20und%20Infobl%C3%A4tter/4.3.1%20Brosch%C3%BCren/ab%202019%20neue%20CI/Klimabaum2020_V03.pdf. Gesehen am: 03.05.2021.

GRIMM, K. (o.J.): Schwammstadt – eine vielfältige, anpassungsfähige Methode. Verfügbar: https://www.linzer-baumforum.at/wp-content/uploads/2020/10/Schwammstadt_vielfaeltige_Methode_Grimm_20201001.pdf. Gesehen am: 02.08.2021.

GRIMM, K.¹ (2010): Integratives Regenwassermanagement: Motivenbericht. 13. In: Magistrat der Stadt Wien, Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22. (Hrsg.). Verfügbar: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/motivenbericht-textteil.pdf>. Gesehen am: 17.03.2021.

- GRIMM, K.² (2010): Leitfaden für die Planung. Naturnahe Oberflächenentwässerung für Siedlungsgebiete. 14. Verfügbar: https://www.noe.gv.at/noe/Wasser/Naturnahe_Oberflaeche_nentwaessering_-_Leitfaden_fuer_die_Pla.pdf. Gesehen am: 03.05.2021.
- HABER, W. (2010): Stadtgrün - Geschichte und Ökologie [Urban Green- Historical and ecological perspectives]. In: Becker, A.; Schmal, P. (Hrsg.): Stadtgrün. Europäische Landschaftsarchitektur für das 21. Jahrhundert [Urban Green. European landscape design for the 21st century]. Basel: Birkhäuser, 122–124.
- HEMKER, O. (2009): Erdarbeiten. In: Lay, B.-H. et al. (Hrsg.): Bauen mit Grün. Die Bau- und Vegetationstechnik des Garten- und Landschaftsbaus. 4. Auflage. Osnabrück: Ulmer, 85–87.
- KOS, B. (2017): Untersuchungen zu Baumsubstraten und Straßenbäumen mittels ausgewählter geotechnischer und vegetationstechnischer Methoden im Rahmen des „SAVE“-Projekts der Stadt Wien. Wien: Universität für Bodenkultur Wien, 71.
- KRUSE, E. et al. (2019): Straßenbäume als Komponente der Überflutungs- und Hitzevorsorge in Städten. Verfügbar: <https://stadtundgruen.de/artikel/strassenbaeume-als-komponente-der-ueberflutungs-und-hitzevorsorge-in-staedten-10881.html>. Gesehen am: 02.08.2021.
- KURTHS, A. et al. (2016): Handbuch Gute Pflege. Pflegestandards für die Berliner Grün- und Freiflächen. 28. Verfügbar: <https://www.berlin.de/sen/uvk/natur-und-gruen/stadtgruen/pflegen-und-unterhalten/handbuch-gute-pflege/>. Gesehen am: 02.08.2021.
- LAND NÖ. (2020): Regenwassermanagement und Grüne Infrastruktur – ein wichtiger Schritt zur klimafitten Gemeinde. 2-6. Verfügbar: https://www.noe.gv.at/noe/Klima/Infoblatt_20Regenwasser_Online_-_Kopie.pdf. Gesehen am: 17.03.2021.
- LARCHER, W. (1994): Ökophysiologie der Pflanzen. 5. Auflage. Stuttgart: Ulmer, 315.
- LAZAR, S. et al. (2012): Optimierung der Verwertung organischer Abfälle Materialband „Wirkungsanalyse Boden“. 35. Verfügbar: https://www.kompost.de/fileadmin/docs/Archiv/HU_K_8_9/IFEU_ahu_Wirkungsanalyse_Boden_2012-final.pdf. Gesehen am: 03.05.2021.
- LIU, M. et al. (2021): Klimasensitivität der Triebblängen verschiedener Baumarten – Eine Fallstudie zu den Trockenjahren 2018 bis 2020. In: Roloff, A. (Hrsg.): Trockenstress bei Bäumen. Ursachen – Strategien – Praxis: Quelle & Mayer, 108.
- MA 22 – Wiener Umweltschutzabteilung. (2013): Regenwassermanagement. Nachhaltiger Umgang mit wertvollem Regenwasser. 1-8. Verfügbar: <https://www.wien.gv.at/umweltschutz/raum/pdf/regenwassermanagement.pdf>. Gesehen am: 17.03.2021.

- MAHABADI, M. (2012): Regenwasserversickerung. Regenwassernutzung. Planungsgrundsätze und Bauweisen. Stuttgart: Ulmer, 8; 99–101; 122–123.
- MALEK, J. et al. (1999): Der Baumpfleger. Stuttgart: Ulmer, 117.
- NIESEL, A. und RÜCK, F. (2009): Bodenarbeiten. In: Lay, B.-H. et al. (Hrsg.): Bauen mit Grün. Die Bau- und Vegetationstechnik des Garten- und Landschaftsbaus. 4. Auflage. Osnabrück: Ulmer, 141–143.
- NOWAK, W. et al. (2019): Begrünung und gesunde Straßen gegen urbane Hitzeinseln. In: Wie Städte die Mobilitätswende voranbringen. 35. Verfügbar: <http://media.obvsg.at/AC15463788-2001>. Gesehen am: 13.04.2021.
- ÖNORM B 4417. (2018): Geotechnik – Untersuchung von Böden. Statischer Lastplattenversuch.
- ÖNORM B 2506-1. (2013): Regenwasser-Sickeranlagen für Abläufe von Dachflächen und befestigten Flächen - Anwendung, hydraulische Bemessung, Bau und Betrieb.
- ÖNORM B 2606-1. (2009): Sportplatzbeläge – Teil 1: Naturrasen.
- ÖNORM B 5016. (2018): Erdarbeiten für Rohrleitungen des Siedlungs- und Industrierwasserbaus. Qualitätssicherung der Verdichtungsarbeiten.
- ÖNORM EN 12616. (2013): Sportböden - Bestimmung der Wasserinfiltrationsrate.
- ÖNORM L 1050. (2016): Boden als Pflanzenstandort – Begriffe und Untersuchungsverfahren.
- ÖNORM L 1122. (2011): Baumkontrolle und Baumpflege.
- ÖWAV – ÖSTERREICHISCHER WASSER- UND ABFALLWIRTSCHAFTSVERBAND (2014): Regelblatt 45 Oberflächenentwässerung durch Versickerung in den Untergrund.
- PENNINGSFELD, F. (1988): Erden und Substrate im gärtnerischen Pflanzenbau. Bonn: aid - Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 20.
- PITHA, U. et al. (o.J.): Leitfaden Grüne Bauweisen für Städte der Zukunft. Optimierung des Wasser- und Lufthaushalts urbaner Räume mittels Gründächern, Grünfassaden und versickerungsfähigen Oberflächenbefestigungen. Wien. 9.
- ROLOFF, A. (2001): Baumkronen. Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. Stuttgart: Ulmer, 13–15.

ROLOFF A., et al. (2008): Aktuelle Fragen der Baumpflege und Stadtböden als Substrat für ein Baumleben. Tagungsband der Dresdner StadtBaumtage, Beiheft 7. Tharandt: Selbstverlag der Fachrichtung Forstwissenschaften der TU Dresden, 97–103.

ROLOFF, A. (2009): Bedeutung und positive Wirkung von Bäumen in der Stadt für Mensch und Umwelt. In: Roloff, A. et al. (Hrsg.): Konzepte und Gestaltung mit Stadtbäumen und Aktuelle Fragen der Baumpflege – Beiheft 8. Tharandt: Selbstverlag der Fachrichtung Forstwissenschaften der TU Dresden, 6–9.

ROLOFF, A. (2013): Bäume in der Stadt – Besonderheiten, Funktion, Nutzen, Arten, Risiken. Stuttgart: Ulmer, 26, 168-170, 184–185.

ROLOFF, A.¹ (2015): Vitalitätsbeurteilung von Stadtbäumen anhand der Kronenstruktur – Aktuelle Erfahrungen und Konsequenzen. In: Dujesiefken, D. (Hrsg.): Jahrbuch der Baumpflege. Braunschweig: Haymarket Media, 125–128.

ROLOFF, A.² (2015): Handbuch Baumdiagnostik. Baum - Körpersprache und Baum-Beurteilung. Stuttgart: Ulmer, 64,152, 180.

ROLOFF, A. (2019): Baumpflege. 3., erweiterte Auflage. Stuttgart: Ulmer, 251.

ROTH, T. (2017): Wichtigste Substrateigenschaft. In: Kos, B. (Hrsg): Untersuchungen zu Baumsubstraten und Straßenbäumen mittels ausgewählter geotechnischer und vegetationstechnischer Methoden im Rahmen des „SAVE“-Projekts der Stadt Wien. Wien: Universität für Bodenkultur Wien, 54.

RUST, S. (2010): Stadtbäume – Überleben trotz häufigerer Trockenphasen in der Vegetationsperiode. In: Dujesiefken, D. (Hrsg.): Jahrbuch der Baumpflege. Braunschweig: Haymarket Media, 41.

SCHMIDT, S. (o.J.): Schwammstadt: die neue Aufteilung unter der Straße. 19. Verfügbar: https://www.naturimgarten.at/files/content/3.%20VERANSTALTUNGEN/DIV/2020/%C3%96PFL%20Tag%201/Pr%C3%A4sentation_Schmidt.pdf. Gesehen am: 02.08.2021.

SCHMIDT, S. (2017): Wichtigste Substrateigenschaft. In: Kos, B. (Hrsg): Untersuchungen zu Baumsubstraten und Straßenbäumen mittels ausgewählter geotechnischer und vegetationstechnischer Methoden im Rahmen des „SAVE“-Projekts der Stadt Wien. Wien: Universität für Bodenkultur Wien, 54.

SCHMILEWSKI, G. K. (o.J.): Kultursubstrate und Blumenerden – Eigenschaften, Ausgangsstoffe, Verwendung. 65–141, 200. Verfügbar: https://www.kleeschultererden.de/wp-content/uploads/2018/07/Substratbuch_1.pdf. Gesehen am: 29.04.2021.

SIEKER, F. et al. (2006): Dezentrale Regenwasserbewirtschaftung im privaten, gewerblichen und kommunalen Bereich. Grundlagen und Ausführungsbeispiele. Stuttgart: Fraunhofer IRB, 40–41.

SIEKER, F. und H. (o.J.): Das Konzept der Schwammstadt (Sponge-city). Verfügbar: <https://www.sieker.de/fachinformationen/umgang-mit-regenwasser/article/das-konzept-der-schwammstadt-sponge-city-577.html>. Gesehen am: 13.04.2021.

STADT SIEGEN – ABTEILUNG UMWELT. (2006): Versickern statt Versiegeln. 9. Verfügbar: https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuv/boden/bodenschutz/bodenschutz_baue/n/pdf/Versickern_statt_Versiegeln_Stadt_Siegen.pdf. Gesehen am: 17.03.2021.

STADT WIEN¹. (2016): Wiener Modell zur Versickerung von Straßenwässern. Verfügbar: <https://smartcity.wien.gv.at/site/wiener-modell-zur-versickerung-von-strassenwaessern-von-ma28-gewinnt-wiener-ingenieurpreis-2016/>. Gesehen am: 12.02.2021.

STADT WIEN². (o.J.): “Schwammstadt“ macht Bäume für den Klimawandel fit. Verfügbar: <https://www.wien.gv.at/umwelt/coolswien/schwammstadt.html>. Gesehen am: 13.04.2021.

STELZL, A. (2018): Regenwasserversickerung in Rohrgräben. Rechtliche und normative Rahmenbedingungen und bautechnische Anforderungen. Graz: Technische Universität, 9–11.

STEP 2025 – STADTENTWICKLUNGSPLAN WIEN. (2014): Mut zur Stadt. 119. Verfügbar: <http://media.obvsg.at/AC11990565-2001>. Gesehen am: 29.03.2021.

TRAPP, J.H. und WINKER, M. (2020): Blau-grün-graue Infrastrukturen vernetzt planen und umsetzen. Ein Beitrag zur Klimaanpassung in Kommunen. 16. Verfügbar: https://repository.difu.de/jspui/bitstream/difu/281578/1/20200507_Sonderveroeffentlichung%20netWORKS4.pdf. Gesehen am: 03.05.2021.

UBA - UMWELTBUNDESAMT¹. (2020): Bodenversiegelung. Verfügbar: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/boden/bodenversiegelung#was-ist-bodenversiegelung>. Gesehen am: 03.05.2021.

UBA - UMWELTBUNDESAMT². (2019): Verdichtung. Verfügbar: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/bodenbelastungen/verdichtung#bodenverdichtung-ein-problem>. Gesehen am: 03.05.2021.

UNTERLERCHER, M. (2019): Eigenvorsorge bei Oberflächenabfluss. Ein Leitfaden für Planung, Neubau und Anpassung. 10. Verfügbar: <https://www.bmlrt.gv.at/wasser/schutz-vor-hochwasser/bewusstsein/leitfaden-eigenvorsorge-bei-oberflaechenabfluss.html>. Gesehen am: 03.05.2021.

UMWELTBUNDESAMT. (2020): Die Innovation für Stadtbäume: das Schwammstadt-Prinzip. Verfügbar: <https://www.klimawandelanpassung.at/newsletter/kwa-nl42/kwa-schwammstadtprinzip>. Gesehen am: 13.04.2021.

WESSOLLY, L. und ERB, M. (1998): Handbuch der Baumstatistik und Baumkontrolle. Berlin: Patzer, 269.

ZIMMERMANN, A. (2014): Landschaft planen. Dimensionen, Elemente, Typologien. Basel: Birkhäuser, 168-170.

ZEBISCH, M. et al. (2011): Folgen des Klimawandels für die Wasserwirtschaft. In: Ziegler, C. (Hrsg.): Regenwasserbewirtschaftung. Ausführliche Informationen für Planung und Ausführung mit gesetzlichen Rahmenbedingungen, Anwendungsbeispielen aus der Praxis und nützlichen Adressen. Band I. München: Oldenbourg Industrieverlag, 35.

ZIEGLER, C. (2011): Regenwasserbewirtschaftung. Ausführliche Informationen für Planung und Ausführung mit gesetzlichen Rahmenbedingungen, Anwendungsbeispielen aus der Praxis und nützlichen Adressen. Band I. München: Oldenbourg Industrieverlag, 168–177.

ZAMG (o.J.): Jahrbuch. Stationsinformationen Wien Stammersdorf. Verfügbar: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klimauebersichten/jahrbuch>. Gesehen am: 28.07.2021.

ZAMG (2018): 2018 mit großer Wahrscheinlichkeit wärmstes Jahr der Messgeschichte. Verfügbar: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/2018-mit-grosser-wahrscheinlichkeit-waermstes-jahr-der-messgeschichte>. Gesehen am: 28.07.2021.

ZAMG¹ (2019): 2019 eines der drei wärmsten Jahre der Messgeschichte. Verfügbar: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/2019-eines-der-drei-waermsten-jahre-der-messgeschichte>. Gesehen am: 28.07.2021.

ZAMG² (2019): Phänologie-Spiegel. Verfügbar: https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/phaenospiegel/jahr/wien_hohe_warte/?jahr=2019. Gesehen am: 28.07.2021.

ZAMG¹ (2020): 2020 war sehr warm, nass und sonnig. Verfügbar: <https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/news/2020-war-sehr-warm-nass-und-sonnig>. Gesehen am: 28.07.2021.

ZAMG² (2020): Phänologie-Spiegel. Verfügbar: https://www.zamg.ac.at/cms/de/klima/klima-aktuell/phaenospiegel/jahr/wien_hohe_warte/?jahr=2020. Gesehen am: 28.07.2021.

ZODL, H. et al. (2008): Jungbaumpflege. 33. In: Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung Naturschutz (Hrsg.): Baumschutz und Baumpflege. Leitfaden zur Baumartenauswahl – Baumstandorte in Dorf und Stadt – Jungbaumpflege – Baumschutz an Baustellen. Verfügbar: https://www.zobodat.at/pdf/Pub-Naturschutzabt-Niederoesterreich_11_2008_0001-0050.pdf. Gesehen am: 02.08.2021.

11. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: GALK - Straßenbaumliste; Bearbeitung WERNER, 2021	27
Tabelle 2: KLAM – Straßenbaumarten. Bearbeitung WERNER, 2021 nach ROLOFF, 2013	29
Tabelle 3: Auflistung der Substratausgangsstoffe. Bearbeitung WERNER, 2021 nach SCHMILEWSKI, o.J.....	32
Tabelle 4: Übersicht der verwendeten Gehölzarten. WERNER, 2020	47
Tabelle 5: Übersicht der verwendeten Substratvarianten. WERNER, 2020.....	48
Tabelle 6: Vitalitätsstufen. Bearbeitung WERNER, 2021 nach ROLOFF ¹ , 2015	56
Tabelle 7: Überblick über Messintervalle im Jahr 2020 am Standort Attemsgasse.....	66
Tabelle 8: Überblick über Messintervalle im Jahr 2020 am Standort Edith-Piaf-Straße	67
Tabelle 9: Überblick über Messintervalle im Jahr 2020 am Standort Kuchelauer Hafen.....	67
Tabelle 10: Ergebnisse des Stammdurchmessers [cm], Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse.....	72
Tabelle 11: Ergebnisse des Stammdurchmessers [cm], Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf- Straße	72
Tabelle 12: Ergebnisse des Stammdurchmessers [cm], Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen.....	73
Tabelle 13: Ergebnisse des Stammumfangs [cm], Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse.	73
Tabelle 14: Ergebnisse des Stammumfangs [cm], Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf- Straße	74
Tabelle 15: Ergebnisse des Stammumfangs [cm], Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen	75
Tabelle 16: Ergebnisse des Kronendurchmessers [m], Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse.....	75
Tabelle 17: Ergebnisse des Kronendurchmessers [m], Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf- Straße	76
Tabelle 18: Ergebnisse des Kronendurchmessers [m], Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen	76
Tabelle 19: Ergebnisse der Baumhöhe [m], Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse.....	77
Tabelle 20: Ergebnisse der Baumhöhe [m], Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße	78
Tabelle 21: Ergebnisse der Baumhöhe [m], Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen ...	78
Tabelle 22: Ergebnisse der Vitalität, Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse	80
Tabelle 23: Ergebnisse der Vitalität, Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße	81
Tabelle 24: Ergebnisse der Vitalität, Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen	81

Tabelle 25: Ergebnisse der Gehölzschäden (max. n), Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse.....	83
Tabelle 26: Ergebnisse der Gehölzschäden (max. n), Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße.....	84
Tabelle 27: Ergebnisse der Gehölzschäden (max. n), Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen.....	85
Tabelle 28: Ergebnisse des Laubaustriebs/ -abwurfs, Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse.....	86
Tabelle 29: Ergebnisse des Laubaustriebs/ -abwurfs, Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße.....	87
Tabelle 30: Ergebnisse des Laubaustriebs/ -abwurfs, Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen.....	87
Tabelle 31: Ergebnisse des Triebblängenwachstums [cm], Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse.....	89
Tabelle 32: Ergebnisse des Triebblängenwachstums [cm], Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße.....	90
Tabelle 33: Ergebnisse des Triebblängenwachstums [cm], Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen.....	90
Tabelle 34: Ergebnisse des Verzweigungsgrads, Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse ..	92
Tabelle 35: Ergebnisse des Verzweigungsgrads, Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße.....	93
Tabelle 36: Ergebnisse des Verzweigungsgrads, Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen.....	93
Tabelle 37: Ergebnisse der Blattprobenanalyse [mg/g], Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse.....	95
Tabelle 38: Ergebnisse der Blattprobenanalyse [mg/g], Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße.....	96
Tabelle 39: Ergebnisse der Blattprobenanalyse [mg/g], Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen.....	97
Tabelle 40: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchung [MN/m ²], Vegetationsperiode 2020, Attemsgasse.....	105
Tabelle 41: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchung [MN/m ²], Vegetationsperiode 2020, Edith-Piaf-Straße.....	106
Tabelle 42: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchung [MN/m ²], Vegetationsperiode 2020, Kuchelauer Hafen.....	107
Tabelle 43: Ergebnisse des Stammdurchmessers [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse.....	110

Tabelle 44: Ergebnisse des Stammdurchmessers [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße.....	111
Tabelle 45: Ergebnisse des Stammdurchmessers [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen.....	112
Tabelle 46: Ergebnisse des Stammumfangs [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse.....	112
Tabelle 47: Ergebnisse des Stammumfangs [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße.....	113
Tabelle 48: Ergebnisse des Stammumfangs [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen.....	114
Tabelle 49: Ergebnisse des Kronendurchmessers [m], Vegetationsperiode 2018– 2020; Attemsgasse.....	114
Tabelle 50: Ergebnisse des Kronendurchmessers [m], Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße.....	115
Tabelle 51: Ergebnisse des Kronendurchmessers [m], Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen.....	116
Tabelle 52: Ergebnisse der Baumhöhe [m], Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse.....	116
Tabelle 53: Ergebnisse der Baumhöhe [m], Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße.....	117
Tabelle 54: Ergebnisse der Baumhöhe [m], Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen.....	118
Tabelle 55: Ergebnisse der Vitalität, Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse	119
Tabelle 56: Ergebnisse der Vitalität, Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße....	120
Tabelle 57: Ergebnisse der Vitalität, Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen ..	121
Tabelle 58: Ergebnisse der Schäden im Bereich der Krone (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse.....	122
Tabelle 59: Ergebnisse der Schäden im Bereich des Stammes (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse.....	122
Tabelle 60: Ergebnisse der Schäden im Bereich der Wurzel (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse.....	123
Tabelle 61: Ergebnisse der Schäden im Bereich der Krone (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße	123
Tabelle 62: Ergebnisse der Schäden im Bereich des Stammes (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße	124
Tabelle 63: Ergebnisse der Schäden im Bereich der Wurzel (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße	125

Tabelle 64: Ergebnisse der Schäden im Bereich der Krone (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen	126
Tabelle 65: Ergebnisse der Schäden im Bereich des Stammes (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen	126
Tabelle 66: Ergebnisse der Schäden im Bereich der Wurzel (max. n), Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen	127
Tabelle 67: Ergebnisse des Laubaustriebs, Vegetationsperiode 2018–2020; Atemsgasse	128
Tabelle 68: Ergebnisse des Laubabwurfs, Vegetationsperiode 2018–2020; Atemsgasse .	128
Tabelle 69: Ergebnisse des Laubaustriebs, Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße	129
Tabelle 70: Ergebnisse des Laubabwurfs, Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße	130
Tabelle 71: Ergebnisse des Laubaustriebs, Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen.....	130
Tabelle 72: Ergebnisse des Laubabwurfs, Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen.....	131
Tabelle 73: Ergebnisse des Triebblängenwachstums [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Atemsgasse.....	132
Tabelle 74: Ergebnisse des Triebblängenwachstums [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße	133
Tabelle 75: Ergebnisse des Triebblängenwachstums [cm], Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen.....	134
Tabelle 76: Ergebnisse des Verzweigungsgrads, Vegetationsperiode 2018–2020; Atemsgasse.....	135
Tabelle 77: Ergebnisse des Verzweigungsgrads, Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße	136
Tabelle 78: Ergebnisse des Verzweigungsgrads, Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen.....	137
Tabelle 79: Ergebnisse der Blattprobenanalyse – Natrium [mg/g], Vegetationsperiode 2018–2020; Atemsgasse.....	138
Tabelle 80: Ergebnisse der Blattprobenanalyse – Chlorid [mg/g], Vegetationsperiode 2018–2020; Atemsgasse.....	138
Tabelle 81: Ergebnisse der Blattprobenanalyse – Natrium [mg/g], Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße	139
Tabelle 82: Ergebnisse der Blattprobenanalyse – Chlorid [mg/g], Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße	140

Tabelle 83: Ergebnisse der Blattprobenanalyse – Natrium [mg/g], Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen	141
Tabelle 84: Ergebnisse der Blattprobenanalyse – Chlorid [mg/g], Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen	142
Tabelle 85: Ergebnisse der thermografischen Stressermittlung – Baum 1 (Celtis australis), Vegetationsperiode 2018–2020; Atemsgasse.....	143
Tabelle 86: Ergebnisse der thermografischen Stressermittlung – Baum 11 (Celtis australis), Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße	143
Tabelle 87: Ergebnisse der thermografischen Stressermittlung – Baum 7 (Celtis australis), Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen.....	144
Tabelle 88: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchung [MN/m ²], Vegetationsperiode 2018–2020, Atemsgasse.....	150
Tabelle 89: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchung [MN/m ²], Vegetationsperiode 2018–2020, Edith-Piaf-Straße	151
Tabelle 90: Ergebnisse der Tragfähigkeitsuntersuchung [MN/m ²], Vegetationsperiode 2018–2020, Kuchelauer Hafen	152
Tabelle 91: Punktesystem für Bewertung der Ergebnisse. WERNER, 2021.....	155
Tabelle 92: Bewertungsschema der vegetationstechnischen Parameter. WERNER, 2021	157
Tabelle 93: Bewertungsschema der geotechnischen Parameter. WERNER, 2021	158
Tabelle 94: Gewichtung der einzelnen Parameter. WERNER, 2021	158
Tabelle 95: Vergleich der Gesamtergebnisse 2018–2020 Atemsgasse.....	170
Tabelle 96: Vergleich der Gesamtergebnisse 2018-2020 Edith-Piaf-Straße.....	172
Tabelle 97: Vergleich der Gesamtergebnisse 2018-2020 Kuchelauer Hafen	173

12. Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Ergebnisse der Infiltrationsmessung [m/s], Vegetationsperiode 2020; Attemsgasse.....	102
Diagramm 2: Ergebnisse der Infiltrationsmessung [m/s], Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße	103
Diagramm 3: Ergebnisse der Infiltrationsmessung [m/s], Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen.....	104
Diagramm 4: Ergebnisse der Infiltrationsmessung [m/s], Vegetationsperiode 2018–2020; Attemsgasse.....	146
Diagramm 5: Ergebnisse der Infiltrationsmessung [m/s], Vegetationsperiode 2018–2020; Edith-Piaf-Straße	147
Diagramm 6: Ergebnisse der Infiltrationsmessung [m/s], Vegetationsperiode 2018–2020; Kuchelauer Hafen.....	148
Diagramm 7: Gesammeltes Gesamtergebnis 2020 Attemsgasse	191
Diagramm 8: Gesammeltes Gesamtergebnis 2020 Edith-Piaf-Straße.....	192
Diagramm 9: Gesammeltes Gesamtergebnis 2020 Kuchelauer Hafen	193

13. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Versuchsstandort Atemsgasse. WERNER, 2020	20
Abbildung 2: Klimaartenmatrix. Bearbeitung WERNER, 2021 nach ROLOFF, 2008	28
Abbildung 3: Wasserdurchlässige Oberflächenbefestigung mit Natursteinpflaster und Rasenfugen. Bearbeitung WERNER, 2021 nach MAHABADI, 2012.....	36
Abbildung 4: Querschnitt einer Mulde. WERNER, 2021 nach MAHABADI, 2012.....	37
Abbildung 5: Querschnitt des Schwammstadt-Prinzips. WERNER, 2021 nach UMWELTBUNDESAMT, 2020.....	39
Abbildung 6: Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße, Sickermulde 1 – Bäume 1-6. WERNER, 2021	45
Abbildung 7: Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße, Sickermulde 2 – Bäume 7-12. WERNER, 2021	46
Abbildung 8: Verortung der Standorte; Bearbeitung WERNER, 2020	49
Abbildung 9: Anordnung der Baumscheiben am Versuchsstandort Atemsgasse. WERNER, 2021	50
Abbildung 10: Anordnung der Substratvarianten am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße. WERNER, 2021	52
Abbildung 11: Anordnung der Substratvarianten am Versuchsstandort Kuchelauer Hafen. WERNER, 2021	53
Abbildung 12: Aufbau für Infiltrationsmessung. WERNER, 2021.....	62
Abbildung 13: Fallgewichtsgesetz für dynamischen Plattendruckversuch. WERNER, 2021 ...	64
Abbildung 14: Versuchsstandort Kuchelauer Hafen. Werner, 2020.....	70
Abbildung 15: Wärmebild – Baum 1 (<i>Celtis australis</i>), Vegetationsperiode 2020; Atemsgasse.....	98
Abbildung 16: Wärmebild – Baum 11 (<i>Celtis australis</i>), Vegetationsperiode 2020; Edith-Piaf-Straße.....	99
Abbildung 17: Wärmebild – Baum 7 (<i>Celtis australis</i>), Vegetationsperiode 2020; Kuchelauer Hafen	100
Abbildung 18: Baumart <i>Acer campestre</i> 'Elsrijk' am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße. WERNER, 2020	108
Abbildung 19: Baumart <i>Celtis australis</i> am Versuchsstandort Kuchelauer Hafen. WERNER, 2020	153
Abbildung 20: Baumart <i>Celtis australis</i> am Versuchsstandort Atemsgasse. WERNER, 2020	154
Abbildung 21: Mastermatrix Atemsgasse 2020	160

Abbildung 22: Mastermatrix Edith-Piaf-Straße 2020.....	163
Abbildung 23: Mastermatrix Kuchelauer Hafen 2020	167
Abbildung 24: Baumart <i>Fraxinus excelsior</i> 'Altena' am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße. WERNER, 2020.....	178
Abbildung 25: Baumart <i>Gleditsia triacanthos</i> 'Skyline' am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße. WERNER, 2020.....	186
Abbildung 26: Baumart <i>Pyrus calleryana</i> 'Aristocrat' am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße. WERNER, 2020.....	188
Abbildung 27: Baumart <i>Ulmus</i> 'New Horizon' am Versuchsstandort Edith-Piaf-Straße. WERNER, 2020.....	194
Abbildung 28: B1 SAVE (2018), Attemsgasse.....	224
Abbildung 29: B1 SAVE (2019), Attemsgasse.....	224
Abbildung 30: B1 SAVE (2020), Attemsgasse.....	224
Abbildung 31: B2 SAVE (2018), Attemsgasse.....	224
Abbildung 32: B2 SAVE (2019), Attemsgasse.....	224
Abbildung 33: B2 SAVE (2020), Attemsgasse.....	224
Abbildung 34: B3 SAVE (2018), Attemsgasse.....	225
Abbildung 35: B3 SAVE (2019), Attemsgasse.....	225
Abbildung 36: B3 SAVE (2020), Attemsgasse.....	225
Abbildung 37: B4 SAVE (2018), Attemsgasse.....	225
Abbildung 38: B4 SAVE (2019), Attemsgasse.....	225
Abbildung 39: B4 SAVE (2020), Attemsgasse.....	225
Abbildung 40: B1 SAVE (2018), Edith-Piaf-Straße	226
Abbildung 41: B1 SAVE (2019), Edith-Piaf-Straße	226
Abbildung 42: B1 SAVE (2020), Edith-Piaf-Straße	226
Abbildung 43: B2 WB (2018), Edith-Piaf-Straße.....	226
Abbildung 44: B2 WB (2019), Edith-Piaf-Straße.....	226
Abbildung 45: B2 WB (2020), Edith-Piaf-Straße.....	226
Abbildung 46: B3 SAVE (2018), Edith-Piaf-Straße	227
Abbildung 47: B3 SAVE (2019), Edith-Piaf-Straße	227
Abbildung 48: B3 SAVE (2020), Edith-Piaf-Straße	227
Abbildung 49: B4 WB (2018), Edith-Piaf-Straße.....	227
Abbildung 50: B4 WB (2019), Edith-Piaf-Straße.....	227
Abbildung 51: B4 WB (2020), Edith-Piaf-Straße.....	227
Abbildung 52: B5 SAVE (2018), Edith-Piaf-Straße	228
Abbildung 53: B5 SAVE (2019), Edith-Piaf-Straße	228
Abbildung 54: B5 SAVE (2020), Edith-Piaf-Straße	228

Abbildung 55: B6 WB (2018), Edith-Piaf-Straße.....	228
Abbildung 56: B6 WB (2019), Edith-Piaf-Straße.....	228
Abbildung 57: B6 WB (2020), Edith-Piaf-Straße.....	228
Abbildung 58: B7 WB (2018), Edith-Piaf-Straße.....	229
Abbildung 59: B7 WB (2019), Edith-Piaf-Straße.....	229
Abbildung 60: B7 WB (2020), Edith-Piaf-Straße.....	229
Abbildung 61: B8 SAVE (2018), Edith-Piaf-Straße.....	229
Abbildung 62: B8 SAVE (2019), Edith-Piaf-Straße.....	229
Abbildung 63: B8 SAVE (2020), Edith-Piaf-Straße.....	229
Abbildung 64: B9 WB (2018), Edith-Piaf-Straße.....	230
Abbildung 65: B9 WB (2019), Edith-Piaf-Straße.....	230
Abbildung 66: B9 WB (2020), Edith-Piaf-Straße.....	230
Abbildung 67: B10 SAVE (2018), Edith-Piaf-Straße.....	230
Abbildung 68: B10 SAVE (2019), Edith-Piaf-Straße.....	230
Abbildung 69: B10 SAVE (2020), Edith-Piaf-Straße.....	230
Abbildung 70: B11 WB (2018), Edith-Piaf-Straße.....	231
Abbildung 71: B11 WB (2019), Edith-Piaf-Straße.....	231
Abbildung 72: B11 WB (2020), Edith-Piaf-Straße.....	231
Abbildung 73: B12 SAVE (2018), Edith-Piaf-Straße.....	231
Abbildung 74: B12 SAVE (2019), Edith-Piaf-Straße.....	231
Abbildung 75: B12 SAVE (2020), Edith-Piaf-Straße.....	231
Abbildung 76: B1 SAVE (2018), Kuchelauer Hafen.....	232
Abbildung 77: B1 SAVE (2019), Kuchelauer Hafen.....	232
Abbildung 78: B1 SAVE (2020), Kuchelauer Hafen.....	232
Abbildung 79: B2 SAVE (2018), Kuchelauer Hafen.....	232
Abbildung 80: B2 SAVE (2019), Kuchelauer Hafen.....	232
Abbildung 81: B2 SAVE (2020), Kuchelauer Hafen.....	232
Abbildung 82: B3 SAVE (2018), Kuchelauer Hafen.....	233
Abbildung 83: B3 SAVE (2019), Kuchelauer Hafen.....	233
Abbildung 84: B3 SAVE (2020), Kuchelauer Hafen.....	233
Abbildung 85: B4 SAVE (2018), Kuchelauer Hafen.....	233
Abbildung 86: B4 SAVE (2019), Kuchelauer Hafen.....	233
Abbildung 87: B4 SAVE (2020), Kuchelauer Hafen.....	233
Abbildung 88: B5 SAVE (2018), Kuchelauer Hafen.....	234
Abbildung 89: B5 SAVE (2019), Kuchelauer Hafen.....	234
Abbildung 90: B5 SAVE (2020), Kuchelauer Hafen.....	234
Abbildung 91: B6 SAVE (2018), Kuchelauer Hafen.....	234

Abbildung 92: B6 SAVE (2019), Kuchelauer Hafen.....	234
Abbildung 93: B6 SAVE (2020), Kuchelauer Hafen.....	234
Abbildung 94: B7 SAVE (2018), Kuchelauer Hafen.....	235
Abbildung 95: B7 SAVE (2019), Kuchelauer Hafen.....	235
Abbildung 96: B7 SAVE (2020), Kuchelauer Hafen.....	235
Abbildung 97: B8 WB (2018), Kuchelauer Hafen.....	235
Abbildung 98: B8 WB(2019), Kuchelauer Hafen	235
Abbildung 99: B8 WB (2020), Kuchelauer Hafen.....	235
Abbildung 100: B9 WB (2018), Kuchelauer Hafen.....	236
Abbildung 101: B9 WB(2019), Kuchelauer Hafen.....	236
Abbildung 102: B9 WB (2020), Kuchelauer Hafen.....	236
Abbildung 103: B10 SAVE (2018), Kuchelauer Hafen.....	236
Abbildung 104: B10 SAVE (2019), Kuchelauer Hafen.....	236
Abbildung 105: B10 SAVE (2020), Kuchelauer Hafen.....	236
Abbildung 106: B11 SAVE (2018), Kuchelauer Hafen.....	237
Abbildung 107: B11 SAVE (2019), Kuchelauer Hafen.....	237
Abbildung 108: B11 SAVE (2020), Kuchelauer Hafen.....	237

14. Bildquellenverzeichnis

Abbildungsnummer	Aufnahmezeitpunkt	Bildinhaber*in
1-27	2020/ 2021	WERNER
28, 31, 34, 37, 40, 43, 46, 49, 52, 55, 58, 61, 64, 67, 70, 73, 76, 79, 82, 85, 88, 91, 94, 97, 100, 103, 106	2018	LÜBKE
29, 32, 35, 38, 41, 44, 47, 50, 53, 56, 59, 62, 65, 68, 71, 74, 77, 80, 83, 86, 89, 92, 95, 98, 101, 104, 107	2019	OLESKO
30, 33, 36, 39, 42, 45, 48, 51, 54, 57, 60, 63, 66, 69, 72, 75, 78, 81, 84, 87, 90, 93, 96, 99, 102, 105, 108	2020	WERNER

15. Abkürzungsverzeichnis

bzw. = beziehungsweise

etc. = ecetera

FLL = Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau

GALK = Deutsche Gartenamtsleiterkonferenz

MA = Magistratsabteilung (der Stadt Wien)

SAVE = Straßen Abwasserlösungen für Vegetation und Entwässerungssysteme

SBS 2. O./ 2. U. = SAVE-Baumsubstrat 2 Oberbausubstrat + 2 Unterbausubstrat

SV = Substratvariante

WBS = Wiener Baumsubstrat

ZAMG = Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik

16. Anhang

Gehölz-Aufnahmebogen: Grundparameter

Standort:	Baum-Nummer	Gattung/ Art	Grunddaten							Datum:	
			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

Aufnahmebogen: Infiltrationsmessung

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								

Aufnahmebogen: Tragfähigkeitsuntersuchung

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 _m	Bemerkungen:
Lage	s2max 2. Messstoß	s/v	
Substrat	s3max 3. Messstoß	s _{max} 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	

Bilddokumentation

Diese Gehölzaufnahmen zeigen die Baumvitalität der 27 Gehölze an den drei Versuchsstandorten (Attemsgasse, Edith-Piaf-Straße und Kuchelauer Hafen). Dadurch ist ein Vergleich der Gehölzentwicklung der einzelnen Baumpflanzungen vom Jahr 2018 bis 2020 möglich.

Attemsgasse



Abb. 28: B1 SAVE (2018)



Abb. 29: B1 SAVE (2019)



Abb. 30: B1 SAVE (2020)



Abb. 31: B2 SAVE (2018)



Abb. 32: B2 SAVE (2019)



Abb. 33: B2 SAVE (2020)



Abb. 34: B3 SAVE (2018)



Abb. 35: B3 SAVE (2019)



Abb. 36: B3 SAVE (2020)



Abb. 37: B4 SAVE (2018)



Abb. 38: B4 SAVE (2019)



Abb. 39: B4 SAVE (2020)

Edith-Piaf-Straße



Abb. 40: B1 SAVE (2018)



Abb. 41: B1 SAVE (2019)



Abb. 42: B1 SAVE (2020)



Abb. 43: B2 WB (2018)



Abb. 44: B2 WB (2019)



Abb. 45: B2 WB (2020)



Abb. 46: B3 SAVE (2018)



Abb. 47: B3 SAVE (2019)



Abb. 48: B3 SAVE (2020)



Abb. 49: B4 WB (2018)



Abb. 50: B4 WB (2019)



Abb. 51: B4 WB (2020)



Abb. 52: B5 SAVE (2018)



Abb. 53: B5 SAVE (2019)



Abb. 54: B5 SAVE (2020)



Abb. 55: B6 WB (2018)



Abb. 56: B6 WB (2019)



Abb. 57: B6 WB (2020)



Abb. 58: B7 WB (2018)



Abb. 59: B7 WB (2019)



Abb. 60: B7 WB (2020)



Abb. 61: B8 SAVE (2018)

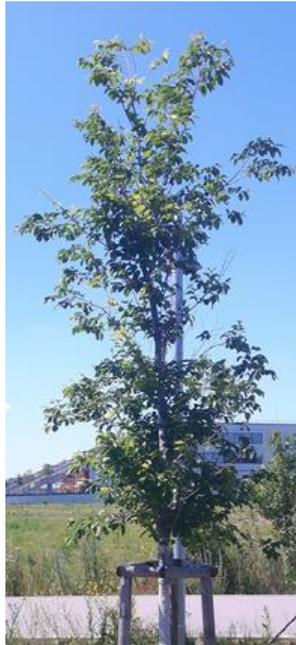


Abb. 62: B8 SAVE (2019)



Abb. 63: B8 SAVE (2020)



Abb. 64: B9 WB (2018)



Abb. 65: B9 WB (2019)



Abb. 66: B9 WB (2020)



Abb. 67: B10 SAVE (2018)



Abb. 68: B10 SAVE (2019)



Abb. 69: B10 SAVE (2020)



Abb. 70: B11 WB (2018)



Abb. 71: B11 WB (2019)



Abb. 72: B11 WB (2020)



Abb. 73: B12 SAVE (2018)



Abb. 74: B12 SAVE (2019)



Abb. 75: B12 SAVE (2020)

Kuchelauer Hafen



Abb. 76: B1 SAVE (2018)



Abb. 77: B1 SAVE (2019)



Abb. 78: B1 SAVE (2020)



Abb. 79: B2 SAVE (2018)



Abb. 80: B2 SAVE (2019)



Abb. 81: B2 SAVE (2020)



Abb. 82: B3 SAVE (2018)



Abb. 83: B3 SAVE (2019)



Abb. 84: B3 SAVE (2020)



Abb. 85: B4 SAVE (2018)



Abb. 86: B4 SAVE (2019)



Abb. 87: B4 SAVE (2020)



Abb. 88: B5 SAVE (2018)



Abb. 89: B5 SAVE (2019)



Abb. 90: B5 SAVE (2020)



Abb. 91: B6 SAVE (2018)



Abb. 92: B6 SAVE (2019)



Abb. 93: B6 SAVE (2020)



Abb. 94: B7 SAVE (2018)



Abb. 95: B7 SAVE (2019)



Abb. 96: B7 SAVE (2020)



Abb. 97: B8 WB (2018)



Abb. 98: B8 WB (2019)



Abb. 99: B8 WB (2020)



Abb. 100: B9 WB (2018)



Abb. 101: B9 WB (2019)



Abb. 102: B9 WB (2020)



Abb. 103: B10 SAVE (2018)



Abb. 104: B10 SAVE (2019)



Abb. 105: B10 SAVE (2020)



Abb. 106: B11 SAVE (2018)



Abb. 107: B11 SAVE (2019)



Abb. 108: B11 SAVE (2020)

17. Lebenslauf



**Nadine
WERNER,
BSc**

* 25. April 1995 Krems an der
Donau

KONTAKT

Nadine Werner, BSc
Wallrisstraße 27/3
1180 WIEN
ÖSTERREICH

+43 676 9314431
nwerner2504@yahoo.at

AUSBILDUNG

10/2018 – heute
WIEN, ÖSTERREICH
VOLLZEIT | DEUTSCH

MASTERSTUDIUM
„LANDSCHAFTSPLANUNG UND LANDSCHAFTSARCHITEKTUR“
UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN

02/2014 – 06/2018
WIEN, ÖSTERREICH
VOLLZEIT | DEUTSCH

BACHELORSTUDIUM
„LANDSCHAFTSPLANUNG UND LANDSCHAFTSARCHITEKTUR“
UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN
BACHELORARBEIT: „ANALYSE DER WIENER PARKANLAGEN
UND IHR BEITRAG ZUM MIKROKLIMA UND KLIMASCHUTZ“

10/2013 – 02/2014
WIEN, ÖSTERREICH
VOLLZEIT | DEUTSCH

BACHELORSTUDIUM
„METEOROLOGIE“
UNIVERSITÄT WIEN

09/2009 – 06/2013
KREMS A. D. DONAU,
ÖSTERREICH

MATURA
BUNDESBERSTUFENREALGYMNASIUM
INSTRUMENTALZWEIG

SPRACHEN

Deutsch – Muttersprache
Englisch – Fließend

KENNTNISSE

Microsoft Office | AutoCAD |
Adobe InDesign | Adobe
Photoshop | SketchUp

INTERESSEN

Neues erlernen | wandern |
gärtnern | Floristik |
Pflanzenkunde

HOBBIES

Zeit mit Freunden und Familie
verbringen | Gitarre und Klavier
spielen | Reisen | neue Orte
und Kulturen kennenlernen

SONSTIGES

Führerschein (Klasse B)

BERUFSERFAHRUNG

10/2014 – heute
WIEN, ÖSTERREICH
GERINGFÜGIG | DEUTSCH

G4S SECURE SOLUTIONS AG
BILLETEURIN, VOLKSOPER WIEN

03/2020 – 02/2021
WIEN, ÖSTERREICH
GERINGFÜGIG | DEUTSCH

UNIVERSITÄT FÜR BODENKULTUR WIEN
TUTORIN AM INSTITUT FÜR INGENIEURBIOLOGIE
UND LANDSCHAFTSBAU

07/2016 – 08/2016
SALZBURG, ÖSTERREICH
VOLLZEIT | DEUTSCH

SALZBURGER FESTSPIELE
ABTEILUNG KÜNSTLERGARDEROBE

09/2013 – 09/2014
TRAISMAUER, ÖSTERREICH
GERINGFÜGIG | DEUTSCH

HEURIGEN GERSTENMAIER
SERVICEKRAFT