

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN  
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT  
INSTITUT FÜR UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN

**«Auswertung eines Düngerversuches an Jungbäumen in der Gemeinde Cham»**

Bachelorarbeit



**von:**

Willi Zeltner

Bachelorstudiengang: UI17

Abgabedatum: 8. Juli 2021

Studienrichtung: Umweltingenieurwesen

Vertiefung: Urbane Ökosystem

Fachkorrektoren:

Axel Heinrich, ZHAW Life Sciences und Facility Management

Andrea Gion Saluz, ZHAW Life Sciences und Facility Management

## **Impressum**

Adresse des Instituts:

Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften  
Life Sciences und Facility Management  
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen  
Grüental  
8820 Wädenswil

Schlagworte:

Baummanagement, Stadtbäume, Düngemittel, Baumgesundheit, Baumwachstum

Keywords:

Tree management, urban trees, fertilizers, tree vitality, tree growth rate

Zitiervorschlag:

Zeltner W., (2021). Einsatz von Düngemitteln bei Jungbäumen im urbanen Raum. Bachelorarbeit.  
Wädenswil: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften.

## **Danksagung**

An dieser Stelle geht ein grosser Dank an die Gemeinde Cham und insbesondere Markus Schuler für die tatkräftige Unterstützung und die Übernahme der Kosten für sämtliche Bodenproben.

## Zusammenfassung

Stadtbäume haben oftmals mit schwierigen Standortbedingungen zu kämpfen und geschädigte oder kranke Bäume sind ein häufiges Bild. Im Gegensatz dazu stehen die zahlreichen positiven Eigenschaften, welche Bäumen im urbanen Raum zugeschrieben werden. Daher ist die Motivation hoch, Möglichkeiten zur Förderung des Wachstums und der Vitalität zu finden. Während gewissen Faktoren, wie beispielsweise einer ausreichenden Bewässerung, viel Aufmerksamkeit gewidmet wird, hat die Düngung nur eine untergeordnete Rolle und wird bisweilen als Massnahme vernachlässigt.

Die vorliegende Arbeit wertet einen Düngeversuch in der Gemeinde Cham im Kanton Zug aus. In Zusammenarbeit mit dem Saatgutproduzenten Otto Hauenstein Samen begleitet der Leiter Gartenbau und Friedhof Markus Schuler, seit 2014 ein Düngeversuch an 20 Bäumen. 2021 wurde nun eine Bilanz gezogen. Dafür wurden Bodenproben entnommen, die Kronenvitalität beurteilt und die Grösse der Bäume gemessen. Die quantitative Auswertung der beurteilten und gemessenen Parameter sollte dann Aufschlüsse darüber liefern, ob sich die Düngung positiv auf die Entwicklung der Bäume ausgewirkt hat. Die chemischen und physikalischen Analysen der Bodenproben dienen dazu, die Resultate der zuvor genannten Auswertung nachzuvollziehen.

Anhand der Resultate ist kein Vorteil durch eine Düngung zu erkennen. Die Nährstoffwerte der limitierenden Elemente, Stickstoff und Kalium, können zwar marginal angehoben werden, daraus lassen sich jedoch keine direkten, positiven Auswirkungen auf die Entwicklung der Bäume ableiten. Vergleichbare Studien kommen zu ähnlichen Resultaten und schreiben anderen Faktoren eine grössere Bedeutung bezüglich Wachstums und Vitalität zuzuordnen ist. Als entscheidend nach der Pflanzung wird vor allem die Bewässerung betrachtet. Zudem haben aber die Bodeneigenschaften, die Qualität der Bäume und deren Wurzeln sowie die Sortenwahl grossen Einfluss. Weiter Untersuchungen müssten zeigen, welchen Einfluss eine Düngung hat, sofern die genannten Faktoren eine bestmögliche Nährstoffaufnahme gewährleisten.

## Abstract

Urban trees often must cope with difficult site conditions and damaged or diseased trees are a common sight. This contrasts with numerous positive effects attributed to trees in urban areas. Therefore, the motivation to find ways to promote growth and vitality is high. Whereas certain factors, such as sufficient irrigation, receive a lot of attention, fertilization has only a subordinate role and is sometimes neglected as a measure.

The present work evaluates a fertilization experiment in the municipality of Cham in the canton of Zug. In cooperation with seed producer Otto Hauenstein Samen, the head of horticulture and cemetery Markus Schuler, has accompanied a fertilization trial on 20 trees since 2014. A report was done in 2021. For this purpose, soil samples were taken, crown vitality was assessed, and the size of the trees was measured. The quantitative evaluation of the assessed and measured parameters should then provide information on whether the fertilization has had a positive effect on the development of the trees. The chemical and physical analyses of the soil samples served to understand the results of the evaluation.

Based on the results, no benefit from fertilization can be seen. The nutrient values of the limiting elements, nitrogen and potassium, can be marginally increased, but no direct, positive effects on the development of the trees can be derived from this. Comparable studies come to similar results and attribute greater importance to other factors about growth and vitality. Irrigation is the most important factor after planting. However, soil properties, the quality of the trees and their roots, and the choice of cultivar also have a major influence. Further investigations would have to show what influence fertilization has, provided that the factors mentioned guarantee the best possible nutrient uptake.

## Inhalt

Abstract .....	3
1 Einleitung.....	6
1.1 Forschungsfragen.....	6
1.2 Aufbau.....	6
2 Theorie.....	7
2.1 Planung.....	7
2.2 Substrat und Bodeneigenschaften .....	8
2.3 Produktion .....	8
2.4 Pflanzung.....	9
2.5 Jungbaumpflege.....	9
2.5.1 Bewässerung.....	10
2.5.2 Dünger.....	10
2.5.3 Weitere Massnahmen .....	12
3 Versuchssperimeter .....	13
3.1 Klima .....	13
3.2 Standorte .....	14
3.2.1 Sinslerstrasse .....	14
3.2.2 Brunnmatt.....	15
3.2.3 Rigistrasse .....	16
3.2.4 Poststrasse .....	16
3.2.5 Bahnhof.....	17
3.2.6 Mugerer- und Eichstrasse .....	18
3.3 Baumarten .....	19
3.3.1 <i>Fraxinus angustifolia</i> ‘Raywood’ .....	19
3.3.2 <i>Liquidambar styraciflua</i> ‘Worplesdon’ .....	19
3.3.3 <i>Prunus avium</i> ‘Plena’ .....	20
3.3.4 <i>Corylus colurna</i> .....	20
3.3.5 <i>Carpinus betulus</i> ‘Fastigiata’ .....	20
3.4 Dünger.....	21
4 Methoden und Material.....	22
4.1 Bodenproben.....	22
4.2 Bonitur .....	23

---

4.3	Auswertung .....	23
5	Ergebnisse .....	24
5.1	Physikalische Bodenuntersuchung .....	24
5.2	Chemische Bodenuntersuchung .....	25
5.3	Bonitur .....	27
6	Diskussion.....	32
6.1	Physikalische Bodenuntersuchung .....	32
6.2	Chemische Bodenuntersuchung .....	33
6.3	Bonitur .....	34
6.4	Standortbezogene Ergänzungen .....	35
7	Fazit.....	38
8	Literatur .....	39
9	Abbildungen.....	42
10	Tabellen.....	42
	Anhang A – Eigenständigkeitserklärung .....	43
	Anhang B – Pläne .....	44
	Anhang C – Daten Bodenuntersuchungen Physikalisch.....	49
	Anhang C – Daten Bodenuntersuchungen Chemisch.....	50
	Anhang D – Daten Bonitur.....	58
	Anhang E - Poster.....	60

## 1 Einleitung

Der Baum, ein Schattenspende; eine Funktion die seit jeher bekannt ist. Im urbanen Raum erfüllen Bäume aber weitaus mehr Funktionen. So binden sie Schadstoffe aus der Luft, kühlen die Umgebung durch Verdunstung und tragen zum menschlichen Wohlbefinden bei (Roloff, 2013). Gleichzeitig sind Bäume einer Unzahl von Belastungen ausgesetzt. Nebst diversen neuen und alten Pathogenen werden sie durch Hitze, Trockenheit und Verdichtung bedroht (Roloff, 2019). Mit ebendiesen Herausforderungen sind auch alle städtischen Gartenbauämter vertraut. An ihnen liegt es, Massnahmen und Lösungen in der Pflege zu finden, um so Baumbestände zu erhalten und anzulegen. Entsprechend entwickelt sich das Management von Baumbeständen laufend fort und versucht alle möglichen Parameter miteinzubeziehen und Verbesserungen zu ermitteln. Umso erstaunlicher erscheint der Umstand, dass der Einsatz von Dünger kaum oder nur am Rande diskutiert wird. Im Vergleich zur Landwirtschaft wird Dünger, wenn überhaupt, zaghafte verwendet. Aus anderen europäischen Ländern und aus den USA sind vereinzelt Studien zu finden, die den Einsatz von Düngemitteln untersuchen. Mehrheitlich untersuchen die Autoren dabei den Einfluss eines einzelnen Nährstoffelementes; Studien mit Volldüngern sind kaum zu finden.

Die Gemeinde Cham hat 2014 beschlossen, die Düngung als Massnahme im Baummanagement miteinzubeziehen. Zusammen mit dem Saatgutproduzenten Otto Hauenstein Samen (OHS) und den Baumspezialisten von BaumKompetenz AG wurde Versuch mit zwei verschiedenen, organischen Volldüngern eingeleitet. Nach sieben Jahren Versuchsdauer gilt es nun, eine Bilanz zu ziehen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll die Wirkung mittels chemischer und physikalischer Bodenproben sowie der Beurteilung von Bäumen ermittelt werden. Dabei gilt es unter anderem, die Düngung als Massnahme der Baumpflege einzuordnen und zu gewichten.

### 1.1 Forschungsfragen

- Finden sich Hinweise, dass die Düngung das Baumwachstum fördert und lässt sich dies im Feldversuch belegen?
- Finden sich Hinweise, dass die Düngung die Baumvitalität erhält oder gar steigert und lässt sich dies im Feldversuch belegen?
- Kann ein Zusammenhang zwischen Düngeeffekten und der Baumart festgestellt werden?
- Kann der Einsatz von Düngemitteln in Zukunft empfohlen werden und welche Richtlinien sollten dafür eingehalten werden?

### 1.2 Aufbau

Im folgenden Theorieteil werden aktuelle Erkenntnisse und Praktiken in der Verwendung, Pflanzung und Bewirtschaftung von Bäumen vorgestellt. Die Düngung wird darin als Teil eines gesamten Bestandes- und Pflegemanagements betrachtet. Anschliessend wird die Ausgangslage an den verschiedenen Untersuchungsstandorten in Cham vorgestellt. Dabei werden die Standorte selbst, die verwendeten Substrate und gewählten Baumarten sowie Pflanzqualitäten vorgestellt. Im eigentlichen Hauptteil werden dann die Methodik und darauffolgend die Ergebnisse der Forschung beschrieben. In der Diskussion werden die Ergebnisse mit der aufgearbeiteten Theorie verglichen. Im abschliessenden Fazit werden die Forschungsfragen beantwortet und ein Ausblick auf weitere Forschungsthemen geschaffen.

## 2 Theorie

Die Düngung ist Bestandteil des Stadtbaummanagements und wird darin als Massnahme zur Verbesserung der Lebensbedingungen angesehen (Siewniak & Kusche, 2009). Um die Düngung als Massnahme in einen Kontext zu stellen, müssen die Hintergründe und Zusammenhänge rund um Bäume in der Stadt betrachtet werden.

Der Begriff Baummanagement wird in diesem Zusammenhang für die Bewirtschaftung von öffentlichen Bäumen verwendet. Auf einer höheren Ebene müssten nebst öffentlichen, auch alle privaten Bäume gezählt werden (engl. Urban Forestry). Der Einfluss von kommunalen Verwaltungsstellen auf diesen städtischen Gesamtbestand ist jedoch mehrheitlich gering. (Miller et al., 2015) Daher gelten die folgenden Erläuterungen zu Massnahmen lediglich für den öffentlichen Bestand, bewirtschaftet durch eine Verwaltung. Ziel eines erfolgreichen Baummanagements ist es, einen gesunden Bestand zu schaffen, zu schützen und zu erhalten. Dazu gehört nebst der eigentlichen Gesundheit der Bäume, deren verkehrstechnische Sicherheit. (Miller et al., 2015; Siewniak & Kusche, 2009)

Sehr eng verbunden mit dem Baummanagement ist die Baumpflege. Während das Management die gesamte Bewirtschaftung des Bestandes umfasst, widmet sich die Baumpflege dem Baum als Individuum. (Miller et al., 2015) Zum Management des Bestandes gehören nebst der Baumpflege auch dessen Planung und langfristige Sicherung. Zu Letzterem gehört ebenfalls die Sicherstellung ausreichender finanzieller Mittel für die Aufgaben des Managements.

In der vorliegenden Arbeit ist mit Baumpflege meist nur die Jungbaumpflege gemeint. Diese befasst sich mit Massnahmen, die getroffen werden, um einen einzelnen Baum an seinem neuen Standort zu etablieren. Wichtigste Aufgabe dabei ist der Wiederaufbau des Wurzelwerkes, welches durch die Entnahme in der Baumschule erheblich geschädigt wird (siehe Abs. 2.3). Sehr wichtig ist eine regelmässige und ausreichende Bewässerung über die ersten fünf bis zehn Standjahre. Düngung, Mulchen und Pflanzschnitt können als begleitenden Massnahmen zusätzlich miteinbezogen werden. (Plietzsch, 2017) Die Aspekte Planung, Boden, Pflanzenproduktion und auch die Pflanzung selbst haben einen grossen Einfluss auf die Pflege in den ersten Standjahren und dem damit verbundenen Anwachserefolg haben. Zu beachten ist, dass die Naturwissenschaften Physik, Chemie und Biologie ebenfalls sehr stark mit dem Thema verbunden sind. Um den Literaturüberblick kompakt zu halten, wird weitestgehend auf detaillierte, naturwissenschaftliche Ausführungen von Sachverhalten verzichtet.

### 2.1 Planung

Der Lebenszyklus von Stadtbäumen beginnt aus der Sicht des Baummanagement mit der Planung. Auf dieser Ebene erfolgen die Wahl der Baumart oder gar -sorte, des Substrats und des Standortes. Die Wahl der Baumart orientiert sich hauptsächlich an den zu erwartenden Umständen. Konkret heisst dies, dass in den nächsten Jahrzehnten mit grundlegenden Veränderungen des Klimas zu rechnen ist. Vor allem längere Trockenperioden und starke Niederschlagsereignisse werden zunehmen. Bäume, als langlebige Organismen, müssen dementsprechend diesen prognostizierten Zuständen standhalten können. Im Zuge diese Klimaveränderungen warnt Roloff (2019) zusätzlich vor einer verschärften Pathogen-Situation. Die milderen Herbst- und Wintermonate dürften die Ausbreitung von gebietsfremden Pathogenen beschleunigen, parallel dazu fördert Trockenstress die Anfälligkeit von Bäumen. Ergänzt werden diese klimatischen und pathologischen Kriterien durch ökonomische und gesundheitsrelevante Aspekte. Zu den ökonomischen Aspekten gehören der Aufwand der Baumpflege und der Arbeiten, die indirekt auf den Baum zurückzuführen sind (bspw. Laub- und Fruchtfall). Gesundheitsrelevant sind indes beim Menschen hervorgerufene, allergische Reaktionen.

Die Auswahl an möglichen Baumarten und -sorten unter Berücksichtigung dieser Aspekte ist stark regionsabhängig. Die Vereinigung Schweizerischer Stadtgärtnereien und Gartenbauämter (VSSG) richtet sich in ihrer Empfehlung an die GALK-Liste aus Deutschland (*Website VSSG AG Bäume*). Die Liste der deutschen Gartenamtsleiterkonferenz (kurz GALK) hat es sich zum Ziel gesetzt Erkenntnisse, Erfahrungen und wissenschaftliche Daten zu Bäumen in einer übersichtlichen Form darzustellen (*Straßenbaumliste*, o. J.). Sämtliche oben genannten Aspekte werden durch die Liste abgedeckt und machen sie daher zu einem wichtigen Planungsinstrument. Da Zukunftsbäume in den zu erwartenden Klimazonen gesucht werden, erübrigt sich «die ideologische Diskussion über einheimische und nicht einheimische Bäume in der Stadt» (Stünzi, 2020).

Die Wahl der Baumgröße erfolgt oftmals anhand von ästhetischen und sicherheitsrelevanten Kriterien. Im Endeffekt handelt es sich bei der Auswahl meist um verhältnismässig grosse Bäume. Aus der Perspektive der Jungbaumpflege, sind grosse Bäume jedoch nicht unbedingt die richtige Wahl. So belegen Struve et al. (2000) mit ihrem Versuch mit *Quercus robur*, dass die Ausfallrate bei Bäumen mit einem Stammdurchmesser von 16 Zentimetern bei 58% liegt. Keine Ausfälle im Beobachtungszeitraum gab es im Gegensatz dazu, bei Bäumen mit einem Durchmesser von 8 Zentimetern.

Zum Schluss ist anzumerken, dass Bäume oftmals Bestandteil eines übergeordneten Projekts sind. Aus dieser höheren Planungsebene gehen weitere kritische Faktoren, wie das verfügbare Wurzelvolumen, die Fläche der Baumscheibe sowie die umgebende Oberfläche, hervor. Zu beachten ist speziell auch die übergeordnete Leitungsplanung, welche das verfügbare Wurzelvolumen stark beeinflussen kann. (Hoppe et al., 2014; Stünzi, 2020)

## 2.2 Substrat und Bodeneigenschaften

Ist die Baumart bestimmt und die Wurzelgrube definiert, muss ein Substrat bestimmt werden. Der vorhandene Boden kann meist nur in Randbereich der Stadt an anspruchlosen Standorten verwendet werden. Mehrheitlich empfiehlt sich der Einsatz von zusammengemischten Substraten. Denn gerade im innerstädtischen Bereich sind die Anforderungen ein Substrat besonders hoch. Besonders wichtig ist dabei, dass Wasser gehalten werden kann, sich aber auch nicht anstaut. Zudem sind intakte und durchgängige Poren von hoher Priorität. (Schönfeld, 2017)

Die meisten in Deutschland und der Schweiz verwendeten Substrate sind Gemische aus gebrochenen Materialien vermisch mit Oberboden, Sand oder organischen Zusätzen. Durch die abgestufte Korngrößenverteilung ergeben sich, je nach Verhältnis, strukturstabile Substrate, die sich nur wenig verdichten. Falls Oberboden verwendet wird, wie dies beim Zürcher Baumsubstrat der Fall ist, muss dieser zuvor genau untersucht werden. Je nach Eigenschaften muss das Mischverhältnis zusammen mit den anderen Bestandteilen angepasst werden.

## 2.3 Produktion

Nebst den Bodeneigenschaften kann die Produktionsmethode einen beinahe so grossen Effekt auf das Wachstum haben, wie die Pflege nach dem Pflanzen und in den ersten Standjahren. Mit der Produktion ist indes die Zucht von Bäumen in einer privatwirtschaftlichen Baumschule oder einer in öffentlicher Hand gemeint. Hauptsächlich können dabei drei Methoden unterschieden werden: wurzelnackte Bäume aus dem Feld, ballierte Bäume aus dem Feld, Bäume in Containern.

Die höchste Chance auf eine gute Etablierung haben wurzelnackte Bäumen. Jedoch sind die Wurzeln beim Transport stark gefährdet, wobei nebst mechanischen Schäden die Austrocknung droht. Gegen die Austrocknung helfen Hydrogels, gegen mechanische Schäden ein sorgfältiger Umgang. (Allen et al., 2017) Aufgrund fehlender Feinwurzeln ist das Zeitfenster für Pflanzungen von wurzelnackten Bäumen stark beschränkt. Abhilfe kann das Missouri Kiesbettsystem schaffen. Bei diesem System werden wurzelnackte Bäume vor dem



Pflanzen in einem Substrat gebrochenem Gestein und organischer Substanz weitergezogen. Dies fördert die Ausprägung des Feinwurzelsystems, was den Zeitraum für das Pflanzen verlängern kann. (Allen et al., 2017; Bookhout, o. J.)

Im Feld gezogene, ballierte Bäume haben den grossen Nachteil, dass bei der Entnahme ein beachtlicher Teil der Wurzeln im Feld bleibt. Unter Umständen kann dies bis zu 95 Prozent der gesamten Wurzelmasse sein, ein Grossteil davon sind Feinwurzeln. (Allen et al., 2017) Zusammen mit dem Umstand, dass aus dem Feld meist grössere Bäume gepflanzt werden, führt dies zu tendenziell höheren Zahlen in der Mortalität. (Struve, 2009)

Container haben den Vorteil, dass Wurzelschäden beim Transport kaum vorkommen, dafür ist aber der Effekt von drehenden Wurzeln nicht zu unterschätzen. Dieser Effekt hat wiederum negative Einflüsse auf den Wasserhaushalt, die Nährstoffaufnahme sowie die Stabilität. Mit neuen Systemen (bspw. AirPot) können drehende Wurzeln jedoch je länger je mehr unterdrückt werden (Allen et al., 2017)

Trotz des Verlusts an Wurzeln werden Bäume besonders oft balliert verpflanzt. Dies weil sie gegenüber wurzelnackten Bäumen über einen längeren Zeitraum hinweg gepflanzt werden können. Die verbleibenden Wurzeln von ballierten Bäumen gelten zudem als gut ausgeprägt, im Vergleich zu Wurzeln aus einem Container. Dies führt unter anderem dazu, dass ballierte sowie wurzelnackte Bäume schneller anwachsen. Mit der Einführung von neuen Containersystemen, könnte diese Tatsache jedoch bald in Frage gestellt werden (Allen et al., 2017) Was sowohl bei Bäumen mit Ballen als auch mit Container beachtet werden sollte, ist das mitgelieferte Substrat. Darin können Pathogene und Altlasten mitgeliefert werden, was aus ökologischer Sicht zumindest bedenklich ist.

## 2.4 Pflanzung

Substrat, Pflanzenstandort und Pflanzqualität werden meist durch die Planung vorgegeben. In der Umsetzung können zwar nur wenige Fehler gemacht werden, diese können dem Baum das Leben aber massiv erschweren. Am wichtigsten ist das Einhalten der Pflanztiefe, wobei der Baum am Ende so tief stehen sollte, wie er in der Baumschule gestanden hat. Nach dem Pflanzen ist mit einem Absacken von 10 Zentimetern zu rechnen, dies muss beim Pflanzen bedacht werden (Lösken et al., 2016). Nicht zu vergessen ist zudem, dass Bäume beim Einsatz von Mulchschichten, vor allem bei organischem Material, noch höher gesetzt werden sollten. Daraus ergibt sich, dass Bäume allgemein eher zu hoch gepflanzt werden sollten als zu tief. Dies auch, weil die Auswirkungen bei zu hoher Pflanzung wesentlich weniger negativ ausfallen. (Jennerich, 2015)

Der Durchmesser des ausgehobenen Pflanzloches soll mindestens 1,5-mal dem Durchmesser des Wurzelballens entsprechen. Verschiedene, ausgehobene Bodenschichten sind getrennt zu lagern und in der bestehenden Reihenfolge einzubauen. Wenn Bäume aus Töpfen gepflanzt werden, sind die Wurzeln vor dem Setzen unbedingt anzuschlagen. So wird ein Wachstum des Wurzelvolumens gefördert. Wird auf das Anschlagen verzichtet, kann es vorkommen, dass Bäume «im Topf weiterwachsen». (Lösken et al., 2016)

Während der Pflanzung kann eine Startdüngung vorgenommen werden; die Empfehlungen der FLL erachten diese als notwendig. In den Empfehlungen ist zudem festgehalten, dass die Düngung ohne Analyse des Bodens erfolgt (anders als während der Jungbaumpflege vgl. Abs 2.5.2). Als Richtwert wird rund ein Gramm Stickstoff pro Centimeter Stammumfang angegeben. Der Kaligehalt ist im Idealfall gleich hoch angesetzt wie der Stickstoffanteil des Düngers. (Lösken et al., 2016)

## 2.5 Jungbaumpflege

Nach dem Anpflanzen beginnt die eigentliche Jungbaumpflege zu deren Massnahmen die Düngung zählen kann. Ziel der Jungbaumpflege ist es immer, den frisch gepflanzten Baum an seinem Standort zu etablieren. Die wichtigste und übergeordnete Aufgabe besteht darin, das verlorene oder fehlende Wurzelwerk des

Baumes möglichst schnell auszubilden (vgl. Abs. 2.3). In seinem Artikel im Jahrbuch der Baumpflege 2017 hält Plietzsch (2017) fest, dass einer ausreichenden Bewässerung der grösste Wert beizumessen sei. In seinem Vergleich der internationalen Literatur, untersucht er zudem die Themen Pflanzschnitt, Mulch und Düngung. Diese Massnahmen können eine positive Wirkung haben, denjenigen der Bewässerung jedoch nicht ersetzen. (Plietzsch, 2017)

### 2.5.1 Bewässerung

Wie oben eingeleitet wird die Bewässerung durch die gesamte Literatur, als wichtigste Massnahme während der Anwachsphase betrachtet (Cartmill et al., 2010; Ferrini & Baietto, 2006; Plietzsch, 2017). Die Bewässerung soll mehr oder weniger unabhängig von der Witterung erfolgen, daher wird von einer zusätzlichen Bewässerung gesprochen. In den ersten Standjahren ist zwischen April und September alle zwei Wochen eine durchdringende Bewässerung durchzuführen. Mit zunehmendem Alter können die Intervalle verlängert werden und schliesslich zwischen 10 und 20 Standjahren abgesetzt werden.

Herkömmlich wird bei der Pflanzung ein Giessring (auch Giessrand) aus Oberboden angelegt. Dieser muss bei der Abnahme dem Durchmesser des Wurzelballens entsprechen. Da die Bewässerung aber über 5 bis 10 Jahre hinweg fortgesetzt werden soll, muss dieser Durchmesser mit der Zeit ausgeweitet werden. Nebst dem klassischen Giessring stehen seit einigen Jahren Bewässerungsränder und Bewässerungssäcke zur Verfügung. Diese haben den Vorteil, dass pro Gang mehr Wasser zur Verfügung gestellt werden kann (Plietzsch, 2017). Bewässerungsränder haben einen höheren Randabschluss im Gegensatz zum Giessrand und sind aus Kunststoff oder Metall hergestellt. Die meisten Systeme können im Durchmesser mit geringem Aufwand erweitert werden. Bewässerungssäcke hingegen haben einen perforierten Boden wodurch dem Baum langsam und tröpfchenweise Wasser zugeführt wird. Gemäss Schneidewind (2020) bleibt der Boden unter den Säcken auch bei langanhaltenden Trockenperioden feucht. Als Nachteil ist anzuführen, dass Bewässerungssäcke im Durchmesser nicht erweitert werden können. Selbst nach einigen Standjahren kann also weiterhin nur der innerste Bereich der Wurzeln mit Wasser versorgt werden.

Im Gegensatz zu den genannten Methoden sind die sogenannten Baumbewässerungssets in Verruf geraten. Bewässerungssets bestehen aus perforierten Rohren, die um den Wurzelballen herum vergraben werden. Wird jedoch keine ausreichende Abdeckung für diese Rohre verwendet, kann das Bewässerungsset den gegenteiligen Effekt haben. Denn durch die nun zirkulierende Luft wird der Boden ausgetrocknet. (Plietzsch, 2017)

### 2.5.2 Dünger

Die Düngung ist, wie bereits erwähnt, als ergänzende Massnahme zu verstehen und sollte in jedem Fall nur bei Mangelerscheinungen angewandt werden. Mängel können visuell oder durch eine Analyse des Bodens oder der Blättern ermittelt werden. (Siewniak & Kusche, 2009, S. 135) Die Düngung richtet sich in der Folge nach dem Element, welches den Mangel hervorruft. Nebst einem Mangel kann eine Pflanze auch unter einem Nährstoffüberschuss leiden, der ebenso negative Konsequenzen hervorruft. (Bärtels & Bohne, 1995; Siewniak & Kusche, 2009) Daher der Schluss, dass von einer Düngung auf Vorrat abzusehen ist. Bäume sind des Weiteren weniger stark abhängig von einer Nährstoffzufuhr als einjährige Pflanzen. Ausdauernde Pflanzen haben die Möglichkeit, Nährstoffe im Organismus so zu bewegen, dass sie dort vorhanden sind, wo sie gebraucht werden. (Cole & Gessel, 1990)

Die Applikation von Dünger kann in flüssiger oder fester Form erfolgen, wobei Flüssigdünger in der Regel schneller verfügbar sind. Ausserdem sind mineralische und organische Dünger zu unterscheiden. Die mineralische Form ist dabei schneller, dafür weniger lange verfügbar. Organische Dünger, die langsamer verfügbar sind, müssen zuerst von Bodenlebewesen verarbeitet werden. (Siewniak & Kusche, 2009, S. 136) Die Applikation von Dünger kann unterschiedlich ausfallen, sehr gängig bei Bäumen ist das oberflächige

Ausbringen. Dabei ist zu beachten, dass unbedingt eine anschliessende Wässerung erfolgen muss. Weitere Möglichkeiten sind das Einbringen durch Löcher, die Blattapplikation, die Stamminjektion und die Düngung mittels Bewässerung. (Siewniak & Kusche, 2009)

Die erforderliche Nährstoffmenge ist stark von der Baumart, der Baumgrösse und von den Standortfaktoren abhängig. Verlässliche Daten zu den Nährstoffbedürfnissen nach Baumart sind jedoch nicht zu finden. Durchschnittswerte können allerdings anhand des Stammdurchmessers berechnet werden. (siehe Siewniak & Kusche, 2009, S. 137)

Lange Trockenperioden sorgen generell dafür, dass weniger Nährstoffe im Boden «vorhanden» sind. Grund dafür sind einerseits die abnehmende Aktivität von Bodenorganismen und andererseits die reduzierte Mobilität von Ionen im Boden. (Kreuzwieser & Gessler, 2010)

Nachfolgend sind die 15 benötigten Nährstoffe (aus dem Boden) kurz beschrieben. Die Makronährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg) und Schwefel (S) werden in vergleichsweise grosser Menge benötigt. Geringer ist hingegen der Bedarf an den Spurenelementen Eisen (Fe), Mangan (Mn), Kupfer (Cu), Zink (Zn), Molybdän (Mo) und Bor (B). (Bärtels & Bohne, 1995) Nicht speziell aufgeführt sind die Nährstoffe Kohlenstoff (C), Wasserstoff (H) und Sauerstoff (O), da diese flüchtigen oder gebundenen Elemente nicht Bestandteile von herkömmlichen Düngestoffen sind.

### *Stickstoff*

Stickstoff befindet sich in einer Pflanze hauptsächlich in den Proteinen, ist aber auch Bestandteil von Nucleinsäuren (DNS) und Chlorophyll. Auf Grund dieser zahlreichen Funktionen, macht Stickstoff einen grossen Teil der Trockenmasse aus. Ein Mangel macht sich meist durch ein Vergilben von älteren Pflanzenteilen bemerkbar. Die weitaus gravierenderen Folgen sind jedoch eine verringerte Leistung der Photosynthese und ein eingeschränktes Dicken- und Längenwachstum von Sprossachsen. Unter dem Boden bewirkt ein Stickstoffmangel die Ausbildung von langen, wenig verzweigten Wurzeln. Ein Überschuss hingegen führt zu einem allgemein verstärkten Längenwachstum, was zu langen, instabilen Sprossachsen führt und die Stabilität beeinträchtigt. (Bärtels & Bohne, 1995)

### *Phosphor*

Phosphor hat seine zentrale Rolle in der Energieübertragung innerhalb einer Pflanze. Entsprechend hemmt ein Mangel, ähnlich wie ein Stickstoffmangel, das Wachstum und führt zu einem verkahlen von Zweigen. Wie beim Mangel an Stickstoff bilden sich lange Wurzeln mit wenigen Verzweigungen aus. Ein Überschuss an Phosphor ist in Böden sehr selten, da Phosphat schlecht löslich ist. (Bärtels & Bohne, 1995)

### *Kalium*

Der Wasserhaushalt von Pflanzen wird durch eine ausreichende Kaliumversorgung mehrfach optimiert. Einerseits kann Wasser besser aufgenommen werden, andererseits wird es weniger gut abgegeben. Dies weil Kalium das osmotische Potential von Zellen senkt. Ein Mangel an Kalium zeichnet sich oft in Form von Blattchlorosen und -nekrosen bis hin zum Absterben von Blättern aus. Nach dem Absterben bleiben die Blätter an den Bäumen hängen. Negative Symptome einer Überversorgung mit Kalium sind nicht zu beobachten. (Bärtels & Bohne, 1995)

### *Schwefel*

Schwefel wird von Pflanzen mehrheitlich über die Luft aufgenommen und ist dort ausreichend vorhanden. Entsprechend sind Schwefelmängel äusserst selten. Als Nährstoff spielt Schwefel vor allem im Stoffwechsel

eine zentrale Rolle, ein Mangel würde zu ähnlichen Symptomen führen wie ein Stickstoffmangel. (Bärtels & Bohne, 1995)

### *Calcium*

Während Kalium das Wasser in der Pflanze hält, führt Calcium dazu, dass mehr Wasser abgegeben wird. Dies mit dem Ziel, Nährstoffe in der Pflanze und vor allem in den Wurzeln zu binden. Eine Überversorgung mit Calcium kann Welkeerscheinungen begünstigen, zudem führt ein Überschuss an Calcium zu einer schlechteren Versorgung mit Spurenelementen. (Bärtels & Bohne, 1995)

### *Magnesium*

Seine Hauptfunktion hat Magnesium im Chlorophyll und daher in der Photosynthese. Eine Mangel ist anhand von Aufhellungen im mittleren Blattbereich sichtbar. Betroffene Blätter fallen, im Gegensatz zum Kaliummangel, von der Triebbasis her ab. (Bärtels & Bohne, 1995)

### *Spurenelemente*

Spurennährstoffe machen nur einen kleinen Teil der Trockensubstanz einer Pflanze aus, haben aber gleichzeitig einen grossen Einfluss auf die physiologische Entwicklung. Ein Mangel an Eisen oder Mangan führt zum Beispiel zu einer Einstellung der Zellteilung, was sich in abgestorbenen Blatteilen und kurzen Wurzeln zeigt. Fehlt es an Zink, ist dies durch Kleinblättrigkeit und Kleinwüchsigkeit erkennbar. Ein Kupfermangel führt zum Verbleichen und zum Abfallen von Blättern, beginnend an der Triebspitze. Auch eine Unterversorgung mit Bor kann zur Rosettenbildung und zum Absterben von Triebspitzen führen. Bei Molybdän äussert sich ein Mangel ähnlich wie ein Stickstoffdefizit. (Bärtels & Bohne, 1995)

### 2.5.3 Weitere Massnahmen

Als weitere Massnahmen, nebst Bewässerung und Düngung, sind das Mulchen und Unterpflanzungen zu nennen. Beide Massnahmen haben den Schutz der Baumscheibe zum Ziel. Der Schutz soll sich vor allem in einem besseren Rückhalt der Feuchtigkeit und einer Abmilderung des Temperaturverlaufs zeigen. Organischen Mulchmaterial soll zudem die Bodenqualität durch Stärkung des Bodenlebens und Humusbildung verbessern. (Plietzsch, 2017)

Gerade organischem Mulchmaterial wird aber vor einem exzessiven Gebrauch gewarnt, vor allem rund um den Wurzelballen. So kann die Mulchschicht einen ähnlichen Effekt haben, wie das zu tiefe Pflanzen. Ausserdem kann die Menge an Wasser, die den Wurzelballen erreicht, besonders bei geringen Wassermengen kritisch verringern. (Plietzsch, 2017)

### 3 Versuchssperimeter

Cham ist bestrebt, sich «als lebenswerten und attraktiven Wohn- und Wirtschaftsstandort» zu entwickeln. Damit dürften die Bevölkerungszahl und die damit einhergehende Verdichtung in Cham laufend zunehmen. Auf der anderen Seite ist die Gemeinde bestrebt sich nachhaltig zu entwickeln und ist Träger des Energiestadt GOLD Labels. (Cham, o. J.)

Der Bereich Gartenbau und Friedhof wird von Markus Schuler geleitet, der nebenbei auch Mitglied der Arbeitsgruppe «Grünflächenmanagement» der VSSG ist. Für ihn hat der Erhalt eines intakten Stadtgrüns, unter Berücksichtigung von ökologischen Aspekten oberste Priorität. Eine angepasste und spezifische Pflege von Grünräumen und der Verzicht auf chemische Pflanzenschutzmittel sind daher selbstverständlich.

Die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit werden an 5 Standorten verteilt über die Gemeinde Cham durchgeführt (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1 Die fünf Versuchsstandorte: Brunnmatt, Sinslerstrasse, Rigistrasse, Bahnhof/Poststrasse, Mugerren-/Eichstrasse

#### 3.1 Klima

Der Kanton Zug gehört zur Grossregion Mittelland, grenzt aber gleichzeitig direkt an die Voralpen. Entsprechend kann im Sommer, ähnlich wie in den Voralpen, mit Niederschlägen und Unwettern gerechnet werden, auch wenn diese nicht so häufig und kräftig ausfallen wie beispielsweise in Luzern. Sowohl für das Mittelland wie auch für die Voralpen ist in Zukunft mit mehr Niederschlägen im Winter und trockeneren Sommermonaten zu rechnen. Auf das Mittelland bezogen ist zudem mit stark erhöhten Temperaturen (im Durchschnitt zwischen 1.8 und 3 °C) zu rechnen. Schäden durch Frost und Kälte dürften zwar abnehmen, dafür ist jedoch mit vermehrten kräftigen Unwetterereignissen zu rechnen. (NCCS, 2019)

Über die Standorte hinweg dürfte das Klima ungefähr ähnlich ausfallen. An allen Standorten ist der Grad von versiegelten Flächen ungefähr ähnlich hoch. Punktuell dürften jedoch vereinzelte Exemplare stärker exponiert sein als andere.

### 3.2 Standorte

In den folgenden Abschnitten sind die 5 Standorte genauer beschrieben. Vor allem technische Details der Baumgruben (siehe auch Anhang A) werden aufgezeigt, während genauere Beschreibungen zu den verwendeten Bäumen im nächsten Abschnitt folgen.

#### 3.2.1 Sinslerstrasse

Die Baumallee an der Sinslerstrasse wurde zusammen mit der Sanierung der Kantonsstrasse 25 im Jahr 2013 angelegt. Geplant wurde die Allee vom Büro Benedikt Stähli Landschaftsarchitekten in Zug/Cham. Insgesamt wurden 14 *Prunus avium* 'Plena' und 26 *Liquidambar styraciflua* 'Worplesdon' gepflanzt. Bis 2021 wurde 4 *P. avium* und 6 *L. styraciflua* ersetzt. Grund dafür war das Absterben der Bäume oder eine zu geringe Aussicht auf ein weiteres Überleben.

<b>Baumart</b>	Bezeichnung	<i>Liquidambar styraciflua</i> 'Worplesdon'
	Qualität	HUB 22-25
	Pflanzjahr	2013
<b>Abmessung Grube</b>	Länge	-
	Breite	1.5 m
	Tiefe	1 m
<b>Gruben verbunden?</b>		ja, längs
<b>Substrat Oberboden</b>	Mischung	50% Kulturerde 30% Kalkschotter 22/32 20% Blähton 8/16
	Mächtigkeit	0.6 m
<b>Substrat Unterboden</b>	Mischung	20% Kulturerde 60% Kalkschotter 40/63 20% Blähton 8/16
	Mächtigkeit	0.4m
<b>Baumscheibe</b>		Unterpflanzung mit Blumenwiese, dominiert von <i>Salvia pratensis</i>

Tabelle 1 Beschreibung Baumgrube *L. styraciflua* an der Sinslerstrasse

<b>Baumart</b>	Bezeichnung	<b><i>Prunus avium</i> 'Plena'</b>
	Qualität	HUB 22-25
	Pflanzjahr	2013
<b>Abmessung Grube</b>	Länge	2.8 m
	Breite	2.8 m
	Tiefe	1 m
<b>Gruben verbunden?</b>		nein
<b>Substrat Oberboden</b>	Mischung	50% Kulturerde 30% Kalkschotter 22/32 20% Blähton 8/16
	Mächtigkeit	0.6 m
<b>Substrat Unterboden</b>	Mischung	20% Kulturerde 60% Kalkschotter 40/63 20% Blähton 8/16
	Mächtigkeit	0.4m
<b>Baumscheibe</b>		Mit Betonplatten abgedeckt, Einlauf quadratisch (a=0.8m), Baum steht rund 0.2m unter dem Belagsniveau

Tabelle 2 Beschreibung Baumgrube *P. avium* an der Sinslerstrasse

### 3.2.2 Brunnmatt

Die Baumreihen links und rechts der Strasse in der Brunnmatt wurden 2004 angelegt. Von der Gemeinde werden nur die Bäume nördlich der Strasse bewirtschaftet. Von den ursprünglichen 26 Bäumen stehen heute noch 14 Stück. Die restlichen Bäume wurden 2013 (8 Bäume), 2015 (3 Bäume) und 2018 (1 Baum) ersetzt.

<b>Baumart</b>	Bezeichnung	<b><i>Fraxinus angustifolia</i> 'Raywood'</b>
	Qualität	-
	Pflanzjahr	2004
<b>Abmessung Grube</b>	Länge	1.5 m
	Breite	-
	Tiefe	1 m
<b>Gruben verbunden?</b>		ja, längs
<b>Substrat Oberboden</b>	Mischung	100% Kulturerde
	Mächtigkeit	0.6 m
<b>Substrat Unterboden</b>	Mischung	100% Wandkies 0/32
	Mächtigkeit	0.4m

**Baumscheibe**

Unterpflanzung mit Fettwiese

Tabelle 3 Beschreibung Baumgrube *F. angustifolia* in der Brunnmatt

## 3.2.3 Rigistrasse

An der Rigistrasse werden 25 Bäume der Art *Fraxinus angustifolia* 'Raywood' untersucht. Der nördliche Bestand (10 Bäume) wurde 2007 angelegt, wobei je ein Baum 2018 und 2021 ersetzt werden musste. Die restlichen 15 Bäume wurden 2010 gepflanzt, davon wurde 2018 ein Baum ersetzt.

<b>Baumart</b>	Bezeichnung	<b><i>Fraxinus angustifolia</i> 'Raywood'</b>
	Qualität	HUB 22/25
	Pflanzjahr	2007/2010
<b>Abmessung Grube</b>	Länge	2.8 m
	Breite	2.8 m
	Tiefe	1 m
<b>Gruben verbunden?</b>		nein
<b>Substrat Oberboden</b>	Mischung	50% Kulturerde 50% Kalkschotter 22/32
	Mächtigkeit	0.6 m
<b>Substrat Unterboden</b>	Mischung	20% Kulturerde 80% Kalkschotter 30/63
	Mächtigkeit	0.4m
<b>Baumscheibe</b>	Mit Betonplatten abgedeckt, Einlauf quadratisch (a=0.8m), Baum steht rund 0.2m unter dem Belagsniveau Nachträgliche Unterpflanzung mit <i>Geranium sanguinea</i> 'Rozanne'	

Tabelle 4 Beschreibung Baumgrube *F. angustifolia* an der Rigistrasse

## 3.2.4 Poststrasse

An der Poststrasse wurde eine durchgehende Baumgrube erstellt, welche nach den Pflanzen mit einer Pflasterung überdeckt wurde. Gepflanzt wurden die Bäume 2006 und 2008, wobei die beiden nördlichsten Bäume aus dem früheren Jahr sind.

Im Unterboden wurde, mit einer Mächtigkeit von 75 Zentimeter, ein Substrat namens Vulkatree SL 0/32 verbaut. Dabei handelt es sich um ein Substrat mit hoher Tragfähigkeit und Verdichtungsresistenz. Es wird aus verschiedenen, gebrochenen Vulkangesteinen (30-40%) und

<b>Baumart</b>	Bezeichnung	<b><i>Carpinus betulus</i> 'Fastigiata'</b>
	Qualität	-
	Pflanzjahr	2006/2008



<b>Abmessung Grube</b>	Länge	-
	Breite	2 m
	Tiefe	1 m
<b>Gruben verbunden?</b>		ja, längs
<b>Substrat Oberboden</b>	Mischung	Tragschicht für Pflasterung Hartsplitt (ohne Kalk) 2/8 Hartschotter 4/32
	Mächtigkeit	0.25 m
<b>Substrat Unterboden</b>	Mischung	100% Vulkatree SL 0/32 Mischung mit 10% Kulturerde, 20% Ziegelschrot 3/16 und 70% Schotter 32/64
	Mächtigkeit	0.75 m
<b>Baumscheibe</b>		Pflasterung bis hin zum Wurzelanlauf

Tabelle 5 Beschreibung Baumgrube *C. betulus* an der Poststrasse

### 3.2.5 Bahnhof

Die 5 Haselbäume wurden 2000 gepflanzt, wovon jedoch ein Baum 2009 ersetzt wurde. 3 Bäume, in direkter Nähe zum Bahnhofsgebäude, stehen direkt in einer Pflasterung stehen. Die beiden weiteren Exemplare sind in Baumgruben, ähnlich derjenigen an der Rigistrasse, gepflanzt.

<b>Baumart</b>	Bezeichnung	<i>Corylus colurna</i>
	Qualität	HUB 22/25
	Pflanzjahr	2007/2010
<b>Abmessung Grube</b>	Länge	2 m
	Breite	2 m
	Tiefe	1 m
<b>Gruben verbunden?</b>		nein
<b>Substrat Oberboden</b>	Mischung	50% Kulturerde 50% Kalkschotter 22/32
	Mächtigkeit	0.6 m
<b>Substrat Unterboden</b>	Mischung	20% Kulturerde 80% Kalkschotter 30/63
	Mächtigkeit	0.4 m
<b>Baumscheibe</b>		Unterschiedlich: mehrheitlich überdeckt mit Platten/Pflasterung bis zum Wurzelanlauf

Tabelle 6 Beschreibung Baumgrube *C. colurna* am Bahnhof

### 3.2.6 Mugerren- und Eichstrasse

An der Mugerren- und der Eichstrasse wurde dieselbe Substratmischung und derselbe Aufbau verwendet, wie an der Sinslerstrasse (Baumgruben *L. styraciflua*). Untersucht wurden 4 Haselbäume an der Mugerrenstrasse und ein weiterer an der Eichstrasse.

<b>Baumart</b>	Bezeichnung	<i>Corylus colurna</i>
	Qualität	HUB 22/25
	Pflanzjahr	2007/2010
<b>Abmessung Grube</b>	Länge	2 m
	Breite	2 m
	Tiefe	1 m
<b>Gruben verbunden?</b>		nein
<b>Substrat Oberboden</b>	Mischung	50% Kulturerde 50% Kalkschotter 22/32
	Mächtigkeit	0.6 m
<b>Substrat Unterboden</b>	Mischung	20% Kulturerde 80% Kalkschotter 30/63
	Mächtigkeit	0.4 m
<b>Baumscheibe</b>		Verschiedene Unterpflanzungen mit <i>Rosa sp.</i> , <i>Rosmarinus officinalis</i> , <i>Lavandula sp.</i> und weiteren Pflanzen

Tabelle 7 Beschreibung Baumgrube *C. colurna* an der Mugerren- und Eichstrasse

### 3.3 Baumarten

Die Untersuchung betrachtet 5 Baumarten, welche in verschiedener Anzahl an den 5 Standorten gepflanzt sind (siehe Tabelle 8). In der Tabelle sind auch die Pflanzjahre ersichtlich. Die meisten Bestände sind verhältnismässig jung, trotzdem mussten von fast allen Arten schon Bäume ersetzt werden. Ausgeschlossen aus der Untersuchung sind Bäume an der Sinser- und der Rigistrasse, die 2021 ersetzt wurden. Gemäss GALK-Liste sind *C. colurna*, *F. angustifolia* 'Raywood' und *Prunus avium* 'Plena' stadtklimatauglich, *L. styraciflua* 'Worplesdon' befindet sich im Gegensatz dazu noch im Test. *C. betulus* 'Fastigiata' ist für den städtischen Gebrauch ebenso verwendbar, reagiert aber empfindlich auf Verdichtung.

Baumart	Standort	n	Pflanzjahr	Ersatzpflanzungen
<i>Carpinus betulus</i> 'Fastigiata'	Bahnhof	3	1995	
	Poststrasse	6	2006/2008	-
<i>Corylus colurna</i>	Bahnhof	5	2000	2009
	Mugerenstrasse	5	2000	-
	Eichstrasse	1	2000	-
<i>Fraxinus angustifolia</i> 'Raywood'	Brunnmatt	26	2008	2013/2015/ 2018
	Rigistrasse	25	2007/2010	2018/2021
<i>Liquidambar styraciflua</i> 'Worplesdon'	Sinserstrasse	20	2013	2021
<i>Prunus avium</i> 'Plena'	Sinserstrasse	10	2013	2021

Tabelle 8 Verteilung der Untersuchungsbäume nach Art, Standort und Pflanzjahr

Nachfolgend werden die untersuchten Baumarten kurz beschrieben. Zu beachten ist, dass vor allem das natürliche Verbreitungsgebiet und die wichtigsten Eigenschaften für den Einsatz in urbanen Gebieten betrachtet werden. Weitere (botanische) Eigenschaften werden vernachlässigt, da sie auf die Untersuchung einen zu geringen Einfluss haben.

#### 3.3.1 *Fraxinus angustifolia* 'Raywood'

Die schmalblättrige Esche hat ihre Hauptverbreitung im Mittelmeerraum und im Balkan. Zu finden ist sie meist als Bestandteil von Auenwäldern, wobei sie sehr dominant auftreten kann. Kann sich die Eschenart als Pionierart an einem neuen Standort etablieren, können auch reine Bestände vorkommen. Am wohlsten fühlt sich die Art auf feuchten oder wechselfeuchten, basischen Böden, sie ist allerdings auch sehr trockenresistent (Caudullo & Durrant, 2016). Gemäss GALK Liste ist bei der schmalblättrigen Esche kein Triebsterben durch die Pilzerkrankung *Chalara fraxinea* zu beobachten (*GALK Straßenbaumliste*, o. J.).

#### 3.3.2 *Liquidambar styraciflua* 'Worplesdon'

Beim Amberbaum handelt es sich um einen Grossbaum aus den Mischwäldern Nord- und Mittelamerikas. Das weite Verbreitungsgebiet führt zur Ausprägung von unterschiedlichen Provenienzen mit unterschiedlich

ausgeprägten Eigenschaften, wie beispielsweise der Frosttoleranz. Amberbäume bevorzugen nährstoffreiche, feuchte und eher saure Böden, tolerieren aber grundsätzlich eine breite Palette von Bodentypen. Die Eigenschaft, Trockenperioden von bis zu 6 Monaten aushalten zu können, macht den Amberbaum zu einer beliebten Baumart im urbanen Raum. Auch die natürlich, schmal ausgeprägte Krone trägt vermutlich zu diesem Umstand bei (Orwa et al., 2009). Bei der Sorte 'Worplesdon' handelt es sich um eine englische Selektion, welche Kälte und Nässe besser verträgt als die Art (*GALK Straßenbaumliste*, o. J.). Trotz der breiten Standortamplitude ist darauf zu achten, dass Böden nicht zu nährstoffarm oder kalkreich ausfallen. Diese Umstände können zu einem unbefriedigenden Wachstum führen (galasearch, o. J.).

### 3.3.3 *Prunus avium* 'Plena'

Die Vogel-Kirsche ist in ganz Europa verbreitet und kommt auch in Schweizer Wäldern flächendeckend vor. Sie bevorzugt basenreiche, frische Standorte mit mässigem Nährstoffangebot. Die Art selbst ist allerdings als Stadtbaum eher ungeeignet, da sie verdichtete Böden nicht aushält. Die Sorte 'Plena' hat im Gegensatz zur Art gefüllte Blüten und kommt ist wesentlich stadtklimaverträglicher (galasearch, o. J.). Wie die Art ist auch die Sorte 'Plena' anfällig auf die Krankheiten Schrotschuss (*Wilsonomyces carpophilus*) und Monilia (*Monilia sp.*). Ausserdem wird sie von Gespinstmotten (*Yponomeutidae*) befallen, wobei gestresste Exemplare stärker befallen sein dürften (*GALK Straßenbaumliste*, o. J.). Die Datenbank citree hält zudem fest, dass die Toleranz gegenüber Strassensalz nur gering ausgeprägt ist, ebenso wie die Toleranz gegenüber Bodenverdichtung (citree, 2015).

### 3.3.4 *Corylus colurna*

Der Baumhasel ist ein mittelgrosser Baum, der in Laubmischwäldern im Gebirge anzutreffen ist. Beheimatet ist er vom Balkan über den Kaukasus bis in die nordiranischen Gebirgsregionen. In mehreren südöstlichen und östlichen europäischen Staaten tritt er zunehmend als Neophyt auf. Da der Baumhasel sowohl Frost als auch Wärme und Trockenheit erträgt, ist er eine gefragte Art für den Einsatz im städtischen Bereich. Staunässe gilt es bei der Verwendung hingegen zwingend zu vermeiden, da die Art natürlicherweise auf skelett- und basenreichen Böden wächst (galasearch, o. J.). In der GALK Liste wird festgehalten, dass gewisse Astpartien oder gar ganze Bäume sehr plötzlich Absterben können. Dann sind Sicherheitsschnitte oder ein Ersatz notwendig (*GALK Straßenbaumliste*, o. J.). Ähnlich wie die Vogel-Kirsche hat der Baumhasel nur eine schwache Salzverträglichkeit, hinzu kommt eine Anfälligkeit auf Schäden durch Spätfrost (citree, 2015).

### 3.3.5 *Carpinus betulus* 'Fastigiata'

Die Hainbuche ist in Europa weit verbreitet und auch in der Schweiz heimisch und häufig zu finden. Die Art hat eine breite Standortamplitude und grundsätzlich nur wenige Ansprüche. In der Natur ist sie oftmals in Eichenwäldern zu finden oder an Standorten, welche für die Rot-Buche zu trocken oder zu nass sind. Im gärtnerischen Bereich wird die Hainbuche oftmals für Hecken verwendet, da sie sehr schnittverträglich ist. Als Baum ist die Art selbst nur mässig an die Stadt angepasst, da sie kaum hitze- und nur mässig trocken-tolerant ist. Die Sorte 'Fastigiata' hingegen, die sich durch eine schmale, säulenartige Krone auszeichnet, ist zumindest bezüglich Trockenheit toleranter (galasearch, o. J.). So wird die Sorte 'Fastigiata' in der GALK Liste als geeignet bezeichnet – die Art hingegen als ungeeignet (*GALK Straßenbaumliste*, o. J.). Auch die Hainbuche zählt zu den Stadtbaumarten, welche Strassensalz kaum tolerieren. Fast schon ein Ausschlusskriterium, zumindest für zentrale Standorte, ist die schwache Verträglichkeit von Hitze (citree, 2015).

### 3.4 Dünger

Verwendet wurden die beiden organischen Festdünger Oscarna Rasaflor 8-4-5 und Oscarna Bodenaktivator 3-2-0.5 produziert von Otto Hauenstein Samen (OHS). Gemäss Herstellerangaben eignet sich der Oscarna Bodenaktivator 3-2-0.5 (N-P-K) zur Belebung und Regenerierung von Böden. Dies vor allem durch den hohen Anteil an organischer Substanz. Zudem sind im Dünger zahlreiche Spurenelemente, Humusbildner, Algenkalk und Tonminerale enthalten. Der Algenkalk ist speziell zu erwähnen, da er für eine Stabilisation des pH-Wertes sorgen soll. Der Dünger wurde in Zusammenarbeit mit der Forschungsinstitution für biologische Landwirtschaft (FiBL) entwickelt und wird seit 30 Jahren eingesetzt. Einsatzgebiet des Düngers ist grundsätzlich Rasen, gemäss OHS eignet er sich aber als Startschub bei Neupflanzungen.

Oscarna Rasaflor 8-4-5 (N-P-K) ist ein Sofort- und Langzeitdünger, der zur Düngung (und dem Erhalt) von üppigen Rasenflächen eingesetzt wird. Wie der Aktivator wurde Rasaflor in Zusammenarbeit mit dem FiBL entwickelt. Im Gegensatz zum Aktivator sind im Rasaflor die Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium in höheren Anteilen vorhanden.

Der Dünger wurde jeweils im Frühjahr vor der Wachstumsperiode und im Herbst nach dem Laubfall ausgebracht. Verantwortlich dafür war OHS-Vertreter Markus Schuler, der den Dünger je nach Standort vermischt und oberflächlich appliziert hat. Über den gesamten Perimeter hinweg wurden 5 verschiedene Mischungen resp. Mengen ausgebracht (siehe Tabelle 9).

Aktivator [g]	Rasaflor [g]	n	Baumart
0	500	3	<i>Corylus colurna</i>
500	0	1	<i>Carpinus betulus</i> 'Fastigiata'
		3	<i>Fraxinus angustifolia</i> 'Raywood'
		2	<i>Liquidambar styraciflua</i> 'Worplesdon'
500	500	1	<i>Corylus colurna</i>
		4	<i>Prunus avium</i> 'Plena'
		5	<i>Fraxinus angustifolia</i> 'Raywood'
1000	0	1	<i>Carpinus betulus</i> 'Fastigiata'
		2	<i>Corylus colurna</i>
1000	1000	1	<i>Corylus colurna</i>
		1	<i>Fraxinus angustifolia</i> 'Raywood'
		<b>24</b>	<b>Total</b>
		2	<i>Carpinus betulus</i> 'Fastigiata'
		7	<i>Corylus colurna</i>
		9	<i>Fraxinus angustifolia</i> 'Raywood'
		2	<i>Liquidambar styraciflua</i> 'Worplesdon'
		4	<i>Prunus avium</i> 'Plena'

Tabelle 9 Zusammenstellung der gedüngten Bäume nach Baumart

## 4 Methoden und Material

Zusätzlich zur eingeleiteten, praktischen Forschung in Cham, war eine umfangreiche Suche nach Berichten aus der Forschung notwendig. Neben Hinweisen zum Nährstoffbedarf und zur Nährstoffaufnahme, wurden aktuelle Erkenntnisse rund um das Baummanagement und die Baumpflege miteinbezogen. Die Ergebnisse dieser Recherche sind Grundlage der Arbeit (siehe Abs. 2) und dienen der abschliessenden Einschätzung der Ergebnisse (siehe Abs. 6). Die Informationen zum Versuchssperimeter in Kapitel 3 hat Markus Schuler aus seinen Unterlagen zusammengetragen und beigesteuert. In Cham wurden dann zuerst die Böden und anschliessend mit Beginn der Vegetationsperiode die Bäume analysiert. In den folgenden Abschnitten werden die verwendeten Methoden dazu genauer beschrieben.

### 4.1 Bodenproben

Die Bodenproben konnten bereits im Frühjahr entnommen und ausgewertet werden. Der beschränkte Zeitraum der Forschung trug zur Wahl dieses Vorgehens bei. Schliesslich hätten die Nährstoffwerte auch anhand von Blattanalysen ermittelt werden können, was jedoch erst im Frühsommer möglich gewesen wäre. Ein weiterer Punkt, welcher für die die Bodenproben sprach, war die Möglichkeit zur vollständigen Einschätzung der Bodeneigenschaften. Die zusätzliche Auswertung der physikalischen Eigenschaften an einigen Standorten ermöglichte genauere Einschätzungen in der Diskussion. Ausgewertet wurden die chemischen und die physikalischen Eigenschaften im Bodenlabor von Jardin Suisse in Aarau. Die Kosten dafür hat die Gemeinde Cham übernommen.

#### *Chemische Bodenuntersuchung*

Auf den Versuchsstandorten Brunnmatt und Sinslerstrasse (siehe Abbildung 1) wurden insgesamt 8 Bodenproben für eine chemische Analyse entnommen. Gemäss den Anweisungen des Bodenlabors von Jardin Suisse wurden die Proben an unterschiedlichen Punkten der Baumscheibe in Tiefen von 10 bis 60 Zentimetern entnommen. Damit die Proben im Bodenlabor untersucht werden konnten, mussten jeweils mindestens 3 Liter Probematerial zur Verfügung gestellt werden. (Jardin Suisse, o. J.) Die Standorte wurden indes so gewählt, dass jeweils gedüngte und ungedüngte Standorte verglichen werden konnten. Da meist zahlreiche Bäume für die Nullprobe zur Verfügung standen, wurden diese Proben jeweils über mehrere Bäume hinweg entnommen und gemischt.

In den erhaltenen Berichten sind die wichtigsten chemischen Bodenwerte aufgelistet. Darin sind die Mengen an Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium und Calcium ersichtlich. Zusätzlich wurde der Humusgehalt ausgewertet und die Bodenart eingeschätzt (zwischen sandig und tonig). Mit der elektrischen Leitfähigkeit können Rückschlüsse auf den Salzgehalt im Boden geschlossen werden und der pH-Wert beurteilt den Säure-/Basecharakter.

#### *Physikalische Bodenuntersuchung*

Zusätzliche Material, entnommen mit den oben beschriebenen Proben, wurde pro Baumart und Standort zusammengemischt. So konnten zwei Proben mit den erforderlichen 12 Litern Material zur physikalischen Untersuchung eingereicht werden (Jardin Suisse, o. J.). Die höheren Kosten der physikalischen Analysen bewirkten, dass die Anzahl Proben klein gehalten wurde.

Die Resultate umfassen die Korngrößenverteilung und das Porenvolumen des Substrats. Das Porenvolumen kann weiter in Luft- und Wasserporenvolumen unterteilt werden. Bei den Korngrößen werden die Fraktionen unter 10, unter 4 und unter 2 Millimetern angegeben, zudem die Tonfraktion mit Durchmessern unter 0.063 Millimetern. Für die Forschungsarbeit weniger relevant sind hingegen die Werte zum Volumengewicht. Die

genannten Resultate stehen für die beiden unterschiedlichen Baumgruben an der Sinslerstrasse (vgl. Abs. 3.2.1) zur Verfügung.

## 4.2 Bonitur

Als Parameter für den Erfolg einer Düngung wurden ein stärkeres Wachstum und eine gesteigerte Vitalität festgelegt. Für die Abschätzung des Wachstums wurde der Brusthöhenumfang, die Baumhöhe und der Kronendurchmesser gemessen. Mit dem zusätzlich gemessenen Kronenansatz konnte daraus zudem das Kronenvolumen ermittelt werden. Während der Brusthöhenumfang und der Kronendurchmesser mit einem einfachen Messband erfasst werden konnten, musste die Höhe mit einem Baumhöhenmesser (Marke: suunto) ermittelt werden. Nicht gemessen wurde der Triebgrößenzuwachs, was auf den erhöhten Materialaufwand (Leitern, Transportkorb) zurückzuführen ist. Da keine datierten Messwerte der genannten Parameter vorhanden waren, konnte das Wachstum (der Zuwachs) per se nicht beurteilt werden. Der ähnliche Zeitpunkt der Pflanzung an den Standorten ermöglichte einen artabhängigen Vergleich des Ist-Zustandes.

Während die obigen Parameter gemessen werden konnte, ist die gesamte Vitalität eines Baumes eher schwer einzuschätzen. Aus der Literatur geht hervor, dass visuelle Bewertungsmethoden ein gutes (wenn auch grobes) Mass zur Einschätzung der Vitalität sind. (Callow et al., 2018; Johnstone et al., 2013) Als wichtige Indikatoren können dabei die Kronenvitalität und die Kronentransparenz betrachtet werden (Dobbertin, 2005). Im Zuge der vorliegenden Forschungsarbeit wurde daher die Kronenvitalität wurde nach Roloff eingeschätzt (Roloff, 2015a). Zusätzlich wurden weitere visuelle Parameter, wie die Kronentransparenz, abgestorbene Äste und Triebe eingeschätzt. Ebenfalls wurde aufgenommen, ob der Wurzelanlauf sichtbar ist, ob Stammaustriebe vorhanden sind und ob Stammschäden sichtbar sind.

Im Frühjahr wurde zudem der Zeitpunkt des Austriebs kontrolliert, da bei gesunden Bäumen generell eine längere Wachstumsperiode festzustellen ist. Diese Verlängerung ist aber meist auf einen späteren Abwurf des Laubes im Herbst zurückzuführen (Plietzsch, 2017). Der Untersuchungszeitraum umfasste jedoch den Abwurfzeitpunkt nicht.

## 4.3 Auswertung

Anhand der gesammelten Daten konnten nun Unterschiede zwischen Nullproben und gedüngten Bäumen mittels statistischer Tests untersucht werden. Mehrheitlich kamen dabei der T- und der Wilcoxon-Test zur Anwendung, beide Tests werden zur Untersuchung von metrischen Daten verwendet. Für den T-Test müssen die beiden Datengruppen normalverteilt sein; für den Wilcoxon-Test gilt diese Einschränkung nicht. Für einige weitere Analysen wurde zudem eine zwei- oder mehrfaktorielle ANOVA verwendet. Für die Testwahl wurden die Daten vor der Auswertung auf ihre Normalverteilung und die Verteilung der Varianzen hin geprüft. Durchgeführt wurden die Tests mit dem Statistik Programm «R» in der Anwendung «R-Studio».

Die Resultate dieser quantitativen Untersuchung sind im folgenden Kapitel graphisch dargestellt. In der anschließenden Diskussion folgt die Interpretation dieser Auswertungen, wobei die Daten auch ausserhalb des statistischen Rahmens eingeschätzt wurden. Grund dafür war, dass die erhobenen Bäume im Versuchssperimeter (vgl. Tabelle 8) eine verhältnismässig kleine Stichprobe ergaben. Dies führte dazu, dass die Daten teilweise in kleineren Stichproben oder als Individuum mit der recherchierten Literatur verglichen werden mussten.

## 5 Ergebnisse

Die folgenden Abschnitte zeigen die Auswertung der erhobenen Daten anhand der oben beschriebenen Auswertungsmethoden. Im ersten Abschnitt sind die wichtigsten Parameter der physikalischen Bodenuntersuchung dargestellt. Darauf folgen die Daten der chemischen Analysen in zusammengefasster und in vergleichender Form. Abschliessend werden dann die erhobenen Wachstums- und Vitalitätsparameter auf einen Zusammenhang mit der verabreichten Düngung untersucht. Rückschlüsse auf die dargestellten und erkennbaren Sachverhalte werden in der anschliessenden Diskussion in Kapitel 6 geliefert.

### 5.1 Physikalische Bodenuntersuchung

Tabelle 10 zeigt die wichtigsten Parameter der physikalischen Bodenuntersuchung im Vergleich. Viel wichtiger als die Unterschiede zwischen den beiden Proben sind die Erkenntnisse, welche sich in die Ergebnisse interpretieren lassen (siehe Abs. 6.1). Die Darstellung der Parameter im Boxplot-Format ergibt sich daraus, dass jede Probe dreifach auf die ausgewählten Parameter untersucht wurde.

<b>Parameter</b>	<b>Einheit</b>	<b>Mittelwert <i>L. styraciflua</i></b>	<b>Mittelwert <i>P. avium</i></b>
Anteil an Fraktion d<10mm	Masse %	50.2	41.7
Anteil an Fraktion d<4mm	Masse %	46.5	36.9
Anteil an Fraktion d<2mm	Masse %	34.6	36.0
Anteil an Ton und Schluff d<0.063mm	Masse %	22.0	22.7
Volumengewicht feldfeucht	g/cm <sup>3</sup>	1.7	1.7
Luftkapazität bei maximaler Wasserkapazität	Volumen %	0	3.4
Maximale Wasserkapazität	Volumen %	38.4	42.5
Gesamtes Porenvolumen	Volumen %	38.4	45.9

Tabelle 10 Zusammenstellung der wichtigsten Parameter als Mittelwert der jeweils 3 Untersuchungen pro Probe



## 5.2 Chemische Bodenuntersuchung

Die nachstehende Abbildung 3 zeigt alle Parameter der chemischen Untersuchung in Form von Boxplots. Dabei werden die Nullproben und die gedüngten Proben zusammengefasst. Wichtig für die Interpretation sind die Bandbreiten der Boxplots, je enger die Bandbreite, desto weniger Erfolg hat eine Düngung erwirkt. In Abbildung 4 werden die Proben dann getrennt nach Düngung dargestellt. So können Unterschiede visuell erkannt werden. In beiden Grafiken sind Grenzwerte, welche Jardin Suisse mit den Ergebnissen liefert, als rote Linien eingetragen.

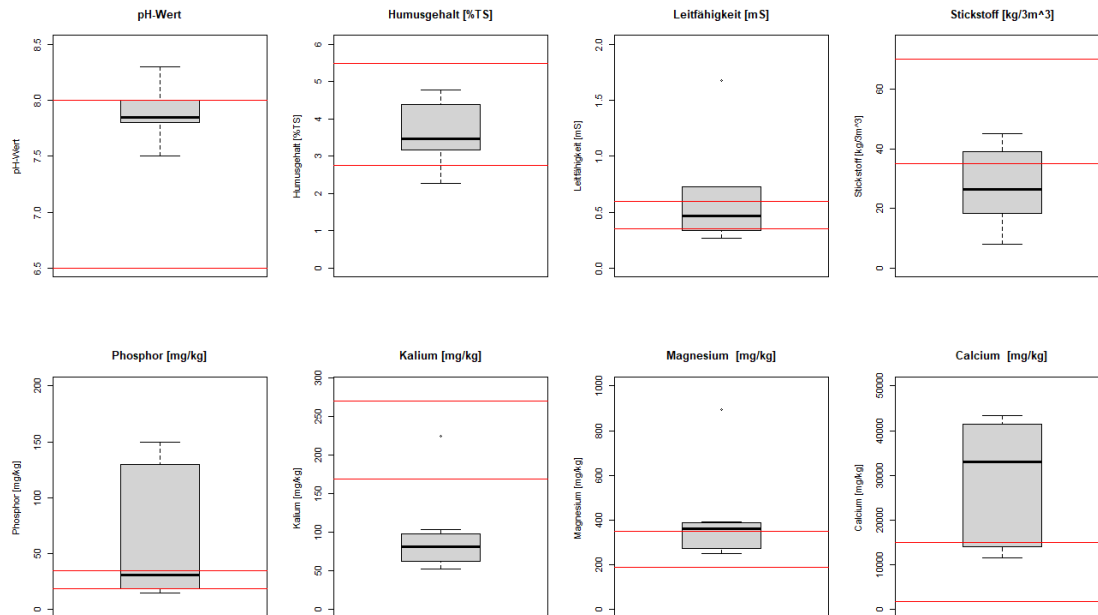


Abbildung 2 Resultate der chemischen Bodenuntersuchung in der Übersicht (rote Linien entsprechen den empfohlenen Grenzwerten)

Erkennbar ist in der oberen Abbildung die schmale Bandbreite der Kalium- und Magnesiumwerte. Im Gegensatz dazu bewegen sich die Phosphor- und Calciumwerte in einem sehr breiten Fenster. Ebenfalls in einem sehr engen Spektrum zwischen 7.5 und 8 liegt der pH-Wert.

Weiter ist erkennbar, dass sich die Kalium- und Stickstoffwerte weitestgehend unterhalb der Grenzwerte bewegen, im Gegensatz dazu sind die Phosphorwerte gelegentlich und die Calciumwerte mehrheitlich zu oberhalb der Grenzwerte.

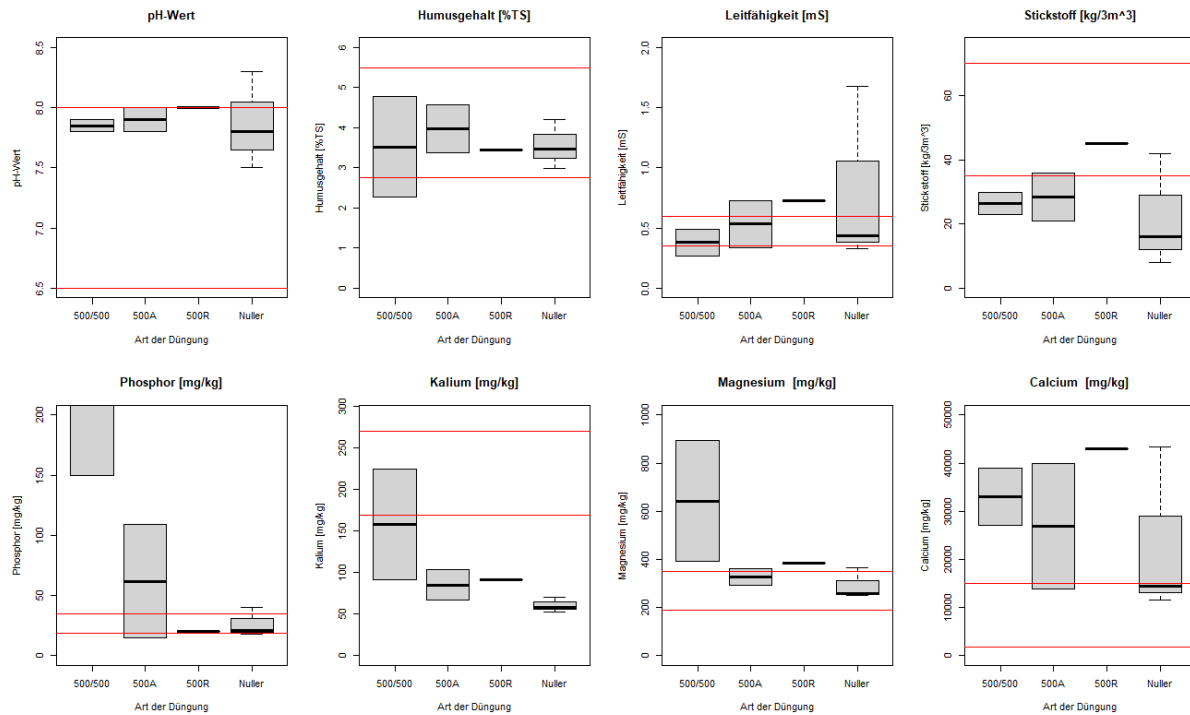


Abbildung 3 Resultate der chemischen Bodenuntersuchung nach Düngegaben (rote Linien entsprechen den empfohlenen Grenzwerten)

Abbildung 3 zeigt den Unterschied zwischen den verschiedenen Dünungspraktiken. Zu erkennen ist, dass vor allem die Düngung mit 500 Gramm Aktivator und 500 Gramm Rasaflor einzelne Werte anzuheben vermag. Dies betrifft den Magnesium- und den Kaliumwert sowie in erheblich grösserem Ausmass den Phosphorwert. Trotz dem höheren Kaliumwert erreichen auch die gedüngten Bäume nur knapp den unteren Schwellwert. Die Stickstoff- und Calciumwerte sind vom Dünger kaum betroffen.

Ebenfalls zeigt die Grafik, dass auch die Abgabe von nur einem Dünger zu leicht erhöhten Nährstoffwerten führen kann. Der Aktivator vermag die Werte jedoch nur gering anzuheben. Bei der Probe von 500 Gramm Rasaflor ist nur ein Balken erkennbar, da nur eine Probe mit dieser Düngung eingereicht wurde.

Für die Nuller-Messwerte konnte keine Normalverteilung festgestellt werden, dafür aber für die zusammengefassten gedüngten Proben ( $p < 5\%$ ). Für die Düngeproben im Einzelnen kann die Normalverteilung nicht geprüft werden, da die Stichproben zu klein sind. Mit dem folglich verwendeten Wilcoxon-Test lassen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen gedüngten und ungedüngten Standorten ausmachen (bei allen Parametern  $p > 5\%$ ).

### 5.3 Bonitur

Die Bonitur lässt sich grob nach Parametern für die Vitalität und für das Wachstum unterscheiden. Auf den folgenden Seiten wird zuerst die Vitalität ausgewertet, erst im Anschluss daran folgen die Wachstumsparameter, bevor abschliessend die Daten zum Austriebszeitpunkt dargestellt werden.

#### Zusammenhang zwischen Düngung und Vitalität

Es konnte festgestellt werden, dass die gedüngten Bäume im Mittel etwas vitaler sind als die ungedüngten Bäumen. Diese Beobachtung kann unabhängig von der verabreichten Düngermenge gemacht werden. Der Unterschied ist jedoch für jede Düngemenge zu klein, um gemäss T-Test signifikant zu sein. Auch wenn man den Test nach Baumart und Düngemenge durchführt, sind keine statistischen Unterschiede festzustellen.

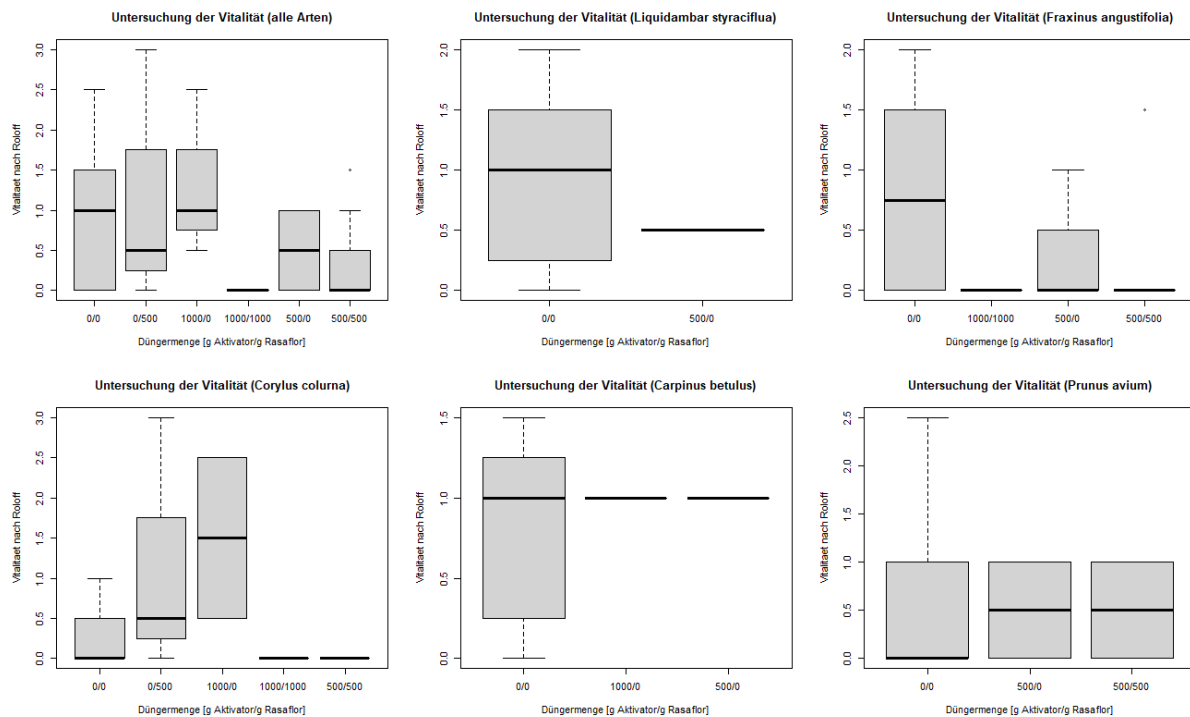


Abbildung 4 Verteilung der Vitalität nach Art und Menge der Düngung

Bei der optischen Betrachtung nach Baumart erscheinen die Unterschiede bei *F. angustifolia* am grössten. Kleiner ist der Unterschied bei *L. styraciflua* – bei allen anderen Arten ist kein positiver Effekt festzustellen. Im Gegenteil kann eher von einem negativen Effekt gesprochen werden, vor allem bei *C. colurna*.

### Zusammenhang zwischen Düngung und Stammdurchmesser

Mit dem Wilcoxon-Test konnte kein signifikanter Unterschied zu Gunsten der gedüngten Bäume ausgemacht werden ( $p=0.59$ ). Weder eine zweifaktorielle Analyse nach Düngung und Art, noch eine nach Düngung und Pflanzjahr, können einen signifikanten Unterschiede ausmachen ( $p=0.64$  und  $p=0.16$ ).

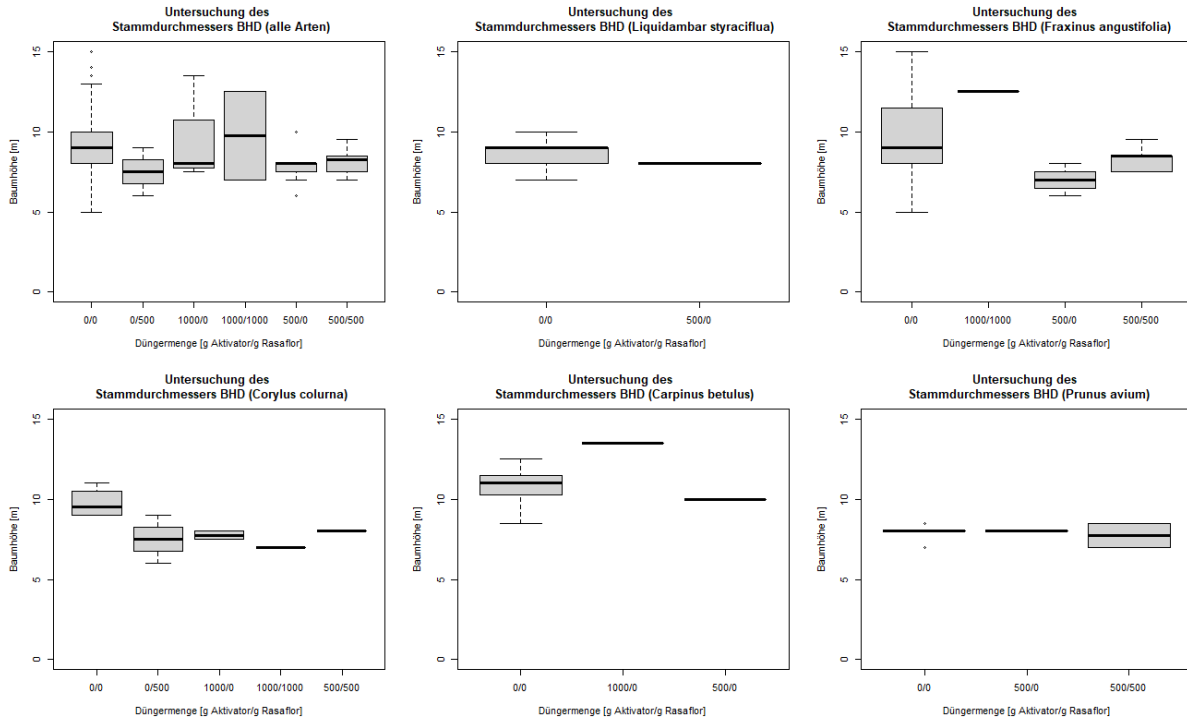


Abbildung 5 Verteilung des Stammdurchmessers nach Art und Menge der Düngung

Der Überblick zeigt, dass gedüngte Bäume tendenziell einen grösseren Durchmesser haben können, jedoch lässt sich der Unterschied nicht statistisch belegen. Erkennbar ist zudem, dass die Unterschiede sehr minimal ausfallen und bei *C. colurna* und *F. angustifolia* teilweise gegen eine Düngung sprechen.

### Zusammenhang zwischen Düngung und Baumhöhe

Mit dem T-Test konnte kein signifikanter Unterschied zu Gunsten der gedüngten Bäume ausgemacht werden ( $p=0.14$ ). Weder eine zweifaktorielle Analyse nach Düngung und Art noch eine nach Düngung und Pflanzjahr können ein signifikanter Unterschied ausmachen ( $p=0.49$  und  $p=0.38$ ).

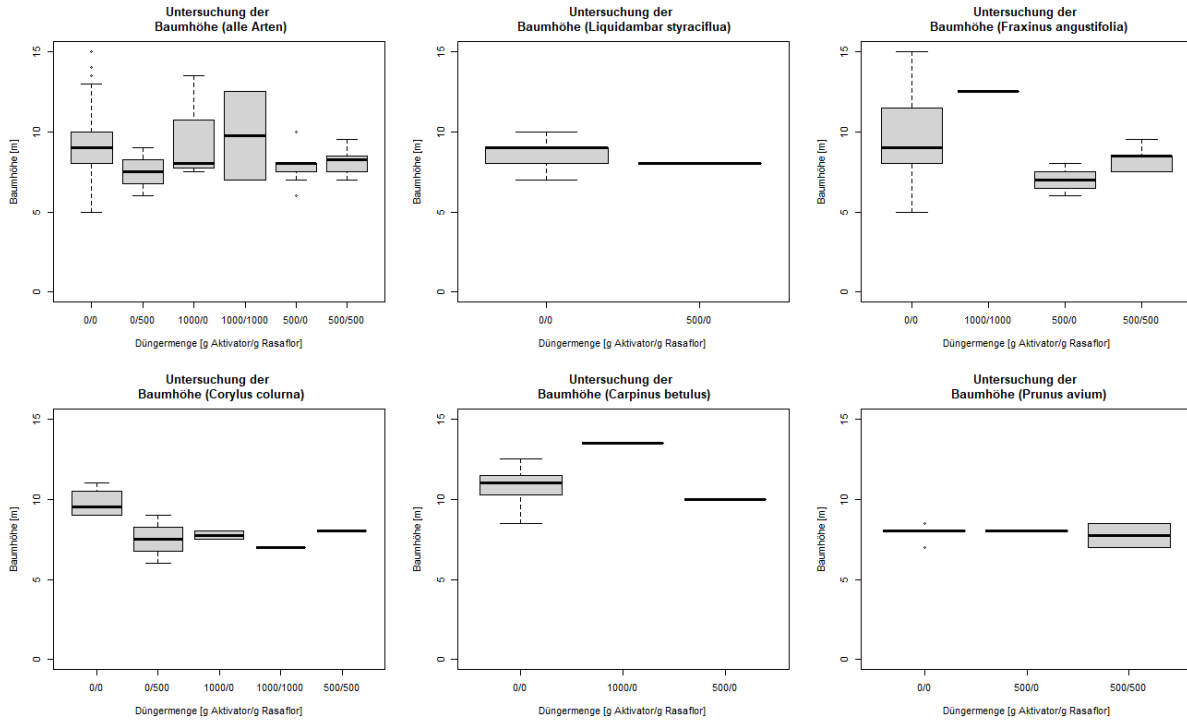


Abbildung 6 Verteilung der Baumhöhe nach Art und Menge der Düngung

In Abbildung 6 sind leichte Unterschiede auszumachen, jedoch meist zu Gunsten von ungedüngten Bäumen. Bei den Beobachtungen im Feld fällt auf, dass Bäume gleichen Pflanzjahres meist ähnlich hoch sind, solange keine Bruchschäden auszumachen sind.

**Zusammenhang zwischen Düngung und Kronenvolumen**

Das Kronenvolumen setzt sich aus dem gemessenen Kronendurchmesser, der Gesamtbaumhöhe und der Höhe des Kronenansatzes zusammen. Zur Vereinfachung wurden die Volumina aller Bäume in zylindrischer Form berechnet. Jedoch können die Unterschiede mit der zweifaktoriellen ANOVA auch hier nicht signifikant hervorgehoben werden. Die Werte unterscheiden sich nach Düngung und Pflanzjahr ( $p=0.729$ ) sowie nach Düngung und Art zu schwach ( $p=0.98$ ).

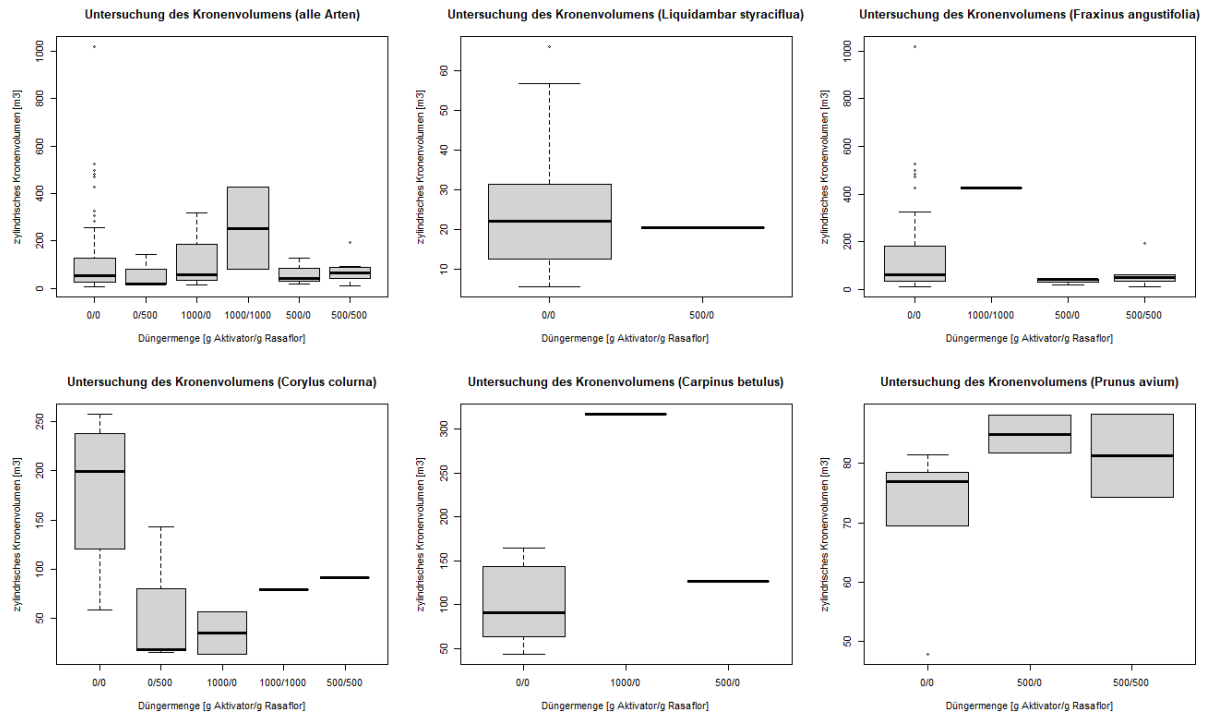


Abbildung 7 Verteilung des Kronenvolumens nach Art und Menge der Düngung

**Zusammenhang zwischen Düngung und Austriebszeitpunkt**

Zum Schluss konnten auch beim Austriebszeitpunkt keine signifikanten Differenzen zwischen gedüngten und ungedüngten Bäumen festgestellt werden. Auf Abbildung 8 ist zu sehen, dass sich in diesem Punkt keine Tendenzen ausmachen lassen. In der Grafik ist jeweils die Differenz des Austriebszeitpunktes eines Baumes im Vergleich zum frühesten Austrieb der Arte am gleichen Standort abgebildet.

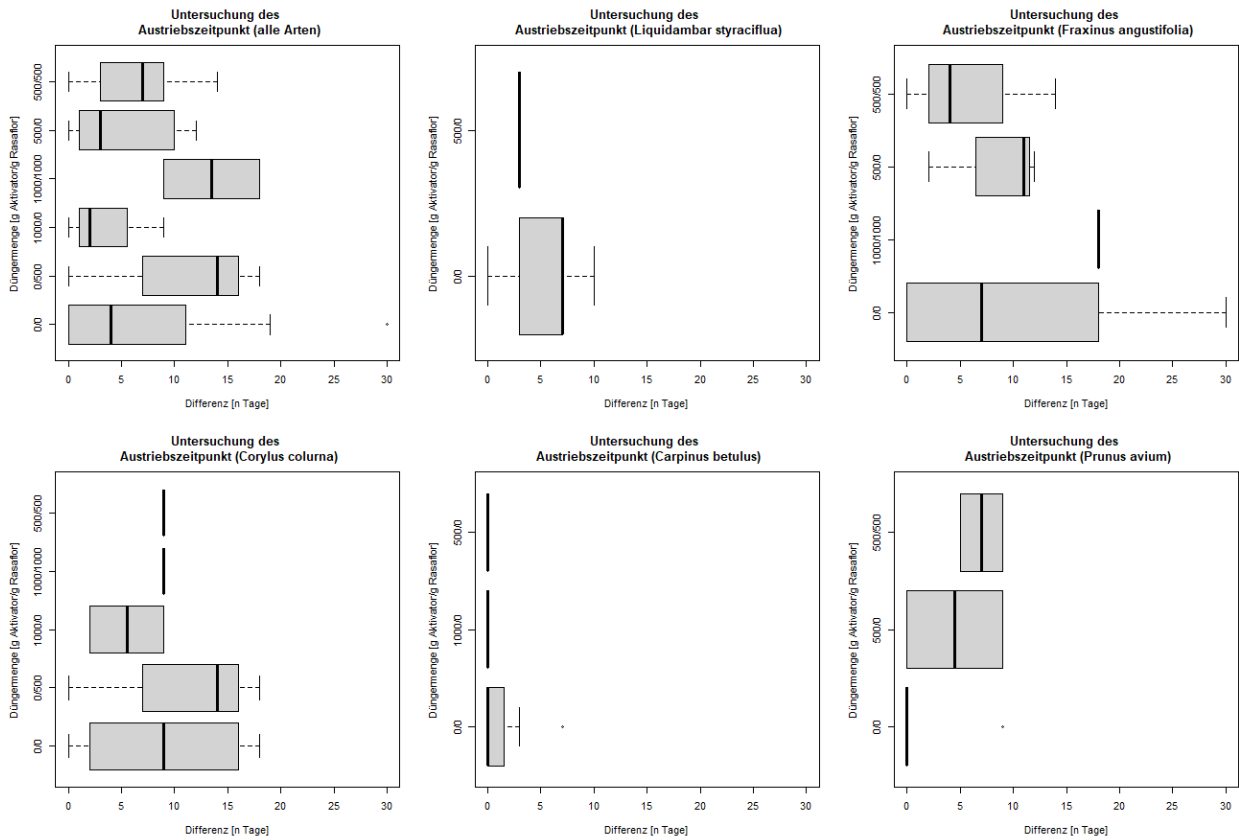


Abbildung 8 Vergleich des Austriebszeitpunktes, dargestellt als Differenz zum frühesten Austrieb der Arte am selben Standort

## 6 Diskussion

Die zuvor dargestellten, rohen Ergebnisse sind in den nächsten Abschnitten einzuschätzen. Erkenntnisse aus den Untersuchungen werden von Grund auf diskutiert. Bevor also die Wirkung auf die Bäume beurteilt werden kann, werden die Ergebnisse der Bodenuntersuchung eingeschätzt. Dabei werden Grundsätze aus Kapitel 2 ebenso miteinbezogen wie weitere Details aus der aktuellen Literatur.

### 6.1 Physikalische Bodenuntersuchung

Wie im Theorieteil ausgeführt, ist dem Boden eine grosse Bedeutung beizumessen und die Resultate deuten sehr stark auf eine mögliche Verdichtung hin. Das deutlichste Anzeichen dafür ist das überaus geringe Luftporenvolumen, das beim Standort von *L. styraciflua* gar einen Wert von null Prozent erreicht. Eine weitere der drei Vergleichsproben konnte gar nicht ausgewertet werden, da sie den Messzylinder verstopfte. Dies deutet ebenfalls darauf hin, dass sich das Substrat zu stark verdichten liess. Die daraus resultierende schlechte Durchlüftung des Bodens (vgl. Abs 2) kann das Wurzelwachstum stark beeinträchtigen (Herrmann, 2017). Damit wirken die verwendeten Substrate dem eigentlichen Ziel der Jungbaumpflege, namentlich dem Wiederaufbau der Wurzeln, entgegen. Eine weitere, noch nicht genannte Folge von mangelnder Durchlüftung kann die geringe Verfügbarkeit von Stickstoff sein. Nimmt der Sauerstoffgehalt im Boden zu weit ab, können fakultativ anaerobe Bodenorganismen pflanzenverfügbares Nitrat zu elementarem Stickstoff reduzieren. (Herrmann, 2017)

Herrmann (2017) hält anhand seiner Recherchen fest, dass die Luftkapazität im Boden bei über 20 Prozent liegen soll. Mit diesem Wert und einer Lagerungsdichte von weniger als 1.25 Gramm pro Kubikzentimeter dürften negative Auswirkungen auf das Wachstum auszuschliessen sein. Gemäss den Auswertungen (siehe Abs. 5.1) ist die Luftkapazität dafür in beiden Proben wesentlich zu tief. Im Gegensatz dazu sind die Lagerungsdichten zu hoch angesetzt. Wobei anzumerken ist, dass diese im Gegensatz zu den von Herrmann (2017) angegebenen Lagerungsdichten von innenstädtischen Böden (1,74 bis 2,18) wiederum tief einzuschätzen sind.

Die angesprochene Verdichtung kann im Fall der Sinslerstrasse nicht zwingend auf das Begehen oder Befahren der Baumscheiben zurückgeführt werden. Die Baumreihen mit *L. Styraciflua* sind mit einer Wiese unterpflanzt, die Baumscheiden der *P. avium* sind gar mit Betonplatten überdeckt. Gemäss Craul und Klein (1980) wird jedoch der Vibrationseffekt von Schwerlastverkehr und Bautätigkeit stark unterschätzt. Diese könnte an der gut frequentierten Sinslerstrasse (Kantonsstrasse 25) tatsächlich zur Verdichtung beitragen. Des Weiteren können Tausalze von Verkehrsflächen ebenfalls zu Einschränkungen des Luftporenvolumens beitragen. Besonders Tonminerale neigen dazu, durch die Natrium-Ionen im Boden, in Lösung zu gehen und den Boden zu infiltrieren. Aggregieren sich die Minerale in tieferen Bodenschichten wieder, geschieht dies in den Poren, wodurch diese wiederum verengt werden (Herrmann, 2017).

Insgesamt deuten also einige Punkte der physikalischen Untersuchung auf eine Bodenverdichtung hin, was auf Grund des Standortes nachvollziehbar erscheint. Zudem deckt sich diese Feststellung mit Erkenntnissen aus der Fachliteratur, welche die Verdichtung als eines der grössten Probleme von Stadtböden betrachtet (Siewniak & Kusche, 2009). Im Endeffekt werden das Wurzelwachstum und die Nährstoffaufnahme von Bäumen dadurch negativ beeinflusst (Herrmann, 2017). In den folgenden Abschnitten sollte also jeweils berücksichtigt werden, dass zumindest am Versuchsstandort Sinslerstrasse von verdichteten und wenig durchlüfteten Böden auszugehen ist. Ein ähnliches Substrat wie an der Sinslerstrasse wird jedoch auch an der Rigistrasse, am Bahnhof sowie an der Mugerer- und Eichstrasse verwendet.



## 6.2 Chemische Bodenuntersuchung

Ähnlich wie die Resultate der physikalischen Untersuchung, decken sich die chemischen Parameter mit Erkenntnissen aus Fachartikeln. So beschreibt Herrmann (2017), dass der pH-Wert im städtischen Raum oftmals über 7,5 liegt. Abbildung 2 zeigt, dass die eingereichten Proben diesen Wert mehrheitlich sogar überschreiten. Das Optimum für die Nährstoffaufnahme liegt jedoch im neutralen Bereich zwischen 5,5 und 7,5. Die Folge von höheren pH-Werten ist unter anderem die beschränkte Verfügbarkeit der Spurenelemente Eisen, Mangan und Bor (Herrmann, 2017). Eng mit dem pH-Wert verbunden sind zudem die Werte der Makronährelemente Kalium und Calcium. Die hohen Calciumwerte und das damit verbundene Karbonatpuffersystem begünstigen den hohen pH-Wert. Kalium hingegen zählt zu den Nährstoffen, deren Verfügbarkeit durch einen hohen pH eingeschränkt wird. Herrmann (2017) beschreibt, dass in Stadtböden «ein 'natürlicher' Mangel vorherrschen kann».

Ebenfalls übereinstimmend mit den Erkenntnissen aus der Literatur sind die eher niedrigen Stickstoffwerte. Wie in den meisten landgebundenen Ökosystemen ist Stickstoff auch in der Stadt der limitierende Wachstumsfaktor. Verschiedene Versuche belegen, dass sich das Kronenwachstum bei einer intensiven Stickstoffdüngung um bis zu einem Drittel steigern lässt. Die Düngermenge an Stickstoff, die dafür eingesetzt werden muss, dürfte jedoch ökologische Bedenken hervorrufen und nicht mehr dem Zeitgeist entsprechen (Miller et al., 2015; Plietzsch, 2017).

Über den Grenzwerten liegt dafür der durchschnittliche Phosphorwert. Gemäss Literatur (vgl. Abs. 2.5.2) sollte Phosphor in weiteren Düngegaben nicht ausgebracht werden. Schäden durch Überdüngung drohen zwar kaum, doch sind die gravierenden Folgen für nahe, vor allem aquatische Ökosysteme durch Auswaschung zu vermeiden.

Alle anderen, bisher nicht speziell genannten Werte liegen im Mittel ungefähr innerhalb der empfohlenen Richtwerte von Jardin Suisse (siehe Abbildung 2). Wie oben genannt sind tiefe Kalium und Stickstoffwerte an einem solchen Standort zu erwarten, ebenso wie hohe Calciumwerte. Erstaunlich ist umso mehr, dass den meisten Baumsubstraten im Versuchssperimeter (vgl. Abs. 3.2) ein mehr oder weniger hoher Kalkschotteranteil beigemischt wurde. Die Auswaschung aus dem Schotter sorgt zusammen mit der Auswaschung aus Betonfundamenten für anhaltend hohe Werte. Zu erwähnen ist an dieser Stelle aber, dass Substrate mit hohem pH-Werte in Strassennähe oftmals gewünscht sind. Denn bei hohem pH können Schwermetalle wie Zink, Blei und Cadmium besser gebunden und gepuffert werden. All diese Metalle können in teilweise hohen Konzentrationen im Strassenstaub vorhanden sein (bspw. Bremsabrieb)(Siewniak & Kusche, 2009).

### *Düngeeffekt*

An den obigen Erkenntnissen ändert die Düngung statistisch gesehen nichts; die Unterschiede sind zu klein, um als signifikant wahrgenommen zu werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die jeweiligen Stichproben sehr klein ausfallen, was die Anwendung statistischer Tests erschwert. Beim Betrachten von Abbildung 3 können wiederum Tendenzen erkannt werden. Bei sämtlichen Makroelementen sind durchschnittlich erhöhte Werte auszumachen. Es kann also davon ausgegangen werden, dass die zugeführten Nährstoffe in den Boden gelangen und gehalten werden.

Zu sehen ist weiterhin, dass Stickstoff und Kalium unterhalb der empfohlenen Grenzwerte verweilen. Damit können diese beiden Element weiterhin als limitierend betrachtet werden. Gleichzeitig explodieren die Phosphorwerte durch die Düngung mit je 500 Gramm Aktivator und Rasaflor nahezu. Wie vorangehend beschrieben, ist ohne Düngung bereits genug Phosphor im Boden vorzufinden. Als Konsequenz daraus müsste künftig

ein Dünger eingesetzt werden, der zu gleichen Teilen Kalium und Stickstoff beinhaltet. Ähnlich wie dies die FLL bei der Startdüngung im Rahmen der Pflanzung empfiehlt (vgl. Abs. 2.4)

Weiter zu beachten ist, dass die Bodenaktivität anhand der Bodenuntersuchungen schwer abzuschätzen ist. Gerade organische Dünger, wie sie hier verwendet werden, sind aber auf eine hohe Aktivität der Bodenorganismen angewiesen, damit die Nährstoffe pflanzenverfügbar werden (Siewniak & Kusche, 2009). Eine begrenzte Verfügbarkeit von Stickstoff kann zudem auch durch Verdichtung befördert werden (siehe Abs. 6.1). Daher ist bei einer stickstoffreichen Düngung Vorsicht geboten und eine Überprüfung des Erfolges sehr wichtig. Dies im Besonderen, weil der bisherige grosse Einsatz von Stickstoff in der Landwirtschaft mit dem Rückgang von nährstoffarmen Ökosystem in Verbindung gebracht wird.

Kalium auf der anderen Seite, wäre gerade für den Wasserhaushalt der Pflanzen essenziell. Die hohen Calciumwerte und die resultierende Karbonatpufferung führen jedoch dazu, dass Kali-Ionen gebunden werden. Daher ist ausgebrachtes Kalium nicht zwingend pflanzenverfügbar.

Abschliessend muss an dieser Stelle angeführt werden, dass die erhobenen Werte nicht bedeuten, dass die Pflanzen all diese Nährstoffe auch aufnehmen können. Um dies zu überprüfen, müssten die Nährstoffwerte der Pflanzenteile mit Blattanalysen ermittelt werden. Schliesslich kann die Nährstoffaufnahme der Bäume beispielsweise durch Hitze, Trockenheit oder ein unzureichend ausgeprägtes Wurzelwerk gemindert werden (siehe Abs. 2.5.2).

### 6.3 Bonitur

Wie vorangehend beschrieben, kann eine leicht Tendenz zu höheren Nährstoffwerten im Boden ausgemacht werden. Im Zusammenhang mit der Bonitur sind jedoch keine statistisch relevanten Vorteile der Düngung zu erkennen. Die untersuchten Parameter Vitalität, Kronenvolumen sowie Baumhöhe und Stammdurchmesser haben sich nicht verbessert. Auch der Austriebszeitpunkt von gedüngten Bäumen fällt nicht früher aus. Diese Ergebnisse sind jedoch aus verschiedenen Gründen wenig erstaunlich.

Einerseits erfolgte die Düngung (zu) wenig spezifisch und war kaum auf die Baumart und deren Bedürfnisse abgestimmt. Verlässliche Werte zu einzelnen Baumarten sind zwar weiterhin nicht dokumentiert. Richtwerte können hingegen abgerufen und der daraus resultierende Nährstoffbedarf berechnet werden (siehe *Baumpflege heute (2009)* S. 137). Fehlende Nährstoffe konnten anhand der Bodennährstoffanalyse ermittelt werden. Wie vorangehend beschrieben, müsste die Düngung entsprechend den Resultaten angepasst werden (siehe Abs. 6.2).

Die Untersuchung der Bäume zeigt weiter, dass fast sämtliche Bäume in den Jahren 2018 und 2019 nur einen geringen Triebzuwachs verzeichnen konnten (siehe Abbildung 9). Die Kurztriebe von 2018 und 2019 dürften auf den jeweils niederschlagsarmen Sommer in diesen Jahren zurückzuführen sein. Nebst dem Trockenstress führt die Trockenheit zu einer geringeren Verfügbarkeit von Nährstoffen im Boden (vgl. Abs. 3.4). Gemäss dieser Logik hätten die zusätzlichen Nährstoffe der Düngung in diesen Jahren also nicht oder nur in geringem Masse aufgenommen werden können.

Unabhängig davon, ist die Nährstoffaufnahme bei Jungbäumen durch das geringe Wurzelvolumen ohnehin eingeschränkt. In vergleichbaren Studien erwiesen sich Düngegaben in den ersten Standjahren als kaum wirkungsvoll. Es ist davon auszugehen, dass lediglich 5 bis 25 Prozent der zugeführten Nährstoffe aufgenommen werden können. (Ferrini & Baietto, 2006; Plietzsch, 2017)

Allgemein sind in der Literatur nur wenige Beispiele für eine erfolgreiche Düngung zu finden. Bei den erfolgreichen Versuchen wurden stickstoffreiche, langsam verfügbare Dünger eingesetzt. (Miller et al., 2015; Plietzsch, 2017). Bei einer Düngung mit 134 bis 168 kg/ha konnte eine um 32 Prozent erhöhte Wachstumsrate der Krone festgestellt werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass nur ein Teil der Nährstoffzugabe auch

tatsächlich genutzt wird, während sich ein Teil davon im Boden anreichert. Daher warnen auch Miller et al. (2015) vor den Folgen eines übermässigen Stickstoffeinsatzes.

Ein weiterer Punkt ist, dass die oberflächliche Applikation meist in Stammnähe erfolgte und nicht über die gesamte Baumscheibe verteilt. Analog zur Bewässerung erscheint es sinnvoller, den Radius der Düngung mit der Zeit auszuweiten, um mit dem wachsenden Wurzelwerk schrittzuhalten (vgl. Abs. 2.5.2)(Siewniak & Kusche, 2009).



Abbildung 9 Ungefähres Wachstum der Triebe in den Jahren 2018 (blau), 2019 (rot) und 2020 (grün) (eigene Aufnahme)

#### 6.4 Standortbezogene Ergänzungen

Zu den bisherigen, eher allgemein gehaltenen Feststellungen, sollen weitere standortspezifische Anmerkungen folgen. Dabei ist zu erwähnen, dass der Standort Sinslerstrasse am besten dokumentiert ist, danach folgen die Brunnmatt und die Rigistrasse. Die Standorte Bahnhof, Poststrasse sowie die Mugerren- und Eichstrasse sind hingegen weniger gut dokumentiert.

##### *Sinslerstrasse*

Die Bodenproben an der Sinslerstrasse zeigen bereits deutlich, dass der Standort als problematisch zu bezeichnen ist (vgl. Abs. 6.1 und 6.2). Zu den dokumentierten Verdichtungsanzeichen und Nährstoffdefiziten kommt hinzu, dass fast sämtliche Bäume zu tief gepflanzt sind. Dass sich zu tiefes Pflanzen negativ auf die Entwicklung auswirkt ist mehrfach belegt. So konnte im Rahmen der Ersatzpflanzungen an beiden Baumarten im Frühjahr 2021 eine eher mässige Entwicklung des Wurzelwerkes festgestellt werden. Weiter liessen sich vor allem an den Stämmen der vier ersetzten *P. avium* deutlich Adventivwurzeln erkennen. Adventivwurzeln sind Wurzeln, die nachträglich aus dem Stamm austreiben, eben durch die Übersättigung (Roloff, 2015b). Diese Wurzeln sind kaum ausreichend für die Versorgung eines ganzen Baumes.

Als Grund für die tief stehenden Bäume sieht Markus Schuler (Cham) die Ausführungsarbeiten durch ein Generalunternehmen. Ohne dies belegen zu können, geht er von mangelnder Erfahrung und fehlendem Wissen seitens der Ausführenden aus. Diese Meinung kann durchaus bekräftigt werden, schliesslich konnte der Wurzelanlauf bei einigen ersetzten Bäumen erst 20 Zentimeter unter der Erdoberfläche ausgemacht werden (siehe Abbildung 10).

Deutlich sichtbar ist zudem, dass die Bäume über die letzten Jahre hinweg nicht in der Lage waren, ihre gesamte Krone zu versorgen. Bei den mässig ausgeprägten Wurzelwerken wirkt dies wenig erstaunlich. Ausserdem schien die letztjährige, regelmässige Bewässerung eine äusserst positive Auswirkung auf das

Trieb­längen­wachstum zu haben. So konnten zum­in­dest im un­te­ren Be­reich der Krone bei fast allen Bäu­men gut ausge­prägte Lang­triebe er­kannt wer­den.

An­hand dieser Fest­stel­lung lässt sich un­ter­streichen, dass dem Wurzel­wachstum die grösste Auf­merks­amkeit zu schenken ist. Un­ter­stützt wird dies durch Ein­halten der korrekten Pflanz­höhe und vor allem durch eine aus­rei­chende Bewässerung.



Abbildung 10 Wurzelanlauf eines Baumes (*P. avium* 'Plena'), der rund 17 Zentimeter unter der Oberfläche lag. (eigene Aufnahme)

### Rigistrasse

An der Rigistrasse kann vor allem beobachtet werden, wie stark der Standort das Wachstum eines Baumes beeinflusst. So ist ein Baum der Sorte *F. angustifolia* 'Raywood', der auf einer offenen Rasenfläche gepflanzt wurde, in den letzten 14 Jahren 35 Prozent stärker in die Höhe gewachsen. Dies im Vergleich zu Bäumen, die im gleichen Jahr, jedoch in einer festen Baumgrube und mit Betonplatten als Überdeckung gepflanzt wurden.

Ebenfalls an der Rigistrasse findet sich das Beispiel eines gedüngten Baumes, welches für eine Düngung sprechen würde. Auch dieser Baum, gepflanzt 2007, ist in der Höhe rund 22 Prozent mehr gewachsen als der Durchschnitt der gleichaltrigen Bäume. Ob dies nur auf die Düngung zurückzuführen ist, ist angesichts der übrigen Erkenntnisse zu bezweifeln.

Abbildung 11 zeigt die unterschiedliche Entwicklung der genannten Bäume, alle Fotos sind am selben Tag aufgenommen worden. Obwohl die Fotos nicht massstäblich sind und keine Masseinheit zur Einstufung beinhalten, sind Unterschiede anhand der Kronenarchitektur klar zu erkennen.



Abbildung 11 «Durchschnittlicher» Baum (rechts), gut entwickelter Baum (Mitte), Baum mit offener, grosszügiger Baumscheibe (links) (eigene Aufnahmen)

### **Brunnmatt**

Zu den Bäumen in der Brunnmatt lässt sich nicht viel beifügen, lediglich, dass deren Entwicklung zumindest im vorderen Bereich, verglichen mit der Rigistrasse langsam ausfällt. Auch der Anteil an ersetzten Bäumen ist mit 12 von 26 vergleichsweise hoch. Dies könnte sich sowohl auf das Substrat als auch auf die Unterpflanzung zurückführen lassen. Der Substrataufbau besteht aus Landerde im Ober- und Wandkies im Unterboden. Die direkte Abstufung könnte Verschlammungen im Unterboden fördern, zudem ist reine Landerde ein eher ungeeignetes Substrat für den Einsatz in Baumgruben (Schönfeld, 2017). Auch die Unterpflanzung mit typischen Gräsern einer Fettwiese könnte sich negativ auf die Entwicklung der Wurzeln auswirken. Zumindest im Oberboden vermindern die Wurzeln der Gräser die Entwicklung der Baumwurzeln (Plietzsch, 2017).

### **Restliche Standorte**

Zu den Standorten Bahnhof und Poststrasse lässt sich vor allem aussagen, dass der Grad an Versiegelung oder Teilversiegelung (Pflasterung) sehr hoch ist. Dies dürfte die Entwicklung der Bäume negativ beeinflussen, da die Hitzeabstrahlung grösser ist, während Wasser- und Gashaushalt des Bodens gestört werden (Siewniak & Kusche, 2009). So erstaunt es wenig, sind die Bäume der Art *C. colurna* gegenüber denjenigen an der Mugerren- und Eichstrasse weniger stark entwickelt. Zudem mussten bereits 2 von 5 Bäumen der Art ersetzt werden. Mit der Neugestaltung des Bahnhofs (gem. M. Schuler) dürfte die Diskussion um den Erhalt der Bäume jedoch hinfällig sein.

Eine für den Grad der Teilversiegelung gute Entwicklung zeigen die Hainbuchen (*C. betulus* 'Fastigiata') an der Poststrasse. Diese dürfte unter anderem auf das strukturstable und daher verdichtungsresistente Substrat Vulkatree SL 0/32 sowie die verbundenen Baumgruben zurückzuführen sein (vgl. Abs. 3.2.4).

## 7 Fazit

Abschliessend kann ein Einsatz von Düngemitteln nicht mit einem geförderten Wachstum oder einer besseren Vitalität in Verbindung gebracht werden. Im ausgewerteten Versuch konnten trotz einiger vielversprechender Beispiele keine stichhaltigen Hinweise auf einen Mehrwert gefunden werden. Das Resultat stützt damit die Literatur, welche der Düngung nur eine untergeordnete Rolle einräumt. Vereinzelt Beispiele, welche mit stickstoffreichen Düngemitteln zu einem stärkeren Zuwachs führten, rufen auf der Kehrseite ökologische Bedenken hervor. Zu beachten ist, dass der Erfolg einer Düngung von unzähligen Faktoren abhängt. So wird die Nährstoffaufnahme von einer ausreichenden Bewässerung, der Bodentemperatur und -aktivität sowie der Bodenchemie beeinflusst.

Eine Düngung ist daher nur dann vorzusehen, wenn davon ausgegangen werden kann, dass die Nährstoffe vom Baum auch aufgenommen werden können. Dafür müssen die Böden zwingend intakt und gut durchlüftet sein. Weiter ist darauf zu achten, dass eine starke Erwärmung ausgelöst durch Sonneneinstrahlung vermindert wird. Dafür kommen Unterpflanzungen und Mulchschichten in Frage, diese sollten gerade bei Jungbäumen mit einer ausreichenden Bewässerung in Verbindung angewandt werden. Sind all diese Faktoren optimiert kann eine Düngung erfolgen, aber dies nur bei einem Mangel. Nährstoffmängel können von Auge erkannt oder durch Analysen bestimmt werden.

Die eingangs gestellten und sehr allgemein gehaltenen Forschungsfragen lassen sich folglich mit nein beantworten. Auf eine allgemeine Düngung sollte verzichtet werden, da keine positiven Folgen auszumachen sind. Im untersuchten Fall darf jedoch nicht vernachlässigt werden, dass die Düngemittel auch zu einer Verbesserung der Bodeneigenschaften beitragen sollen. Ob sich jedoch die Bodenaktivität durch die Nutzung des Düngers verbessert hat, kann anhand der durchgeführten Versuche nicht beurteilt werden.

Die Frage, wie sich Düngemittel auf unterschiedliche Baumarten auswirken, kann nach diesem Versuch nicht beantwortet werden. Dafür sind die Stichproben schlichtweg zu klein und die Unterschiede zu marginal. Was eindeutige Aussagen zudem erschwert ist die Vielzahl der Aspekte aus Planung, Sorten- und Substratwahl, Baumherkunft und Pflanzung, welche die spätere Entwicklung massgebend beeinflussen.

Für ausführliche Düngeversuche müssen all diese Faktoren weitestgehend standardisiert und die Nährstoffaufnahme optimiert werden. Zusammen mit einer regelmässigen, einheitlichen Überwachung des Wachstums steigt die Aussagekraft eines solchen Versuches.

Damit könnte beispielsweise ermittelt werden, ob sich eine konsequente Düngung mit den limitierenden Nährstoffen Stickstoff und Kalium positiv auswirken kann. Weiter sollte die Fragestellung um den Zusammenhang zwischen Baumart/-sorte und dem Einsatz von Dünger weiterverfolgt werden. Mit den Ergebnissen und einer breiten Untersuchung könnte die Düngung als Attribut in Baumdatenbanken eingebunden werden. So könnte die Düngung zu einer weiteren Planungsebene bei der Anlage von Gehölzstandorten werden.

Im Zusammenhang mit den verwendeten Düngern interessiert die Frage, wie sich diese auf Bodenorganismen auswirken. Nebst den Bäumen sind auch diese den Herausforderungen in Stadtböden ausgesetzt. Mit einer Optimierung des Bodenlebens können mutmasslich auch Lebensbedingungen von Bäumen verbessert werden.

All diese Fragestellungen zeigen aber, dass die meisten Themen rund um Stadtbäume stark zusammenhängen. Dementsprechend wird die Forschung in diesem Bereich immer mit unzähligen Faktoren, welche Versuche beeinflussen, konfrontiert sein. Auch werden die Resultate wohl nicht immer allgemeingültig sein, funktionierende Konzepte können auf anderen Standorten angewandt scheitern. Umso wichtiger bleibt das Wissen zu den wichtigsten Ansprüchen von Bäumen und die Optimierung dieser Faktoren.

## 8 Literatur

- Allen, K. S., Harper, R. W., Bayer, A., & Brazee, N. J. (2017). A review of nursery production systems and their influence on urban tree survival. *Urban Forestry & Urban Greening*, *21*, 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.12.002>
- Bärtels, A., & Bohne, H. (Hrsg.). (1995). *Der Baumschulbetrieb: 165 Tabellen* (4., völlig Neubearb. Aufl.). Ulmer.
- Bookhout, S. (o. J.). About Missouri Gravel Bed Trees. *Rare Earth Nursery*. Abgerufen 28. April 2021, von <https://rareearthnursery.net/about/>
- Callow, D., May, P., & Johnstone, D. M. (2018). Tree Vitality Assessment in Urban Landscapes. *Forests*, *9*(5), 279. <https://doi.org/10.3390/f9050279>
- Cartmill, D., Arnold, M., Volder, A., Watson, W., Lombardini, L., Sloan, J., Valdez-Aguilar, L., & Cartmill, A. (2010). Transplant season, irrigation, and planting depth effects on landscape establishment of bald cypress and sycamore. *Arboriculture & Urban Forestry*, *36*, 57–65.
- Caudullo, G., & Durrant, T. H. (2016). *Fraxinus angustifolia in Europe: Distribution, habitat, usage and threats*. 1.
- Cham. (o. J.). *Gemeinde Cham*. Gemeinde Cham. Abgerufen 23. Mai 2021, von <https://www.cham.ch/willkommenincham>
- citree. (2015). *Citree—Planungsdatenbank—Gehölze für urbane Räume* [Datenbank]. citree. <https://citree.de/db-names.php?language=de>
- Cole, D. W., & Gessel, S. P. (1990). *Fundamentals of tree nutrition*. [http://apps.sefs.uw.edu/research.smc/RFNRP/2FFC\\_Chap2.pdf](http://apps.sefs.uw.edu/research.smc/RFNRP/2FFC_Chap2.pdf)
- Dobbertin, M. (2005). Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: A review. *European Journal of Forest Research*, *124*(4), 319–333. <https://doi.org/10.1007/s10342-005-0085-3>
- Ferrini, F., & Baietto, M. (2006). Response to Fertilization of Different Tree Species in the Urban Environment. *Arboriculture & Urban forestry*, *32*.
- galasearch. (o. J.). *Galasearch*. galasearch - Die Pflanzendatenbank der Gartenarchitektur. Abgerufen 2. Mai 2021, von <https://www.galasearch.de/>
- GALK Straßenbaumliste. (o. J.). Abgerufen 28. April 2021, von <https://strassenbaumliste.galk.de/>

- Herrmann, J. V. (2017). „Stadt-Böden“ als Baumstandorte. In *Jahrbuch der Baumpflege 2017: Yearbook of Arboriculture*.
- Hoppe, G., Keller, D., Nyffenegger, B., Rüdüsüli, H.-P., & Schwarze, M. (2014). *Positionspapier Bäume*. [https://www.vssg.ch/public/upload/assets/195/Positionspapier\\_Baeume.pdf](https://www.vssg.ch/public/upload/assets/195/Positionspapier_Baeume.pdf)
- Jardin Suisse. (o. J.). *Anweisung Entnahmen & Versand*.
- Jennerich, L. (2015). 150820\_BaumpflanzungWaessern\_DERGARTENBAU-17-2015.pdf. *dergartenbau*, 17/2015. [https://www.vssg.ch/public/upload/assets/299/150820\\_Baumpflanzung-Waessern\\_DERGARTENBAU-17-2015.pdf](https://www.vssg.ch/public/upload/assets/299/150820_Baumpflanzung-Waessern_DERGARTENBAU-17-2015.pdf)
- Johnstone, D., Moore, G., Tausz, M., & Nicolas, M. (2013). The measurement of plant vitality in landscape trees. *Arboricultural Journal*, 35(1), 18–27. <https://doi.org/10.1080/03071375.2013.783746>
- Kreuzwieser, J., & Gessler, A. (2010). Global climate change and tree nutrition: Influence of water availability. *Tree Physiology*, 30(9), 1221–1234. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq055>
- Lösken, G., Altmiks, K., Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, & Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen. (2016). *Empfehlungen für Baumpflanzungen*.
- Miller, R. W., Hauer, R. J., & Werner, L. P. (2015). *Urban forestry: Planning and managing urban greenspaces*. Waveland.
- NCCS. (2019, August 29). *Grossregionen*. National Centre for Climate Services NCCS. <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/regionen/grossregionen.html>
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., & Anthony, S. (2009). *Liquidambar styraciflua*. Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0. <http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp>
- Plietzsch, A. (2017). Jungbaumpflege—Kritische Anmerkungen zu Pflanzschnitt, Düngung, Mulch und Bewässerung, einschliesslich Baumbewässerungssets. In *Jahrbuch der Baumpflege 2017: Yearbook of Arboriculture*.
- Roloff, A. (2013). *Bäume in der Stadt: Besonderheiten, Funktion, Nutzen, Arten, Risiken*. Verlag Eugen Ulmer.



- Roloff, A. (2015a). Vitalitätsbeurteilung von Stadtbäumen anhand der Kronenstruktur. In *Jahrbuch der Baumpflege 2015* (1. Aufl., S. 125–133). Haymarket Media.
- Roloff, A. (2015b). *Handbuch Baumdiagnostik: Baum-Körpersprache und Baum-Beurteilung*. Verlag Eugen Ulmer.
- Roloff, A. (2019). *Baumpflege: Baumbiologische Grundlagen und Anwendung*.
- Schönfeld, P. (2017). Baumsubstrate—Spektrum der Substrate in der Stadtgrünpraxis. In *Jahrbuch der Baumpflege 2017: Yearbook of Arboriculture*.
- Siewniak, M., & Kusche, D. (2009). *Baumpflege heute* (5., völlig überarb. Aufl.). Patzer.
- Straßenbaumliste*. (o. J.). Abgerufen 28. April 2021, von <https://www.galk.de/arbeitskreise/stadtbaeume/themenuebersicht/strassenbaumliste>
- Struve, D. K. (2009). Tree establishment: A review of some of the factors affecting transplant survival and establishment. *Arboriculture & Urban Forestry*, 35(1). <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20093304701>
- Stünzi, P. (2020). Stadtbäume—Standortbestimmung. *dergartenbau*, 23/20, 2.

## 9 Abbildungen

Abbildung 1 Die fünf Versuchsstandorte: Brunnmatt, Sinslerstrasse, Rigistrasse, Bahnhof/Poststrasse, Mugerren-/Eichstrasse .....	13
Abbildung 2 Resultate der chemischen Bodenuntersuchung in der Übersicht (rote Linien entsprechen den empfohlenen Grenzwerten) .....	25
Abbildung 3 Resultate der chemischen Bodenuntersuchung nach Düngegaben (rote Linien entsprechen den empfohlenen Grenzwerten) .....	26
Abbildung 4 Verteilung der Vitalität nach Art und Menge der Düngung .....	27
Abbildung 5 Verteilung des Stammdurchmessers nach Art und Menge der Düngung .....	28
Abbildung 6 Verteilung der Baumhöhe nach Art und Menge der Düngung .....	29
Abbildung 7 Verteilung des Kronenvolumens nach Art und Menge der Düngung .....	30
Abbildung 8 Vergleich des Austriebszeitpunktes, dargestellt als Differenz zum frühesten Austrieb der Arte am selben Standort .....	31
Abbildung 9 Ungefähres Wachstum der Triebe in den Jahren 2018 (blau), 2019 (rot) und 2020 (grün) (eigene Aufnahme) .....	35
Abbildung 10 Wurzelanlauf eines Baumes ( <i>P. avium</i> 'Plena'), der rund 17 Zentimeter unter der Oberfläche lag. (eigene Aufnahme) .....	36
Abbildung 11 «Durchschnittlicher» Baum (rechts), gut entwickelter Baum (Mitte), Baum mit offener, grosszügiger Baumscheibe (links) (eigene Aufnahmen) .....	37

## 10 Tabellen

Tabelle 1 Beschreibung Baumgrube <i>L. styraciflua</i> an der Sinslerstrasse .....	14
Tabelle 2 Beschreibung Baumgrube <i>P. avium</i> an der Sinslerstrasse .....	15
Tabelle 3 Beschreibung Baumgrube <i>F. angustifolia</i> in der Brunnmatt .....	16
Tabelle 4 Beschreibung Baumgrube <i>F. angustifolia</i> an der Rigistrasse .....	16
Tabelle 5 Beschreibung Baumgrube <i>C. betulus</i> an der Poststrasse .....	17
Tabelle 6 Beschreibung Baumgrube <i>C. columna</i> am Bahnhof .....	17
Tabelle 7 Beschreibung Baumgrube <i>C. columna</i> an der Mugerren- und Eichstrasse .....	18
Tabelle 8 Verteilung der Untersuchungsbäume nach Art, Standort und Pflanzjahr .....	19
Tabelle 9 Zusammenstellung der gedüngten Bäume nach Baumart .....	21
Tabelle 10 Zusammenstellung der wichtigsten Parameter als Mittelwert der jeweils 3 Untersuchungen pro Probe .....	24

## Anhang A – Eigenständigkeitserklärung

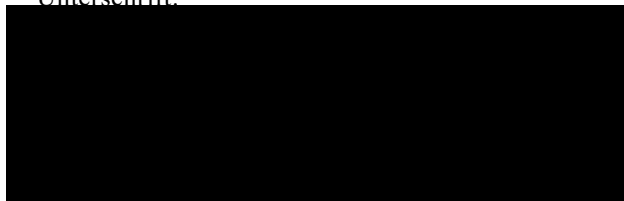
### **Erklärung betreffend das selbstständige Verfassen einer Semesterarbeit im Departement Life Sciences und Facility Management**

Mit der Abgabe dieser Semesterarbeit versichert der Studierende, dass er die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat. Der unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Bachelorarbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urheberschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind. Bei Verfehlungen aller Art treten Paragraph 39 und Paragraph 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmaßnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum:

Bremgarten, 3. Juli 2021

Unterschrift:



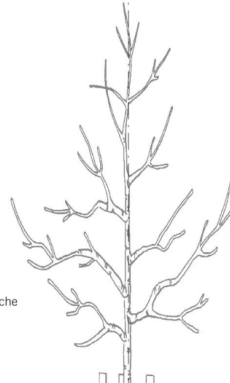
# Anhang B – Pläne

Einwohnergemeinde Cham  
Neugestaltung Rigistrasse, Cham

## Detail Baumgrube Mst. 1:50

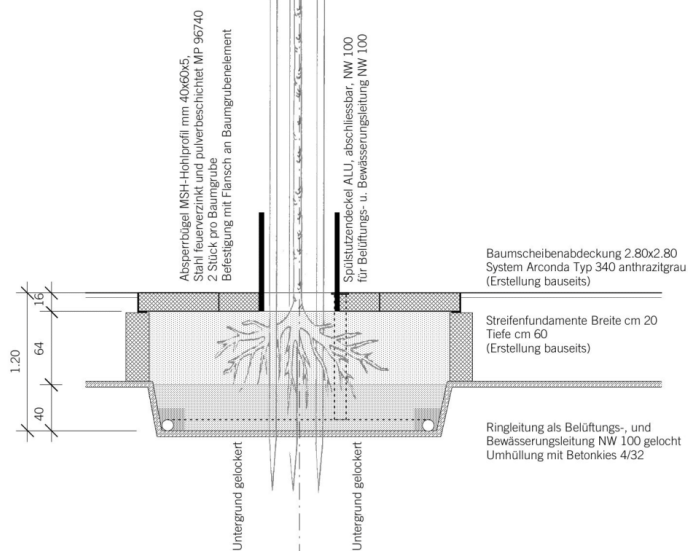
Benedikt Stähli  
Landschaftsarchitekt BSLA  
Neumatt 1  
CH-6330 Cham  
Tel. 041 780 4 780  
Fax 041 780 4 769

- Hochstammblume; *Fraxinus angustifolia* 'Raywood' - Weidenblättrige Esche  
Stammhöhe - 3.50m (HUB 22-25)
- Pfähle 4 Stück (kesseldruckimprägniert)
- Verbindungsplatten (kesseldruckimprägniert)
- Halteband (Kunststoff)
- Stammschutz mit Schilfrohrmatte
- Verzinkter Stammschutz (Arconda Typ 411) nach Entfernung der Stützpfähle an Betonplatten montierbar (optional - bauseits)



### Wurzelraumsubstrat

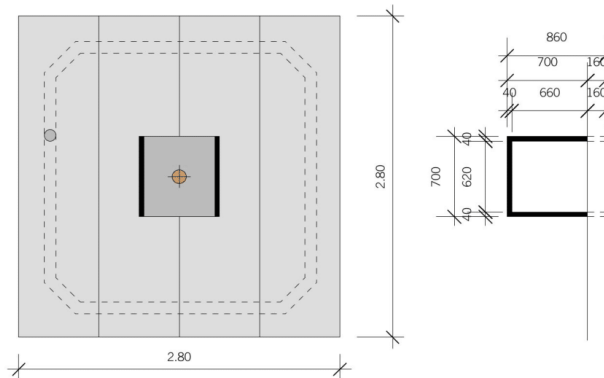
- Kulturerde-Schottergemisch;  
Kulturerdeanteil 50%,  
Schotterkorngrösse 22/32 (Kalkschotter),  
Schichtstärke cm 64.
- Kulturerde-Schottergemisch;  
Kulturerdeanteil 20%,  
Schotterkorngrösse 40/63 (Kalkschotter),  
Schichtstärke cm 40.



### Abdeckung (Erstellung bauseits)

- Stahleinbautrahmen 280/280.
- Betonabdeckung Typ 340.
- Farbton anthrazitgrau.
- 2 Betonelemente 70/280.
- 2 Betonelemente 70/280 mit ASP.

- Absperrbügel MSH-Hohlprofil mm 40x60x5,
- Stahl feuerverzinkt und pulverbeschichtet MP 96740
- 2 Stück pro Baumgrube
- Befestigung mit Flansch an Baumgrubenelement
- Befestigung in Fahrtrichtung



# KANTON ZUG - AUSBAU SINSERSTRASSE, CHAM

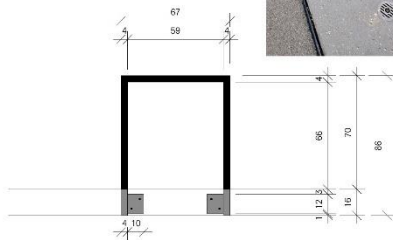
Schemaschnitt Baumgrube in Belagsfläche Mst. 1:25

benedikt stähli

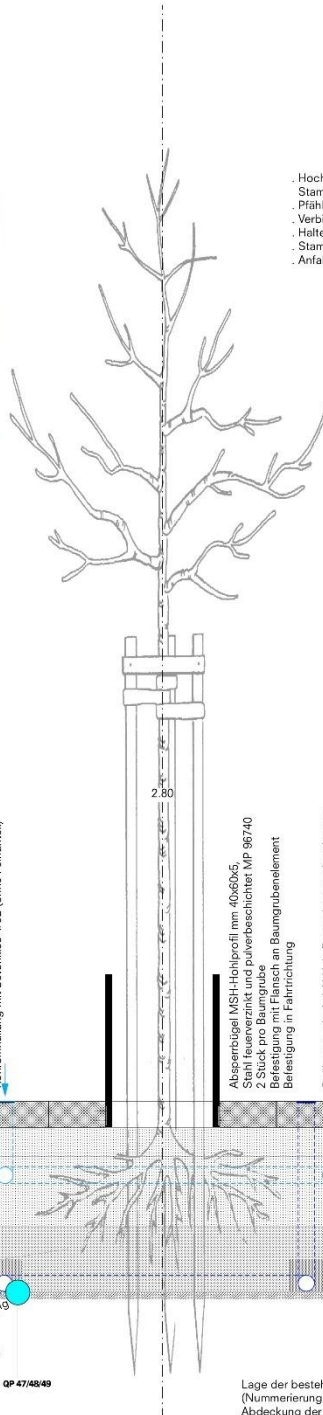
benedikt stähli | Landschaftsarchitekt AG  
Sinslerstrasse 8 | CH-6330 Cham  
Telefon 041 750 4 780 | Fax 041 750 4 769  
www.benediktstaehli.ch

## Absperbügel

MSH-Hohlprofil mm 40x60x5,  
Stahl feuerverzinkt und pulverbeschichtet MP 96740  
2 Stück pro Baumgrube  
Befestigung mit Flansch an Baumgrubenelement  
Befestigung in Fahrtrichtung



- Hochstammblume: Prunus avium 'Plena' - Kirschbaum (gefülltblühend)
- Stammhöhe - cm 300
- Pfähle 4 Stück (kesseldruckimprägniert)
- Verbindungslatten (kesseldruckimprägniert)
- Halteband (Kunststoff)
- Stammschutz mit Schilfrohmatten
- Anfahrerschutz gemäss sep. Detail



Lichttraumprofil

**Abdeckung**  
Stahleinbaurahmen feuerverzinkt cm 280x280.  
Betonabdeckung Typ 340.  
Farbton anthrazitgrau.  
2 Betonelemente 70/280 mit je einem  
Spül- und Bewässerungslutzn.  
2 Betonelemente 70/280 mit Aussparung.  
Elementstärke cm 16.

**Wurzelsubstrat**  
Kulturerde-Schotter-Blähtonmischung;  
Kulturerdeanteil 50%,  
Schotteranteil 30%, Korngrösse 22/52 (Kalkschotter),  
Blähtonanteil 20%, Korngrösse 8/16,  
Schichtstärke cm 60.

Kulturerde-Schotter-Blähtonmischung;  
Kulturerdeanteil 20%,  
Schotteranteil 60%, Korngrösse 40/63 (Kalkschotter),  
Blähtonanteil 20%, Korngrösse 8/16,  
Schichtstärke cm 40.

Spülzulaufdeckel ALU, in Betonelement eingelassen,  
abschliessbar, NW 125 für Bewässerungsleitung  
NW 125 (Locher unten)  
Rohr umhüllt mit Betonkies 4/32 (ohne Feinanteil)

Absperbügel MSH-Hohlprofil mm 40x60x5  
Stahl feuerverzinkt und pulverbeschichtet MP 96740  
2 Stück pro Baumgrube  
Befestigung mit Flansch an Baumgrubenelement  
Befestigung in Fahrtrichtung

Spülzulaufdeckel ALU, in Betonelement eingelassen,  
abschliessbar, NW 125 für Bewässerungs-  
und Entwässerungsleitung NW 125, Ausführung  
gleichzeitig mit Füllung der Baumgrube (Gartenbau)

Aufbau Schwarzbelag (Tiefbau)

Streifenfundamente Breite cm 20

Tiefe cm 75 (Sickerbeton)

Fundations- und  
Ausgleichsschicht (Tiefbau)

Untergrund (Tiefbau)

Ringleitung als Belüftungs- und  
Entwässerungsleitung NW 125  
Betonkies 4/32 mit Spülstützen und  
anschluss an Meteorwasserkanalisation  
Ausführung bauseits (Tiefbau)

Anschluss an Meteorwasserleitung  
mit vorgeschaltetem  
Schlammfänger DN 600/800  
Ausführung bauseits (Tiefbau)  
QP 47/48/49

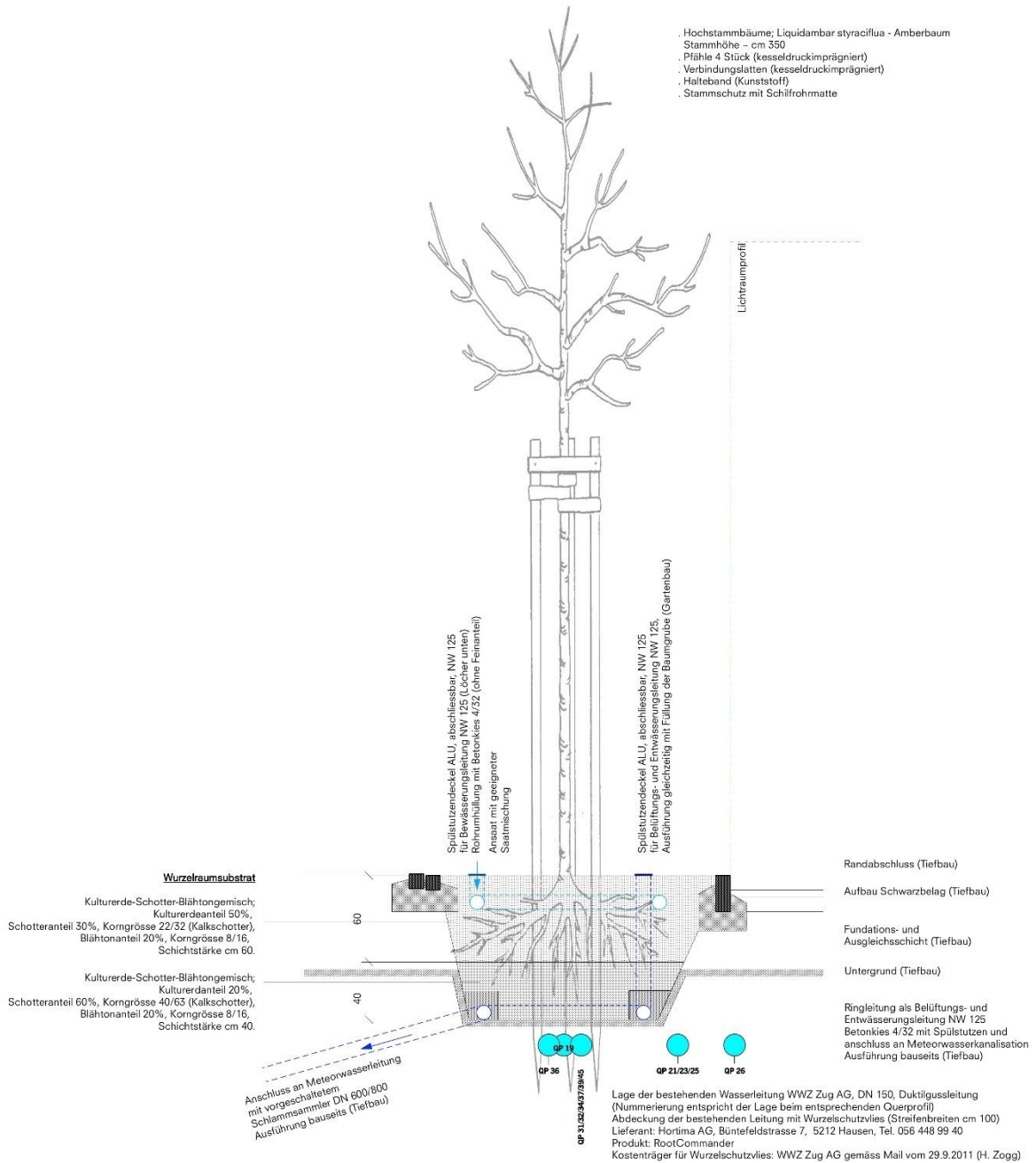
Lage der bestehenden Wasserleitung WWZ Zug AG, DN 150, Duktillgussleitung  
(Nummerierung entspricht der Lage beim entsprechenden Querprofil)  
Abdeckung der bestehenden Leitung mit Wurzelschutzvlies (Streifenbreiten cm 100)  
Lieferant: Hortima AG, Büntelfeldstrasse 7, 5212 Hausen, Tel. 056 448 99 40  
Produkt: RootCommander  
Kostenträger für Wurzelschutzvlies: WWZ Zug AG gemäss Mail vom 29.9.2011 (H. Zogg)

# KANTON ZUG - AUSBAU SINSERSTRASSE, CHAM

Schemaschnitt Baumgrube in Grünfläche Mst. 1:25

benedikt stähli

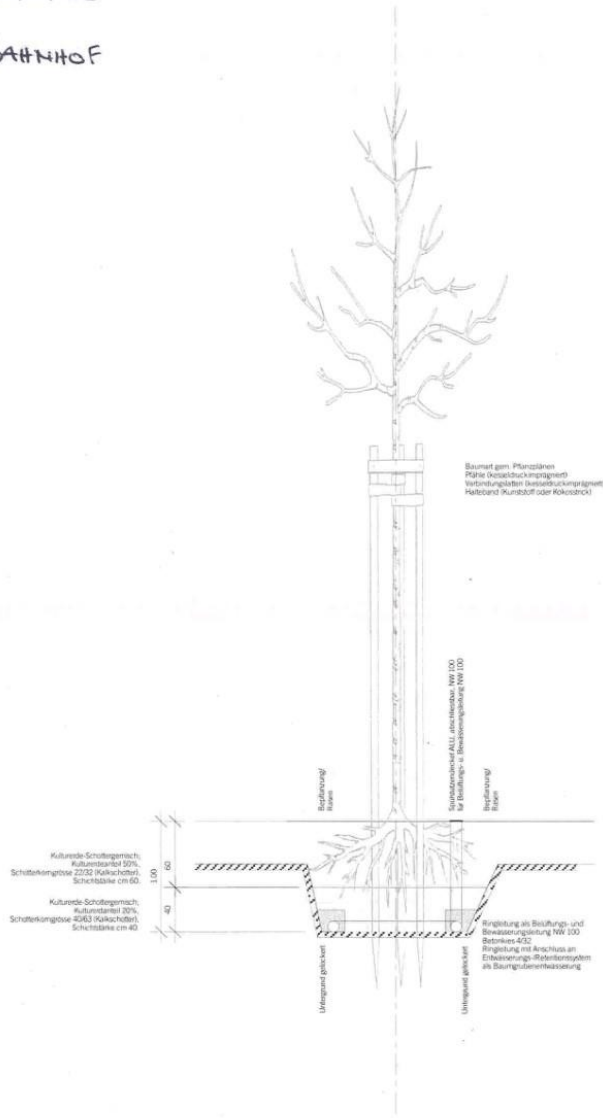
BRUNNEN | SCHIED | TÜRNTÜRFLÄCHEN | GARTEN  
 STROHSTRASSE 8 | CH-6330 CHAM  
 TEL: 041 780 4 780 | FAX: 041 780 4 789  
 WWW.BENEDIKTSTAHLI.CH



Detail Baumgrube Mst. 1:50

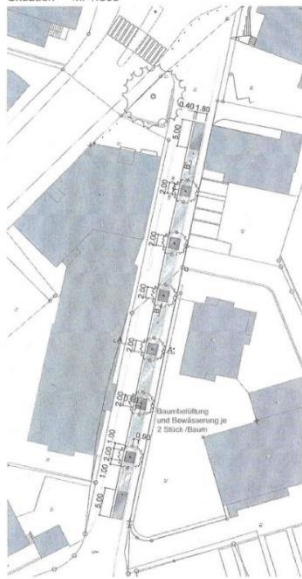
- MUGERENSTRASSE

- BAHNHOF



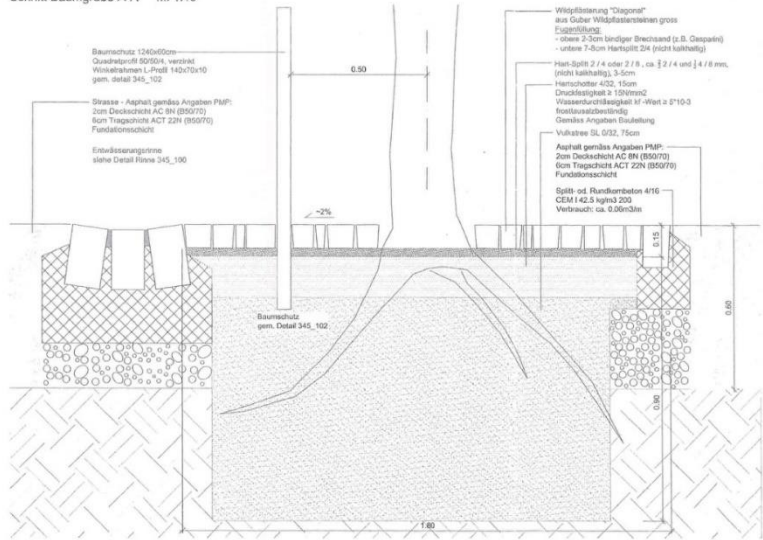
**Poststrasse**

Situation M. 1:500

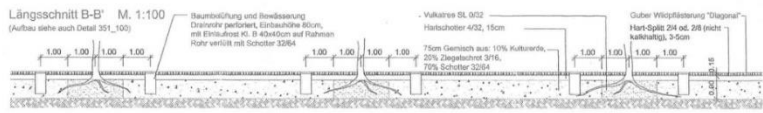


Legende Substrat:  
 Gestein aus:  
 70% Gesteinschutt 316  
 70% Schotter 316  
 z.B. Vulkanree SL 932  
 Klessand 1063

**Schnitt Baumgrube A-A' M. 1:10**



**Längsschnitt B-B' M. 1:100**



Objekt:	Sanierung/Umgestaltung Poststrasse Cham	Maß:	1:10 / 1:500 / 1:100	Format:	A3	Rev. b:	25.08.05	
Ausführung:	Ausführung	Gez.:	aal/pm	Datum:	05.08.05	Rev. c:	01.09.05	
Stand:	Baumgrube	Plan Nr.:	345_101e	Rev. a:	16.08.05	Rev. d:	30.10.06	APPERT + ZWÄHLEN
	<i>erhalten am 28.11.06 / ac</i>					Rev. e:	24.11.06	Landchaftsplanung S&L
								Superstrasse A - 6330 Cham
								Druck: 07/03/05 Fax: 046701010
								E-Mail: info@appert-zwaehlen.ch



# Anhang C – Daten Bodenuntersuchungen Physikalisch

**Beratungsdienst Bodenlabor JardinSuisse**  
5000 Aarau - 044 388 53 36



Kunde/Projektverfasser: **ZHAW Zeltner**

Probebezeichnung: **Liquidambar**  
Probeneingang: 25.02.2021  
Druckdatum: 04.03.2021

Wassergehalt Frischprobe: 14.5 %

## Messergebnisse

Untersuchungsparameter	Einheit	Mittelwert	Anforderungen gemäss FLL		
			für Extensivbegrünung	Messung 1	Messung 2
		Ergebnis	Tabelle A1	Ergebnis	Ergebnis
Anteil an Fraktion d<10 mm 1)	Masse %	50.2		50.25	
Anteil an Fraktion d<4 mm 1)	Masse %	46.5	≤ 49	46.46	
Anteil an Fraktion d<2 mm 1)	Masse %	34.6		34.63	
Anteil an Ton und Schluff (d <0.063 mm) 1)	Masse %	22.0	≤ 15	22.0	
Volumengewicht trocken 1)	g/cm <sup>3</sup>	1.5		1.49	1.47
Volumengewicht feldfeucht 1)	g/cm <sup>3</sup>	1.7		1.74	1.72
Volumengewicht bei WK <sub>max</sub> 1)	g/cm <sup>3</sup>	1.8		1.85	1.84
maximale Wasserkapazität (WK <sub>max</sub> ) 1)	Vol %	38.4	≥ 35 ≤ 65	38.5	38.3
Luftkapazität bei WK <sub>max</sub> (LK) 2)	Vol %	0.0	≥ 10	0.0	0.0
Porenvolumen total (WK + LK)	Vol %	37.6		37.1	38.0
maximale Wasserkapazität bei 10 cm Einbauhöhe	L/m <sup>2</sup>	38.4		38.5	38.3
Porenvolumen total (WK + LK) bei 10 cm Einbauhöhe	L/m <sup>2</sup>	38.4		38.3	38.5
Wasserdurchlässigkeit (K <sub>mod.</sub> ) 1)	cm/min	1.1	0.06 - 7	1.1	

Messmethoden: 1) FLL, 2) SN 670 903-6, 3) VDLUFA



JardinSuisse Bahnhofstrasse 94 5000 Aarau Telefon 044 388 53 00 Fax 044 388 53 40  
info@jardinsuisse.ch www.jardinsuisse.ch

**Beratungsdienst Bodenlabor JardinSuisse**  
5000 Aarau - 044 388 53 36



Kunde/Projektverfasser: **ZHAW Wädenswil**

Probebezeichnung: **Probe Prunus**  
Probeneingang: 28.09.2020  
Druckdatum: 04.02.2021

Wassergehalt Frischprobe: 14.8 %

## Messergebnisse

Untersuchungsparameter	Einheit	Mittelwert	Anforderungen gemäss FLL			
			für Extensivbegrünung	Messung 1	Messung 2	Messung 3
		Ergebnis	Tabelle A1	Ergebnis	Ergebnis	Ergebnis
Anteil an Fraktion d<10 mm 1)	Masse %	41.7		41.71		
Anteil an Fraktion d<4 mm 1)	Masse %	36.9	≤ 49	36.86		
Anteil an Fraktion d<2 mm 1)	Masse %	36.0		36.00		
Anteil an Ton und Schluff (d <0.063 mm) 1)	Masse %	22.7	≤ 15	22.7		
Volumengewicht trocken 1)	g/cm <sup>3</sup>	1.4		1.42	1.46	1.46
Volumengewicht feldfeucht 1)	g/cm <sup>3</sup>	1.7		1.67	1.71	1.71
Volumengewicht bei WK <sub>max</sub> 1)	g/cm <sup>3</sup>	1.9		1.86	1.87	1.87
maximale Wasserkapazität (WK <sub>max</sub> ) 1)	Vol %	42.5	≥ 35 ≤ 65	41.7	43.2	42.7
Luftkapazität bei WK <sub>max</sub> (LK) 2)	Vol %	3.4	≥ 10	5.0	2.3	2.8
Porenvolumen total (WK + LK)	Vol %	45.9		46.8	45.5	45.5
maximale Wasserkapazität bei 10 cm Einbauhöhe	L/m <sup>2</sup>	42.5		41.7	43.2	42.7
Porenvolumen total (WK + LK) bei 10 cm Einbauhöhe	L/m <sup>2</sup>	45.9		46.8	45.5	45.5
Wasserdurchlässigkeit (K <sub>mod.</sub> ) 1)	cm/min	0.7	0.06 - 7	0.7	0.4	1.1
Glühverlust ganze Fraktion	Masse %	3.7		3.8	3.6	3.6
pH-Wert		6.9	6.0 - 8.5	6.9		
Salzgehalt (KCL) (H <sub>2</sub> O) 3)	mg KCl/l	1223	≤ 3500	1223		

Messmethoden: 1) FLL, 2) SN 670 903-6, 3) VDLUFA



JardinSuisse Bahnhofstrasse 94 5000 Aarau Telefon 044 388 53 00 Fax 044 388 53 40  
info@jardinsuisse.ch www.jardinsuisse.ch



















## Anhang D – Daten Bonitur

Nr	Nr Kataster	Baumart	Standort	Pflanzjahr	Düngung	Durchmesser [m]	Gesamthöhe [m]	Lebendhöhe [m]	Kronenhöhe [m]	Kronenausdehnung [m]	Kronendurchmesser [m]	Vitalität	Wurzelauftrieb	Stammshiden	Stammaustrieb	fehlende Kronenteile	Datum	Austrieb	Differenz	Austrieb	Kommentar
Cc1	2183	Corylus colurna	überdeckte Baumgrube	2000	0/500	0.13	7.5	7.5	3.5	4	2.4	3	0	0	1	13	14.04.2021	18			
Cc2	4875	Corylus colurna	überdeckte Baumgrube	2007	1000/0	0.09	7.5	7.5	3.5	4	2.2	2.5	0	0	1	8	05.04.2021	9			
Cc3	2181	Corylus colurna	überdeckte Baumgrube	2000	0/0	0.20	10	10	6	4	6.2	1	1	0	1	3	27.03.2021	0			
Cc4	2180	Corylus colurna	überdeckte Baumgrube	2000	0/500	0.10	6	6	3	3	2.8	0.5	1	0	1	3	10.04.2021	14			
Cc5	2179	Corylus colurna	überdeckte Baumgrube	2000	1000/0	0.17	8	8	4.5	3.5	4	0.5	1	1	0	13	29.03.2021	2		Schlingwurzel	
Cb1	4710	Carpinus betulus	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2008	500/0	0.15	10	10	8	2	4.5	1	0	0	1	0	14.04.2021	0			
Cb2	4709	Carpinus betulus	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2008	0/0	0.13	10	10	7	3	3.4	0	0	0	1	0	14.04.2021	0			
Cb3	4708	Carpinus betulus	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2008	0/0	0.14	11	11	8	3	3.8	0	0	0	1	0	21.04.2021	7			
Cb4	4707	Carpinus betulus	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2008	0/0	0.13	10.5	10.5	8	2.5	3.2	1	0	1	1	0	14.04.2021	0			
Cb5	2157	Carpinus betulus	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2006	0/0	0.17	12	12	10	2	4.5	0.5	0	0	0	0	14.04.2021	0			
Cb6	2156	Carpinus betulus	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2006	0/0	0.14	8.5	8.5	4.5	4	3.5	1	1	1	1	0	14.04.2021	0		starker Stammsschaden und Welke	
Cb11	1265	Carpinus betulus	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	1995	1000/0	0.25	13.5	13.5	10.5	3	6.2	1	1	0	1	0	14.04.2021	0			
Cb12	1264	Carpinus betulus	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	1995	0/0	0.20	11	11	8	3	4.5	1.5	0	1	0	0	17.04.2021	3			
Cb13	1263	Carpinus betulus	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	1995	0/0	0.20	12.5	12.5	9.5	3	4.7	1.5	0	1	0	0	14.04.2021	0			
M1	2262	Corylus colurna	offene Baumgrube	2000	500/500	0.16	8	8	5.5	2.5	4.6	0	1	0	1	8	05.04.2021	9			
M2	2261	Corylus colurna	offene Baumgrube	2000	0/0	0.15	9	9	6.5	2.5	3.4	0	1	0	0	13	31.03.2021	4			
M3	2260	Corylus colurna	offene Baumgrube	2000	0/0	0.22	11	11	8	3	6.4	0	0	0	1	8	10.04.2021	14			
M4	2259	Corylus colurna	offene Baumgrube	2000	0/500	0.18	9	9	6	3	5.5	0	1	0	1	8	27.03.2021	0			
M5	2258	Corylus colurna	offene Baumgrube	2000	0/0	0.24	9	9	6	3	6.8		1	0	1	93	14.04.2021	18		vermutlich starker Frostschaden > 80%	
E1	2305	Corylus colurna	offene Baumgrube	2000	1000/1000	0.16	7	7	5	2	4.5	0	0	0	1	3	05.04.2021	9			
P1	3189	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2021	0/0	0.08	6	6	4	2	2	0	1	0	0	0	05.04.2021	2			
P2	3188	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2007	0/0	0.17	10	10	6	4	6.5	0	1	0	0	3	03.04.2021	0			
P3	3187	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2007	0/0	0.16	10	10	6	4	6.2	0	1	0	0	0	10.04.2021	7			
P4	3186	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2007	0/0	0.16	10	10	6	4	6.2	0	1	0	1	0	21.04.2021	18			
P5	3185	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2007	500/500	0.18	9.5	9.5	5.5	4	6.7	0	1	0	0	3	17.04.2021	14			
P6	7988	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2018	500/0	0.07	7	7	4.5	2.5	3.5	0	1	0	0	0	05.04.2021	2			
P7	3190	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2007	0/0	0.20	13.5	13.5	9.5	4	8.4	1	1	0	0	0	07.04.2021	4			
P8	3191	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2007	0/0	0.23	13.5	13.5	8.5	5	8.4	1	1	0	0	0	07.04.2021	4			
P9	3183	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2007	1000/1000	0.23	12.5	12.5	8.5	4	8	0	1	0	0	0	21.04.2021	18			
P10	3192	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2007	0/0	0.34	15	15	12	3	10.4	0	1	0	1	0	10.04.2021	7			
P11	6997	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2010	0/0	0.12	9	9	5	4	4.5	0	1	0	0	0	03.04.2021	0			
P12	6998	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2010	0/0	0.10	8.5	8.5	4.5	4	3.4	0	0	0	1	0	07.04.2021	4			
P13	7005	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2010	0/0	0.14	10	10	6	4	5.2	0	1	1	1	0	17.04.2021	14			
P14	7006	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2010	0/0	0.10	9	9	5	4	3.3	0.5	1	0	1	0	10.04.2021	7			
P15	7007	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2010	0/0	0.10	8	8	4	4	3.3	0	0	0	0	8	14.04.2021	11			
P16	7008	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2010	0/0	0.20	12	12	8	4	7	0	1	0	1	0	07.04.2021	4			
P17	7306	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2018	0/0	0.09	8	8	4	4	3.6	0	1	0	0	0	10.04.2021	7			
P18	7010	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2010	0/0	0.11	8	8	3.5	4.5	3.9	0	1	0	1	8	21.04.2021	18			
P19	7107	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2010	0/0	0.10	8.5	8.5	4.5	4	3	0.5	1	0	1	3	07.04.2021	4			
P20	7108	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2010	0/0	0.12	9	9	5	4	3.6	0.5	1	0	1	13	21.04.2021	18			
P21	7109	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2010	0/0	0.11	8	8	4	4	4.1	0	1	0	0	3	21.04.2021	18			
P22	7110	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2010	500/500	0.11	7.5	7.5	3.5	4	4.2	0	1	1	1	0	07.04.2021	4			
P23	7111	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2010	500/0	0.11	8	8	4	4	3.7	0	1	0	1	0	14.04.2021	11			
P24	7112	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2010	500/500	0.11	8.5	8.5	4.5	4	4.1	0	1	0	1	3	05.04.2021	2			
P25	7113	Fraxinus angustifolia	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2010	0/0	0.11	9	9	5	4	4	0	1	0	1	0	14.04.2021	11			
B1	7542	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2004	500/500	0.08	7.5	7.5	3.5	4	2	0	0	0	0	0	05.04.2021	0			
B2	2314	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2004	0/0	0.16	10	10	6	4	3.8	1	0	0	1	0	05.04.2021	0			
B3	2315	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2004	0/0	0.17	11.5	11.5	7	4.5	4.6	1	1	0	1	0	05.04.2021	0			
B4	2316	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2004	0/0	0.11	7.5	7.5	3.5	4	2.3	1.5	0	0	0	0	05.05.2021	30			
B5	2317	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2018	0/0	0.13	8	8	3.5	4.5	3	1.5	1	0	0	0	05.05.2021	30			
B6	5572	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2015	0/0	0.11	8.5	8.5	4	4.5	3.4	1.5	1	0	1	0	17.04.2021	12			
B7	5573	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2004	500/500	0.11	8.5	8.5	4	4.5	3.3	1.5	1	0	1	0	14.04.2021	9			
B8	5574	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2004	0/0	0.11	8	8	3.5	4.5	3.2	1	1	0	1	3	21.04.2021	16			
B9	5575	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2004	0/0	0.08	7	7	3.5	3.5	2.2	2	1	0	0	0	14.04.2021	9			
B10	5576	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2004	0/0	0.09	8	8	4	4	2.6	1.5	0	0	1	13	24.04.2021	19			
B11	5577	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2004	0/0	0.10	8	8	4	4	3.7	1	1	0	1	0	05.04.2021	0			
B12	5578	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2004	0/0	0.09	8	8	4	4	3	1.5	0	0	1	8	24.04.2021	19			
B13	5579	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2015	0/0	0.11	8.5	8.5	4.5	4	3.4	1.5	0	0	1	0	05.04.2021	0			
B14	7543	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0.09	8	8	4	4	1.7	1.5	1	0	1	0	07.04.2021	2			
B15	2319	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0.17	11.5	11.5	6.5	5	4.2	1	1	0	1	0	17.04.2021	12			
B16	2320	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0.19	12	12	7.5	4.5	5.5	0	0	0	1	0	24.04.2021	19			
B17	2321	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0.25	13	13	8.5	4.5	8.5	0	1	0	0	3	24.04.2021	19			
B18	2322	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0.25	13	13	8.5	4.5	8	0.5	0	0	0	0	24.04.2021	19			

B19	2323	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,22	14	14	10	4	6	0	1	0	0	0	17.04.2021	12	
B20	2324	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,17	8,5	8,5	4,5	4	4,4	1	1	0	1	0	05.04.2021	0	
B21	7614	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,09	5	5	2,5	2,5	3,3	1,5	0	0	1	13	05.04.2021	0	
B22	7980	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2004	500/0	0,07	6	5,5	3	2,5	2,7	1	1	0	1	8	17.04.2021	12	
B23	2327	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2004	0/0	0,18	11	11	7	4	5,8	1,5	1	0	1	0	05.04.2021	0	
B24	2328	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2004	0/0	0,20	8,5	8,5	5	3,5	5,8	1	1	0	1	0	05.04.2021	0	
B25	2329	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2004	0/0	0,21	11	11	7	4	7,7	1,5	1	1	1	0	05.04.2021	0	
B26	2330	Fraxinus angustifolia	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2015	0/0	0,23	13	13	9	4	8,4	1,5	1	0	1	0	05.04.2021	0	
P1	5526	Prunus avium 'Plena'	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,14	8	8	4	4	4,7	1	0	0	0	0	05.04.2021	0	
P2	5525	Prunus avium 'Plena'	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,17	8,5	8,5	4	4,5	5	0	0	0	1	0	05.04.2021	0	
P3	5524	Prunus avium 'Plena'	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	500/500	0,17	8,5	8,5	4,5	4	5	0	0	0	1	0	10.04.2021	5	
P4	5523	Prunus avium 'Plena'	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	500/500	0,15	7	7	3,5	3,5	5,2	1	0	0	1	0	14.04.2021	9	
P5	7601	Prunus avium 'Plena'	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	500/0	0,16	8	8	4	4	5,1	1	0	0	0	0	14.04.2021	9	
P6	5508	Prunus avium 'Plena'	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	500/0	0,17	8	8	4	4	5,3	0	0	0	0	0	05.04.2021	0	
P7	5506	Prunus avium 'Plena'	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,16	8	8	4	4	4,9	0	0	0	0	0	14.04.2021	9	
P8	5505	Prunus avium 'Plena'	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,14	7	7	3	4	4,5	0	0	0	0	0	05.04.2021	0	
P9	5532	Prunus avium 'Plena'	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,13	8	8	4,5	3,5	4,8	2,5	0	0	0	0	23	05.04.2021	0 kaum Austrieb
P10	5533	Prunus avium 'Plena'	überdeckte Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,15	8	8	4	4	5	0	0	0	0	0	05.04.2021	0	
L1	5490	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,11	9	9	5	4	1,3	2	0	0	1	0	21.04.2021	7	
L2	5491	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,11	9	9	5,5	3,5	1,2	1,5	0	1	1	0	17.04.2021	3	
L3	5492	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,11	7	7	3,5	3,5	1,4	1,5	0	0	1	0	17.04.2021	3	
L4	5493	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,12	9	7	4	3	2,2	0	0	1	1	23	17.04.2021	3 Ausbildung Sekundärkron	
L5	5494	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	500/0	0,12	8	8	4,5	3,5	2,4	0,5	0	1	1	0	17.04.2021	3	
L6	5495	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,11	9,5	9,5	6	3,5	2,1	0	0	0	1	0	21.04.2021	7	
L7	5497	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,11	8	8	5	3	2,8	0,5	1	1	1	0	17.04.2021	3 guter Austrieb unten	
L8	5498	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,13	9	9	5,5	3,5	3	0	1	1	1	0	14.04.2021	0	
L9	5499	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,11	8	8	4,5	3,5	2,8	0	0	1	1	0	21.04.2021	7	
L10	5500	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,11	9	9	5,5	3,5	1,6	2	0	1	1	0	21.04.2021	7	
L11	5510	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,12	7,5	7,5	4	3,5	3	0,5	0	1	0	0	21.04.2021	7 guter Austrieb unten	
L12	5511	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,13	7,5	7,5	4	3,5	2,98	0,5	0	0	1	0	21.04.2021	7 guter Austrieb unten	
L13	5512	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,11	9	9	5,5	3,5	3,2	1	0	1	1	0	17.04.2021	3	
L14	5513	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,11	9,5	9,5	6	3,5	2,6	1,5	0	1	1	0	21.04.2021	7	
L15	5517	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,11	9	9	5,5	3,5	1,2	1,5	0	0	1	0	24.04.2021	10	
L16	5518	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,12	8	8	4,5	3,5	2,5	1	1	1	1	13	17.04.2021	3	
L17	5519	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,11	8	8	4,5	3,5	2	1	0	0	1	0	17.04.2021	3	
L18	5522	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,12	7,5	7,5	4	3,5	2,1	1,5	0	1	1	0	17.04.2021	3	
L31	5531	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,11	10	10	6,5	3,5	3,6	0	1	0	0	0	24.04.2021	10	
L32	5504	Liquidambar styraciflua	offene Baumgrube, Entwässerung Strasse	2013	0/0	0,12	8	8	5	3	3,8	1	1	1	0	0	24.04.2021	10	

## Anhang E – Poster



# Auswertung Düngeversuch mit Jungbäumen

## AUSGANGSLAGE

Die herausfordernden Lebensbedingungen, welchen Bäume in der Stadt ausgesetzt sind, verlangen nach unterstützenden Massnahmen in der Pflege.<sup>1</sup> Basierend auf der Annahme, dass eine Düngung von Jungbäumen deren Entwicklung in den ersten Jahren fördert, wurde in Cham (ZG) 2014 ein Düngeversuch lanciert. Im Rahmen diese Versuchs wurden Stadtbäume an diversen Standorten in Cham jeweils zwei Mal im Jahr gedüngt. Die Düngung erfolgte in fester Form und wurde oberflächlich appliziert. Der erste Zeitpunkt lag im Frühjahr, vor dem Austrieb; der zweite im Herbst, nach dem Laubfall. Verarbeitet wurden die Dünger Oscarna Rasaflo (3-2-0.5) und Oscarna Aktivator (8-4-5), welche von Otto Hauenstein Samen (OHS) produziert werden. Die genannten Werte in den Klammern entsprechen dem Gewichtsanteil an Stickstoff, Phosphor und Kalium. Entwickelt wurden die organischen Düngemittel mit dem Forschungsinstitut für Landwirtschaft und Boden (FiBL).

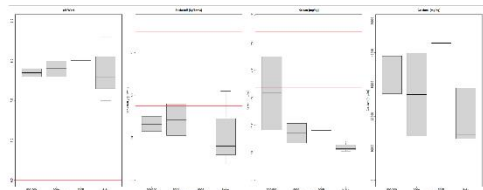


Abbildung 1: Zusammenstellung einiger wichtiger chemischer Parameter, zusammen mit den Empfehlungen von Jardin Suisse (eigene Grafik)

## ERGEBNISSE

Die Ergebnisse deuten auf keinen nennenswerten Vorteil in den untersuchten Parametern hin, obschon minimale Unterschiede in der Vitalität zu erkennen sind (siehe Abb. 2). Die sichtbaren Unterschiede lassen sich statistisch jedoch nicht als relevant ausweisen. Bei sämtlichen Parameter zur Baumgrösse sind die Resultate noch undeutlicher. Die chemischen Untersuchungen der Substrate deuten gleichwohl darauf hin, dass die zusätzlichen Nährstoffe im Boden verfügbar sind. Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, können die limitierenden Werte von Stickstoff und Kalium durch die Düngung leicht angehoben werden. Trotzdem werden die empfohlenen Richtwerte von Jardin Suisse im Mittel nicht erreicht. Auf der anderen Seite schränken der hohe pH und der dafür mitverantwortliche hohe Calciumwert die Aufnahme von Spurenelementen und Kalium ein.<sup>2</sup>

Die physikalischen Untersuchungen des Bodens deuten derweil darauf hin, dass sich das untersuchte Substrat leicht verdichten lässt. Es ist davon auszugehen, dass dies in Realität auch geschieht. Als Folge dessen ist die Luftversorgung im Boden schlecht, was die Nährstoffverfügbarkeit und -aufnahme einschränkt. Zusätzlich liess sich beobachten, dass der Triebzuwachs in den Jahren 2018 und 2019 nur sehr gering war, was vermutlich auf die Trockenperioden im Sommer zurückzuführen ist. Ähnlich wie die Verdichtung, schränken Trockenheit und Hitze die Nährstoffaufnahme, bei gleichzeitig geringerer Verfügbarkeit, ein.<sup>1,2</sup>

## VORGEHEN

Ob die Düngung zu einer Steigerung des Wachstums oder zu einer Verbesserung der Vitalität führt, galt es nun herauszufinden. Dementsprechend wurden sowohl die gedüngten als auch ungedüngte Bäume auf ihre Vitalität hin beurteilt. Dabei wurden Stamm- und Kronendurchmesser sowie die Baumhöhe gemessen. Die Parameter sollen das Wachstum repräsentieren, da jedoch ein Vergleich zu vormals datierten Messungen nicht möglich war, mussten die erfassten Werte untereinander verglichen werden. Zudem wurde die Kronenvitalität nach Roloff eingeschätzt.

Zusätzlich zur Bonitur wurden 8 chemische und 2 physikalischen Untersuchungen von Bodenproben in Auftrag gegeben. Zusammen mit der Literatur ermöglichten diese Rückschlüsse auf die Prozesse, welche die Nährstoffaufnahme und damit den allfälligen Erfolg einer Düngung beeinflussen.

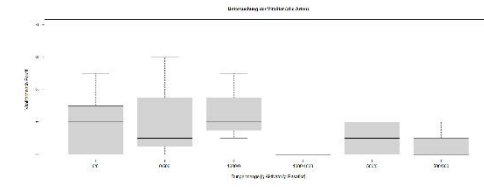


Abbildung 2: Vergleich der Vitalität über Bäume aller Art hinweg, unterteilt nach den jeweils verbleibenden Düngermengen (eigene Grafik)

## FAZIT

Auf Grund der Ergebnisse kann in diesem Fall nicht zu einer weiteren Düngung geraten werden. Diese Erkenntnis deckt sich mit derjenigen von Ferrini und Baietto (2006), welche nur im ersten Versuchsjahr leicht positive Effekte durch eine Düngung ausmachen können. Als wesentlich essentieller muss hingegen eine ausreichende Bewässerung betrachtet werden. Diese soll in den ersten fünf Slandjahren eines Baumes sichergestellt werden.<sup>1,3</sup>

Der zweite Faktor, der vor einer allfällig nützlichen Düngung stimmen muss, ist ein funktionierendes Substrat. Funktionierend heisst in diesem Fall, eine Verhinderung von Verdichtung und der daraus folgenden, unzureichenden Sauerstoffverhältnisse.

Trotzdem sollte die Düngung als Resultat der Versuche nicht ganz verworfen werden. Gerade die verwendeten organischen Düngemittel könnten beispielsweise einen positiven Effekt die Bodenaktivität haben. Zudem müssten weitere Untersuchungen zeigen, welchen Einfluss eine Düngung hat, sofern die genannten Faktoren eine bestmögliche Nährstoffaufnahme gewährleisten.

Abschliessend kann festgehalten werden, dass die Düngung in der Stadt wohl ein untergeordnete Rolle spielen wird, solange Temperatur, Trockenheit, Verdichtung und Bodenchemie die Aufnahme einschränken. Dies zeigt wiederum sehr gut, wie eng die Vielzahl von Faktoren zusammenhängt und dass eine Forschung in alle Richtungen essentiell ist.

an der Hochschule  
für angewandte Wissenschaften

**zhaw** Life Sciences und  
Facility Management

IUNR Institut für Umwelt und  
Natürliche Ressourcen

### Autor

1911 Zoltror  
Sozialstudengang 2017  
Studienrichtung Umwelt/Ingenieurwesen  
Vertiefung Urbane Ökologiem

### Quellen

1. Spalholz, A. (2019). Jungbäumelegen-fürliche Auswirkungen zu Pflanzenst. Düngung, Mulch und Bewässerung, Erntet, weil die Baumbewässerung. In *Jahrbuch der Baumpflanze 2017*.
2. Herrmann, J. V. (2017). 'Sassi-Räden' ab Baum's andorie. In *Jahrbuch der Baumpflanze 2017*.
3. Ferrini, F. & Baietto, M. (2006). Response to Fertilization of Different Tree Species in the Urban Environment. *Arboriculture & Urban forestry*, 32.