

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

Nachhaltiges Management von Stadtbäumen zur Optimierung der Lebenserwartung und der Vitalität



Masterarbeit

von

Martina Weiss

Master of Science (MSc) ZFH in Life Sciences

Natural Resource Sciences

Abgabedatum 30. Mai 2015

Korrektoren:

Reto Hagenbuch

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, 8820 Wädenswil

Dr. Esther Fischer

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, 8820 Wädenswil

Fritz Bächle

Stadtgärtnerei Luzern, Industriestrasse 6, 6005 Luzern

Impressum

Schlagworte:

Stadtbaum, Nachhaltiges Management, Lebenserwartung, Vitalität, Buchsbaumzünsler, Biologische Bekämpfung

Zitiervorschlag:

Weiss M. (2015). Nachhaltiges Management von Stadtbäumen zur Optimierung der Lebenserwartung und der Vitalität. Masterarbeit ZHAW

Adresse des Institutes:

Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Grüental, Postfach, 8820 Wädenswil

Zusammenfassung

Bäume mit grossem Kronenvolumen und entsprechendem Alter erbringen vielfältige Ökosystemdienstleistungen. Im urbanen Raum sind Bäume einer Vielzahl von Stressfaktoren ausgesetzt, die ein vitales Wachstum stark einschränken. Häufig werden Stadtbäume nach 20 bis 40 Jahren ersetzt. Ein nachhaltiges Management von Stadtbäumen ermöglicht es, langfristig von den Leistungen der Stadtbäume profitieren zu können.

Diese Masterarbeit untersucht anhand von Recherchen und Gesprächen mit Fachpersonen, mit welchen Massnahmen in der Planungs-, Bau- und Pflegephase ein solches Stadtbaummanagement zielgerecht umgesetzt werden kann. Eine wichtige Voraussetzung ist die strategische Planung mit einer Bestandsaufnahme, Zielformulierungen sowie Umsetzungs- und Monitoringplänen. Eine fachgerechte Planung stellt den Stadtbäumen genügend ober- und unterirdischen Raum zu Verfügung. Anhand des Standortes kann die zentrale Funktion des Stadtbaumes definiert werden, die dann eine entsprechende Arten- und Sortenwahl ermöglicht. Sind Standort und Baumart festgelegt, erfolgt die Planung der Baumgrube, des Wurzelbereichs, der Bewässerungs- und Belüftungssysteme und der Substratzusammensetzung. Eine standortgerechte Gestaltung der Baumscheibe und eine fachgerechte Baumpflanzung gehören ebenfalls zu den planerischen und baulichen Massnahmen.

In der Pflegephase sind eine artspezifische, periodische Jungbaumpflege mit bedarfsgerechten Wasser- und Nährstoffgaben, Gehölzschnitte zur Erzielung der gewünschten Kronenform und Verhinderung von Problemstellungen sowie Baumkontrollen zur Garantie der Verkehrssicherheit erforderlich. Manuelle Bewässerungsmethoden, der Einsatz von Pflanzenernährungs- und Pflanzenschutzmittel spielen im urbanen Raum eine untergeordnete Rolle. Wichtiger sind prophylaktische Massnahmen, die entsprechende Defizite verhindern. Ein differenzierter Winterdienst, der neben Sicherheitsaspekten und ökonomischen Kriterien die Umweltbelastung durch Streusalze miteinbezieht, und ein fachgerecht umgesetzter Baumschutz auf Baustellen sind ebenfalls von Bedeutung in der Pflegephase.

Zu einem nachhaltigen Management von Stadtbäumen gehört ein effizientes Schädlingsmanagement. In einem Feldversuch wird das Untersuchungs- und Anwendungsregime in der biologischen Bekämpfung des Buchsbaumzünslers (*Diaphania perspectalis*) analysiert. Die Ergebnisse des Feldversuches können aufgrund des tiefen Befallsdrucks ausgewertet werden. Recherchen zeigen, dass regelmässige Untersuchungen der Buchspflanzen notwendig sind, um die Larven frühzeitig zu bekämpfen. Dadurch können die beachtlichen Schäden, die der Buchsbaumzünsler zu verursachen vermag, verhindert werden. Zur Bekämpfung hat sich ein biokonformes Insektizid auf Basis der von *Bacillus thuringiensis var. kurstaki* erzeugten Toxine etabliert.

Abstract

Trees with large crown volume and corresponding age provide a wide range of ecosystem services. The urban environment, with its many constraints, limits the average lifespan of a tree to only 20 to 40 years. Urban forestry aims to increase longevity and the vitality of urban trees for the purpose of a long-term benefit from the services they provide.

This Master's Thesis examines specific principles in planning, constructing and maintaining urban forests. A key aspect is a strategic management plan with a current state analysis, a vision and goals as well as an implementation and monitoring plan. Strategic planning creates tree places with sufficient soil volume for root growth and aerial space for tree crown spread and development. The selection of tree species should depend on the function, that is, the desired benefits from a tree. Tree species and planting site conditions influence the layout of the planting site including soil composition, irrigation and ventilation systems. Surface opening treatment and professional tree planting also belong to the planning and construction measures.

Maintenance measures include a species-specific, post-planting care with a needs-based water and nutrient supply, pruning to achieve the desired crown shape and prevent problematic growth, and tree control to guarantee road safety. Manual irrigation methods as well as the use of plant nutrition and pesticides play a subordinate role in the urban context; more important are prophylactic measures to prevent corresponding deficits. An economic use of de-icing salt, which mitigates salt damage to trees without limiting safety, and professionally implemented tree protection on construction sites are also important in the maintenance phase.

Sustainable urban forestry also includes effective pest management. In a field experiment, the examination and application routine for the biological control of *Diaphania perspectalis* (the box-tree pyralid) was analysed. Due to low infestation, the results were inconclusive. Research shows that regular, consistent monitoring is necessary and enables early control measures against young larvae, thereby preventing considerable damage. For pest control, a biocompliant insecticide on the basis of toxins produced by *Bacillus thuringiensis var kurstaki* is now commonly used.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	1
Abstract	2
Liste der Abkürzungen	5
Abbildungsnachweis	5
1 Einleitung	6
1.1 Ausgangslage	6
1.2 Systembeschreibung Stadtbaummanagement	7
1.3 Forschungsfrage	9
1.4 Aufbau der Masterarbeit	10
1.5 Verwendung der Ergebnisse	10
2 Methodisches Vorgehen	11
2.1 Literaturrecherche und Gespräche mit Fachpersonen	11
2.2 Feldversuch	12
2.2.1 Versuchsgegenstand	12
2.2.2 Versuchsstandort	16
2.2.3 Versuchsdesign	17
3 Ergebnisse zum Stadtbaummanagement	21
3.1 Planungs- und Bauphasen	21
3.1.1 Strategische Planung	22
3.1.2 Standortwahl	23
3.1.3 Standortgerechte Arten- und Sortenwahl	23
3.1.4 Baumgrube, Wurzelbereich und Substrate	26
3.1.5 Automatische Bewässerungsanlagen und Belüftungssysteme	27
3.1.6 Baumscheiben	29
3.1.7 Baumpflanzung	29
3.2 Pflegephase	31
3.2.1 Jungbaumpflege	32
3.2.2 Baumpflege in den Reife- und Alterungsstadien	33
3.2.3 Pflanzenernährung	33
3.2.4 Bewässerung	34
3.2.5 Pflanzenschutz	34
3.2.6 Winterdienst	37
3.2.7 Baumkontrollen	38
3.2.8 Baumschutz	40
4 Ergebnisse des Feldversuches	41
4.1 Untersuchungs- und Anwendungsregime	42
4.2 Boniturergebnisse	44
4.3 Weitere Einflussfaktoren	45
4.4 Übersicht	47

4.5	Wetterdaten	48
5	Diskussion	51
5.1	Beantwortung der Forschungsfrage	51
5.1.1	Beantwortung der ersten Teilfrage	52
5.1.2	Beantwortung der zweiten Teilfrage	54
5.1.3	Beantwortung der dritten Teilfrage	56
5.2	Diskussion der Ergebnisse	58
5.2.1	Nachhaltiges Management von Stadtbäumen.....	58
5.2.2	Feldversuch	58
5.3	Diskussion der Methode	62
5.3.1	Literaturrecherche und Gespräche mit Fachpersonen.....	62
5.3.2	Feldversuch	62
5.4	Ausblick.....	65
	Literaturverzeichnis.....	67
	Verzeichnis der Abbildungen	73
	Verzeichnis der Tabellen.....	74
	Anhang.....	75

Liste der Abkürzungen

ALB	Asiatischer Laubholzbockkäfer (<i>Anoplophora glabripennis</i>)
BBZ	Buchsbaumzünsler (<i>Diaphania perspectalis</i>)
BHD	Brusthöhendurchmesser
BSB	Bund Schweizer Baumpflege
Bt-Präparat	<i>Bacillus thuringiensis</i> -Präparat
FiBL	Forschungsinstitut für Biologischen Landbau
FLL	Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
GALK	Gartenamtsleiterkonferenz des Deutschen Städtetages
L1 – L6	Larvenstadien 1 – 6 in der Entwicklung des Buchsbaumzünslers
LWG	Bayrische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau
PSM	Pflanzenschutzmittel
TDAG	Trees and Design Action Group
TEEB	The Economics of Ecosystems and Biodiversity
URGE	Urban Green Environment
V1 – V4	Verfahren 1 – 4 im Feldversuch dieser Masterarbeit
VSSG	Vereinigung Schweizer Stadtgärtnereien und Gartenbauämter
W1 - W5	Wiederholung 1 – 5 im Feldversuch dieser Masterarbeit
ZHAW	Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften

Abbildungsnachweis

Die Fotos und Diagramme stammen, wenn nichts anderes vermerkt von der Autorin. Die Illustrationen stammen von der TDAG und sind Anlehnung an die Forschungsfrage von der Autorin bearbeitet.

1 Einleitung

In diesem Kapitel sind die Ausgangslage, der Aufbau der Arbeit, die Verwendung der Ergebnisse und die Forschungsfrage mit ihren Teilfragen beschrieben.

1.1 Ausgangslage

Stadtbäume¹ haben als Grünraumelemente vielseitige Nutzen und Funktionen und übernehmen zahlreiche Ökosystemdienstleistungen. In Anlehnung an die vier Kategorien der TEEB² (2010) sind dies:

- Regulierende Leistungen wie Klimafunktionen, Wasser- und CO₂-Speicherung, Lärmschutz, Luftfilterung
- Kulturelle Leistungen wie Erholungsleistungen, ästhetische und historische Funktionen
- Unterstützende Leistungen wie Sauerstoffproduktion als Nebenprodukt der Fotosynthese
- Versorgungsleistungen wie Nahrungsmittelproduktion für Fauna und Flora, in einer untergeordneten Rolle auch für den Menschen

Bäume leisten einen wichtigen Beitrag zur Biodiversität (Gloor 2012). Für die Gesellschaft erhöhen Grünräume und mit ihnen die Stadtbäume die urbane Lebensqualität (URGE 2004). Sie sind Gestaltungselemente und Gegenspieler zum überbauten Raum, fördern die Naturwahrnehmung und sind Zeitzeugen vergangener Epochen und Nutzungen (vgl. Weiss et al. 2009). Der ökonomische Nutzen ergibt sich aus der Wertsteigerung des begrüneten Standortes resp. der Immobilien mit Sicht „ins Grüne“ (Gruehn 2006) sowie aus der monetären Wertschöpfung der Ökosystemdienstleistungen wie der Feinstaubminderung oder der Klimaregulierung (TEEB 2010). Im Hinblick auf eine nachhaltige Stadtentwicklung werden Stadtbäume an Bedeutung gewinnen (Gerhardt und Weller 2011).

Zur Funktionserfüllung der erwähnten Leistungen sind grosse Kronenvolumen und ein entsprechendes Alter der Bäume notwendig. Nach Niedermann-Maier et al. (2010) wird der ökologische Leistungswert von Bäumen erst ab einem Stammdurchmesser³ (BHD) von 40 cm als hoch bezeichnet. Ein Baum mit einem Durchmesser von 75 cm (BHD) hat eine zehnfach höhere Filterwirkung und speichert 90-mal mehr Kohlendioxid als ein Jungbaum mit 15 cm Durchmesser (BHD) (City of Toronto 2013). In Bezug auf seine Leistungen ist ein Baum umso wertvoller, je älter und umfangreicher er ist.

Im urbanen Raum stellt das vitale Wachstum von Stadtbäumen eine grosse Herausforderung dar. Stadtbäume werden an Standorten gepflanzt, die nicht ihrem natürlichen Habitat entsprechen. Sie sind einer Vielzahl von standortabhängigen Stressfaktoren ausgesetzt, welche ein natürliches Wachsen stark einschränken. Dazu gehören Trockenstress, Sauerstoff- und Wassermangel durch Verdichtung, Schadstoff- und Salzbelastungen sowie Beschädigungen im Wurzel-, Stamm- und Kronenbereich (Roloff 2013). Die standorttypischen Temperaturextreme durch Wind, Abstrahlung und nächtliche Rückstrahlung und die geringen Niederschlagsmengen werden durch den Klimawandel noch verschärft (Böll et al 2014). Diese Stressfaktoren ma-

¹ In dieser Arbeit beinhaltet der Begriff *Stadtbaum* Solitäre, Baumgruppen und Alleen im urbanen Raum nach Roloff (2013). Seine Definition des Begriffs beinhaltet auch Stadtwälder, welche in dieser Arbeit nicht miteinbezogen werden, da sich für forstwirtschaftlich genutzte Stadtwälder andere Herausforderungen ergeben.

² The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) ist eine internationale Forschungsinitiative, welche 2007 von den Umweltministern der G8+5 Ländern in Potsdam initiiert wurde.

³ Stammdurchmesser auf Brusthöhe (Brusthöhendurchmesser, BHD)

chen Stadtbäume anfälliger gegenüber Schädlingen und Krankheitserregern (Kehr und Rust 2007). Dies führt zu Vitalitätseinbussen und senkt die Lebenserwartung von Stadtbäumen. Im urbanen Raum erreicht ein Baum maximal 50 Prozent seiner potentiellen Altersspanne, bei Strassenbäumen sind es 25 Prozent (Roloff 2013). In Schweizer Städten werden Strassenbäume höchstens 40 Jahre alt, häufig werden bereits 20-jährige Bäume ersetzt (mündliche Mitteilung Fritz Bächle und Roger Fischer).

1.2 Systembeschreibung Stadtbaummanagement

In Anlehnung an Jansson und Lindgren (2012) wird das nachhaltige Management von Stadtbäumen als Teil des Grünraummanagements verstanden. Dessen übergeordnetes Ziel ist es, den Nutzern die vielfältigen Leistungen und Funktionen von Grünräumen zur Verfügung zu stellen. Es beinhaltet die Leistungen, die von einer Organisation durchgeführt werden, um die bestehenden Grünräume zu pflegen und neue zu planen und zu gestalten (ebenda). Ausgehend vom „park-organisation-user model“ von Persson (vgl. Randrup und Persson 2009), welches die Beziehungen innerhalb des Grünraummanagements beschreibt, wird für diese Arbeit ein Modell für ein nachhaltiges Stadtbaummanagement abgeleitet (vgl. Abb. 1).

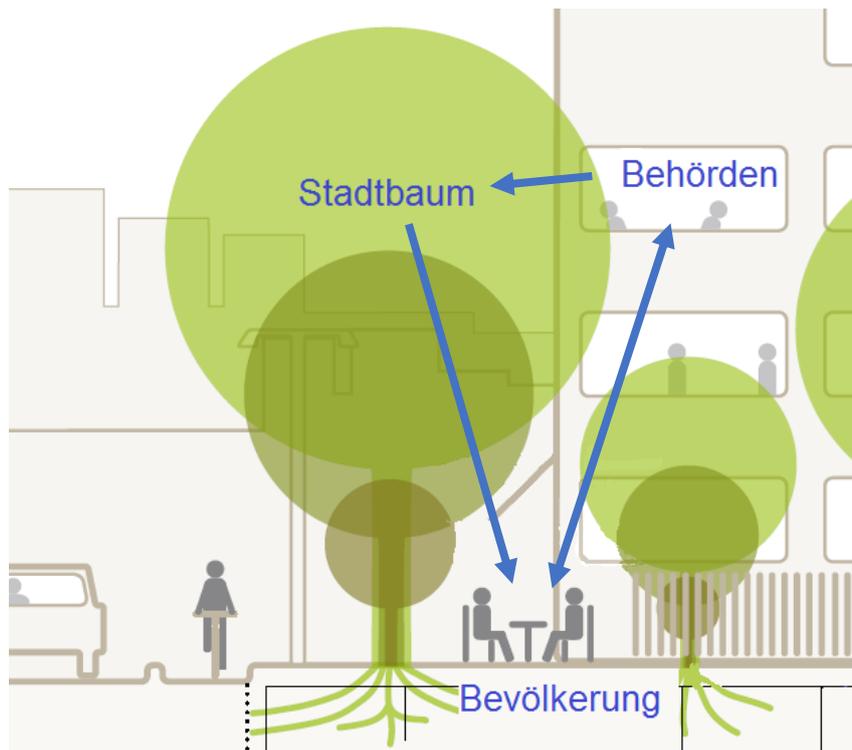


Abb. 1 Stadtbaummanagement als Modell

Das Modell stellt die Beziehungen zwischen der Ressource Stadtbaum⁴ und den Stakeholdern Bevölkerung und Behörden dar. Die verschiedenen Elemente beeinflussen sich gegenseitig (Jansson und Lindgren 2012). Unter Behörden werden die politischen, administrativen und ausführenden Organe einer Gemeinde verstanden, welche über das notwendige Wissen verfügen, um mit entsprechenden Ressourcen das Grünraummanagement zu betreiben (Randrup und Persson 2009).

⁴ Im Modell von Persson wird vom „urban green environment“ gesprochen (Randrup und Persson 2009).

In Anlehnung an die Zielsetzung des Grünraummanagements (vgl. Jansson und Lindgren 2012) hat Stadtbaummanagement zum Ziel, der Bevölkerung die vielfältigen Leistungen der Stadtbäume zur Verfügung zu stellen. Dabei nimmt die Optimierung der Lebenserwartung und der Vitalität eine zentrale Rolle ein (vgl. Kap. 1.1). Diese Arbeit fokussiert auf Massnahmen in der Planungs-, Bau- und Pflegephase, welche diese Optimierung zum Ziel haben und von den Behörden⁵ geplant und umgesetzt werden. Auf die dafür notwendigen Ressourcen oder die Stärkung dieser, wird hier nicht eingegangen. Auch die anderen Beziehungen zwischen den Elementen sind nicht Bestandteil dieser Arbeit.

⁵ In der Schweiz sind dies die Stadtgärtnereien und Gartenbauämter, die mit weiteren relevanten Ämtern und Planenden zusammenarbeiten.

1.3 Forschungsfrage

Die Masterarbeit bearbeitet folgende Forschungsfrage und ihre drei Teilfragen:

Wie kann die Lebenserwartung und die Vitalität von Stadtbäumen optimiert werden?

Welche Massnahmen müssen in der Planungs- und Bauphase umgesetzt werden?

Welche Massnahmen müssen in der Pflegephase umgesetzt werden?

Wie sieht ein effizientes Untersuchungs- und Anwendungsregime in der biologischen Bekämpfung des Buchsbaumzünslers aus?

Die Lebenserwartung und die Vitalität von Stadtbäumen hängt nicht nur von pflegerischen Massnahmen ab, sondern auch von vielen Entscheidungen, die während der Planungs- und Bauphase getroffen werden (vgl. FLL 2010a), beispielsweise bei der Arten- und Sortenwahl (Gloor 2012). Aus diesem Grund fokussieren die ersten beiden Teilfragen auf diese Lebenszyklusphasen⁶. Die Arbeit trägt bestehendes Wissen und Best Practice aus dem In- und Ausland zusammen.

Zu einem nachhaltigen Stadtbaummanagement gehört ein effizientes Schädlingsmanagement. Mit dem internationalen Handel und der Klimaerwärmung treten neue Krankheiten und Schädlinge auf, welche die zuständigen Behörden vor grosse Herausforderungen stellen (Kehr und Rust 2007). Dazu gehören beispielsweise der Asiatische Laubholzbockkäfer (*Anoplophora glabripennis*), der Kastanienrindenkrebs (*Cryphonectria parasitica*) oder der Buchsbaumzünsler (*Diaphania perspectalis*). Seit 2007 verursacht dieser ostasiatische Kleinschmetterling in der Schweiz beachtliche Schäden an Buchspflanzen (*Buxus* spp.) (Wermelinger 2010) und ist für ihr Verschwinden aus Grünanlagen verantwortlich (Günter 2014). Zur Bekämpfung hat sich ein selektives, biokonformes Insektizid auf Basis der von *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* erzeugten Toxine (*Bt*-Präparat) etabliert (mündliche Mitteilung von Patrick Göpfert und Reto Hufschmid). Grössere Stadtgärtnereien investieren viel Zeit in das Monitoring des Schädlings. Dank diesen intensiven Untersuchungen wird der Buchsbaumzünsler bereits in frühen Larvenstadien gefunden und bekämpft. Kleinere Stadtgärtnereien und Werkhöfe verfügen nicht über die Ressourcen für ein solches Monitoring. Dort wird der BBZ erst bekämpft, wenn die Larven beachtliche Schäden angerichtet haben (mündliche Mitteilung von Fritz Bächle und René Dups).

Zur Beantwortung der dritten Teilfrage wird untersucht, wie ein effizientes Untersuchungs- und Anwendungsregime in der Bekämpfung des Buchsbaumzünslers mit einem *Bt*-Präparat⁷ aussieht. Ein Feldversuch, umgesetzt in der Stadt Luzern, soll Aufschlüsse geben, ob die intensiven Untersuchungen und der frühe Bekämpfungszeitpunkt im Hinblick auf das Ausmass der Schäden notwendig sind.

⁶ Massnahmen für die Produktion von Stadtbäumen sind nicht Teil dieser Masterarbeit, da sie den Rahmen dieser sprengen würden.

⁷ In diesem Versuch wird Delphin® der Firma Andermatt Biocontrol verwendet.

1.4 Aufbau der Masterarbeit

Nach der Einleitung im ersten Kapitel, in dem Ausgangslage, Forschungsfrage und Verwendung der Ergebnisse erläutert werden, folgt die Beschreibung des methodischen Vorgehens (Kapitel 2). Die Ergebnisse zum Stadtbaummanagement werden im dritten Kapitel dargelegt, im vierten die Ergebnisse des Feldversuches. In der Diskussion (Kapitel 5) werden die Forschungsfrage beantwortet, die Ergebnisse und die angewendeten Methoden kritisch betrachtet und ein Ausblick auf weiterführende Forschungsarbeiten gegeben. Danach folgen das Literaturverzeichnis und die Anhänge.

1.5 Verwendung der Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Masterarbeit fliessen in das Projekt Grünstadt Schweiz mit ein. In diesem Projekt wird ein Label für nachhaltiges Management von Stadtgrün entwickelt. Das Projekt dauert von 2013 bis 2015 und ist von der Vereinigung der Schweizerischen Stadtgärtnereien und Gartenbauämter VSSG, Bioterra, Nateco, dem Forschungsinstitut für Biologischen Landbau FiBL und der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW sowie den Stadtgärtnereien Basel, Luzern und Winterthur initiiert worden.

Das Label wird ab 2016 an Städte vergeben, welche ihre Grünräume nachhaltig planen, gestalten und pflegen sowie den Wert und die Funktion der grünen Infrastruktur entsprechend kommunizieren und gezielt fördern. Dies wird anhand von sechzig Massnahmen aus den Kern- und Unterstützungsprozessen des Grünflächenmanagements überprüft. Das hier erarbeitete Wissen fliesst in die Massnahmen aus den Prozessen „Planung, Projektierung und Bau“, „Pflege und Unterhalt“ sowie „Biodiversität“ ein.

2 Methodisches Vorgehen

Ausgehend von der Forschungsfrage und den drei Teilfragen gliedert sich das methodische Vorgehen der Arbeit. Für die Bearbeitung der ersten beiden Teilfragen wird als Methode eine Literaturrecherche und Gespräche mit Fachpersonen gewählt. Zur Beantwortung der dritten Teilfrage wird in der Stadt Luzern ein Feldversuch umgesetzt.

2.1 Literaturrecherche und Gespräche mit Fachpersonen

In der Literaturrecherche werden verschiedene Medien berücksichtigt:

- Die Tagungsbände der „Deutschen Baumpflegetage“, der „Osnabrücker Baumpflegetage“ und der „Dresdner StadtBaumtage“
- Die Fachzeitschriften „Pro Baum“, „Stadt und Grün“, „Urban Forestry and Urban Greening“, „Arboriculture and Urban Forestry“
- Die Publikationen des „Arbeitskreis Stadtbäume“ der Gartenamtsleiterkonferenz des Deutschen Städtetages GALK, der „Arbeitsgruppe Bäume“ der VSSG und der Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau FLL
- Die elektronischen Datenbanken „Web of Science“ und „ScienceDirect“ mit der Stichwortsuche „Urban Forestry“, „Urban Tree“, „Street Tree“, „Urban Landscape Management“
- Fachbücher zur Baumpflege im urbanen Raum
- Online Suchmaschine und Webseiten zur Ergänzung der Recherche und Vertiefung spezifischer Themen

Neben der Recherche werden Gespräche⁸ mit verschiedenen Fachpersonen durchgeführt, um zusätzliche Informationen und Praxiswissen zu gewinnen. Die Gespräche dienen dazu, die Best Practice⁹ sowie die Herausforderungen im Bereich Baumpflege in Erfahrung zu bringen. Die Gespräche werden mittels Handprotokoll aufgezeichnet. Die Informationen fliessen in die nachfolgenden Kapitel ein. Zwischen Mai 2013 und Januar 2015 werden mit folgenden Personen Gespräche geführt:

- Yvonne Aellen, Leiterin Grünflächenunterhalt, Stadtgärtnerei Basel
- Fritz Bächle, Baumsachverständiger, Stadtgärtnerei Luzern
- René Dups, stellvertretender Verantwortlicher Baumschule Arlesheim, Stadtgärtnerei Basel
- Roger Fischer, Grünflächenverantwortlicher Bezirk Altstadt links der Limmat und Enge, Grün Stadt Zürich
- Patrick Göpfert, Kreisleiter Kreis Hörnli, Stadtgärtnerei Basel
- Axel Heinrich, Dozent Urban Forestry, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
- Reto Hufschmid, stellvertretender Kreisleiter Kreis Hörnli, Stadtgärtnerei Basel
- Stefan Rütten, Baumpfleger, Stadtgärtnerei Winterthur

⁸ Die Gespräche werden als Einzelgespräche (Yvonne Aellen, Roger Fischer, Fritz Bächle, Reto Hufschmid, Patrick Göpfert) oder in Form eines Workshops (Fritz Bächle, René Dups, Stefan Rütten) durchgeführt.

⁹ In dieser Arbeit wird der Begriff entsprechend der Definition des Dudens als bestmögliche Massnahme verstanden (Duden 2015).

2.2 Feldversuch

Für die Beantwortung der dritten Teilfrage wird in Zusammenarbeit mit der Stadtgärtnerei Luzern ein Feldversuch zur biologischen Bekämpfung des Buchsbaumzünslers umgesetzt. Ziel dieses Versuches ist es, zu klären, welche Untersuchungsstrategien und daraus abgeleitete Anwendungsstrategien Frassschäden effektiv verhindern können. Der Versuchsaufbau findet im Jahr 2013, die Durchführung im Jahr 2014 statt.

2.2.1 Versuchsgegenstand

Der Buchsbaumzünsler (*Diaphania perspectalis*, *Cydalima perspectalis*, *Glyphodes perspectalis*) (BBZ) ist ein Kleinschmetterling und gehört zur Familie der Rüsselzünsler (Crambidae) (Lepiforum 2015).

Generationenverhalten: Der Schädling bildet pro Jahr bis zu drei Generationen (Leuthardt et al. 2010). Die Larvalentwicklung ist witterungs- und temperaturabhängig (ebenda), unter Laborbedingungen dauert sie vom ersten bis zum sechsten Stadium (L1-L6) 33 Tage (Oelhafen 2012), bei weniger idealen Bedingungen bis zu 84 Tage (Leuthardt et al. 2010). Das Temperaturoptimum liegt zwischen 15.0 und 27.5 Grad Celsius (Nacambo et al. 2014). Die Anzahl der Larvenstadien variiert je nach Temperaturbedingungen zwischen fünf und sieben Stadien (Leuthardt et al. 2010). Tab. 1 zeigt die prognostizierte Generationenabfolge mit den Erscheinungszeiträumen für die einzelnen Stadien (vgl. Andermatt Biocontrol 2015a).

Tab. 1 Generationenabfolge

Stadium	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
Larve	■		■			■		■		■		■ Winterruhe
Puppe				■			■					
Falter				■			■					
Eier				■			■					

Larvenstadium: Der BBZ überwintert als Larve in einem Gespinst im Buchsbaum oder in unmittelbarer Nähe der Futterpflanze (Stadtgärtnerei Basel 2012). Sobald im Frühjahr die Temperaturen steigen, werden die Larven aktiv. In Europa liegt der beobachtete Entwicklungsnullpunkt der Larven bei 8.38 Grad Celsius (Nacambo et al. 2014). Oelhafen (2012) konnte in ihren Untersuchungen feststellen, dass die Larven vor allem in den Anfangsstadien sehr empfindlich auf Feuchtigkeitsschwankungen reagieren. In der Zucht im Labor hat die Anwesenheit von Kondenswasser oder das Besprühen mit Wasser die Entwicklung der Larven negativ beeinflusst (ebenda).



Abb. 2 Leere Puppe und Kopfkapsel

Die Larven sind grün-gelb mit weiss-schwarzen Längsstreifen und einer schwarzen Kopfkapsel (vgl. Abb. 3) und werden bis zu fünf Zentimeter lang (vgl. Abb. 3) (Lepiforum 2015).

Puppenstadium: Nach der Larvalentwicklung folgt das Puppenstadium. Es dauert etwa eine Woche. Die Pup-

pe, erst grün, später grau-beige befindet sich meist in einem Gespinst zwischen Buchsblättern (vgl. Abb. 2).

Falterstadium: Der Falter, das adulte Stadium des Schädling, lebt etwa 8 Tage. Der Falter hat lange Fühler und weisslich-graue Flügel mit dunklen Rändern (vgl. Abb. 12, Seite 42) (Stadtgärtnerei Basel 2012). Der Falter pflanzt sich fort, das Weibchen legt 8 bis 18 Eier pro Gelege (Hizal et al. 2012) auf Blattunterseiten. Noch nicht befallenen Buchspflanzen werden für die Eiablage bevorzugt (Albert und Lehneis 2010).

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit der Falter beträgt etwa 5 km pro Generation (Leuthardt et al. 2010). In der



Abb. 3 Junge Larve und Frassschäden

Regel findet der erste Falterflug im Juli, ein zweiter im September statt. Diese Zeitpunkte hängen jedoch stark von den Witterungs- und Temperaturverhältnissen ab (ebenda).

Eistadium: Die Eigelege sind gelblich und einige Millimeter gross (Lepiforum 2015). Nach einigen Tagen werden dunkle Punkte sichtbar, die Kopfkapseln der zukünftigen Larven (Stadtgärtnerei Basel 2012). Aus den Eiern schlüpfen nach wenigen Tagen die Larven. Sie sind zu diesem Zeitpunkt nur wenige Millimeter lang (ebenda).

Herkunft und Verbreitung: Der Buchsbaumzünsler stammt aus dem ostasiatischen Raum wird 2007 erst-

mals in der Umgebung von Basels Binnenhäfen nachgewiesen (Leuthardt et al. 2010). Durch den Pflanzenhandel verbreitet sich der Schädling invasiv in ganz Europa (Oelhafen 2012). 2014 kommt der Schädling in neunzehn Ländern Europas vor (Lepiforum 2015). In den meisten Schweizer Städten tritt er flächendeckend auf (BSB 2013). Die natürlichen Feinde zur Regulierung des Schädling fehlen (noch). Vereinzelt wird beobachtet, dass Vögel die Larven fressen oder abtöten (mündliche Mitteilung von René Dups, Fritz Bächle und Stefan Rütten).

Schadbild: Die Schäden an Buchspflanzen (*Buxus* spp.), welche der BBZ verursacht, sind beachtlich (Wermelinger 2010). Die Larven können die Pflanzen komplett kahl fressen (Sigg 2009). Sie ernähren sich vor allem vom *Buxus sempervirens* und dessen, in Garten- und Parkanlagen zahlreich verwendeten Sorten (Lepiforum 2015). Leuthardt et al. (2010) stellt in ihren Untersuchungen eine Präferenz der Sorte *Buxus sempervirens rotundifolia* zur Eiablage fest.



Abb. 4 Frassschäden von jüngeren Stadien

Im Anfangsstadium ist der Befall schwer zu erkennen, da sich die Frassschäden im Innern der Pflanze befinden und sehr unauffällig sind (Stadtgärtnerei Basel 2012). Die jungen Larven verursachen einen sogenannten „Fensterfrass“ durch Frassschäden an der Cuticula der Blätter (vgl. Abb. 3, Frassschäden am oberen Bildrand und Abb. 4) (Oelhafen 2012). Die älteren Larven fressen die gesamten Blätter und die grüne Rinde von jungen Zweigen (Stadtgärtnerei Basel 2012). Charakteristisch sind die grünlichen Kotkrümel und die weissen Gespinste der Larven (vgl. Abb. 5) (ebenda).



Abb. 5 Jüngere Larve im Gespinst

Der Schädling ist für das Verschwinden der Buchspflanzen aus vielen städtischen und privaten Grünanlagen verantwortlich (Günter 2014). Die Pflanzen werden mit Berberitzen, Liguster und Eiben ersetzt (mündliche Mitteilung von René Dups, Fritz Bächle und Stefan Rütten). Die Stadtgärtnerei Basel hat die Produktion von Buchs eingestellt (mündliche Mitteilung René Dups).

Bekämpfung: In Städten, die ihre Buchspflanzen erhalten wollen, wird der BBZ intensiv bekämpft (Günter 2014). Pflanzenschutzmittel (PSM) können bei den Larven als Kontakt- oder Frassmittel angewendet werden, für die Bekämpfung der Eier, Puppen oder Falter stehen keine Mittel zur Verfügung (Albert und Lehneis 2010). Während in den ersten Befallsjahren verschiedene Insektizide wie Thiacloprid oder Pyrethrum¹⁰ verwendet werden, hat sich inzwischen ein selektives, biokonformes Präparat auf Basis der von *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*Bt*) erzeugten Toxine (*Bt*-Präparat) etabliert, welches in der Wirkung den chemischen Insektiziden ebenbürtig ist (Günter 2014). Das *Bt*-Präparat ist ein Frassgift und wird ausgebracht, wenn die Larven aktiv sind (ebenda). Eine gute Benetzung der gesamten Buchsblätter, auch im Innern der Pflanze ist eine wichtige Voraussetzung für eine effektive Wirkung (Albert und Lehneis 2010).

Oelhafen (2012) zeigt in ihren Untersuchungen auf, dass das *Bt*-Präparat zwei Tage nach der Anwendung bei jungen Larven (L2-L3) eine 72-prozentige, bei älteren Larven (L4-L5) eine 82-prozentige Mortalitätsrate erzielt. Diese Ergebnisse widersprechen der älteren Literatur, welche dem Präparat nur bei jungen Larven eine hohe Wirksamkeit zugesteht (Albert und Lehneis 2010).

¹⁰ Diese Insektizide schaden Bienen und anderen Nützlingen (Stadtgärtnerei Basel 2012).

In Schweizer Städten werden lokale Befälle mit Einzelspritzungen, flächendeckende Befälle mit regelmässigen Spritzungen bekämpft (BSB 2013). Bei flächendeckendem Befall werden die Pflanzen zwei Mal im Jahr behandelt (mündliche Mitteilung von René Dups, Fritz Bächle und Stefan Rütten). Die erste Behandlung der überwinterten Generation erfolgt im Frühjahr. Die zweite Generation wird im Laufe des Sommers behandelt (mündliche Mitteilung von René Dups, Fritz Bächle und Stefan Rütten). Je nach Befallsstärke werden die Behandlungen nach zwei Wochen wiederholt (mündliche Mitteilung von Fritz Bächle). Die dritte Generation im Herbst wird nicht bekämpft, da diese vor der Winterruhe des Schädling keine beachtlichen Schäden mehr anrichtet (ebenda).

Neben dem Einsatz von PSM können lokale Befälle auch mit manuellen Massnahmen (Stadtgärtnerei Basel 2012) bekämpft werden:

- Larven einzeln absammeln und Gespinste ausschneiden.
- Pflanzen vorsichtig mit dem Staubsauger absaugen oder dem Hochdruckreiniger säubern.
- Pflanzen zehn Tage nach dem Falterflug zurückschneiden, dabei wird ein Teil der Eigelege und junge Larven entfernt.

Diese ressourcenintensiven Massnahmen sind bei einem flächendeckenden Befall nicht zu empfehlen (mündliche Mitteilung von Patrick Göpfert).

Monitoring: Stadtgärtnereien, die ihre Buchspflanzen erhalten wollen, betreiben ein ressourcenintensives Monitoring (mündliche Mitteilung von Fritz Bächle und Patrick Göpfert). Die Unterhaltsverantwortlichen untersuchen die Buchspflanzen wöchentlich, sobald im Frühjahr die Temperaturen über 7 Grad Celsius steigen (mündliche Mitteilung von Patrick Göpfert). Der BBZ bevorzugt Pflanzen, die von früher Sonneneinstrahlung profitieren. Erfahrungen über den Standort und die Intensität der letztjährigen Befälle helfen, die jungen Larven frühzeitig aufzufinden und zu bekämpfen (ebenda).

2.2.2 Versuchsstandort

Untersucht wird eine Anlage mit Buchspflanzen (*Buxus sempervirens*), die als Unterbepflanzung von Kastanien zwischen der Moosstrasse und dem Helvetiagärtli liegt (vgl. Abb. 6). Die Anlage wird durch eine Fussgängerpassage in zwei Abschnitte unterteilt.

Das Helvetiagärtli ist ein stark frequentierter Freiraum, der mit grossen Kastanien bepflanzt ist (vgl. Abb. 7). In den Sommermonaten wird der Platz als Gartenterrasse von Gastronomiebetrieben genutzt. Daneben laden Sitzbänke und ein Spielmöglichkeiten zum Verweilen ein.

Mit dem Auftreten des Schädlings entscheidet die Stadtgärtnerei Luzern, dass Frassschäden in dieser Anlage nicht toleriert werden. Die Buchspflanzen werden in den Vorjahren mit einem *Bt*-Präparat behandelt (mündliche Mitteilung von Fritz Bächle).

Bei der Begehung im September 2013 sind vereinzelt Gespinste und Frassschäden sichtbar. In der Mitte der Anlage sind einige, durch Bautätigkeiten beschädigte Buchspflanzen mit Eiben ersetzt.



Abb. 6 Versuchsanlage



Abb. 7 Helvetiagärtli

2.2.3 Versuchsdesign

In Zusammenarbeit mit dem Forschungsinstitut für biologischen Landbau und der Forschungsgruppe für Phytomedizin der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften werden vier Verfahren definiert, die in fünf Wiederholungen (W1-W5) getestet werden (vgl. Abb. 8).

- Anlageform: Blockanlage mit 5 Wiederholungen (W1-W5)
- Parzellen: 20 Parzellen (4 Verfahren x 5 Wiederholungen)
- Parzellengrösse: 2.3 m x 2.5 m (W1-W4) resp. 2.05 m x 2.5 m (W5)
- Untersuchungs- und Boniturobjekte: 5 zufällig markierte Zweige

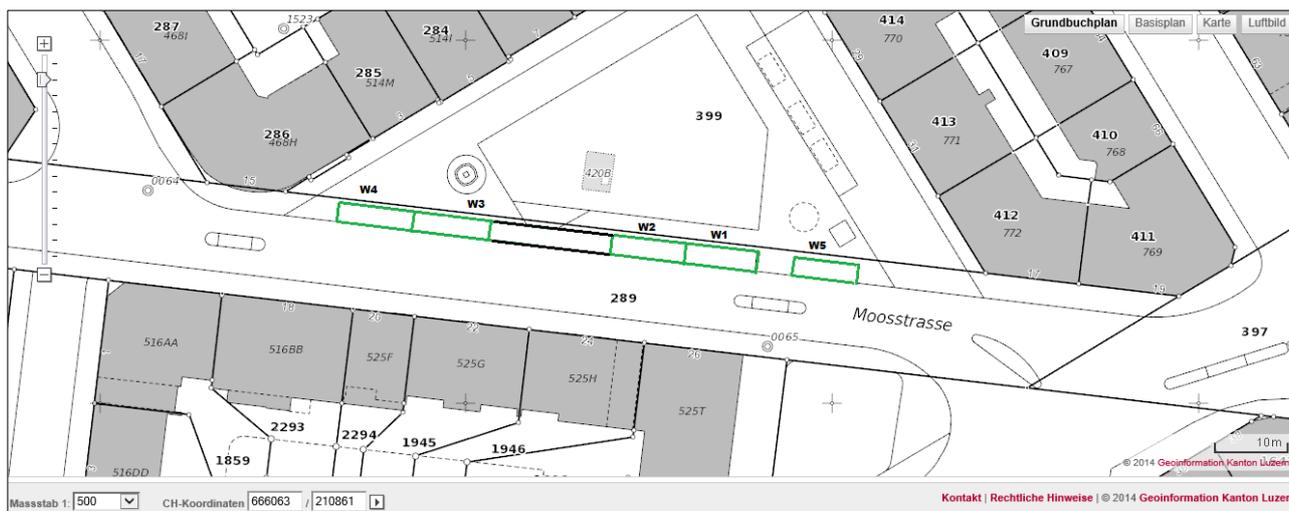


Abb. 8 Lageplan der Versuchsanlage

Das Verfahren einer Parzelle wird zufällig festgelegt (vgl. Tab. 2). In jeder Parzelle sind fünf, zufällig ausgewählte Zweige markiert, die als Untersuchungs- und Boniturobjekte dienen.

Tab. 2 Versuchsdesign

W1-1	W1-2	W1-3	W1-4	W2-1	W2-2	W2-3	W2-4	W3-1	W3-2	W3-3	W3-4	W4-1	W4-2	W4-3	W4-4	W5-1	W5-2	W5-3	W5-4
V1	V3	V2	V4	V3	V2	V1	V4	V4	V2	V3	V1	V2	V4	V1	V3	V2	V4	V3	V1

Die Verfahren unterscheiden sich im Untersuchungs- und Anwendungsregime, angepasst an die Praxis von grösseren und von kleineren Stadtgärtnereien. Folgende Verfahren (vgl. Tab. 3) werden definiert:

- **Verfahren 1 Kontrolle (V1):** Die Untersuchung der Kontroll-Parzellen dient zur Überprüfung des Generationenverhaltens und der Verifikation des Larvenalters.
- **Verfahren 2 Einfache Untersuchung (V2):** Die Parzellen werden oberflächlich nach Larven in späteren Stadien (L3-L5), gut sichtbaren Frassschäden und Gespinsten abgesucht. Sobald Larven gefunden werden, werden die Parzellen behandelt. Dieses Verfahren entspricht der Praxis von kleineren Stadtgärtnereien.
- **Verfahren 3 Einfache Untersuchung plus Wiederholung der Behandlung (V3):** Die Parzellen werden wie beim Verfahren 2 oberflächlich nach Larven in späteren Stadien (L3-L5), gut sichtbaren Frassschäden und Gespinsten abgesucht und entsprechend behandelt. Die Behandlung wird nach 15 Tagen wiederholt. Die Wiederholung entspricht den Anwendungsempfehlungen des Produkteherstellers.
- **Verfahren 4 Intensive Untersuchung (V4):** Die Parzellen werden detailliert nach Larven in frühen Stadien (L1-L3), kleinen Frassschäden auf den Blattunterseiten und Gespinsten abgesucht und bei einem Larvenfund ohne Wiederholung behandelt. Dieses Verfahren entspricht der Praxis von grösseren Stadtgärtnereien.

Tab. 3 Übersicht der Verfahren

Verfahren	Untersuchungsintensität	Untersuchungsergebnisse	Behandlung
V1 Kontrolle	Detailliert	Verifikation des Larvenalters und Generationenverhalten	Keine
V2 Einfache Untersuchung	Oberflächlich	Bestimmung des Behandlungszeitpunktes	Innerhalb sieben Tage nach Larvenfund, keine Wiederholung
V3 Einfache Untersuchung plus Wiederholung der Behandlung	Oberflächlich	Bestimmung des Behandlungszeitpunktes	Innerhalb sieben Tage nach Larvenfund, Wiederholung der Behandlung nach 15 Tagen
V4 Intensive Untersuchung	Detailliert	Bestimmung des Behandlungszeitpunktes	Innerhalb sieben Tage nach Larvenfund, keine Wiederholung

Ab März werden die markierten Zweige regelmässig nach Larven, Frassschäden und Gespinsten abgesehen. Die Untersuchungsergebnisse werden fotografiert und im Untersuchungsprotokoll festgehalten.

Das Untersuchungsprotokoll (vgl. Abb. 9) dokumentiert die ungefähre Lage der markierten Zweige, der Kastanienbäume und der Wuchslücken. Festgehalten werden die Larvenfunde sowie Angaben zum Materialzustand der Pheromonfallen und der Temperaturlogger, zu den Wetterbedingungen und zu weiteren Einflussfaktoren wie der Befall durch andere Schädlinge und Krankheiten oder Ausfälle durch Vandalismus (vgl. Anhang C).

Falls möglich wird das Larvenalter anhand der Grösse der Kopfkapseln bestimmt. Im ersten Larvenstadium hat die Kopfkapsel durchschnittlich eine Länge von 0.366 mm und eine Breite von 0.308 mm. Im sechsten Stadium durchschnittlich eine Länge von 2.793 mm und eine Breite von 2.308 mm (vgl. Oelhafen 2012). Eine Illustration auf dem Protokoll ermöglicht eine grobe Abschätzung des Larvenalters, ohne dass dafür die Larven entfernt und vermessen werden müssen.

Datum: <input type="checkbox"/> Untersuchung <input type="checkbox"/> V1 <input type="checkbox"/> V2 <input type="checkbox"/> V3 <input type="checkbox"/> V4 <input type="checkbox"/> Bonitur <input type="checkbox"/> V1 <input type="checkbox"/> V2 <input type="checkbox"/> V3 <input type="checkbox"/> V4 <input type="checkbox"/> Behandlung <input type="checkbox"/> V1 <input type="checkbox"/> V2 <input type="checkbox"/> V3 <input type="checkbox"/> V4 Wer: _____ Anz. Liter: _____		Legende: V1 = Kontrolle V2 = Einfach V3 = Einfach plus Wiederholung V4 = Intensiv		Larvenstadien Breite der Kopfkapseln L1 = 0.366 mm L2 = 0.514 mm L3 = 0.854 mm L4 = 1.243 mm L5 = 1.930 mm L6 = 2.793 mm			
Wetter: <input type="checkbox"/> Sonnig <input type="checkbox"/> Regen <input type="checkbox"/> Wolken <input type="checkbox"/> Windig Temperatur: _____		Materialkontrolle: <input type="checkbox"/> Pheromonfalle W5 <input type="checkbox"/> Montage <input type="checkbox"/> Kontrolle <input type="checkbox"/> Neuer Dispenser <input type="checkbox"/> Neues Leimpapier <input type="checkbox"/> Falterfund Anz. _____ <input type="checkbox"/> Pheromonfalle W2 <input type="checkbox"/> Montage <input type="checkbox"/> Kontrolle <input type="checkbox"/> Neuer Dispenser <input type="checkbox"/> Neues Leimpapier <input type="checkbox"/> Falterfund Anz. _____ <input type="checkbox"/> Pheromonfalle W3 <input type="checkbox"/> Montage <input type="checkbox"/> Kontrolle <input type="checkbox"/> Neuer Dispenser <input type="checkbox"/> Neues Leimpapier <input type="checkbox"/> Falterfund Anz. _____ <input type="checkbox"/> Temperaturlogger W5 <input type="checkbox"/> Montage <input type="checkbox"/> Kontrolle <input type="checkbox"/> Sonstiges _____ <input type="checkbox"/> Temperaturlogger W4 <input type="checkbox"/> Montage <input type="checkbox"/> Kontrolle <input type="checkbox"/> Sonstiges _____					
W5 -1 V2 		W5 -2 V4 		W5 -3 V3 		W5 -4 V1 	
W1 -1 V1 		W1 -2 V3 		W1 -3 V2 		W1 -4 V4 	
W4 -1 V2 		W4 -2 V4 		W4 -3 V1 		W4 -4 V3 	
W2 -1 V3 		W2 -2 V2 		W2 -3 V1 		W2 -4 V4 	
				Wuchs sehr licht		Wuchs sehr licht	
W3 -1 V4 		W3 -2 V2 		W3 -3 V3 		W3 -4 V1 	
W4 -1 V2 		W4 -2 V4 		W4 -3 V1 		W4 -4 V3 	

Abb. 9 Untersuchungsprotokoll

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse werden die jeweiligen Parzellen innerhalb von sieben Tagen behandelt (vgl. Tab. 3). Die Behandlung erfolgt mit einem *Bt*-Präparat¹¹. Pro Parzelle werden etwa 1.5 Liter Spritzbrühe mit Hilfe eines Rückensprühgerätes¹² ausgebracht. Die Art und Weise der Behandlung entspricht dem Standard der Stadtgärtnerei Luzern und wird von deren Mitarbeitern durchgeführt. Die Details der Behandlungen werden protokolliert (vgl. Anhang C). Zur Dokumentation der Spritzmittelverteilung wird diese mit wassersensitivem Papier bei einer Behandlung aufgezeichnet. Die Ergebnisse werden mit der Fachstelle Phytomedizin der ZHAW analysiert.

Neben den Untersuchungen finden in regelmässigen Abständen Bonituren statt. Bonitiert werden die lebenden Larven, welche auf den fünf markierten Zweigen der Parzellen gefunden werden. Die Ergebnisse der Bonituren dienen dazu, die einzelnen Verfahren miteinander zu vergleichen. Sie werden fotografisch festgehalten und protokolliert (vgl. Anhang C).

Zusätzlich zu den Untersuchungs- und Boniturergebnissen dokumentieren Pheromonfallen das Generationenverhalten des Schädlings. In der Anlage werden drei Fallen installiert, die mit künstlichem Lockstoff männliche Falter anlocken, die Falter bleiben an einem Leimpapier kleben (Andermatt Biocontrol 2015).

Zur Überwachung der Temperaturunterschiede in der Anlage werden zwei Temperaturlogger an beiden Enden der Anlage installiert. Diese zeichnen halbstündlich die Temperatur auf (vgl. Anhang D). Die Messgeräte werden an den Hinweisschildern des Tiefbauamtes (Fahrverbot, Einbahnstrasse) im Innern der Pflanzen, von aussen nicht sichtbar, angebracht. Die Tageshöchst- und Tagestiefsttemperatur sowie die Niederschlagswerte während der Versuchsdauer werden von einem Wetterdienstes der Syngenta (2015) erfasst (vgl. Anhang E).

¹¹ Im Feldversuch wird Delphin® der Firma Andermatt Biocontrol in einer 0.15% Konzentration als Spritzbrühe verwendet.

¹² Das Rückensprühgerät hat 15 Liter Füllinhalt, einen Arbeitsdruck von max. 6 bar und eine 1.5 mm Nebeldüse.

3 Ergebnisse zum Stadtbaummanagement

In diesem Kapitel wird dargestellt, wie ein nachhaltiges Management von Stadtbäumen in der Planungs-, Bau und Pflegephase umgesetzt werden kann. Die Ergebnisse werden aus der Literaturrecherche und den Gesprächen mit den Fachpersonen gewonnen. Das Kapitel ist, entsprechend den ersten beiden Teilfragen in zwei Unterkapitel eingeteilt.

3.1 Planungs- und Bauphasen

In der Planungs- und Bauphase müssen in verschiedenen Bereichen Massnahmen umgesetzt werden, um das übergeordnete Ziel des Stadtbaummanagements zu erreichen. Abb. 10 zeigt die Bereiche in diesen Lebenszyklusphasen auf.

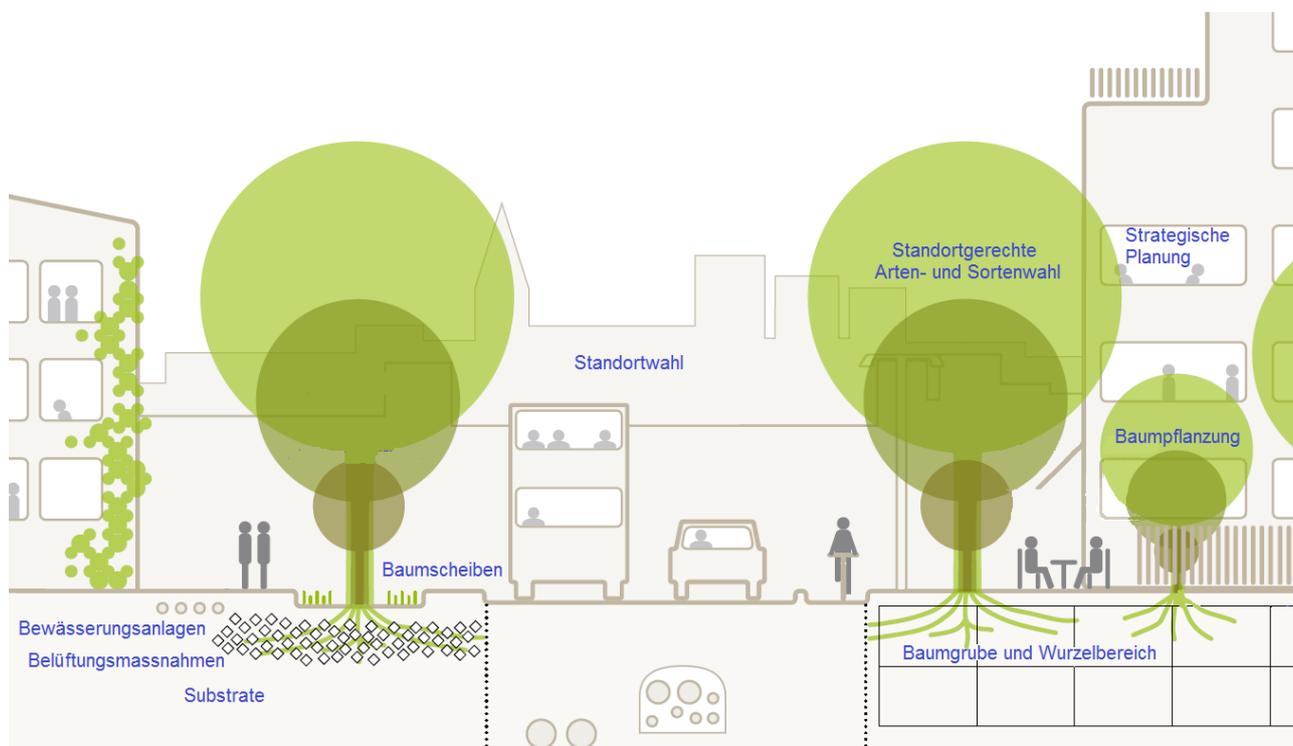


Abb. 10 Relevante Bereiche in der Planungs- und Bauphase

Die Planungs- und Bauphase umfassen die strategische Planung, die Standortwahl und eine korrespondierender Arten- und Sortenwahl. Dazu kommen Massnahmen in den Bereichen Baumgrube, Wurzelbereich und Substrat. Bewässerungs- oder Belüftungssysteme werden geplant, die Gestaltung der Baumscheibe definiert und der Stadtbaum gepflanzt.

3.1.1 Strategische Planung

Eine strategische Planung ist ein zentraler Bestandteil eines nachhaltigen Managements von Stadtbäumen. Stadtbäume stehen im öffentlichen Raum, in dessen Planung verschiedene Akteure wie Landschaftsarchitekten, Verkehrsplaner, Raumplaner und Stadtentwickler involviert sind (Roloff 2013). Diese haben unterschiedliche Interessen und Zielvorstellungen (ebenda). Eine strategische Planung¹³, welche die relevanten Akteure miteinbezieht, gewährleistet ein ressourceneffizientes Arbeiten an einem gesicherten Baumbestand (Gerhardt und Weller 2011). Und dadurch eine kontinuierliche Entwicklung zur langfristigen und umfänglichen Funktionserfüllung der Stadtbäume (TDAG 2015). In Anlehnung an Gerhardt und Weller (2011) besteht eine strategische Planung aus vier aufeinander aufbauenden Elementen:

Bestandsaufnahme: Zur Zielformulierung ist eine verlässliche, umfassende Dokumentation der vorhandenen Stadtbäume auf öffentlichen und privaten Flächen, beispielsweise in Form eines digitalen Baumkatasters notwendig (Gerhardt und Weller 2011). Sinnvolle Erfassungskriterien sind neben den Grundlagendaten wie Baumart, Pflanzjahr, Pfliegetätigkeiten und Zustandsdaten auch die Fläche des Kronentraufbereichs¹⁴ einerseits zur Abschätzung des Wurzelbereichs (VSSG 2015), andererseits als ein Indikator¹⁵ für die Nachhaltigkeit (Clark und Matheny 1998) und den Entwicklungsfortschritt des Managements (City of Toronto 2013).

Zielsetzung: Ausgehend vom Vorhandenen können Visionen und umsetzbare, messbare Ziele definiert werden. Im Hinblick auf die Akzeptanz und die konkrete Umsetzung ist die Einbindung der eigenen Mitarbeitenden sowie aller relevanten Akteure wie Planungs- und Tiefbauämter aber auch die Bevölkerung und lokale Vereine etc. bedeutend.

Umsetzungsplan: Abgeleitet von den Zielen sollen konkrete Massnahmen und deren zeitliche Umsetzung sowie Standards¹⁶ im Umgang mit Stadtbäumen definiert werden. Die Standards dienen als Handlungsanleitung für das eigene Personal und für Externe und Drittfirmen (TDAG 2015).

Monitoring: Ein periodisches Monitoring ermöglicht es, zu überprüfen, ob die Massnahmen umgesetzt und dadurch die Ziele erreicht werden. Bei einer Nichterreicherung hilft das Monitoring die Ursachen zu finden und die notwendigen Korrekturmassnahmen einzuleiten.

¹³ Ein ausführliches Beispiel einer strategischen Planung ist der *Toronto's Strategic Forest Management Plan 2012-2022* (City of Toronto 2013a)

¹⁴ Im Englischen wird der Begriff *Canopy Cover* verwendet.

¹⁵ Weitere Indikatoren sind Artenvielfalt, Altersverteilung der Stadtbäume, Anteil regionaler Arten sowie Indikatoren der gemeindeeigenen Rahmenbedingung und des Ressourcenmanagements (Clark und Matheny 1998).

¹⁶ Als Best Practice sind die Standards der Stadtgärtnerei Basel (Stadtgärtnerei Basel 2015) zu erwähnen, die für die Planung, Projektierung und Umsetzung von Bauvorhaben Richtlinien und Handlungsanleitungen dokumentieren.

3.1.2 Standortwahl

Ein idealer Baumstandort ermöglicht ein vitales Wachstum und eine optimale Versorgung mit Nährstoffen, Wasser, Luft und Licht. Im urbanen Raum sind die ober- wie auch unterirdischen Platzverhältnisse beschränkt und die Bodenverhältnisse ungünstig. Bauliche Infrastrukturen beanspruchen denselben Raum, haben aber eine kürzere Lebensdauer als vitale Stadtbäume (FLL 2010a). Restriktive Gestaltungsvorgaben und limitierte Beschaffungsmöglichkeiten führen zu Kompromissen und Risiken bei Baumpflanzungen, deren ökonomische und ökologische Konsequenzen nur unzureichend berücksichtigt werden (Roloff 2013). Ein Jungbaum, der nach einigen Jahren ersetzt werden muss, verursacht hohe Kosten und generiert kaum ökologischen Nutzen (Siewniak und Kusche 2009).

Die Unterhaltsverantwortlichen der Stadtgärtnereien haben in den meisten Fällen keine Möglichkeit, ihre Erfahrungen in den Planungsprozess miteinzubringen (mündliche Mitteilung von René Dups, Fritz Bächle und Stefan Rütten). Das Resultat in der Praxis sind oftmals zu kleine Baumgruben und ein hoher Anteil an versiegelten Flächen (FLL 2010a).

Dabei wäre eine Planung, welche die bauliche Infrastruktur, die städtebaulichen Faktoren des Freiraumes und die Bedürfnisse der Stadtbäume berücksichtigt, die erfolgversprechendste (TDAG 2015). Dazu kann eine Analyse der bestehenden Baumstandorte und der Vitalität dieser Stadtbäume hilfreich sein (ebenda).

3.1.3 Standortgerechte Arten- und Sortenwahl

Nachdem der zukünftige Baumstandort festgelegt ist und die Ansprüche des Standortes bekannt sind, kann eine entsprechende Arten- und Sortenwahl¹⁷ erfolgen (TDAG 2015). Diese trägt zu einem vitalen Wachstum und einer langfristigen Funktionserfüllung der Stadtbäume bei (Roloff 2013) und basiert auf verschiedensten Kriterien, welche, in Anlehnung an Nowak et al. (2013) und TDAG (2015), nachfolgend dargestellt werden.

Definition der zentralen ökologischen Funktion: Stadtbäume leisten vielfältige Ökosystemdienstleistungen wie Luftreinigung, Wasserspeicherung, Lärmreduktion etc. Die zentrale Funktion für den zukünftigen Standort zu definieren hilft, die geeignete Baumart auszuwählen. An stark überbauten Standorten wie an Strassenstandorten ist die Verbesserung des Mikroklimas bedeutender als die Biodiversitätsleistungen (Gloor 2012).

Die Anforderungen an Stadtbäume sind sehr hoch und die Standortbedingungen entsprechen nicht den natürlichen Verhältnissen. Aufgrund dieser Voraussetzungen lassen sich einheimische Arten beispielsweise an Strassenstandorten nur beschränkt verwenden (Roloff 2013b). Standortangepasste Züchtungen und Exoten sind eine Alternative zu den einheimischen Arten (GALK 2011). Als Lebensraum haben diese einen höheren Nutzen, allerdings erfüllen Exoten, die an innerstädtischen Standorten vital wachsen, ebenfalls wichtige Ökosystemdienstleistungen und können als Vernetzungselemente ebenso zur Biodiversität beitragen (Gloor 2012). Das Risiko bei der Verwendung von Exoten ist, dass sie langfristig ungünstige Eigenschaften entwickeln (Krabel 2014), wie beispielsweise der salztolerante, sich invasiv verbreitende Götterbaum *Ailanthus altissima* (Wunder et al. 2014). Solche Entwicklungen müssen überwacht werden und die Artenlisten sind entsprechend anzupassen (ebenda).

¹⁷ Um die Leserefreundlichkeit dieses Textes zu erhöhen, wird nachfolgend nur noch von der Artenwahl gesprochen.

Erhöhung der Diversität: Die Auswahl der geeigneten Art sollte sich nicht nur auf die Herkunft beschränken, sondern auch die genetische Diversität und die Artenvielfalt miteinbeziehen. Diese stehen im direkten Zusammenhang mit der Widerstandsfähigkeit gegenüber Schadstoffen, Krankheiten und klimatischen Veränderungen. Die gegenwärtig gepflanzten Stadtbäume sind grösstenteils Klone aus einigen wenigen Mutterbäumen (Krabel 2014). Die Pflanzeigenschaften aller Individuen sind identisch, was eine Vorhersage der Wuchsform möglich macht. Der Nachteil von genetisch identischem Pflanzenmaterial ist die minimale Anpassungsfähigkeit an äussere Umwelteinflüsse. Baumbestände mit geringer genetischen Vielfalt sind für Kalamitäten besonders anfällig (Krabel 2014) und die Möglichkeit eines Ausfalls der gesamten Pflanzung ist entsprechend hoch (TDAG 2015). Krabel (2014) fordert, die genetische Anpassungsfähigkeit des urbanen Baumbestandes mit folgenden Massnahmen zu erhöhen:

- Eine gezielte Auswahl verschiedener Genotypen innerhalb einer Art,
- die Verwendung von Ökotypen¹⁸,
- die Förderung von variierenden Altersstrukturen der Artbestände,
- die Unterbrechung von Alleen mit anderen Arten oder Gattungen,
- die Förderung von Mischalleen,
- die Wahl von genetisch heterogenem Material bei Ersatzpflanzungen in bestehenden Beständen und
- eine hohe Diversität an verschiedenen Familien, Gattungen und Arten.

Zum letzten Punkt könnte der Ansatz von Santamour (1990) berücksichtigt werden, der die Vertretung einer Art am gesamten Baumbestand einer Stadt auf zehn Prozent, die einer Gattung auf zwanzig Prozent und die einer Familie auf dreissig Prozent beschränkt.

Gestaltungsvorgaben: Die Gestaltungsvorgaben, ästhetische Kriterien wie Wuchsform oder Blätterfarbe, aber auch historische Aspekte wie Gartendenkmäler oder Baumsammlungen müssen bei der Artenwahl berücksichtigt werden (TDAG 2015).

Standortvorgaben: Die Anforderungen der baulichen Infrastrukturen am zukünftigen Baumstandort, die vorherrschenden Bedingungen wie Bodenqualität, Sonneneinstrahlung, Platzverhältnisse, aber auch die vorgesehenen Nutzung und die Nutzungsintensität müssen in die Artenwahl einfließen (TDAG 2015) (vgl. Kap. 3.1.2).

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel werden sich die klimatischen Bedingungen im urbanen Raum verändern. Die durchschnittlichen Temperaturen werden steigen, extremen Wetterereignissen zunehmen und in Städten sind weniger Niederschläge und mildere Winter vorausgesagt (Schneider et al. 2013). Dies favorisiert die Verwendung von trockenstress- und spätfrosttoleranten, nicht heimischen Arten (Roloff et al. 2013, Schneider et al. 2013). Roloff (2013b) sieht ein Potential bei trockenstressangepassten Arten aus Nordamerika und Asien.

¹⁸ Von Ökotypen spricht man, wenn sich Pflanzen, teilweise über mehrere Generationen an spezielle Standort- und Umweltverhältnisse angepasst haben (Roloff 2013).

Bedürfnisse der Baumart: Für die Auswahl von geeigneten Stadtbäumen sind Kenntnisse über Bedürfnisse der Baumarten notwendig. Verschiedenste Autoren (beispielsweise Dietze et al. 2000, Sommer 2007) halten diese in Fachbüchern fest. Daneben erleichtern verschiedene Listen und Auswahlhilfen eine passende Artenwahl.

- **Strassenbaumliste der GALK:** Die Strassenbaumliste wurde 2012 überarbeitet und steht als digitale Version zur Verfügung. Die Liste kann als Planungsinstrument eingesetzt werden, da sie eine Vielzahl von Kriterien wie die morphologischen und physiologischen Eigenschaften, Standortansprüche, Pflegeaufwand, Erfahrungen bezüglich Lebenserwartung, Umweltbelastung, Verkehrssicherheit sowie regionale Besonderheiten enthält.
- **Strassenbaumlisten Grün Stadt Zürich:** Grün Stadt Zürich hat zwei Listen, eine für empfohlene Baumarten (2014) sowie eine für ungeeignete Baumarten (2014a) herausgegeben. Diese basieren auf den Erkenntnissen der Strassenbaumliste der GALK (2012) unter Berücksichtigung der lokalen Verhältnisse.
- **KlimaArtenMatrix:** Die KlimaArtenMatrix nach Roloff (2013) vergleicht die wichtigsten Baumarten anhand ihrer Trockentoleranz und Winterhärte. Im Hinblick auf den Klimawandel bietet die Matrix eine fundierte Entscheidungsgrundlage zur Artenwahl.
- **Citree Datenbank:** Diese Planungsdatenbank wurde von der Technischen Universität in Dresden entwickelt und bietet die Möglichkeit, anhand der vom Nutzer definierten Standortvorgaben und der gewünschten Baumeigenschaften die passende Baumart zu finden. Für die relevantesten Stadtbaumarten wurden Steckbriefe mit Bildern erstellt (Citree 2015).
- **Projekt Stadtgrün 2021:** Die Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau testet im Projekt Stadtgrün 2021 zwanzig Baumarten, insgesamt 460 Bäume, an drei Standorten in Bayern, um die zukunftssträchtesten Stadtbäume zu bestimmen. Neben der Eignung der Arten werden auch die Effekte von Mykorrhiza-Pilzen geprüft. Das Projekt dauert von 2009 bis 2021. Zum jetzigen Zeitpunkt stehen bereits einige Resultate zur Frosttoleranz und zum Austriebsverhalten der getesteten Arten fest, so eignet sich beispielsweise *Celtis australis* nicht für frostgefährdete Standorte und *Alnus spaethii* und *Ulmus* 'Lobel' gehören zu den wüchsigsten Arten (Böll 2014).

Neben der Berücksichtigung der artspezifischen Bedürfnisse müssen auch die Verhältnisse des Aufzuchtortes mit denen des zukünftigen Standortes verglichen werden (TDAG 2015). Je ähnlicher diese einander sind, desto kleiner der Pflanzschock und desto erfolgreicher die Adaption an den neuen Standort (Roloff 2013). In der Schweiz entsprechen die klimatischen Verhältnisse mit den Föhn- und Frosttagen nicht den Verhältnissen der nordeuropäischen Baumschulen, wo die meisten Stadtbäume aufgezogen werden (mündliche Mitteilung von Axel Heinrich). Heinrich plädiert für die Verwendung von Ökotypen oder eine Adaption, wie sie in Basel und Luzern umgesetzt wird. Die Stadtgärtnereien lassen zugekaufte Bäume einige Jahre in der eigenen Gärtnerei wachsen, um sie an die klimatischen Bedingungen anzupassen (mündliche Mitteilung von Fritz Bächle und René Dups).

3.1.4 Baumgrube, Wurzelbereich und Substrate

Aufgrund der Bedürfnisse der gewählten Baumart und den Möglichkeiten des Standortes kann in einem nächsten Schritt die Baumgrube und der Wurzelbereich festgelegt und das Substrat ausgewählt werden. Die FLL Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 2 (2010a) erklären im Detail zwei Bauweisen, die an Standorten mit hohen Ansprüchen wie beispielsweise an Strassenstandorten geeignete Baumstandorte schaffen. Die Empfehlungen unterscheiden sich zur guten fachlichen Praxis an Standorten mit natürlichen Bedingungen (Kurkowski 2011).

Mit vertieften Baumgruben und geeigneten Bauweisen, die eine Durchwurzelung des erweiterten Bodenraumes zulassen und entsprechender Standortvorbereitung kann der Wurzelbereich optimiert werden (Siewniak und Kusche 2009). Idealerweise sind Baumgruben 12 m³ gross, mindestens 1.5 Meter tief und der angrenzende Bodenraum ist durchwurzelbar (FLL 2010a). Dazu muss die Baumgrubensohle mit dem Substrat verzahnt werden (ebenda). Wenn möglich sollten Baumgruben in Reihenpflanzungen oder zu naheliegenden Grünflächen verbunden werden (Siewniak und Kusche 2009).

Die Erweiterung des Wurzelbereichs ermöglicht die Ausbildung von Zug- und Stützwurzeln. Diese sind bedeutend für die langfristige Stabilität von Stadtbäumen (Nielsen 2014). Zudem verhindert ein erweiterter Wurzelbereich, dass der Baum belagsschädigende Oberflächenwurzeln bildet (Heidger 2002). Eine tiefgründige Nährstoffgabe als Wurzellockstoff fördert die unterirdische Ausbreitung (Kurkowski 2011).

Baumsubstrate: Baumsubstrate sind homogen gemischte Stoffe wie Kalk, Kies, Split, Sand, Ton oder organisches Material als Bodenersatz in Baumgruben (FLL 2010a). Geeignete Baumsubstrate ermöglichen eine optimale Nährstoff-, Sauerstoff- und Wasserversorgung und eine Ausbreitung der Wurzeln in den erweiterten Bodenraum (Streckenbach et al. 2010). Mit der Zusammensetzung der Substrate kann auf Standortigenschaften wie beispielsweise trockene Böden reagiert werden. Hohe Tonanteile und zusätzlichen Komponenten wie Bims und Lavaprodukte können das Wasserrückhaltevermögen verbessern und einen erhöhten Bewässerungsaufwand vorbeugen (Nielsen et al. 2007). Bei der Auswahl des Substrates müssen die Standortanforderungen und die Nutzungen der Fläche miteinbezogen werden. Die FLL Empfehlungen (2010a) unterscheiden zwei Baumsubstrate, eines für überbaubare Standorte und eines für offene Baumscheiben mit geringfügigen Belastungen oder freitragenden Überbauungen. Viele Hersteller haben auf diese Empfehlungen reagiert und bieten Substrate an, die den technischen Vorgaben der FLL entsprechen¹⁹.

Verdichtungsfähige Substrate: Das Anforderungsprofil an verdichtungsfähiges Baumsubstrat an überbaubaren Standorten gleicht einem Schottergemisch (Kurkowski 2011). Es muss strukturstabil und tragfähig sein und wird beim Einfüllen entsprechend verdichtet, um den zukünftigen Belastungen beispielsweise auf Parkplatz- oder Trottoirflächen standzuhalten (FLL 2010a). Im Vergleich zum Substrat für offene Baumscheiben hat dieses einen höheren Anteil an grobkörnigem Material, damit die Lasten des Belags an den Unterboden übertragen werden können (Bühler et al. 2014).

¹⁹ Baumsubstrate nach FLL (2010a) sind beispielsweise Rotgrand® von Bott, ulopor® Baumsubstrate oder Hydromix® von Gelsenrot.

Eine solche Unterscheidung der Substrate und Standortanforderungen macht auch die Stadtgärtnerei Basel. Sie verwendet zwei biozertifizierte, aus regionalen Materialien zusammengesetzte Substrate. An Baumstandorte mit offenen Baumscheiben findet das Standard-Baumssubstrat aus Birskies und Oberboden Verwendung (Stadtgärtnerei Basel 2015). Bei überbauten Standorten das Granit-Baumssubstrat, welches zu 85 % aus Granitschotter, –kies und Sanden besteht (ebenda). Da sich die beiden Substrate im pH-Wert unterscheiden, wird das Granit-Substrat auch bei kalkmeidenden Baumarten eingesetzt (ebenda).

Verdichtungsfähige Baumsubstrate, die zu über 60 Prozent aus Schotter und Steinen bestehen²⁰, sind kostengünstiger und umweltfreundlicher als die Verwendung von Kunststoffmodulen²¹ und ermöglichen den Einsatz von regionalen Materialien (Bühler et al. 2014). Untersuchungen aus Dänemark zeigen, dass sich solche Substrate gut eignen, um den Wurzelraum für Bäume unterhalb von Belägen zu erweitern (ebenda).

Materialien: Damit sich das Substrat nach dem Einbau nicht verdichtet, muss es schichtweise eingebaut werden (FLL 2010a). Der Anteil an organischem Material sollte nicht mehr als 1-4 % der Masse bei offenen Baumscheiben resp. 1-2 % der Masse bei überbaubaren Standorten betragen (ebenda). Bei der Substratwahl muss auch die Kalkverträglichkeit der Baumart berücksichtigt werden. Der pH-Wert sollte bei kalkliebenden Arten zwischen pH 7,0 und pH 8,5, bei kalkmeidenden Arten zwischen pH 5,0 und pH 7,0 liegen. Eine Prüfung oder ein Nachweis des pH-Wertes vor der Verwendung des Substrates ist notwendig, da der Wert nur sehr umständlich korrigiert werden kann (Siewniak und Kusche 2009). Substrate dürfen keine umweltschädigende Bestandteile und Substanzen enthalten (FLL 2010a). Belastete Recyclingmaterialien, Pflanzenbestandteile von invasiven Arten oder bodenbürtige Schaderreger wie *Verticillium dahliae* können Substrate infizieren und unbrauchbar machen (Kehr 2013).

3.1.5 Automatische Bewässerungsanlagen und Belüftungssysteme

Die Wasser- und Sauerstoffversorgung von Stadtbäumen kann nicht nur über geeignete Substrate verbessert werden, sondern auch durch automatische Bewässerungsanlagen und Belüftungssystemen. Eine optimale Versorgung der Bäume mit Wasser und Luft trägt zur Feinwurzelbildung und somit zur langfristigen Vitalität und Funktionalität der Stadtbäume bei (LWG 2012).

Automatische Bewässerungsanlagen: Bewässerungsanlagen ermöglichen eine bedarfsgerechte und wassersparende Bewässerung von Bäumen und werden auf Standortfaktoren wie Klima und Boden sowie auf den artspezifischen Wasserbedarf abgestimmt (FLL 2010). In Schweizer Städten werden automatische Bewässerungsanlagen bei Stadtbäumen nur in Einzelfällen eingebaut (mündliche Mitteilung von René Dups, Fritz Bächle und Stefan Rütten).

²⁰ Im englischen wird dafür der Begriff Structural Soil (dt. Strukturerde) verwendet (Bühler et al. 2014).

²¹ Verschiedene Hersteller bieten Kunststoffmodule als überbaubare Substratstrukturen an, beispielsweise StrataCell® von ArborSystem (Bühler et al. 2014).

Untersuchungen der LWG (2012) zeigen, dass zentral gesteuerte Bewässerungsanlagen mit der heutigen Technik zuverlässig und im Vergleich zur manuellen Methoden ressourcenschonender sind. In Anlehnung an die Untersuchungsergebnisse (LWG 2012) sind die wichtigsten Faktoren, die es bei automatischen Bewässerungsanlagen zu berücksichtigen gilt, zusammengefasst:

- **Planung:** Vor der Planung muss eine detaillierte Bestandsaufnahme durchgeführt werden. Die Nutzung der Vegetationsflächen muss in Anbetracht der eingeschränkten Bewässerungszeitpunkte und möglichem Vandalismus in die Planung mit einbezogen werden. Die Planung ist von Fachpersonen durchzuführen. Die Akzeptanz und das technische Wissen des ausführenden Personals muss aufgebaut werden.
- **Steuerung:** Das Bewässerungssystem soll bedienerfreundlich sowie zentral und witterungsabhängig steuerbar sein. Eine automatische Störungsmeldungen und eine Sensortechnik zur Feuchtigkeitsmessung verbessern die bedarfsgerechte Bewässerung.
- **Bewässerungsverfahren:** Das gewählte Verfahren soll auf die Vegetation, den Standort und äussere Umwelteinflüsse abgestimmt sein. Robuste Materialien sind zu bevorzugen. Tropfrohre und Sensortechnik ermöglichen sparsame Wasserabgaben. Bewässerungsanlagen müssen in den Wintermonaten entleert werden können.
- **Wartung:** Die Anlagen müssen regelmässig gewartet werden. Das zuständige Personal benötigt entsprechende Schulungen. Die Wartungsintervalle sollen geplant und die durchgeführten Arbeiten dokumentiert werden.

Bautechnische Belüftungsmassnahmen: Bautechnische Belüftungsmassnahmen in Baumgruben sind horizontale oder vertikale Belüftungssysteme, bestehend aus perforierten Rohren oder losem, grobkörnigem Material, welche in die Baumgrube eingebaut werden (Siewniak und Kusche 2009). Verschiedene Hersteller²² bieten spezifische Belüftungssysteme für urbane Baumstandorte an (Käser 2015). Sie verbessern den Luftaustausch bei versiegelten Flächen und vergrössern den durchwurzelbaren Raum in angrenzende Flächen oder in die Tiefe (FLL 2010a)²³.

In Schweizer Städten gibt es nur vereinzelte, innerstädtische Standorte mit Belüftungssystemen (mündliche Mitteilung von René Dups, Fritz Bächle und Stefan Rütten). In einem Praxisversuch in der Stadtgärtnerei Luzern wurde festgestellt, dass die Bodenfeuchtigkeit in belüftete Baumgruben starken Schwankungen unterliegt und während den Sommermonaten die Gefahr des Austrocknens besteht (Käser 2015). Die Stadtgärtnerei Basel hat einen Standard zu Wurzelgräben, Tiefenbohrung und Bewässerungsanlagen im innerstädtischen Umfeld mit stark versiegelten Flächen herausgegeben, der die bautechnischen Vorgaben definiert (Stadtgärtnerei Basel 2015).

²² Produkte werden unter anderem von der Firma Hortima AG und TMH Hagenbucher AG angeboten.

²³ Die FLL Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 2 (2010a) unterscheiden zwischen Grabenbelüftung und Tiefenbelüftung. Grabenbelüftungen verbinden Baumgruben miteinander und erschliessen angrenzende Grünflächen. Tiefenbelüftungen ermöglichen eine Durchwurzelung der tieferen Bodenschichten.

3.1.6 Baumscheiben

Die Baumscheibe ist die Fläche um den Baumstamm, die offen, begrünt oder mit freitragenden Elementen überbaut sein kann. Die Gestaltung einer Baumscheibe hängt von der Flächennutzung, den Gestaltungsvorgaben und den Bedürfnissen der Baumart ab (Stadtgärtnerei Basel 2015).

Bepflanzungen schützen den Baum, verringern die Bodenverdichtung und verbessern die Wasser- und Nährstoffaufnahme sowie den Luftaustausch. Sie haben, je nach Pflegezustand, eine ästhetische Funktion (Grossfurtner und Florineth 2013). Bei der Bepflanzung mit Sträuchern und Gehölzen gilt es zu beachten, dass diese nicht in Wurzelkonkurrenz zu den Bäumen stehen. Sie müssen trockenheitstolerant, schattenresistent und salzverträglich sein (FLL 2005). In Anlehnung an die Untersuchungen von Grossfurtner und Florineth (2013) weisen Baumscheiben mit Stauden die geringste Bodenverdichtung und die höchste Bodenfeuchtigkeit auf. Sträucher eignen sich, solange auf die Wurzelkonkurrenz geachtet wird, Gräser sollen nur mit Zäunen und Stammschutz verwendet werden (ebenda). Schutzzäune verhindern ein Befahren oder Begehen (Siewniak und Kusche 2009). Im Vergleich zu überbauten Standorten ist der Pflegeaufwand bei begrünter Baumscheiben höher, wird aber aus ökologischer und ästhetischer Sicht langfristig amortisiert (ebenda).

Die Überbauung mit freitragenden Elementen aus natürlichen oder künstlichen Materialien ermöglicht eine Belastung der Baumscheibe ohne Bodenverdichtung (FLL 2010a). Eine dauerhafte Bodenbelüftung soll dabei mit eingeplant werden (FLL 2005). Der Abstand zum Stamm soll mit zunehmendem Dickenwachstum anpassbar oder rückbaubar sein oder mindestens 50 cm betragen (ebenda).

3.1.7 Baumpflanzung

Eine fachgerechte Baumpflanzung ermöglicht ein rasches Wurzelwachstum und eine erfolgreiche Adaption an den neuen Standort (BSB 2014). Zu einer Baumpflanzung gehören die Überprüfung der Baumqualität, ein Pflanz- und Wurzelschnitt, das Entfernen der Balliermaterialien, die Pflanzung und das Anbringen des Verankerungssystems und eines Stammschutzes (FLL 2005).

Qualität der Baumschulware: Vor der Auswahl der Bäume sind Qualitätskriterien festzulegen, welche die Auswahl vereinfachen und die bei der Lieferung überprüft werden (TDAG 2015). Die Bäume müssen vor der Pflanzung auf Verletzungen hin kontrolliert werden (BSB 2014).

Baumalter: Die Anwachs- und Adaptionsrisiken können stark minimiert werden, wenn junge Bäume gepflanzt werden (BSB 2014). Sie passen sich besser an die neuen Verhältnisse an und überholen im Wachstum die grösser gepflanzten Gehölze innerhalb von fünf bis zehn Jahren (Roloff 2013).

Balliermaterialien: Neuste Untersuchungen zeigen, dass sich Balliermaterialien in der Regel gut zersetzen (Uehre 2015). Uehre (2015) empfiehlt, den Drahtkorb nicht zu öffnen und nur den Spanndraht zu durchtrennen.

Pflanztiefe: Häufig werden Bäume zu tief gepflanzt, was zu hohen Vitalitätseinbussen führt (Plietzsch 2014). Nach der Pflanzung muss der Wurzelhals noch freiliegen (BSB 2014). Dies kann überprüft werden, indem der Wurzelhals bei der Lieferkontrolle markiert wird, nach der Pflanzung sollte die Markierung über dem Substrat sichtbar sein (Plietzsch 2014).

Verankerungssysteme: In der Praxis existieren verschiedene ober- wie auch unterirdische Verankerungssysteme. Sie stabilisieren den frisch gepflanzten Baum bis dieser genügend Zug- und Stützwurzeln gebildet hat. Die Wahl des Verankerungssystems hängt von der Baumgrösse und dem Standort ab. Üblich sind oberirdische Dreibock-, Vierbock- oder Seilverankerungen (BSB 2014). Diese können in der Regel drei Jahre nach der Pflanzung entfernt werden (FLL 2005).

Oberirdische Verankerungen sind, wenn es der Standort zulässt, den unterirdischen vorzuziehen (Brehm 2013, Schneidewind 2013). In Anlehnung an Brehm (2013) müssen nachfolgende Punkte beachtet werden. Pfahlfixierungen müssen adjustiert werden, um Stammquetschungen zu vermeiden und die Wachstumsreize nicht einzuschränken. Bei Seilverankerungen sind dehnbare Kunststoffseile dynamischer und den statischen Stahlseilen vorzuziehen. Beide Varianten sind Stolperfallen und können, je nach Material leicht durchtrennt werden. Die Verankerungen müssen abgebaut und entsorgt werden.

Unterirdische Systeme machen nur bei gut durchwurzelten, grossen Ballen an nicht windbelasteten Standorten Sinn (Brehm 2013, Schneidewind 2013). Sie fixieren den Baum im Substrat unterhalb des Wurzelballens. Diese Systeme können nur in tiefen Baumgruben verwendet werden (Brehm 2013) und verrotten nur sehr langsam (Schneidewind 2013). Die Untersuchungen von Brehm (2013) zeigen, dass Ballenabspannungen mit Anker und Drahtseilen ein späteres Nachziehen der Seile erfordern und das Wurzelwachstum durch die Abspannungen eingeschränkt ist. Stählerne Pfahlwurzeln erfordern eine exakte Pflanzung und können massive Wurzelschäden verursachen (Schneidewind 2013). Die Wurzelballenstützung, ein unterirdischer Dreibock, ist in der Erstellung sehr zeitintensiv und zeigt im Vergleich die deutlichsten Schrägstände (Schneidewind 2013).

3.2 Pflegephase

In der Pflegephase müssen in verschiedenen Bereichen Massnahmen umgesetzt werden, um das übergeordnete Ziel des Stadtbaummanagements zu erreichen. Abb. 11 zeigt die Bereiche in dieser Lebenszyklusphase auf.

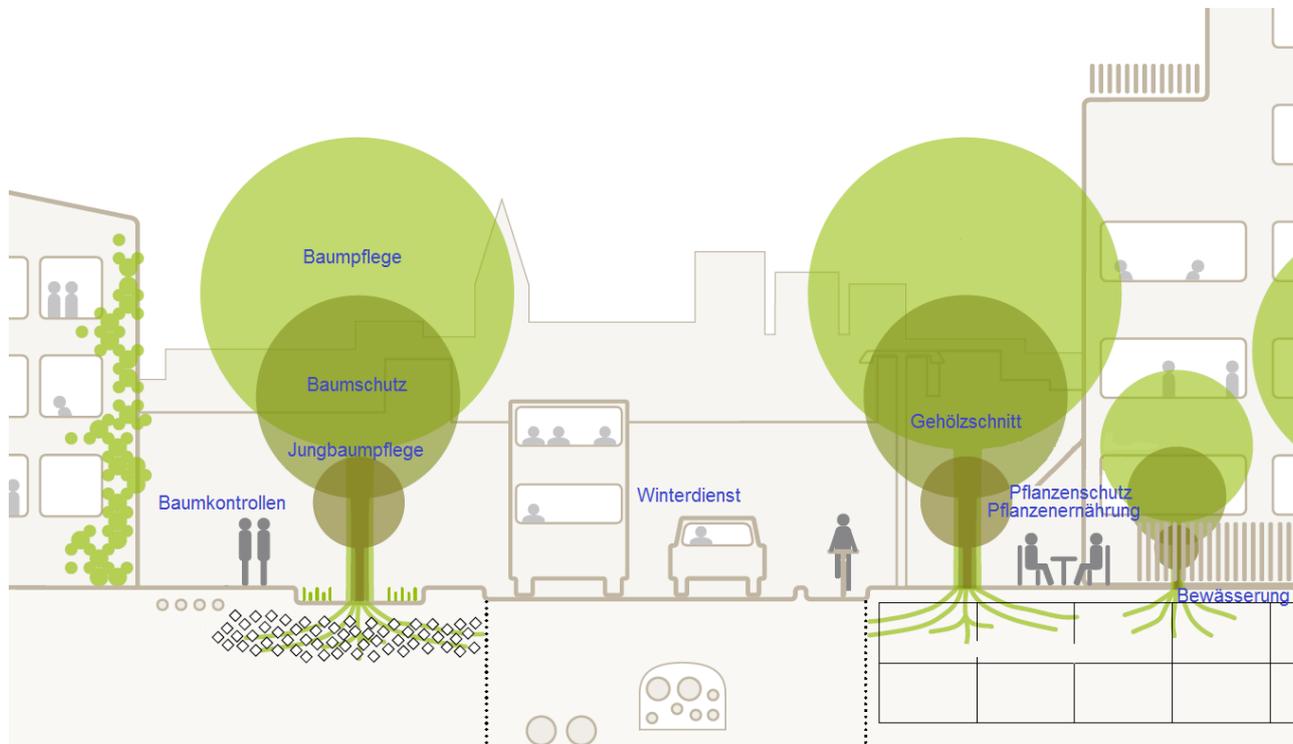


Abb. 11 Relevante Bereiche in der Pflegephase

Die Pflegephase umfasst die Jungbaumpflege sowie Gehölzschnitte und Baumkontrollen zur Garantie der Verkehrssicherheit. Dazu kommen Massnahmen des Winterdienstes und ein fachgerecht umgesetzter Baumschutz. Bei der Bewässerung, der Pflanzenernährung und dem Pflanzenschutz stehen prophylaktische Massnahmen im Vordergrund, um entsprechende Defizite zu verhindern.

3.2.1 Jungbaumpflege

Zur Jungbaumpflege²⁴ zählen Pflegemassnahmen in den ersten 15 Standjahren. Sie bestehen aus Schnitt-, Schutz- und Unterhaltsmassnahmen an den Bäumen und im Pflanzumfeld (FLL 2005). Wird die Jungbaumpflege unterlassen, erhöht sich die Chance für frühzeitige Ausfälle (Dujesiefken 2013).

Schnittmassnahmen: Periodische Schnittmassnahmen an Jungbäumen sind Grundlage für eine artgerechte, standortbezogene Entwicklung, die Erziehung in eine stabile Kronenform und zur Erstellung des Lichtraumprofils (BSB 2014). Werden diese Massnahmen versäumt, können Fehlentwicklungen und instabile Baumkronen die Verkehrssicherheit negativ beeinflussen (FLL 2008).

An Verkehrsstandorten mit einer benötigten Stammhöhe von 4.5 Metern bedeutet dies ein frühes und schrittweises Aufasten in vier bis fünf Schnittintervallen (FLL 2005). Das gelingt auch mit dem *Lübecker Modell* nach Paulsen (2010), das dank einer schlanken Krone, wenig Astwunden und minimierter Pflege ein geeignetes Lichtraumprofil für Strassenbäume erzielt. Dazu werden am Jungbaum die stärksten Äste entfernt, das Schwachholz erhalten und die Schnittmassnahme nach drei Jahren wiederholt (ebenda). Ähnlich gehen Dujesiefken (2013) im *Niederländischen Konzept für die Pflege und Entwicklung von Bäumen* und auch die Stadtgärtnerei Basel (2011) in ihren *Baumschnitt Richtlinien* vor. Die Baumschnitt Richtlinien definieren die Ziele, Grundsätze und Qualitätsanforderungen des Erziehungsschnittes und beschreiben detailliert die einzelnen Schnitte und die artspezifischen Eigenschaften. Die Anwendung solcher Konzepte bringt neben der gewünschten Kronenform auch eine Kostenersparnis, da die Kronen später nicht aufwendig gesichert oder die Bäume frühzeitig ersetzt werden müssen (Paulsen 2010).

Bewässerung: Jungbäume sollen in den ersten drei Standjahren, bei Trockenperioden auch länger, regelmässig bewässert werden (FLL 2008). Die Bewässerung muss bedarfsgerecht und mit angepasster Technik erfolgen. Dabei muss die Bodenstruktur, -feuchte und die lokale Wurzelkonkurrenz in die Bewässerungsplanung miteinbezogen werden (ebenda).

Oberflächliches Wässern von Jungbäumen soll in ausreichender Menge erfolgen. Die Empfehlungen lauten jährlich 10-15 Wässerungsgänge à 100-200 Liter Wasser (FLL 2008), allerdings müssen die Mengen an die klimatischen Verhältnisse und die lokalen Niederschlagsmengen angepasst werden (Siewniak und Kusche 2009).

Pflanzenernährung: Eine bedarfsgerechte Nährstoffversorgung kann während den ersten Standjahren notwendig sein, wenn sich die Nährstoffangebote in der Baumschule und am zukünftigen Standort stark unterscheiden (FLL 2008). Sind die Verhältnisse nicht gleichwertig, kann der Jungbaum einen Pflanzschock erleiden (Bilz 2013). Mit Blatt- oder Bodenanalysen kann der notwendige Nährstoffbedarf ermittelt werden, um mit einer darauf abgestimmten Nährstoffgabe die Verhältnisse auszugleichen (FLL 2008).

²⁴ Der in dieser Arbeit verwendete Begriff Jungbaumpflege umfasst Massnahmen in der Jugend-, Erziehungs- und Aufbauphase im Jugendstadium nach FLL (2005).

3.2.2 Baumpflege in den Reife- und Alterungsstadien

Eine fachgerechte Baumpflege in den Reife- und Alterungsstadien umfasst Pflegemassnahmen nach baumbiologischen Grundlagen²⁵ und regelmässige Kontrollen zur Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit (Roloff 2013). Die Baumpflege trägt zur Gestaltung und Erziehung, zum vitalen Wachstum und zu stand- und bruchsaferen Stadtbäumen bei (BSB 2014).

Schnittmassnahmen ermöglichen die Beseitigung von Fehlentwicklungen, Stammaustrieben und bruchgefährdeten Pflanzenteilen und verbessern dadurch die Verkehrssicherheit (FLL 2008). Artspezifische Eigenschaften, Standortvorgaben sowie Schnittführung, Eingriffsstärke und Schnittzeitpunkt müssen dabei berücksichtigt werden (Stadtgärtnerei Basel 2011). Fachgerecht durchgeführte Gehölzschnitte reduzieren die Infektionsgefahr durch Schädlinge, Krankheiten und holzersetkende Pilze, da sie zu einem effektiven und schnellen Verschliessen der Wunde beitragen (Roloff 2013).

Schnittzeitpunkt: Aus baumbiologischer Sicht heilen Schnittverletzungen besser, wenn sie während der Vegetationszeit durchgeführt werden (FLL 2006). Dann sind eine aktive Wundversorgung und eine Bekämpfung der eintretenden Schaderreger besser möglich, führen aber zu einem erhöhten Saftaustritt (ebenda). Während der Vegetationszeit erhöhen sich die Risiken, junge Knospen und Triebe zu verletzen und baumbrütende Vögel und andere Tiere, die den Baum als Lebensraum nutzen, zu stören (FLL 2008).

Schnittführung und Eingriffsstärke: Die korrekte Schnittführung erfolgt in drei Schnitten und ermöglicht ein rasches Verschliessen der Wunde ohne die Rinde oder das umliegende Holz zu verletzen (Stadtgärtnerei Basel 2011). In Bezug auf die Eingriffsstärke hat sich gezeigt, dass wenn dem Baum maximal 30 % der Blattmasse entfernt werden, die Vitalität des Baumes nicht eingeschränkt wird (ebenda). Wenn bei Formschnitten stärkere Eingriffe geplant sind, müssen diese regelmässig, am besten jährlich erfolgen, damit sich der Baum an die Verluste gewöhnen kann (ebenda).

3.2.3 Pflanzenernährung

Eine bedarfsgerechte Pflanzenernährung richtet sich nach den im Boden vorhandenen, pflanzenverfügbaren Nährstoffen. Aus ökonomischen und ökologischen Gründen werden den Stadtbäumen in der Regel keine mit Nährstoffe zugeführt (mündliche Mitteilung von Fritz Bächle, Stefan Rütten und René Dups). Wenn auftretende Mangelerscheinungen auf eine unzureichende Versorgung hinweisen, sollte diese zuerst mit Boden- oder Blattanalysen bestätigt werden, bevor sie mit gezielten Nährstoffgaben behoben werden (Siewniak und Kusche 2009). Von der Verwendung von Produkten mit kombinierten Nährstoffen wird abgeraten, da die falschen Nährstoffe oder die falschen Mengen zu irreversiblen Schäden und Vitalitätseinbussen führen können (ebenda).

²⁵ Die einzelnen Aspekte der Baumbiologie werden in zahlreichen Fachbüchern, beispielsweise in Roloff (2013a) oder Siewniak und Kusche (2009) detailliert beschrieben.

3.2.4 Bewässerung

Stadtbäume werden nur in Ausnahmefällen manuell bewässert, da sie sich nach dem Jugendstadium an die lokalen Verhältnisse anpassen und natürliche Wasservorkommen selbst erschliessen sollen (mündliche Mitteilung von Fritz Bächle, Stefan Rütten und René Dups). Eine manuelle Bewässerung ist ressourcenintensiv, im Hinblick auf den Klimawandel werden automatische Bewässerungsanlagen (vgl. Kap. 3.1.5) zukünftig an Bedeutung gewinnen. Wenn bei längeren Trockenperioden Wasserdefizite ausgeglichen werden müssen, soll die Bewässerung an die artspezifische Bedürfnisse und die lokalen Verhältnisse angepasst und mit fachgerechter Technik erfolgen (Roloff 2013a).

3.2.5 Pflanzenschutz

Als Pflanzenschutz werden Massnahmen bezeichnet, die Bäume vor Schädlingen und Krankheiten schützen oder Schäden durch diese verringern (Hösli 2012). In der städtischen Baumpflege spielt der Einsatz von Pflanzenschutzmittel (PSM) eine untergeordnete Rolle, der Fokus liegt auf den prophylaktischen Massnahmen. Die fehlende Akzeptanz der Bevölkerung, die schwer abschätzbaren Auswirkungen auf die Umwelt, die rechtlichen Grundlagen und ökonomischen Kriterien verhindern grossflächige Anwendungen (Siewniak und Kusche 2009, mündliche Mitteilung von René Dups, Fritz Bächle und Stefan Rütten).

In den letzten Jahren sind mit Pflanzen-, Stein- und Holzimporten neue Schädlinge und Krankheiten aufgetaucht, welche die Stadtgärtnereien vor enorme Herausforderungen stellen (mündliche Mitteilung von René Dups, Fritz Bächle und Stefan Rütten). Die Effekte der Klimaerwärmung tragen dazu bei, dass sich die gebietsfremden Schaderreger rasch etablieren können (Kehr und Rust 2007). Sie bringen das lokale Ökosystem aus dem Gleichgewicht, da die Wirtspflanzen keine Abwehrstrategien haben und Nützlinge vielfach (noch) nicht vorhanden sind (Kehr 2013). Die durch lokale Stressfaktoren bereits eingeschränkte Vitalität von Stadtbäumen erhöht die Anfälligkeit zusätzlich (Siewniak und Kusche 2009).

Prophylaktische Massnahmen: Verschiedene prophylaktische, ökologisch unbedenkliche Massnahmen können ergriffen werden, um einen Befall vorzubeugen oder die Ausbreitung zu verhindern (Siewniak und Kusche 2009):

- **Standortverbessernde Massnahmen:** Die Verbesserung der Bodenstruktur, der Sauerstoff- und Wasserversorgung, die Stimulation des Bodenlebewesens und gezielte Pflanzenernährung anhand von Bodenanalysen können die Vitalität der Bäume verbessern (Siewniak und Kusche 2009).
- **Standortgerechte Artenauswahl und Artenzusammensetzung:** Standortgerechte Bäume sind vitaler und resistenter gegen Schaderreger, ein breites Artenspektrum verringert Kalamitäten und einen flächigen Ausfall von Baumbeständen (Krabel 2014).
- **Nützlingsförderung:** Lebensräume, Nist- und Nahrungsangebote für Nützlinge können helfen, das natürliche Gleichgewicht wiederherzustellen (Siewniak und Kusche 2009). Beispielsweise zeigen Erfahrungen aus Basel, dass sich der Befall der Rosskastanienminiermotten mindern lässt, wenn Brutkästen für Meisen angebracht werden (mündliche Mitteilung von René Dups).

- **Hygienemassnahmen:** Befallenes Pflanzenmaterial herausschneiden, einsammeln und korrekt entsorgen, mindert den Befallsdruck und schränkt eine weitere Ausbreitung ein (Göldi 2014). Hygienemassnahmen wie Werkzeuge desinfizieren oder unnötige Verletzungen vermeiden, müssen auch bei Schnittmassnahmen an befallenen Bäumen beachtet werden (Engesser 2011). Bei lokalem Befall sind manuelle Massnahmen wie Abbürsten, Absprühen oder Einsammeln von Schädlingen effektiv und reduzieren mögliche Sekundärinfektionen (Siewniak und Kusche 2009, Göldi 2014).
- **Schädlingsfallen:** Mit Hilfe von Pheromon-, Licht-, Leim- oder Bodenfallen können Schädlinge gefangen werden (BSB 2013). Bei einem flächendeckenden Befall haben sie nur eine minimale Regulationswirkung, können aber Informationen über die Befallsintensität oder den Zeitpunkt des Generationenwechsels geben (Göldi 2014).
- **Monitoring:** Ein gezieltes, regelmässiges Monitoring von bestehenden Befällen und von potentiellen Wirtspflanzen ermöglicht ein rasches Handeln, wenn sich Schaderreger verbreiten (Göldi 2014). Durch ein konsequentes Monitoring können ökologische und ökonomische Folgen abgeschätzt oder reduziert werden (BSB 2013).

Bekämpfungsmassnahmen: Im urbanen Raum ist die Bekämpfung mit PSM nur in seltenen Fällen umsetzbar. Falls eine Bekämpfung in Frage kommt, sollten wenn möglich biokompatible Mittel und Nützlinge eingesetzt werden (FLL 2008). Mittelwahl, Menge, Applikationszeitpunkt und –ort benötigen präzise Kenntnisse der Biologie der Schädlinge und Krankheiten (Siewniak und Kusche 2009).

In vielen Schweizer Städten werden Schädlinge und Krankheiten, wenn nicht meldepflichtig, toleriert (BSB 2013). Diese Toleranz führt zu vermehrten Kontrollen der Verkehrssicherheit und muss aktiv kommuniziert werden (mündliche Mitteilung von René Dups, Fritz Bächle und Stefan Rütten). Bei Ersatzpflanzungen empfiehlt es sich, die Arten entsprechend sorgfältig auszuwählen und auf die Verwendung der durch Schaderreger gefährdeten Arten zu verzichten (Göldi 2014). Eine Umfrage bei den Mitgliedern der VSSG, die vom BSB (2013) durchgeführt wurde, zeigt das Vorkommen der aktuellen Schädlinge und Krankheiten und die Bekämpfungsmassnahmen auf. Sie werden nachfolgend aufgeführt, auf den Buchsbaumzünsler wird im zweiten und vierten Kapitel detailliert eingegangen.

Asiatischer Laubholzbockkäfer (ALB) (*Anoplophora glabripennis*): Der ALB ist meldepflichtig und hat mit seinem breiten Wirtsspektrum ein hohes Schadpotential (Göldi 2014). Bei einem Fund des Schädlings müssen alle Bäume im Umkreis von 250 Metern gerodet werden (Göldi 2014). Bis heute sind nur vereinzelte Befälle aufgetreten, unter anderem in Winterthur (BSB 2013). Die dort entstandenen Kosten zur Bekämpfung des ALB werden auf 2.8 Mio. CHF geschätzt (Göldi 2014). Die Erfahrungen zeigen, dass eine interdisziplinäre Zusammenarbeit auf nationaler, kantonaler und kommunaler Ebene und umfassende Kommunikationsmassnahmen bei der Bekämpfung notwendig sind (mündliche Mitteilung von Stefan Rütten).

Braunfleckenkrankheit (*Scirrhia acicola*): Diese meldepflichtige Pilzkrankheit befällt Föhren und kommt in einigen Städten vereinzelt vor (BSB 2013). Die befallenen Gehölze müssen gerodet werden (Göldi 2014). Es sind keine zufriedenstellenden Bekämpfungsmassnahmen bekannt und es empfiehlt sich, anstelle von Föhren andere immergrüne Gehölze zu verwenden (ebenda).

Buchsbaumzünsler (*Diaphania perspectalis*, BBZ): Seit 2007 sorgt der ostasiatische Kleinschmetterling für beachtliche Schäden an Buchspflanzen (*Buxus* spp.) (Wermelinger 2010). In vielen Städten tritt der BBZ häufig oder flächendeckend auf und wird bei lokalem Befall mit Einzelspritzungen, bei flächendeckendem mit regelmässigen Spritzungen bekämpft (BSB 2013).

Edelkastanien-Gallwespe (*Dryocosmus kuriphilus*): Dieser Schädling ist meldepflichtig und kommt im Tessin häufig, in der Nordschweiz vereinzelt vor (BSB 2013). Die Ausbreitung kann bei lokalen Befällen durch Herausschneiden der befallenen Zweige verringert werden (Forster et al. 2009). In Italien und Frankreich werden chinesische Schlupfwespen eingesetzt, die sich bereits etablieren konnten (ebenda). In der Schweiz ist der Einsatz dieser Nützlinge nicht erlaubt (ebenda).

Eichenprozessionsspinner (*Thaumetopoea processionea*): Die Schmetterlingsart kommt nur vereinzelt vor (BSB 2013). Die Larven sind im Frühjahr bis Juli aktiv und verursachen beachtliche Schäden an den Blütenständen und am Laub von Eichen (Pelleteret et al. 2014). Die Brennhaare der Larven lösen bei Kontakt mit der menschlichen Haut und Schleimhaut einen starken Juckreiz aus (ebenda). Sie können mit biologischen Insektiziden bekämpft werden (ebenda). Das Entfernen der befallenen Äste und das Absperren der betroffenen Gebiete haben sich als zufriedenstellende Massnahmen herausgestellt (BSB 2013).

Eschenwelke, Eschentriebsterben (*Chalara fraxinea*, *Hymenoscyphus pseudoalbidus*): Diese Pilzkrankheit kommt in vielen Städten häufig vor (BSB 2013). Es sind keine zufriedenstellenden Bekämpfungsmassnahmen bekannt (Göldi 2014). Rodungen und Totholzbeseitigung müssen bei häufigem Befall aufgrund der Verkehrssicherheit durchgeführt werden (BSB 2013).

Föhrentriebsterben (*Sphaeropsis sapinea*): Diese Pilzkrankheit befällt Föhren und kommt in vielen Schweizer Städten häufig vor (BSB 2013). Bei Jungpflanzen können Fungizide angewendet werden, ansonsten sind keine zufriedenstellenden Bekämpfungsmassnahmen bekannt (Göldi 2014). Rodungen und Totholzbe-seitigung müssen bei häufigem Befall aufgrund der Verkehrssicherheit durchgeführt werden (BSB 2013).

Massaria (*Splanchnonema platanii*): Diese Pilzkrankheit befällt Platanen und kommt in vielen Schweizer Städten häufig vor (BSB 2013). Es sind keine Bekämpfungsmassnahmen bekannt (Göldi 2014). Da die befallenen Äste rasch absterben und abbrechen, müssen vermehrte Sichtkontrollen und Totholzbe-seitigung aufgrund der Verkehrssicherheit durchgeführt werden (Göldi 2014, BSB 2013).

Platanenkrebs (*Ceratocystis fimbriata* f. *platanii*): Diese meldepflichtige Pilzkrankheit kommt sehr vereinzelt vor (BSB 2013). Es sind keine Bekämpfungsmassnahmen bekannt, die befallenen Platanen müssen gerodet werden (Engesser 2011).

Roskastanienminiermotte (*Cameraria ohridella*): Die Miniermotte tritt in allen Städten flächendeckend auf (BSB 2013) und wird teilweise mit Hilfe von Stamminjektionen bekämpft (mündliche Mitteilung von René Dups, Fritz Bächle und Stefan Rütten). Das mit den Injektionen eingebrachte Insektizid gelangt in die Blätter und wird dort von den Miniermotten aufgenommen (Siewniak und Kusche 2009). Die Wirkung der Injektionen dauert drei Jahre an (Huld 2013). Die Methode ist umstritten, da die Injektionen, mehrere pro Baum, zu Stammverletzungen und Infektionen führen können. (Göldi 2014). Die Mittelverteilung ist nicht kontrollierbar und die Nebeneffekte durch Rückstände in Blattmassen und Fruchtkörpern sind nicht geklärt (ebenda, Siewniak und Kusche 2009). Die Stadtgärtnereien, die Injektionen anwenden, bewerten diese als mehrheitlich

zufriedenstellend (BSB 2013). Nützlingsförderung und Laubentsorgungen mindern den Befallsdruck (Göldi 2014), allerdings nur bei lokalen Befällen (BSB 2013).

3.2.6 Winterdienst

Verkehrsflächen im urbanen Raum werden in den Wintermonaten durch Räumungen und Auftausalze von Glatteis und Schnee befreit. Die verwendeten Auftausalze stellen für die Stadtbäume einer enorme Belastung dar (VSSG 2014). Die Auftausalze Natriumchlorid, Calcium- und Magnesiumchlorid verändern die Bodeneigenschaften, salzhaltige Böden verschlammern und verlieren ihre Wasser- und Luftspeicherkapazität (ebenda). Dadurch verstärkt sich der Trockenstress bei Bäumen. Im direkten Kontakt führen die Auftausalze zu Austrocknung und Verbrennung des Pflanzengewebes (ebenda).

An salzbelasteten Standorten führen die durch Oberflächenwasser gelösten Auftausalze auch im Sommer zu Trockenstress (Zuber 2013). Sichtbar wird dieser an den typischen Blattrandnekrosen, welche bei Bäumen in Strassennähe beobachtet werden können (Roloff 2013). Doch nicht immer ist die Quelle des Salzeintrages ermittelbar, da der effektive Wurzelbereich nicht bekannt ist (mündliche Mitteilung von Fritz Bächle, Stefan Rütten und René Dups). Die Lebenserwartung von Bäumen an salzbelasteten Standorten liegt bei 20 Jahren (mündliche Mitteilung Fritz Bächle).

Die eingesetzten Mengen an Auftausalzen sind in den letzten Jahren gestiegen, da aus Sicherheitsaspekten die Schwarzräumung von der Politik und der Bevölkerung eingefordert wird (mündliche Mitteilung von Yvonne Aellen und Fritz Bächle). In Anlehnung an das Papier der VSSG (2014) sind nachfolgend die wichtigsten Punkte für einen umweltschonenden Winterdienst zusammengefasst.

Planung von Baumstandorten mit erwarteter Streusalzbelastung: Früher wurden Baumscheiben mit Stellriemen gebaut, um einen Salzeintrag zu verhindern (mündliche Mitteilung von René Dups). Diese Praxis führte zu Wassermangel und Trockenstress, da zu wenig Oberflächenwasser in die Baumscheiben einfließen konnte (ebenda). Baumscheiben, die das Einfließen von Oberflächenwasser und eine Auswaschung der Salzurückstände ermöglichen, verbessern die Wasserversorgung der Stadtbäume. Auch der Einsatz von automatischen Bewässerungsanlagen und Belüftungssystemen an Strassenstandorten ist zu prüfen.

Differenzierter Winterdienst: Die negativen Umweltauswirkungen der Auftausalze sind zu reduzieren, indem der Winterdienst differenziert geplant und umgesetzt wird. Dabei werden Sicherheitsaspekte, ökonomische Kriterien und auch ökologische Folgen miteinbezogen. Die mechanische Schneeräumung hat, wo möglich, Vorrang. Schneedeponien auf Baumscheiben und Grünflächen sind zu vermeiden.

Alternative Mittel und Technik: Die Streutechnik und die Dosierung der Streumenge soll dank einer technischen Ausrüstung des Maschinen- und Geräteparks optimiert werden. Die Streusalzmenge soll langfristig reduziert und der Einsatz von Alternativen wie Splitt, Sand, Stop Gliss Bio etc. geprüft werden. Eine Untersuchung in Dänemark hat gezeigt, dass es ökologisch sinnvolle Alternativen wie beispielsweise Kaliumformiat gibt, die aber im Vergleich zu Natriumchlorid keine ökonomischen Alternativen darstellen (Ingerslev et al. 2014).

Information: Das ausführende Personal und die Bevölkerung müssen über die ökonomischen und ökologischen Folgen des Winterdienstes informiert und für einen umweltschonenden Winterdienst sensibilisiert

werden. Die Toleranz gegenüber einem differenzierten Winterdienst und Bereichen mit Nullräumung müssen erhöht werden.

3.2.7 Baumkontrollen

Regelmässige Baumkontrollen sind ein wichtiger Teil der Baumpflege, um Stadtbäume langfristig erhalten und ihre Verkehrssicherheit garantieren zu können (Siewniak und Kusche 2009). Sie verringern die Gefahr von Sach- oder Personenschäden (FLL 2010b). Die Verkehrssicherheit von Stadtbäumen muss von ihren Eigentümern, bei Bäumen auf öffentlichem Grund von der Stadt resp. in der Umsetzung von der Stadtgärtnerei, überprüft und gewährleistet werden (Schönborn 2008).

Die Baumkontrollen können mit verschiedenen Verfahren durchgeführt werden. Die Regelmässigkeit der Untersuchungen hängt vom Entwicklungsstadium und vom Gesundheitszustand des Baumes ab (Siewniak und Kusche 2009). Die Daten, welche bei den Baumkontrollen erhoben werden, müssen in eine verlässliche Dokumentation wie beispielsweise ein digitales Baumkataster einfließen (Siewniak und Kusche 2009).

Sichtkontrollen: Die Baumkontrollrichtlinien der FLL (2010b) definieren die Sichtkontrollen als eine systematische, visuelle Kontrolle der Bäume auf Schäden an Krone, Stamm und Wurzel ohne technische Hilfsmittel. Sie werden vom Boden aus durchgeführt (ebenda). In Fällen, wo Zweifel über die Verkehrssicherheit bestehen, werden weitere Untersuchungen oder Pflege- oder Sicherungsmassnahmen notwendig (Siewniak und Kusche 2009).

Visual Tree Assessment VTA: Diese Methode basiert auf systematischen Baumkontrollen mittels visueller Begutachtung, dabei werden baubiologische Wachstumsgesetze und Konstruktion miteinbezogen (Schönborn 2008). Ein Baum zeigt äusserliche Symptome wie Rippen oder Verdichtungen für Defekte wie Risse, Faulhöhlen im Innern (Mattheck und Hötzel 2003). Diese Defekte werden mit Hilfe technischer Verfahren bestimmt, bewertet und vermessen, um daraus Massnahmen für die Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit abzuleiten (Siewniak und Kusche 2009, Mattheck und Hötzel 2003).

Technische Verfahren: Verschiedene technische Verfahren und Messgeräte ermöglichen eine eingehende Baumuntersuchung zur Beurteilung der Verkehrssicherheit. Die Wahl des Verfahrens hängt neben den technischen Eigenschaften auch von den vorhandenen Ressourcen in der Anschaffung und Anwendung ab. Verfahren, die den gesamten Stammquerschnitt erfassen, sind anwendungsintensiv, dafür ermöglichen sie eine umfassende Darstellung und eine qualifizierte Aussage zur Bruchsicherheit (Roloff 2013). Verfahren, die lokale Werte aufzeichnen, werden hauptsächlich zur Verifizierung von Defekten eingesetzt, die bei Sichtkontrollen festgestellt worden sind (Schönborn 2008). Zur Bestätigung einer Baumdiagnose ist eine Kombination von verschiedenen Verfahren und Messgeräten vorteilhaft (Roloff 2013).

Schallgeschwindigkeitsmessungen: Schallgeräte messen den Widerstand des Holzes und können Zonen mit verminderter Holzdichte, beispielsweise Faulhöhlen, graphisch darstellen (Schönborn 2008). Das Verfahren bringt für den Baum keine Verletzungen mit sich und eignet sich gut zur Analyse von älteren, exponierten Stamm- und Astbereichen sowie von Wurzeln bei Bautätigkeiten (ebenda). Für die korrekte Interpretation der Ergebnisse sind Erfahrungen, Fachkenntnisse und teilweise weitere Untersuchungen notwendig (Roloff 2013).

Elektrische Widerstandsmessung: Messgeräte, welche den elektrischen Widerstand des Holzes messen, zeigen Fäulen, Nasskerne, Risse auf und ermöglichen Aussagen zur Vitalität im aktiven Holz (Siewniak und Kusche 2009). Der Detaillierungsgrad hängt von der Anzahl der verwendeten Elektroden auf, die in den Stamm gepresst werden. Dies führt zu in der Regel schnell verheilenden Verletzungen (Roloff 2013).

Resistographie: Ein Resistograph ermöglicht die Bestimmung der Holzdichte. Dazu wird eine Bohrnadel ins Holz gepresst, welche die Widerstände misst und aufzeichnet (Schönborn 2008). Die Messungen ermöglichen einen Vergleich mit Dichtedaten von gesundem resp. zersetztem Holz und so Aussagen zur Holzbeschaffenheit (ebenda). Flächendeckende Bohrungen führen zu unverhältnismässigen Verletzungen des Baumes, es wird ein zurückhaltender Einsatz empfohlen (Roloff 2013).

Fractometrie: In der Fractometrie wird mit dem Zuwachsbohrer ein Bohrkern gewonnen, der Aussagen zur Festigkeit, Tragfähigkeit und Steifigkeit der Proben zulässt (Schönborn 2008). Der Holzzustand kann mit Vergleichswerten von intaktem Holz (Schönborn 2008) oder mit einer gesunden Probe desselben Baumes (Roloff 2013) geprüft werden. Wie bei der Resistographie lohnen sich flächendeckende Bohrungen nicht (ebenda).

Baumstatische Zugversuche: Zugversuche analysieren die Tragfähigkeit des Baumes und stellt diese den zu erwartenden Windlasten gegenüber, um die Stand- und Bruchsicherheit zu bestimmen (Detter und Rust 2013). Mit Hilfe von Winde und Seil wird ein Baum unter Zug gesetzt und dabei die Baumreaktion gemessen, aus diesen Reaktionen lässt sich die Tragfähigkeit ableiten (Roloff 2013).

3.2.8 Baumschutz

Der Baumschutz besteht einerseits aus Richtlinien, Verordnungen und Gesetzen, die einzelne erhaltenswerte Stadtbäume oder gesamte Baumbestände unter Schutz stellen, und andererseits aus direkten Massnahmen, die Bäume beispielsweise auf Baustellen schützen. In der Schweiz haben mehrere Städte²⁶ Gesetze eingeführt, die auf ausgewiesenen Flächen den Baumbestand fördern, Bäume schützen und Fällungen nur mit Bewilligungen erlauben (Stadtgärtnerei Basel 2015, BSB 2015).

Der Baumschutz auf Baustellen verhindert mit direkten Schutzmassnahmen Verletzungen der ober- und unterirdischen Teile des Baumes während der gesamten Bautätigkeit (Pommnitz 2014). Viele Planer, Bauunternehmer und das ausführende Personal sind über die Folgen der Bautätigkeit für Stadtbäume unzureichend informiert (Pommnitz 2014). Bauarbeiten bringen Verletzungsrisiken am Stamm, an der Krone und an den Wurzeln sowie Veränderungen im Wurzelraum mit sich (ebenda). Die Konflikte zwischen den Bautätigkeiten und dem Baumschutz treten vielfach erst auf der Baustelle auf (Paganelli 2011). Nach Abschluss der Baumassnahmen ist nicht nachvollziehbar, ob und wie der Baumschutz umgesetzt worden ist (Pommnitz 2014). Folgen einer Vernachlässigung können Jahre später sichtbar werden (Siewniak und Kusche 2009) und zum Verlust von ökologisch wertvollen Altbäumen führen (Nielsen 2014).

Ein umfassender Baumschutz muss bereits bei der Planung beginnen. Baumpflegespezialisten oder entsprechende Ämter müssen vor der Bautätigkeit die Auswirkungen auf den Baumbestand überprüfen (Paganelli 2011, Pommnitz 2014). Ein Baumschutzkonzept ermöglicht die Integration des Baumschutzes in die Planung, Projektierung und Bauphase (Paganelli 2014). Baumschutzmassnahmen sind in verschiedenen Normen²⁷ definiert. Diese erläutern den Umgang mit Boden, Materialdepot sowie Schutzmassnahmen für Kronen- und Wurzelbereiche (VSSG 2015). Paganelli (2011) bemängelt, dass solche Schutzmassnahmen den individuellen Ansprüchen des Baumes nicht gerecht werden. Baumschutz muss situativ und als integrativer Prozess umgesetzt werden (ebenda). Grössere Städte haben eigene Standards definiert, welche die nötigen Informationen zur Verfügung stellen und definieren Auflagen, die für die Bauausführung verbindlich sind (Stadtgärtnerei Basel 2015, Grün Stadt Zürich 2015).

Ein weiterer Bestandteil des Baumschutzes ist die Umsetzung der Auflagen (Paganelli 2011). Die Auflagen müssen allen Ausführenden bekannt sein und müssen von Baumpflegespezialisten während den Bautätigkeiten vor Ort überprüft werden (Pommnitz 2014).

²⁶ Eine Übersicht über die kommunalen Richtlinien des Baumschutzes von Schweizer Städten listet der BSB (2015) auf.

²⁷ In der Schweiz geht die Schweizer Norm SN 640 577 detailliert auf den Baumschutz ein (Paganelli 2011), in Deutschland die Deutsche Industrie Norm DIN 18920 und Richtlinien für die Anlage von Strassen, Teil Landschaftspflege RAS LP 4 (Pommnitz 2014).

4 Ergebnisse des Feldversuches

In diesem Kapitel wird dargestellt, wie ein nachhaltiges Management von Stadtbäumen im Bereich Schädlingsmanagement umgesetzt werden kann. Die Ergebnisse werden im fünften Kapitel kritisch hinterfragt.

Der Feldversuch hat zum Ziel, herauszufinden, wie ein effizientes Untersuchungs- und Anwendungsregime in der biologischen Bekämpfung des Buchsbaumzünslers aussieht. In fünf Wiederholungen werden vier Verfahren (vgl. Kap. 2) getestet, um zu ermitteln, ob die intensiven Untersuchungen und die frühen Bekämpfungszeitpunkte im Hinblick auf das Ausmass der Schäden notwendig sind. Tab. 4 gibt einen Überblick über die Umsetzung des Feldversuches.

Tab. 4 Versuchsumsetzung

Legende		Kontrolle	Einfache Untersuchung	Einfache Untersuchung plus Wiederholung der Behandlung	Intensive Untersuchung	Pheromonfalle W5	Pheromonfalle W2	Pheromonfalle W3	Temperaturlogger W5	Temperaturlogger W4	Wassersensitives Papier	Behandlung: Durchführen der Mitarbeiter und Anzahl Liter	Bemerkungen
grün = Untersuchung	orange = Bonitur												
Massnahme	Datum	V1	V2	V3	V4								
Untersuchung	11.03.2014												
Bonitur	11.03.2014												
Untersuchung	14.03.2014												
Behandlung	17.03.2014											Martin 13 Liter	
Untersuchung	28.03.2014					M	M	M					
Untersuchung	02.04.2014					K	K	K					
Behandlung	09.04.2014					K	K	K	M		X	Andre 25 Liter	
Bonitur	17.04.2014					K	K	K	K	M			
Behandlung	24.04.2014					KDL	KDL	KDL	K	K		Andre 10 Liter	
Untersuchung	02.05.2014					K	K	K	K	K			
Untersuchung	16.05.2014					K	K	K	K	K			
Untersuchung	19.05.2014					KDL	KDL	KDL					
Bonitur	06.06.2014					K	K	K	K	K			
Untersuchung	13.06.2014					K	K	K					
Bonitur	20.06.2014					K	K	K	K	K			
Bonitur	04.07.2014					KF1 ²⁸	K	K	K	K			
Untersuchung	15.07.2014					KL	KL	KL	K	K			
Bonitur	25.07.2014					KD	KD	KD	K	K			
Untersuchung	08.08.2014					K	K	K	K	K			
Behandlung	08.08.2014											Martin 23 Liter	
Bonitur	15.08.2014					K	K	K	K	K			
Behandlung	20.08.2014											Martin 7 Liter	
Bonitur	28.08.2014					KLD	KLD	KLD	K	K			
Untersuchung	05.09.2014					K	K	K	K	K			
Untersuchung	10.09.2014					K	K	K	K	K			
Untersuchung	18.09.2014					K	K	K	K	K			
Bonitur	26.09.2014					KLD	KLD	KLD	!!!	K		!!! Log. weg	
Untersuchung	02.10.2014					K	K	K		K			
Untersuchung	10.10.2014					K	K	K		K			
Untersuchung	17.10.2014					K	K	K		K			
Bonitur	27.10.2014					KLD	KLD	KLD		K			
Untersuchung	10.11.2014					K	K	K		K			
Bonitur	24.11.2014					K	K	K		K			

²⁸ Der Falter wird am 24.6.14 von einem Mitarbeiter der Stadtgärtnerei gefunden.

4.1 Untersuchungs- und Anwendungsregime

Ab März werden die markierten Zweige in allen Parzellen regelmässig nach Larven, Gespinsten und Frassschäden abgesucht. Gemäss dem Versuchsdesign werden aufgrund der Untersuchungsergebnisse die entsprechenden Parzellen behandelt.

In der ersten Untersuchung sind vereinzelt Frassschäden aus dem letzten Jahr sichtbar. Die ersten aktiven Larven werden bei der zweiten Untersuchung Mitte März gefunden. Die jungen Larven und die Frassschäden befinden sich im Innern der Pflanze. Das Ausmass der Frassschäden ist sehr gering. Aufgrund dieser Funde werden die V4-Parzellen Mittel März behandelt²⁹.

Anfangs April erfolgt, aufgrund zahlreicher Larvenfunde, die zweite Behandlung der V2-, V3- und V4-Parzellen sowie eine Wiederholung der Behandlung der V3-Parzellen zwei Wochen später. Bei der Behandlung der V2-, V3- und V4-Parzellen wird die Spritzmittelverteilung mit Hilfe von wassersensitivem Papier aufgezeichnet. Die Ergebnisse werden mit der Fachstelle Phytomedizin der ZHAW analysiert. Es zeigt sich, dass tendenziell zu viel PSM ausgebracht wird und dass die Verteilung des Mittels, welches mit einem Rückensprüngerät ausgebracht wird, nicht gleichmässig ist.

Nach der Behandlung der V2-, V3- und V4-Parzellen geht die Aktivität des Schädling auf diesen Parzellen zurück. Bei den Untersuchungen werden bis Ende Juli keine lebenden Larven mehr gefunden. Theoretisch können Larven von V1-Parzellen in andere Parzellen einwandern oder falls die Behandlung nicht korrekt ausgeführt wird, diese überleben.



Abb. 12 Falter

Dass sich die Entwicklung der nicht behandelten Larven auf den V1-Parzellen fortsetzt, wird mit Untersuchungen dieser Parzellen verifiziert. Im Juni wird auf einer V1-Parzelle eine Puppe gefunden. Ende Juni wird der erste (und einzige) Falter (vgl. Abb. 12) in einer Pheromonfalle gefangen, ein weiterer wird bei einer Untersuchung im selben Zeitraum gesichtet. Daraus wird geschlossen, dass die erste Generation ihr adultes Stadium erreicht hat.

Der Schädling pflanzt sich im adulten Stadium fort und das Weibchen legt Eigelege auf die Blattunterseiten von Buchspflanzen. Der Generationenwechsel ermöglicht einen erneuten Befall in allen Parzellen. Bei den Untersuchungen Ende Juli und Anfangs August werden in verschiedenen Parzellen Larven der zweiten Generation (vgl. Abb. 13) in unterschiedlichen Entwicklungsstadien gefunden. Die Funde machen eine Behandlung der V2-, V3- und V4-Parzellen und die Wiederholung auf den V3-Parzellen notwendig.

²⁹ Da zu Versuchsbeginn alle Parzellen die gleiche Ausgangslage haben, werden die ersten beiden Behandlungen aufgrund von Funden in den V1-Parzellen durchgeführt.



Abb. 13 Larve der zweiten Generation

Nach der Behandlung der zweiten Generation sinkt die Schädlingsaktivität in den behandelten Parzellen wieder. Vereinzelt weisen Frassschäden auf aktive Larven hin, jedoch werden an den markierten Zweigen keine Larven mehr gefunden.

In einer V1-Parzelle wird Ende August eine Puppe gesichtet, deren Falter bei der darauffolgenden Untersuchung geschlüpft ist. Entsprechend wird davon ausgegangen, dass die zweite Generation ihr adultes Stadium erreicht hat. Allerdings werden keine Falter der zweiten Generation beobachtet oder gefangen.

Obwohl ein erneuter Befall der gesamten Anlage durch eine Eiablage der Falter möglich wäre, werden bis zur Schlussbonitur im November in den V2-, V3- und V4-Parzellen keine Larven mehr gefunden. In den V1-Parzellen werden im Oktober jüngere Larven der dritten Generation gefunden.

4.2 Boniturergebnisse

Während der Versuchsdauer finden elf Bonituren inkl. einer Anfangs- und einer Schlussbonitur statt. Bonitiert werden die lebenden Larven, welche auf den markierten Zweigen der Parzellen gefunden werden. Gemäss Versuchsdesign dienen die Boniturergebnisse dazu, die Verfahren miteinander zu vergleichen.

Während der Versuchsdauer werden insgesamt 21 Larven gefunden, 16 Larven auf den Kontroll-Parzellen (V1), 5 Larven auf den V2-Parzellen. Auf den V3- und den V4-Parzellen werden keine Larven gefunden (vgl. Tab. 5). Diese Zahlen lassen keine Vergleiche zwischen den einzelnen Verfahren zu. Im fünften Kapitel wird auf die möglichen Gründe eingegangen.

Tab. 5 Ergebnisse der Bonituren

Massnahme	Legende WX = Wiederholungen VX = Verfahren LX = Larvenstadien P = Puppe																				
	W5-1	W5-2	W5-3	W5-4	W1-1	W1-2	W1-3	W1-4	W2-1	W2-2	W2-3	W2-4	W3-1	W3-2	W3-3	W3-4	W4-1	W4-2	W4-3	W4-4	
	V2	V4	V3	V1	V1	V3	V2	V4	V3	V2	V1	V4	V4	V2	V3	V1	V2	V4	V1	V3	
Bonitur 11.3.14																					
Bonitur 17.4.14				L3 L4 L4	L4 L4		L4				L3 L4						L2				
Bonitur 6.6.14																					
Bonitur 20.6.14																					
Bonitur 4.7.14				L2 L2 L2																	
Bonitur 25.7.14					L3						L2 L2 L2 L3						L3				
Bonitur 15.8.14																L5	L5				
Bonitur 28.8.14																					
Bonitur 26.9.14																					
Bonitur 27.10.14																					
Bonitur 24.11.14	L2																				
Total	1			6	3		1				6					1	3				

4.3 Weitere Einflussfaktoren

Neben dem Befall der Buchspflanzen durch den Buchsbaumzünsler werden während der Versuchsdauer weitere Schädlinge, Krankheiten, Schadstoffeinträge und Vandalismus beobachtet.

Die Anlage liegt zwischen einer stark befahrenen Hauptstrasse und einem stark frequentierten Freiraum. Entsprechend hoch sind die Schadstoffeinträge durch Streusalz, Feinstaub, Hundekot und Abfall. Die Anlage wird regelmässig als Entsorgungsstelle für Bierflaschen, Zigarettensammel, Papier, Plastik etc. benutzt. In der Anlage wird der Kies deponiert, der bei der Reinigung des Fussgängerwegs³⁰ anfällt. Die gesamte Anlage ist durch den Hundeurin und -kot stark belastet. Vereinzelt werden Astabbrüche und Vandalismus an den Zäunen, die die Anlage umgeben, festgestellt.



Abb. 14 Laubschnecke

Der Befall der Buchspflanzen durch Laubschnecken (*Hygromiidae*) wird zu verschiedenen Untersuchungszeitpunkten festgestellt (vgl. Abb. 14). Die Frassschäden der Schnecken am Buchs unterschieden sich von denen des Buchsbaumzünslers (vgl. Abb. 15 und Abb. 16). Laubschnecken fressen rundliche Löcher in die Blätter. Oder sie fressen die gesamten Blätter bis auf den Blattrand.



Abb. 15 Frassschäden der Laubschnecken

Vielfach werden bei Frassschäden vom BBZ auch Frassschäden von Schnecken beobachtet. Abb. 16 zeigt das typische weisse Gespinst und eine Kopfkapsel des Buchsbaumzünslers (rote Markierung). Die Frassschäden an den Blättern stammen von Laubschnecken (gelbe Markierung).



Abb. 16 Frassschäden von Laubschnecken und BBZ

³⁰ In der Mitte des Helvetiagärtli befindet sich ein feinkörniger Kiesplatz.



Abb. 17 Gallen der Buchsbaumgallmücke

Die Buchspflanzen sind auch von der Buchsbaumgallmücke (*Monarthropalpus buxi*) befallen. Die Gallen werden während der gesamten Versuchsdauer beobachtet. Diese Wölbungen sind zuerst auf der Blattunterseite erkennbar, wo die Weibchen die Eier legen (Luedtke 2009). Die Larven schlüpfen in den Mienen und fressen im Blattgewebe bis sie im adulten Stadium ausschwärmen (ebenda). Im Juli werden die geöffneten Gallen gefunden (vgl. Abb. 17).



Abb. 18 Saugschäden der Buchsbaumspinnmilbe

Die kleinen, hellen Flecken an den Blättern der Buchspflanze deuten auf Saugschäden der Buchsbaumspinnmilben *Eurytetranychus buxi* hin (vgl. Abb. 18). Die Saugschäden werden während der gesamten Versuchsdauer beobachtet. Adulte Stadien oder Gespinste werden keine gesichtet.



Abb. 19 Adulte Stadien des Buchsbaumblattflohs

An den löffelförmig verformten Triebspitzen wird der Befall der Buchspflanzen durch den Buchsbaumblattfloh (*Psylla buxi*) festgestellt. Auch die watteähnlichen Wachsausscheidungen der Larven und die geflügelten, sprungfähigen Adulten (vgl. Abb. 19) werden beobachtet.

4.4 Übersicht

Tab. 6 fasst die Untersuchungs- und Boniturergebnisse des Feldversuches zusammen. Die Larvenfunde sind in den jeweiligen Entwicklungsstadien (L1-L6) dargestellt.

Tab. 6 Ergebnisse der Untersuchungen und Bonituren

Legende grün = Untersuchung orange = Bonitur LX = Larvenstadien (L1-L6) FS = Frassschäden P = Puppe LS = Laubschnecken BF = Buchsbaumblattfloh GM = Buchsbaumgallmücke SM = Buchsbaumspinnmilbe		Kontrolle	Einfache Untersuchung	Einfache Untersuchung plus Wiederholung der Behandlung	Intensive Untersuchung	Bemerkungen
Massnahme	Datum	V1	V2	V3	V4	
Untersuchung	11.03.2014					LS
Bonitur	11.03.2014					
Untersuchung	14.03.2014	L2/3				
Untersuchung	28.03.2014	FS 3 x L3				
Untersuchung	02.04.2014					
Bonitur	17.04.2014	2 x L3 5 x L4	FS L2 L4	FS	FS	GM
Untersuchung	02.05.2014					
Untersuchung	16.05.2014	FS L5				BF, GM
Untersuchung	19.05.2014					
Bonitur	06.06.2014	P			FS	BF, GM
Untersuchung	13.06.2014					
Bonitur	20.06.2014	FS				BF, LS
Bonitur	04.07.2014	3 x L2				Falter
Untersuchung	15.07.2014					GM, SM
Bonitur	25.07.2014	FS 3 x L2 2 x L3 P	L3			GM (offene Mienen)
Untersuchung	08.08.2014	FS L5		L4	L5	
Bonitur	15.08.2014	FS L5 P	L5			LS
Bonitur	28.08.2014	FS P				
Untersuchung	05.09.2014	FS P leer				
Untersuchung	10.09.2014				P leer	
Untersuchung	18.09.2014					
Bonitur	26.09.2014	P leer				
Untersuchung	02.10.2014	3 x L2				
Untersuchung	10.10.2014					
Untersuchung	17.10.2014					
Bonitur	27.10.2014	FS				
Untersuchung	10.11.2014					
Bonitur	24.11.2014		L2			

4.5 Wetterdaten

Mit Hilfe von zwei Temperaturloggern, die am östlichen und am westlichen Ende der Anlage installiert sind, werden die Temperaturunterschiede innerhalb der Anlage dokumentiert³¹. Die detaillierten Daten der beiden Temperaturlogger finden sich im Anhang D.

Die Analyse der Daten zeigt, dass das Mikroklima an den beiden Standorten sehr unterschiedlich ist. Das östliche Ende der Anlage wird früh von der Sonne beschienen und aufgewärmt, das westliche Ende liegt im Schatten von Gebäuden und verzeichnet weniger Sonnenstunden. Abb. 20 zeigt die Temperaturunterschiede innerhalb der Anlage am 24. April. Dies ist ein warmer Frühlingstag, an dem sich der Temperaturunterschied gut darstellen lässt. In blau ist der Verlauf im östlichen Ende der Anlage, in grün der Temperaturverlauf im westlichen Ende dargestellt.

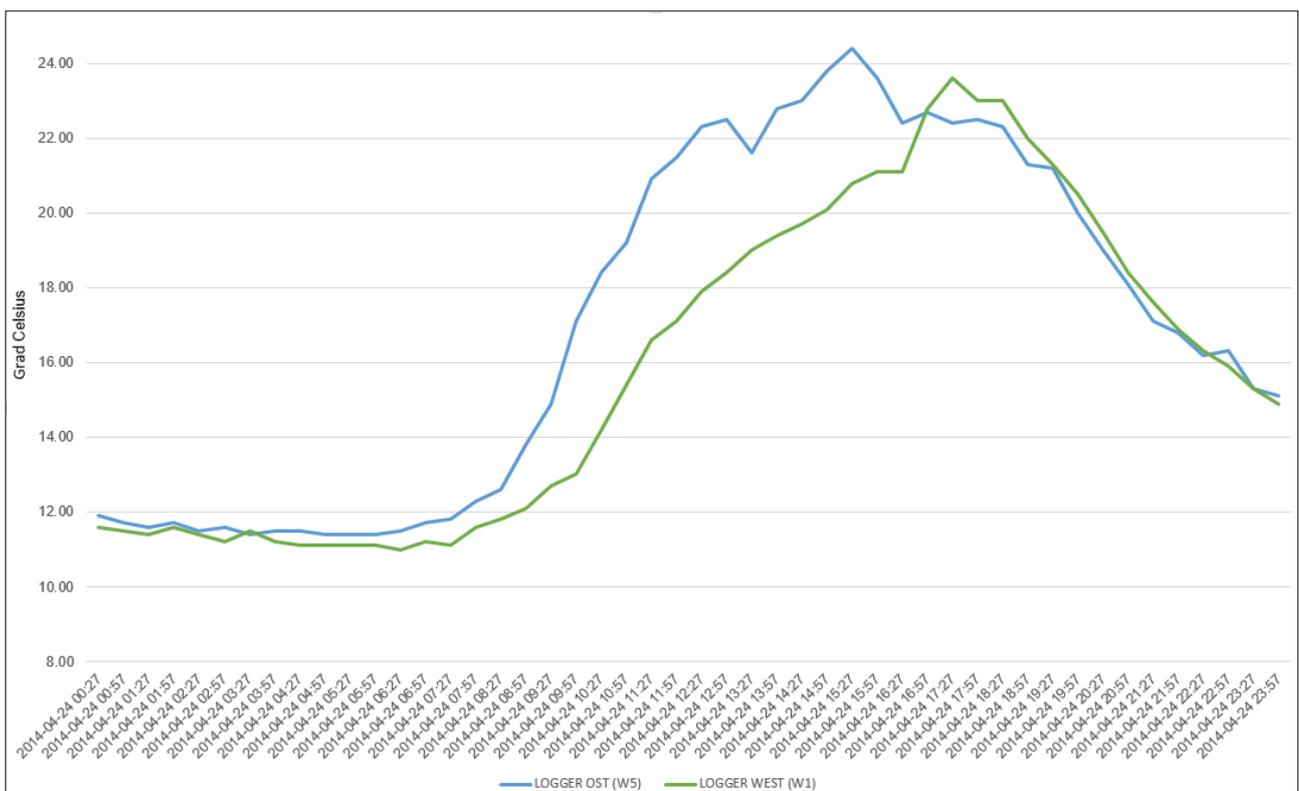


Abb. 20 Temperaturunterschiede im Tagesverlauf

³¹ Ein Hinweisschild des Tiefbauamtes, an welchem das Messgerät befestigt ist, wird Ende September von Mitarbeitern des Tiefbauamtes entfernt. Der Temperaturlogger wird der Autorin zugestellt, die Datenreihe dieses Gerätes kann nicht vollständig ausgewertet werden.

Zusätzlich zu den lokalen Temperaturdaten wurden Tageshöchst- und Tagestiefsttemperatur sowie die Niederschlagswerte über die Versuchsdauer mit Hilfe eines Wetterdienstes der Syngenta (2015) erfasst. Die detaillierten Daten von Februar bis November 2014 finden sich im Anhang E.

Abb. 21 zeigt, dass die für die Larvenentwicklung erforderlichen 8.38 Grad Celsius tagsüber bereits im Februar und März erreicht werden.

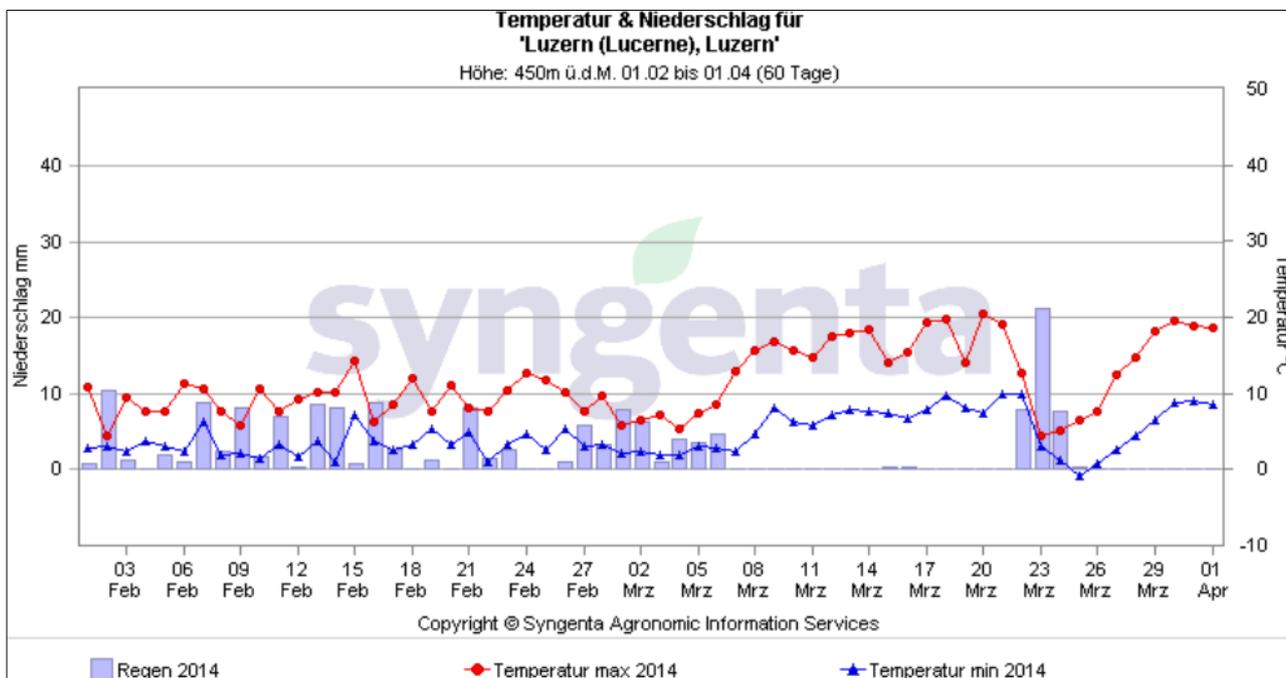


Abb. 21 Temperatur- und Niederschlagsübersicht Feb.-März 2014 (Syngenta 2015)

Die Jahresübersicht (vgl. Abb. 22) zeigt im Vergleich zu 2013 (vgl. Abb. 23) einen warmen Februar und März. Ab Mitte April steigen die Temperaturen nur noch langsam und der Niederschlag nimmt zu. Der Sommer ist nass und eher kühl im Vergleich zum Vorjahr³².

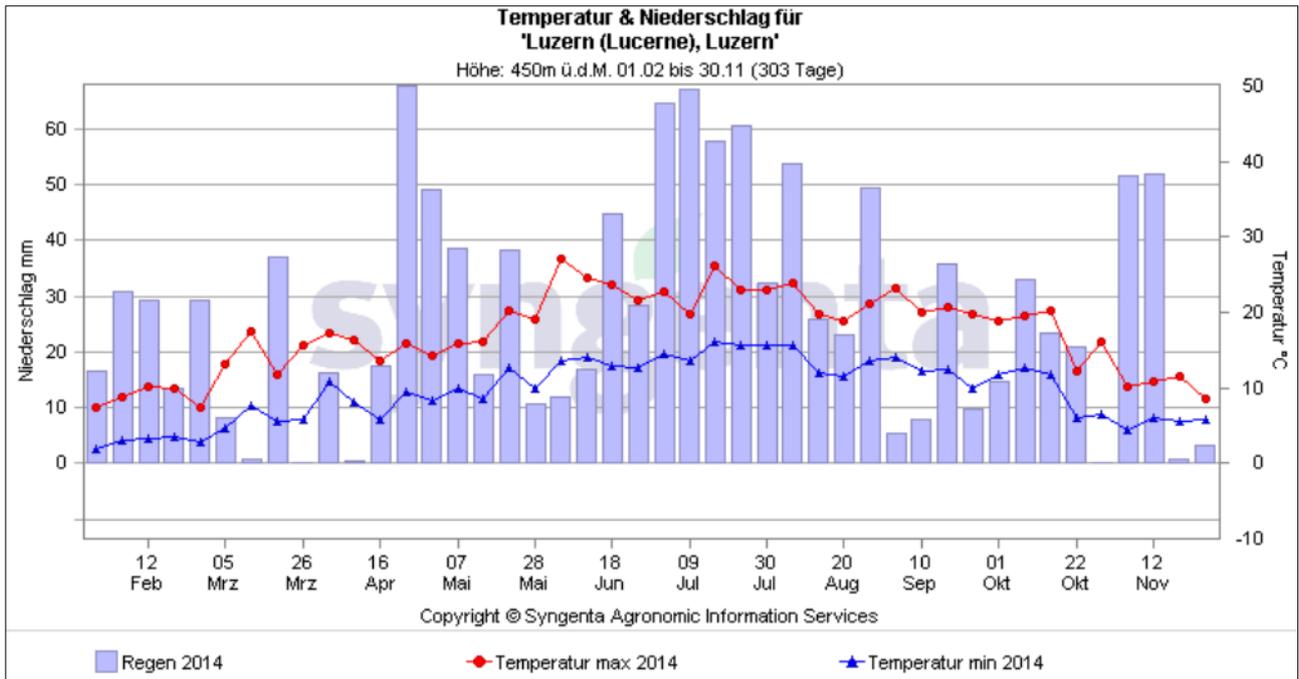


Abb. 22 Übersicht Temperatur- und Niederschlagsdaten Feb.-Nov. 2014 (Syngenta 2015)

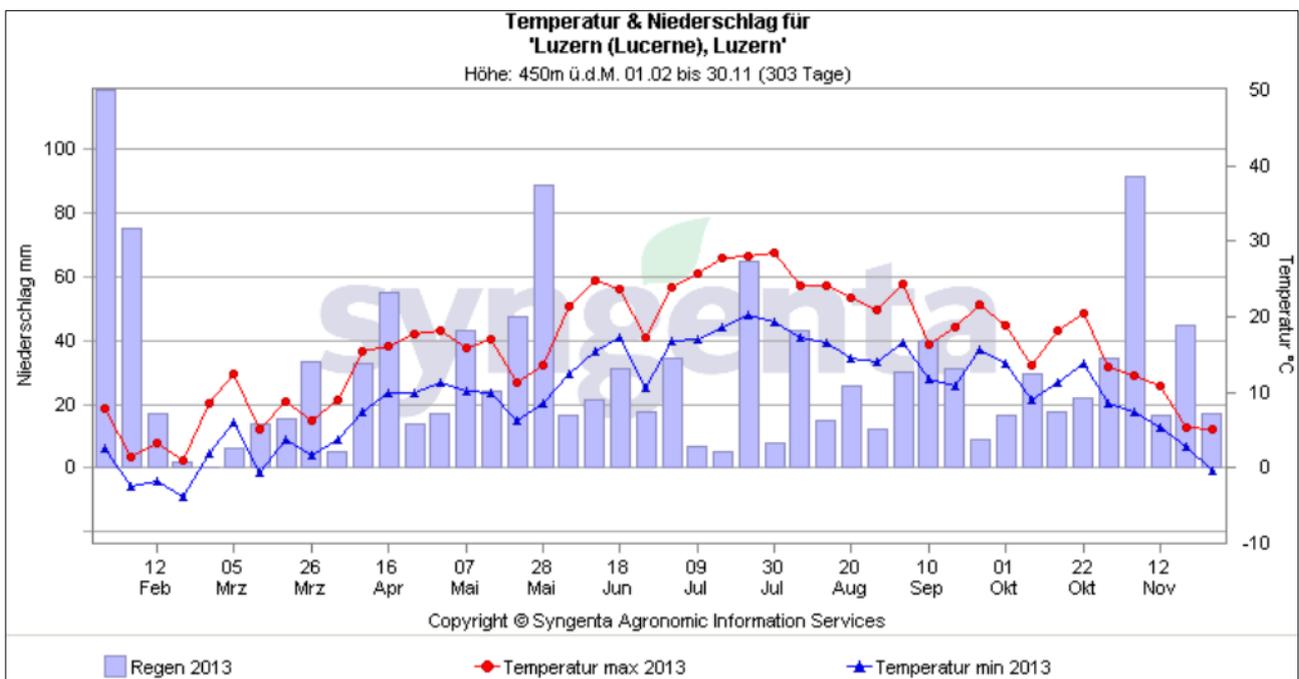


Abb. 23 Übersicht Temperatur- und Niederschlagsdaten Feb.-Nov. 2013 (Syngenta 2015)

³² Die Diagramme werden von der Syngenta (2015) zur Verfügung gestellt. Die Skalierung der Temperatur- und Niederschlagswerte kann nicht beeinflusst werden.

5 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse aus dem dritten und vierten Kapitel interpretiert und die Forschungsfrage beantwortet. Es folgen eine Diskussion der Ergebnisse und eine Reflexion des methodischen Vorgehens. Der Ausblick skizziert die weiterführenden Forschungsarbeiten.

5.1 Beantwortung der Forschungsfrage

Wie kann die Lebenserwartung und die Vitalität von Stadtbäumen optimiert werden?

Ein nachhaltiges Management von Stadtbäumen hat als übergeordnetes Ziel, die Leistungen und Nutzen der Stadtbäume der Bevölkerung langfristig zur Verfügung zu stellen. Bei dieser langfristigen Funktionserfüllung nimmt die Optimierung der Lebenserwartung und der Vitalität eine zentrale Rolle ein.

Die Lebenserwartung und die Vitalität von Stadtbäumen können durch gezielte Massnahmen in verschiedenen Bereichen der Planungs-, Bau- und Pflegephase optimiert werden (vgl. Abb. 24). Die Massnahmen, welche diese Optimierung zum Ziel haben, sind nachfolgend dargestellt.

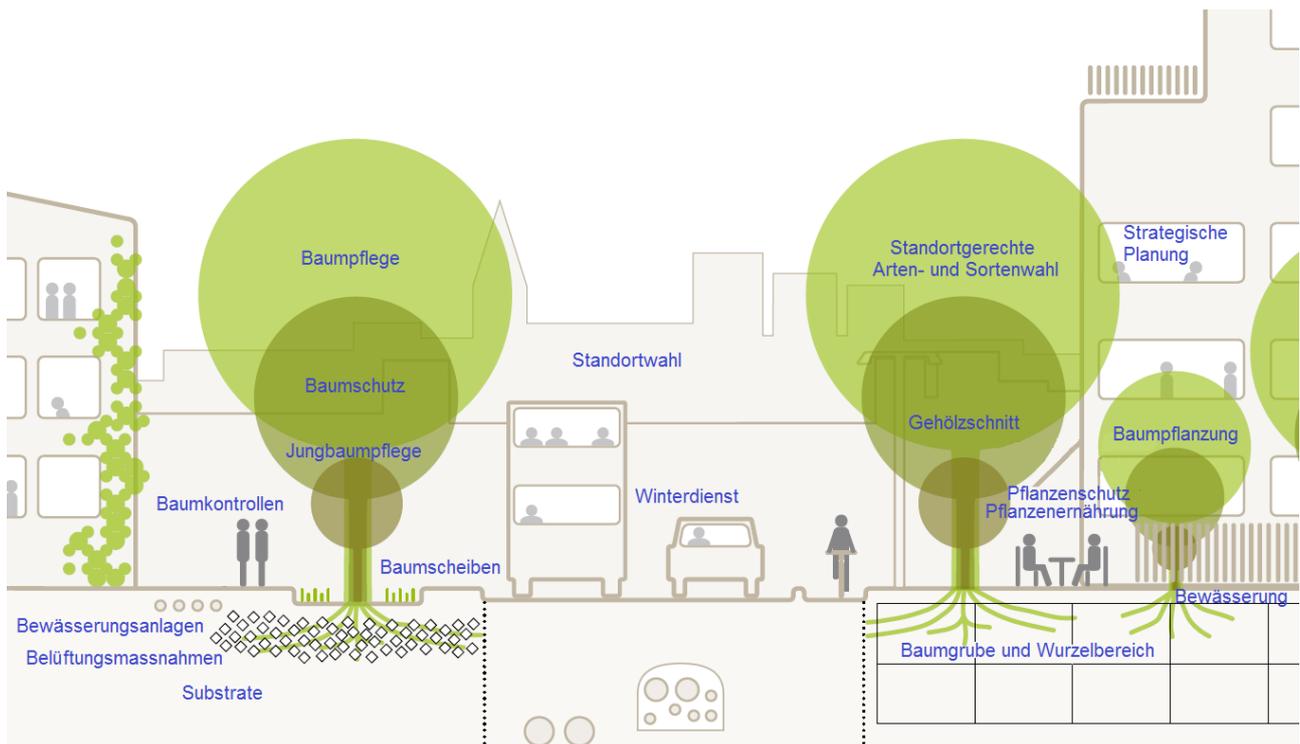


Abb. 24 Relevante Bereiche in der Planungs-, Bau- und Pflegephase

5.1.1 Beantwortung der ersten Teilfrage

Welche Massnahmen müssen in der Planungs- und Bauphase umgesetzt werden?

Die Wahl und Vorbereitung des Standortes für zukünftige Baumpflanzungen ist von enormer Bedeutung für ein vitales Wachstum von Stadtbäumen. Es werden nicht nur planerische Kenntnisse, sondern auch baumbiologisches Wissen sowie Kenntnisse des standörtlichen Nutzungsdrucks benötigt. Der Miteinbezug von Fachpersonen in die Planungs- und Bauphase ermöglicht eine Gestaltung von langfristig funktionsfähigen Baumstandorten. Ausgehend von den Ergebnissen des dritten Kapitels werden für die Planungs- und Bauphase folgende Massnahmen abgeleitet:

- | | |
|------------------------------------|---|
| Strategische Planung | Die Planung des Stadtbaummanagements erfolgt strategisch. Dazu gehören eine Bestandsaufnahme, die Zielformulierung sowie ein Umsetzungs- und Monitoringpläne. Die Strategie wird in Zusammenarbeit mit den relevanten Stakeholdern erarbeitet. |
| Standortwahl | Stadtbaumstandorte und bauliche Infrastruktur werden angesichts der limitierten Platzverhältnisse zusammen geplant. Dabei werden städtebauliche Faktoren, baumbiologischen Bedürfnisse und die ökologischen Leistungen der Stadtbäume mitberücksichtigt. |
| Baumgrube und Wurzelbereich | Baumgruben stellen dem Stadtbaum Baum 12 m ³ gut und ungestört durchwurzelbarer Boden zur Verfügung. Der Wurzelbereich wird in den angrenzenden Bodenraum ermöglicht. Im Hinblick auf die Belastung durch Streusalze des Winterdienstes sind Baumgruben so konzipiert, dass Oberflächenwasser in die Baumscheibe einfliessen und Streusalze auswaschen kann. |
| Substrate | Baumsubstrate sind an die Bedingungen des Standortes und die artspezifischen Bedürfnisse des Baumes angepasst. Sie sind strukturstabil und an Standorten mit hohem Nutzungsdruck verdichtungsfähig. Geeignete Materialien wie hohe Schotter-, Kies- und Sandanteile und wenig organisches Material sowie ein fachgerechter Einbau stellen den Wasser- und Luftbedarf des Baumes langfristig sicher. An Strassenstandorten kommt gut sickerfähiges Baumsubstrat zum Einsatz, damit Schadstoffe und Streusalze ausgewaschen werden. |
| Automatische Bewässerungsanlagen | Der Einsatz von zentral gesteuerten Bewässerungsanlagen wird geprüft, da die Bedeutung einer ressourcenschonenden, bedarfsgerechten Bewässerung im Hinblick auf den Klimawandel und auf die Standorteigenschaften im urbanen Raum zunimmt. Die Bewässerung ist mit entsprechender Technik optimal auf lokale Faktoren wie Witterung, Bodenfeuchtigkeit und Klima sowie den artspezifischen Wasserbedarf abgestimmt. |
| Bautechnische Belüftungsmassnahmen | Im innerstädtischen, versiegelten Raum wird der Einsatz von Belüftungsmassnahmen geprüft. Bei einer Umsetzung werden die möglichen Schwankungen der Bodenfeuchtigkeit mitberücksichtigt. |

Baumscheiben	Baumscheiben werden entsprechend den Standortanforderungen gestaltet. Der Einsatz von geeignete Materialien und Techniken schützen den Baum, vermeiden Schadstoffeinträge und verhindern die Bodenverdichtung. Bei begrünten Baumscheiben wird eine mögliche Wurzelkonkurrenz beachtet.
Standortgerechte Arten- und Sortenwahl	<p>Stadtbäume werden sorgfältig ausgewählt, um den vielfältigen Anforderungen gerecht zu werden. Dazu wird die zentrale Funktion des Baumes am Standort definiert:</p> <ul style="list-style-type: none">- Förderung der Biodiversität: Die Verwendung von einheimischen Arten zur Förderung der Artenvielfalt und um wertvolle Lebensräume und Nahrungsangebote für die heimische Flora und Fauna zur Verfügung zu stellen.- Förderung der ökologischen Leistungen: Die Verwendung von standortangepassten, teilweise nicht heimischen Arten, die im urbanen Raum wichtige regulierende Ökosystemdienstleistungen erbringen.- Förderung der Diversität: Die Verwendung von verschiedenen Genotypen innerhalb der Arten und von variierenden Altersstrukturen, die Förderung von Ökotypen und Mischalleen sowie eine hohe Diversität an verschiedenen Familien, Gattungen und Arten tragen zu stabilen Pflanzungen bei, die dank einer hohen genetischen Vielfalt weniger anfällig für Kalamitäten sind.- Gestaltungsfunktion: Die Verwendung von Arten aufgrund der historischen Gegebenheiten oder als Beitrag zu Pflanzensammlungen oder Arboreten.
Baumpflanzung	Stadtbäume werden fachgerecht gepflanzt. Jüngere Gehölze werden aufgrund ihrer Anpassungsfähigkeit bevorzugt. Die Qualität der Baumschulware und die Pflanztiefe sind überprüft, bei den Balliermaterialien ist der Spanndraht durchtrennt. Der Stammschutz und eine Verankerung sind angebracht.

5.1.2 Beantwortung der zweiten Teilfrage

Welche Massnahmen müssen in der Pflegephase umgesetzt werden?

Für die Optimierung der Lebenserwartung und der Vitalität der Stadtbäume sind neben den Massnahmen in der Planungs- und Bauphase auch Massnahmen in der Pflegephase von Bedeutung. Diese setzen baubiologische Kenntnisse voraus und müssen von Fachpersonen umgesetzt werden. Ausgehend von den Ergebnissen des dritten Kapitels sind für die Pflegephase folgende Massnahmen abgeleitet:

Jungbaumpflege	Der Jungbaum wird in den ersten 15 Standjahren periodisch und artspezifisch geschnitten, um eine stabile Krone und ein entsprechendes Lichtraumprofil zu erstellen und um Problemstellungen und grössere Schnittwunden zu vermeiden. In der Anwachsphase wird der Jungbaum bedarfsgerecht bewässert, um einen möglichen Wasserstress zu vermeiden und das Wurzelwachstum zu fördern. Durch eine gezielte Nährstoffversorgung werden Pflanzschock und Mangelerscheinungen vermieden. Der Stammschutz und die Verankerung sind kontrolliert und unterhalten.
Fachgerechter Gehölzschnitt	Bei Pflegeschnitten sind Schnittzeitpunkt, Schnittführung und Eingriffsstärke berücksichtigt. Mit regelmässigen Pflegeschnitten wird die Verkehrssicherheit garantiert.
Pflanzenernährung	Stadtbäumen werden aus ökologischen und ökonomischen Gründen nur in Ausnahmefällen Nährstoffe zugeführt. Falls Mangelerscheinungen Nährstoffgaben notwendig machen, sind diese mit Blatt- oder Bodenanalysen belegt und erfolgen bedarfsgerecht und mit angepasster Technik.
Bewässerungen	Manuelle Bewässerungseinsätze erfolgen nur bei längeren Trockenperioden und werden ressourcenschonend sowie bedarfsgerecht umgesetzt.
Pflanzenschutzmittel	Eine natürliche Schädlingsregulation wird gefördert und eine angemessene Schädlingstoleranz gepflegt. Prophylaktische Massnahmen wie die Artenwahl, -zusammensetzung, standortverbessernde Massnahmen und Nützlingsförderung werden umgesetzt. Bei einem Befall durch Schädlinge und Krankheiten werden entsprechende Hygienemassnahmen ergriffen. Falls der Einsatz von Pflanzenschutzmittel unumgänglich ist, werden biokonforme, nützlingsschonende Mittel bevorzugt.
Winterdienst	Der Winterdienst erfolgt geplant und differenziert. Eine zeitgemässe technische Ausrüstung, die Bevorzugung von alternativen Mitteln, mechanischer Räumung und angepasster Streuverfahren verringern die Belastung der Stadtbäume durch Streusalz. Schneedeponien auf Baumscheiben und Grünflächen sind zu vermeiden.

Baumkontrollen	Bäume werden regelmässig und mit angepasster Technik auf Stand- und Bruchsi- cherheit sowie auf Krankheits- und Schädlingsbefall kontrolliert. Die Ergebnisse dieser Kontrollen fliessen in eine verlässliche Dokumentation wie beispielsweise ein Baumkataster, ein.
Baumschutz	Ein fachgerechter Baumschutz auf Baustellen ist gegeben. Planende, Ingenieure und Baupersonal sind über den Baumschutz informiert und instruiert, die Schutz- massnahmen werden umgesetzt. Im Rahmen von Baumschutzgesetzen und Bau- bewilligungsbegehren wird der Baumschutz situativ eingefordert und überprüft.

5.1.3 Beantwortung der dritten Teilfrage

Wie sieht ein effizientes Untersuchungs- und Anwendungsregime in der biologischen Bekämpfung des Buchsbaumzünslers aus?

Die Antwort auf die dritte Teilfrage ist aus der Recherche, den Gesprächen mit Fachpersonen und den Erfahrungen aus dem Feldversuch abgeleitet. Die Boniturergebnisse können aufgrund des tiefen Befallsdrucks nicht ausgewertet und dadurch nicht für die Beantwortung der dritten Teilfrage verwendet werden.

Ein effizientes Schädlingsmanagement des Buchsbaumzünslers erfordert regelmässige Untersuchungen der Buchspflanzen und eine flächendeckende Anwendungen des biokonformen *Bt*-Präparates zur Bekämpfung der ersten Generation. Die zweite Generation muss, je nach Befallsstärke, flächendeckend oder punktuell behandelt werden. Das effiziente Untersuchungs- und Anwendungsregime ist nachfolgend beschrieben.

Untersuchungsregime: Die flächendeckende Verbreitung des Schädlings erfordert regelmässige Untersuchungen aller zu erhaltenden Buchspflanzen. Dazu sind schädlingsspezifische Kenntnisse und Informationen über Standort und Intensität der letztjährigen Befälle unerlässlich.

Im Frühjahr werden die überwinterten Larven ab Temperaturen über ihrem Entwicklungsnullpunkt von 8.38 Grad Celsius aktiv. Die Untersuchungen sollten ab diesem Zeitpunkt wöchentlich durchgeführt werden. Der Fokus liegt dabei auf den Pflanzen an sonnigen, warmen Lagen, die von einer frühen Sonneneinstrahlung profitieren. Sobald aktive Larven verifiziert werden, sollten alle Buchspflanzen flächendeckend mit einem *Bt*-Präparat behandelt werden. Falls der Schädling nur vereinzelt auftritt, kann eine punktuelle Behandlung der befallenen Pflanzen in Betracht gezogen werden.

Nach der Anwendung des PSM müssen die Buchspflanzen nicht mehr so engmaschig untersucht werden, da das *Bt*-Präparat bei einer fachgerechten Anwendung jüngere und ältere Larven abtötet. Ein erneuter Befall wird erst durch einen Generationenwechsel wahrscheinlich. Die Generationenabfolge kann mit Pheromonfallen überprüft werden. Gefangene Falter deuten auf einen Generationenwechsel hin und bedingen wieder wöchentliche Untersuchungen, um die jungen Larven der zweiten Generation frühzeitig aufzufinden und zu bekämpfen. Nach der Behandlung der zweiten Generation können die Untersuchungen stichprobenartig durchgeführt werden. Eine dritte Generation kann vor der Winterruhe keine beachtlichen Schäden mehr anrichten.

Anwendungsregime: Die Bekämpfung der Larven erfolgt mit dem biokonformen Pflanzenschutzmittel auf Basis der von *Bacillus thuringiensis var. kurstaki (Bt)* erzeugten Toxine. Das Frassgift ist den chemischen Insektiziden ebenbürtig, ohne deren nützlichschädigenden Effekte aufzuweisen. Der Schädling kann nur im Larvenstadium bekämpft werden.

Das *Bt*-Präparat muss auf den Blättern haften bleiben, um von den Larven über die Frasstätigkeit aufgenommen zu werden. Entsprechend müssen beim Behandlungszeitpunkt die Temperatur- und Witterungsbedingungen berücksichtigt werden. Alle Blätter, auch im Innern der Pflanze sowie die Blattunterseiten müssen mit dem PSM benetzt werden. Die Recherchen zeigen, dass die Behandlungen nur bei einem starken Befall wiederholt werden müssen. Das *Bt*-Präparat hat bei einer einmaligen, fachgerechten Anwendung eine hohe

Wirkungsrate. Die zweite Generation sollte je nach Befallsstärke punktuell oder flächendeckend behandelt werden. Die dritte Generation muss nicht behandelt werden.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

5.2.1 Nachhaltiges Management von Stadtbäumen

Die Ergebnisse der Recherche und der Gespräche mit Fachpersonen ermöglichen die Beantwortung der Forschungsfrage und ihren Teilfragen. Die Ergebnisse dokumentieren den aktuellen Stand des Wissens zu einem nachhaltigen Management von Stadtbäumen und stellen dar, mit welchen Massnahmen in der Planungs-, Bau- und Pflegephase die Lebenserwartung und die Vitalität der Stadtbäume optimiert werden können.

Diese Optimierung wird aber nicht nur von Massnahmen in den genannten Lebenszyklusphasen beeinflusst. Das im ersten Kapitel dargestellte Modell für das Stadtbaummanagement zeigt auf, dass die Ergebnisse nur einen Teil der Beziehungen zwischen den drei Elementen (Stadtbaum, Behörden, Bevölkerung) umfassen. Im Kapitel 5.4 wird auf weitere Aspekte, welche für langfristige Förderung von Stadtbäumen von Bedeutung sind, eingegangen.

5.2.2 Feldversuch

Die Ergebnisse des Feldversuches können nur teilweise für die Beantwortung der dritten Teilfrage verwendet werden, denn die Boniturergebnisse sind aufgrund des tiefen Befallsdrucks nicht auswertbar. Nachfolgend werden die Ergebnisse kritisch hinterfragt, die Reflexion der Methode folgt im Kapitel 5.3.2.

Der Feldversuch startet im März erfolgsversprechend. Die überwinterten Larven sind bereits bei Versuchsbeginn aktiv, die erste Behandlung wird im März, die zweite im April durchgeführt. Den warmen Frühlingmonaten folgte ein eher kalter, nasser Sommer, der die Entwicklung des Schädlings verlangsamt. Da jungen Larven auf Feuchtigkeitsschwankungen empfindlich reagieren, ist es denkbar, dass die häufigen Niederschläge im Sommer die Entwicklung der Larven ungünstig beeinflussen. Nach Aussagen von Unterhaltsverantwortlichen aus Luzern und Basel ist die Situation in den beiden Städten ähnlich. Nach einem flächendeckenden Befall der ersten Generation und entsprechender Behandlung sinkt der Befallsdruck. Es werden wenige Schäden wahrgenommen, ausser im Friedhof Hörnli in Basel, dort ist der Befallsdruck höher als in den letzten Jahren. Dieser Einbruch in der Befallsintensität entspricht nicht den Erfahrungen der letzten Jahre.

Unterschiedliche Entwicklungsgeschwindigkeiten: Die Entwicklungsgeschwindigkeiten der Larven innerhalb der Anlage verlaufen sehr unterschiedlich. Bei der Bonitur vom 17. April werden Larven im zweiten und im vierten Stadium gefunden. Bei der Bonitur Ende Juli werden neben einer Puppe der ersten Generation auch Larven der zweiten Generation, die sich im zweiten und dritten Stadium befinden, vorgefunden (vgl. Tab. 7).

Tab. 7 Bonituren mit unterschiedlichen Entwicklungsstadien

Massnahme	W5	W5	W5	W5	W1	W1	W1	W1	W2	W2	W2	W2	W3	W3	W3	W3	W4	W4	W4	W4
	-1	-2	-3	-4	-1	-2	-3	-4	-1	-2	-3	-4	-1	-2	-3	-4	-1	-2	-3	-4
	V2	V4	V3	V1	V1	V3	V2	V4	V3	V2	V1	V4	V4	V2	V3	V1	V2	V4	V1	V3
Bonitur 17.4.14				L3 L4	L4						L3 L4						L2			
Bonitur 25.07.14					L2						L2 L3						L2		P	

Wenn bei diesen beiden Zeitpunkten auch die Lage der Larvenfunde beachtet wird, fällt auf, dass die Entwicklung der Larven in den Wiederholungen W5, W1 und W2 fortgeschrittener ist, als die der Larven aus den Wiederholungen W3 und W4. Die Wiederholungen W5, W1 und W2, welche sich im östlichen Ende der Anlage befinden, profitieren von einer intensiven Sonneneinstrahlung. Die Wiederholungen im westlichen Ende der Anlage liegen lange im Schatten der Gebäude. Mit hoher Wahrscheinlichkeit beeinflussen diese lokalen Temperaturunterschiede die Entwicklung der Larve. Es kann sein, dass die Larven die Pflanzen im östlichen, wärmeren Ende der Anlage sogar bevorzugen. Dies würde erklären, warum bei den Bonituren in den Wiederholungen W5, W1 und W2 17 Larven gefunden werden. In den Wiederholungen W3 und W4 werden nur 4 Larven bonitiert.

Bei einem stärkeren Befall würden diese unterschiedlichen Entwicklungsgeschwindigkeiten bedeutende Ausfälle verursachen. Doch in der gegenwärtigen Situation rufen die wenigen Larven keine beachtlichen Schäden hervor. Abb. 25 zeigt den Zustand der Buchspflanzen auf einer Kontroll-Parzelle am 5. September 2014. Diese Pflanzen wurden während der gesamten Versuchsdauer nicht behandelt und weisen oberflächlich keine Schäden auf, obwohl in dieser Parzelle (W5-4 V1) einige aktive Larven gefunden wurden.



Abb. 25 Befallsdruck in Kontroll-Parzelle

Die unterschiedlichen Entwicklungsgeschwindigkeiten führen dazu, dass bei den Untersuchungen und Bonituren keine klare Generationenabfolge festgestellt werden können. Es befinden sich immer wieder verschiedene Entwicklungsstadien zeitgleich in der Anlage. Dies entspricht auch den Erfahrungen der Unterhaltsverantwortliche in Basel, die auch keine klare Generationenabfolge im Versuchsjahr feststellen können. Mit grosser Wahrscheinlichkeit hätte ein stärkerer Befallsdruck diese Generationenabfolge deutlicher erscheinen lassen. Die wenigen Larven, Puppen und Falter, die während des Versuchsjahres dokumentiert werden, erschweren eine klare Interpretation des Generationenverhaltens.

Weitere Einflussfaktoren: Der Befall durch die Buchsbaumspinnmilbe, den Buchsbaumblattfloh, die Buchsbaumgallmücke und die Laubschnecken (vgl. Kap. 4.5.4) hat mit hoher Wahrscheinlichkeit eine negative Wirkung auf die Vitalität der Buchspflanzen. Der Standort der Anlage zwischen einer dicht befahrenen



Abb. 26 Abgestorbene Zweige

Hauptstrasse und einem stark frequentierten Freiraum bringt weitere negative Einflüsse wie Schadstoffeinträge, Salzbelastung und Vandalismus mit sich.

Die Einflüsse auf die Vitalität der Pflanzen sind innerhalb der Anlage sehr unterschiedlich, an einigen Stellen bilden die Pflanzen neue, dichte Triebe. An anderen Stellen wirken sie geschwächt, möglicherweise auch durch weitere Schädlinge oder Krankheiten, die sich in diesem Versuch nicht verifizieren lassen (vgl. Abb. 26).

Häufig wird an Zweigen mit Frassschäden des BBZ auch Frassschäden von Laubschnecken festgestellt (vgl. Abb. 16, Seite 45). Der Befallsdruck durch die Laubschnecken ist während der gesamten Versuchsdauer sehr hoch. Deren Frassschäden erschweren es, die Schäden des BBZ zu eruieren, da die Schnecken oft die gesamten Blätter vernichten. Ob sich die beiden Schädlinge gegenseitig beeinflussen und ob die Laubschnecken die Frassschäden des BBZ gezielt aufsuchen, kann in diesem Versuch nicht verifiziert werden.

5.3 Diskussion der Methode

Aufgrund der Erfahrungen folgt eine Diskussion der angewendeten Methoden, die sich grösstenteils als zweckmässig erwiesen haben.

5.3.1 Literaturrecherche und Gespräche mit Fachpersonen

Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Literaturrecherche und die Gespräche mit Fachpersonen ein nachhaltiges Management von Stadtbäumen in der Planungs-, Bau- und Pflegephase erfasst und dargestellt werden kann.

Die Tagungsbeiträge, Fachpublikationen, Online-Datenbanken und Webseiten stellen viel Wissen zum Thema zur Verfügung. Vor allem in den USA und in England wird das Management von Stadtbäumen und dessen Nutzen für die Bevölkerung prominent kommuniziert. Die Problematik jeder Recherche ist die thematische Eingrenzung und Abgrenzung. Jede Information führt zu weiteren Informationen, Studien und Forschenden, die beachtenswerte Resultate erzielt haben. Studien, die zu Beginn der Recherche als relevant eingestuft werden, stellen sich im Laufe der Arbeit als zu spezifisch oder zu wenig bedeutsam heraus. Die Eingrenzung des Themas hat sich durch die Einteilung der Bereiche in die Lebenszyklusphasen vereinfacht.

Eine weitere Herausforderung ist der zeitliche Horizont der Recherche. Da die Arbeit über mehrere Monate verfasst wird, kommen immer wieder neue Erkenntnisse hinzu, welche in die Arbeit integriert werden. Ab einem bestimmten Zeitpunkt musste die Recherche als abgeschlossen definiert werden, um die Arbeit und die Ergebnisse weiterentwickeln zu können.

5.3.2 Feldversuch

Die Ergebnisse des Feldversuches lassen sich aufgrund des tiefen Befallsdrucks nicht auswerten. Dies ist ein Risiko von Feldversuchen, die nur an einem Standort durchgeführt werden. Bei der Versuchsplanung wird dieses Risiko diskutiert, da aber eine weitere geeignete Anlage mit Buchspflanzen in näherer Umgebung des Helvetiagärtli fehlt, wird der Versuch an einem Standort durchgeführt. Unter Umständen hätten auch mehrere Standorte in Luzern zu einem ähnlichen Ergebnis geführt, da der Befallsdruck auf dem gesamten Stadtgebiet tief war.

Das Versuchsdesign hat bei der Umsetzung einige Herausforderungen mit sich gebracht. Der Versuch soll dazu beitragen, die unterschiedlichen Untersuchungs- und Anwendungsregime der Praxis von grösseren und kleineren Stadtgärtnereien miteinander zu vergleichen. Das wissenschaftliche Vorgehen nach Versuchsdesign kann, je nach Entwicklungsgeschwindigkeit des Schädlings und standörtlichen Bedingungen, stark von der guten fachlichen Praxis abweichen. Nachfolgend wird auf diese Herausforderungen eingegangen.

Problematik „zu kleiner Untersuchungsumfang“: Die Buchspflanzen werden aufgrund von Larvenfunden bei den Untersuchungen der markierten Zweige behandelt. Mehrmals werden aktive Larven und Frassschäden auf benachbarten Zweigen oder in Kontroll-Parzellen gefunden. Diese Beobachtungen legimitierten jedoch keine Behandlung, denn die aktiven Larven befinden sich nicht auf den markierten Zweigen.

Ende Juli führt die Stadtgärtnerei eine Behandlung ihrer Buchspflanzen auf dem Stadtgebiet durch. Die Larven der zweiten Generation werden flächendeckend bekämpft. Obwohl die Wahrscheinlichkeit sehr hoch ist, dass auch in der Anlage des Feldversuches die zweite Generation aktiv ist, können die Pflanzen nicht behandelt werden, da der Nachweis von aktiven Larven auf den markierten Zweigen fehlt.

Diese auf den markierten Zweigen fehlenden Larven führen bei der Versuchsumsetzung zu einigen Diskussionen, da das Vorgehen nicht der Praxis entspricht. Die Markierung der Zweige ist notwendig, um den Untersuchungsumfang festzulegen und die Untersuchungen nicht willkürlich umzusetzen. Doch in der Praxis prüfen die Unterhaltsverantwortliche die Buchspflanzen ohne eine solche Limitierung. Als möglicher Lösungsansatz muss die Anzahl der markierten Zweige überprüft werden. Je höher die Anzahl, desto wahrscheinlicher ist es, die notwendigen Larven zu finden. Beim der Versuchsplanung wurde nicht von einem derart tiefen Befallsdruck ausgegangen. Bei einem durchschnittlichen Befall sind fünf markierte Zweige pro Parzelle ausgereichend, in diesem Versuchsjahr deutlich zu wenig.

Problematik „unterschiedliche Entwicklungsstadien“: Das Ziel der intensiven Untersuchungen ist es, die Larven in frühen Stadien zu finden und zu bekämpfen. Anhand der Überlegungen bei der Versuchsplanung werden die V4-Parzellen im Vergleich zu den Parzellen mit den einfachen Untersuchungen früher behandelt. Dies ist im Feldversuch nur im März der Fall, wo der Fund von jüngeren Larven zur Behandlung der V4-Parzellen führt. Bei den nachfolgenden Behandlungen im April und August werden Larven in verschiedenen Stadien gefunden und die V2-, V3- und V4-Parzellen gleichzeitig behandelt. Diese Tatsache hätte die Auswertung der Ergebnisse erschweren können, da sich das Anwendungsregime nur in einem von drei Fällen unterscheidet.

Diese Problematik hängt einerseits mit den unterschiedlichen Entwicklungsgeschwindigkeiten der Larven innerhalb der Anlage zusammen. Im April und im August werden zeitgleich jüngere und ältere Larven gefunden. Andererseits ist auch hier die Anzahl der markierten Zweige problematisch. Infolge des tiefen Befallsdrucks werden bei den Untersuchungen keine jüngeren Larven auf den markierten Zweigen beobachtet, die eine vorzeitige Behandlung der V4-Parzellen notwendig machen.

Problematik „Kontroll-Parzellen“: Die Kontroll-Parzellen werden nicht behandelt. Bei einem hohen Befallsdruck ist die Wahrscheinlichkeit gross, dass Larven von den nicht behandelten Parzellen in die benachbarten Parzellen einwandern. Diese Larven hätten zu weiteren Behandlungen führen können. Das entspricht dem wissenschaftlichen Vorgehen und dem Versuchsdesign, ist aber aus Sicht der Praxis aus ökologischen und ökonomischen Gründen nicht vertretbar. In der Praxis werden die gesamten Anlagen behandelt³³.

Durch die Planung von grösseren Parzellen kann diese Problematik vermindert werden. In dieser Anlage hätten grössere Parzellen aber weniger Wiederholungen der Verfahren ermöglicht, was aus wissenschaftlicher Sicht nicht optimal wäre.

Problematik „Bonitur der Larven“: Die Bonitur der Larven ist, je nach Befallsstärke sehr zeitintensiv. Larven fressen oft in Gespinsten. Die Anzahl der Larven und das Entwicklungsstadium dieser festzustellen, hätte zu Störungen führen und ihre Entwicklung ungünstig beeinflussen können. Aus diesem Grund wird zu Beginn des Versuches erwogen, anstelle der Larven die Frassschäden zu bonitieren. Eine Bonitur der Frassschäden erweist sich jedoch als unmöglich, da die markierten Zweige nicht geschnitten oder gewogen werden können. Mit den steigenden Temperaturen und dem Zuwachs der Pflanzen ist es sehr schwierig abzuschätzen, wie viele Blätter im Verhältnis zum gesamten Zweig oder wieviel Prozent des Zweiges gefressen werden. Aus diesen Gründen wird die Bonitur der Frassschäden wieder verworfen.

³³ Der Schädling verbreitet sich vor allem im adulten Stadium. Die Wahrscheinlichkeit, dass Larven aus nicht behandelten Privatgärten in städtische Anlagen migrieren und dort beachtliche Schäden verursachen, ist sehr klein.

5.4 Ausblick

Diese Masterarbeit dokumentiert den aktuellen Stand des Wissens zu einem nachhaltigen Management von Stadtbäumen und entsprechende Massnahmen in der Planungs-, Bau- und Pflegephase. Die Ergebnisse fliessen in den Entwurf des Massnahmenkataloges von Grünstadt Schweiz mit ein. Die Massnahmen werden als Bewertungskriterien in die Kernprozesse „Planung, Projektierung und Bau“, „Pflege und Unterhalt“ sowie „Biodiversität“ aufgenommen. Ausgehend von den Erkenntnissen dieser Masterarbeit und weiteren Forschungstätigkeiten im Rahmen des Projektes Grünstadt Schweiz wird für die Praxis ein Handbuch erarbeitet.

Wie in der Diskussion der Ergebnisse angedeutet, sind die formulierten Massnahmen nicht die einzigen Möglichkeiten zur Optimierung der Lebenserwartung und der Vitalität von Stadtbäumen. Die Bevölkerung und die Politik sind wichtige Akteure, welche mit ihren Handlungen und Entscheidungen zu einer Förderung und einem langfristigen Bestand der Stadtbäume beitragen. Weitere Untersuchungen sollten analysieren, mit welchen Möglichkeiten die Wertschätzung und Akzeptanz gegenüber Stadtbäumen erhöht werden können. Und mit welchen Massnahmen die langfristige Förderung von Stadtbäumen in den politischen Prozessen und Instrumenten verankert werden kann. Dabei sollte das Modell des Stadtbaummanagements als Ganzes betrachtet werden. Bestehende Forschungsergebnisse fokussieren mehrheitlich auf die Beziehung zwischen zwei Elementen.

Weiterführend können die vorliegenden Ergebnisse für Stadtbäume auf forstwirtschaftlich genutzte Stadtwälder adaptiert werden. Die meisten Städte unterhalten Waldflächen, die in dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden. Forstwälder haben andere standortbedingte Stressfaktoren, das Management fokussiert neben der Lebensraum- und der Erholungsfunktion auch auf die Produktionsleistung. Die Ökosystemdienstleistungen des Waldes sind dokumentiert. Eine Adaption und Interpretation dieser Leistungen und Funktionen, aber auch die Möglichkeiten zur langfristigen Funktionserfüllung sind im Hinblick auf ein Stadtbaum- und Stadtwaldmanagement von Interesse. Eine solche Arbeit würde das nachhaltige Management aller Bäume auf einem Stadtgebiet analysieren.

In Bezug auf die Praxistauglichkeit und die langfristige Funktionserfüllung wäre es spannend, die hier dokumentierten Massnahmen in einem Forschungsprojekt während mehrerer Jahre umzusetzen, die Entwicklung zu begleiten und die langfristigen Auswirkungen zu dokumentieren und zu evaluieren.

Um für die dritte Teilfrage valide Ergebnisse zu gewinnen, müsste der Feldversuch nochmals durchgeführt werden. Damit dabei auf einen tiefen Befallsdruck reagiert werden kann, muss das Versuchsdesign angepasst werden. Es werden mehrere Versuchsstandorte in mehreren Städten benötigt. Die Parzellen müssen vergrössert werden, um die gegenseitige Beeinflussung der Verfahren auszuschliessen. Idealerweise wird der Versuch über mehrere Jahre umgesetzt, um Schwankungen im Befallsdruck auszugleichen. Ein solcher Versuch bringt weitere Erkenntnisse zur Generationenabfolge in Europa und zu den Zusammenhängen zwischen Witterungs- und Temperaturbedingungen und Entwicklungsgeschwindigkeiten. Diese sind erst in einzelnen Forschungsprojekten evaluiert.

Neben Versuchen zur biologischen Bekämpfung wären wissenschaftliche Untersuchungen der natürlichen Gegenspieler notwendig. Gegenwärtig wird der Schädling bekämpft oder die Buchspflanzen ersetzt. Die einheimische Fauna hatte kaum Möglichkeiten, sich auf den Schädling zu spezialisieren. Weiterführende Forschung kann das Potential möglicher Nützlinge wie heimische Schlupfwespen, Nematoden oder Wanzen eruieren. Auch die im Feldversuch beobachteten Auffälligkeiten zwischen den Frassschäden der Laubschnecken und Larven des BBZ sind bisher noch nicht untersucht.

Stadtbäume und das nachhaltige Management dieser Ressource sind und bleiben ein interessantes Forschungsthema, da Stadtbäume der Bevölkerung einen unmittelbaren, erlebbaren Nutzen bringen. Das in dieser Arbeit gewonnene Wissen trägt – so ist zu hoffen – zur langfristigen Förderung der Stadtbäume bei.

Literaturverzeichnis

Albert R., Lehneis T. (2010). Der Buchsbaumzünsler, ein neuer Problemschädling in Baden-Württemberg. Landinfo 3, S. 40-45.

Andermatt Biocontrol (Hrsg.) (2015). Faltblatt Insektenfallen. Abgerufen am 15.02.15 von http://shop.biocontrol.ch/media/downloads/323/faltblatt_insektenfallen_DE.pdf

Andermatt Biocontrol (Hrsg.) (2015a). Generationenabfolge Buchsbaumzünsler. Abgerufen am 03.04.15 von http://shop.biocontrol.ch/de_bc/delfin-wg

Bilz D. (2013). Nährstoffsituation und Düngung von Jungbaumstandorten – Erfahrungen und Lösungsansätze aus der Praxis. In: A. Roloff, D. Thiel, H. Weiss (Hrsg), Aktuelle Fragen der Stadtbaumplanung, -pflege und -verwendung. Tharandt: Forstwissenschaftliche Beiträge.

Böll S., Schönfeld Ph., Körber K., Herrmann J.V. (2014). Stadtbäume unter Stress. LWF aktuell, 98, S. 4-8.

Brehm J. (2013). Verankerung von Jungbäumen. In: D. Dujesiefken (Hrsg.), Jahrbuch der Baumpflege 2013. Braunschweig: Haymarket Media.

BSB (Hrsg.) (2013). Ergebnisse aus der VSSG-Umfrage zu Neobiota 2014. In Tagungsdokumentation Schweizer Baumpflegetagung 2013, unveröffentlicht

BSB (Hrsg.) (2014). Informationsblatt „Bäume pflanzen – aber richtig“. Abgerufen am 20.05.14 von <http://www.baumpflege-schweiz.ch/>

BSB (Hrsg.) (2015). Übersicht über die kommunalen Richtlinien zum Baumschutz. Abgerufen am 23.03.15 von <http://www.baumpflege-schweiz.ch/>

Bühler O., Ingerslev M., Nielsen C., Thomsen I. (2014). Wurzelwachstum in der Tragschicht: Erfahrungen mit überbaubaren Baumsubstraten in Dänemark. In: D. Dujesiefken (Hrsg.), Jahrbuch der Baumpflege 2014. Braunschweig: Haymarket Media.

Citree Datenbank (Hrsg.) (2015). Planungsdatenbank für Gehölze im urbanen Raum. Abgerufen am 14.03.15 von <https://141.30.134.137/citree/>

City of Toronto, Parks, Forestry and Recreation, Urban Forestry (Hrsg.) (2013). Every Tree Counts: A Portrait of Toronto's Urban Forest. Toronto: City of Toronto.

City of Toronto, Parks, Forestry and Recreation, Urban Forestry (Hrsg.) (2013a). Sustaining and Expanding the Urban Forest: Toronto's Strategic Forest Management Plan 2012-2022. Toronto: City of Toronto.

Clark J.R., Matheny N.P. (1998). A Model of Urban Forest Sustainability: Application to Cities in the United States. Journal of Arboriculture 24(2).

Detter A., Rust S. (2013). Aktuelle Untersuchungsergebnisse zu Zugversuchen. In: D. Dujesiefken (Hrsg.), Jahrbuch der Baumpflege 2013. Braunschweig: Haymarket Media.

Dietze P., Beer H., Bohne B., Dietze S. (2000). Gehölze für Garten und Landschaft. Stuttgart: Ulmer.

Duden (Hrsg.) (2015). Duden online. Abgerufen am 19.02.14 von http://www.duden.de/rechtschreibung/Best_Practice

Engesser R. (2011). Der Platanenkrebs. G'plus 10, S.2.

FLL (Hrsg.) (2005). Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 1. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau e.V.

FLL (Hrsg.) (2006). ZTV-Baumpflege. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau e.V.

FLL (Hrsg.) (2008). Fachbericht zur Pflege von Jungbäumen und Sträuchern. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.

FLL (Hrsg.) (2010). Bewässerungsanlagen in Vegetationsflächen. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e. V.

FLL (Hrsg.) (2010a). Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 2. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau e.V.

FLL (Hrsg.) (2010b). Baumkontrollrichtlinien. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau e.V.

FLL (Hrsg.) (2013). Baumuntersuchungsrichtlinien. Bonn: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung, Landschaftsbau e.V.

Forster B. (2009). Die Edelkastaniengallwespe tritt erstmals in der Südschweiz auf. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft 82, 3/4, S. 271-279.

GALK (Hrsg.) (2011). Positionspapier Verwendung von nicht heimischen Baumarten am innerstädtischen Strassenstandort. Abgerufen am 10.12.014 von http://www.galk.de/projekte/pr_down/pospapier_heimischebaumarten_flyer1104.pdf

GALK (Hrsg.) (2012). Liste der empfohlenen Stadtbäume der Gartenamtsleiterkonferenz des Deutschen Städtetages. Abgerufen am 22.10.13 von http://www.galk.de/arbeitskreise/ak_stadtbaeume/akstb_strbaumliste12.htm

Gerhardt D., Weller K. (2011). Anspruch versus Realität. Stadt und Grün 4/2011, S. 10-15

Gloor S. (2012). Biodiversität und Ökosystemdienstleistungen von Bäumen – Stand des Wissens. Zürich: SWILD.

- Göldi Hofbauer M. (2014). Beeinflussen neue Schadorgansimen künftig das Bild unserer Städte?. Anthos 2, S. 48-51.
- Grossfurtner I., Florineth F. (2013). Baumscheibengestaltung in Mödling und Baden bei Wien. Pro Baum, 2.
- Gruehn D. (2006). Bedeutung von Freiräumen und Grünflächen für den Wert von Grundstücken und Immobilien. Wien: GALK-DST, ARC systems research GmbH.
- Grün Stadt Zürich (Hrsg.) (2014). Empfohlene Stadtbäume von Grün Stadt Zürich. Abgerufen am 08.09.14 von http://www.stadt-zuerich.ch/content/ted/de/index/gsz/natuerliche_vielfalt/baeume_in_der_stadt/beratung.html
- Grün Stadt Zürich (Hrsg.) (2014a). Ungeeignete Stadtbäume von Grün Stadt Zürich. Abgerufen am 08.09.14 von http://www.stadt-zuerich.ch/content/ted/de/index/gsz/natuerliche_vielfalt/baeume_in_der_stadt/beratung.html
- Grün Stadt Zürich (Hrsg.) (2015). Merkblatt Stadtbäume Schutzmassnahmen auf Baustellen. Abgerufen am 23.03.15 von http://www.baumpflege-schweiz.ch/pdf/rechtliches/zh_schutz_baustellen.pdf
- Günter M. (2014). Biologischer Pflanzenschutz im öffentlichen Grün. G'plus 17, S. 28-29.
- Heidger C. (2002). Wurzeln sind lenkbar! Optimierungsmöglichkeiten im Wurzelraum von Straßenbäumen. Osnabrücker Baumpflegetage Tagungsband 20.
- Hilbert J. (2014). Zukunftsfähige Baumstandorte richtig planen. In: D. Dujesiefken (Hrsg.), Jahrbuch der Baumpflege 2014. Braunschweig: Haymarket Media.
- Hizal E., Kose M., Yesil C., Kaynar D. (2012). The New Pest *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) in Turkey. Journal of Animal and Veterinary Advances 11 (3), S. 400-403.
- Hösli M. (2012). Strategie zur Förderung des bewussten Umgangs mit Pflanzenschutzmitteln. Master Thesis Fachhochschule Nordwestschweiz.
- Huld Ch. (2013). Miniermotten an Rosskastanien mittels Bauminjektion bekämpfen. Dergartenbau 42, S. 6-7.
- Ingerslev M., Skov S., Sorensen K., Bühler O. (2014). Alternative Auftausalze und andere Methoden zur Minderung von Salzschäden. Jahrbuch der Baumpflege 2014, S. 79-85.
- Jansson M., Lindgren T. (2012): A review of the concept 'management' in relation to urban landscapes and green spaces: Toward a holistic understanding. Urban Forestry & Urban Greening 11, S. 139-145.
- Käser A. (2015). Belüftung des Wurzelraumes bei Baumpflanzungen. G'plus 3, S. 24-25.
- Kehr R., Rust S. (2007). Auswirkungen der Klimaerwärmung auf die Baumphysiologie und das Auftreten von Krankheiten und Schädlingen. Pro Baum 4, S. 2-10.
- Krabel D. (2014). Vielfalt statt Monotonie: Zur Problematik eines eingeschränkten Sortenangebots von Stadtbäumen. Dresdner Stadtbaumtage 2014, S. 21-32.

- Krüger E. O. (2008). *Glyphodes perspectalis* (WALKER, 1859) - neu für die Fauna Europas (Lepidoptera: Crambidae). *Entomologische Zeitschrift* 118 (2), S. 81-83.
- Kurkowski H. (2011). Leistungsfähigkeit von überbaubaren Baumsubstraten für den Extremstandort Verkehrsfläche – die Entwicklung der Anforderungsprofile für Baumsubstrate. *Dresdner StadtBaumtage 2011*, S. 18-31.
- Kusche D., Siewniak M. (2009). *Baumpflege heute*. Berlin: Patzer.
- Lässig R. (2014). Asiatischer Laubholzbockkäfer: Die Schweiz rüstet sich gegen einen gefährlichen Schädling. *WSL-Magazin Diagonal*, 2, S. 16-20.
- Lepiforum (Hrsg.) (2015). Bestimmungshilfe für die in Europa nachgewiesenen Schmetterlingsarten. Internetportal. Abgerufen am 23.03.14 von http://www.lepiforum.de/lepiwiki.pl?Cydalima_Perspectalis
- Leuthardt F., Billen W., Baur B. (2010). Ausbreitung des Buchsbaumzünslers *Diaphania perspectalis* (Lepidoptera, Pyralidae) in der Region Basel – eine für die Schweiz neue Schädlingsart. *Entomo Helvetica* 3, S. 51–57.
- Luedtke H. (2009). Krankheiten und Schädlinge an Buchs. *Neue Landschaft Jg.54, Nr.12*, S.44-47.
- LWG (Hrsg.) (2012). Forschungsbericht Standortangepasste Bewässerung öffentlicher Grünflächen der Bayerischen Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau LWG abgerufen am 02.02.15 von <http://www.lwg.bayern.de/landespflge/gartendokumente/forschungsberichte/088005/index.php>
- Mattheck C., Hötzel H-J. (2003). *Baumkontrolle mit VTA*. Freiburg im Breisgau: Rombach.
- Nacambo S., Leuthardt F., Wan H., Li H., Haye T., Baur B., Weiss R., Kenis M. (2014). Development characteristics of the box-tree moth *Cydalima perspectalis* and its potential distribution in Europe. *Journal of Applied Entomology*, Vol. 138, Issue 1-2, S. 14-26.
- Niedermann-Meier S., Mordini M., Bütler R., Rotach P. (2010). Habitatbäume im Wirtschaftswald: ökologisches Potenzial und finanzielle Folgen für den Betrieb. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 161. Jg., 10/2010.
- Nielsen C. (2014). Wurzelraum und Baumstabilität von Strassen und Stadtbäumen. In: D. Dujesiefken (Hrsg.), *Jahrbuch der Baumpflege 2014*. Braunschweig: Haymarket Media.
- Nielsen C., Bühler O., Kristoffersen P. (2007). Soil water dynamics and growth of street and park trees. *Arboriculture and Urban Forestry*, 33/4.
- Nowak D.J., Hoehn R.E., Bodine A.R., Greenfield E.J., Ellis A., Endreny T.A., Yang Y., Zhou T., Henry R. (2013). *Assessing Urban Forest Effects and Values: Toronto's Urban Forest*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, Ressource Bulletin NRS-79.
- Oelhafen A. (2012). *Bekämpfung des Buchsbaumzünslers *Cydalmia perspectalis* (Walker, 1859) mit biologischen Mitteln*. Bachelorarbeit ZHAW

- Paganelli L. (2011). Bauplanung und Baumschutz. In Unterrichtsunterlagen ZHAW, Modul Urban Forestry, unveröffentlicht.
- Paganelli L. (2014). Baumschutz in allen Planungsphasen – Das Basler Baumschutzkonzept. In: D. Dujesiefken (Hrsg.), Jahrbuch der Baumpflege 2014. Braunschweig: Haymarket Media.
- Paulsen H. (2010). Das „Lübecker Modell“. GaLaBau 10/11, S. 22-24.
- Pelleteret P., Bovigny P., Lefort F. (2014). Der Eichenprozessionsspinner. G'plus 11, S. 14-15.
- Plietzsch A. (2014): Abnahme von Baumschulgehölzen – Möglichkeiten und Grenzen der Qualitätsbeurteilung. Dresdner StadtBAumtage, S. 16-31.
- Pommnitz M. (2014). Wenn Bäume plötzlich stürzen – Gründe für einen sinnvollen Baumschutz. Dresdner StadtBAumtage, S. 90-100.
- Randrup T.B., Persson B. (2009). Public green spaces in the Nordic countries: Development of a new strategic management regime. Urban Forestry and Urban Greening 8, S. 31–40
- Rigling D., Schütz-Bryner S., Heiniger U., Prospero S. (2014). Der Kastanienrindenkrebs. Schadsymptome, Biologie und Gegenmassnahmen. Merkblatt für die Praxis der Forschungsanstalt WSL 54, S. 8.
- Roloff A. (2013). Bäume in der Stadt. Stuttgart: Ulmer.
- Roloff A. (2013a). Baumpflege. Stuttgart: Ulmer.
- Roloff A. (2013b). Stadt- und Strassenbäume der Zukunft – welche Arten sind geeignet? In: A. Roloff, D. Thiel, H. Weiss (Hrsg), Aktuelle Fragen der Stadtbaumplanung, -pflege und -verwendung. Tharandt: Forstwissenschaftliche Beiträge.
- Roloff A., Grundmann B., Korn S. (2013). Trockenstress-Toleranz bei Stadtbäumen – Anpassungs- und Schutzstrategien/Arteneignung. In: D. Dujesiefken (Hrsg.), Jahrbuch der Baumpflege 2013. Braunschweig: Haymarket Media.
- Santamour F.S. (1990): Trees for Urban Planting: Diversity, Uniformity and Common Sense. Metria: 7, S. 57-66.
- Schneider U., Hellweg A., Karsch-Frank G. (2013). Grünflächen klimagerecht ausbauen. Stadt und Grün, 3/13.
- Schneidewind A. (2013). Vergleich von sechs verschiedenen Unterflur-Baumverankerungssystemen. In: D. Dujesiefken (Hrsg.), Jahrbuch der Baumpflege 2013. Braunschweig: Haymarket Media.
- Schönborn, A. (2008): Verkehrssicherung und Baumkontrolle. LWF aktuell 62, S. 40-42.
- Siewniak M., Kusche D. (2009). Baumpflege heute. Berlin: Patzer.
- Sigg C.-R. (2009). Auch das noch: Ein neuer Buchs-Schädling schlägt zu - Massive Schäden durch den Buchsbaumzünsler. Der Gartenbau 4, S. 2-4.

- Sommer N. (2007). Gehölzsortimente und ihre Verwendung. Wien: Österreichischer Agrarverlag.
- Stadtgärtnerei Basel (Hrsg.) (2011). Baumschnitttrichtlinien. Abgerufen am 14.03.15 von <http://www.stadtgaertneri.bs.ch/stadtgruen/stadtbaueme/baumpflege.html>
- Stadtgärtnerei Basel (Hrsg.) (2012). Der Buchsbaumzünsler (*Diaphania perspectalis*). Merkblatt. Abgerufen am 23.03.15 von <http://www.stadtgaertneri.bs.ch/oekologische-verantwortung/schaedlinge-krankheiten/buchsbaumzuenkler.html>
- Stadtgärtnerei Basel (Hrsg.) (2015). Die Standards der Stadtgärtnerei Basel, Heft 200 Projektierung und Bau. Abgerufen am 09.03.2015 von <http://www.stadtgaertneri.bs.ch/geschaeftpartner/standards.html>
- Streckenbach M., Schröder K., Bennerscheidt C., Stützel Th. (2010). Wurzelwachstum von Bäumen im Visier. GaLaBau 1+2, S 36-40.
- Syngenta (Hrsg.) 2015. VIP Wetterservice für die Landwirtschaft. Abgerufen am 11.04.15 von http://www3.syngenta.com/COUNTRY/CH/DE/LANDWIRTSCHAFT/SERVICES/WETTER_KLIMA/Pages/VI PWetter.aspx
- TDAG (Hrsg.) (2015). Trees in Townscape. A Guide for Decision Makers. Trees and Design Action Group. Abgerufen am 10.02.15 von <http://www.tdag.org.uk/guides--resources.html>
- TEEB (2010). The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature: A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. Abgerufen am 19.02.14 von <http://www.teebweb.org/our-publications/>
- URGE (2004): Making greener cities: a practical guide. UFZ, Leipzig, Halle. Abgerufen am 22.10.13 von <http://www.urge-project.ufz.de/>
- VSSG (Hrsg.) (2014). Streusalz: Auswirkungen auf die Stadtbäume. Abgerufen am 14.03.15 von http://www.vssg.ch/xml_1/internet/de/application/d35/f131.cfm
- VSSG (Hrsg.) (2015). Merkblatt Baumschutzmassnahmen auf Baustellen. Abgerufen am 04.03.15 von http://www.vssg.ch/xml_1/internet/de/application/d35/f132.cfm
- Walton J.T., Nowak D.J., Greenfield E.J. (2008). Assessing Urban Forest Canopy Cover Using Airborne or Satellite Imagery. *Arboriculture and Urban Forestry*, 34(6), S. 334–340.
- Wermelinger B. (2010). Neu auftretende Schadorganismen an Gehölzen: Der Buchsbaumzünsler. *g'plus* 15, S. 50.
- Wunder, J.; Nobis, M.; Conedera, M., (2014): Der Götterbaum - eine Gefahr für den Schweizer Wald? *Wald Holz* 95, 4: 40-43.
- Wurst C. (2013). Habitatstrukturen an Bäumen – ein Leitfaden für den Baumpfleger. In: D. Dujesiefken (Hrsg.), *Jahrbuch der Baumpflege 2013*. Braunschweig: Haymarket Media
- Zuber R. (2013). Streusalz: Auswirkungen auf die Stadtbäume und Gegenmassnahmen. Literaturstudie im Auftrag der VSSG.

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1 Stadtbaummanagement als Modell.....	7
Abb. 2 Leere Puppe und Kopfkapsel.....	12
Abb. 3 Junge Larve und Frassschäden.....	13
Abb. 4 Frassschäden von jüngeren Stadien	14
Abb. 5 Jüngere Larve im Gespinst	14
Abb. 6 Versuchsanlage.....	16
Abb. 7 Helvetiagärtli.....	16
Abb. 8 Lageplan der Versuchsanlage	17
Abb. 9 Untersuchungsprotokoll	19
Abb. 10 Relevante Bereiche in der Planungs- und Bauphase	21
Abb. 11 Relevante Bereiche in der Pflegephase.....	31
Abb. 12 Falter	42
Abb. 13 Larve der zweiten Generation	43
Abb. 14 Laubschnecke	45
Abb. 15 Frassschäden der Laubschnecken	45
Abb. 16 Frassschäden von Laubschnecken und BBZ	45
Abb. 17 Gallen der Buchsbaumgallmücke	46
Abb. 18 Saugschäden der Buchsbaumspinnmilbe.....	46
Abb. 19 Adulte Stadien des Buchsbaumblattflohs	46
Abb. 20 Temperaturunterschiede im Tagesverlauf	48
Abb. 21 Temperatur- und Niederschlagsübersicht Feb.-März 2014 (Syngenta 2015)	49
Abb. 22 Übersicht Temperatur- und Niederschlagsdaten Feb.-Nov. 2014 (Syngenta 2015)	50
Abb. 23 Übersicht Temperatur- und Niederschlagsdaten Feb.-Nov. 2013 (Syngenta 2015)	50
Abb. 24 Relevante Bereiche in der Planungs-, Bau- und Pflegephase.....	51
Abb. 25 Befallsdruck in Kontroll-Parzelle	60
Abb. 26 Abgestorbene Zweige	61
Abb. 27 Temperaturlogger Ost	89
Abb. 28 Temperaturlogger West	90
Abb. 29 Temperatur- und Niederschlagsübersicht Feb.-April 2014, Tagesskalierung.....	91
Abb. 30 Temperatur- und Niederschlagsübersicht Mai-Juli 2014, Tagesskalierung.....	91
Abb. 31 Temperatur- und Niederschlagsübersicht Aug.-Okt. 2014, Tagesskalierung.....	92
Abb. 32 Temperatur- und Niederschlagsübersicht Nov.-Dez. 2014, Tagesskalierung	92

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1 Generationenabfolge	12
Tab. 2 Versuchsdesign	17
Tab. 3 Übersicht der Verfahren	18
Tab. 4 Versuchsumsetzung	41
Tab. 5 Ergebnisse der Bonituren	44
Tab. 6 Ergebnisse der Untersuchungen und Bonituren	47
Tab. 7 Bonituren mit unterschiedlichen Entwicklungsstadien	58
Tab. 8 Daten des Untersuchungsprotokolls der Wiederholung W5 und den allgemeinen Bemerkungen	81
Tab. 9 Daten des Untersuchungsprotokolls der Wiederholung W1 und W2	82
Tab. 10 Daten des Untersuchungsprotokolls der Wiederholung W3 und W4	84
Tab. 11 Daten der Bonituren aller Wiederholungen	85

Anhang

Anhang A - Aufgabenstellung 76
Anhang B - Plagiatserklärung 80
Anhang C - Daten des Feldversuches 81
Anhang D - Daten der Temperaturlogger 89
Anhang E - Daten des Wetterdienstes..... 91

Anhang A - Aufgabenstellung

 <small>Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften</small> zhaw <small>Life Sciences und Facility Management</small>	Aufgabenstellung für die Masterarbeit	Code: F235-02c Seite: 1 / 4 Datum: 27.09.12
---	--	---

Allgemeine Informationen	
Name StudentIn	Martina Weiss
Studienbeginn	FS12
Pensum	<input type="checkbox"/> Vollzeit X Teilzeit
Vertiefung in	<input type="checkbox"/> V1: Food and Beverage Innovation <input type="checkbox"/> V2: Pharmaceutical Biotechnology <input type="checkbox"/> V3: Chemistry for the Life Sciences <input checked="" type="checkbox"/> V4: Natural Resource Sciences
Institut / Arbeitsort	IUNR, Wädenswil
Titel der Masterarbeit	Nachhaltiges Management von Stadtbäumen
Fachstelle/-gruppe	FRM
Vertraulich	Vertrauliche Aufbewahrung/Korrektur X ja <input type="checkbox"/> nein Geheimhaltungsvereinbarung <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein
Beginn der Masterarbeit	
Abgabetermin Masterarbeit	KW 7 <input type="checkbox"/> / KW 37 X, Jahr: 2015 Freitag um 12:00 Uhr (Studiensekretariat Campus Grüental) <i>Achtung: der Abgabetermin kann nur in begründeten Fällen verschoben werden. Die Verlängerung muss mit einem schriftlichen Antrag bei der Studiengangleitung eingehen und von dieser bewilligt werden. Kosten CHF 300.- (vgl. Weisungen zur Masterarbeit W235-12).</i>
KorrektorInnen	1. Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften Name: Reto Hagenbuch Adresse: Grüental, Postfach, 8820 Wädenswil Tel.Nr.: 058 934 59 06 E-Mail: habu@zhaw.ch
	2. Name: Esther Fischer Adresse: Grüental, Postfach, 8820 Wädenswil Tel.Nr.: 058 934 57 70 E-Mail: fies@zhaw.ch
	3. Name: Fritz Bächle Adresse: Baumsachverständiger, Stadtgärtnerei Luzern E-Mail: Fritz.Baechle@stadtluzern.ch
Entschädigung des 3. Korrektors, falls extern	<input type="checkbox"/> ja x nein

	Aufgabenstellung für die Masterarbeit	Code: F235-02c Seite: 2 / 4 Datum: 27.09.12
---	--	---

Aufgabenstellung							
Ausgangslage und Zielsetzung	<p>Bäume im städtischen Raum sind verschiedenen Stressfaktoren ausgesetzt (Trockenstress, Schadstoffbelastungen, Bodenverdichtung, etc.), welche ihre Lebensdauer teilweise drastisch verkürzen. Um jedoch von den ökologischen Leistungen von Stadtbäumen profitieren zu können, ist ein fortgeschrittenes Alter von Bäumen notwendig. Ziel eines nachhaltigen Managements von Stadtbäumen muss sein, Stadtbäume möglichst gesund altern zu lassen.</p> <p>Im Rahmen dieser Masterarbeit werden folgende Themen zur Erhöhung der Lebenserwartung von Stadtbäumen untersucht:</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="vertical-align: top;">Planung und Bau</td> <td>Standort Baumgrube Wurzelraum Substrat Arten- und Sortenwahl Pflanzung</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Baumpflege</td> <td>Jungbaumpflege Baumpflege Pflanzenernährung Pflanzenschutz Winterdienst</td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;">Verkehrssicherheit</td> <td>Baumkontrolle Baumschutz</td> </tr> </table> <p>Die zentrale Forschungsfrage ist: Mit welchen Massnahmen können durch ein nachhaltiges Management die Lebenserwartung von Stadtbäumen verbessert werden?</p> <p>Die Arbeit trägt bestehendes Wissen zu den genannten Themen durch Recherchearbeit (Literaturrecherche, Experteninterviews, Best Practice von Stadtgärtnereien) zusammen.</p> <p>Daneben wird ein Feldversuch zur Thematik „Bekämpfung des Buchsbaumzünslers“ durchgeführt. Der Buchsbaumzünsler, ein invasiver Schädling ist in der Schweiz seit sieben Jahren für enorme Schäden am Buchs verantwortlich. In der Praxis wird der Zünsler mit Insektiziden bekämpft. Im Feldversuch werden verschiedene Monitoring und Behandlungsstrategien in Bezug auf das Schadensausmass verglichen und findet in Zusammenarbeit mit der Stadtgärtnerei Luzern statt.</p> <p>Die Resultate der Arbeit fliessen in den Entwurf des Massnahmenkataloges des Projektes Grünstadt Schweiz mit ein. In diesem Projekt wird ein Label für nachhaltiges Management von Stadtgrün entwickelt. Das Projekt dauert von 2013 bis 2015 und wurde von der Vereinigung der Schweizerischen Stadtgärtnereien (VSSG), Bioterra, Nateco, dem Forschungsinstitut für Biologischen Landbau (FiBL) und der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) sowie den Stadtgärtnereien Basel, Luzern und Winterthur initiiert.</p>	Planung und Bau	Standort Baumgrube Wurzelraum Substrat Arten- und Sortenwahl Pflanzung	Baumpflege	Jungbaumpflege Baumpflege Pflanzenernährung Pflanzenschutz Winterdienst	Verkehrssicherheit	Baumkontrolle Baumschutz
Planung und Bau	Standort Baumgrube Wurzelraum Substrat Arten- und Sortenwahl Pflanzung						
Baumpflege	Jungbaumpflege Baumpflege Pflanzenernährung Pflanzenschutz Winterdienst						
Verkehrssicherheit	Baumkontrolle Baumschutz						

 <small>Zürcher Hochschule für Lebenswissenschaften</small> zhaw <small>Life Sciences und Facility Management</small>	Aufgabenstellung für die Masterarbeit	Code: F235-02c Seite: 3 / 4 Datum: 27.09.12
--	--	---

Inhaltsverzeichnis (provisorisch)	Abstract Inhaltsverzeichnis 1. Einleitung - Definition Stadtbäume - Nutzen von Stadtbäumen - Stressfaktoren im urbanen Raum - Erhöhung der Lebenserwartung - Feldversuch Buchsbaumzünsler - Verwendung der Resultate - Definition Stadtbäume - Projekt Grünstadt Schweiz - Zielsetzung 2. Material und Methoden - Literaturrecherche - Best Practice Partnerstädte - Feldversuch 3. Literaturrecherche / State of the art 4. Feldversuch Bekämpfung Buchsbaumzünsler 5. Resultate 6. Conclusion - Entwurf Massnahmenkatalog 7. Diskussion - Methodendiskussion - Ergebnisdiskussion 8. Literaturverzeichnis Verzeichnis der Bilder Verzeichnis der Tabellen Anhang
Bemerkungen (z.B. notwendige Anschaffungen, Budgetplan, zusätzliche Rahmenbedingungen)	Die Inhalte dieser Masterarbeit sind Teil des Forschungsprojektes Grünstadt Schweiz und müssen den Anforderungen der Projekt- und Finanzierungspartner entsprechen.

Zeitplan													
Jahr	2013				2014				2015				
Quartal	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
Literaturrecherche			M1					M3					
Feldversuch				M2				M4					
Dokumentation der Resultate									M5				
Verfassen Masterarbeit											M6		

Meilensteine M1 – Recherche: Eingrenzung Thema, Aufbau Recherche geplant, Recherche begonnen M2 – Feldversuche: Versuchsaufbau geplant M3 – Recherche: Abgeschlossen M4 – Feldversuch: Abgeschlossen M5 – Dokumentation der Resultate: Abgeschlossen M6 – Master Arbeit: Abgabe
--

 <p><small>Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften</small> Life Sciences und Facility Management</p>	Aufgabenstellung für die Masterarbeit	Code: F235-02c Seite: 4 / 4 Datum: 27.09.12
--	--	---

Allgemeine Bedingungen	
Formale Anforderungen	Zusätzlich zur schriftlichen Abfassung gelten gemäss <i>Weisungen zur Masterarbeit (W235-12)</i> folgende Anforderungen: <ul style="list-style-type: none"> • Poster: als Alternative (mit den Korrektoren schriftlich vereinbaren) kann auch eine Website oder Publikation erstellt werden. • Mündliche Prüfung in Form einer Präsentation der Arbeit in einem Kolloquium oder vor einem Gremium der beteiligten Partner: <ul style="list-style-type: none"> - das Format wird durch die KorrektorInnen festgelegt; - die Prüfung soll in den 10 Wochen nach Abgabetermin der Arbeit erfolgen; - die mündliche Prüfung wird nicht gewichtet und nicht benotet, sie wird mit „erfüllt“ / „nicht erfüllt“ bewertet.
Wichtige Hinweise und Richtlinien	Das Dokument <i>Anleitung für die Abfassung von Semester-, Bachelor- und Masterarbeiten (W235-08)</i> muss gelesen werden. Die <i>Weisungen zur Masterarbeit (W235-12)</i> müssen erfüllt werden. (vgl. www.lsfm.zhaw.ch/wichtige-dokumente) Plagiate verstossen gegen die Urheberrechte. Eine Verletzung dieser Rechte wird gemäss der Rahmenprüfungsordnung für Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 in § 39 geregelt.
Abgabetermin Note	Jeweils 10 Wochen nach der effektiven Abgabe der Masterarbeit; wenn termingerecht an das Studiensekretariat Master abgegeben, KW 17 / KW 47.

Die Aufgabenstellung ist jeweils zwei Wochen vor Semesterbeginn, in welchem die Masterarbeit abgegeben wird, an das Studiensekretariat einzureichen.

Unterschrift KorrektorIn 1  Ort, Datum <u>14.11.14</u>	Unterschrift StudentIn  Ort, Datum <u>16.11.14</u>
--	---

Anhang B - Plagiatserklärung

ERKLÄRUNG

betreffend das selbständige Verfassen einer Masterarbeit im Departement Life Sciences und Facility Management

Mit der Abgabe dieser Masterarbeit versichert der/die Studierende, dass er/sie die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat.

Die unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Masterarbeit 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:

.....

Unterschrift:

.....

Anhang C - Daten des Untersuchungsprotokolls und der Bonituren

Die Fotos der einzelnen Untersuchungen und Bonituren sind auf der CD abgespeichert und können im Archiv der ZHAW, Wädenswil eingesehen werden.

Tab. 8 Daten des Untersuchungsprotokolls der Wiederholung W5 und den allgemeinen Bemerkungen

Legende I - V = Nr. der Pflanzen L = Larven P = Puppe FS = Frassschaden G = Gespinst IG = leeres Gespinst K = Kot		Langensandbrücke	einfach	intensiv	Produkteempfehlung (einfach plus Wiederholung)	Kontrolle	Bemerkungen
Massnahme	Datum	W5-1 V2	W5-2 V4	W5-3 V3	W5-4 V1		
Untersuchung	11.03.2014				G, FS, K Schäden 2013	Viele Laubschnecken	
Bonitur	11.03.2014						
Untersuchung	14.03.2014				IV L (4 mm) LX, V GI K		
Behandlung	17.03.2014						
Untersuchung	28.03.2014				IV FS L V FS G L		
Untersuchung	02.04.2014						
Behandlung	09.04.2014						
Bonitur	17.04.2014			FS neben II	L4	Gallmücken	
Behandlung	24.04.2014						
Untersuchung	02.05.2014		s. Be- merk.			kein Jungblattwuchs, lückiger Wuchs, sieht ungesund aus	
Untersuchung	16.05.2014				III IG IV alte FS	Wachstum s. unterschiedl., tw.doppelte Blattmenge (im Vgl. zum März); Blatt- floh; Gallmücken stark ausgebildet	
Untersuchung	19.05.2014						
Bonitur	06.06.2014				III IG ohne FS	Blattfloh (Adulte)	
Untersuchung	13.06.2014						
Bonitur	20.06.2014					Viele Schnecken, plus Blattfloh (Adulte)	
Bonitur	04.07.2014				I 3xL2		
Untersuchung	15.07.2014					Nest Kellerasseln in Pheromonfalle W3, Spinnmilben, Gallmücken	
Bonitur	25.07.2014					viele aufgebrochene Gallmückengallen	
Untersuchung	08.08.2014				I alte FS, keine L		
Behandlung	08.08.2014						
Bonitur	15.08.2014				alter FS		
Behandlung	20.08.2014						
Bonitur	28.08.2014				FS		
Untersuchung	05.09.2014						
Untersuchung	10.09.2014						
Untersuchung	18.09.2014						
Bonitur	26.09.2014						
Untersuchung	02.10.2014				FS, K L1/2 "Nest"		
Untersuchung	10.10.2014				FS, K, L1/2		
Untersuchung	17.10.2014				L1/2		
Bonitur	27.10.2014				V FS, I FS		
Untersuchung	10.11.2014						
Bonitur	24.11.2014	V L1/2					
TOTAL			1			6	

Tab. 9 Daten des Untersuchungsprotokolls der Wiederholung W1 und W2

Legende I - V = Nr. der Pflanzen L = Larven P = Puppe FS = Frassschaden G = Gespinst IG = leeres Gespinst K = Kot		Fussgängerstreifen	Kontrolle	Produkteempfehlung (einfach plus Wiederholung)	einfach	intensiv	Produkteempfehlung (einfach plus Wiederholung)	einfach	Kontrolle	intensiv
Massnahme	Datum	W1-1	W1-2	W1-3	W1-4	W2-1	W2-2	W2-3	W2-4	
		V1	V3	V2	V4	V3	V2	V1	V4	
Untersuchung	11.03.2014	braune Larve								
Bonitur	11.03.2014									
Untersuchung	14.03.2014	V L (6mm) LX braune Larve								
Behandlung	17.03.2014									
Untersuchung	28.03.2014	II braune L V GI K FS						V FS L		
Untersuchung	02.04.2014									
Behandlung	09.04.2014									
Bonitur	17.04.2014	L3, L4, L5 Ausfall (Äste abgedrückt)	K, FS, tote L	I G, L4				L4, FS, G III 2xL4, G	IV FS, IG	
Behandlung	24.04.2014									
Untersuchung	02.05.2014		tote L					L6		
Untersuchung	16.05.2014	II L5						Buchs ausgetrie- ben V IG III IG KKvL4	Buchs ausgetrie- ben	
Untersuchung	19.05.2014									
Bonitur	06.06.2014							II P III IG		
Untersuchung	13.06.2014									
Bonitur	20.06.2014	II FS, IG (äl- ter?) III, IV, V FS (älter?)						FS		
Bonitur	04.07.2014									
Untersuchung	15.07.2014									
Bonitur	25.07.2014	V FS III 1xL3/L4						IV 3xL1/2 IV 1xL3		
Untersuchung	08.08.2014	viel FS, L3			L3/4			IV L5	III L5 L5	
Behandlung	08.08.2014									
Bonitur	15.08.2014	II FS, IG aber keine L					II Schne- cke mit FS wie BBZ	IV FS P		
Behandlung	20.08.2014									
Bonitur	28.08.2014	FS, IP						FS, P		
Untersuchung	05.09.2014	FS		FS			Astausfall wegen Pilz	P ge- schlüpft		
Untersuchung	10.09.2014								FS	
Untersuchung	18.09.2014									
Bonitur	26.09.2014									
Untersuchung	02.10.2014									
Untersuchung	10.10.2014							FS, L2 (Kopfkapsel und G)		
Untersuchung	17.10.2014									
Bonitur	27.10.2014	Starker FS		FS	FS			IV FS		
Untersuchung	10.11.2014	Starker FS								
Bonitur	24.11.2014									
TOTAL			3	1				6		

Tab. 10 Daten des Untersuchungsprotokolls der Wiederholung W3 und W4

Legende I - V = Nr. der Pflanzen L = Larven P = Puppe FS = Frassschaden G = Gespinst IG = leeres Gespinst K = Kot		Heckenausfall	intensiv	einfach	Produkteempfehlung (einfach plus Wiederholung)	Kontrolle	einfach	intensiv	Kontrolle	Produkteempfehlung (einfach plus Wiederholung)
Massnahme	Datum	W3-1	W3-2	W3-3	W3-4	W4-1	W4-2	W4-3	W4-4	
		V4	V2	V3	V1	V2	V4	V1	V3	
Untersuchung	11.03.2014									
Bonitur	11.03.2014									
Untersuchung	14.03.2014									
Behandlung	17.03.2014									
Untersuchung	28.03.2014									
Untersuchung	02.04.2014									
Behandlung	09.04.2014									
Bonitur	17.04.2014			FS	L4, FS	IV FS V FS, L2		L3, FS	I FS, IG	
Behandlung	24.04.2014									
Untersuchung	02.05.2014									
Untersuchung	16.05.2014					II weisses G	V Albinolarve			
Untersuchung	19.05.2014									
Bonitur	06.06.2014	V IG ohne FS		Gallmücken an neuen Trieben	Gallmücken an neuen Trieben	II kl. Astausfall (3cm)		IG, FS		
Untersuchung	13.06.2014									
Bonitur	20.06.2014									
Bonitur	04.07.2014									
Untersuchung	15.07.2014									
Bonitur	25.07.2014					III 1xL3/4		P (leer?)		
Untersuchung	08.08.2014			FS in Nähe V					II L4	
Behandlung	08.08.2014									
Bonitur	15.08.2014				V L5	V L5				
Behandlung	20.08.2014									
Bonitur	28.08.2014							FS		
Untersuchung	05.09.2014									
Untersuchung	10.09.2014						leere P			
Untersuchung	18.09.2014									
Bonitur	26.09.2014							leere P		
Untersuchung	02.10.2014									
Untersuchung	10.10.2014				FS, L1 (tod?)					
Untersuchung	17.10.2014									
Bonitur	27.10.2014				FS	FS		L2, FS		
Untersuchung	10.11.2014							L2 x 2 FS		
Bonitur	24.11.2014									
TOTAL					1	3				

Tab. 11 Daten der Bonituren aller Wiederholungen

Tag	Monat	Bonitur	Wiederholung	Verfahren	Anzahl Larven	Anz. L1	Anz. L2	Anz. L3	Anz. L4	Anz. L5	Anz. L6	Anz. Eier	Anz. Gespinste (I)	Anz. Puppen	Nach Verfahren	V1	V2	V3	V4	Nach Lage	W5, W1, W2	W3, W4
11	3	1	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
11	3	1	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
17	4	2	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
17	4	2	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
17	4	2	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
17	4	2	5	1	3	0	0	1	2	0	0	0	0	0		3					3	
17	4	2	1	1	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0		2					2	
17	4	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
17	4	2	1	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0			1				1	
17	4	2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
17	4	2	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
17	4	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
17	4	2	2	1	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0		2					2	
17	4	2	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
17	4	2	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
17	4	2	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
17	4	2	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
17	4	2	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
17	4	2	4	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0			1					1
17	4	2	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
17	4	2	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
17	4	2	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								

6	6	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1							
6	6	3	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
6	6	3	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
20	6	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	5	1	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0		3					3	
4	7	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
4	7	5	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
25	7	6	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
25	7	6	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
25	7	6	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
25	7	6	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								
25	7	6	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0		1					1	
25	7	6	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0								

25	7	6	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
25	7	6	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
25	7	6	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
25	7	6	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
25	7	6	2	1	4	0	3	1	0	0	0	0	0			4				4
25	7	6	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
25	7	6	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
25	7	6	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
25	7	6	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
25	7	6	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
25	7	6	4	2	1	0	0	1	0	0	0	0	0			1				1
25	7	6	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
25	7	6	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0							1
25	7	6	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	3	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0			1				1
15	8	7	4	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0			1				1
15	8	7	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
15	8	7	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
28	8	8	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
26	9	9	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
26	9	9	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
26	9	9	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0							
26	9	9	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0							

26	9	9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
26	9	9	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
26	9	9	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
26	9	9	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
26	9	9	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
26	9	9	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
26	9	9	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
26	9	9	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
26	9	9	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
26	9	9	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
26	9	9	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
26	9	9	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
26	9	9	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
26	9	9	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
26	9	9	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
26	9	9	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
27	10	10	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	5	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0			1				1		
24	11	11	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
24	11	11	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
Total					21	0	8	5	6	2	0	0	0	2		16	5	0	0		17	4

Anhang D - Daten der Temperaturlogger

Temperaturlogger Ost W5

Die Rohdaten sind auf der CD abgespeichert und können im Archiv der ZHAW, Wädenswil eingesehen werden.

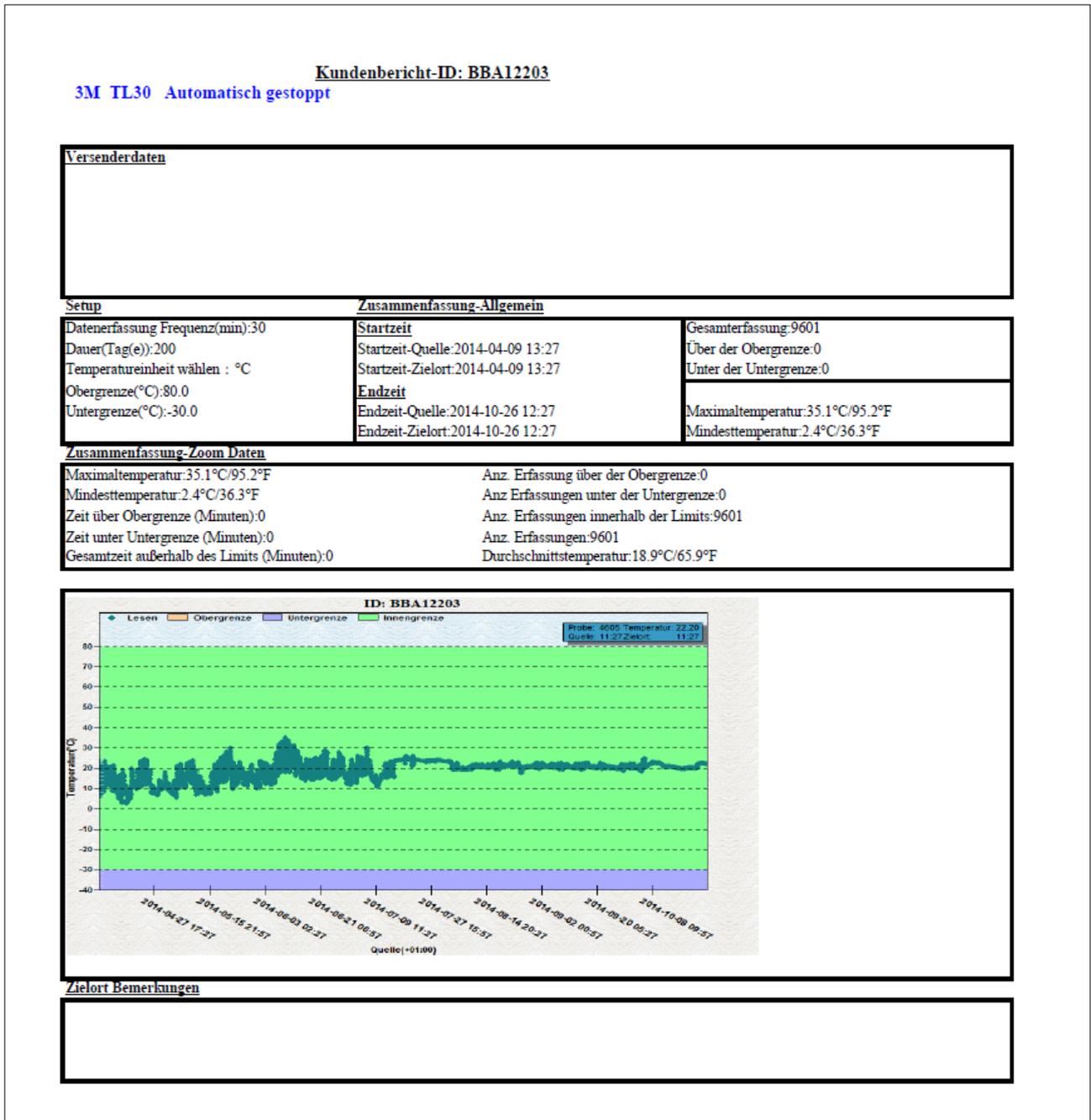


Abb. 27 Temperaturlogger Ost

Temperaturlogger West W4

Die Rohdaten sind auf der CD abgespeichert und können im Archiv der ZHAW, Wädenswil eingesehen werden.

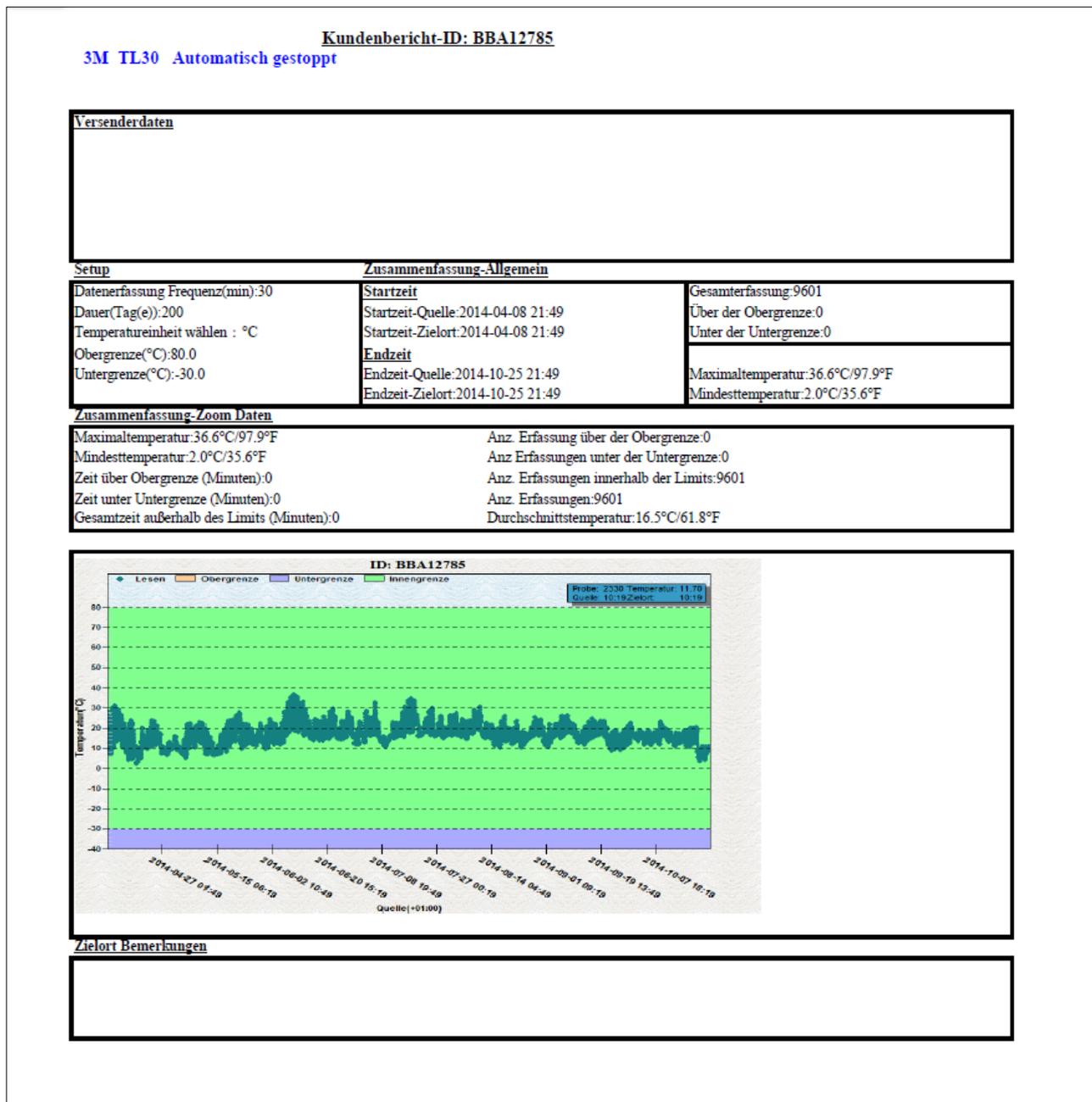


Abb. 28 Temperaturlogger West

Anhang E - Daten des Wetterdienstes

Die nachfolgenden Diagramme zeigen die täglichen Temperatur- und Niederschlagswerte von Februar-Dezember 2014.

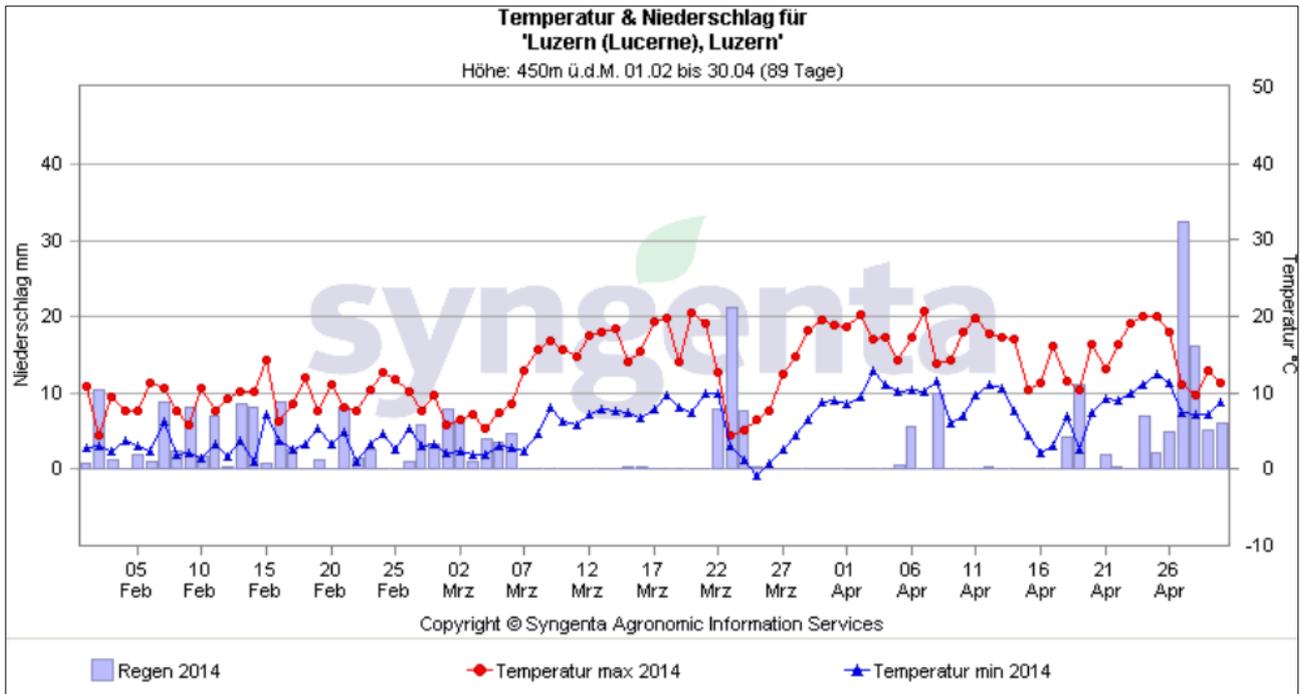


Abb. 29 Temperatur- und Niederschlagsübersicht Feb.-April 2014, Tagesskalierung

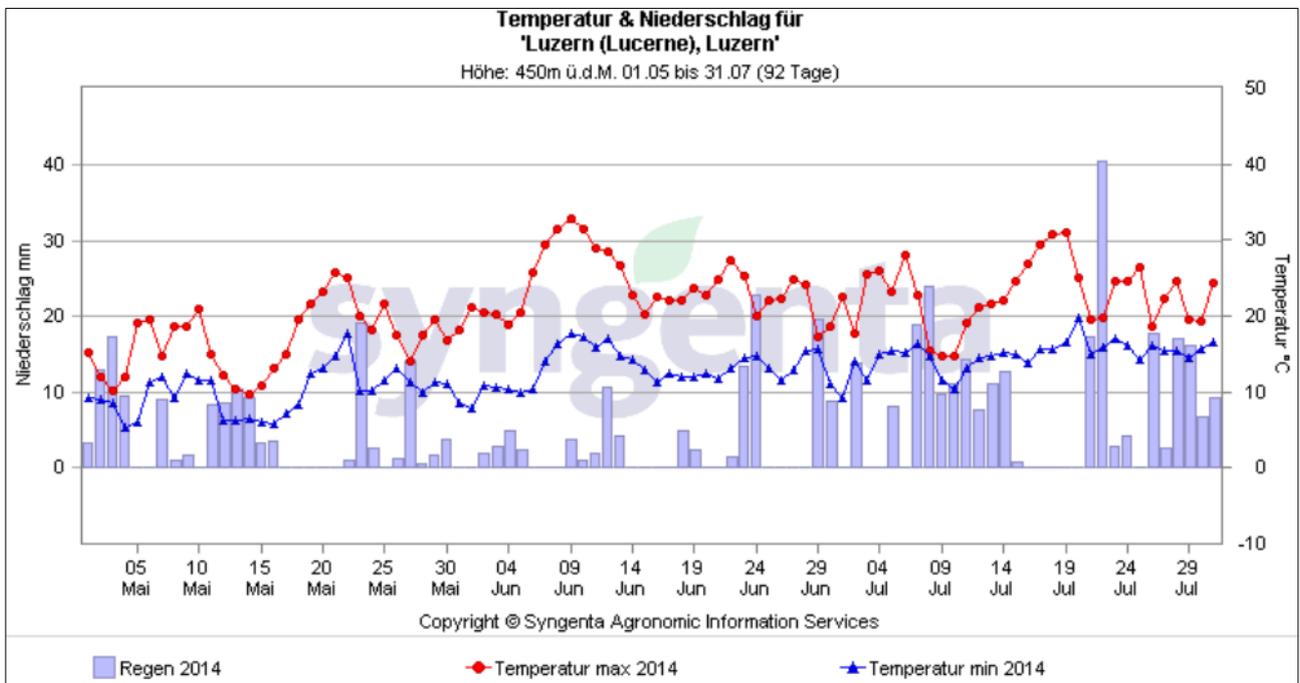


Abb. 30 Temperatur- und Niederschlagsübersicht Mai-Juli 2014, Tagesskalierung

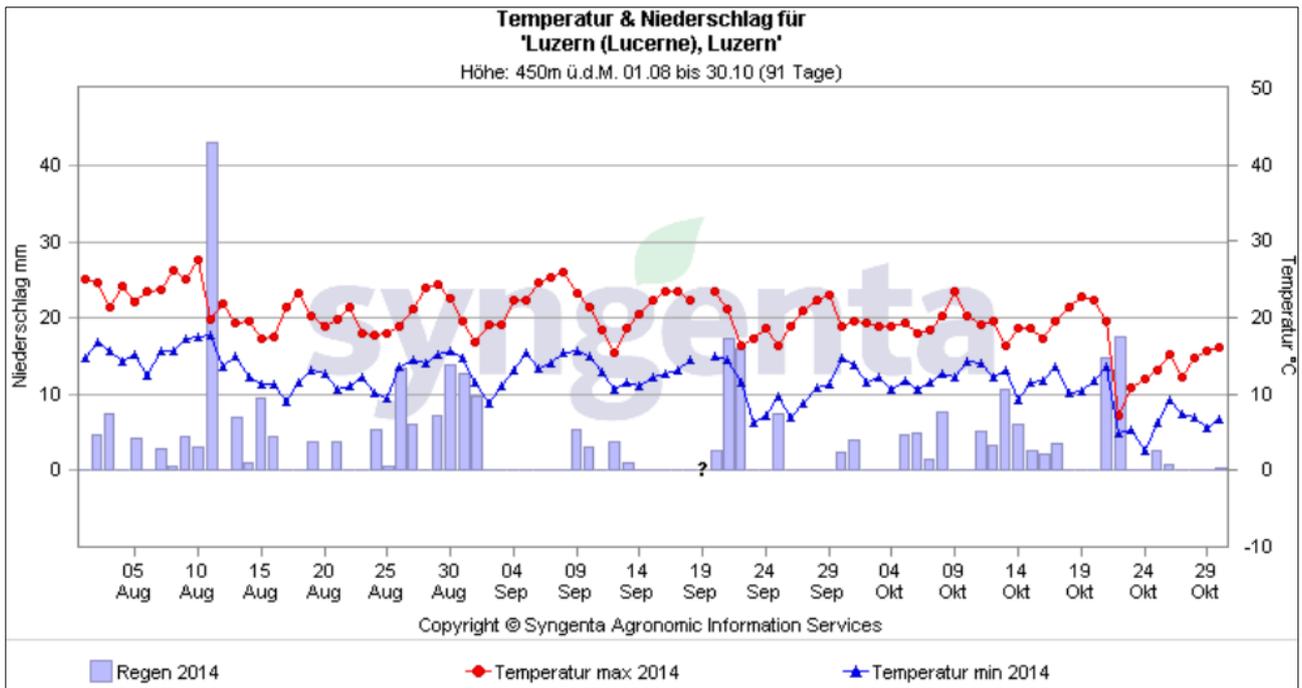


Abb. 31 Temperatur- und Niederschlagsübersicht Aug.-Okt. 2014, Tagesskalierung

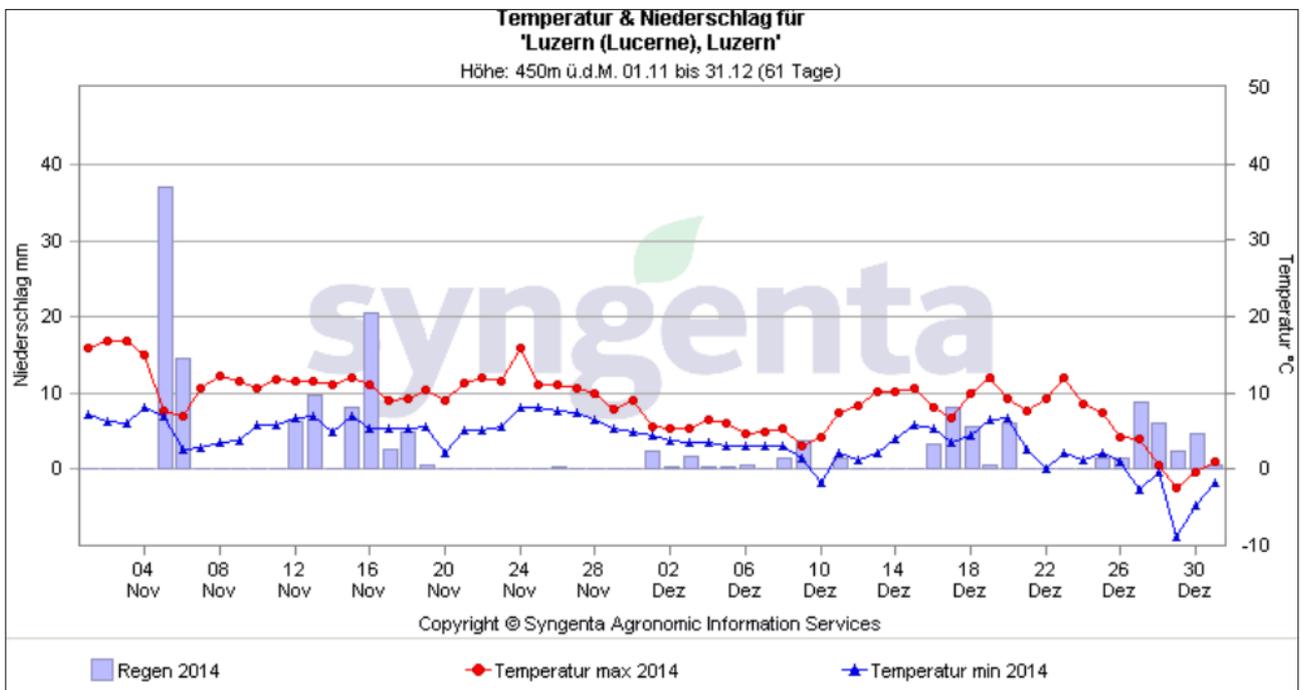


Abb. 32 Temperatur- und Niederschlagsübersicht Nov.-Dez. 2014, Tagesskalierung