

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

ARBOR AEGIS

PAN BERN AG



Schlussbericht Projekt F-10

**i-Tree – Bäume und Stadtwälder klimaangepasst
managen**

Impressum

Auftraggeber Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Wald, CH-3003 Bern.
Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Wädenswil

Projektleitung Saluz Andrea Gion, MSc, ZHAW, IUNR

Projektteam Saluz Andrea Gion, MSc, ZHAW, IUNR
Zürcher Naomi, Urban Forester, Consulting Arborist, i-Tree team affiliate, Arbor Aegis
Bernasconi Andreas, Dr. sc. nat. Pan Bern AG
Gubsch Marlén, Dr. sc. nat. Pan Bern AG
Eggenberger Tanja, MSc, Pan Bern AG

Autoren Saluz Andrea Gion, MSc, ZHAW, IUNR
Zürcher Naomi, Urban Forester, Consulting Arborist, i-Tree team affiliate, Arbor Aegis
Bernasconi Andreas, Dr. sc. nat. Pan Bern AG
Gubsch Marlén, Dr. sc. nat. Pan Bern AG
Eggenberger Tanja, MSc, Pan Bern AG
Stevanovic Stefan, MSc, ZHAW, IUNR
Schubert Lea, MSc, freie Mitarbeiterin, ZHAW, IUNR

Begleitung BAFU Clémence Dirac, Leiterin Sektion Wald, Bundesamt für Umwelt BAFU

Zitiervorschlag Saluz, A., Zürcher N., Bernasconi A., Gubsch M., Eggenberger T., (2021): i-Tree – Bäume und Stadtwälder klimaangepasst managen, Pilotprogrammes zur Anpassung an den Klimawandel, Bundesamt für Umwelt

Schlagworte Urban Forestry, Urban Forest, Stadtwälder, Stadtbäume, Stadtbaum-Management, Ökosystemleistungen, urbane Grünräume, Grüninfrastruktur, Urban Heat Island, Stadtklima, Massnahmen Klimaverbesserung

Titelbild Baumportrait von Valentin Egli. Produced for The Tree and Me Ökomedien – Ökodata - Ökoästhetik at Gestaltung für Design & Kunst Basel, Spring 2020

Diese Studie/dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

ABBILDUNGSNACHWEIS	5
ZUSAMMENFASSUNG	6
1 EINLEITUNG	7
1.1 Ausgangslage	7
1.1.1 Urban Forestry – Integrale Management von städtischen Bäumen und Wäldern	8
1.1.2 i-Tree und Ökosystemleistungen.....	9
1.1.3 Projektziele.....	10
1.2 Aufbau des Abschlussberichts	10
2 METHODISCHES VORGEHEN	11
2.1 Erarbeitung der Grundlagen	11
2.1.1 Arbeitsdokumente i-Tree Eco	11
2.1.2 Programm i-Tree.....	13
2.2 i-Tree Eco Einführung der Projektpartner	14
2.2.1 Versuchsdesigns in den Städten	15
2.2.2 Versuchsstandorte der Projektpartner	16
3 STATE OF THE ART	19
3.1 Urban Forestry im internationalen Kontext	19
3.2 Urban Forestry in der Schweiz	22
3.2.1 Bestandteile von Urban Forestry und des Urban Forests	24
3.2.2 Berührungspunkte des Urban Forest – die Interdisziplinarität von Urban Forestry	27
3.3 Anwendung von i-Tree Eco im internationalen Kontext	28
3.4 Anwendung von i-Tree Eco in der Schweiz.....	30
4 ERGEBNISSE	31
4.1 Ergebnisse Grundlagen	31
4.1.1 Basis Programm i-Tree Eco	31
4.1.2 Arbeitsdokumente - Manuals.....	32
4.1.3 Arbeitsdokumente - Der Feldleitfaden (Cheat Sheet)	32
4.1.4 Arbeitsdokumente - Fact Sheets	34
4.1.5 Arbeitsdokumente – Kreative Strategien für die Nutzung von i-Tree Eco Daten in der Schweiz	39
4.2 Ergebnisse Felderhebung	40
4.3 Ergebnisse Datenauswertungen	41
4.4 Produkte Projektpartner.....	48
4.5 Ergebnisse Urban Forestry Switzerland.....	57
4.5.1 Die Urban Forestry und i-Tree Homepage	57
4.5.2 Urban Forestry Management Toolbox.....	57
4.5.3 Urban & Community Forestry Resource Library	60
4.6 Weitere Produkte und Outreach Initiativen.....	63
5 URBAN FORESTRY MANAGEMENT	66
5.1 Klimaangepasstes Urban Forestry Management mit i-Tree Eco	66
5.1.1 Analyse der Ausgangslage	66
5.1.2 Strategische Planung.....	70
5.1.3 Vorstudie.....	72
5.1.4 Projektierung.....	74
5.1.5 Ausschreibung	77
5.1.6 Realisierung.....	78

5.1.7 Bewirtschaftung	80
5.2 Ausblick	83
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	88
TABELLENVERZEICHNIS	90
ANHANG.....	91
Anhang I	91
Anhang II	97
Anhang III	103
Anhang IV	110
Anhang V	117
Anhang VII.....	129
Anhang VIII.....	161
Anhang IX.....	162
Anhang X.....	170

Liste der Abkürzungen

BHD	Brusthöhendurchmesser
BHU	Brusthöhenumfang
BSB	Bund Schweizer Baumpflege
FLL	Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.
GALK	Gartenamtsleiterkonferenz des Deutschen Städtetages
ISA	International Society of Arboriculture
UF	Urban Forest/Urban Forestry
UHI	Urban Heat Island Effects
USDA	United States Department of Agriculture
VSSG	Vereinigung Schweizer Stadtgärtnereien und Gartenbauämter

Abbildungsnachweis

Sämtliche Fotos, Illustrationen und Diagramme stammen, sofern nichts anderes vermerkt, aus dem Projekt und von den Autoren

Zusammenfassung

Die Entwicklung von klimaadaptiven Managementstrategien von urbanen Bäumen und Wäldern ist zukunftsweisend. Grundlage hierfür ist ein umfassendes Wissen über die Biologie, Struktur, Funktion und Evolution der Bäume und deren Ökosystemleistungen. Das Projekt hat in sieben Schweizer Partnerstädten und einem Kanton 1647 Bäume und deren klimarelevanten Ökosystemleistungen quantifiziert. Dabei wurden die spezifischen Rahmenbedingungen und Grundlagen der Projektpartner untersucht, die Bauparameter in Felderhebungen mit allen Projektpartner aufgenommen und die Ökosystemleistungen mit i-Tree Eco erfasst und modelliert. In einem weiteren Schritt wurden die i-Tree Eco Daten zielgruppengerecht aufgearbeitet und in ein klimaadaptives Management abgeleitet. Die Ergebnisse wurden im Rahmen von lokalen Workshops mit den Projektpartnern diskutiert und in Umsetzungsstrategien abgeleitet.

Die in diesem Projekt aufgenommenen Stadtbäume und Stadtwälder (1'694 Individuen) haben 1'538 Tonnen Kohlenstoff gespeichert und weisen eine Gesamtblattfläche von 715'780m² auf. Mit diesem Blätterdach reinigen sie die Luft in dem sie 657.2 Kilogramm Schadstoffe filterten. Des Weiteren wurden durch die Bäume in den Projektperimetern 2'146'500 Liter Niederschlagswasser zurückgehalten. Dieses zurückgehaltene Wasser hilft durch Verdunstung der Hitzeentwicklung in Städten entgegenzuwirken und entlastet zudem das Kanalisationssystem. Für die Anwendung von i-Tree Eco in der Schweiz wurden in diesem Projekt zudem Arbeiten durchgeführt und Dokumente erarbeitet, welche die Durchführung eines i-Tree Eco Projekts vereinfachen sollen und zudem allen Interessierten zur Verfügung steht. So wurden in der i-Tree-Artendatenbank korrigierte Daten eingepflegt, um in der Schweiz eine optimale Nutzung zu gewährleisten. Des Weiteren wurde ein „i-Tree Eco Benutzer- und Feldhandbuch“ erarbeitet, welches in Englischer Sprache vorliegt und teilweise übersetzt wurde. Für die Aufnahme im Feld wurde ein Feldleitfaden erarbeitet, welcher bei den Felderhebungen der Daten ein schnell verfügbares und übersichtliches Hilfsmittel ist. Die Aufbereitung und kommunikative Weiterverarbeitung der i-Tree Ergebnisse können mithilfe der erarbeiteten Fact Sheets durchgeführt werden. Zuletzt soll das Dokument «Kreative Strategien für die Nutzung von i-Tree Eco Daten in der Schweiz» den Interessierten helfen, die Möglichkeiten von i-Tree weiter kreativ zugunsten der Urban Forests umzusetzen. Im Rahmen dieses Berichts wurde zudem das Handlungsfeld Urban Forestry im Schweizer Kontext umfassend beleuchtet.

Der Abschluss dieses Berichts bildet die Erarbeitung der Klimaadaptiven Managementstrategien. Hierfür wurden die Phasen eines Urban Forest Management Plans mit den SIA Planungsphasen abgeglichen und aufgezeigt, wo die Klimaadaptiven Strategien eingesetzt werden können. Auf einer Projekthomepage (ww.zhaw.ch/i-tree) sind zudem sämtliche Informationen, alle Dokumente und eine Ressourcen-Bibliothek verfügbar.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Städtische Grünanlagen und insbesondere Stadtbäume und Wälder nehmen in der Gesellschaft an Bedeutung stetig zu, sei es durch die erhöhte Artenvielfalt, durch die Präsenz der Natur in unseren städtischen Gebieten, die Förderung von Gesundheit und Wohlbefinden, die Verbesserung der Ökosystemleistungen durch das Heranwachsen großer, ausgewachsener Bäume und die Schaffung einer ästhetisch ansprechenderen städtischen Umgebung. Alle diese Punkte und insbesondere die Ökosystemleistungen werden in einem klimaadaptiven Grünraummanagement zukünftig eine zentrale Rolle einnehmen.

Bäume erreichen an urbanen Standorten allerdings nur rund 25 % ihrer potenziellen Lebensdauer (Roloff 2013), teilweise und vor allem im Strassenbereich, aufgrund eingeschränktem Wurzelraum und hohem Nutzungsdruck, sogar weniger. Gemäss Roman und Scatena (2011) liegt die durchschnittliche Lebenserwartung eines Stadtbaums bei 19-28 Jahren. Dies ist insofern problematisch, da erst reife, voll entwickelte (und vitale) Bäume mit einem grossen Stamm- und Kronenvolumen ihr ganzes Leistungspotential optimal zu erfüllen vermögen. Auch ein hohes ökologisches Potential erreicht ein Baum erst mit einem Brusthöhendurchmesser von > 40 cm (Niedermann-Meier et al.2010), wobei das nach Standort und Art variieren kann. Mit den höheren und weiter steigenden Durchschnitts- sowie Extremtemperaturen (Bsp. Sommer 2003, 2006, 2015 und 2018) und dem damit verbundenen Trockenstress, wird die Stresssituation der Stadtbäume noch weiter verstärkt (Rust & Roloff 2008), der sie in Städten aufgrund von Bodenverdichtung und -versiegelung, Wurzelraumeinschränkungen und Streusalz ohnehin ausgesetzt sind. Um die stadtklimatischen Bedingungen und die Beeinträchtigung der Lebensraumqualität der Anwohner zu verbessern, gilt es daher u.a. die Wachstumsbedingungen der Stadtbäume nachhaltig zu verbessern und deren Bestand zu sichern und zu erhöhen.

Doch werden die städtischen Bäume die Herausforderungen hinsichtlich Nutzungsdruck und Klimaveränderung, trotz einer optimalen Pflanzenauswahl, nicht mehr allein stemmen können. Es benötigt einen integrativen Ansatz zwischen Fachleuten, wie den Stadt- und Raumplanern, den Stadtbaumverantwortlichen, den Grünflächenverwaltern, den Landschaftsarchitekten und dem Forstdienst (sofern rechtlich Wald betroffen ist). Um die beeinflussenden Parameter auf städtische Grünflächen so zu verändern, dass sie eine Chance erhalten, ihr volles Potential zu entwickeln und nachhaltig optimale Ökosystemleistungen zu erbringen, braucht es ein effizientes und nachhaltiges Baum-Management, den Einbezug des gesamten Lebenszyklus der Vegetationssysteme, von der Planung über die Pflanzung bis zur Pflege, angepasste Wurzelräume mit entsprechenden Substraten sowie die Akzeptanz der Massnahmen

(beispielsweise einen qualitativen Winterdienst) durch die Bevölkerung und das Sorgetragen der Mitbürger an ihren Grünflächen.

Urban Forestry versteht es, als interdisziplinäres Handlungsfeld, diese Heraus- und Anforderungen systematisch einzubeziehen und in konstruktive Lösungsansätze abzuleiten. Im Schweizer Kontext ist Urban Forestry noch relativ neu und steht im Begriff, sich zu etablieren. Das Management städtischer Bäume und Wälder mit Berücksichtigung der Ökosystemleistungen ist ein erster Schritt dazu.

1.1.1 Urban Forestry – Integrale Management von städtischen Bäumen und Wäldern

“The Urban Forest is an ecosystem characterized by the presence of trees and related flora, funga and fauna, the soils and landscapes they populate and the air and water resource they coexist with, all in a dynamic association with people and their human settlements.”

Zürcher, N. (2022)

Gemäss diesem Zitat beschäftigt sich Urban Forestry demnach nicht nur mit den städtischen Bäumen und Wäldern, sondern vielmehr auch mit den Wechselwirkungen mit deren Umgebung. Es gilt die Landschaften, Topografien, die Bevölkerung und nicht zuletzt auch die Böden und Substrate, in denen die Bäume wachsen und die Planung und das Pflege-Management miteinzubeziehen. Das alles führt zu einem integralen Management, um grosskronige Bäume zu gewährleisten. Für die Schweiz bedingt das eine Zusammenarbeit der Wald- und Grünraumdisziplinen. Die Synergien des Know-Hows ist zusammenzuführen und hin zu einem Schweizer Urban Forestry Management zu entwickeln. Auf Urban Forestry im internationalen und nationalen Kontext wird in den Kapiteln 3.1 und 3.2 eingegangen.

1.1.2 i-Tree und Ökosystemleistungen

i-Tree entstand in den 1990er Jahren als Urban Forest Effects Model (UFORE) des USDA Forest Service und entwickelte sich im Rahmen einer öffentlich-privaten Partnerschaft unter der Leitung von Dr. David Nowak bis 2006 zum i-Tree-Computerprogramm. Diese Tools wurden entwickelt, um die Urban Forest Ressourcen zu bewerten, Risiken im Zusammenhang mit städtischen Bäumen und Wäldern zu verstehen und nachhaltige Managementpläne zur Verbesserung der Umweltqualität und der menschlichen Gesundheit zu entwickeln.

Das Software-Programm (2006) ermöglicht peer-reviewed die quantitative Berechnung und Darstellung von Ökosystemleistungen von Bäumen. Mehrere weitere Institutionen (<https://www.itreetools.org/>) unterstützten die Entwicklung und Etablierung. Für die Berechnungen werden Basisdaten von qualitativen und quantitativen Baumaufnahmen sowie von Klima und Bevölkerungsdichte aus den jeweiligen Ländern und Regionen verwendet. Dies gewährleistet lokale und individuelle Berechnungen und sektorielle Lösungsansätze. Mittels definierter und ausgewählter Parameter können die Ökosystemleistungen der Bäume beziffert und lokal monetär umgerechnet werden. i-Tree besteht aus mehreren Tools, welche im Kapitel 2.1.2 kurz erläutert werden. In diesem Projekt wird mit dem Tool i-Tree Eco gearbeitet.

Der Begriff der Ökosystemleistungen fand durch das Millenium Ecosystem Assessment (2005) Einzug in die wissenschaftlichen und politischen Diskussionen und wird definiert als «Beiträge von Ökosystemen zum menschlichen Wohlergehen. Das heisst Leistungen und Güter, die dem Menschen einen direkten oder indirekten wirtschaftlichen, materiellen, gesundheitlichen oder psychischen Nutzen bringen» (TEEB DE 2015 und 2016). Insgesamt sind mehr als 80 Ökosystemleistungen beschrieben. Gesunde Ökosysteme bieten viele Ökosystemleistungen, welche das Potential haben das lokale Mikroklima zu regulieren und damit unmittelbar den Urban Heat Island Effects entgegenzuwirken. Sie verbessern den städtischen Lebensraum für die Bewohner als auch die lokalen Mikroklimabedingungen für die städtischen Grünräume. Im Kontext des Klimawandels und der städtebaulichen Nachverdichtung sind in Städten vor allem die Baumleistungen im Zusammenhang mit der Filterung von Luftschadstoffen und Verbesserung der Luftqualität, Verdunstung sowie Schatten und die damit einhergehenden Temperaturreduktionen oder die Kohlenstoffspeicherung relevant. Die Reduktion des Oberflächenabflusses bei zunehmenden Starkniederschlagsereignissen durch grosse Blattflächen-Indexes und durch die Erhöhung durchlässiger Oberflächen, die Speicherung von Abflüssen oder auch die Erhöhung der Wasserfiltrations- und -infiltrationsraten (Begrenzung der Verschmutzung von Grundwasser, Bächen und Flüssen) sind auch für das zukünftige Regenwasser-Management von grosser Bedeutung.

1.1.3 Projektziele

Das Projekt soll die Grundlage bilden, um städtische Bäume und Wälder zukunftsfähig zu planen, zu managen und zu unterhalten. Der Einbezug der Ökosystemleistungen und deren Quantifizierung mittels i-Tree Eco ist hierbei ein zentraler Bestandteil.

Die definierten Ziele des Projektes sind demnach:

1. Grundlagenerarbeitung für die i-Tree Eco Anwendung in der Schweiz.
Dies beinhaltet:
 - a. Aufbereitung (und Übersetzung) von i-Tree Manuals und Arbeitshilfen für die schweizweite Anwendung
 - b. Ergänzung der Flora-Listen im i-Tree Programm
2. i-Tree Eco Einführung der Projektpartner. Dies beinhaltet:
 - a. Training für die Grünraumfachleute in der i-Tree Eco Feldarbeit
 - b. Fachkundige Begleitung bei der Planung eines i-Tree Eco Projekts, sowie bei der Auswertung und Interpretation der Daten Outputs
 - c. Unterstützung bei der interdisziplinären Entwicklung klimaadaptiver Management-strategien und i-Tree Eco Projekte.
3. Erstellung von Instrumenten und idealtypischen Anwendungen als Best Practice Beispiele (Urban Forestry Management Toolbox)
4. Verfügbar- und Bekanntmachung der Ergebnisse für die breite Anwendung in CH.

1.2 Aufbau des Abschlussberichts

In der Einleitung wird die Thematik und das Projektziel erläutert. Hierfür dienen die Unterkapitel „Ausgangslage“, „Urban Forestry – **Integrale Management von städtischen Bäumen und Wäldern**“, „i-Tree und Ökosystemleistungen“ und „Projektziele“. Darauf folgt die Beschreibung des methodischen Vorgehens in Kapitel 2. Die Resultate sind Bestandteil der Kapitel 3 und 4. Während in Kapitel 3 alle Ergebnisse aus Fachgesprächen, Expertisen und Literaturrecherche als State of the Art dargestellt werden, folgen in Kapitel 4 die Ergebnisse aus den Felderhebungen. In Kapitel 5 werden in der Diskussion die Resultate kritisch beleuchtet. Des Weiteren wird ein Urban Forestry Management diskutiert, welches eine Grundlage und unterstützende Ressourcen bietet, um ökologisch geplante, gestaltete und bewirtschaftete Bäume für den Urban Forest bereit zu stellen.

2 Methodisches Vorgehen

2.1 Erarbeitung der Grundlagen

i-Tree Eco wurde erstmals von Arbor Aegis und Pan Bern AG in einem Pilotprojekt 2017 angewendet, bei dem Schweizer Bevölkerungs- und Klimadaten in die i-Tree-Datenbank integriert wurden. Mit Unterstützung und in Zusammenarbeit mit Dr. David J. Nowak, dem i-Tree-Projektleiter, wurde i-Tree Eco im Rahmen eines zweitägigen Pilotprojekts an einem internationalen Runden Tisch aus der Schweiz und Europa vorgestellt, an dem interessierte Urban-Forestry-Expertinnen und Experten teilnahmen. Darüber hinaus hatten alle Teilnehmende die Möglichkeit, an einer von Dr. Nowak geleiteten Schulung zur Datenerhebung im Feld teilzunehmen. Praktische Hilfsmittel für die Planung eines i-Tree Projekts und für die Projektierung mit i-Tree oder der Anwendung im Feld waren noch nicht vorhanden. In einem ersten Schritt mussten deshalb Grundlagen für die Sicherstellung einer systematischen und konsistenten i-Tree Verwendung in der Schweiz erarbeitet werden.

2.1.1 Arbeitsdokumente i-Tree Eco

Um die Verwendung von i-Tree Eco und den Einstieg ins Programm zu vereinfachen, wurden in diesem Projekt drei Massnahmen festgelegt. Diese Massnahmen sollen die Nutzenden in Planung, Durchführung und Auswertung eines i-Tree Eco Projektes unterstützen.

Hierfür soll ein Hilfsmittel für die Planung und Etablierung eines i-Tree Eco Projektes zur Verfügung stehen. Des Weiteren soll die Anwendung im Feld mit praktischen Anleitungen und Erklärungen unterstützt und die Auswertung und Kommunikation der i-Tree Eco Daten mit Praxisbeispielen anschaulich gemacht werden.

Einstieg und Planung eines i-Tree Eco Projekts

Die von i-Tree zur Verfügung gestellten Dokumente (Benutzerhandbuch und Feldhandbuch) wurden im November 2018 für Europäische Länder erarbeitet. Der Initialaufwand für die Einarbeitung in die Dokumente und Anleitungen ist für die Nutzenden jedoch gross. Um die Handhabung und Anwendung der bestehenden Dokumente zu vereinfachen, wurden im Rahmen dieses Projektes die bis anhin separaten Dokumente zusammengefügt. Somit wurde das „i-Tree Eco Benutzer- und Feldhandbuch“ erstellt. Davon wiederum werden die für das Projekt sehr relevanten Phasen IIIA und IIIB übersetzt (Deutsch und Französisch).

Durchführung eines i-Tree Eco Projekts

Damit die Datenaufnahme im Feld qualitativ gut und präzise durchgeführt werden kann, wurde ein Feldleitfaden (Cheat Sheet) erstellt. Dieser soll möglichst intuitiv und praxistauglich sein und eine konsistente und einheitliche Datenaufnahme auch bei unterschiedlichen und wechselnden Teams gewährleisten. Der erstellte Feldleitfaden wird in Kapitel 4.1.3 erklärt und befindet sich im Anhang I.

Weiter wurde ein Excel-Template Dokument erstellt, welches den Nutzenden die papierlose Datenaufnahme und auch die Dateneingabe in i-Tree Eco vereinfachen soll. Auch dieses Dokument befindet sich im Anhang III.

Auswertung eines i-Tree Eco Projekts

Die Daten, welche in i-Tree Eco generiert werden, sind numerische Auflistungen ausgewählter Ökosystemleistungen und deren Quantifizierung. Die Tabellenform als Resultat ist für eine sensibilisierende Kommunikation noch nicht geeignet. Vielmehr müssen sie zielgruppengerecht aufgearbeitet und präsentiert werden. Die im Projekt erarbeiteten Fact-Sheets sollen die Nutzenden dabei unterstützen, kommunikationsgerechte und fundierte Aussagen über ihre i-Tree Eco Daten zu erstellen. Darüber hinaus bietet das Dokument „Entwicklung von kreativen Strategien für die Nutzung von i-Tree Eco Daten in der Schweiz“ Anregungen für die praktische Anwendung von i-Tree Eco Daten, indem sie eine Verbindung zum Grünstadt Schweiz / Villevert Suisse Award im Rahmen der täglichen Bewirtschaftung des Urban & Community Forest herstellt.

2.1.2 Programm i-Tree

i-Tree beinhaltet mehrere Tools wie beispielsweise *i-Tree Landscape*, *i-Tree Design* oder *i-Tree Hydro*. Diese können allerdings nur in den USA verwendet werden. Eine Übersicht ist in Abbildung 1 zu finden. Das Kerntool *i-Tree Eco* ist in ganz Europa sowie in Lateinamerika, Asien und Ozeanien verfügbar. In diesem Projekt wird deshalb mit dem Desktop Programm *i-Tree Eco* gearbeitet.

Für eine konsistente und ganzheitliche Verwendung des Programms *i-Tree Eco* wurden die Baumsortimentslisten der teilnehmenden Partner angefordert und systematisch auf die Taxonomie untersucht. Bäume, welche noch nicht in der *i-Tree* Datenbank vorhanden waren, wurden in diese integriert, sodass alle vorhandenen Bäume in den Städten quantifiziert werden konnten. Des Weiteren wurden die Baumlisten der Partner taxonomisch korrigiert und den Projektpartnern wieder zur Verfügung gestellt.

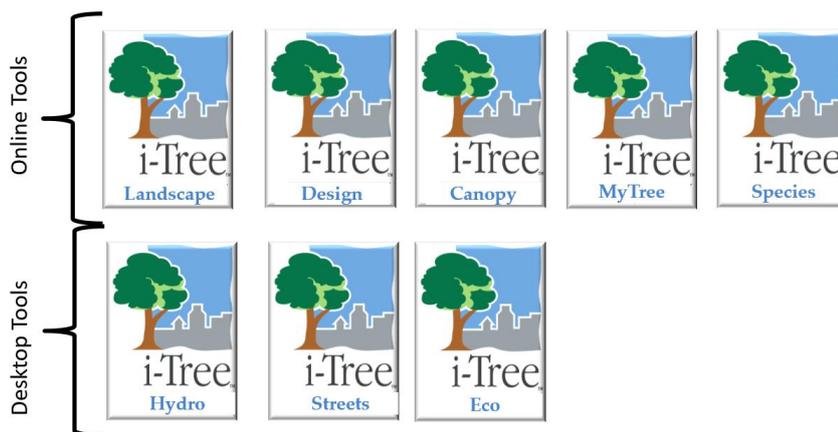


Abbildung 1: i-Tree Tools in der Übersicht (itreetools.org)

2.2 i-Tree Eco Einführung der Projektpartner

Wie erwähnt ist es ein Projektziel das Programm i-Tree Eco simultan in der Schweiz anzuwenden und in der Schweizer Praxis zu testen. Hierfür wurden die Fachleute der teilnehmenden Partner in drei Workshops geschult. Im ersten Kickoff Workshop (Abbildung 2) ging es primär darum die Bedürfnisse der Projektpartner abzuholen und mit ihnen das Versuchsdesign festzulegen (Kapitel 2.2.1). Im zweiten Workshop wurde ein Trainingstag mit jedem einzelnen Partner durchgeführt (Abbildung 2: Kickoff-Meeting in der Romandie
Abbildung 3: Trainingstag in Zürich mit Feldleitfaden).



Abbildung 2: Kickoff-Meeting in der Romandie



Abbildung 3: Trainingstag in Zürich mit Feldleitfaden

Bestandteil dieses Trainingstags war unter anderem die Schulung der Projektpartner in der Datenaufnahme und in der Handhabung der zur Verfügung gestellten und erforderlichen Hilfsmittel. Im definierten Projektperimeter wurden in Zusammenarbeit mit der Kerngruppe die ersten Bäume vermessen und im dafür entwickelten Excel-Template aufgenommen. Jeder einzelne Parameter, welcher für die Berechnungen der Ökosystemleistungen in i-Tree Eco wichtig sind wurden dabei eingehend erklärt und diskutiert. Im dritten Schulungstag wurden alle Projektpartner auf die Dateneingabe und Datenauswertung geschult. Die Daten wurden aus der Felddatenerhebung gewonnen und zur quantitativen Verarbeitung in die Software i-Tree Eco eingegeben. Der Fokus lag dabei auf der zielgruppen-gerechten Aufarbeitung der aus i-Tree Eco erhaltenen Daten

2.2.1 Versuchsdesigns in den Städten

Für eine konsistente Datenerhebung wird durch die Projektgruppe ein Designentwurf für einen Projektperimeter vorgegeben. Alle Partner sollen sich daran orientieren und einen für ihre Bedürfnisse optimalen Perimeter festlegen. Der Designentwurf sieht gemäss Abbildung 4 folgendes vor:

Pro Stadt oder Kanton sollen rund 250 Bäume aufgenommen und mittels i-Tree Eco quantifiziert werden. Diese 250 Bäume sollen in drei verschiedenen Grünraumtypologien stehen. Davon muss eine Typologie Wald im forstrechtlichen Sinn umfassen. Die anderen beiden Typologien sollen Bäume im Park und an der Strasse darstellen.

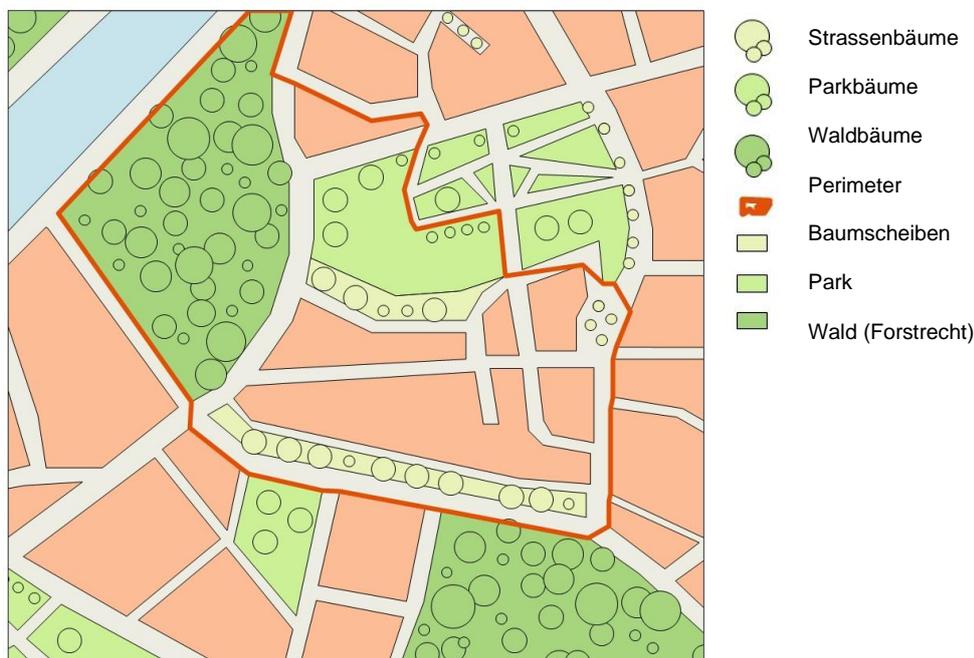


Abbildung 4: Designschema für die Projektperimeter in den Partnerstädten und Kantonen

Das Versuchsdesign wird in Zusammenarbeit mit der Projektgruppe und den Partnern mit gewonnenen Erkenntnissen aus Fachgesprächen entwickelt. Dabei werden der Versuchsaufbau, die zu definierenden erwarteten Ergebnisse und deren Herleitungsverfahren festgelegt als auch deren Analyse definiert.

2.2.2 Versuchsstandorte der Projektpartner

Für die untenstehenden Klimatabellen und zum allgemeinen Verständnis der herrschenden Klimata in den Partnerstädten wurden via MeteoSchweiz die berechneten Klimanormwerte für die Jahre 1991-2020 bezogen. Die Klimatabellen aller Standorte sind in Abbildung 5 einsehbar. Es wird primär auf die Temperaturen und die Niederschlagswerte eingegangen. Diese Werte beeinflussen die Vegetation massgeblich (Sitte et al. 2002). Eine besondere Aufmerksamkeit gilt hierbei den Niederschlagswerten. So können sich beispielweise die Resultate bezüglich der Reduktion des Oberflächenabflusses (Interzeption) zwischen den Standorten stark unterscheiden, auch wenn der Baumbestand ähnlich sein sollte. Dies gilt es in der Interpretation der Daten zu berücksichtigen. Die Versuchssperimeter wurden durch die Projektpartner nach ihren Bedürfnissen innerhalb der gesetzten Rahmenbedingungen festgelegt. Die Versuchssperimeter aller Partner befinden sich im Anhang VI.

Basel

Die Stadtgärtnerei Basel hat als Partnerin sowohl klimatisch als auch geografisch eine wichtige Aufgabe. Sie ist die Vertreterin der Nordwestschweiz und zeichnet sich zudem im Vergleich zu den anderen Partnerstädten durch ein eher trockenes und warmes Klima aus. Der Jahresniederschlag liegt bei 843 mm mit einer mittleren Temperatur von 10.9°C. Der Niederschlag nimmt in den Sommermonaten (Mai-August) zu, wobei im Schnitt nie mehr als 100 mm Regen in einem Monat fallen.

Bern

Das Baumkompetenz-Zentrum von Stadtgrün Bern ist als Partner für die Stadt Bern zuständig. Die Stadt Bern als Stadt im Mittelland von grosser Relevanz für das Projekt ist durch einen mittelmässigen bis eher höheren Jahresniederschlag (1023 mm) gekennzeichnet. Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 9.3 °C. Bern weist von allen Städten, die tiefsten Wintertemperaturen auf (0.2 °C im Januar).

Kanton Genf und Stadt Meyrin

Die Westschweizer PartnerInnen Kanton Genf bzw. die Stadt Meyrin weisen im Städtevergleich eher trockene Bedingungen auf. Wobei der Jahresniederschlag mit 947 mm pro Jahr immer noch um 100 mm höher ist als in Basel. Genf bzw. Meyrin sind mit einem Jahresmittel von 11 °C die im Schnitt wärmsten der hier aufgelisteten Städte. Das hohe Jahresmittel ist ähnlich wie in Basel auf die wärmeren Winter zurückzuführen. Des Weiteren ist der Niederschlag eher gleichmässig auf das ganze Jahr verteilt.

Luzern

Luzern ist geografisch die Vertreterin der Zentralschweiz. Durch diese Lage ist Luzern durch feuchte Bedingungen gekennzeichnet. Die Summe des Jahresniederschlags liegt bei 1292 mm mit einer mittleren Jahrestemperatur von 10.1 °C. Besonders auffallend sind die hohen Sommerniederschläge (Maximum im August: 170 mm).

Schaffhausen

Das nordöstlich liegende Schaffhausen weist einen Jahresniederschlag von 965 mm auf. Dieser liegt im Mittel der teilnehmenden Städte, ist aber für den Schweizer Durchschnitt eher trocken. Die mittlere Jahrestemperatur liegt bei 9.9 °C.

Zürich & Uster

Zürich als grösste Schweizer Stadt resp. Uster als Stadt im peripheren Umland weisen ein eher feuchteres Klima auf mit einem Jahresniederschlag von 1106 mm sowie einer mittleren Jahrestemperatur von 9.8 °C. Der Niederschlag nimmt in den Sommermonaten (Mai-August) analog zu Luzern auffallend zu.

Alle Klimadaten sind hier eher mesoklimatisch zu verstehen. Dies ist für das nachhaltige Management von städtischen Bäumen und Wäldern zu berücksichtigen. Für die Berechnungen der Ökosystemleistungen mit i-Tree kann im Programm und Projekt-Setup die nächstgelegene offizielle Wetterstation von MeteoSchweiz und das zu berücksichtigende Jahr ausgewählt werden.

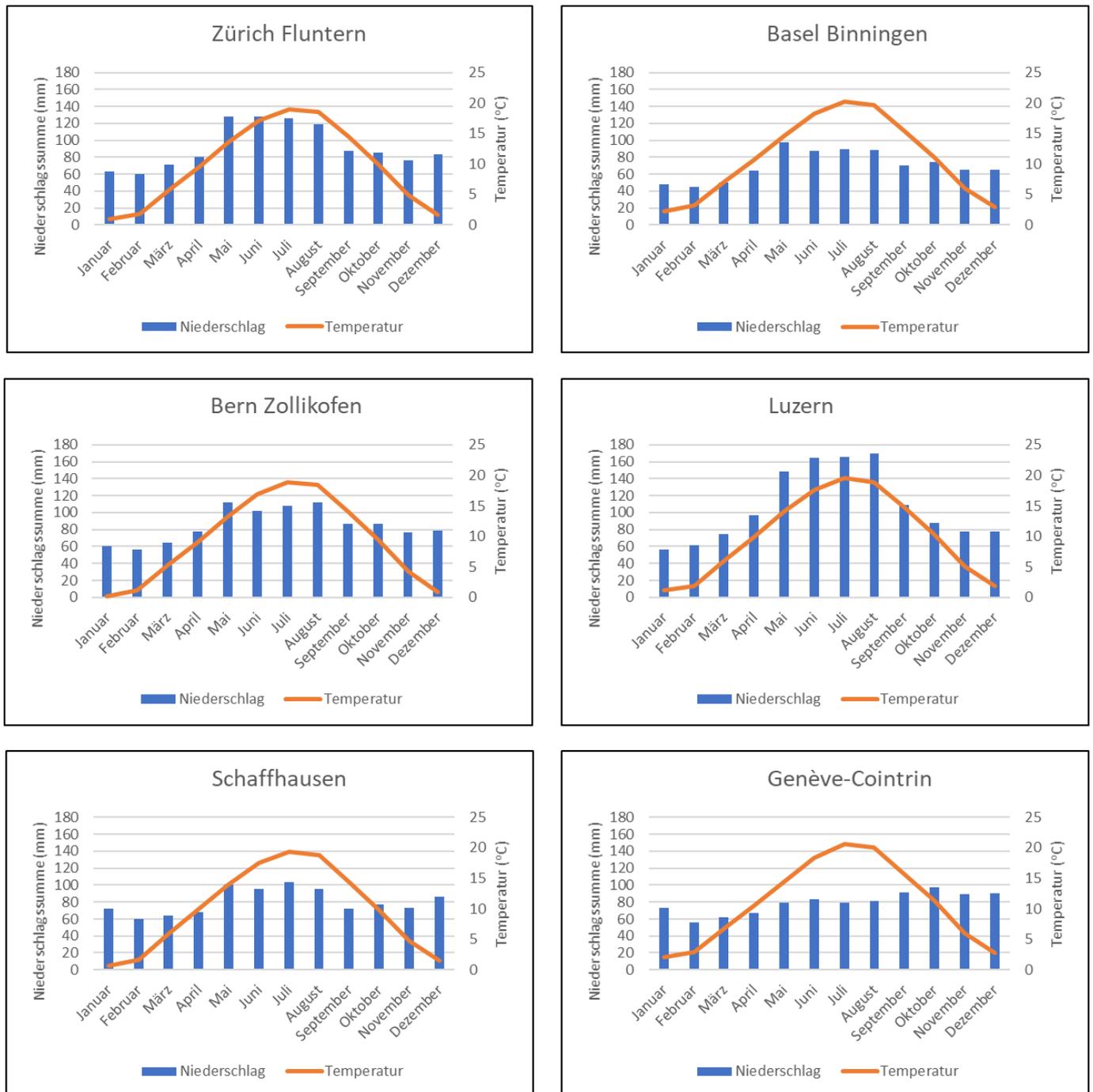


Abbildung 5: Klimatabellen der Regionen in denen die i-Tree Baumdaten erhoben wurden. (MeteoSchweiz 2021)

3 State of the Art

Nachfolgend wird auf das Handlungsfeld Urban Forestry eingegangen. Um Urban Forestry zu verstehen und auf die Schweizer Verhältnisse zu adaptieren, müssen die internationalen Prozesse und Ursprünge beleuchtet und verstanden werden. So kann Urban Forestry auch im Schweizer Kontext erfolgreich praktiziert werden.

3.1 Urban Forestry im internationalen Kontext

Urban Forestry is the art, science and technology of managing trees and forest resources in and around urban community ecosystems for the physiological, sociological, economic, and aesthetic benefits trees provide society

Miller, 1997

Wie das oben aufgezeigte Zitat von Miller (1997) bereits erahnen lässt, kann eine wörtliche Übersetzung des Begriffs von Urban Forestry im Sinne von „Forstwirtschaft in Städten“, der Breite des Begriffs nicht gerecht werden. Denn die Worte „urban“ und „forest“ sind bereits für sich mehrdeutige Begriffe. Weiter ist in dieser Definition zu erkennen, dass bis zu den Nullerjahren nicht primär der Baum und dessen Bedürfnisse im Zentrum stand, sondern was der Baum mit seinen Leistungen für unseren Nutzen bringt. Die Entwicklung des Handlungsfelds Urban Forestry in den letzten Jahren nimmt auch diese Betrachtung mit auf. Daher ist, wie Randrup et al. (2005) schlussfolgern, die Vielfalt an Definitionen zu diesem Begriff sehr gross, während das Verständnis von Urban Forestry sehr unterschiedlich ist und eine integrative Perspektive des Begriffs notwendig ist. Seit Mitte der 1990er Jahre gilt Urban Forestry als ein Sammelbegriff für verschiedene Aktivitäten in der Forschung und Praxis, die sich mit Wäldern, Bäumen und grüner Infrastruktur im urban geprägten Kontext beschäftigen. Es integriert dabei alle Frei- und Grünflächen, welche Gehölze bzw. Bäume aufweisen und sich im Siedlungsbereich oder sub- und periurbanen Raum befinden (Pütz et al. 2015).

Nach Miller et al. (2015) können Urban Forests als Summe aller Holzgewächse in und um menschliche Siedlungen, von kleinen Siedlungen in ländlicher Umgebung bis hin zu Metropolregionen angesehen werden. Dabei sind diese Urban Forests die Gesamtheit der Bäume und anderer Gehölze im Strassenraum, in Gärten, Parks, Friedhöfen oder Freizeitanlagen sowie der Vegetation in den Grüngürteln.

Während sich Experten über den Mehrwert der Grünräume für den Menschen als Erholungs- und Begegnungsraum einig sind, herrscht bis heute Uneinigkeit darüber, welche

Grünelemente tatsächlich in den Geltungsbereich von Urban Forestry miteinbezogen werden sollen. Einige Experten sind der Ansicht, dass nur Wald-Ökosysteme dazugehören. Die Mehrheit ist jedoch der Ansicht, dass holzige Vegetation im Allgemeinen sowie auch nicht holzige Strukturen wie Rasenflächen und allgemeine Grünflächen miteinbezogen werden sollten (Randrup et al., 2005; Pütz et al. 2015). Das heisst bei Urban Forestry geht es nebst dem Wald und den Bäumen auch um eine integrative Sichtweise auf das Zusammenleben von Pflanzen und Menschen, sprich um die sektorübergreifende Gestaltung des gemeinsamen Lebensraums Stadt (Baerlocher et al., 2019).

Daher kann das neuere und umfassendere Zitat des Kerngruppenmitglieds Naomi Zürcher in (Zürcher, N. (2022) Connecting Trees with People: Synergistic Strategies for Growing the Urban Forest. Springer Verlag, leicht angepasst), besser verwendet werden:

“Urban Forestry is the melding of a forest ecology foundation and an interdisciplinary expression of art, science, theory and practice with the highly knowledgeable and creatively intuitive development and implementation of a Management Plan. Urban Forestry has, as its objective, the sustainable management of the urban forest ecosystem – trees, related flora, funga and fauna, the soils and landscapes they populate, the air and water resource they coexist with, all in a dynamic association with human residents within the built environment - for the sustained health and well-being of ALL animate and inanimate components of the ecosystem.”

Zürcher, N. (2022)

“An intrinsic element of this sustainable management profession is Community Forestry and its implementation in rural areas where streets may not be populated by trees and there may be no Parks but forested lands that are integral to daily life are just outside the community’s door.”

Zürcher, N. (2022)

Diese Definition von Urban- und Community Forestry berücksichtigt auch die historische Entwicklung von Urban Forestry. Denn die Wurzeln der Disziplin Urban Forestry liegen in den 1960er Jahren in Nordamerika. Jorgensen führte das Konzept 1965 an der Universität in Toronto (Kanada) ein. Dabei umfasste Urban Forestry bereits bei dieser Idee nicht nur die Planung, Pflanzung und Bewirtschaftung einzelner Bäume, sondern das gesamte von der Stadtbevölkerung beeinflusste Siedlungsgebiet. Jorgensen betonte zudem den Erholungswert, der von den Bäumen und den Grünräumen ausgeht. Im Jahre 1972 wurde das Konzept auch in den USA bekannt. Hier gründete die Society of American Foresters eine Arbeitsgruppe für städtische Forstwirtschaft (Randrup et al., 2005). Mit dem Anwachsen der Städte und ihren negativen Einflüssen auf ihre Bewohner, darunter die Verschlechterung der

Luftqualität, wuchs das Interesse an dem Konzept Urban Forestry (Pütz et al., 2015). In den USA wurde im Jahr 1972 mit der Verabschiedung des Urban Forestry Act durch den US-Kongress Urban Forestry nicht nur offiziell als Planungs- und Bewirtschaftungsnotwendigkeit für Siedlungsgebiete anerkannt, sondern auch die Grundlage für ein staatliches Basisprogramm namens ReLeaf geschaffen. Mit Bundesgeldern, die zu gleichen Teilen von den teilnehmenden Bundesstaaten aufgebracht wurden, wurden auf Bundes- und Landesebene Stellen für Urban Foresters finanziert sowie ein Citizen-Science Ansatz für ein gemeinschaftliches Urban Forestry in Städten und Gemeinden geschaffen. Dieses Programm existiert noch heute und wird erfolgreich praktiziert (<https://nysufc.org/releaf/>).

Darüber hinaus führte die Notwendigkeit einer angemessenen Pflege von Stadtbäumen zur Entstehung des Konzepts und des Berufs des Baumpflegers (Randrup et al., 2005), welche massgeblich von den Erkenntnissen von Dr. Alex Shigo beeinflusst wurde. Anfang der 1980er Jahre wurden in den USA schliesslich unter dem Begriff Urban Forestry, Hochschulstudiengänge gegründet.

Das erste europäische, städtische Projekt in England nannte sich «Forest of London». Es wurde durch die Organisation «TreePeople» in Los Angeles (USA) inspiriert. Bei diesem Projekt entstanden unter anderem zwölf Gemeindewälder in der Nähe von Städten, die sozioökonomische und ökologische Vorteile für die Gemeindebewohner erbringen sollten. 1984 warb schliesslich auch in den Niederlanden eine Gruppe von Forschenden für das Konzept. In Irland fand 1991 in Dublin die erste nationale Konferenz zu Urban Forestry statt und führte zu finanziellen Förderprogrammen für städtische Wälder.

Während Landschaftsarchitekten, Gartenbauer oder Förster lange Zeit ihre eigenen spezifischen Ziele hatten, versucht man sich in den letzten Jahren zunehmend auf den Umgang gesamtstädtischer Grünstrukturen zu konzentrieren. Das Aufkommen von Massnahmen im Zusammenhang mit nachhaltiger Entwicklung und Stadtökologie z. B. auf der Grundlage der Arbeiten von Duvigneaud (1974) spielte in dieser Hinsicht eine wichtige Rolle. Zudem wurde die sektorübergreifende Zusammenarbeit durch die Habitat-Konferenzen der Vereinten Nationen (1976/1996) und der Konferenz über Umwelt und Entwicklung (UNCED, 1992) gefördert. Sie betonten, dass die Entwicklung der Städte nur durch die Einbeziehung sozialer, wirtschaftlicher und ökologischer Aspekte erreicht werden kann, wodurch die Integration der Bemühungen verschiedener Sektoren und Akteure auf lokaler und nationaler Ebene benötigt werden. So rückte die städtische Grünstruktur als Ganzes und nicht mehr einzelne Grünelemente in den Fokus. Darüber hinaus wurde in der Politik, der Wissenschaft und der Praxis erkannt, dass eine stärker integrierte Grünflächenplanung erforderlich ist, um den aktuellen gesellschaftlichen Anforderungen in einem Umfeld mit hohem Bevölkerungs- und Expansionsdruck gerecht zu werden (Randrup et al., 2005)

Spätere Meilensteine in der europäischen Institutionalisierung des Konzepts war die Gründung des European Forum on Urban Forestry (EFUF) und der EFUF-Konferenz, welche 1998 erstmals stattfand. Dabei greift das EFUF jedes Jahr ein aktuelles Thema mit Praktikern, Politikern, Pädagogen oder Wissenschaftlern aus Europa aber auch anderen Teilen der Welt auf, um Themen wie Finanzierung, öffentliche Beteiligungen oder Managementinnovationen für die Planung und Gestaltung von städtischen Wäldern, Parkanlagen oder Strassenbäumen zu besprechen. Zusätzlich wurde durch die Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) im Jahr 2021 ein Expertennetzwerk für nachhaltige städtische Forstwirtschaft ins Leben gerufen. Dieses Netzwerk soll einen Raum für einen kontinuierlichen interdisziplinären Dialog und Austausch zwischen politischen Entscheidungsträgern, Praktikern und Experten zur Förderung eines nachhaltigen Urban Forestry auf lokaler, nationaler und internationaler Ebene bieten.

3.2 Urban Forestry in der Schweiz

Mit der Durchführung des European Forum on Urban Forestry 2014 in Lausanne wurden Begriff und Konzepte auch in der Schweiz eingeführt. Doch hat der Begriff Urban Forestry nach Pütz et al. (2015) in der Schweiz eher einen lokalen Charakter. Zum Beispiel ist er in der Strategie der Stadt Zürich im „Grünbuch der Stadt Zürich“ verankert. Hier werden im Abstand von zehn Jahren alle Belange von Grünräumen wie Wald, Landwirtschaft, Parkanlagen, des Wohnumfeldes bis hin zur Umweltbildung koordiniert (Pütz et al. 2015). Der Begriff ist zudem Teil der Freiraumentwicklung (ARE, 2014). Dennoch ist auch in der Schweiz die Begriffsdefinition noch nicht abgeschlossen.

Die Schweiz ist wie auch andere Länder weltweit von einer Bevölkerungszunahme betroffen, die die Siedlungsentwicklung intensiviert und den Druck auf Freiflächen und natürliche Ökosysteme erhöht. Dadurch nimmt die Verflechtung von Landschaft und Siedlung zu und Wälder werden zum Bestandteil des Siedlungsraums. Diese Entwicklung führt gemäss (Pütz & Bernasconi, 2017) zu Debatten um die Lockerung des starken Waldschutzes in der Schweiz. Vor diesem Hintergrund werden die unverzichtbaren Leistungen von Bäumen wichtiger und es gilt im Verbund von Eigentümern, Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft nach Lösungen zum Schutz dieser Grünelemente zu suchen. So ist auch in der Schweiz eine Verflechtung von Wald im Siedlungsraum bis hin zum Strassenbaum erkennbar. In der Schweiz wird diese Annäherung allerdings durch das föderalistische System teilweise unterbunden. Während die

Waldflächen, welche dem Waldgesetz unterstellt sind, durch die Waldeigentümer bewirtschaftet werden im Rahmen der rechtlichen Vorgaben, liegt das Management Urbaner Grünräume wie Parkflächen oder Strassenbäume auf Gemeindeebene. Urban Forestry hat also die Möglichkeit Ziele und Managementstrategien zu entwickeln, die auf allen politischen Ebenen umgesetzt werden könnten und so eine über- oder transpolitische Funktion übernehmen können.

Es gibt in der Schweiz bereits Bemühungen Urban Forestry als Handlungsfeld zu stärken.

So bietet die Studie «Unsere Bäume» der Universität Genf (UNIGE) mit seiner partizipativen Methode und online verfügbaren Karten über die Reduzierung von Wärmeinseln oder Korridore für Flora und Fauna ein Entscheidungsinstrument für verschiedene politische Entscheidungsträger, um Grünräume effizient in die Stadtplanung zu integrieren.

Das Forschungsprojekt «Urban Green & Climate Bern» (BFH-HAFL) untersuchte seinerseits die Ökosystemleistungen des städtischen Baumbestandes der Stadt Bern angesichts des Klimawandels und setzt sich mit dem Beitrag von Bäumen zur Mitigation von Treibhausgasen auseinander.

Das Forschungsprojekt SUNWOODS dient der Untersuchung des Einbezugs von Interessensgruppen in der urbanen Waldbewirtschaftung.

Mit dem Projekt F-10 Städtische Bäume und Wälder klimadaptiv managen wird Urban Forestry mit seiner Anwendung von i-Tree Eco und der Quantifizierung von Ökosystemleistungen städtischer Bäume und Wälder erstmals auf Gemeinde und Kantonebene angewandt und auf Bundesebene kommuniziert.

Und das Netzwerk ArboCityNet schlägt eine Brücke zwischen grünraumbezogenen Bildungs- und Forschungsinstitutionen, Behörden, Eigentümern und Nutzenden. In Verbindung von Wissenschaft und Praxis kann das Netzwerk als Plattform genutzt werden, um den aktiven Austausch von Wissen zur Suche nach fachübergreifenden Lösungen zu fördern und zukunftsweisende und transdisziplinäre Projekte zu initiieren, um das gesellschaftliche Zusammenleben mit und in Ökosystemen zu gestalten. Die Kerngruppe von ArboCityNet setzt sich aus den Schweizer Forschungsinstitutionen zusammen, welche sich mit diesem Handlungsfeld und den angegliederten Disziplinen befassen.

3.2.1 Bestandteile von Urban Forestry und des Urban Forests

Im Folgenden werden die wichtigsten Merkmale sowie die Bestandteile von Urban Forestry und damit verbunden auch des Urban Forests beleuchtet und zusammengefasst.

Abbildung 6 stellt nachfolgend dar welche Formen der Vegetation und Standorte der Urban Forest miteinbezieht und wie die verschiedenen baumdominierenden Strukturen bei der Planung, Design oder Bewirtschaftung im Zusammenhang mit Urban Forestry behandelt werden bspw. welche Aktivitäten oder Beteiligungen die Disziplin umfasst (Randrup et al. 2005).

	The urban forest		
	Individual trees		Urban woods and woodland (forests and other wooded land, e.g., natural forests and plantations, small woods, orchards, etc.)
	Street and roadside trees	Trees in parks, private yards, cemeteries, on derelict land, fruit trees etc.	
Form, function, design, policies and planning	<p>URBAN FORESTRY</p>		
Technical approaches (e.g. selection of plant material, establishment methods)			
Management			

Abbildung 6: Matrix zur Darstellung der Multifunktionalität des Konzepts Urban Forestry (Randrup et al. 2005)

Abbildung 7 stellt die Akteure und gesellschaftlichen Einflussbereiche im Zusammenhang mit Urban Forestry dar. Im Mittelpunkt stehen dabei die Planung und Gestaltung, technische Ansätze und das Management rund um die Ressource Urban Forestry. Wie aufgezeigt wird, sind diese Aktivitäten, Teil eines integrierten Massnahmenbündels. Darüber hinaus verbildlicht diese Abbildung auch die Multifunktionalität der urbanen Grünräume, die dem Konzept der nachhaltigen natürlicher Ressourcen entspricht, welches sozio-kulturelle, ökologische und ökonomische Aspekte miteinbezieht (Randrup et al. 2005).

Darüber hinaus verdeutlicht Abbildung 7 den partizipativen Charakter von Urban Forestry durch die Einbeziehung einer Reihe von öffentlichen und privaten Akteuren.

Wie erwähnt fasst Urban Forestry und damit auch der Urban Forest verschiedenste Grünraumtypologien zusammen (Tabelle 1). Es ist demnach ein hoch integratives Konzept, welches als solches in der Schweiz noch zu wenig umgesetzt wird.

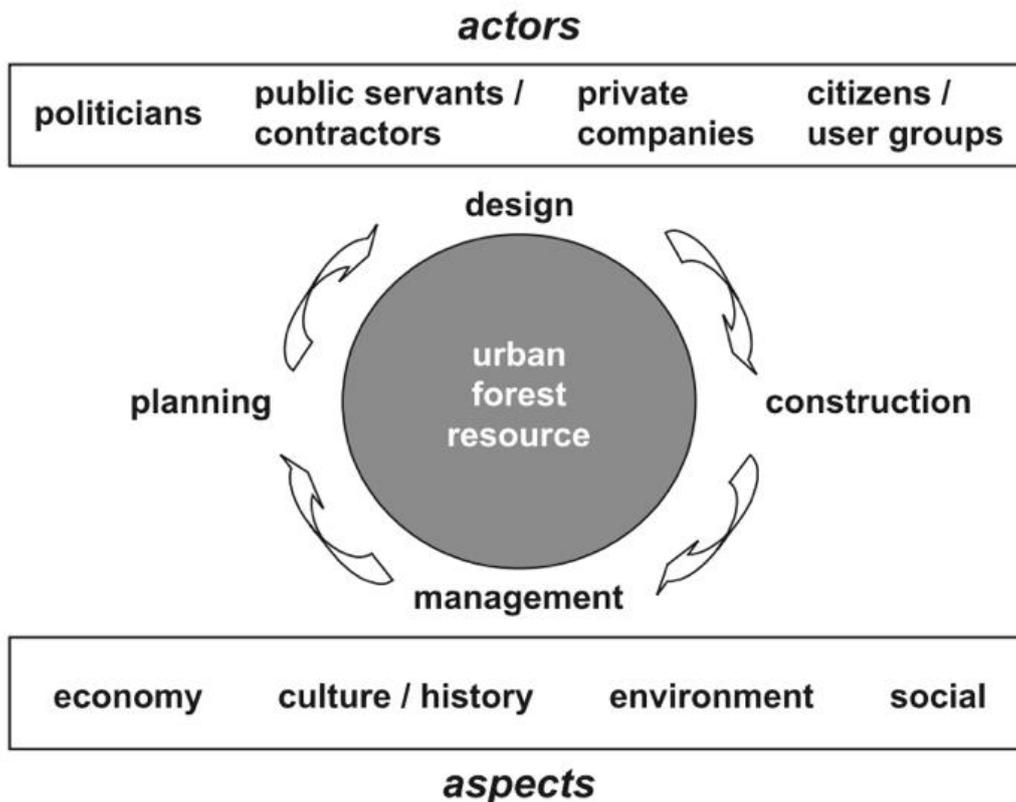


Abbildung 7: Akteure und Einflussbereiche des Urban Forestry Modells (Randrup et al. 2005).

Tabelle 1: Elemente des Urban Forest nach Pütz und Bernasconi 2017 – modifiziert nach Saluz A., Zürcher N., Bernasconi A.

Element	Beschreibung
Strassenbäume	Dieses Element des Urban Forest umfasst den isolierten Strassenbaum in der Einzel-Baumgrube, wie auch Strassenbäume und Alleen in Grünstreifen. Ebenfalls dazu gehören Bäume als Solitäre und im Verbund (z.B Baumhain) auf Plätzen und Platzparks.
Urbane Pärke	Urbane Pärke umfassen Parkgebiete im (peri)urbanen Gebiet mit Baumgruppen, Solitärbäumen und Sträuchern. Teilweise in direkt bebauten Gebieten ohne Anschluss an Böden mit natürlichen Funktionen. Ebenfalls dazu gehören grössere und kleinere Privatgärten in Siedlungen.
Übrige bestockte Flächen bzw. Gehölze im Siedlungsgebiet	Dabei handelt es sich um bestockte Flächen, welche Waldcharakter aufweisen, aber rechtlich kein Wald sind, im unmittelbaren Einzugsgebiet von (peri)urbanen Gebieten. Teilweise in direkt bebauten Gebieten ohne Anschluss an Böden mit natürlichen Funktionen.
Klassische Stadtwälder	Darunter wird Wald (im Sinne des Forstrechts) verstanden, welcher im unmittelbaren Einzugsgebiet von (peri)urbanen Gebieten steht. Das heisst oft unmittelbar angrenzend an die Siedlung oder von dieser eingeschlossen und unter intensiver anthropogener Nutzung für Freizeit und Erholung.

3.2.2 Berührungspunkte des Urban Forest – die Interdisziplinarität von Urban Forestry

Die Multi- und Interdisziplinarität von Urban Forestry hat zur Folge, dass sich unterschiedlichste Disziplinen, Methoden und Handlungsansätze vereinen. So setzt sich das Konzept aus Elementen der Forstwirtschaft, des Gartenbaus, der Baumpflege, der Landschaftsarchitektur, der Stadtplanung, der Soziologie, Ökologie, Biologie, Geographie, Psychologie, Ökonomie und der Politikwissenschaften zusammen und führt diese Disziplinen für die speziellen Erfordernisse urbaner Räume zusammen. Auch dies wird in Abbildung 7 nochmals deutlich. Jede Disziplin bringt ein eigenes Verständnis, eigene Wertvorstellungen und eigene Grundlagen und somit auch Normen und Empfehlungen mit. Dies gilt es in den Konzepten und weiterführenden Projekten und Handlungsfeldern zu berücksichtigen. Weiter verbindet Urban Forestry die Forschung mit der Praxis, indem der Begriff verschiedene Konzepte und Praktiken miteinander vermischt, darunter z.B. Urban Green Space (James et al. 2009), Green Infrastructure (Tzoulas et al. 2007) oder Urban Green Commons (Colding & Barthel, 2013) (Pütz et al. 2015).

Urban Forestry ist demnach ein spezialisiertes Handlungsfeld, welche alle Disziplinen berücksichtigt. Das oberste Ziel von Urban Forestry ist die nachhaltige Bewirtschaftung des Urban Forest und dessen Ökosysteme. Das heisst die Bäume mit den zugehörigen Symbionten und Koexistenzen aus Flora, Fauna und Pilzen. Es gehören hierzu auch die Böden und Umgebungen, die Luft- und Wasserressourcen, und nicht zuletzt auch die dynamische Verbindung mit der Bevölkerung (Kapitel 3.1). Ein wichtiges Element dieser nachhaltigen Bewirtschaftung ist hierbei auch das sogenannte Community Forestry und ihre Umsetzung.

Es gilt die Synergien der Forstwirtschaft mit denjenigen der Bewirtschaftung der kommunalen Baum- und Grünflächen zu nutzen. Dazu gehören wie erwähnt die interdisziplinären Ansätze und die Zusammenarbeit von Wissenschaft, Theorie und Praxis.

Die Kriterien für ein erfolgreiches Urban Forestry Management wird im Kapitel 4.5.2, der Urban Forestry Management Toolbox behandelt.

3.3 Anwendung von i-Tree Eco im internationalen Kontext

i-Tree konnte bis Ende 2017 über 247.000 Benutzer in 131 Ländern verzeichnen (Abbildung 8/Abbildung 9). Mit i-Tree Eco wurden bis Ende 2017 über 5.000 Projekte durchgeführt. Beispiele für internationale Analysen auf Grundlage der Software i-Tree sind Länder wie England (London) (Rogers et al. 2015), Kanada (Toronto) (Nowak et al. 2013), Mexiko (Merida) (de la Concha et al 2012), Portugal (Porto) (Graca et al 2017), Schweiz (Zürich) (Wälchli, 2008) oder Frankreich (Strassburg) (Selmi et al. 2016). Viele der Ergebnisberichte sind heute öffentlich zugänglich. Nachfolgend werden einige internationale Projekte kurz beleuchtet.



Abbildung 8: Globale Nutzung der Software i-Tree (Nowak et al. 2018).



Abbildung 9: Weltweite i-Tree Eco Projekte (Nowak et al. 2018).

England-London

Erhebungen zur Blattfläche, Artenspektrum, Beseitigung von Luftverschmutzung, Regenwasserrückhalt und energetischer Nutzen für Gebäude des Londoner Stadtwaldes sowie vermiedener Gebäudeenergiekohlenstoff, analysiert in Bezug auf die jährlichen Kosteneinsparungen der Stadt. Die Erhebung ergab, dass der Londoner Stadtwald 8.421.000 Bäume umfasst. Der vermiedene Gebäudeenergiekohlenstoff wurde mit 132,7 Millionen Pfund pro Jahr bewertet.

Kanada-Toronto

Die Analyse hat gezeigt, dass die Stadt etwa 10,2 Millionen Bäume hat. Die an den häufigsten vorkommenden Baumarten sind die östliche Weisszeder, der Zuckerahorn und der Spitzahorn. Der Stadtwald speichert derzeit schätzungsweise 1,1 Millionen Tonnen Kohlenstoff im Wert von 25,0 Millionen CAD\$. Darüber hinaus entfernen die Bäume etwa 46.700 Tonnen Kohlenstoff pro Jahr und etwa 1.905 Tonnen Luftverschmutzung. Es wird geschätzt, dass Bäume in Toronto die jährlichen Energiekosten für Haushalte um 9,7 Millionen CAD\$ senken.

Portugal-Porto

In Porto war der Baumbestand (10,6 %) und die Baumdichte (68 Bäume pro ha) im Vergleich zu den meisten Städten sehr gering. Etwa 57 % aller Bäume hatten einen DBH von weniger als 15,2 cm. Die kleine Stichprobengrösse schränkte die Schätzung der Auswirkungen auf den Energieverbrauch auf Stadtebene ein, zeigte aber, dass sich in Porto nicht viele Bäume in energiebeeinflussenden Positionen um Gebäude befinden. *Quercus robur* war die häufigste Baumart (5,3 %), gefolgt von *Populus nigra* (4,2 %) und *Quercus suber* (3,9 %).

3.4 Anwendung von i-Tree Eco in der Schweiz

Wie in Kapitel 2.1 erwähnt, wurde i-Tree Eco in der Schweiz 2017 zum ersten Mal angewandt und das zugrundeliegende Modell vom i-Tree Team in den USA für die Schweizer Anwendung validiert. Für das Pilotprojekt wurde in der Stadt Bern entlang der Bundesgasse und im Park der 'Kleinen Schanze' eine i-Tree Eco-Inventur durchgeführt und die Ökosystemleistungen anhand der verfügbaren, lokalen Wetter- und Luftschadstoffdaten von 2015 analysiert. Die Ökosystemleistungen (Reduktion Luftschadstoffe, Oberflächenwasserabfluss, Kohlenstoffspeicherung und -sequestrierung) wurden quantifiziert und monetarisiert. Für die 145 Bäume errechnete sich eine Wertleistung von rund 21'000 CHF in 10 Jahren (Bernasconi et al. 2018). Seit dem Frühjahr 2018 steht das Modell für eine breite Anwendung in Europa zur Verfügung. Das Projekt F-10 ist indes das erste gesamtschweizerische Projekt mit i-Tree. Es ist ein Modellprojekt, welches sich auch darauf konzentriert i-Tree Daten nicht nur zu erheben, sondern auch Planungs- und Managementstrategien daraus abzuleiten. Es ergaben sich daraus weitere Unterprojekte welche in den Kapiteln 4.4 behandelt werden. i-Tree Eco wird ebenfalls bereits in Unterrichtseinheiten verwendet. In Kapitel 4.6 wird darauf eingegangen.

4 Ergebnisse

In dem folgenden Kapitel werden die erzielten Ergebnisse aufgezeigt. Es wird dabei gemäss Methodik in die Ergebnisse der Grundlagenelemente wie das Programm i-Tree Eco oder der Arbeitsdokumente und den Ergebnissen der Anwendung in den Städten unterschieden. Die Anwendung und Durchführung von i-Tree Eco in den Städten wird mit den Ergebnissen der Daten, der Erfahrungen und der ausgearbeiteten Produkte der Städte aufgezeigt.

4.1 Ergebnisse Grundlagen

Um das Projekt erfolgreich durchzuführen, wurden die angesprochenen Grundlagen erstellt, überarbeitet und den Nutzerbedürfnissen angepasst. Die Arbeit im Programm i-Tree Eco, wie auch die zugehörigen und neu erstellten Dokumente werden nachfolgend erläutert.

4.1.1 Basis Programm i-Tree Eco

Um die Durchführung der Datenaufnahmen in den acht Partnerlokationen zu erleichtern, wurden alle Baumarteninventare von jedem Projektpartner entgegengenommen. Jede Baumart in den Inventarlisten wurde auf taxonomische Genauigkeit überprüft. Die korrigierten Daten wurden in der i-Tree-Artendatenbank eingepflegt und verarbeitet. Dies war möglich, da Arbor Aegis das Qualitätsmanagement und die Kontrolle der Baumartendatenbank durchführt. Darüber hinaus wurden mit dieser Funktion viele Fragen zur Fachsprache und deren Übersetzung mit dem i-Tree-Team diskutiert. Sie hat auch die in den Handbüchern verwendeten Originalillustrationen ausfindig gemacht, sie retuschiert und in einigen Fällen neu gezeichnet, um die Klarheit und Reproduktion zu verbessern. Diese Arbeit wurde dem i-Tree-Team zur Aufnahme in die aktualisierten Versionen der Manuals zur Verfügung gestellt.

4.1.2 Arbeitsdokumente - Manuals

Das in diesem Projekt erstellte Dokument „i-Tree Eco Benutzer- und Feldhandbuch“ liegt in Englischer Sprache vor. Die Phasen IIIA und IIIB wurden ins Französische und Deutsche übersetzt. Des Weiteren wurden die in den Manuals verwendeten Originalillustrationen gesucht, retuschiert und in einigen Fällen neu gezeichnet, um die Klarheit und Reproduktion zu verbessern. Diese Arbeit wurde dem i-Tree-Team zur Aufnahme in die aktualisierten Versionen der Handbücher zur Verfügung gestellt. Die Dokumente befinden sich im Anhang III. Es liegen somit eine englisch – deutsche und eine englisch – französische Fassung dieser zusammengeführten Handbücher vor. Diese Dokumente sind frei verfügbar und auch auf der Homepage www.zhaw.ch/i-tree (Kapitel 4.5.1) abgelegt.

4.1.3 Arbeitsdokumente - Der Feldleitfaden (Cheat Sheet)

Der Feldleitfaden, im Englischen und Original – Cheat Sheet-, ist ein wichtiges Werkzeug für die i-Tree Eco Felddatenerfassungskomponente. In diesem Abschnitt wird auf den Aufbau, die Struktur und die Verwendung eingegangen.

Ein gründliches Verständnis der Anforderungen von i-Tree Eco an die Felddatenerfassung ist unerlässlich, um genaue Messungen vornehmen zu können, die eine zuverlässige Datenausgabe aus dem Programm gewährleisten. Während einige der Messungen, wie Brusthöhendurchmesser (BHD) oder die Gesamthöhe des Baumes, Teil der meisten Bauminventuren sind, sind andere wichtige Messungen wie das prozentuale Absterben oder das prozentuale Fehlen der Krone relativ neu für die Baumpflegenden oder die Verantwortlichen von städtischen Bäumen und Wäldern. Die Notwendigkeit der Messgenauigkeit erstreckt sich auch auf zusätzliche Messanforderungen, wie beispielsweise die Lichtexposition der Krone. Diese Parameter sollten immer von zwei Personen aufgenommen werden. So können etwaige Differenzen diskutiert und gemittelt werden. Das von Arbor Aegis entwickelte Konzept des Feldleitfadens soll als Spickzettel genau für diese Situationen verwendet werden können. Die Teams im Feld werden durch das Dokument mit einem übersichtlichen und prägnanten Hilfsmittel unterstützt.

Für die Erstellung und die Konzeptionierung wurden umfangreiche Arbeiten durchgeführt. Es erforderte:

- umfangreiche Überarbeitungen der bestehenden Abbildungen im Manual zur Verbesserung der Übersichtlichkeit;
- Neue Zeichnungen der Abbildung des Mehrstammes zum besseren Verständnis der Position der Markscheide;
- Erstellung eines Farbcodes, um die Beziehung zwischen der Messkategorie und der erbrachten Ökosystemleistung zu verdeutlichen:
 - braun für holzbasierte Messungen = Kohlenstoffspeicherung und -bindung,
 - grün für die Blattoberfläche = Verringerung der Luftverschmutzung und vermiedener Abfluss
 - rot für Gebäude = Energieeinsparungen und Verringerung des städtischen Wärmeinseleffekts.

Das in diesem Projekt erstellte englische Originaldokument wurde in die offizielle internationale Schulungsstrategie von i-Tree aufgenommen. Für das Schweizer i-Tree Projekt wurde das Dokument zusätzlich ins Französische und Deutsche übersetzt und in die Schulung der Feldversuche bei den Partnern integriert. Als Ergebnis von Projektpräsentationen auf Konferenzen wurden sowohl die französische als auch die englische Version an mehreren internationalen Vereinigungen verteilt.

Der Feldleitfaden kann bei Bedarf weiter aktualisiert werden. Dies auf Basis von kommenden i-Tree Eco-Versionen, die die Protokolle für die Datenerfassung im Feld überarbeiten. Zusätzlich zur künftigen Unterstützung des i-Tree-Projekts werden alle diese Aktualisierungen auf der Projektwebseite (Kapitel 4.5.1) als wichtiges Hilfsmittel zur Verfügung gestellt.

4.1.4 Arbeitsdokumente - Fact Sheets

I-Tree Eco bietet Mess- und Erhebungsprotokolle für Vollinventuren (Kalkulation pro Einzelbaum) und Stichprobeninventuren (Auswahl repräsentativer Individuen und Schätzung der Grundgesamtheit mit Standarderror). Es existieren flexible Optionen zur Datenerfassung (mit mobilem Datenerfassungssystem für Smartphones/Tablets oder traditionellen Papierbögen, automatisierte Verarbeitung). Von Fachleuten und Wissenschaft geprüfte Gleichungen quantifizieren aufgrund der Eingabedaten ausgewählte Ökosystemleistungen. In Berichten und Analysen sowie weitere Analyseoptionen per Baum, Baumart oder Stratum (Ausgabe als Excel- oder PDF-Tabellen) können diese Ergebnisse abgerufen werden.

Seitens i-Tree Eco werden die Daten als technische Berichte mit Datenreihen zur Verfügung gestellt. Diese Daten sind für Spezialistinnen und Spezialisten gedacht. Die Aufbereitung und kommunikative Weiterverarbeitung dieser Ergebnisse ist dann Sache der zuständigen Fachleute. Entscheidend für diese Vulgarisierung ist die genaue Kenntnis der ökosystemaren Zusammenhänge einerseits sowie der anvisierten Zielgruppen andererseits.

Um künftige Anwenderinnen und Anwender von i-Tree Eco entsprechend zu unterstützen, wurden insgesamt fünf Faktenblätter (Anhang IV und Webseite www.zhaw.ch/i-tree) ausgearbeitet:

Einführung zu i-Tree Eco allgemein.

I-Tree Eco und Kohlenstoffspeicherung

I-Tree Eco und Reduktion Oberflächenabfluss

I-Tree Eco und PM2.5

I-Tree Eco und Wald

i-Tree Eco und Kohlenstoffspeicherung

CO₂ ist das wichtigste Treibhausgas – es macht in der Schweiz circa 80 % aller Treibhausgasemissionen aus, welche sich 2018 auf 36.98 Mio t CO₂ belief (BAFU, 2020a). Es hat eine Verweilszeit in der Atmosphäre von 100-150 Jahren (BAFU, 2020b). Die anthropogenen CO₂ Emission in der Schweiz werden hauptsächlich verursacht durch die Verbrennung fossiler Brenn- und Treibstoffe. Die grössten Emittenten sind der Verkehr (Personen, Güter), Industrie (fossile Energieträger, Abfallverbrennung, Zementherstellung) und Haushalte (Heizung, Warmwasser) (BAFU, 2020a). Die Kohlenstoffspeicherung nimmt mit dem Wachstum des Baumes zu, welche in Bezug zur Produktion der Holzbiomasse steht. Die Kohlenstoffspeicherung (Abbildung 10) über die Jahre hängt von der Baumart, dem Alter, dem Gesundheitszustand des Baumes sowie den Umwelbedingungen ab. Ein Baum, der unter Stress steht oder in schlechtem Zustand ist, speichert weniger Kohlenstoff. Es ist somit sehr wichtig, langlebige Bäume im Oberstand mit einer grossen und gesunden Krone zu erhalten.

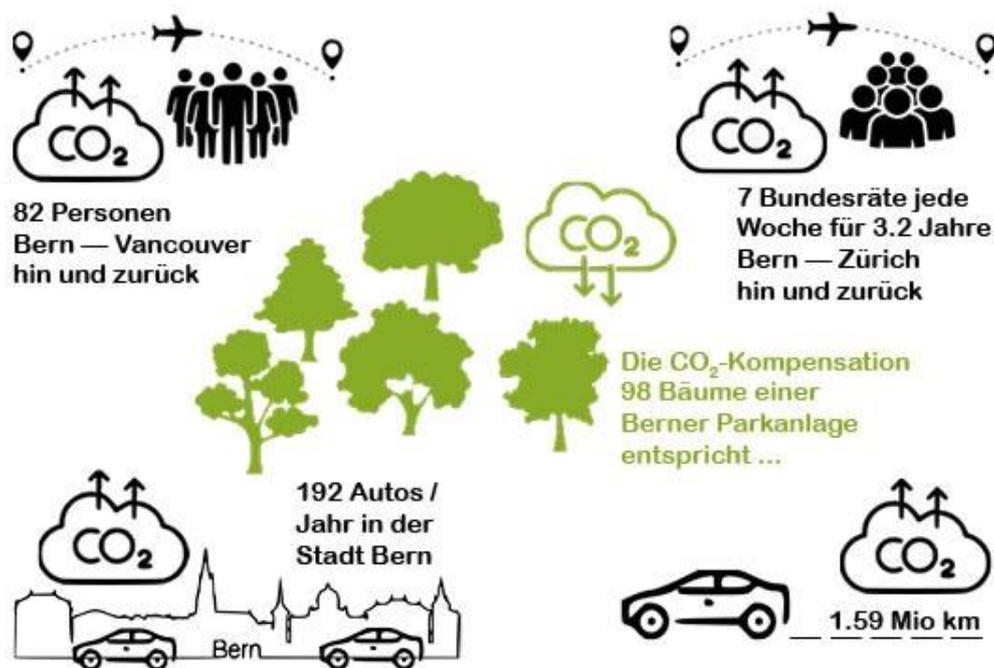


Abbildung 10: Visualisierungsbeispiel für die Kohlenstoffspeicherung durch Bäume – Fokus Stadt Bern mit den lokalen Besonderheiten „Bundesrat/Bundeshaus“ und Stadtrat und der Auswerteeinheit „Stratum Parkanlage“ (Quelle: eigene Darstellung, myclimate.org)

i-Tree Eco und Reduktion Oberflächenabfluss

Hochwasser ist das zweitgrösste Risiko von Naturkatastrophen in der Schweiz (SVV, 2006). Die Hochwasserschäden belaufen sich auf durchschnittlich 270 Mio. CHF pro Jahr (Loat & Magnollay, 2018). 50 % der Schäden werden durch Oberflächenwasser verursacht (BAFU, 2018). Oberflächenabfluss ist Regenwasser, das besonders bei Starkniederschlagsereignissen nicht versickert und über nicht versiegelte Flächen abfließt. Mit dem Klimawandel ist mit häufigeren Starkniederschlagsereignissen und somit kurzfristig mit mehr Oberflächenabfluss zu rechnen (BAFU, 2018). I-Tree bietet die quantifizierbare Ökosystemleistung der Blattoberfläche. Diese kann im Rahmen der Thematik des Oberflächenabflusses verwendet werden. Daraus ist abzuleiten, dass grosse Baumkronen erheblich zur Minderung des Oberflächenabflusses beitragen (Abbildung 11).



Abbildung 11: Visualisierungsbeispiel für die Ökosystemleistung Reduktion Oberflächenabfluss (Q_o) – Fokus Kanton Genf mit der lokalen Besonderheit „ausergewöhnliche Bäume“ und der Auswerteeinheit „Stratum Park“ sowie „Einzelbäume“ (Quelle: eigene Darstellung).

i-Tree Eco und Reduktion Feinstaub

Die Feinstaubbelastung ist eine der grössten Herausforderungen für die Schweizer Luftreinhalte-Politik. Sie wird als PM2.5 oder PM10 (Durchmesser mit $> 2.5\mu\text{m}$, resp. $10\mu\text{m}$) angegeben. Seit 2018 gilt für PM2.5 in der Schweiz ein Grenzwert von $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ für das Jahresmittel. Der zulässige Jahresmittelwert für PM10 beträgt $20\mu\text{g}/\text{m}^3$, der Grenzwert für 24h liegt bei $50\mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Grenzwerte werden in der Schweiz häufig überschritten, besonders im Winter und in verkehrsnahen Gebieten. PM2.5 und PM10 können nachweislich Atemnot, Bronchitis, Asthmaanfälle, Atemwegs- und Herzkreislauf-Erkrankungen sowie Lungenkrebs hervorrufen (BAFU, 2019; EKL, 2013).

Feinstaub entsteht bei Produktions- und Verbrennungsprozessen, mechanischen Prozessen (Abrieb, Aufwirbelung) sowie sekundär als Reaktionsprodukt in der Atmosphäre (1). Die Feinstaub-Emissionen (PM2.5, PM10) stammen etwa zu gleichen Teilen aus der Industrie, dem Verkehr und der Landwirtschaft und zu einem kleineren Teil aus den Haushalten. Holzheizungen nehmen als Emittent vor allem bei PM2.5 einen grösseren Anteil ein (BAFU, 2019; EKL, 2013). I-Tree Eco quantifiziert die PM 2.5 Werte. Auf die PM 10 Werte kann in den Berechnungen dadurch nicht eingegangen werden. Auch diese Ökosystemleistung wird direkt durch die Blattfläche eines Baumes oder die Blattflächen in den Bäumen mit grossen Kronenvolumina beeinflusst (Abbildung 12).

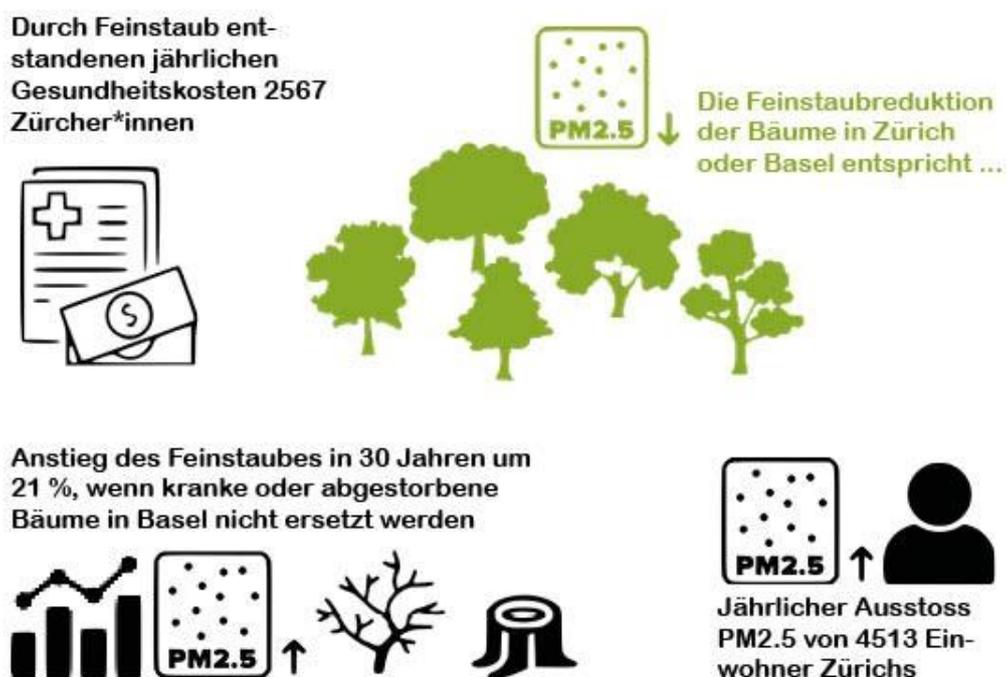


Abbildung 12: Visualisierungsbeispiel für die Ökosystemleistung Feinstaubreduktion – Fokus Gesundheitskosten und Auswerteinheit «Extrapolation für die ganze Stadt» in Zürich sowie Vorhersagemöglichkeiten für Basel (Quelle: eigene Darstellung).

i-Tree Eco und Wald

i-Tree Eco kann sowohl bei Einzelbäumen wie auch im Wald eingesetzt werden. Die Erhebungen können als Vollerhebung (Complete Inventory), Stichprobeninventur (Sample Plot) oder durch zufällig angeordnete Parzellen in einem Untersuchungsgebiet durchgeführt werden. Obwohl die Messgrößen für den Wald sowie für Einzelbäume in der Stadt identisch sind, erfolgt die Datenerhebung mit einem leicht angepassten Aufnahmedesign.

Für die Interpretation der Daten im Wald sind die nachfolgend aufgeführten Besonderheiten noch mehr zu beachten als bei den Baumbeständen bestehend aus Einzelbäumen in der Stadt und im Siedlungsgebiet. Die Situation eines Baumes im Wald unterscheidet sich grundsätzlich von der eines Einzelbaumes in der Stadt oder im Offenland. Das Wachstum eines Baumes im Wald ist geprägt durch das gesamte Bestandgefüge, die Bestandesdichte sowie intra- und interspezifischen Konkurrenzverhältnisse und Wechselwirkungen. Ein isolierter Einzelbaum in der Stadt ist vielfach der zur Verfügung gestellte Wurzelraum und das Pflegeregime massgebend für den Habitus des Baumes. So ist z.B. das Kronenvolumen pro Einzelbaum im Wald im Vergleich zu Offenlandverhältnissen (in guten Standortverhältnissen) deutlich kleiner. Aufgrund dieser Tatsache ist bei Direktvergleichen von Einzelbäumen Vorsicht geboten. Die Strukturdaten und i-Tree-Quantifizierung der Ökosystemleistungen von einzelnen Waldbäumen können beispielsweise nicht mit denen von Solitärbäumen verglichen werden. Aussagen von Einzelbäumen im Bestandinnern haben deshalb nur eine Relevanz als Teil des Gesamtsystems. Dies ist im Wald ausgeprägter als im Baumbestand der Stadt oder dem Offenland, auch wenn dies auch dort seine Gültigkeit besitzt. Vergleiche sind daher lediglich sinnvoll, wenn sie zu Einzelbäumen aus gleichen Standortverhältnissen gemacht werden (verschiedene Bäume aus demselben Stratum im Vergleich zueinander oder gleiche Baumarten auf unterschiedlichen Standorten). Somit können vergleichende Aussagen zwischen verschiedenen Bestandstypen mit unterschiedlicher Baumartenzusammensetzung, Struktur und Entwicklungsstufe interessant sein (Abbildung 13).

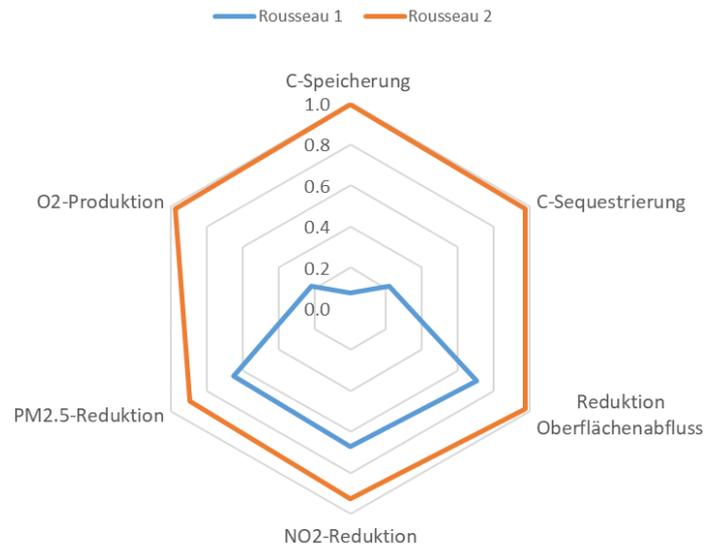


Abbildung 13: Visualisierungsbeispiel für die Ökosystemleistungen von zwei Wäldern (Quelle: eigene Darstellung); Einen grossen Einfluss auf die Quantitäten der Wald-Ökosystemleistungen haben die Baumartenzusammensetzung, Entwicklungsstufe sowie der Kronenzustand. Will man den Einfluss dieser Faktoren gezielt untersuchen, bedarf es vergleichbarer Wälder, die sich in nur einem dieser Parameter grundsätzlich unterscheiden.

4.1.5 Arbeitsdokumente – Kreative Strategien für die Nutzung von i-Tree Eco Daten in der Schweiz

Die Praxis erfordert von Fachpersonen vielfach Expertisen, zu Raumplanungsprojekten oder eine Bewertung zu Bäumen, welche beschädigt wurden oder aus anderen Risiko- bzw. Gesundheitsgründen entfernt werden müssen. Immer öfter müssen auch Strategien für die Einbindung der Öffentlichkeit entwickelt werden.

Auch für diese Fragestellungen kann i-Tree Eco als praktisches Hilfsmittel beigezogen werden. Die vielen Verwendungsmöglichkeiten der Eco-Daten sind für die Benutzer nicht ohne weiteres ersichtlich. Das Dokument soll hierbei eine Möglichkeit bieten den Brainstorming-Prozess mit einer Verbindung zum Label von Grünstadt Schweiz / Villevert Suisse und mit Beispielen für eine Reihe von verschiedenen Bewirtschaftungskategorien zu beginnen, in denen ein Potenzial besteht. Durch den kreativen Einsatz des Strata-Features und des Forecast-Tools kann die Anwendbarkeit der Daten auf viele verschiedene Situationen stark erweitert werden, Ein i-Tree Eco Projekt kann problemlos für einen einzelnen Baum bis hin zu einem ganzheitlichem Urban Forest erstellt werden. Welches Problem auch immer angesprochen werden muss, ein i-Tree Eco Projekt kann formuliert und durchgeführt werden, um die Diskussion mit wissenschaftlich dokumentierten Daten zu bereichern. (Anhang V)

4.2 Ergebnisse Felderhebung

Die Felderhebungen wurden durch die Projektpartner nach den Schulungstagen erfolgreich durchgeführt. Es konnten alle Perimeter komplett erhoben werden und die Datenerhebungsteams wie auch die Datenauswertungsteams konnten mithilfe der Schulung, der erstellten Arbeitsdokumente und mit Unterstützung der Projektkerngruppe die aufgenommenen Bäume auswerten.

Die Erfahrungen der Projektpartner sind gemäss qualitativer Umfrage positiv. Die Möglichkeiten von i-Tree Eco als Argumentationsbasis für gesunde, grossgewachsene Bäume wird hervorgehoben. So sollen i-Tree Eco Projekte zukünftig auch bei strategischen Entscheiden eine Rolle spielen und operativ für Bewertungen verwendet werden.

«i-Tree wird auch zukünftig für punktuelle Bewertungen von Projekten verwendet. Das Potential bisherige Argumente durch geeichte Vorgehen und genormte Quantifizierung besser zu belegen ist gross. Somit kann das Tool für strategische Fragestellungen und Konzepte gut eingesetzt werden»

Stadtgärtnerei Luzern (2021)

Demnach wird auch die wissenschaftliche Quantifizierung von den Anwendenden geschätzt. Die genaue Quantifizierung soll in zukünftigen Projekten und auch in Diskussionen verstärkt verwendet werden.

«Wir führen dieses und nächstes Jahr noch zusätzliche Feldaufnahmen durch. Ab 2023 ist geplant, i-Tree als Werkzeug beizubehalten und je nach Fragestellung Feldaufnahmen zu machen (z.B. bei Planung und Umgestaltung von konkreten Grünflächen). Die Stärke von i-Tree für uns ist die wissenschaftlich abgestützte Quantifizierung der Ökosystemleistung von Stadtbäumen und es hilft uns, wenn wir in Diskussionen Zahlen statt «Umschreibungen» verwenden können. Diese Zahlen sind für uns sehr wertvoll und weitere Auswertungen werden von verschiedenen Seiten gewünscht.»

Stadtgärtnerei Basel (2021)

i-Tree Eco wird als Programm weiterverwendet werden. Von Seiten der Projektpartner wird allerdings eine noch bessere Einbettung des Programms in nationale Bewertungssysteme, wie

Beispielsweise die Schadenersatz-Berechnung nach VSSG, gewünscht. Dadurch soll die Gewichtung und auch das Vertrauen in i-Tree Eco noch grösser werden. Auch der im Verhältnis ungewohnte und noch hohe Aufwand der Datenaufnahme wurde kontrovers diskutiert.

«i-Tree hat uns die Wichtigkeit eines klimaangepassten Baummanagements deutlich vor Augen geführt und uns gleichzeitig auch eine Möglichkeit dazu mit auf den Weg gegeben. Gleichzeitig kommt i-Tree in der Schweiz wohl nicht daran vorbei, sich mit der bestehenden 'Baumwertentschädigung' abzustimmen und sich so weiter Vertrauen und Verständnis für die Methode zu erarbeiten»

Baumkompetenz-Zentrum Stadtgrün Bern (2021)

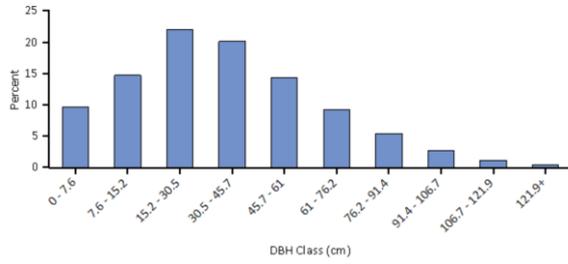
Die Erfahrungen der teilnehmenden Partner/innen und deren Rückmeldung waren die Grundlage für die Erarbeitung und Überarbeitung der erstellten Arbeitsdokumente und Hilfsmittel wie die Fact Sheets oder das Dokument zu kreativen Strategien. Die weitere Umsetzung von i-Tree Eco liegt in der Verantwortung der Gemeinden und lokalen Netzwerken. Die vorhandenen Resultate und Hilfsmittel bieten die Basis hierfür.

4.3 Ergebnisse Datenauswertungen

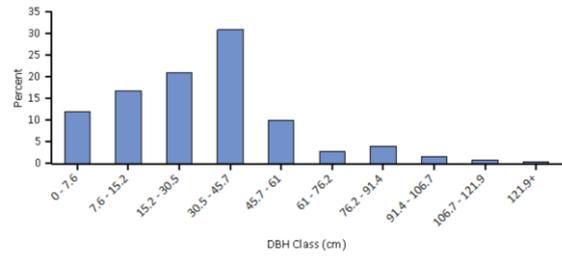
Insgesamt wurden im Rahmen dieses Projektes 1694 Bäume aufgenommen und ausgewählte Ökosystemleistungen quantifiziert. Die häufigsten Baumarten, welche vertreten waren, setzen sich aus den heimischen *Acer species*, *Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica*, *Tilia species*, *Quercus robur* und *Taxus baccata* zusammen. Diese Zusammensetzung der Arten variiert zwischen den Strata merklich. So sind im Stratum Strasse mehr fremdländische und urban-stresstolerantere Arten vertreten (Beispielsweise *Platanus x hybrida*), während in den Strata Park und Wald mehr heimische Bäume vertreten sind.

Die Verteilung der Brusthöhendurchmesser der aufgenommenen Bäume (Abbildung 14) zeigt, dass bei den erhobenen Bäumen die unteren bis mittleren BHD-Klassen sehr stark vertreten sind, während die Bäume mit grösserem BHD (und entsprechend grösserem Kronenvolumen) weniger häufiger vorkommen.

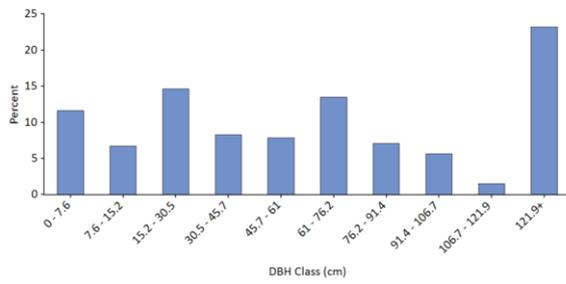
Basel



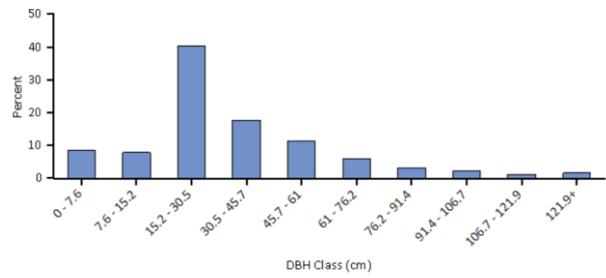
Bern



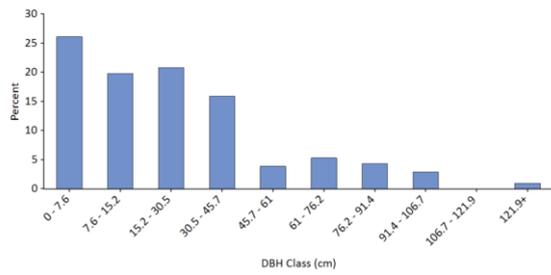
Genf und Meyrin



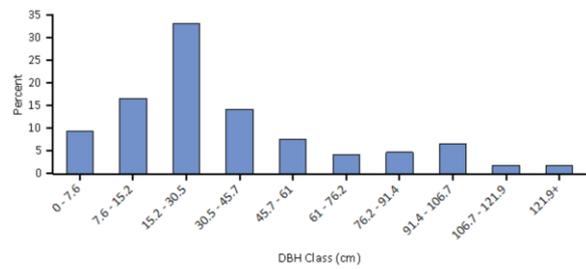
Luzern



Schaffhausen



Uster



Zürich

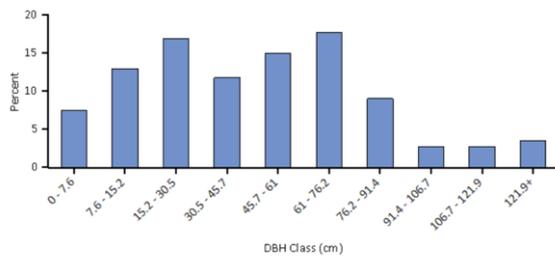


Abbildung 14: Die Verteilungen der Brusthöhendurchmesser BHD der aufgenommenen Bäume in den Projektperimetern der Partnerstädte.

Die untersuchten Ökosystemleistungen der erhobenen Bäume sind in ihrer Gesamtheit in

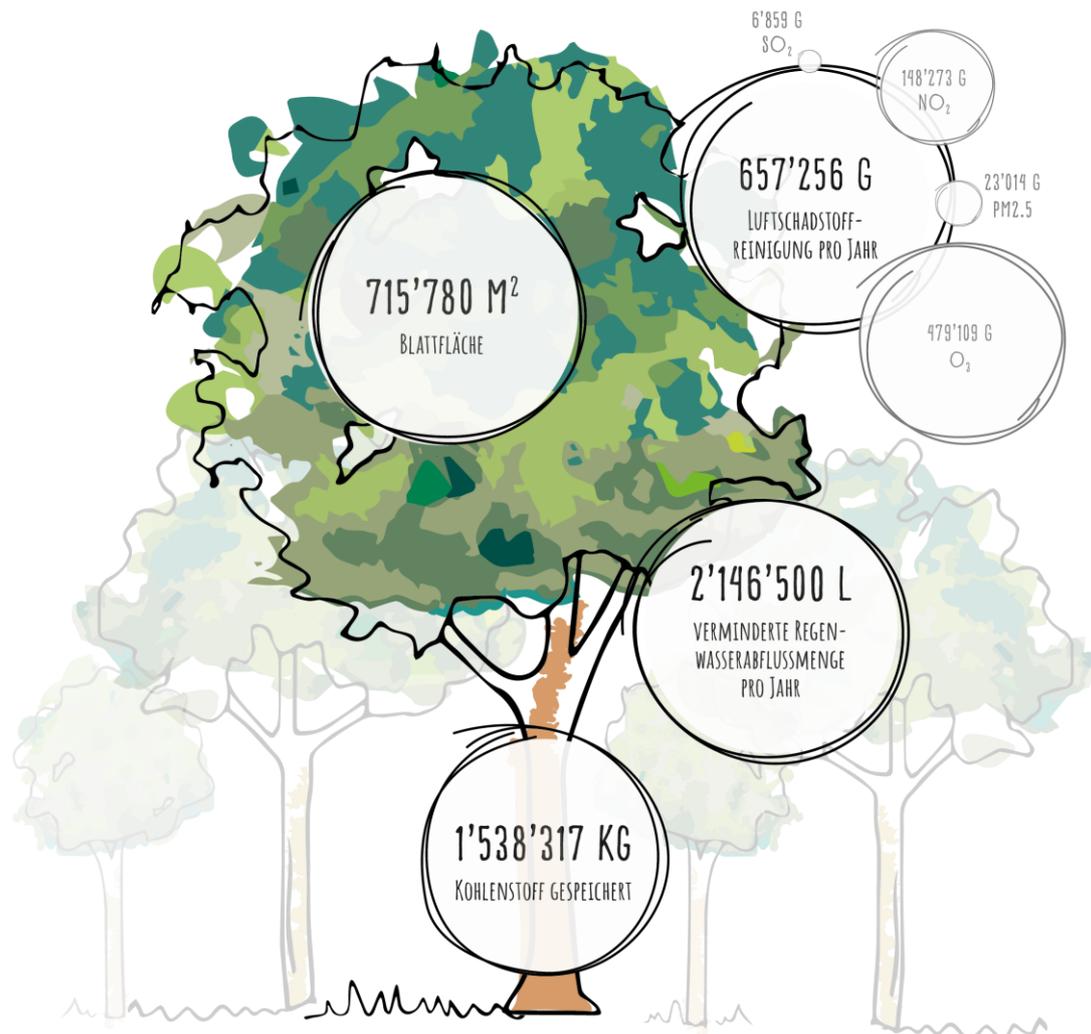


Abbildung 15 ersichtlich. Die insgesamt 1'694 Bäume weisen eine Gesamtblattfläche von 715'780m² auf. Mit dieser Blattfläche wurden 657.2 Kilogramm Feinstaub aus der Luft gefiltert oder 2'146'500 Liter Niederschlagswasser zurückgehalten. In der Biomasse der erhobenen Bäume sind rund 1'538 Tonnen Kohlenstoff gespeichert.

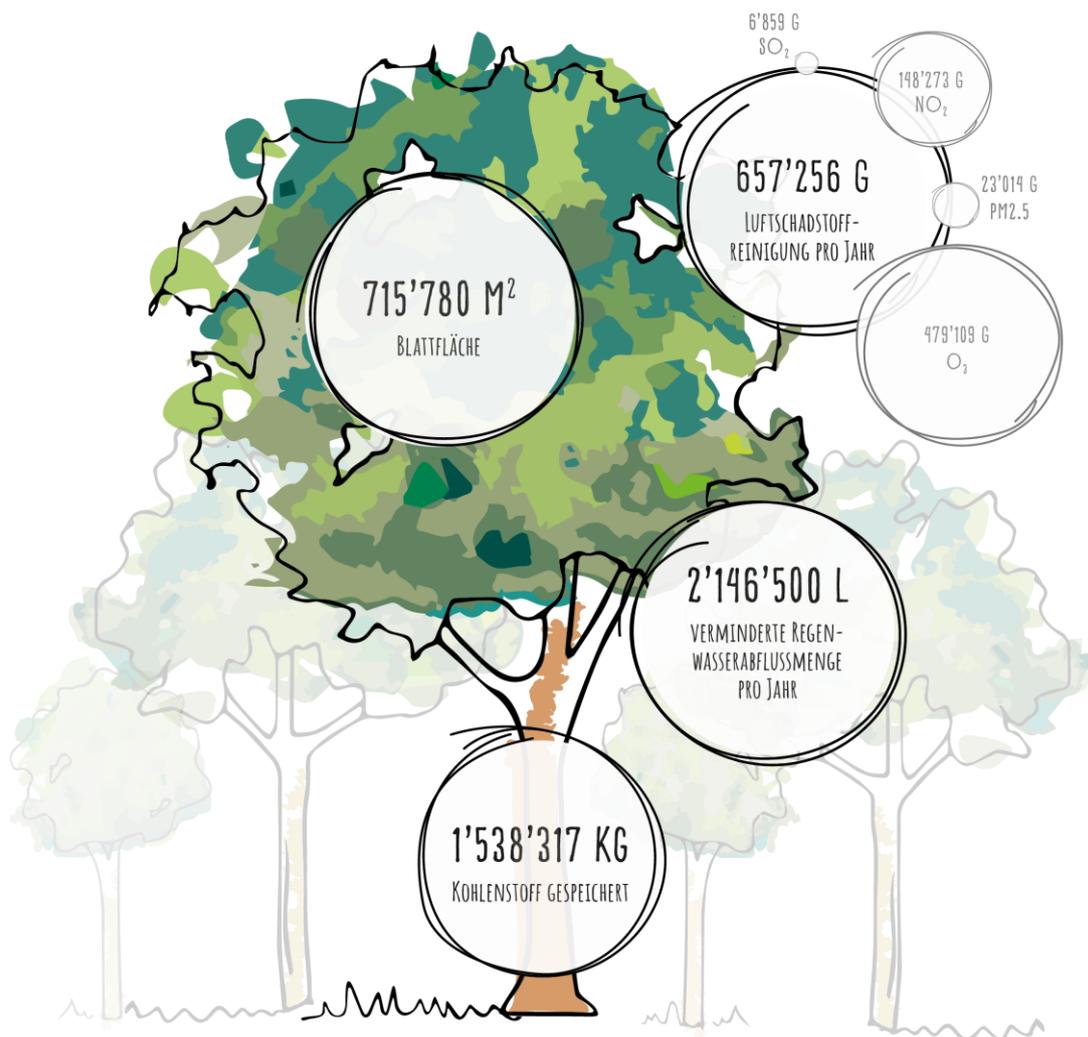


Abbildung 15: Die gesamten Ökosystemleistungen aller Bäume in den erfassten Gebieten grafisch dargestellt.

Die nachfolgende Tabelle 2 gibt einen Überblick über die erhobenen Bäume in allen Städten und ihre untersuchten Ökosystemleistungen unterteilt nach den drei ausgeschiedenen Strata 'Strasse', 'Park' und 'Wald'. Die Strata unterschieden sich sehr stark bezüglich ihrer Standortbedingungen (z.B. Lokalität, Mikroklima) sowie der Anzahl Bäume und ihrer Charakteristik (BHD-Verteilung, Baumartenzusammensetzung, Gesundheitszustand), was einen Vergleich nicht möglich macht. Es soll hier lediglich ein Eindruck über die Höhe und Diversität der erbrachten Ökosystemleistungen vermittelt werden.

Tabelle 2: Übersicht über ausgewählte Ökosystemleistungen pro Stratum aller Partnerstädte

Stratum	Anzahl Bäume	Blattfläche [m ²]		C-Speicherung [kg]		C-Sequestrierung [kg]		Reduktion Oberflächenabfluss [m ³ /y]	
		Total	Pro Baum	Total	Pro Baum	Total	Pro Baum	Total	Pro Baum
Strasse	505	135'900	269	489'800	970	10'200	20.2	506'240	1002.5
Park	823	417'950	507.8	727'660	884	14'470	17.6	1'290'400	1567.9
Wald	366	161'830	442.1	320'790	876.5	5140	14	327'610	895.1

Grundsätzlich gilt es zu beachten, dass sich die Baum- und Kronenarchitektur in Abhängigkeit der vorherrschenden Licht- und Konkurrenzbedingungen stark unterscheidet. Sie basiert zudem auf artspezifischen Verzweigungsmustern sowie Wachstums- und Anpassungsstrategien in Bezug auf seine dynamische Umwelt. Bäume passen ihre dynamische Architektur an die vorherrschenden Umweltbedingungen und räumlichen Beziehungen an, die den Zugang zu Licht, Wasser, den verfügbaren Kronen- und Wurzelraum oder die Schwerkraftanforderungen an die Struktur steuern (Zürcher N., 2021).

In welchem Umfang, resp. in welcher Höhe die hier untersuchten ökophysiologischen Ökosystemleistungen pro Baum tatsächlich erbracht werden können, ist neben den Standorts- und Wuchsbedingungen stark abhängig von der Vitalität und Grösse eines Baumes. Erst mit einem grösseren Kronenvolumen und der damit verbundenen grösseren Blattfläche sind die Bäume in der Lage ihr Potential in der Erbringung der untersuchten Ökosystemleistungen auszuschöpfen und in hohen Quantitäten zu erbringen. Dies lässt sich im Vergleich von Einzelbäumen sehr gut darstellen. Hierzu müssen Baumart, Vitalität, Standort und Wuchsbedingungen vergleichbar sein und die Bäume unterschiedliche Grössen aufweisen (Abbildung 16). Oder es kann medien- oder publikumswirksam aufbereitet werden, zum Beispiel um einen Baum als besonders oder schützenswert zu präsentieren (Abbildung 17).

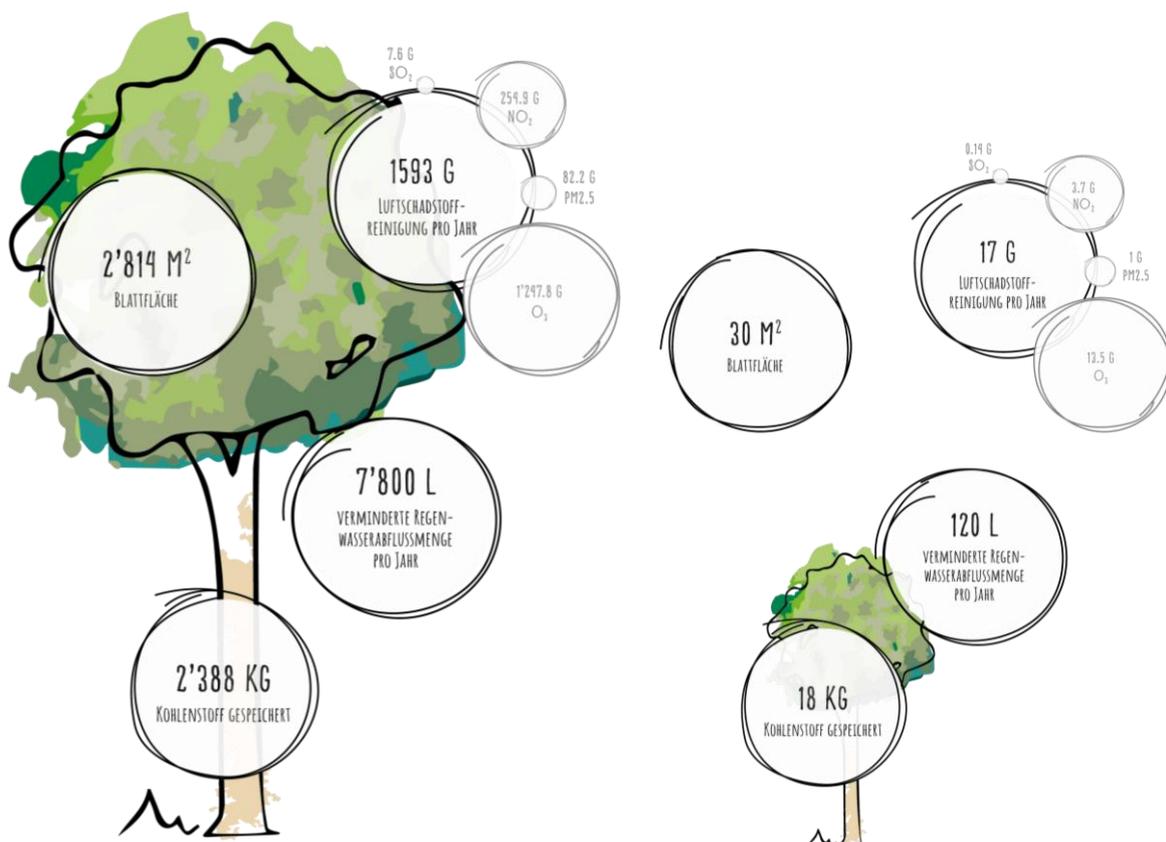


Abbildung 16: Vergleich zweier Rosskastanien (*Aesculus hippocastanum*) im Stratum Park in Luzern mit unterschiedlicher Grösse (11.5m zu 20m und BHD 25cm zu 68cm) und vergleichbarer Vitalität.

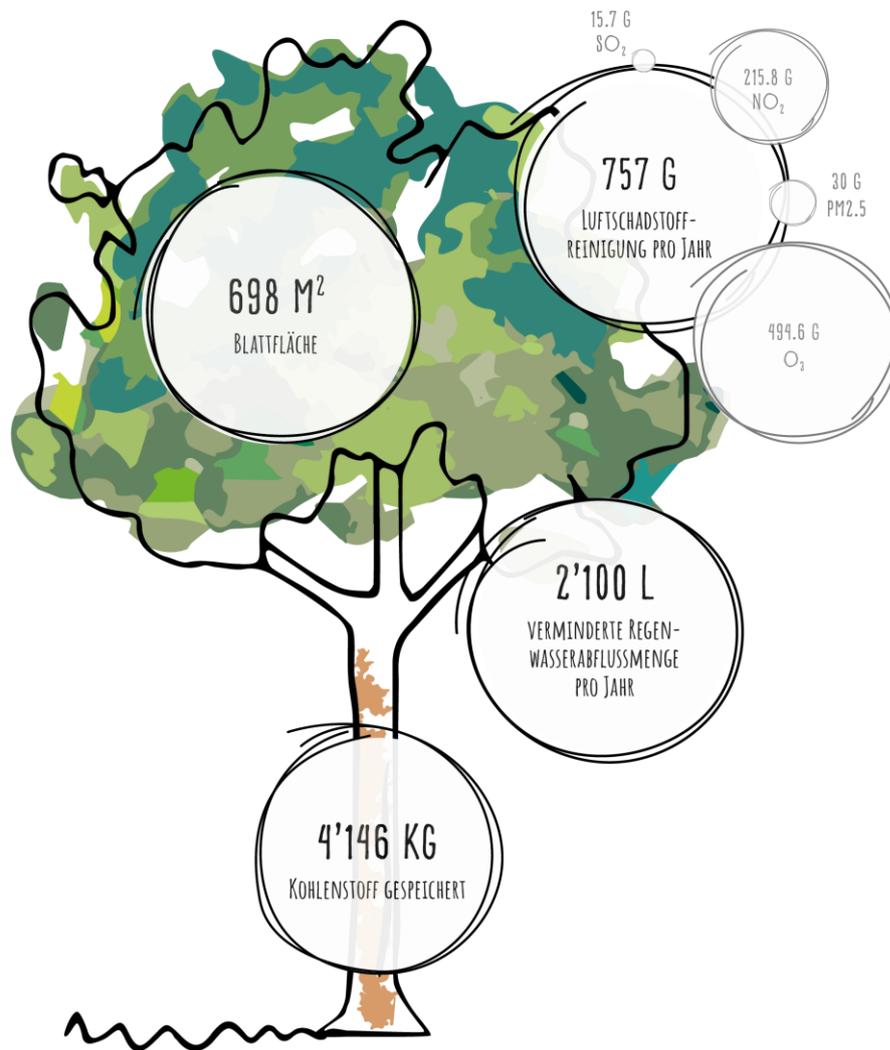


Abbildung 17: *Acer pseudoplatanus* im Stratum Park in Bern

Je genauer und differenzierter die Analyse desto besser lassen sich die Erkenntnisse und Schlussfolgerungen, in die notwendige Planung und Umsetzung von adäquaten Massnahmen einbauen (Kapitel 5).

Nachfolgend werden einige Produkte und Projekte der Projektpartner vorgestellt, welche sie im Rahmen dieses Projekts und mit den vorhandenen Daten erstellt haben.

4.4 Produkte Projektpartner

Im Rahmen der Auswertungen der erarbeiteten i-Tree Daten wurden die teilnehmenden Partnerstädte und Kantone gebeten, Projektvorhaben oder Produktideen zu entwickeln, welche sie nach dem Projekt umsetzen werden. Es wurden ein bis zwei Projekte pro Stadt definiert, welche sich nun in der Planung befinden und einige bereits in der Umsetzung sind. Die Projektvorhaben wie auch die Zwischenergebnisse werden nachfolgend vorgestellt und sollen interessierten Gemeinden auch als Inspirationsquelle für eigene Projekte dienen.

Basel

Die Projekte in Basel sind konsistent aufeinander aufgebaut und bilden 3 Bereiche:

Projekt Basic

Basic beinhaltet 3 aussagekräftige allgemein verständliche Infografiken über die Ökosystemleistungen von Basler Stadtbäumen (Abbildung 18, 19 und 20).

Projekt Poster+

Erweiterete Infografiken mit Poster-Kampagne im urbanen, öffentlichen Raum (Offline). Sowie online via Social Media (Videos, GIF's) etc.

Projekt Pop-Up

Infografiken inkl. interaktiver Vermittlung der Ökosystemleistungen an Ort und Stelle im Innen und Aussenraum. In einem definierten Ausstellungszeitraum. Mögliche Einbindung von lokalen Interessensgruppen.

Würde man alle Blätter dieser 36 Meter hohen Schwarznuß auslegen, entstünde eine Fläche von 3'900 Quadratmetern. Das entspricht dem Schatten von rund 1'000 Strandsonnenschirmen.

Dank Ihres dichten Blätterdachs rinnt Regen verlangsamt in den Boden, anstatt schnell in die Kanalisation abzufließen. Der Boden am Fusse des Baumes filtert zusammen mit den Baumwurzeln das Regenwasser, bevor es ins Grundwasser gelangt. Die Schwarznuß fängt jährlich 37'000 Liter Regenwasser auf. Das entspricht rund 250 Badewannen.

250

10000

Blattwunder

Die Baumkrone dieser 127 Jahre alten Schwarznuß vollbringt Erstaunliches! Wir Stadtmenschen profitieren täglich davon.

In seinen Blättern betreibt der Baum Fotosynthese: Es entsteht für uns lebenswichtiger Sauerstoff, während das klimaschädliche Gas Kohlenstoffdioxid (CO₂) verarbeitet wird. Die Schwarznuß hat in Ihrem bisherigen Leben 2,7 Tonnen CO₂ gespeichert und damit der Atmosphäre entzogen. Diese Menge wird jährlich von drei Autos ausgestossen.

Diese Schwarznuß (*Juglans nigra*) lebt seit dem Jahr 1904 im Rosenfeldpark. Ihre Ökosystemleistungen wurden von der Stadtgärtnerei Basel im Rahmen des Programms «Tree | Städtische Blüme und Wilder klimaadaptiv managen» quantifiziert. Im Zuge dessen werden zwischen 2020 und 2022 insgesamt 750 der rund 28'500 Stadtbäume auf öffentlichem Grund (gesamtheit gibt es 85'000) in Basel-Stadt auf ihre positive Klimawirkung analysiert.

Mehr Informationen:
www.stadtgaertnerin.bs.ch/tree

Abbildung 18: Das Poster „Blattwunder“ zeigt auf wie viel Wasser eine *Juglans nigra* zurückhält und was sie mit ihrer Fotosynthese leistet.



Abbildung 19: Das Poster «Wellness» zeigt die Ökosystemleistungen aller Bäume im Rosenfeldpark.

Bäume können im Sommer die Tagestemperatur von städtischen Plätzen über 7 °C abkühlen. Der wichtigste Effekt liegt neben dem Schattenwurf an der Verdunstung von Wasser über die Blätter. Die 258 Grossbasler Bäume verdunsten jährlich 1 Million Liter Wasser. 7 °C beträgt in etwa der Unterschied der Jahresdurchschnittstemperatur zwischen Stockholm und Istanbul.

7

Stadthelfer

Bäume machen unsere Stadt zu einem klimattillen Ort. Die 258 Bäume rund um die St. Jakob-Strasse tragen massgeblich dazu bei.

120

Während der Photosynthese nehmen die Bäume über ihre Blätter das klimaschädliche Gas CO₂ auf. Die 258 Bäume haben im Verlauf ihres bisherigen Lebens rund 154 Tonnen davon in ihren hölzernen Strukturen gespeichert. Diese Menge an CO₂ wird jährlich von 120 Autos ausgestossen.

77

Bäume filtern unsere Stadtluft. So entfiemen die 258 Bäume um die rege befahrene St. Jakob-Strasse mit ihren Blättern jährlich insgesamt 77 Kilogramm Luftverschmutzung, darunter Staubpartikel (PM 2,5) und gasförmige Schadstoffe wie Ozon (O₃), Stickstoffdioxid (NO₂) und Schwefeldioxid (SO₂).

Die Ökosystemleistungen der 258 Bäume rund um die St. Jakob-Strasse wurden von der Stadtgärtnerei Basel im Rahmen des Programms «iTree | Städtische Bäume und Wälder klimaadaptiv managen» quantifiziert. Im Zuge dessen werden zwischen 2020 und 2022 insgesamt 750 der rund 26'600 Stadtbäume auf öffentlichem Grund (gesamtheitl. gibt es 86'000) in Basel-Stadt auf ihre positive Klimawirkung analysiert.

Mehr Informationen:
www.stadtgaertnerel.bs.ch/tree

Abbildung 20: Das Poster „Stadthelfer“ zeigt auf was die 259 Bäume um die St. Jakob Strasse leisten. So haben die Bäume CO₂ gebunden welche jährlich von rund 120 Autos ausgestossen werden.

Bern

1. Projekt

Wiederaufnahme der Baumlehrpfade. Die Baumlehrpfade sind ein gutes Mittel, um die Stadtbevölkerung auf die Bäume in der Stadt Bern aufmerksam zu machen. Die Lehrpfade sind etwas in die Jahre gekommen. Mit den erhobenen i-Tree Eco Daten sollen die Lehrpfade neu beschildert und als zusätzliche Information zugänglich gemacht werden.

2. Projekt

Bei einer Fällung von Grossbäumen aufgrund eines Bauprojekts, sollen die Kosten für die ausbleibenden Ökosystemleistungen bis zur adäquaten Erreichung eines Baums mit denselben Ökosystemleistungen errechnet werden können und durch den Bauherrn kompensiert werden. Dies bedingt eine Anpassung bestehender Richtlinien. Dieses Bedürfnis wurde in Kapitel 5 in dem Dokument «kreative Strategien» aufgenommen (Anhang V)

Genève

1. Projekt

Als Aufhänger sollen die prächtigen Bäume des Schlosses von Penthe dienen. Darin sollen in einem ersten Schritt gemeinsam mit der Gemeinde Meyrin und Nature en Ville Informationen zu Baumdiagrammen erstellt werden. Die Ökosystemleistungen sollen darin aufgezeigt werden. Des Weiteren soll in einem nächsten Schritt analog zu Meyrin eine Story Map erstellt werden, um die Ökosystemdienstleistungen der dortigen Bäume im Allgemeinen bekannt zu machen.

Zu diesem Zweck werden Informationsgrafiken erstellt, die alle Bereiche der Ökosystemdienstleistungen abdecken. Dies beinhaltet die Bereitstellung, Regulierung, und Unterstützung von Ökosystemleistungen.

Luzern

1. Projekt

Die Luzerner Quartiere wählen ihren Lieblingsquartierbaum aus, der von der Stadtgärtnerei Luzern einer i-Tree Eco-Bewertung unterzogen wird. Die daraus resultierenden Daten werden in einen «Tree-Tag», also ein Baumetikett, für jeden dieser Bäume integriert, um die Bevölkerung der Stadt für die Dienstleistungen der Stadtgärtnerei Luzern und der Stadtbäume zu sensibilisieren. Dies soll Tree Tags an Bäumen quer über das gesamte Stadtgebiet in verschiedenen Quartieren verteilt zur Folge haben. Luzern hat bereits ähnliche Kommunikationsmassnahmen durchgeführt und will daran anknüpfen.

2. Projekt

Sanierung einer alten historischen Linde. Im Rahmen einer begleitenden Öffentlichkeitsarbeit wurde eine historische Linde saniert. Die Massnahmen, wie auch die Geschichte der Linde und was zu dieser Sanierung geführt hat, wurden vor der Umsetzung in einer Medienmitteilung angekündigt und vor Ort in Form von Plänen, Plakaten mit i-Tree Daten kommuniziert. Nach der Sanierung des Baumstandorts werden die i-Tree Eco Daten mit dem Baum jedes Jahr neu erhoben und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. So kann die Bevölkerung die Entwicklung des Baums und dessen Gesundheitsverbesserung live mitverfolgen.

Meyrin

1. Projekt

Das Meyrin Projekt ist strategisch und langfristig geplant. Es soll eine Pflanzung von 250 Bäumen pro Jahr für 10 Jahre stattfinden, die die errechneten Ökosystemleistungen je nach Standort in unterschiedlichem Maße erbringen. Zusätzlich sollen die Kronenpotentiale bestehender Bäume erhöht werden in dem die Standortbedingungen der Bäume aktiv verbessert werden. Eine gemeinsame Kommunikation mit dem Kantonalen Amt für Landwirtschaft und Natur (OCAN) soll entwickelt werden, welche über eine Karte und eine grafische Charta den Datenaustausch und Wissensaustausch fördert.

Schaffhausen

1. Projekt

Als Ausstellungsobjekt soll ein 1 m³ Holzwürfel zur Visualisierung aufgestellt werden. Dieser soll zeigen wie schnell diese Menge an Holz im städtischen Wald / resp. auf einer definierten Fläche zuwächst. Dieser Holzwürfel kann mit für den Wald relevanten Aussagen versehen z.B.:

- Dass CO₂ in Holz langfristig nur gespeichert wird resp. andere Energieträger substituiert, wenn es auch genutzt wird.
- Vergleich der zwei aufgenommenen Flächen (Stangenholz und Baumholz).

Das Ziel dieses Produkts soll sein so viele allgemeine Informationen wie möglich zu Bäumen und dem Wald aufzuzeigen

2. Projekt

Für einen Baum wird nach der i-Tree Eco Auswertung ein Infoblatt angefertigt. Dieses soll über die Leistungen Informieren und dazu Vergleiche machen.

Ziel soll es sein, Passanten oder Parkbesucher auf die Leistungen von Bäumen aufmerksam zu machen.

Weitere Ideen seitens Schaffhausen:

- Spielkartenquartett: Pro Karte jeweils ein Bild eines Waldbestandes oder eines Einzelbaumes mit den dazugehörigen Kennzahlen (Bestandeshöhe, Alter, Ökosystemleistungen aus i-Tree Eco, usw.).
- Ein Bericht zur Auslese / Abfrage im Excel. Zum Vergleichen von Einzelbäumen, Straten oder Spezies. (Druckvorlage)
- Konzept für Neuaufnahmen und Darstellung bei Projekten / Bauprojekten zur, Argumentation für die bestehenden Bäume oder Neupflanzungen mit Hilfe von i-Tree Eco.
- Co₂ Äquivalent bei einer möglichen Abholzung mit anderen Treibhausgas-Produzenten vergleichen

Uster

1. Projekt

Uster möchte eine QR Kampagne im Rahmen eines Biodiversitätskonzeptes starten. Dabei werden 20- 30 Bäume (jung, alt, Einheimisch, Exoten) an prominenten Stellen mit einem QR-Code versehen. Nebst den Daten aus i-Tree Eco würden noch «Öko-Infos» hinzukommen. Es handelt sich hierbei um eine klassische Sensibilisierungskampagne mit der Zielgruppe: Passanten mit einem Smartphone, ohne spezielle Interessen an Bäumen. Die Aktion kann zusätzlich in den Medien gut aufbereitet werden.

2. Projekt

Integration von i-Tree Eco Daten in das zukünftige Baumkataster. Uster besitzt noch kein eigenes Baumkataster. Mit der Etablierung des Katasters sollen auch i-Tree Eco Daten und die Ökosystemleistungen der Ustener Stadtbäume eingepflegt werden können. Zielgruppe(n): interessierte Bevölkerung sowie die Stadtverwaltung (Argumentarium für Strassen- und Stadtplanung, Baumschutz/ Baubewilligungen).

Zürich

1. Projekt

Im Rahmen der Baumausstellung in Zürich wurden diverse Bäume mittels i-Tree Eco aufgenommen und deren Ökosystemleistungen quantifiziert. Die mit den Daten erstellte Grafik wurde der breiten interessierten Bevölkerung vorgestellt und über ein Jahr in der Ausstellung in der Stadtgärtnerei präsentiert. Mit der Grafik versucht die Grün Stadt Zürich darzulegen wie wichtig grossen Baumkronen sind und wie gross die Unterschiede von verschiedenen grossen Bäumen sein können (Abbildung 21).

2. Projekt

Anhand eines Versuchsplots, ähnlich dem Projektperimeter in diesem Projekt aber mit einer repräsentativen Baumdurchmischung sollen die Leistungen der Zürcher Stadtbäume hochgerechnet werden können.

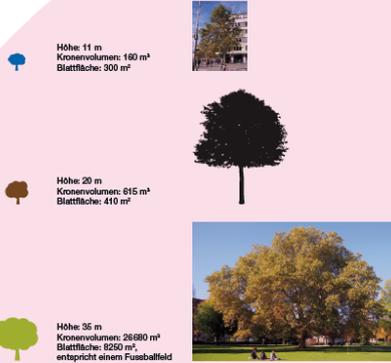
Was Bäume bewirken

Bäume bewirken viel, mehr als auf den ersten Blick ersichtlich. Sie verdunsten Wasser, spenden Schatten und kühlen damit die Umgebung, sie filtern Luftschadstoffe, speichern Kohlenstoff und produzieren Sauerstoff. Diese verschiedenen Effekte werden auch «Ökosystemleistungen» genannt. Wir Menschen profitieren enorm davon.

Am Beispiel von 3 Zürcher Stadtbäumen:

-  Gewöhnliche Platane, Stadelhoferplatz, Pflanzjahr 2015
-  Ein Durchschnittsbaum der Stadt Zürich
-  Gewöhnliche Platane, Bäckeranlage, Pflanzjahr 1901

Kronenvolumen und Blattfläche



Unterschiedliche Baumarten gleicher Grösse haben oft eine unterschiedliche Blattfläche.

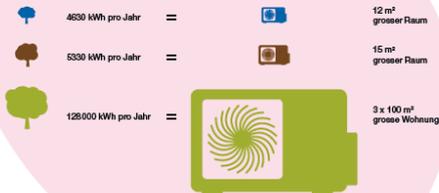
Verdunstung



Quelle: Baumwelt 2011

Kühlwirkung

Bei der Verdunstung von Wasser wird der Umgebungsluft Energie in Form von Wärme entzogen. Es wird kühler.



Quelle: Baumwelt 2011

Wie wurden diese Daten ermittelt?

Für die Berechnung dieser Daten wurde ein spezielles Computerprogramm mit dem Namen i-Tree verwendet. Für die Modellierung werden für jeden Baum die Baumart, die Grösse, die Stammhöhe, der Durchmesser der Krone und die Bodenbeschaffenheit aufgenommen und ins Programm eingegeben. Ebenfalls fliessen die jährliche Niederschlagsmengen und die Schadstoffmessungen von Zürich mit ein. Daraus berechnet das Programm die Ökosystemleistungen des betreffenden Baumes. Es wird auch für jeden Baum ein Wert in Franken errechnet.

In acht Schweizer Städten werden dafür im Rahmen eines Projekts des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) Untersuchungen durchgeführt. In Zusammenarbeit mit der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) wurden in Zürich bereits 250 Bäume vermessen und ihre Leistungen berechnet.

Möchten Sie mehr erfahren? QR-Code

CO₂-Aufnahme

Der Baum benötigt Kohlenstoffdioxid (CO₂) für die Photosynthese. Das CO₂ nimmt er aus der Luft. Der Kohlenstoff (C) wird im Holz gespeichert. 3.6 Kilogramm aufgenommenes CO₂ entspricht einem Kilogramm gespeichertem C.



Im Alter wächst der Baum langsamer, deshalb ist die Kohlenstoffaufnahme bei der grossen Gewöhnlichen Platane geringer.

Schadstofffilter

Die Schadstoffe lagern sich auf der Blattoberfläche der Bäume ab. Dadurch werden sie der Luft entzogen. Durchschnittlich sind ein Viertel der absorbierten Schadstoffe Stickstoffoxide (NO_x).



Quelle: Baumwelt 2011

Abbildung 21: Poster der in der Zürcher Baumausstellung präsentierten i-Tree Daten und deren Umrechnung (Grün Stadt Zürich 2021)

4.5 Ergebnisse Urban Forestry Switzerland

Wie in Kapitel 3 aufgezeigt ist das Handlungsfeld Urban Forestry in der Schweiz noch jung und die damit verbundene Profession Urban Forester noch nicht angekommen. Ein einheitliches Verständnis und eine grundsätzliche Terminologie sind noch nicht etabliert. Wie erwähnt birgt die Kombination der politischen Ebenen und Zuständigkeiten sowie der eigenständigen Disziplinen des Wald- und des Stadtbaum-Managements ein sehr grosses Potential. Dieses gilt es abzuholen und optimal einzusetzen. Um dies zu ermöglichen ist die Sichtbarkeit, der interdisziplinäre Austausch und vor allem auch eine einfache Informationsbeschaffung unumgänglich.

4.5.1 Die Urban Forestry und i-Tree Homepage

Um die komplexen Informationen rund um das Handlungsfeld Urban Forestry einfach zugänglich zu machen und einen Überblick zu gewähren, wurde im Rahmen dieses Projekts eine Homepage erstellt. Der Anspruch dieser Homepage ist die Sichtbarkeit und die schnelle Informationsbeschaffung von und über Urban Forestry Themen, sowie die Bereitstellung der relevanten Informationen für die Durchführung eines i-Tree Eco Projekts. Die angesprochene Urban Forestry Management Toolbox ist ebenfalls auf dieser Homepage abrufbar. Die Webseite kann auf der Adresse www.zhaw.ch/urban-forestry abgerufen werden.

4.5.2 Urban Forestry Management Toolbox

Die Urban Forestry Management Toolbox soll Fachpersonen, Gemeinden und auch interessierten Privatpersonen als Instrument dienen, um sich in die Thematik Urban Forestry einzuarbeiten oder auch Informationen und Inspirationen zu beziehen. Der Leitsatz, unter dem diese UF Management Toolbox entwickelt wurde, ist in der Sprache formuliert in der Urban Forestry global am meisten stattfindet:

«Grow a tree, enable an ecosystem, sustain a society»

Für ein funktionierendes und nachhaltiges urbanes Ökosystem braucht es gesunde, grossgewachsene Bäume. Um die UF-Planung und Management, welche dies generieren soll, sicherzustellen ist die UF Management Toolbox in 6 Kategorien (A-F) unterteilt. Jede Kategorie steht für eine wichtige Phase eines UF-Management Plans.

Die Kategorien werden in diesem Bericht kurz erläutert. Die Best Practice Beispiele und die Kategorie spezifischen Unterlagen sind auf der Projekt-Webseite: www.zhaw.ch/urban-forestry abrufbar.

Die nachfolgenden Überlegungen gelten im Grundsatz für den gesamten Urban Forest. Die spezifischen Ausführungen beziehen sich primär auf die Stadtbäume (ohne Wald im Sinne des Waldgesetzes).

(A) Bauminventur und Nutzenbewertung:

Um den eigenen Urban Forest zu bewirtschaften, braucht es die genaue Kenntnis des vorhandenen Baumbestands, der Entwicklung und des allgemeinen Zustands der Bäume, ebenso wie die Kenntnis der Anforderungen und bestehenden Nutzungen (z.B des Waldes). Daraus können angepasste Management Modelle und die strategische, wie auch operative Entwicklung des Urban Forests abgeleitet werden. Dafür sind genaue und aktuelle baum- und bodenbezogenen Daten unumgänglich. Die Grundlage dafür bildet beispielsweise ein gutes GPS-/GIS-gestütztes vollständiges Bauminventar in Verbindung mit einer Bewertung der Ökosystemleistungen.

(B) Planung und Gestaltung:

Hier wird die Frage der strategischen Ausrichtung, der Entwicklung der vorhandenen Bäume respektive der Waldbestände und deren Ergänzung gestellt. Bezogen auf die Stadtbäume bedeutet dies: **Wo** soll ein Baum gepflanzt werden und **warum** pflanzt man ihn? **Wie** wird der zukünftige Baum-Standort bewertet und **wie** soll dieser Standort vorbereitet werden, um dem Baum die besten Wachstumsbedingungen zu bieten? **Welche** standortspezifischen Anforderungen müssen die in Frage kommenden Baumarten erfüllen? Werden die Bevölkerung und die öffentliche Hand der Gemeinden und Quartiere miteinbezogen? Um die Lebensbedingungen städtischer Bäume nachhaltig zu verbessern, müssen die die Planungsfragen bereits mit dieser Thematik befassen. Die Planung der strukturellen und funktionalen Anforderungen an den Baum muss prioritär behandelt werden. Zusätzlich müssen wie erwähnt auch die Standortvorbereitung und die zukünftige Pflege und den Erhalt des Baumbestands berücksichtigt werden. Dabei ist ein Schwerpunkt auf die Verringerung von

undurchlässigen Flächen und versiegelten Böden und der Verbesserung des lebenden Bodenorganismus zu legen. Dadurch kann die mikrobielle Bodenaktivität und ein Mykorrhizanetz unterstützt werden. Die Vorbereitung des Standorts muss sich dabei an den Kriterien des Waldökosystems orientieren (Zürcher N., 2021). Nur so können Bäume ökonomisch, ökologisch und mit sozialer Wirkung aufgebaut werden.

(C) Baumauswahl, Pflanzung und Etablierung:

Welche Baumarten kommen an welchen Standorten zum Einsatz? Wie funktioniert die Auswahl und welche Diskussionen und Parameter müssen dabei beachtet werden? Die Auswahlprozesse wie auch die Pflanzung des Baumes können die Wachstumsfähigkeit der Bäume massgeblich beeinflussen. Die Auswahl der Bäume muss auf Grundlage der Best Management Practices (BMP) erfolgen. Diese berücksichtigen die baumartenspezifischen Bedürfnisse wie auch den Einbezug der Bedürfnisse der Bevölkerung (Gesundheit oder Kultur). Weiter braucht es Verfahrensspezifikationen für die Pflanzung und Anpflanzung auf der Grundlage der geltenden BMP. Diese sollten institutionalisiert und kommuniziert werden.

(D) Nach der Pflanzung: Pflege, Wartung und Schutz / Erhaltung:

Der Pflegeintervall und insbesondere die Jungbaumpflege ist für einen städtischen Baum die Grundlage eines gesunden Wachstums und Alters. Ein klares Pflegeregime ist unumgänglich. Darin sollte der Zeitpunkt der Pflege, die Intervalle und auch die Gründe für Pflegemassnahmen festgelegt werden. Dabei sollten die Phänologie und der Gesundheitszustand der Bäume die Grundlage für die Planung aller Nachsorge- und Pflegemaßnahmen bilden. Eine gründliche Kenntnis der Baumstruktur, -funktion und -prozesse muss die Grundlage für Maßnahmen wie den Baumschnitt bilden. Das beinhaltet klare Regelungen zu Schnittmassnahmen, Risikobewertungen und auch den Schutz oder die Entfernung von Bäumen. Der Schutz des Baumbestandes und den damit verbundenen Ökosystemleistungen kann ebenfalls kommuniziert werden.

(E) Raumentwicklung:

Wie können wir unsere Raumentwicklungsprojekte so planen, dass wir MIT Bäumen bauen können (Zürcher, N. 2021) und die daraus resultierenden Auswirkungen und (irreparablen) Schäden an grosskronigen Bäumen reduzieren? Welche Instrumente können wir einsetzen, um Bäume und ihre Landschaften bei allen Aspekten von Raumentwicklungsprojekten zu

schützen, zu erhalten und zu bewahren - von Straßenbauarbeiten und der Installation/Reparatur von Gehwegen bis hin zu großen öffentlichen Infrastrukturprojekten? Es sollen die Ansätze der Raumentwicklung und der Planung mit den Bedürfnissen des Urban Forest aufeinander abgestimmt werden können. Dazu braucht es eine Entwicklung von Protokollen und oder Arbeitspapieren, welche den Umgang mit Bäumen insbesondere im Zusammenhang mit Infrastrukturkonflikten: Bauprojekten, Reparatur von Gehwegen, Straßensanierung definieren.

(F) Ausweitung von Managementpartnerschaften durch partizipative Managementstrategien:

Wie können Informationen des Urban Forest an die Bevölkerung gelangen und wie kann die Bevölkerung in das Management des Urban Forest einbezogen werden. Es braucht Sensibilisierungsmassnahmen und Kommunikationsstrategien für einen erfolgreichen Informationsfluss. Dazu gehören kulturell inspirierte bürgerwissenschaftliche Beteiligungsprogramme (z.B Citizen Science Projekte) und Informationsveranstaltungen, die eine handlungsorientierte Beteiligung an allen Aspekten des Managements beinhalten.

4.5.3 Urban & Community Forestry Resource Library

Die vorhandene Literatur für ein erfolgreiches Management des Urban Forest ist vielfältig, divers und schwierig überschaubar. Dabei ist der Zugang zum veröffentlichten Wissensfundus der städtischen und kommunalen Forstwirtschaft, der von der Planung und Gestaltung über den Schutz und die Erhaltung bis hin zur Bewahrung reicht, für alle Aspekte der Bewirtschaftung des Urban Forest und den Austausch von Wissen und Fachkenntnissen von wesentlicher Bedeutung. Um diesem Bedarf gerecht zu werden, wird die Urban Forestry / i-Tree Website eine Urban & Community Forestry Resource Library für Experten und interessierte Personen enthalten. Diese Ressourcenbibliothek wird sich mit Bäumen und ihren Lebensgrundlagen und Partnern befassen: Boden, Flora, Pilze, Fauna, Mensch - Baumstandorte: traditionelle Wälder, offene Landschaften, Stadtstraßen - und die damit verbundenen Ökosysteme. Auch nach Abschluss des Projektes F-10, wird die Bibliothek weiterhin gepflegt und kontinuierlich aktualisiert und erweitert, wenn neue Studienbereiche

erforscht und bestehende Ideen und Praktiken überprüft und aktualisiert werden. Es soll möglich sein möglichst spezifisch Informationen, Quellen und Inspirationen zu erhalten.

Die Struktur der Ressourcenbibliothek ist in Ordner/Unterordnern unter dem Gesichtspunkt einer UF-Managementstrategie für das Heranwachsen eines Baumes bis zur Reife gegliedert und bietet eine umfangreiche Sammlung von Artikeln zu allen Aspekten von Baum und Boden - Biologie, Struktur, Funktion sowie auf Ökosystemleistungen basierende, ökologische Bewirtschaftungsverfahren, Protokolle und Strategien.

Abiotischer Stress / Störungen

- Allgemeine abiotische Probleme
- Streusalz und Witterungseinflüsse
- Technologie zur Stresserkennung
- Stressbedingte Störungen

Anatomie, Biologie, Wuchsformen

- Anatomie
- Kronenarchitektur
- Biologie
- Blattstruktur/Funktion
- Stoffwechselforgänge
 - Photosynthese – Rinde
 - Photosynthese – Blatt
 - Atmung
 - Transpiration
- Kommunikationsstrukturen der Pflanzen
- Wurzeln

Artenvielfalt und Biodiversität

Ordner und Unterordner, die Ressourcenmaterial enthalten, werden auf Englisch benannt. Alle Ordner-Namen werden auch auf Deutsch und Französisch angeboten und mit den Ordnern mit englischem Titel verlinkt.

Der Inhalt aller Ordner enthält den Zusatz (OA) im Titel, um anzuzeigen, dass es sich um Open-Access-Dokumente handelt. Wenn diese Beschreibung nicht enthalten ist, müssen die Benutzer diese als Privatkopien behandeln.

Der Inhalt der Resource Library ist nicht ausschliesslich in englischer Sprache gehalten. Die Verwalterin der Bibliothek, Naomi Zürcher (Arbor Aegis), freut sich über Einsendungen, die auf ihre Übereinstimmung mit wissenschaftlichen Erkenntnissen und Best Management Practices überprüft werden.

Fragen, Feedback, Beiträge usw. können per E-Mail an Naomi Zürcher gerichtet werden: treerap@bluewin.ch

4.6 Weitere Produkte und Outreach Initiativen

In der Tabelle 3 werden weitere Projekte und Initiativen vorgestellt, die im Rahmen der i-Tree Lancierung in der Schweiz - aber ausserhalb der Projektunterstützung - durchgeführt wurden.

Tabelle 3: Informationen, Vorträge, Produkte und Initiativen die ausserhalb des Projektes F-10 durchgeführt wurden oder werden

Produkt/Präsentation	Ort der Umsetzung	Wann	Ziel der Massnahme	Impact der Massnahme
Präsentation EFUF	Köln DE	2019-24-05	To introduce the Swiss i-Tree Project model to the European UF community	Communicating a reproducible model approach to turning i-Tree data outputs into climate adaptive outcomes
Invited Presentation i-Tree Global Symposium	Syracuse NY USA	2019-17-06 – 19.06	To bring i-Tree users and developers together to enhance usage and share experiences and to introduce the Swiss i-Tree project to global users.	Communicating the Swiss i-Tree Eco Project as a model for ecosystem-services informed Urban Forestry Management and Climate Change adaptation.
Invited Presentation: The Nature of Cities (TNOC) Festival	International Zoom Conference	2021-02-24	To introduce the Swiss i-Tree Model to the Global UF community	Communicating a reproducible model approach to turning i-Tree data outputs into climate adaptive outcomes
i-Tree T-Shirts – privately donated design and production for all Project Partners	Schweiz	2020-08 – 2021-05	Marketing and communication of i-Tree and acknowledgement of all Project Partners' contribution to the Project	Swiss recognition of the name i-Tree and the importance of our trees.

Bestandteil des Bachelor of Science Umweltingenieur Curriculums an der ZHAW	Zürich	2020-09 ff.	Introduce Environmental Engineers into i-Tree and its possibilities	Application in Practice after studies
i-Tree Do You Video filmed in Basel during field data collection by Esther Petsche (an award-winning video artist)	Basel Stadt	2020-09-03	To introduce Basel residents and the wider Swiss public to i-Tree Eco and the challenges our Urban trees face	Improve Public understanding of all the wonderful things our urban trees do for City residents and beyond.
Präsentation Städteverband	Basel, Messegelände	2021-10-27	To introduce the Swiss i-Tree Project model to the smart city community	Communicating a model approach to turning i-Tree data outputs into Urban Forestry Management and the impact on smart cities
Bestandteil The Tree and Me Art Course Curriculum Basel Hochschule für Gestaltung und Kunst	Basel, Münchenstein	2020-02-17 – 05-25 2021-04-19 – 05-31	To introduce Bachelor art students to tree's structure and function and the resulting Ecosystem Services using i-Tree Eco	Inspire art students to think of trees' value as more than just their aesthetic and to incorporate that understanding into their creative work.
Bestandteil des CAS Urban Forestry Curriculums, BFH, FHGR, FH OST, ZHAW	Zürich	2021-05 ff.	To introduce CAS Urban Forestry students to tree's structure and function and the resulting Ecosystem Services using i-Tree Eco	Application in Practice after studies
Presentation EFUF CH	Swiss / Europe-wide Zoom conference	2021-05-18	To communicate the Luzern „applying what we have learned“ product to the Swiss / European UF community	Improve the understanding of turning i-Tree Eco data outputs into UF Management and Climate Change adaptation outcomes
Bestandteil The Tree and Me Art Course Curriculum Zürich Hochschule der Künste Masters Programme	Zürich	2021-11-08 – 12-20	To introduce Master art education students to tree's structure and function and the resulting Ecosystem Services using i-Tree Eco	Inspire art students to think of trees' value as more than just their aesthetic and to incorporate that understanding into their creative work.

Invited Presentation Planté & Cite Suisse	Geneva	2021-09-21	To introduce the Swiss i-Tree Eco Model to the Romandie UF community	Communicating a model approach to turning i-Tree data outputs into Urban Forestry Management and Climate Change adaptation outcomes
Spotlight on i-Tree in Switzerland article in ARB Magazine	United Kingdom	2021 Spring	To introduce the Swiss i-Tree Eco model to Arborists and Urban Foresters in the United Kingdom as well as its expansive global membership	Communicating a model approach to turning i-Tree data outputs into Urban Forestry Management and Climate Change adaptation outcomes

5 Urban Forestry Management

5.1 Klimaangepasstes Urban Forestry Management mit i-Tree Eco

In diesem Kapitel wird ein Management-Modell nach den Erkenntnissen und Resultaten aus dem vorliegenden Projekt erstellt. Es soll auf konzeptioneller Ebene ein Best Practice Management beschreiben, welches keinen Anspruch auf Vollständigkeit bzgl. rechtlichen Grundlagen oder regionalen Begebenheiten hat. Vielmehr soll dieses Beispiel als Gedankenanstoss für die Praxis dienen und diverse Weiterentwicklungen ermöglichen.

Die Basis für dieses Kapitel bildet die Struktur der Urban Forestry Management Toolbox. Um eine erfolgreiche Etablierung dieser Toolbox in den Schweizer Kontext zu ermöglichen, werden die SIA Planungsphasen nach SIA 105 und SIA 112 miteinbezogen.

Die Ausführungen sind auf das Management der Stadtbäume im Urban Forest fokussiert (ohne die Waldgebiete, welche dem Waldgesetz unterstellt sind).

5.1.1 Analyse der Ausgangslage

Für eine erfolgreiche Planung und ein zielgerichtetes Management braucht es die Grundlage der genauen Kenntnis des eigenen (aktuellen) Urban Forests einerseits sowie der Ziele und Anforderungen an den künftigen Urban Forest andererseits. Hierfür braucht es eine genaue Bestandsaufnahme der Bäume im eigenen Verantwortungsgebiet. Viele Städte und Gemeinden, so auch die Projektpartner, besitzen bereits ein GIS-gestütztes Bauminventar.

Abbildung 22 aufgezeigt, um viele Parameter ergänzt oder erweitert werden. Viele dieser Punkte können, wenn sie aktuell und adäquat aufgenommen sind, in die strategische Planung übernommen werden. So sollen in dieser Planungsphase strategische Ziele erarbeitet werden, die auf Basis des Inventars überprüfbar sind.

Viele dieser Parameter können durch eine i-Tree Eco Datenaufnahme abgedeckt werden. Durch diese Aufnahme ist man in der Lage die Strukturwerte, wie auch die Ökosystemleistungen des eigenen Urban Forests abzurufen und gezielt in strategische Ziele abzuleiten. Sind diese Rahmenbedingungen bekannt wird in die Planungs- und Design- und Managementphase übergegangen.

Gerade im Kontext des Klimawandels ergeben sich zusätzliche Ansprüche an den künftigen Urban Forest. Nebst der Analyse der Ausgangslage bedarf es auch einer Analyse der Nutzungen und des künftigen Bedarfs.

	A	B	C	D	E
	Inventory Data to be Collected	Basic Data	Additional Essential Data	Subsequent Management Data	Citizen Participation
2					
3	Location				
4	Physical - the address being surveyed	✓			★
5	GPS coordinates for GIS mapping	✓			★
6	Spatial Resource: Site Characteristics Condition				
7	Land use or site class [%]	✓			★
8	Planting area type		✓		
9	• tree lawn / grass strip		✓		
10	• curbside cutout		✓		
11	• street mall / median strip		✓		
12	• parking island		✓		
13	• urban park		✓		
14	• open field		✓		
15	• urban woodland		✓		
16	Planting area dimension		✓		★
17	• distance of trunk flare to infrastructure		✓		★
18	Planting area treatment		✓		★
19	• open accessible soil volume		✓		
20	• permeable or impermeable pavement / surface		✓		
21	• ground cover		✓		
22	• open landscape		✓		
23	Paved walkway width and condition		✓		★
24	Amount of street traffic		✓		★
25	Presence of overhead wires		✓		★
26	Presence of underground utilities		✓		
27	Adjacent use				★
28	• buildings including type and size e.g. one-family, multi-residence, business		✓		
29	• parking lot		✓		
30	• public or private greenspace		✓		
31	• vacant land		✓		
32	Tree Resource: Current				
33	General Tree Metrics				
34	• Genus and species [%] + cultivar or variety, if known	✓			+
35	• DBH (diameter at breast height, specific or class) [%]	✓			★
36	• TFD - trunk flare diameter and shape		✓		★
37	• total tree height [%]		✓		★
38	• total live tree height [%]		✓		+
39	• height to crown base [%]		✓		★
40	• crown width [%]		✓		★
41	• percent crown missing [%]		✓		+
42	• crown light exposure [%]		✓		+
43	• proximity to buildings within 60'/18.3m [%]: direction N>S, E>W; distance		✓		★

44	Condition				
45	• incremental annual growth		✓		
46	• percentage of dieback [⌘], foliage transparency, crown density, live crown ratio	✓			
47	• risk assessment and rating	✓			
48	• mechanical injury		✓		
49	• pathogens	✓			
50	• abiotic impacts		✓		
	• condition notes		✓		
51	e.g. specific observations affecting maintenance		✓		
52	Conflicts with Infrastructure				
53	• pavement [⌘]	✓			★
54	• buildings	✓			★
55	• overhead wires [⌘]	✓			★
56	• street / roadway signage	✓			★
57	• street / roadway lighting	✓			★
58	Actions recommended				
59	• maintenance, e.g. pruning	✓			
60	• removal	✓			
61	• risk mitigation	✓			
62	• site mitigation, e.g. increase tree pit size, bevel pavers	✓			
63	Tree Resource: Subsequent				
64	New Planting Data				
65	• GPS / GIS coordinates			✓	
66	• Genus, species, cultivar / variety			✓	
67	• Provenance, if known			✓	
68	• date planted			✓	
69	• caliper / height at planting			✓	
	• production type e.g.			✓	
70	field grown, container grown			✓	
	• package type			✓	
71	e.g. B&B, bare root, container specifics			✓	
	Public Construction Inventory Data (to be submitted at Project's conclusion)				
72	• GPS / GIS coordinates			✓	
73	• Genus, species, cultivar / variety if known			✓	
	• planned intervention e.g. clearance pruning, root pruning, transplanting, irrigation, removal, including dates of occurrence			✓	
74	• documented - dated construction impacts / mitigation e.g. soil compaction			✓	
75					
264	[⌘] - i-Tree assessment parameter				
265	[★] - unassisted participation				
266	[+★] - assisted participation				
267					
268					

Abbildung 22: Vorschlag für eine umfassende Bonitur des eigenen Urban Forests und die zugehörigen Daten (Zürcher N., 2017, angepasst 2020)

5.1.2 Strategische Planung

Die SIA Planungsphase 1 „Strategische Planung“ umfasst den ersten Schritt einer Planung von baulichen Elementen und Grünräumen. Dazu gehört der Urban Forest. Das angesprochene Inventar sowie die übrigen Analysen bilden die Grundlage, um den Baumbestand weiterzuentwickeln wie auch zu schützen. In der strategischen Planung müssen die strategischen Ziele hinsichtlich des Urban Forests wie auch die Bedürfnisformulierung seitens Bauherrschaft aber auch seitens Bevölkerung berücksichtigt werden.

Definition der Qualitätsaspekte/-ziele und der Grundlagen

Als erster Schritt müssen die Grundlagen, Qualitäten und Funktionen der Grünräume als Ziel definiert werden. Die Grundlage des Urban Forests mit seinen Grünflächen ist seine Gesundheit, damit wir von den Leistungen weiter profitieren können. Es braucht im Rahmen der Urban Heat Island Effects und den zunehmenden Extremwetterereignissen (z.B Starkniederschläge) einen nachhaltigen Stadtgrünanspruch, da, wie die i-Tree Eco Auswertungen zeigen, Bäume mit einem grossen Kronenvolumen die effektivsten Ökosystemleistungen erbringen können.

Die definierten strategischen Ziele können sich demnach zum Beispiel auf das Kronenvolumen beziehen. Ein strategisches Ziel sollte die Beibehaltung und Erhöhung des Kronenvolumens und damit verbunden der Blattflächen im Urban Forest sein. Um dies zu erreichen, bedarf es einer guten Planung und eines abgestimmten Managements, wie beispielsweise eine optimale Standortvorbereitung. Darauf wird in Kapitel 5.1.4 eingegangen.

Die strategischen Ziele können aber auch noch etwas spezifischer gestaltet werden. So können mithilfe der i-Tree Eco Auswertungen beispielsweise auch eine Verbesserung der Luftschadstoff-Filterung als Ziel definiert werden. Oder eine Verbesserung der Interzeption. Auch dies ist nur durch grosse Baumkronenvolumina mit grossen Blattflächen zu erreichen, hängt aber auch mit den eingesetzten Baumsortimenten zusammen. So kann die i-Tree Eco Auswertung und dessen Analyse dazu beitragen, dass Sortimente spezifisch eingesetzt werden können. Dies kann zu einer guten Artenvielfalt führen. Wichtig ist, dass bereits in der ersten Planungsphase, der strategischen Planung, die Begrünungsziele und die Bäume mit ihren Strukturen und Funktionen fest in die Projektziele verankert werden, um dann in der späteren Projektierung einen nachhaltigen Bepflanzungsplan innerhalb des Gesamtkonzeptes zu erreichen. Die Erreichung dieser Ziele kann mithilfe weiterer i-Tree Eco Datenaufnahmen und Bewertungen überprüft werden.

Bedürfnisformulierung

Das Inventar, sowie die strategischen Ziele bestimmen als Grundlage das weitere Vorgehen im Planungsverfahren und späteren Management des Urban Forest. Es müssen aber auch die Bedürfnisse seitens Bauherrschaft und Bevölkerung und Nutzenden bereits zu Beginn bekannt sein. Je mehr die Bedürfnisse dieser Parteien in die Planung miteinfließen, desto höher ist die Chance auf einen Projekterfolg und auch die spätere Akzeptanz des Grünraums. Für die Bedürfnisformulierung sind möglicherweise historisch bedingte Vorgaben vorhanden oder die vorhandenen Richtpläne sehen definierte Infrastrukturen vor. Es können auch demografisch-spezifische Nutzungsbedürfnisse einfließen. Dies sind vor allem soziografische Einflüsse.

Variablen und Alternativen

Möglicherweise sind die definierten strategischen Ziele und die Bedürfnisse seitens Bauherrschaft und Bevölkerung nicht kongruent. Bei differierenden Vorstellungen oder Ausgangslagen müssen Alternativen ausgearbeitet oder Variablen definiert werden, welche anzupassen sind. Die Kriterien für diese Variablen und Alternativen müssen sich dem Hauptziel eines gesunden, funktionierenden Urban Forests, der seine funktionelle Aufgabe erfüllen kann, unterordnen. Somit bildet nicht nur der ökonomische Aspekt die Rahmenbedingung. Auch die ökologischen und sozialen Wirkungen eines gesunden Urban Forest müssen für die Entscheidung und Alternativen genutzt werden. Dies können Anpassungen der Standortvorbereitungen oder der Sortimente, sowie die Budgetierung des Lebenszyklus der Grüninfrastruktur sein. Der Einbezug aller Akteure ist deshalb besonders wichtig, da die Projektierung unter Umständen angepasste Ziele miteinbeziehen muss. Der Profession der Baumsachverständigen und den Urban Foresters ist in dieser Phase eine wichtige Rolle zuzuordnen. So können die verschiedenen Bedürfnisse abgedeckt werden, ohne die Standortbedingungen und das spätere Management des Baumbestands negativ zu beeinflussen.

Als Hilfestellung oder Orientierungspunkt können auch definierte Ökosystemleistungen aus den strategischen Zielen mit den Ergebnissen aus dem i-Tree Eco abgeglichen und zur Festlegung der Alternativen oder zur Bewertung genutzt werden. Zu berücksichtigen ist, dass sowohl die Alternativen und Variablen als auch die Bewertungskriterien für alle Beteiligten schlüssig und nachvollziehbar dokumentiert werden und somit in den darauffolgenden SIA Planungsphasen als Grundlagen verwendet werden können.

5.1.3 Vorstudie

Die SIA Planungsphase 2 „Vorstudie“ stützt sich auf die davor formulierten Ziele, finanziellen und terminlichen Rahmenbedingungen sowie herausgearbeiteten Alternativen. Bevor allerdings erste zielführende Lösungsansätze formuliert werden, müssen die geplanten Pflanzstandorte tiefgründig analysiert werden.

Gesetzliche Rahmenbedingungen

Der Standort ist nach rechtlichen Bedingungen zu beurteilen. Während das Nachbarrecht die Grenzabstände regelt, legen Pflanzenschutzgesetze und -verordnungen Pflanzensortimente fest. Sie sind besonders bei der Standort- und Pflanzenwahl von Bedeutung. Auch die im kantonalen Bau- und Planungsgesetz bestimmte Verkehrssicherheit muss bei Strassenbäumen eingehalten werden. Je nach Kanton sind weitere Gesetze und Verordnungen beizuziehen. So werden beispielsweise vom Kanton Basel-Stadt nach Baumschutzgesetz (789.700) §11 Abs. 1 Neupflanzungen von Bäumen auf unbebauten Flächen gefördert. In Abhängigkeit von Lage und Umsetzung ist ebenfalls das Forst- und Naturschutzgesetz zu berücksichtigen. Neben VSS-Normen zu Grünräumen an Strassen und Verkehrsflächen, und diversen Empfehlungen zur Umweltbaubegleitung durch Fachverbände wie die Vereinigung Schweizerischer Stadtgärtnereien und Gartenbauämter (VSSG) empfiehlt sich aufgrund der mangelnden Richtlinien der Schweiz der Bezug von deutschen FLL Richtlinien (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.). Für die Raumplanung sind der Kataster-, Gestaltungs- und Höhenknotenplan hilfreiche Instrumente für die Festlegung der rechtlichen Rahmenbedingungen. Es ist hier also in erster Linie die Frage beantwortet Was gemacht werden muss und ist der Grundlage für die nachfolgenden Planungsphasen über Wie es gemacht werden muss.

Standort- und Potenzialanalyse

Wie bei allen Bauvorhaben, sind Standortanalysen notwendig, um Potenziale und Herausforderungen festzustellen. Bekannte Entscheidungsfaktoren wie Gefahren, Schutzgüter, Baugrund, Erschliessung etc. können nach den herkömmlichen Standortanalysen durchgeführt werden. Das ist bei der Analyse und Vorbereitung eines Standorts, an dem wir einen Baum pflanzen wollen, nicht anders. Je mehr wir die strukturellen

und funktionellen Bedürfnisse des Baumes bei unserer Analyse und Vorbereitung berücksichtigen, desto größer ist die Chance, dass der Baum gut auswächst. Weiter sind für eine gute Standortanalyse klimatologische, geologische und biologische Parameter zu berücksichtigen. Diese Makroeinflüsse sind meist bekannt und bedürfen keiner aufwändigen Recherche. Die Niederschlagsmengen und Sonnenstunden, das Ausgangsgestein und der pH des Mutterbodens sowie die verwendeten Sortimenten in der Umgebung und deren Zustand, sind einige Beispiele dieser Makroeinflüsse. Die Recherche der Mikroeinflüsse, welche sehr lokalen Einfluss auf den Grünraum hat, ist um einiges intensiver. Hierbei gilt es beispielsweise abzuklären, wie hoch der Nutzungsdruck, wie stark die Salzbelastung oder wie intensiv die Strukturwindzirkulation oder Wärmerückstrahlungen durch Infrastrukturen der jeweiligen Standorte sind. Auch gilt es bereits hier abzuklären, wie die unterirdische Situation bezüglich Fundationen, Leitungen oder Grundwasser aussieht. Diese Abklärungen sind sehr situativ. Für ein nachhaltiges Management der städtischen Bäume und Wälder ist dies aber unumgänglich. Nebst diesen Erfassungskriterien ist es sinnvoll bereits lokale Fachexperten und -planer zu involvieren, da diese die Mikro- und Makroeinflüsse meist sehr gut einschätzen können.

Ergänzend zur Standortanalyse bietet i-Tree Eco die Möglichkeit, die Baumleistungen für das laufende Jahr und auch den Gesamtnutzen über einen zukünftigen Raum darzustellen. Hierfür können beispielweise Daten über Baumart und den Stammumfang in i-Tree Eco eingegeben werden. Mit der Verwendung dieser Standarddaten wird der potenzielle Baum bei der Pflanzung bewertet und die Grundlage für künftige Festlegungen hinsichtlich der Anwendbarkeit der Arten auf bestimmte Standorte usw. geschaffen. Diese Funktion ist für die Potenzialanalyse sehr wichtig, denn damit lassen sich zukünftige, ökologische Vorteile von verschiedenen Varianten bestimmen. Diese Möglichkeit kann somit für die Variantenfindung genutzt werden.

Für diese Variantenfindung spielen die bereits vorhandenen Grünelemente eine wichtige Rolle. Hierbei kann i-Tree Eco möglicherweise entscheidend Einfluss nehmen. Das Potenzial und die Möglichkeit die aktuellen und zukünftigen Leistungen des aktuellen Baumbestands zu beschreiben, ist für die Analyse ein wichtiges Instrument. Denn nur so kann aufgezeigt werden, wie wichtig die bestehenden Grünraumstrukturen sind und, dass sie auch bei Bauvorhaben möglichst geschützt werden sollen. Mithilfe des Forecast-Tools von i-Tree Eco kann in dieser Phase gezeigt werden, welchen Verlust, hinsichtlich Strukturwert und Ökosystemleistungswert, eine Um- oder Neugestaltung auf Kosten dieses Grünraums wäre.

Zusätzlich bietet der schriftliche Bericht von i-Tree Eco zur Ökosystemanalyse eine Zusammenfassung von Struktur, Funktion und Wert des bestehenden Urban Forests. Innerhalb dieses Bewertungsberichts bietet i-Tree Eco eine Analyse der Baum-Merkmale an. Neben der Zusammensetzung der Baumarten wird durch i-Tree Eco auch eine Bewertung des Baumbestands nach Blattflächen-Index, Biomasse und Durchmesserklassen durchgeführt

(Kapitel 4.3, Anhang VII). Diese Bewertung bietet wertvolle strukturelle Informationen, um den künftigen Pflanzbedarf der Bäume zu ermitteln und festzustellen, wo dieser Bedarf innerhalb der Klassenverteilung besteht. In Anbetracht der Tatsache, dass ein gesunder, reifer Baum in der Baumkrone den maximalen Nutzen für das Ökosystem erbringt, ist es wichtig, dass die Verantwortlichen einen Überblick über die Kontinuität der Baumkronen-Volumina oder der BHD Klassen erhalten, die zur Aufrechterhaltung dieser Vorteile in nötig sind. Diese hat auch einen direkten Einfluss auf die Bewirtschaftungskriterien der SIA Phase 6 „Bewirtschaftung“.

Machbarkeitsstudie

Auf Grundlage der Analyse und der definierten Rahmenbedingungen, können erste Lösungsansätze erarbeitet werden. Eine grosse Rolle spielt dabei die Visualisierung, womit erste gestalterische Ergebnisse der bisher gemachten Überlegungen aufgezeigt würden. Unterstützend zu den Plänen können mit i-Tree Eco und den vorgestellten Hilfsmitteln Grafiken und Diagramme erstellt werden, welche die Vorteile des Baumbestands aufzeigen. Mit visuellen Darstellungen lassen sich diese Vorteile in die Lösungsansätze einarbeiten und zeigen die benötigten Wirkungen auf.

5.1.4 Projektierung

Die SIA Planungsphase 3 „Projektierung“ lässt sich in Vorprojekt, Bauprojekt und Bewilligungsverfahren unterteilen, wobei letzteres aufgrund der geringen Relevanz hier nicht genauer behandelt wird. Bei der Projektierung werden die erarbeiteten Lösungsvorschläge bzw. die gewählte Vorzugsvarianten in erste Entwürfe konzipiert und später für die Realisierung ausgearbeitet. Die Anforderungen, Rahmenbedingungen und Bedürfnisse werden in diesem Prozess als Grundlagen berücksichtigt und die Planer und Spezialisten erarbeiten eine funktionale Planung für die Ausführung. Aus diesem Grund handelt es sich um eine der wichtigsten und kritischsten Phasen im Planungsprozess.

Konzeptentwurf

Unabhängig wie die Schwerpunkte der Gesamtgestaltung festgelegt wurden, müssen die Grundlagen geschaffen werden, damit der Urban Forest das Begrünungsziel (vgl. Kapitel «Strategische Planung») erfüllen kann. Dazu ist zu den nachfolgend beschriebenen konventionellen Funktionen die ökosystemaren Funktionen viel höher zu gewichten als bisher. Auch hier kann i-Tree Eco eine Hilfestellung bieten, um beispielsweise aufzuzeigen, dass Bäume mit mehr Wurzelraum auch mehr Kronenfläche aufweisen und dementsprechend mehr Ökosystemleistungen bieten können. i-Tree Eco kann das zwar nicht direkt bewerten, es ist allerdings möglich, dies mit der angesprochenen Strata Funktion (Anhang VIII) durchzuführen. So können Bäume, die in einer versiegelten Fläche stehen mit solchen in offenem Boden verglichen werden. Auch im Hinblick auf die Anforderungen des Regenwasser-Managements können diese i-Tree Eco Ausgangsdaten ausserordentlich hilfreich sein. Die abgeleiteten Massnahmen für diese ökologische Gewichtung im Planungsprozess könnten wie folgt aussehen:

- Entsiegelung des Bodens, wo immer dies möglich ist inkl. Verwendung von gut gelagerten, organischen Böden
- wo dies nicht möglich ist, sollen Alternativen geplant werden:
 - trocken verlegte / poröse durchlässige / durchlässige Pflastersteine
 - Kiesbeläge
 - Poröser Asphalt
- Kombination mit strukturstabilen Substraten für die Wurzelraumerweiterung unter Trottoirs, Parkplätze oder Stellplätze
- Einbeziehung von Biosanierungs- und Phytosanierungsstrategien zur Erhöhung der Abflusskapazität

Eine Verringerung der versiegelten Flächen hat auch den zusätzlichen Vorteil, dass der Wärmeinsel-Effekt in Städten, sowie die Konflikte zwischen Pflasterung und Baumwurzeln vermindert und gleichzeitig die Wachstumsbedingungen für Bäume erheblich verbessert wird, was den Erhalt von gesunden Bäumen mit grossen Baumkronenvolumen gewährleistet.

Weitere Anforderungen, welche an einen Baum gestellt werden, sind technischer und gestalterischer Natur, welche zur Förderung gesunder Bäume stets nachgeordnet behandelt werden sollten.

Eine Auswahl aus verkehrstechnischer Sicht bietet FLL «Empfehlung für Baumpflanzungen Teil 1: Planung, Pflanzarbeiten, Pflege» (Thieme-Hack, 2015):

- Gliederung und Beschattung von Stellflächen
- Verdeutlichung der Strassenhierarchie
- Trennwirkungen und Abgrenzung von Räumen oder Nutzungsbereichen
- Schaffung von Bezugspunkten
- Erhöhung von Aufmerksamkeit

Dies betrifft nicht nur die Planung von Grünräumen im Verkehr. Aus landschaftsarchitektonischer Sicht werden Bäume zur Gestaltung verwendet. Die regelmässigen Baumstellung können lineare Flächenstrukturen wie beispielsweise Gräben räumlich markieren, lassen «leere» Räume strukturieren oder können durch Baumtore Grenzpunkte in Parkanlagen setzen. Freie Baumstellungen in einem Baumhain geben durch die Unregelmässigkeit der Einzelbäume einen lichten, offenen Charakter. Ein typisches Beispiel sind mehrstämmige, schattenspendende Lindenhaine, die voll belaubt den Raum besonders malerisch gestalten. (Borchardt, 2013)

Auch diese und weitere Anforderungen sind für die Projektierung auf Stufe Bauprojekt zu berücksichtigen und müssen nach den festgelegten Zielen und verbesserten Standortbedingungen ebenfalls miteinbezogen werden. Der Rahmen für diese gestalterischen Entwicklungen bildet allerdings stets das klimaangepasste Management mit den definierten strategischen Zielen und den daraus abgeleiteten Massnahmen.

Material- und Vegetationskonzepte

Konnten im Vorprojekt die Grobgestaltung der Grünräume und die gewünschten Standorte der Bäume eruiert werden, so sind diese während der Planungsphase «Bauprojekt» zu präzisieren. Dazu gehört eine standortgerechte Pflanzenwahl, um langfristige, nachhaltige Grünräume zu generieren. Für die Verbesserung der Voraussetzungen für die Bäume ist in dieser Phase der exakte Wurzel- und Lichtraum zu definieren. Hierfür können ebenfalls die FLL Richtlinien «Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 1 und 2» beigezogen werden.

Für die Pflanzenwahl ist vor allem auf die Standorteignung, die zu erwartende artspezifische Wuchshöhe und -form, sowie das erreichbare Alter zu achten. Je genauer diese Abklärungen gemacht werden und je besser die Qualität der Pflanzen ist, desto geringer ist der Pflegeaufwand in den kommenden Jahren. Durch den fortschreitenden Klimawandel werden bevorzugt trocken- und hitzetolerante Baumarten (Klimabäume) gewählt, weshalb vermehrt auf nichtheimische Baumarten gesetzt wird. Eine Übersicht von Klimabäumen gibt die Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau (Schönfeld, 2019), die Citree Datenbank (Citree, 2022) oder KlimaArtenMatrix nach Roloff (2013). Die Arbeit von Samson

et. al. (2017) Species-Specific Information for Enhancing Ecosystem Services kann ebenfalls hinzugezogen werden. Auch hier kann i-Tree Eco die Möglichkeit bieten zu eruieren, welche Baumarten sich im Urban Forest gut etablieren konnten. Daraus können sich Empfehlungen und Artenlisten ableiten lassen.

Zu den ökologischen Auswahlkriterien der Stadtbäume gehören allerdings auch die ökonomischen Aspekte. Diese sind bei der Planung im Kostenvoranschlag zu formulieren. So wie bei detaillierter Ausarbeitung der Konzepte, sind auch bei der Kostenermittlung Rücksprachen zwischen Planer und Auftraggeber zu führen. Nicht selten müssen nach der Grobkostenschätzung Kosteneinsparungen in der Planung und Ausführung gemacht werden. Um die ökologischen Vorteile auch monetär zu untermauern, kann ebenfalls i-Tree Eco verwendet werden. Das Bewertungsmodell von i-Tree Eco bietet die ökonomische Argumentation für Ökosystemleistungen, womit sich politische und wirtschaftliche Entscheidungen bezüglich des Projekts und dessen Planung beeinflussen lassen. Für zukünftige Projekte wäre es deshalb denkbar, solche Modelle in der Planungsphase fest zu etablieren. Mit einer Gegenüberstellung des Kostenvoranschlags und der monetären Entwicklung durch Vegetationsflächen bzw. Bäumen könnten Entscheide zugunsten der Grünflächen und der Optimierung der Lebensbedingungen des Urban Forests beeinflusst werden. Was ebenfalls berücksichtigt werden sollte, sind die vermiedenen Kosten. Durch eine sachkundige Planung und Gestaltung im Vorfeld eines jeden Projekts können Kosten vermieden werden, die durch eine unzureichende Standortvorbereitung und Gestaltung entstehen und zu einer Beeinträchtigung der Baumgesundheit, einem erhöhten Pflegeaufwand und einem frühzeitigen Absterben der Bäume führen. Hierfür könnten Zahlen aus Erfahrungswerten hinzugezogen und institutionalisiert werden.

5.1.5 Ausschreibung

Um die Bäume für das vorgesehene Projekt vom geeignetsten Unternehmen zu beziehen, ist eine genaue Ausschreibung (SIA Planungsphase 4) erforderlich. Damit die Bäume eine ausreichende Qualität haben, müssen sie die Schweizer Qualitätsbestimmungen für Baumschulpflanzen und Stauden von JardinSuisse (2018) erfüllt werden. Diese Bestimmungen lassen sich in die Kategorien „Obligatorische Qualitätsanforderungen“, „Handelsübliche Grössen“ und „Bestimmungen über das Messen von Gehölzen und Stauden“ unterteilen. Kantonal oder national können weitere gesetzliche Grundlagen zur Produktion von gebietseigenen Gehölzen die Bestimmungen ergänzen. (Rasper, 2018, Zürcher 2021)

Auswahl und Selektion der Bäume in der Baumschule

Im Zuge der Ausschreibung sind die Leistungen nach den SIA-Normen zu beschreiben. Die Auswahl des geeignetsten Unternehmens bzw. Anbieters kann mit einer Qualitätssicherung abgesichert werden. Gemeinsam mit dem Auftraggeber und den Baum-Spezialisten wird nach der Ausschreibung die Qualitätssicherung der zu pflanzenden Bäume durchgeführt. Hierfür müssen die Bäume in der Baumschule durch eine fachlich qualifizierte Person ausgewählt und verbindlich reserviert werden. Diese Selektion ist für ein qualitatives, nachhaltiges und klimaangepasstes Urban Forestry Management unumgänglich. Es stellt sicher, dass die Bäume für die Realisierung in einer geeigneten Qualität zur Verfügung stehen. Die Vorlage für diese Selektion könnte der Tree Shopping Guide von Kim Mulcahy und Naomi Zürcher in der Kooperation «New York City Root Zone» vom Workshop «The Art of Woody Plant Selection» 2007 darstellen. Im Rahmen der Veröffentlichungen, die für diesen Workshop verfasst wurden, wurden weitere Überlegungen zur Baumauswahl angestellt, wie z.B. das Risiko, das durch die Verpflanzungsvorgänge entsteht, sowie die Qualitätsangaben (Ballen, Container). Die Angaben sind in Zürcher, N. Noteworthy Requirements for Conifer and Hardwood Selection (2007) zu finden. Die Dokumente befinden sich im Anhang IX.

5.1.6 Realisierung

Während der SIA Planungsphase 5 „Realisierung“ werden noch für die einzelnen Arbeitsbereiche Pläne abgestimmt und letzte Abklärungen getätigt, die für die Ausführung von Bedeutung sein können. Im Anschluss erfolgt die Umsetzung der Planung, der Ausführung, bei der die Managementaufgaben des Bauleiters auf Baustellen eine zentrale Rolle spielen.

Anlieferung

Bereits bei der Anlieferung der Bäume sind die Pflanzen zu kontrollieren, wodurch verhindert werden kann, dass nach der Pflanzung oder Fertigstellung Mängel entdeckt werden. Ein Schwerpunkt soll dabei auf die Qualität der Baumschulware (Bestimmungen und Verletzungen), das Baumalter (junge Bäume) und Balliermaterial (zersetzbare Materialien) gelegt werden. Wurden die Qualitätsanforderungen nicht erfüllt oder Mängel entdeckt, so sind diese geltend zu machen und zu ersetzen.

Neben den Bäumen ist auch das Substrat zu kontrollieren. Als Richtwert können die Hinweise zu Eignungs- und Kontrollprüfung von Substrat nach FLL „Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil 2“ (Lösken, 2010) verwendet werden. Diese berücksichtigen die Korngrößenverteilung, Wasser- und Salzgehalt, pH-Wert und Anteil an organischer Substanz. Pflanzung

Normen und Richtlinien sind in der Planungsphase „Realisierung“ ein wichtiger Faktor, um eine nachhaltige und langfristig vitale Baumpflanzung ermöglichen zu können. Bei der Pflanzung der Bäume soll unter anderem die VSS-Norm (640 671c) berücksichtigt werden. Für die Erstellung der Pflanzgrube, Baumverankerung und Bauscheibenbepflanzung können zusätzlich die FLL-Richtlinien (Thieme-Hack, 2015) bezogen werden. Als zusätzliche Hilfestellung kann die sich im Anhang X befindende „Tree Planting Guideline“ von N. Zürcher 2021 hinzugezogen werden. In diesem Dokument werden wichtige und tiefergehende Details behandelt. Zum Beispiel wie sichergestellt werden kann, dass der Baum nicht zu tief gepflanzt wird. Dies ist nach wie vor eine der Hauptursachen für Baumschäden und Ausfälle nach der Pflanzung (Pietzsch, 2014).

Ein weiterer Punkt ist die Baumverankerung, welche in der Praxis zu oft falsch ausgeführt wird. So entwickeln sich Wurzelballenverankerungen meist zu einschränkenden Elementen im Stammfussbereich und oberirdische Dreipunktverankerungen werden zu spät gelöst. Eine alternative Möglichkeit mittels Wurzelballenklammer wird ebenfalls in diesem Dokument behandelt.

Eine grosse Rolle für die Umweltbaubegleitung (sofern vorhanden) ist die Sicherung der bestehenden Bäume. Stellvertretend muss der Bauleiter oder ein Fachspezialist diese Rolle bei der Realisierung übernehmen.

Kann der Abstand zu den bestehenden Bäumen nicht eingehalten werden, so sind entsprechende temporäre Schutzmassnahmen wie Wurzel- und Stammschutz umzusetzen. Hierbei können Schutzmassnahmen gemäss der FLL Richtlinie „ZTV-Baumpflege“ oder, wie in Zürcher (2021) beschrieben, Schutzmassnahmen nach der ökologischen Baumschutzzone gemäss Dr. Kim Coder verwendet werden:

- DBH 15cm oder weniger: ein Minimum von 4,5 Metern vom Traufbereich
- DBH >15cm: mindestens 7,6 Meter vom Traufbereich
- DBH >1 Meter: kann einen Mindestabstand von mehr als 9,1 Metern erfordern

Auch nach der Fertigstellung ist gegebenenfalls dieser Stamm- und Wurzelschutz gegen Sonneneinstrahlung oder Anfahrerschutz für die Neupflanzung zu erstellen. Der Stammschutz kann zusätzlich verbessert werden, in dem bei der Baumauswahl in der Baumschule der

ausgewählte Baum auf der Nordseite für die Verpflanzung markiert wird. Dadurch wird die Notwendigkeit, die Stämme der Bäume zu streichen, was die Photosynthese des Holzgewebes und den Luftaustausch durch die Lentizellen beeinträchtigt, erheblich verringert. Sowohl die Kontrolle auf der Baustelle als auch die gestalterische Leitung sind in der SIA-Norm 105 unter 4.2. 52 Ausführung geregelt. Für zukünftige Normenentwicklung wäre eine Ergänzung der umweltfachlichen Leitung in die bestehende SIA-Norm erforderlich.

Abnahme

Um weitere Mängel zu verhindern, empfiehlt sich gemäss SIA Phase 425 ein Abnahmeprotokoll zu erstellen. Vor der Fertigstellung der Pflanzarbeiten der Abnehmer rechtzeitig informiert werden, damit direkt im Anschluss gemeinsam eine Kontrolle stattfinden kann. Bei einer ordnungsgemässen Ausführung ist der Auftragnehmer von der Ersatzpflicht zu befreien. Baumpflanzungen mit Mängeln (also Abweichungen der vorangehend aufgestellten Bedingungen) sind auf Kosten des Auftragnehmers zu ersetzen. Dies beinhaltet die Entfernung der Pflanzen, Lieferung der neuen Pflanzen und die Leistung der Nachpflanzung bzw. Fertigstellungspflege. Nach der Abnahme und Verjährungsfrist für Mängelansprüche soll der Arbeitnehmer nur die Kosten für die Ersatzpflanzung tragen, wenn nachgewiesen werden kann, dass der Mangel zum Zeitpunkt der Abnahme zurückzuführen ist. Protokollvorlagen für die Kontrollen bei der Anlieferung, Pflanzung und Abnahme bieten die Anhänge 2-4 nach FLL «Empfehlungen für Baumpflanzungen Teil1». (Thieme-Hack, 2015)

Denkbar wäre auch eine Berücksichtigung der SIA 118 Nr. 6 «Abnahme des Werkes und Haftung für Mängel», welche vertraglich eine nachhaltige Bepflanzung versichern könnten.

5.1.7 Bewirtschaftung

Wurde die Abnahme durchgeführt, so erfolgt die letzte SIA Phase 6 Bewirtschaftung. Es ist der Zeitpunkt in dem der längste Abschnitt des Urban Forestry Managements, die Bewirtschaftung eines Urban Forests, beginnt. Dazu gehört sowohl das Erarbeiten von detaillierten Pflegeplänen und -anleitungen als auch die Durchführung und Kontrolle der Pflege- und Unterhaltsarbeiten, wie auch der Einbezug der Bevölkerung. In der Bewirtschaftungsphase sollen auch die strategischen Ziele überprüft werden. Sind die

angestrebten Ziele erreicht und wo gibt es Verbesserungspotential? i-Tree Eco kann hier als eines von vielen Hilfsmitteln verwendet werden.

Die Pflege beginnt mit der Fertigstellungspflege, wo die Baumscheibe gelockert und gesäubert und der Baum gewässert wird. Ebenfalls sollen trockene oder beschädigte Pflanzenteile entfernt werden. In der den darauffolgenden Jugend-, Erziehungs- und Aufbauphase des Baumes ist eine Entwicklungs- und Unterhaltspflege notwendig und soll auch ein Bestandteil des Pflegeplan nach SIA sein. Detailliertere Pflegemassnahmen können der „ZTV-Baumpflege“ der FLL entnommen werden.

Angelehnt an Thieme-Hack (2015) sind mit der Entwicklungs- Unterhaltspflege folgende Ziele zu befolgen:

- Förderung der Gesundheit und Vitalität des Baumes
- Verhinderung von grossen Schnittmassnahmen in der Zukunft und damit:
 - Ein nachhaltig geringer Pflegeaufwand
- Herstellung des Lichten Raumes und damit
 - Eine langfristige Verkehrssicherheit sowie eine
 - Verhinderung von Risiken durch Astbrüche oder Versagen der Standsicherheit

Diese Ziele sind innerhalb von 10-15 Jahren nach der Pflanzung zu erreichen. Für diese Ziele sind fachlich korrekte Schnittmassnahmen und ggf. notwendige Wässerungen und Kontrolle der Verankerung erforderlich, wobei letzteres aufgrund der erlangten Stabilität i.d.R. nach drei Jahren nicht mehr gemacht werden muss.

Gemäss SIA Norm 105 gehören zur Bewirtschaftung auch das Monitoring dazu. Damit lassen sich rechtzeitig Bekämpfungsmassnahmen gegen Schädlinge erarbeiten oder die Unterhaltarbeiten für einen gesunden Urban Forest anpassen. Eine gängige Methode ist die Baumkontrolle. Sie wird besonders in der Anfangsphase nur sporadisch durchgeführt, weshalb Schwierigkeiten oder Beschädigungen erst spät erfasst werden. Die kontinuierliche Risikobewertung ist ein wichtiges Standbein des klimaangepassten Urban Forestry Managements. Nur so können Massnahmen ergriffen werden, die den Fortbestand des Urban Forests und auch die Sicherheit der Bevölkerung gewährleistet. Diese Baumkontrollen müssen durch zertifizierte Baumkontrolleure durchgeführt werden. Die gegenwärtig durchgeführten Baumkontrollen könnten mit i-Tree Eco ergänzt werden. So kann zum einen sichergestellt werden, dass die i-Tree Eco Daten aktuell bleiben und zum anderen, dass die Standortbedingungen der Bäume optimal sind, um die strategischen Ziele hinsichtlich der Ökosystemleistungen zu erfüllen.

Auch der tatsächliche monetäre Baumwert könnte damit gemessen werden. Bei Holzverletzungen, Kronen- und Wurzelverlust mit einem resultierenden Baumschaden wurde bisher die von der BSB (Bund Schweizer Baumpflege) und VSSG erarbeitete Richtlinie „Schadenersatz Bäume“ (2018) verwendet. Mit der Wertermittlung von i-Tree Eco könnten zusätzlich zu diesem Schadenersatzwert die ausbleibenden Ökosystemleistungen genauer bestimmt werden. Der nach VSSG und BSB berechnete Schadenersatz ist derzeit höher als der von i-Tree Eco berechnete Gegenwert (Spalte Structural Value), der auf der in den USA verwendeten und von US-Gerichten akzeptierten CTLA-Bewertung basiert. Es handelt sich um den "Amenity"-Wert, der dem Gedankengang von VSSG und BSB entspricht.

Es ist somit möglich, diese Praxis zu erweitern. Es wird deshalb wie auch auch im Dokument „Kreative Strategien“ (Anhang V) ersichtlich folgendes vorgeschlagen und empfohlen:

- Beibehaltung der derzeit vom Schweizer Recht akzeptierten VSSG/BSB-Methode - damit wird der monetäre Aufwand- die Pflanzung des Baumes, der Baum selbst, sowie die Pflege bis und mit dem Datum des Verlustes – berechnet
- Diese Methode wird mit den Ergebnissen der quantifizierten Ökosystemleistungen mit i-Tree Eco kombiniert
- Unter Einbeziehung der Daten des i-Tree Eco Forecast Tools können somit die ausbleibenden Ökosystemleistungen, bis zu diesem Tag an dem die Ersatzpflanzung einen vergleichbaren Strukturwert hat, auf den Schadenersatz aufsummiert werden.

Die gesamte i-Tree Eco-Ergänzung könnte auf kommunaler Ebene (oder auch auf kantonaler Ebene) Verwendung finden. Der sich daraus ergebende Wert würde dann den Gesamtverlust an Leistungen/Nutzen für das, was heute vorhanden ist in Kombination mit den verbleibenden produktiven Jahren des Baumes aufzeigen. Hierfür muss allerdings zwingend die in den i-Tree Eco-Ausgabeberichten enthaltene Strukturwertberechnung entfernt werden, so dass sich der berechnete i-Tree Eco Betrag nur auf die Ökosystemleistungen bezieht.

Dies wiederum kann als Anreiz für die SIA Planungsphasen 1 und 2 angesehen werden, denn der berechnete Verlust ist somit um einiges grösser und die Planung kann versuchen diesen Verlust zu minimieren, in dem Bäume in Bauvorhaben stehen gelassen und besser geschützt werden.

5.2 Ausblick

Ein klimaangepasstes Urban Forestry Management ist für die anstehenden Herausforderungen in Zusammenhang mit dem Klimawandel und den Urban Heat Island Effects unumgänglich. i-Tree Eco zeigt in den Auswertungen eindrücklich, wie wichtig grosskronige Bäume sind. Einheitlichere Regelungen und Richtlinien für die Ressource Urban Forest, die einen konsistenteren Umgang hinsichtlich Planung, Management und auch dessen Schutz ermöglichen, sind zwingend notwendig. Die bestehenden Regelwerke und Normen wurden in den letzten Jahrzehnten verbessert und angepasst. Sie sind wichtig, müssen aber weiter angepasst werden und interdisziplinär Einfluss gewinnen. Das Programm i-Tree Eco hat das Potential in innovativen Städtebau- und Planungsprojekten Verwendung zu finden und mit fortlaufender Anwendung auch als Vorlage für Normen oder Richtlinien zu gelten. Das klimaangepasste Management muss integrative Ansätze verfolgen und alle Disziplinen, welche die Lebensbedingungen des Urban Forests beeinflussen miteinbeziehen. Mit dem hier vorgestellten Ansatz wurde versucht, diesen Prozess anzuregen. Ganzheitliche und praxisorientierte Lösungen sind nur mit transdisziplinären Ansätzen möglich. i-Tree Eco bietet hierbei die Möglichkeit auf allen Ebenen Argumentationen zu schaffen, die für die Verbesserung des Managements der Urban Forests beitragen. Und bei diesen Argumentationen steht der Baum im Zentrum. Dieser Paradigmenwechsel ist für das klimaangepasste Management von Urban Forests elementar.

Ein weiterer Punkt ist der Miteinbezug der Bevölkerung. Das bedeutet, dass Urban und Community Forestry als integrativer Ansatz verstanden werden. Die Möglichkeit der Mitwirkung ist ein fester Bestandteil eines guten Urban Forest Managements. Ein Beispiel hierfür ist das Titelbild dieses Berichts. Die Bevölkerung ohne festen Bezug zu Grün und Bäumen sollen auf Freiwilligenbasis am Urban Forest Management teilnehmen können oder zumindest hierfür sensibilisiert werden. i-Tree Eco ist hierfür die perfekte Einstiegsmöglichkeit. Auch das Tool MyTree, welches für die Schweiz und Europa im Februar 2022 freigeschaltet wurde, bietet diese Möglichkeit (<https://mytree.itreetools.org/#/>). Als Programm funktioniert es einfacher als i-Tree Eco und gewährleistet eine einfache und rasch anwendbare Möglichkeit, Ökosystemleistungen von Bäumen darzustellen. Es ist also auch für eher fachfremde Personen anwendbar und macht so Urban Forestry noch besser zugänglich und erlebbarer.

Literaturverzeichnis

- ARE 2009. Monitoring urbaner Raum Schweiz. Analysen zu Städten und Agglomerationen. Bern: Bundesamt Raumentwicklung.
- BAFU 2013. Waldpolitik 2020. Visionen, Ziele und Massnahmen für eine nachhaltige Bewirtschaftung des Schweizer Waldes. Bern: Bundesamt Umwelt.
- Baerlocher, B., Bernasconi, A., Kern, M. & Mühlethaler, U. 2015. Sustainability and governance in urban forests. The Swiss case of neighbourwoods – SUNWoods – and its embedding in new ways of analysing urban woodland management. In: Johnston M, editor. Trees, people and the built environment II. Proc Urban Trees Res Conf, 2–3 April 2014, Birmingham, 143–149.
- Bernasconi, A., Gubsch, M., Sabani, F. & Zürcher N. 2018. i-Tree Toolbox - Kurzbericht Bewertung «Bern Bundesgasse / Kleine Schanze»: Ausgewählte Ökosystemleistungen Berner Stadtbäume.
- Borchardt, W. (2013). Pflanzenverwendung das Gestaltungsbuch; Grundlagen der Gestaltung; Gehölze, Stauden, Rosen, Sommerblumen; von der Idee zum Pflanzplan; 8 Tabellen. Stuttgart: Ulmer.
- Colding J. & Barthel, S. 2013. The potential of “Urban Green Commons” in the resilience building of cities. *Ecological Economics* 86, 156–166.
- Carreiro, M., Song, Y. C. & Wu, J. 2008. Ecology, Planning, and Management of Urban Forests. International Perspectives, Springer Series on Environmental Management, Springer, New York.
- de la Concha, H., Cano, M.L.R., Burgos, A.G. 2018. Inventario del Arbolado Urbano de la Ciudad de Merida. Media Ciudad Blanca.
- Graça, M.S., J.F. Goncalves, P.J. Alves, D.J. Nowak, R. Hoehn, A. Ellis, P. Farinha-Marques, M. Cunha. 2017. Assessing mismatches in ecosystem services proficiency across the urban fabric of Porto (Portugal): the influence of structural and socioeconomic variables. *Ecosystem Services*, 23, 82-93.
- Hunziger, M., Frick, J., Bauer, N. & von Lindern, E. 2012. Das Verhältnis der Schweizer Bevölkerung zum Wald. Waldmonitoring soziokulturell: Weiterentwicklung und zweite Erhebung – WaMos 2. Birmensdorf, Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL.
- James, P., Tzoulas, K., Adams, M. D., Barber, A., Box, J. u.a. 2009. Towards an integrated understanding of green space in the European built environment. *Urban For Urban Greening* 8, 65–75.

- Jäggi, M. 2021 Tiny Forests-Miniwald: Der Wald kommt in die Stadt. *Der Gartenbau* 2021, 24 (25), 28-30.
- JardinSuisse (2018). Schweizer Qualitätsbestimmungen für Baumschulpflanzen und Stauden. Jahresversammlung der Fachgruppe Baumschulen von JardinSuisse am 1. März 2018 in Schwyz. Version 1. Zuletzt abgerufen am 10.02.2022 von https://www.jardinsuisse.ch/documents/1874/Qualitatsbestimmungen_1M%C3%A4rz2018_definitiv_d.pdf.
- Konijnendijk, C. C. 1999. Urban forestry in Europe: a comparative study of concepts, policies and planning for forest conservation, management and development in and around major European cities. Doctoral dissertation. Research Notes No. 90. Faculty of Forestry, University of Joensuu, Joensuu.
- Konijnendijk C. C. 2003. A decade of urban forestry in Europe. *For Policy Econ* 5, 173–186.
- Konijnendijk, C.C., Nilsson, K., Randrup, Th. B. & Schipperijn, J. 2005. Urban Forests and Trees: A Reference Book. Springer Science & Business Media, Luxemburg.
- Leskinen, L. A. 2004. Purposes and challenges of public participation in regional and local forestry in Finland. *For Policy Econ* 6, 605–618.
- Lösken, G. (2010). Empfehlungen für Baumpflanzungen 2 Standortvorbereitungen für Neupflanzungen: Pflanzgruben und Wurzelraumerweiterung, Bauweisen und Substrate / [Bearb.: Gilbert Lösken...]. 2. Ausg. Bonn: Forschungsges. Landschaftsentwicklung Landschaftsbau.
- Miller, R. W. 1997. Urban forestry: planning and managing urban green spaces, 2nd ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Miller, R. W., Hauer, R. J. & Werner, P. 2015. Urban Forestry: Planning and Managing Urban Greenspaces. 3. Aufl., Waveland Press, Long Grove.
- NCCS 2020. I-Tree-Welchen Wert haben die Ökosystemleistungen von städtischen Bäumen und Wäldern? Abgerufen am 13. Januar 2021 von <https://www.nccs.admin.ch/nccs/de/home/news/newsdetail.html/de/nccs/2020/news/i-tree-oekosystemleistungen-dt.html>
- Nowak, D.J., R.E. Hoehn, A.R. Bodine, E.J. Greenfield, A. Ellis, T.E. Endreny, Y. Yang, T. Zhou, R. Henry 2013. Assessing Forest Effects and Values: Toronto's Urban Forest USDA Forest Service, Northern Research Station Resource Bulletin NRS-79. Newtown Square, PA.
- Nowak, D. J., Maco, S., Binkley, M. 2018. T-Tree: Global Tools to Assess Tree Benefits and Risks to Improve Forest Management. *Arboricultural Consultant*, 51 (4), 10-13.

- Plietzsch A. (2014): Abnahme von Baumschulgehölzen – Möglichkeiten und Grenzen der Qualitätsbeurteilung. Dresdner StadtBaumtage, S. 16-31.
- Pütz, M., Schmid, S., Bernasconi, A. & Wolf, B. 2015. Urban Forestry: Definition, Trends und Folgerungen für die Waldakteure in der Schweiz. *Schweizerische Zeitung für Forstwesen*, 166 (4), 230-237.
- Pütz, M., Bernasconi, A., 2017: Urban Forestry in der Schweiz: Fünf Herausforderungen für Wissenschaft und Praxis (Essay). *Schweiz Z Forstwes*, 168, 5: 246-251.
- Randrup, T. B., Konijnendijk, C. C., Dobbertin, M. K. & Prüller, R. 2005. The Concept of Urban Forestry in Europe. *Urban Forests and Trees, A Reference Book*, 9-21.
- Rasper, R. (2018). Produktion und Herkunftssicherheit gebietseigener Gehölze für die urbane Anwendung – Ein neues Geschäftsmodell für Schweizer Baumschulen? Masterarbeit. Zürcher Hochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW), Institut für Umwelt und natürliche Ressourcen. Wädenswil.
- Rogers, K., K. Sacre, J. Goodenough, K. Doick. 2015. Valuing Lon-don's Urban Forest: Results of the London i-Tree Eco Project. Treeconomics London.
- Roloff A. (2013). Bäume in der Stadt. Stuttgart: Ulmer.
Citree Datenbank (Hrsg.) (2022). Planungsdatenbank für Gehölze im urbanen Raum. Abgerufen am 11.02.22 von <https://citree.de/>
- Samson R., Ningal T.F., Tiwary A., Grote R., Fares S., Saaroni H., Hiemstra J. A., Zhiyanski M., Vilhar U., Cariñanos P., Järvi L., Przybysz A., Moretti M., Zürcher N., (2017) Species-Specific Information for Enhancing Ecosystem Services © Springer International Publishing AG 2017 111 D. Pearlmutter et al. (eds.), *The Urban Forest*, Future City 7, DOI 10.1007/978-3-319-50280-9_12
- Schönfeld, P. (2019). «Klimabäume» - welche Arten können in Zukunft gepflanzt werden? Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau. LWG aktuell.
- Selmi, W., C. Weber, E. Rivière, N. Blond, L. Mehdi, D. Nowak. 2016. Air pollution removal by trees in public greenspace in Strasbourg city, France. *Urban Forestry and Urban Greening* 17, 192-201.
- Sitte P, Weiler EW, Kadereit JW, Bresinky A, Körner C (2002) Strasburger. Lehrbuch der Botanik. Spektrum, Heidelberg
- Slovenian Forestry Institute 2013. Cost Action FP1204. Abgerufen am 10. Januar 2021 von <https://www.gozdis.si/en/news/cost-action-fp1204-was-launched-action-for-green-infrastructure-approach> 2013-02-26/

- Stadt Luzern 2021. Erhalt von 100-jähriger Linde am Schweizerhofquai. Abgerufen am 14. Januar 2021 von <https://www.stadt Luzern.ch/projekte/weitereprojekte/38939>
- Sustainable forest initiative 2019. Project Learning Tree: teaching with i-tree. Abgerufen am 13. Januar 2021 von <https://www.plt.org/curriculum/teaching-with-itree/>
- Thieme-Hack, M. (2015). Empfehlungen für Baumpflanzungen 1 Planung, Pflanzarbeiten, Pflege / Bearb.: Martin Thieme-Hack ... 2. Ausg. 2015. Bonn: Forschungsges. Landschaftsentwicklung Landschaftsbau.
- Tzoulas, K., Korpela, K., Venn, S., Yli-Pelkonen, V., Kazmierk-Zak, A. u.a. 2007. Promoting ecosystem and human health in urban areas using green infrastructure: a literature review. *Landscape and Urban Planning* 81, 167–178.
- Wikipedia 2021. Urban Forestry. Abgerufen am 10. Januar 2021 von https://de.wikipedia.org/wiki/Urban_Forestry#cite_note-4
- Wälchli, G. 2012. Ökosystemdienstleistungen als ökonomische Strategie? i-Tree: ein Instrument für die Wertermittlung von Stadtbäumen, Zürcher hochschule für Angewandte Wissenschaften, Departement life sciences und facility management, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen.
- Zürcher N. (2017) Assessing the Ecosystem Services Deliverable: The Critical Role of the Urban Tree Inventory. In: Pearlmutter D. et al. (eds) *The Urban Forest. Future City*, Bd. 7. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50280-9_11
- Zürcher N., Andreucci M.B. (2017) Growing the Urban Forest: Our Practitioners' Perspective. In: Pearlmutter D. et al. (eds) *The Urban Forest. Future City*, Bd. 7. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-50280-9_24
- Zürcher N. (2021) In Consideration of the Tree: The Importance of Structure and Function in the Realization of Ecological Design. In: Catalano C., Andreucci M.B., et al. (eds) *Urban Services to Ecosystems. Future City*, vol 17. Springer Nature, Cham Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-030-75929-2_27
- Zürcher, N. (2022). Connecting Trees with People - Synergistic Strategies for Growing the Urban Forest. *Future City*, vol 16. Springer Nature Cham Switzerland DOI 10.1007 / 978-3-030-94534-3. ISBN 978-3-030-94533-6 ISBN 978-3-030-94534-3 (eBook)

Abbildungsverzeichnis

Titelbild: Baumportraits (Stadt – Wald – Stadtwald)

Meine Arbeit «Baumportraits» untersucht verschiedene Lebensräume in denen Bäume wachsen und leben können. Ich möchte Anhand dieser Fotoreihe unterschiedliche Umgebungen dokumentieren, in denen es Bäume gibt. Hierzu habe ich mich für Bäume im urbanen Raum, dem Stadtwald, und dem schweizerischen Nationalpark in Graubünden entschieden. Diese drei Räume zeigen für mich sehr gegensätzliche Varianten auf in welchen Umgebungen Bäume existieren. Die drei Vergleichsorte sind bewusst gewählt, da sie für mich auch die Frage behandeln, wo wir «Natur» in unserer Umwelt zulassen. Durch die exemplarische Ansicht der drei Lebensräume entsteht der Gedanke, dass wir heutzutage die «Natur» als menschengemacht oder vom Menschen bestimmt ansehen könnten. Es ist in allen drei Beispielen der Mensch, der entscheidet ob und wie die Natur aussieht, in einem Fall lässt er sie sich selbst überlassen wild sein. In der Stadt ist jeder Baum ein Teil von stadtplanerischen Überlegungen, und im Stadtwald wird durch Forstwirtschaft auf der einen Seite und Erholungsgebiet für den Menschen auf der anderen Seite über Bäume entschieden. Das Projekt war für mich eine bereichernde Erfahrung, da ich viel Zeit im Wald verbrachte und durch bewussten Fokus auf die Unterschiede, den Wald bewusster wahrgenommen habe. Wenn man genau hinschaut und sich auf die Bäume, deren Umgebung und den Boden achtet entdeckt man lauter kleine Details, die auf Eingriffe des Menschen in die Natur verweisen. Der Gegensatz des Stadtwaldes in Zürich und dem Nationalpark war frappant und sehr eindrücklich. Die Arbeit hat mich viel über die Natur nachdenken lassen und ich frage mich wie es möglich ist, dass Mensch und Natur in einem ausgewogeneren Verhältnis zueinander leben könnten.

Valentin Egli, 25.5.2020 The Tree & Me - Seminar Ömomedien – Ökodata – Ökoästhetik

ABBILDUNG 1: I-TREE TOOLS IN DER ÜBERSICHT (ITREETOOLS.ORG).....	13
ABBILDUNG 2: KICKOFF-MEETING IN DER ROMANDIE	14
ABBILDUNG 3: TRAININGSTAG IN ZÜRICH MIT FELDLLEITFADEN	14
ABBILDUNG 4: DESIGNENTWURF FÜR DIE PROJEKTPERIMETER IN DEN PARTNERSTÄDTEN UND KANTONEN ...	15
ABBILDUNG 5: KLIMATABELLEN DER REGIONEN IN DENEN DIE I-TREE BAUMDATEN ERHOBEN WURDEN. (METEOSCHWEIZ 2021).....	18
ABBILDUNG 6: MATRIX ZUR DARSTELLUNG DER MULTIFUNKTIONALITÄT DES KONZEPTS URBAN FORESTRY (RANDRUP ET AL. 2005).....	24
ABBILDUNG 7: AKTEURE UND EINFLUSSBEREICHE DES URBAN FORESTRY MODELLS (RANDRUP ET AL. 2005).	25
ABBILDUNG 8: GLOBALE NUTZUNG DER SOFTWARE I-TREE (NOWAK ET AL. 2018).	28
ABBILDUNG 9: WELTWEITE I-TREE ECO PROJEKTE (NOWAK ET AL. 2018).....	28
ABBILDUNG 10: VISUALISIERUNGSBEISPIEL FÜR DIE KOHLENSTOFFSPEICHERUNG DURCH BÄUME (QUELLE: EIGENE DARSTELLUNG).....	35
ABBILDUNG 11: VISUALISIERUNGSBEISPIEL FÜR DIE ÖKOSYSTEMLEISTUNG REDUKTION OBERFLÄCHENABFLUSS (QUELLE: EIGENE DARSTELLUNG).....	36
ABBILDUNG 12: VISUALISIERUNGSBEISPIEL FÜR DIE ÖKOSYSTEMLEISTUNG FEINSTAUBREDUKTION (QUELLE: EIGENE DARSTELLUNG).....	37
ABBILDUNG 13: VISUALISIERUNGSBEISPIEL FÜR DIE ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN VON ZWEI WÄLDERN (QUELLE: EIGENE DARSTELLUNG); EINEN GROSSEN EINFLUSS AUF DIE QUANTITÄTEN DER WALD- ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN HABEN DIE BAUMARTENZUSAMMENSETZUNG, ENTWICKLUNGSSTUFE SOWIE DER KRONENZUSTAND. WILL MAN DEN EINFLUSS DIESER FAKTOREN GEZIELT UNTERSUCHEN, BEDARF ES VERGLEICHBARER WÄLDER, DIE SICH IN NUR EINEM DIESER PARAMETER GRUNDSÄTZLICH UNTERSCHIEDEN.	39
ABBILDUNG 14: DIE VERTEILUNGEN DER BRUSTHÖHENDURCHMESSER BHD DER AUFGENOMMENEN BÄUME IN DEN PROJEKTPERIMETERN DER PARTNERSTÄDTE.....	42
ABBILDUNG 15: DIE GESAMTEN ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN ALLER BÄUME IN DEN ERFASSTEN GEBIETEN GRAFISCH DARGESTELLT.	44
ABBILDUNG 16: VERGLEICH ZWEIER ROSSKASTANIEN (<i>AESCULUS HIPPOCASTANUM</i>) IM STRATUM PARK IN LUZERN MIT UNTERSCHIEDLICHER GRÖSSE UND VERGLEICHBARER VITALITÄT.....	46
ABBILDUNG 17: ACER PSEUDOPLATANUS IM STRATUM PARK IN BERN.....	47
ABBILDUNG 18: DAS POSTER „BLATTWUNDER“ ZEIGT AUF WIE VIEL WASSER EINE JUGLANS NIGRA ZURÜCKHÄLT UND WAS SIE MIT IHRER FOTOSYNTHESE LEISTET.	49
ABBILDUNG 19: DAS POSTER «WELLNESS» ZEIGT DIE ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN ALLER BÄUME IM ROSENFELDPARK.....	50
ABBILDUNG 20: DAS POSTER „STADTHELFER“ ZEIGT AUF WAS DIE 259 BÄUME UM DIE ST. JAKOB STRASSE LEISTEN. SO HABEN DIE BÄUME CO ₂ GEBUNDEN WELCHE JÄHRLICH VON RUND 120 AUTOS AUSGESTOSSEN WERDEN.	51
ABBILDUNG 21: POSTER DER IN DER ZÜRCHER BAUMAUSSTELLUNG PRÄSENTIERTEN I-TREE DATEN UND DEREN UMRECHNUNG (GRÜN STADT ZÜRICH 2021)	56

ABBILDUNG 22: VORSCHLAG FÜR EINE UMFASSENDE BONITUR DES EIGENEN URBAN FORESTS UND DIE ZUGEHÖRIGEN DATEN (ZÜRCHER N., 2017, ANGEPASST 2020).....	68
---	----

Tabellenverzeichnis

TABELLE 1: ELEMENTE DES URBAN FOREST NACH PÜTZ UND BERNASCONI 2017 – MODIFIZIERT NACH SALUZ A., ZÜRCHER N., BERNASCONI A.	26
TABELLE 2: ÜBERSICHT ÜBER AUSGEWÄHLTE ÖKOSYSTEMLEISTUNGEN PRO STRATUM ALLER PARTNERSTÄDTE:	45
TABELLE 3: INFORMATIONEN, VORTRÄGE, PRODUKTE UND INITIATIVEN DIE AUSSERHALB DES PROJEKTES F-10 DURCHGEFÜHRT WURDEN ODER WERDEN.....	63

Anhang

Alle Dokumente sind auf der Projekthomepage (www.zhaw.ch/i-tree) abrufbar.

Anhang I

Feldleitfaden Deutsch

iTree Eco - Feldleitfaden für Vollerhebungen*

Was ist ein Baum?
Welche Gehölze werden wann gemessen?
 Bei Vollerhebungen werden nur Gehölze von Baumart gemessen, die einen BHD $\geq 2.54\text{cm}$ aufweisen.
 Straucharten werden nicht gemessen.

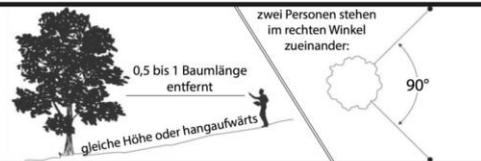
Strassenbaum [Street Tree]
 Ein Strassenbaum ist üblicherweise ein an öffentlichen Wegen gepflanzter Baum, der sich entlang von Strassen zwischen Bordstein und Infrastrukturen befindet.

* März 2021
 Parameter gemäss i-Tree Eco Benutzer- und Feldhandbuch, Version 6

<p>BHD-Messung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Höhe des BHD [height DBH] Angabe der BHD-Messhöhe; nach Möglichkeit wird auf 1.3m gemessen • Messung Der BDH wird mittels Kreuzmessung erfasst und die Werte gemittelt; alternativ kann ein BDH-Messband benutzt werden. • Spezialfälle in der Abbildung. 	
<p>Mehrstämmige Bäume [multistem trees]</p> <ul style="list-style-type: none"> • Liegt der Punkt der Marktrennung über dem Boden (Abb. links), wird die Pflanze als ein einziger Baum betrachtet. Der BHD jedes einzelnen Stammes (max. 6) wird separat gemessen; • Liegt der Punkt der Marktrennung unter dem Boden (Abb. Mitte und rechts), wird jeder Stamm als ein separater Baum betrachtet. 	
<p>Gesamtbaumhöhe [Total tree height] Gemessen ab Boden bis zur Baumspitze (lebend oder tot) = Oberkante von Y in der Abbildung.</p>	
<p>Lebende Baumhöhe [Live tree height] Gemessen ab Boden bis zum Ende der lebenden Kronenspitze = Oberkante von X in der Abbildung. Die Summe der Höhe von Kronenansatz und lebender Krone (Linie X in Abbildung) ergibt die Höhe des lebenden Baumes.</p>	
<p>Kronenansatz [Crown base height] Höhe ab Boden bis zum lebenden Kronenansatz; gemessen auf Höhe des grünen Laubes. Reiterationstriebe / Klebäste: Werden nicht einbezogen, sofern sie sich unterhalb des eigentlichen Kronenansatzes befinden.</p>	

Betrachtung der Krone

Für die Messung der Kronenparameter ist eine Betrachtung der Krone erforderlich, wie sie in der Abbildung dargestellt ist.



Kronenbreite [Crown width]

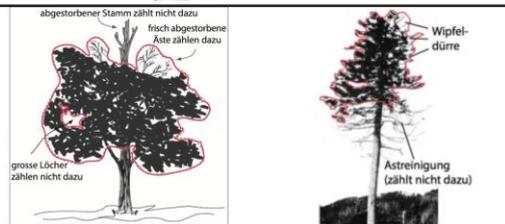
Messung der lebenden Kronenbreite in zwei Richtungen (auf 0.1 m genau):

- Nord-Süd (N-S) und Ost-West (O-W)
- Tote Bäume erhalten - 1.



Wipfeldürre % [Crown Health / dieback %]

Totanteil im oberen und äusseren Teil der lebenden Krone (ohne natürliche Astreinigung durch eigene Kronenkonkurrenz oder eigene Beschattung des unteren Kronenbereiches) inkl. Beschattungseffekte durch andere Bäume oder Gebäude.

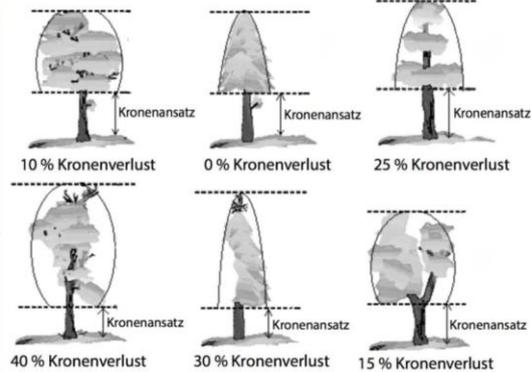


Kronenverlust % /Fehlender Kronenanteil [Crown % missing]

• Messen Sie den Prozentsatz des gesamten Kronenvolumens, der nicht von Ästen und Blättern besetzt ist (siehe Abbildung 'Betrachtung der Krone')

• Visualisieren Sie den Kronenumriss der Baumart, als wäre er in ausgezeichnetem Zustand und zwar basierend auf den Messungen der Gesamtbaumhöhe, der lebenden Krone und der Höhe des Kronenansatzes. Schätzen sie den Prozentsatz des Kronenverlustes, der durch Baumschnittmassnahmen, Wipfeldürre, Nadel- oder Blattverluste, ungleichmässige Krone oder Blattanomalien verursacht ist. Normale innere Kronenlücken aufgrund der Selbstbeschattung werden nicht gezählt.

• Reduzieren Sie den prozentualen Kronenverlust um jenen Anteil der Reiterationstriebte, der sich unterhalb der lebenden Krone befindet.

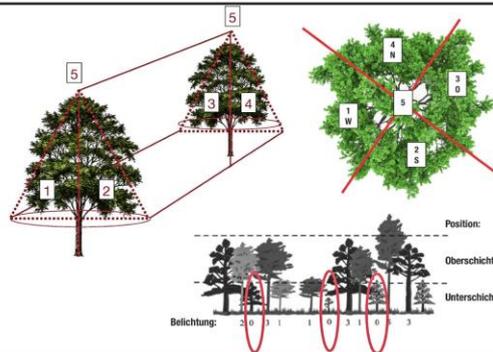


Lichtexposition Krone [CLE]

Anzahl der Seiten der Baumkrone, die bei senkrechtem Sonnenstand direktes Licht von oben oder der Seite empfangen (maximal 5).

Teilweise belichtete Segmente werden NICHT gezählt, wenn die zu messende Baumseite:

- durch Objekte oder andere Bäume (z.B. im Wald) überragt wird
- innerhalb der Kronenbreite an Gebäude grenzt und nicht grösser als diese ist.



Richtung und Entfernung zu Gebäuden [Building direction & distance] werden erfasst, für:

Erfassen Sie, ob der zu messende Baum diese Bedingungen erfüllt:

- Baumhöhe: $\geq 6.1\text{m}$; Gebäudehöhe: ≤ 3 Stockwerke / Etagen
- Gebäude ist innerhalb von 18.3m zu dem gemessenen Baum, heizbar und / oder klimatisiert; Wohnhäuser (Mehrfamilienhäuser werden als ein Gebäude behandelt)

i-Tree Eco – Field guide for complete inventories*

What is a tree?

For complete inventories, the only woody plants that are measured are tree species that have a DBH $\geq 1" / 2.54\text{cm}$.
Shrub species are not measured.

What is a Street Tree?

Street tree classification can vary. It is usually a tree planted along public roads, located between the curb and built infrastructure.

* March 2021

Parameters based on i-Tree Eco Field Manual version 6

DBH Measurement

• Height DBH

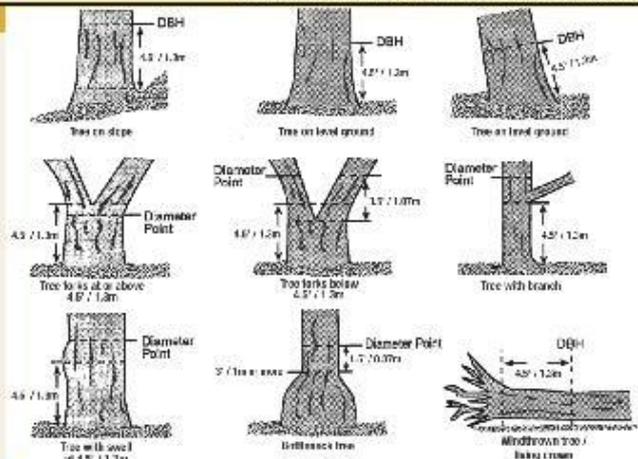
Height at which stem diameter is measured: 4.5' / 1.3m above planting grade

• DBH

Stem diameter measurement using a diameter tape

• DBH Special Cases

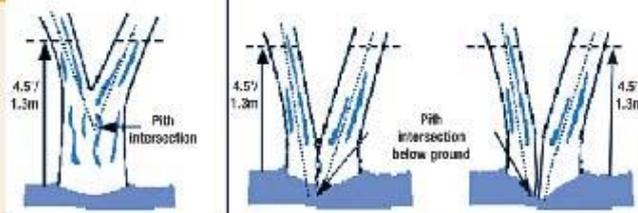
as per the illustration.



Measuring DBH in multi-stemmed trees

• If the point of pith separation is above planting grade (illustration: left), the plant is considered as a single tree; DBH of each stem (6 maximum) is recorded individually;

• if the pith union is below planting grade (illustration: center and right), each stem is considered as a separate tree.



Total tree height

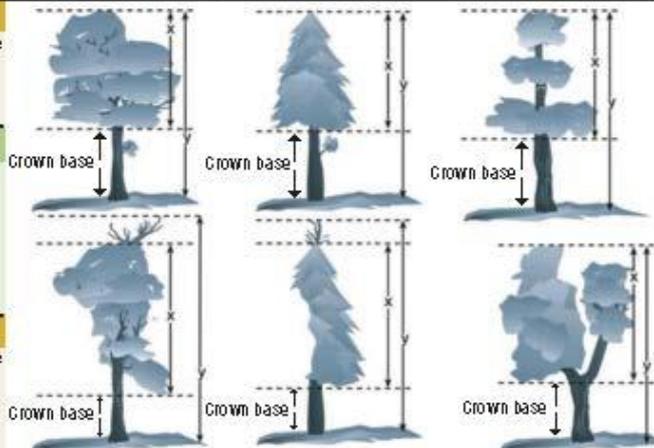
Measured from planting grade / ground to the top of the tree, alive or dead (per upper end of line Y in illustration),

Live tree height

The sum of crown base + live crown height (line X in illustration). Measured from planting grade / ground to the top of the LIVE crown (per upper end of line X in illustration),

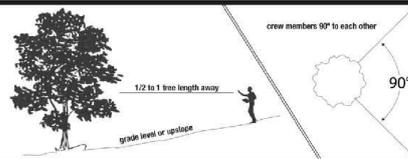
Height to Crown Base

Measured from planting grade / ground to the base of the live crown's foliage (per Crown base line in illustration). Epicormic shoots below this line will be covered in percent canopy missing



Viewing the Crown

Crown measurements require viewing the crown as illustrated



Crown width

Measure the live crown width to nearest 1' / .1m in two directions:

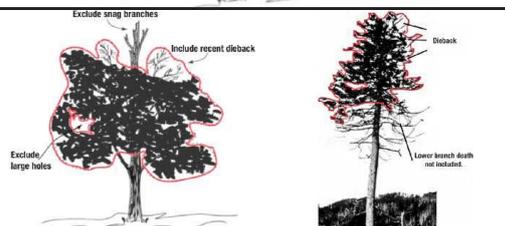
- north-south, east-west
- record dead trees as -1



Crown Health: Percent dieback

Assess the percent of the upper/ outer portion of the tree's crown that has died back and is dead.

Lower branch death from shading/ competition not included

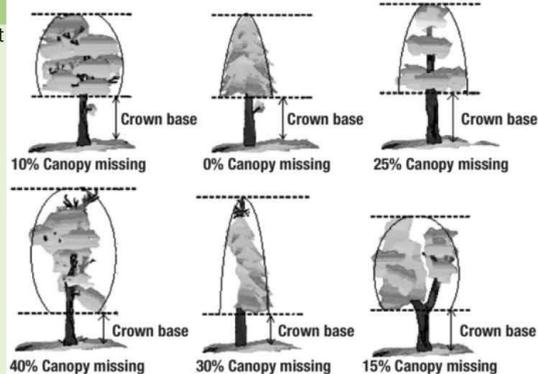


Percent Crown Missing

Measure the percent of the entire crown volume that is not occupied by branches and leaves (per Viewing the Crown illustration).

Visualize the healthy tree species in excellent condition with an outline based on total tree, live crown & crown base height measurements. In a forest, consider the natural crown shape for the species. Estimate the percent missing caused by pruning, dieback, defoliation, uneven crown and/ or dwarf or sparse foliage. Exclude inner canopy voids caused by self shading.

Reduce percent missing by percent of epicormic shoots located below the live crown.

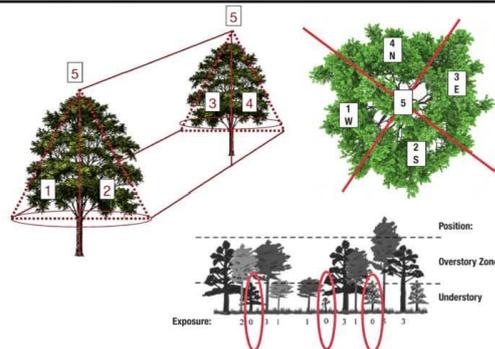


Crown Light Exposure [CLE]

Number of sides of the tree crown that receive direct light to either the top of the tree or each of its sides when the sun is directly overhead (maximum 5).

For each of the 5 sides, the side is excluded if light is obstructed by an adjacent tree's crown or a building:

- causing the overtopping of the side being viewed;
- the adjacent object is within one crown width from the measured tree's stem and is at least as tall as the tree being measured.



Building direction (azimuth in degrees) and distance (shortest from tree to closest part of building)

Record if tree being measured meets these conditions:

- tree height: $\geq 20'$ / 6.1m; building height: ≤ 3 floors / stories;
- building is within $60'$ / 18.3m of tree being measured, heated and / or air-conditioned; residential (multi-occupancy treated as one building)

i-Tree Eco – Guide de terrain pour les inventaires*

Qu'est-ce qu'un arbre?

Pour les inventaires complets, les seules plantes ligneuses mesurées sont les espèces d'arbres ayant un DHP $\geq 1'' / 2.54\text{cm}$.
Les espèces d'arbustes ne sont pas mesurées.

Qu'est-ce qu'un arbre de rue (Street Tree)?

Un arbre de rue est habituellement un arbre planté le long des voies publiques se trouvant entre le trottoir et les infrastructures construites.

* Octobre 2021

Paramètres basés sur i-Tree Eco Field Manual version 6

Mesure du DHP

• Hauteur du DHP

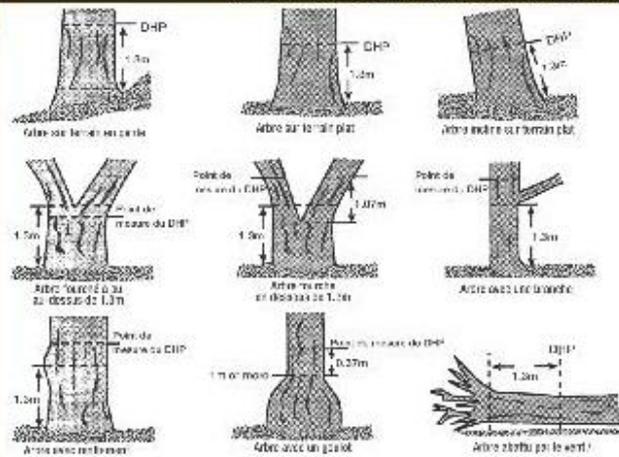
Hauteur à laquelle le diamètre du tronc est mesuré: 1.3m au-dessus du niveau de plantation

• DHP

Mesure du diamètre du tronc en utilisant un mètre ruban

• Cas spéciaux de DHP

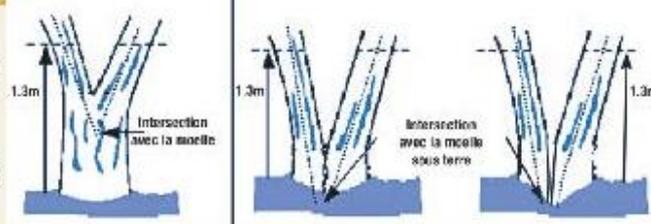
Selon l'illustration.



Mesurer le DHP des arbres à troncs multiples

• Si le point de séparation avec la moelle se situe au-dessus du niveau de plantation (illustration: gauche), la plante est considérée comme un arbre isolé; DHP de chaque tige (max. 6) est saisi individuellement;

• Si l'union de la moelle se situe au-dessous du niveau de plantation (illustration: centre et droite), chaque tronc est considéré comme un arbre séparé.



Hauteur totale de l'arbre

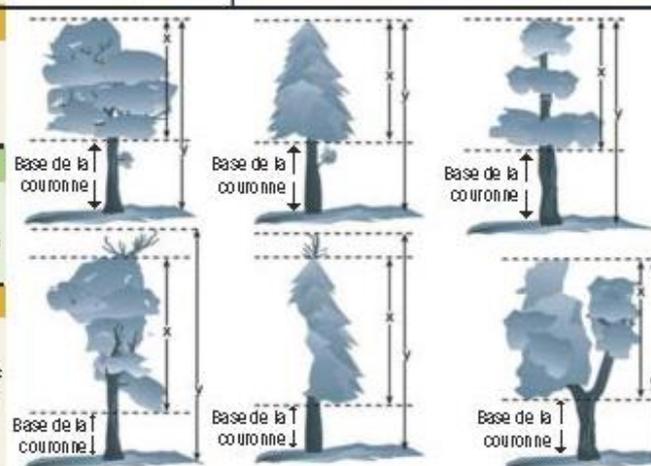
Mesurée depuis le niveau de plantation/ du sol jusqu'à la cime (vivante ou morte) de l'arbre (extrémité supérieure de la ligne Y dans l'illustration).

Hauteur de l'arbre vivant

Mesurée depuis le niveau de plantation/ du sol jusqu'au sommet de la couronne VIVANTE (la somme de la base de la couronne + la hauteur de la couronne vivante (ligne X dans l'illustration))

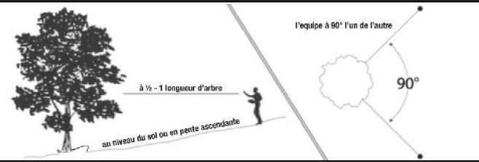
Hauteur de la base de la couronne

Mesurée depuis le niveau de plantation/ du sol jusqu'à la base du feuillage vivant de la couronne (selon la ligne « base de la couronne » dans l'illustration). Les pousses épiphytiques situées en-dessous de cette ligne seront prises en compte dans le pourcentage de la couronne manquante



Visualisation de la couronne

Mesures de la couronne requièrent de visualiser la couronne comme illustré



Largeur de la couronne

Mesure de la largeur de la couronne vivante à 0.1m près dans deux directions :

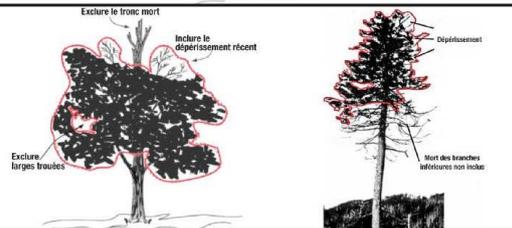
- Nord-sud, est-ouest
- Saisir les arbres morts comme -1



Etat de la couronne: Dépérissement

Évaluer le pourcentage de la partie supérieure/ extérieure de la couronne de l'arbre qui dépérit et qui est morte.

La mort des branches inférieures due à l'ombrage/ à la concurrence n'est pas incluse.

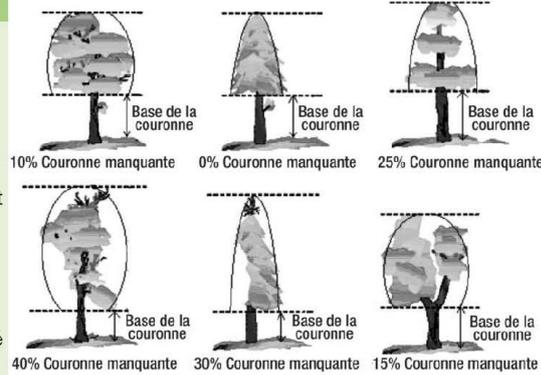


Pourcentage de la couronne manquante

Mesurez le pourcentage du volume total de la couronne qui n'est pas occupé de branches et feuilles (voir l'illustration sur la visualisation de la couronne).

Visualisez l'espèce d'arbre sain dans d'excellentes conditions avec un contour basé sur les mesures de hauteur totale de l'arbre, hauteur du sommet vivant et de la base de la couronne. Estimez le pourcentage manquant causé par l'élagage, le dépérissement, la défoliation, l'irrégularité de la couronne et/ou feuillage petit ou clairsemé. Exclure les vides de la canopée intérieure causés par l'auto-ombrage.

Réduisez le pourcentage manquant par le pourcentage de pousses épïcormiques sous la couronne vivante.

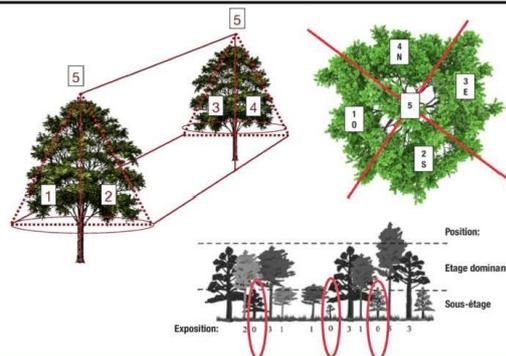


Exposition de la couronne à la lumière

Nombre de côtés de la couronne recevant de la lumière directe soit par le sommet de l'arbre soit par chacun de ses côtés quand le soleil est haut dans le ciel (max. 5).

Pour chacun de ces 5 côtés, le côté est exclu si la lumière est obstruée par la couronne d'un arbre adjacent ou bâtiment:

- dépassant en hauteur le côté observé;
- l'objet adjacent étant à une largeur de couronne près du tronc de l'arbre mesuré et au moins aussi haut que l'arbre mesuré



Direction du bâtiment (azimut en degrés) et distance (la plus courte de l'arbre au bâtiment)

Saisir si l'arbre mesuré remplit ces conditions:

- hauteur de l'arbre : $\geq 6.1m$; hauteur du bâtiment : ≤ 3 étages;
- le bâtiment se trouve à moins de 18,3 m de l'arbre mesuré, chauffé et/ou climatisé ; résidentiel (occupation multiple traitée comme un seul bâtiment)

Erläuterungsblatt - Auszug aus dem i-Tree Manual mit ergänzenden Informationen

Informationen zur Erhebung der Messgrößen (weitere Informationen siehe Feldeinfaden [cheat sheet] oder im Manual)

Tote Bäume [dead] werden wie folgt erfasst:	<input type="checkbox"/> Gesamtbaumhöhe und BDH → direkt messen <input type="checkbox"/> Höhe lebende Kronenspitze <input type="checkbox"/> Höhe Kronenansatz, <input type="checkbox"/> Kronenbreite und <input type="checkbox"/> Lichtexposition der Krone <input type="checkbox"/> Kronenverlust und Wipfeldürre → 100%																												
i-Tree Baum ID	i-Tree spezifische Baum-ID -> Felder freilassen - wird beim Einlesen in die i-Tree Software automatisch vergeben.																												
Nutzer Baum ID	Nutzer-spezifische Baum-ID, z.B. aus bestehenden Inventaren etc. --> kann in i-Tree Software zusätzlich eingebaut werden																												
Stratum [strata]	Stratum, in die das Untersuchungsgebiet für die Analyse unterteilt wird (z.B. nach Landnutzung, Quartieren)																												
Status [status]	<table border="1"> <tr> <td>Pflanzung (P) [Planted]:</td> <td>Der Baum wurde gepflanzt.</td> </tr> <tr> <td>Naturverjüngung (I) [Ingrowth]:</td> <td>Der Baum hat sich selbst ausgesät.</td> </tr> <tr> <td>Unbekannt (U) [Unknown]:</td> <td>Pflanzung oder Naturverjüngung kann nicht bestimmt werden.</td> </tr> </table> <p><i>Hinweis:</i> --> bei Folgeaufnahmen werden diese Kategorien um zusätzliche Kategorien erweitert, siehe Manual</p>	Pflanzung (P) [Planted]:	Der Baum wurde gepflanzt.	Naturverjüngung (I) [Ingrowth]:	Der Baum hat sich selbst ausgesät.	Unbekannt (U) [Unknown]:	Pflanzung oder Naturverjüngung kann nicht bestimmt werden.																						
Pflanzung (P) [Planted]:	Der Baum wurde gepflanzt.																												
Naturverjüngung (I) [Ingrowth]:	Der Baum hat sich selbst ausgesät.																												
Unbekannt (U) [Unknown]:	Pflanzung oder Naturverjüngung kann nicht bestimmt werden.																												
Baumart [tree species]	Identifizierung: Tote Bäume werden nur stehend (auch schräggehend) erhoben. Die Gattung oder Art sollte nach Möglichkeit identifiziert werden. siehe Manual für zusätzliche Informationen zur Dokumentation nicht bekannter/identifizierbarer Arten																												
Landnutzung [land use]	<p><u>Allgemeine Hinweise:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Entscheidend ist nicht die Nutzungszone sondern die tatsächliche Nutzung bei gemischten Nutzungen wird die vorherrschende Nutzung erfasst, resp. die Nutzung, die den Grossteil des Fussverkehrs ausmacht. Möglicherweise nimmt dieser nicht immer den Grossteil des Platzes im Gebäude in Anspruch. Zum Beispiel ein Gebäude, welches in der ersten Etage kommerziell genutzt wird und ebenfalls Wohnungen in den oberen Etagen besitzt, würde als kommerziell / industriell (C) eingestuft werden <table border="1"> <tr> <td>Öffentliche Einrichtungen (I) [Institutional]:</td> <td>Schulen, Spitäler / Gesundheitszentren, Hochschulen/Universitäten, religiöse Gebäude, Regierungsgebäude usw. (Hinweis: Wenn ein Grundstück grosse unbewirtschaftete Flächen enthält (z.B. für eine weitere Überbauung oder aus anderen Gründen), ordnen Sie die Fläche als 'Vakant' zu. Kleine Waldinseln in bewirtschafteten Flächen würden als 'Öffentliche Einrichtung' gelten.)</td> </tr> <tr> <td>Gewerbe / Industrie (C) [commercial/industrial]:</td> <td>Land, das für gewerbliche Tätigkeiten genutzt wird, einschliesslich Einzelhandel, Dienstleistungen und Bürogebäude [professionell business]. Umfasst auch industrielle Standardnutzungen, wie z. B. Produktion oder Verarbeitung, Aussenlagerplätze / Baustelleneinrichtungsplätze [staging] sowie Parkplätze in Innenstädten, die nicht mit einer institutionellen oder wohnbedingten Nutzung in Zusammenhang stehen.</td> </tr> <tr> <td>Mehrfamilienhaus (M) [Multi-family residential]:</td> <td>Gebäude mit >4 Wohneinheiten. (Hinweis: Ein Wohnkomplex bestehend aus mehreren zusammenhängenden kleinen Wohneinheiten (1-4 Wohnungen) wird als Mehrfamilienhaus betrachtet. Ein Wohnkomplex, der aus vielen separaten 1-4 Wohneinheiten und den dazugehörigen Grünflächen besteht, wird ebenfalls als Mehrfamilienhaus betrachtet.)</td> </tr> <tr> <td>Wohnhäuser (R) [residential]:</td> <td>Freistehende Gebäude mit 1 – 4 Wohneinheiten</td> </tr> <tr> <td>Park (P)</td> <td>Umfasst Pärke sowohl in bewirtschafteten sowie unbewirtschafteten Flächen (Hinweis: Bewaldete Flächen lassen sich am besten der Landnutzung 'Wald' zuordnen).</td> </tr> </table> <hr/> <table border="1"> <tr> <td>Wälder (F) [forest]:</td> <td>Bewirtschaftete oder unbewirtschaftete Flächen, die mit Bäumen bedeckt und von ihnen dominiert sind - hier sind mit Bäumen bestockte Flächen gemeint, welche Waldcharakter aufweisen (unabhängig ihrer rechtlichen Zuteilung. (Hinweis: Gleichmässig aufgebaute Wälder, die als Plantagen bewirtschaftet werden (z.B. Kurzumtriebsplantagen) und Baumschulen werden am besten als Landnutzungs-kategorie 'Landwirtschaft' kategorisiert))</td> </tr> </table> <hr/> <table border="1"> <tr> <td>Trans-<u>port</u> (T)</td> <td>bezieht sich auf nicht zugängliche Transportinfrastruktur, z.B. Autobahn, Gleise, Flughafen etc. – alle zugänglichen Strassen (inkl. Grünstreifen) etc. werden der nächstgelegenen Nutzung zugeordnet)</td> </tr> <tr> <td>Versorgungsanlage (U) [utility]:</td> <td>Umfasst Stromanlagen, Abwasseraufbereitungsanlagen, verdeckte und nicht abgedeckte Reservoirs, leere Rückhaltebereiche für Regenwasser, Hochwasserschutzkanäle und Leitungen.</td> </tr> <tr> <td>Landwirtschaft (A) [agriculture]:</td> <td>Kulturland, Wiesen und Weiden, Obstplantagen, Weinberge, Baumschulen, Bauernhöfe und zugehörige Gebäude sowie Baumpflanzungen (z.B. Kurzumtriebsplantagen), die nach landwirtschaftlichen Grundsätzen bewirtschaftet werden.</td> </tr> <tr> <td>Gewässer (W) [water/wetland]:</td> <td>Bäche, Flüsse, Seen und andere Gewässer, natürlich oder verbaut. (Hinweis: Kleine Schwimmbäder und Springbrunnen sollten anhand der angrenzenden Landnutzung klassifiziert werden.)</td> </tr> <tr> <td>Friedhöfe (E) [cemetery]:</td> <td>Beinhaltet auch alle kleineren nicht-gepflegten Flächen innerhalb eines Friedhofs.</td> </tr> <tr> <td>Golfplatz (G) [Golf course]:</td> <td>Umfasst das gesamte Gelände, egal ob dieses gepflegt wird oder nicht.</td> </tr> <tr> <td>Vakant/ unbestimmt (V) [vacant]:</td> <td>Beinhaltet Land ohne eindeutigen Verwendungszweck (Hinweis: Verlassene und leerstehende Gebäude sollten nach ihrem ursprünglich vorgesehenen Verwendungszweck klassifiziert werden).</td> </tr> <tr> <td>Andere (O) [other]:</td> <td>Landnutzung, die nicht in eine der aufgeführten Klassen fällt. (Hinweis: Diese Bezeichnung sollte sparsam verwendet werden, da sie nur wenige nützliche Informationen für das Modell enthält.) Erklären Sie mehr dazu in Ihren Bemerkungen.</td> </tr> </table> <p><i>Hinweis:</i> Eco benutzt die Werte, um Anpassungen am Modell vorzunehmen, welche auf den Unterschieden bezüglich Baumwachstum und der monetären Bewertung (valuation characteristic) beruhen und im Zusammenhang mit den vorgegebenen Default-Landnutzungs-klassen stehen. Zum Beispiel: Ein Baum, welcher in der Landnutzungs-kategorie 'Transport' (z.B. Autobahn) steht, besitzt eine andere Wachstumsrate, als ein Baum auf einem Golfplatz oder in einem Wohngebiet. Deswegen müssen jegliche nutzerdefinierten Landnutzungs-klassen einer der vorgegebenen Eco Default-Landklassen zugeordnet werden.</p>	Öffentliche Einrichtungen (I) [Institutional]:	Schulen, Spitäler / Gesundheitszentren, Hochschulen/Universitäten, religiöse Gebäude, Regierungsgebäude usw. (Hinweis: Wenn ein Grundstück grosse unbewirtschaftete Flächen enthält (z.B. für eine weitere Überbauung oder aus anderen Gründen), ordnen Sie die Fläche als 'Vakant' zu. Kleine Waldinseln in bewirtschafteten Flächen würden als 'Öffentliche Einrichtung' gelten.)	Gewerbe / Industrie (C) [commercial/industrial]:	Land, das für gewerbliche Tätigkeiten genutzt wird, einschliesslich Einzelhandel, Dienstleistungen und Bürogebäude [professionell business]. Umfasst auch industrielle Standardnutzungen, wie z. B. Produktion oder Verarbeitung, Aussenlagerplätze / Baustelleneinrichtungsplätze [staging] sowie Parkplätze in Innenstädten, die nicht mit einer institutionellen oder wohnbedingten Nutzung in Zusammenhang stehen.	Mehrfamilienhaus (M) [Multi-family residential]:	Gebäude mit >4 Wohneinheiten. (Hinweis: Ein Wohnkomplex bestehend aus mehreren zusammenhängenden kleinen Wohneinheiten (1-4 Wohnungen) wird als Mehrfamilienhaus betrachtet. Ein Wohnkomplex, der aus vielen separaten 1-4 Wohneinheiten und den dazugehörigen Grünflächen besteht, wird ebenfalls als Mehrfamilienhaus betrachtet.)	Wohnhäuser (R) [residential]:	Freistehende Gebäude mit 1 – 4 Wohneinheiten	Park (P)	Umfasst Pärke sowohl in bewirtschafteten sowie unbewirtschafteten Flächen (Hinweis: Bewaldete Flächen lassen sich am besten der Landnutzung 'Wald' zuordnen).	Wälder (F) [forest]:	Bewirtschaftete oder unbewirtschaftete Flächen, die mit Bäumen bedeckt und von ihnen dominiert sind - hier sind mit Bäumen bestockte Flächen gemeint, welche Waldcharakter aufweisen (unabhängig ihrer rechtlichen Zuteilung. (Hinweis: Gleichmässig aufgebaute Wälder, die als Plantagen bewirtschaftet werden (z.B. Kurzumtriebsplantagen) und Baumschulen werden am besten als Landnutzungs-kategorie 'Landwirtschaft' kategorisiert))	Trans-<u>port</u> (T)	bezieht sich auf nicht zugängliche Transportinfrastruktur, z.B. Autobahn, Gleise, Flughafen etc. – alle zugänglichen Strassen (inkl. Grünstreifen) etc. werden der nächstgelegenen Nutzung zugeordnet)	Versorgungsanlage (U) [utility]:	Umfasst Stromanlagen, Abwasseraufbereitungsanlagen, verdeckte und nicht abgedeckte Reservoirs, leere Rückhaltebereiche für Regenwasser, Hochwasserschutzkanäle und Leitungen.	Landwirtschaft (A) [agriculture]:	Kulturland, Wiesen und Weiden, Obstplantagen, Weinberge, Baumschulen, Bauernhöfe und zugehörige Gebäude sowie Baumpflanzungen (z.B. Kurzumtriebsplantagen), die nach landwirtschaftlichen Grundsätzen bewirtschaftet werden.	Gewässer (W) [water/wetland]:	Bäche, Flüsse, Seen und andere Gewässer, natürlich oder verbaut. (Hinweis: Kleine Schwimmbäder und Springbrunnen sollten anhand der angrenzenden Landnutzung klassifiziert werden.)	Friedhöfe (E) [cemetery]:	Beinhaltet auch alle kleineren nicht-gepflegten Flächen innerhalb eines Friedhofs.	Golfplatz (G) [Golf course]:	Umfasst das gesamte Gelände, egal ob dieses gepflegt wird oder nicht.	Vakant/ unbestimmt (V) [vacant]:	Beinhaltet Land ohne eindeutigen Verwendungszweck (Hinweis: Verlassene und leerstehende Gebäude sollten nach ihrem ursprünglich vorgesehenen Verwendungszweck klassifiziert werden).	Andere (O) [other]:	Landnutzung, die nicht in eine der aufgeführten Klassen fällt. (Hinweis: Diese Bezeichnung sollte sparsam verwendet werden, da sie nur wenige nützliche Informationen für das Modell enthält.) Erklären Sie mehr dazu in Ihren Bemerkungen.
Öffentliche Einrichtungen (I) [Institutional]:	Schulen, Spitäler / Gesundheitszentren, Hochschulen/Universitäten, religiöse Gebäude, Regierungsgebäude usw. (Hinweis: Wenn ein Grundstück grosse unbewirtschaftete Flächen enthält (z.B. für eine weitere Überbauung oder aus anderen Gründen), ordnen Sie die Fläche als 'Vakant' zu. Kleine Waldinseln in bewirtschafteten Flächen würden als 'Öffentliche Einrichtung' gelten.)																												
Gewerbe / Industrie (C) [commercial/industrial]:	Land, das für gewerbliche Tätigkeiten genutzt wird, einschliesslich Einzelhandel, Dienstleistungen und Bürogebäude [professionell business]. Umfasst auch industrielle Standardnutzungen, wie z. B. Produktion oder Verarbeitung, Aussenlagerplätze / Baustelleneinrichtungsplätze [staging] sowie Parkplätze in Innenstädten, die nicht mit einer institutionellen oder wohnbedingten Nutzung in Zusammenhang stehen.																												
Mehrfamilienhaus (M) [Multi-family residential]:	Gebäude mit >4 Wohneinheiten. (Hinweis: Ein Wohnkomplex bestehend aus mehreren zusammenhängenden kleinen Wohneinheiten (1-4 Wohnungen) wird als Mehrfamilienhaus betrachtet. Ein Wohnkomplex, der aus vielen separaten 1-4 Wohneinheiten und den dazugehörigen Grünflächen besteht, wird ebenfalls als Mehrfamilienhaus betrachtet.)																												
Wohnhäuser (R) [residential]:	Freistehende Gebäude mit 1 – 4 Wohneinheiten																												
Park (P)	Umfasst Pärke sowohl in bewirtschafteten sowie unbewirtschafteten Flächen (Hinweis: Bewaldete Flächen lassen sich am besten der Landnutzung 'Wald' zuordnen).																												
Wälder (F) [forest]:	Bewirtschaftete oder unbewirtschaftete Flächen, die mit Bäumen bedeckt und von ihnen dominiert sind - hier sind mit Bäumen bestockte Flächen gemeint, welche Waldcharakter aufweisen (unabhängig ihrer rechtlichen Zuteilung. (Hinweis: Gleichmässig aufgebaute Wälder, die als Plantagen bewirtschaftet werden (z.B. Kurzumtriebsplantagen) und Baumschulen werden am besten als Landnutzungs-kategorie 'Landwirtschaft' kategorisiert))																												
Trans-<u>port</u> (T)	bezieht sich auf nicht zugängliche Transportinfrastruktur, z.B. Autobahn, Gleise, Flughafen etc. – alle zugänglichen Strassen (inkl. Grünstreifen) etc. werden der nächstgelegenen Nutzung zugeordnet)																												
Versorgungsanlage (U) [utility]:	Umfasst Stromanlagen, Abwasseraufbereitungsanlagen, verdeckte und nicht abgedeckte Reservoirs, leere Rückhaltebereiche für Regenwasser, Hochwasserschutzkanäle und Leitungen.																												
Landwirtschaft (A) [agriculture]:	Kulturland, Wiesen und Weiden, Obstplantagen, Weinberge, Baumschulen, Bauernhöfe und zugehörige Gebäude sowie Baumpflanzungen (z.B. Kurzumtriebsplantagen), die nach landwirtschaftlichen Grundsätzen bewirtschaftet werden.																												
Gewässer (W) [water/wetland]:	Bäche, Flüsse, Seen und andere Gewässer, natürlich oder verbaut. (Hinweis: Kleine Schwimmbäder und Springbrunnen sollten anhand der angrenzenden Landnutzung klassifiziert werden.)																												
Friedhöfe (E) [cemetery]:	Beinhaltet auch alle kleineren nicht-gepflegten Flächen innerhalb eines Friedhofs.																												
Golfplatz (G) [Golf course]:	Umfasst das gesamte Gelände, egal ob dieses gepflegt wird oder nicht.																												
Vakant/ unbestimmt (V) [vacant]:	Beinhaltet Land ohne eindeutigen Verwendungszweck (Hinweis: Verlassene und leerstehende Gebäude sollten nach ihrem ursprünglich vorgesehenen Verwendungszweck klassifiziert werden).																												
Andere (O) [other]:	Landnutzung, die nicht in eine der aufgeführten Klassen fällt. (Hinweis: Diese Bezeichnung sollte sparsam verwendet werden, da sie nur wenige nützliche Informationen für das Modell enthält.) Erklären Sie mehr dazu in Ihren Bemerkungen.																												

PHOTO ID	ID Nummer des/der Fotos der jeweiligen Stichprobe. Benutzen Sie diese Variable, um eine Übersicht über Ihre Bilddateien zu bekommen und die Ablage nachvollziehen zu können.
Höhe BHD (m) [height DBH]	Höhe, auf welcher der Brusthöhendurchmesser (BHD) gemessen wird. Im Normalfall liegt sie bei 1.3 m über dem Boden.
BHD (cm) [DBH]	Brusthöhendurchmesser (BHD), der auf 1.3 m über dem Boden gemessen wird. --> Für Sonderfälle siehe Abbildungen auf dem Feldeitfaden [cheat sheet]. Mehrstämmige Bäume [multistem trees] In Abhängigkeit der Lage der Marktrennung (Leist / Rindengrat) [pith intersection] und dem Vorhandensein eines gemeinsamen Stammes muss vorgängig entschieden werden, ob es sich um <ul style="list-style-type: none"> • 1 Baum mit mehreren Stämmen (Erfassung von max. 6 BHD pro Baum) oder • um mehrere separate Bäume handelt (Erfassung Anzahl Bäume mit BHD in Abhängigkeit der Anzahl Stämme) --> Ist ein gemeinsamer, oberirdischer Stamm vorhanden, wird das Gehölz als ein einziger Baum betrachtet und die BHD's der Stämme einzeln erfasst. --> ist kein gemeinsamer, oberirdischer Stamm vorhanden, zählen alle Stämme als separate Bäume. Wenn ein Baum mehr als sechs Stämme mit BHD ≥ 2.54 cm hat, senken Sie die Messhöhe auf 30.4 cm über dem Boden und geben Sie die Durchmesser der sechs stärksten Stämme an.
Gesamt-Baumhöhe (m) [total tree height]	Messen Sie die Höhe bis zur oberen Baumspitze (auf die nächsten 0.1 m gerundet). Für stehende oder umgefallene lebende Bäume sowie stark geneigte Bäume wird die Entfernung entlang dem Hauptstamm vom Boden bis zur Baumspitze betrachtet. (Schliessen Sie kein liegendes Totholz ein.)
Lebende Baumhöhe (m) [Crown live top height / live tree height]	Höhe ab Boden [from planting grade] bis zum Ende der lebenden Kronenspitze. Diese Höhe entspricht meist der Gesamtbaumhöhe, es sei denn der Baum lebt, aber die Kronenspitze ist tot! Die Höhe bis zum Ende der lebenden Kronenspitze darf nicht grösser sein als die Gesamtbaumhöhe.
Höhe Kronenansatz (m) [height crown base]	Der lebende Kronenansatz ist der Punkt auf dem Hauptstamm, der senkrecht zum untersten lebenden Blatt des letzten Astes liegt. Beachten Sie, dass der lebende Kronenansatz durch das grüne Laub bestimmt wird und nicht durch den Punkt, an dem sich ein Zweig mit dem Hauptstamm schneidet. Wenn also der Kronenansatz den Boden berührt, ist Null ein akzeptabler Wert.
Kronenbreite in N-S (m) [crown width N-S]	Messen Sie die Kronenbreite (auf die nächsten 0.1 m gerundet) in zwei Richtungen, möglichst so nah an der N-S und E-W Ausdehnung, wie es Sicherheitsüberlegungen oder physische Hindernisse erlauben. Wenn der Baum liegt oder geneigt ist, nehmen Sie die Breitenmessungen senkrecht zum Baumstamm vor.
Kronenbreite in O-W (m) [crown width O-W]	
Wipfeldürre [dieback]	Totastanteil im oberen und äusseren Teil der lebenden Krone (ohne natürliche Astreinigung durch eigene Kronen-konkurrenz oder eigene Beschattung des unteren Kronenbereiches; inkl. Beschattungseffekte durch andere Bäume oder Gebäude. <i>Reiterationstrieb / Klebäste</i> : Werden nicht als Teil des lebenden Kronenansatzes betrachtet (sofern diese sich unterhalb des eigentlichen Kronenansatz befinden).
Fehlender Kronenanteil % [percent crown missing]	Der fehlende Kronenanteil sollte von zwei Personen gemessen werden, die im rechten Winkel zueinanderstehen. Visualisieren Sie den erwarteten „typischen Kronenumriss“ der spezifischen Baumart, der durch Breite, Gesamthöhe und Höhe bis zum lebenden Kronenansatz erzeugt wird. Visualisieren Sie diesen artspezifischen Kronenumriss und füllen ihn mit Blättern, als wäre es ein gesunder Baum in ausgezeichnetem Zustand. Schätzen Sie nun den prozentualen Anteil der Blattmasse ab, welcher aufgrund von Baumpflegemassnahmen, Nadel- oder Blattverlusten, Wipfeldürre, ungleichmässige Krone oder Blattanomalien [dwarf or sparse leaves] fehlt. Schliessen Sie normale inneren Kronenlücken aufgrund von Beschattungseffekten aus. Stellen Sie sicher, dass sie den Kronenverlust anhand der existierenden, lebenden Kronen bestimmen, die Sie gemessen haben (z.B anhand Gesamtbaumhöhe, Kronenbreite und Kronenansatz). Wenn zwei Beobachter in ihren Einschätzungen nicht einverstanden sind, befolgen Sie die Anweisung im Feld- und Benutzer-Handbuch. <i>Reiterationstrieb / Klebäste</i> werden nicht als Teil des lebenden Kronenvolumens betrachtet (sofern diese sich unterhalb des eigentlichen Kronenansatz befinden). Der Blattanteil der Reiterationstrieb wird aber dem Kronenvolumen angerechnet, indem er vom Kronenverlust [percent canopy missing] subtrahiert wird, wodurch sich dieser verringert.
Lichtexposition der Krone [CLE crown light exposure]	Anzahl der Seiten der Baumkrone, die bei senkrechtem Sonnenstand Licht von oben oder von der Seite empfangen (maximal fünf). Die Spitze des Baumes wird als eine Seite gezählt. Die vier anderen Seiten werden durch vertikales Unterteilen der Krone in vier Quadranten um den Schaft herum festgelegt. Zählen Sie die Anzahl der Seiten (0-5), welche Licht erhalten (d.h. Licht wird nicht durch Objekte in der Nähe zurückgehalten). Für jede der 5 zu messenden Baumseiten gilt, sobald ein Teil einer benachbarten Baumkrone oder eines Gebäudes... a) höher ist als ein Teil der zu beurteilenden Baumseite (diese überragt) b) eine durchschnittliche Kronenbreite vom Baum entfernt ist (gemessen vom Baumstamm) und das Objekt mindestens so hoch ist wie der zu messene Baum (Baum ist nicht grösser)dass die betroffene Seite, nicht ausreichend Licht erhält.
Richtung Gebäude (*) [building direction]	Richtung vom Baum zum nächstgelegenen Teil des Gebäudes, für solche Bäume, die die Bedingungen unter 'Hinweise' (siehe nachfolgend) erfüllen.
Distanz Gebäude (m) [building distance]	Kürzeste Entfernung vom Baum zum nächstgelegenen Gebäudeteil, für solche Bäume, die die Bedingungen unter 'Hinweise' (siehe nachfolgend) erfüllen.
	<i>Hinweise</i> : Die beiden Felder 'Richtung und Entfernung zu Gebäuden' werden für die Analyse der Energieeffekten benötigt. Die energiebezogenen Wechselwirkungen zwischen Baum / Gebäude werden für Bäume (≥ 6.1 m hoch) erfasst, die sich innerhalb von 18.3 m von beheizbaren oder klimatisierten Gebäuden befinden und die ≥ 3 Stockwerke umfassen (z. B. zwei Stockwerke und ein Dachgeschoss). Behandeln Sie bei Mehrfamilienhäusern alle Gebäudeteile als ein einzelnes Gebäude. Stehende tote Bäume, die die oben genannten Bedingungen erfüllen, sollten ebenfalls erfasst werden.
Strassenbaum [street tree]	Ein Strassenbaum ist ein an öffentlichen Wegen gepflanzter Baum, der sich entlang von Strassen zwischen Bordstein und Infrastrukturen befindet.
Konflikt mit Wegeinfrastrukturen [sidewalk conflict]	Konflikts zwischen dem Wurzelanlauf des Baumes / Wurzeln erster Ordnung und den umgebenden Wegeinfrastrukturen (Hartbelag / Bürgersteig) [hardscape/sidewalk] --> Ja oder Nein [angepasst gegenüber Default in Eco: dieser bietet 3 Standardklassen zur Auswahl, um das Ausmass des Konfliktes zu messen]
Konflikt mit Freileitungen [utility conflict]	Mögliche oder vorhandene Konflikte zwischen Baumzweigen/Ästen und Freileitungen.

Management

S Stadt / Stadtbäume

W Wald / Waldbäume

Baumpflegetipps [maintenance recommended]	Baumpflegetasks [maintenance tasks]
S10 Baumschutz und Baumscheibe	S11 Entfernung von mechanischem Stammschutz S12 Entfernung des Wurzelballengitters S13 Entfernung der Baumpfähle (nach ca. 2 Jahren) S14 Entfernung von (Jute-)wickeln am Stamm S15 weiterführende Angaben gemäss Beilage (10)
S20 Behebung von Einschränkungen im Wurzelbereich	S21 Erweiterung von offenen Bodenflächen im Baumbereich S22 Entfernung von Geotextil inkl. Vliese im Wurzelbereich S23 Entfernung von angehäuften Substrat am Wurzelanlauf S24 Entfernung von überschüssigen Mulchmaterialien am Wurzelanlauf S25 Erkennen und entfernen/schneiden von Drehwuchs oder Würgewurzeln S26 Verhinderung von Mähschäden, Unterpflanzung ohne Gräser, Gras entfernen S27 weiterführende Angaben gemäss Beilage (20)
S30 Unterhalt und Pflege, Schnittmassnahmen	S31 hoher Unterwuchs zurückschneiden S32 Totäste in frequentierten Bereichen zurückschneiden S33 Stummelschnitte korrigieren S34 Potentielle Risiken erkennen und dokumentieren S35 weiterführende Angaben gemäss Beilage (30)
S40 Management des Wurzelanlaufs und des Wurzelbereichs	S41 Störende oder konkurrierende Pflanzen entfernen S42 Unterpflanzung mit Mulchschicht oder Mulchschicht erstellen S43 Pflanztiefe so gering wie möglich halten, Wurzelanlauf = Pflanzhöhe! S44 Keine Lagerung von Fremdmaterialien und kein Parkieren im Wurzelbereich S45 weiterführende Angaben gemäss Beilage (20)
S50 Verhinderung/Verminderung von Bauschäden	S51 Installation von Bauzäunen zum Baumschutz (FLL Baumschutz auf Baustellen) S52 Unterbinden von Tätigkeiten im Baum- und Wurzelbereich (z.B Gerüstbauten) S53 Unterbinden von Lagerung oder Einwaschung von Bauabfällen im Baumbereich S54 weiterführende Angaben gemäss Beilage (50)
S60 weitere Massnahmen im Grünraum- und Baummanagement	S61 Behandlungen mit Fungizid/Herbiziden/Insektiziden vermindern S62 Einschätzung der Spontanvegetation und epikormische Triebe (z.B Stammsprosslinge) S63 Einschätzung der effektiven und potentiellen abiotischen Stressoren
W70 Jungwaldpflege	W71 Entfernen / Eindämmen Konkurrenzvegetation W72 Verbisschutz anbringen
W80 Durchforstung	W81 Wertastung W82 Entfernung zur Förderung umliegender Z-Bäume
W90 Besondere Massnahmen	W91 Entfernung aus phytosanitären Gründen (z.B. Käferbaum) W92 Entfernung aus haftungstechnischen Gründen (Sicherheit) W93 Schadorganismen behandeln (z.B. Leimringe) W94 Holzlagerung wurzelschonend korrigieren W95 Besondere Massnahmen, z.B. Kronenpflege, Stumpen oä

Tabellenblatt NICHT verändern --> ist die Grundlage für die Dropdown-Listen im Tabellenblatt 'Dateneingabe'
Do not touch values/text here, as it is intertwined with the datasheet

Status			
ID	description	Value	description [EN]
1	Pflanzung	P	planted
2	Naturverjüngung	I	ingrowth
3	Unbekannt	U	unknown
<i>Aktuell, weglassen, da alles Erstaufnahmen (nur bei Folgerhebung relevant)</i>			
3	Keine Statusänderung	N	
4	Entfernt aus Sicherheits- / Gesundheitsproblemen	H	
5	Entfernt, aber gesund	C	
6	Entfernt wegen Landnutzungsänderung	L	
7	Entfernt, unbekannt	R	
Strata			
ID	description	Value	
1	Wald		
2	Schule		
3	Park		
4	Strasse		
Land use			
ID	Description	Value	Description [EN]
5	Öffentliche Einrichtungen	I	Institutional
2	Gewerbe / Industrie	C	Commercial/Industrial
6	Mehrfamilienhaus	M	Multi-family residential
9	Wohnhäuser	R	Residential
8	Park	P	Park
0	Wald	F	Forest
10	Transport	T	Transportation
11	Versorgungsanlagen	U	Utility
1	Landwirtschaft	A	Agriculture
13	Gewässer	W	Water/wetland
3	Friedhöfe	E	Cemetery
4	Golfplätze	G	Golf course
12	Vakant	V	Vacant
7	Anderes	O	Other
Dieback / Crown Missing /			
ID	Description	value	
1	0%	0	
2	1% - 5%	3	
3	5% - 10%	8	
4	10% - 15%	13	
5	15% - 20%	18	
6	20% - 25%	23	
7	25% - 30%	28	
8	30% - 35%	33	
9	35% - 40%	38	
10	40% - 45%	43	
11	45% - 50%	48	
12	50% - 55%	53	
13	55% - 60%	58	
14	60% - 65%	63	
15	65% - 70%	68	
16	70% - 75%	73	
17	75% - 80%	78	
18	80% - 85%	83	
19	85% - 90%	88	
20	90% - 95%	93	
21	95% - 99%	98	
22	100%	100	
Public / Street Tree			
ID	description	Value	
1	Yes	Y	
2	No	N	

CLE		
ID	description	Value
1	0 Side	0
2	1 Side	1
3	2 Sides	2
4	3 Sides	3
5	4 Sides	4
6	5 Sides	5
Management recommended		
ID	description	Value
1	S10 Baumschutz und Baumscheibe	10
2	S20 Behebung von Einschränkungen im Wurzelbereich	20
3	S30 Unterhalt und Pflege, Schnittmassnahmen	30
4	S40 Management des Wurzelanlaufs und des Wurzelbereichs	40
5	S50 Verhinderung/Verminderung von Bauschäden	50
6	S60 weitere Massnahmen im Grünraum- und Baummanagement	60
7	W70 Jungwaldpflege	70
8	W80 Durchforstung	80
9	W90 Besondere Massnahmen	90
Management tasks		
ID	description	Value
1	S11 Entfernung von mechanischem Stammschutz	11
2	S12 Entfernung des Wurzelballengitters	12
3	S13 Entfernung der Baumpfähle (nach ca. 2 Jahren)	13
4	S14 Entfernung von (Jute-)wickeln am Stamm	14
5	S15 weiterführende Angaben gemäss Beilage (10)	15
6	S21 Erweiterung von offenen Bodenflächen im Baumbereich	21
7	S22 Entfernung von Geotextil inkl. Vliese im Wurzelbereich	22
8	S23 Entfernung von angehäuften Substrat am Wurzelanlauf	23
9	S24 Entfernung von überschüssigen Mulchmaterialien am Wurzelanlauf	24
10	S25 Erkennen und entfernen/schneiden von Drehwuchs oder Würgegewurzeln	25
11	S26 Verhinderung von Mähschäden, Unterpflanzung ohne Gräser, Gras entfernen	26
12	S27 weiterführende Angaben gemäss Beilage (20)	27
13	S31 hoher Unterwuchs zurückschneiden	31
14	S32 Totäste in frequentierten Bereichen zurückschneiden	32
15	S33 Stummelschnitte korrigieren	33
16	S34 Potentielle Risiken erkennen und dokumentieren	34
17	S35 weiterführende Angaben gemäss Beilage (30)	35
18	S41 Störende oder konkurrierende Pflanzen entfernen	41
19	S42 Unterpflanzung mit Mulchschicht oder Mulchschicht erstellen	42
20	S43 Pflanztiefe so gering wie möglich halten, Wurzelanlauf = Pflanzhöhe!	43
21	S44 Keine Lagerung von Fremdmaterialien und kein Parkieren im Wurzelbereich	44
22	S45 weiterführende Angaben gemäss Beilage (20)	45
23	S51 Installation von Bauzäunen zum Baumschutz (FLL Baumschutz auf Baustellen)	51
24	S52 Unterbinden von Tätigkeiten im Baum- und Wurzelbereich (z.B Gerüstbauten)	52
25	S53 Unterbinden von Lagerung oder Einwaschung von Bauabfällen im Baumbereich	53
26	S54 weiterführende Angaben gemäss Beilage (50)	54
27	S61 Behandlungen mit Fungizid/Herbiziden/Insektiziden vermindern	61
28	S62 Einschätzung der Spontanvegetation und epikormische Triebe (z.B Stammsprosslinge)	62
29	S63 Einschätzung der effektiven und potentiellen abiotischen Stressoren	63
30	W71 Entfernen / Eindämmen Konkurrenzvegetation	71
31	W72 Verbisschutz anbringen	72
32	W81 Wertastung	81
33	W82 Entfernung zur Förderung umliegender Z-Bäume	82
34	W91 Entfernung aus phytosanitären Gründen (z.B. Käferbaum)	91
35	W92 Entfernung aus haftungstechnischen Gründen (Sicherheit)	92
36	W93 Schadorganismen behandeln (z.B. Leimringe)	93
37	W94 Holzlagerung wurzelschonend korrigieren	94
38	W95 Besondere Massnahmen, z.B. Kronenpflege, Stumpen oä	95
Sidewalk conflict		
ID	description	Value
1	Yes	Y
2	No	N
Utility conflict		
ID	description	Value
1	Keine Freileitungen	No lines
2	Vorhanden ohne potentiellen Konflikt	Present and no potential conflict
3	Vorhanden mit Konflikt	Present and conflicting

Anhang III

Feldhandbücher

Das vollständige Feldhandbuch kann unter www.zhaw.ch/i-tree abgerufen werden.



January 2019

Nachdem im November 2018 die Version V.6 für europäische Länder herausgegeben wurde, wurde in der Schweiz ein landesweites i-Tree Projekt lanciert. Um die Handhabung und Anwendung der bestehenden Dokumente zu vereinfachen und ins Deutsche sowie Französische zu übersetzen, wurden die beiden bis anhin separaten Benutzer- und Feldhandbücher zusammengefasst.

Das Schweizer Projekt stellt eine Englisch – Deutsche sowie eine Englisch – Französische Fassung, dieser zusammengeführten Handbücher bereit.

Hinweise zur Benutzung des Manual's

{*translator notes*} Angaben in geschweiften Klammern sind Ergänzungen der Übersetzer und dienen dem Leser für ein besseres Verständnis des Originaltextes.

[*original english terms*] Angaben in eckigen Klammern verweisen auf die jeweiligen originalen Begriffe im Englischen.

Die deutsche Übersetzung entspricht dem Stand vom 29.April 2019 – es handelt sich um eine vorläufige Fassung und dient dem internen Gebrauch.

i-Tree is a cooperative initiative



DAVEY 



Arbor Day Foundation

sma
SOCIETY OF MUNICIPAL
ARBORISTS

ISA
INTERNATIONAL SOCIETY OF ARBORICULTURE

Casey Trees
SOCIETY OF TREE CARE

ESF

Table of Contents

Table of Contents	i
About i-Tree Eco	1
International Projects.....	1
Supported Countries	1
The Eco V6.0 Rundown	2
Phase I: Planning For Your Project	3
Decision Tree	3
Project Basics.....	4
What are the boundaries of your study area?.....	4
What type of Eco inventory will you do?	4
Complete Inventory	4
Do you have an existing inventory?.....	4
What file type is best?.....	4
What data are required?	5
How do I format each data variable?.....	5
Plot-Based Sample Inventory	8
Will you stratify your sample?.....	8
How big will your plots be?.....	10
How many plots will you inventory?.....	10
Phase II: Setting Up Your Project	12
Guide to Next Steps	12
The Data Gathering Step.....	13
Species Information	15
Location Information	16
Precipitation Data.....	16
Pollution Data	17
Avoiding Common Air Quality Data Problems	19
Valuation Data	19
The Sample Creation Step	20
Randomization	20

Sample Creation Methods.....	21
Phase IIIA: Vorbereitung der Datenerhebung	22
Auswahl der Messgrößen.....	22
Erforderliche Messgrößen	22
Ergänzende Analysen	23
Optionen zur Datenerhebung	25
Stratifizierung bei Vollinventuren [collecting strata for complete inventories].....	28
Art der Dateneingabe	29
Nutzung des 'Mobile Data Collectors'.....	29
Nutzung von Papierformularen.....	29
Zusätzliche Optionen	30
Vorbereitung der Felderhebung	30
Erstellung von Feldplänen mit den Stichprobenflächen	30
Einstieg in Eco	31
Papierformulare vorbereiten.....	32
Den 'Mobile Data Collector' vorbereiten	32
Phase IIIB: Erhebung der Felddaten.....	34
Durchführung der Feldarbeiten.....	34
Tipps zur Dateneingabe.....	35
Benutzung des 'Mobile Data Collectors'	35
Einstieg	36
Menü 'Options'	36
Hauptfenster [main window].....	37
Aufnahmeinformationen [survey information].....	38
Aufnahmedatum.....	38
Team.....	38
Stichprobeninformationen [plot information]	38
Einrichten der Stichprobe	39
Ersatzstichproben hinzufügen	39
Unzugängliche Stichprobenmittelpunkte	40
Stichproben ID.....	41
Stichproben Adresse	41
Permanente Markierung [stake].....	41

GPS Koordinaten	41
Foto ID	42
Skizze der Stichprobe.....	42
Kontaktinformationen für die Stichprobe	42
Messbarer Flächenanteil [percent measured]	43
Beschirmung [tree cover].....	44
Deckungsgrad Strauchvegetation [shrub cover]	44
Bepflanzbare Fläche [plantable space].....	45
Referenzobjekte [reference object]	45
Landnutzung [land use]	47
Bodenbedeckung [ground cover].....	50
Details zu Sträuchern [shrub details]	53
Baumformationen	55
Was ist ein Baum? [What is a tree?].....	55
Baumdatenerhebung bei Stichprobeninventuren [plot-based sample].....	55
Baum ID [tree ID].....	56
Nutzer ID [user ID].....	56
Richtung zum Stichprobenmittelpunkt [direction to plot center].....	57
Distanz zum Stichprobenmittelpunkt [distance to plot center]	57
Landnutzung [land use]	58
Arten [species].....	58
Strassenbaum / kein Strassenbaum [Street Tree/Non-Street Tree]	60
Öffentlich/Privat [Public/Private].....	60
Status [status].....	61
Tot [dead]	62
Gesamtbaumhöhe [total tree height].....	63
Kroneausdehnung [crown size]	63
Höhe der lebenden Kronenspitze [Height to Live Top {live crown height}].....	63
Höhe Kronenansatz [height to crown base].....	64
Kronenbreite [crown width].....	65
Kronenverlust % [percent crown missing].....	65
Kronengesundheit [crown health]	68
Lichtexposition der Krone [crown light exposure].....	70

BHD [DBH]	71
BHD-Sonderfälle	72
Deckungsgrad Unterwuchs [cover under canopy].....	74
Energie	75
GPS Koordinaten	76
Managementinformationen [management information].....	77
Baumpflegeempfehlungen [maintenance recommended]	77
Baumpflegearbeiten [maintenance task].....	77
Konflikte mit Wegeinfrastrukturen [sidewalk conflict].....	78
Konflikte mit Freileitungen [utility conflict]	78
Benutzerdefinierte Felder [custom fields].....	79
Schadorganismen (IPED) [pests].....	79
Dateneingabe beenden.....	80
Phase IV: Working with Eco	81
Getting to Know Eco	81
Navigating the User Interface	82
File Menu	83
Project Configuration	84
Data	89
From the Complete Inventory Importer.....	89
View.....	94
Reports	95
Forecast.....	99
Support	103
Adding Data	104
From Paper Forms.....	104
From the Mobile Data Collector.....	104
From the Complete Inventory Importer.....	105
Phase V: Viewing Your Reports	107
Running the Eco Model	107
Overview of Reports	108
Reports.....	109
Project Metadata	109

Written Report.....	110
Composition and Structure Reports	110
Benefits and Costs Reports	115
Measured Tree Details Reports	133
Air Quality and Public Health Reports	135
Pest Analysis Reports (USA only).....	135
Pollution and Weather Reports	137
Model Notes.....	142
Sharing Your Project	142
Pack Project.....	142
Glossary	143
i-Tree Eco	143
Resource Structure	144
Ecosystem Services.....	145
Values.....	146
About i-Tree.....	148
Disclaimer	148
Feedback	148
i-Tree Products.....	149
Desktop Applications	149
Web Applications.....	149
Acknowledgements	150
i-Tree Eco	150
International Support.....	150

v

Der gesamte Feldleitfaden ist auf der Projekt-Homepage www.zhaw.ch/i-tree abrufbar und wird dort laufend aktuell gehalten.

Anhang IV

Fact Sheet Einführung zu i-Tree Eco allgemein.

Ökosystemleistungen städtischer Bäume klimaadaptiv managen
i-Tree-Kurz & Bündig

i-Tree – Ein wissenschaftsbasiertes Tool zur Quantifizierung und Bewertung von Baumleistungen

Kurz & Bündig

i-Tree ist eine zeitgemässe, wissenschaftlich begutachtete und laufend aktualisierte Open-Source-Software.

- i-Tree Tools (ursprünglich UFORE 'The Urban FOREst Effects Model') werden seit 1994 als Initiative durch den USDA Forest Service entwickelt. Sie sind in Zusammenarbeit mit Davey Tree Expert Company, The Arbor Day Foundation, Society of Municipal Arborists, the International Society of Arboriculture, Casey Trees und SUNY CESF entstanden und wurden 2006 veröffentlicht.
- **'i-Tree Eco'** ist eines der bedeutendsten i-Tree Tools. Es wird von auf der ganzen Welt bereits von tausenden Stakeholdern genutzt - Regierungsbehörden, NGO's, Studenten, Freiwilligen, Pädagogen, Beratern und mehr.

Das i-Tree Eco Tool kann helfen, das 'urban forest management' (urbanes Baum- und Waldmanagement) und die Lobbyarbeit zu stärken, indem es Baum- und Waldstrukturen sowie den ökologischen und wirtschaftlichen Nutzen von Bäumen quantifiziert.

i-Tree Eco – Ein Überblick

Die Quantifizierung von Einzelbäumen, kompletten Vollinventuren oder Stichprobenparzellen durch i-Tree Eco basiert auf lokalen stündlichen Luftschadstoff- und meteorologischen Daten in Kombination mit vom Benutzer erfassten, strukturellen Felddaten (Abb. 1). Für die Eingabedaten jedes Baumes liefert i-Tree Eco Analysen zu Funktion, Struktur und Zusammensetzung sowie eine Prognosemodellierungen als Hilfe für die Planung, Gestaltung und Bewirtschaftung von 'urban forests' (städtische Bäume und Wälder).

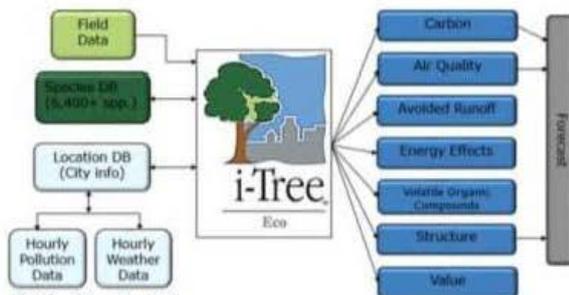


Abb. 1: i-Tree Eco Schema

i-Tree Eco – Wie es funktioniert

i-Tree Eco verwendet einen 4-stufigen Ansatz (Abb. 2): 1.) Im Feld erhobene Baumstrukturdaten werden verwendet, um 2.) Baumfunktionen zu analysieren, z. B. die Beseitigung von Luftschadstoffen, die dann mit 3.) dem lokalen monetären Wert der bereitgestellten Ökosystemleistungen gleichgesetzt werden. Diese Informationen können für 4.) adaptive Planungs-, Gestaltungs- und Managementstrategien verwendet werden.

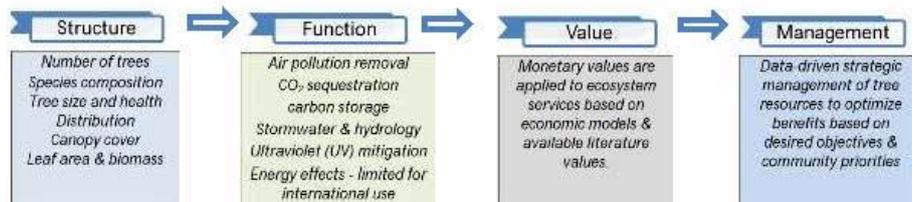


Figure 2: The four steps of i-Tree Eco

i-Tree Eco – Was es den Nutzenden weltweit bietet:

- **Mess- und Erhebungsprotokolle** für Vollinventuren (Kalkulation pro Einzelbaum) und Stichprobeninventuren (Schätzung für Individuen und Grundgesamtheit mit Standarderror)
- **Flexible Optionen zur Datenerfassung** - mit mobilem Datenerfassungssystem für Smartphones/ Tablets oder traditionellen Papierbögen
- **Automatisierte Verarbeitung** – wissenschaftlich geprüfte Gleichungen generieren automatisch berechnete Schätzwerte des ökologischen und wirtschaftlichen Nutzens
- **Berichte und Analysen** – umfassende und detaillierte Berichte (inkl. Abbildungen und Tabellen) sowie weitere Analyseoptionen per Baum, Baumart oder Stratum (Ausgabe als Excel- oder Pdf-Tabellen)

Source: www.itreetools.org

Fact Sheet I-Tree Eco und Kohlenstoffspeicherung

Ökosystemleistungen städtischer Bäume klimaadaptiv managen Kohlenstoffspeicherung – Reduktion der CO₂-Emissionen

Hintergrund	
Bedeutung	CO ₂ ist das wichtigste Treibhausgas – es macht in der Schweiz circa 80% aller Treibhausgasemissionen aus, welche sich 2018 auf 36.98 Mio t CO ₂ belief (1). Es hat eine Verweilszeit in der Atmosphäre von 100-150 Jahren (2).
Quelle	Die anthropogenen CO ₂ Emission in der Schweiz werden hauptsächlich verursacht durch die Verbrennung fossiler Brenn- und Treibstoffe. Die grössten Emittenten sind der Verkehr (Personen, Güter), Industrie (fossile Energieträger, Abfallverbrennung, Zementherstellung) und Haushalte (Heizung, Warmwasser). (1)
Baumleistung 'Kohlenstoffspeicherung' (3)	
Kohlenstoffspeicherung	<i>Definition:</i> bezeichnet die Menge an Kohlenstoff [C], die in den holzigen Teilen von Bäumen langfristig gespeichert wird (im Stamm, den Ästen und Wurzeln). <i>Einheit:</i> Tonne, resp. in CHF Im Vergleich dazu bezeichnet die Kohlenstoff-Sequestration, die Menge an Kohlenstoff [C], die pro Vegetationsperiode von der Atmosphäre entfernt wird (Brutto C-Sequestration).
Ökologische Mechanismen	Die Kohlenstoffspeicherung nimmt mit dem Wachstum des Baumes zu, welche in Bezug zur Produktion der Holzbiomasse steht. Die Kohlenstoffspeicherung über die Jahre hängt von der Baumart, dem Alter, dem Gesundheitszustand des Baumes sowie den Umweltbedingungen ab. Ein Baum, der unter Stress steht oder in schlechtem Zustand ist, speichert weniger Kohlenstoff. Es ist somit sehr wichtig, langlebige Bäume im Oberstand mit einer grossen und gesunden Krone zu erhalten.
Key messages	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Je vitaler und gesünder ein Baum, desto funktionaler ist seine Struktur, desto grösser sein Umweltbeitrag und desto grösser seine Kohlenstoffaufnahme. ➢ Je mächtiger ein Baum, desto grösser ist seine Kohlenstoffspeicherung.
Visualisation	
Möglichkeiten	Durch den Baum gespeicherter Kohlenstoff als Äquivalent: <ul style="list-style-type: none"> ▪ der Autoabgase (Verkehr) ▪ der Heizemissionen von privaten Haushalten (Gebäude) ▪ der Industrieemission oder Kehrriechverbrennung (Industrie)
Herleitung	<i>Ausgangswerte:</i> Kohlenstoffspeicherung pro zB. Parkanlage Bern a 98 Bäume (5): 60 to C resp. 220.1to CO ₂ // <i>Variante Autoabgase:</i> a) CO ₂ Emission von neuzugelassenen Pkws 2018(4): 0.138kg CO ₂ km ⁻¹ , b) km motorisierter Individualverkehr pP & Jahr (6) CH: 10'165km / Bern Stadt: 22.7km pro Tag*365Tage=8'286km pro Jahr&P <i>Variante Flugzeug</i> (6) a) Bern-Vancouver retour: 16'600km = 2.7to CO ₂ Ausstoss pP b) Bern – Zürich retour:200km =0.189to CO ₂ pro Person <i>Berechnung: Variante Autoabgase</i> a) kompensierter CO ₂ -Ausstoss von Auto-km: 220'100kg CO ₂ + 0.138 kg CO ₂ km ⁻¹ = 1.59 Mio km, b) kompensierter Auto-km von X Personen der Stadt Bern: 1.59Mio km+ 8'286km pP Jahr ⁻¹ = 192 , <i>Variante Flugzeugkompensation</i> a) Urlaubsreise Bern-Vancouver: 220.1to CO ₂ + 2.7to CO ₂ pP =82 , b) Bundesrat 1 Flugreise Be-Zh a 7 Personen: 220.1to CO ₂ + (7*0.189to CO ₂) + 52Wo = 3.2Jahre
Visualisierung	<i>Fokus Stadt Bern mit der lokalen Besonderheit 'Bundesrat/Bundeshaus' und Stadtrat und der Auswerteeinheit 'Stratum Parkanlage'</i> Die ca. 98 Bäume einer Berner Parkanlage kompensieren mit dem bis dato gespeicherten CO ₂ : <i>Beispiel 'Auto-km'</i> <ul style="list-style-type: none"> - den CO₂ Ausstoss von 1.59 Mio gefahrenen Auto-km, resp. - den durchschnittlichen CO₂ Ausstoss von 192 AutofahrernInnen der Stadt Bern in 1 Jahr bei knapp 8'300km/Jahr Fahrleistung <i>Beispiel 'Flugzeug' (7)</i> <ul style="list-style-type: none"> - ...den Flug von 82 Personen von Bern-Vancouver und zurück - ...einen wöchentlichen Flug aller 7 Bundesräte von Be-Zh retour für 3.2 Jahre

Quellen: (1) BAFU 2020: Kenngrössen zur Entwicklung der Treibhausgasemissionen in der Schweiz 1990-2018. 69 S. (2) BAFU 2020: Vom Menschen freigesetzte Treibhausgase. Faktenblatt. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/klima/zustand/daten.html>; 3 I-Tree Eco 2019: Benutzer- und Feldhandbuch (4) https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/thema-klima/klima-daten-indikatoren-und-karten/klima-indikatoren/indikator-klima_pi.html (5) I-Tree Auswertung der Stadt XY (6) BFS 2012: Mobilität in der Schweiz: Wichtigste Erkenntnisse des Mikrozensus Mobilität und Verkehr 2010. (7) www.myclimate.org

Fact Sheet I-Tree Eco und Reduktion Oberflächenabfluss

Ökosystemleistungen städtischer Bäume klimaadaptiv managen Wasserrückhaltevermögen – Reduktion Oberflächenabfluss

Hintergrund	
Bedeutung	Hochwasser ist das zweit grösste Risiko von Naturkatastrophen in der Schweiz (2). Die Hochwasserschäden belaufen sich auf durchschnittlich 270 Mio. CHF pro Jahr (3). 50 % der Schäden werden durch Oberflächenwasser verursacht (1).
Quelle	Oberflächenabfluss ist Regenwasser, das besonders bei Starkniederschlagsereignissen nicht versickert und über das offene Gelände abfliest. Mit dem Klimawandel ist mit häufigeren Starkniederschlagsereignissen und somit kurzfristig mit mehr Oberflächenabfluss zu rechnen (1).
Baumleistung 'Reduktion Oberflächenabfluss' (4)	
Reduktion Oberflächenabfluss	<i>Definition:</i> bezeichnet die Menge des Regenwasserabflusses, der durch die Interzeption von Niederschlägen durch Bäume vermindert wird. <i>Einheit:</i> Kubikmeter pro Jahr, resp. CHF pro Jahr
Ökologische Mechanismen	Die Interzeption von Niederschlag durch Bäume findet hauptsächlich durch ihre Blattoberfläche, aber auch durch Äste, Rinde und den Stamm statt. Bäume reduzieren den Oberflächenabfluss auch durch ihr Wurzelsystem, das eine grössere Filtrierung und Infiltration des Wassers in offenen, unversiegelten Boden ermöglicht.
Key messages	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Je vitaler und gesünder ein Baum und je grösser die Fläche von unversiegeltem Boden, desto funktionaler ist seine Struktur, desto grösser sein Umweltbeitrag, z.B. sein Wasserrückhalte- und -filtrationsvermögen. ➤ Je grösser und gesünder die Krone des Baumes ist, desto grösser ist seine Reduktion des Oberflächenabflusses.
Visualisation	
Möglichkeiten	Oberflächeabfluss, der durch die Bäume zurückgehalten wird: <ul style="list-style-type: none"> ▪ als Äquivalent des durchschnittlichen Wasserverbrauchs in Badewannen ▪ im Vergleich zwischen Baumarten oder Bäumen mit unterschiedlichem Kronenzustand
Herleitung	<i>Ausgangswerte:</i> Reduktion des Oberflächenabflusses für den Park "Château de Penthes" in Genf (5): 274,19 m ³ Jahr ⁻¹ = 274'190 L Jahr ⁻¹ ; Bsp. 1: Wasserverbrauch für Dusche und Bad: 32 L Pers. ⁻¹ Tag ⁻¹ (6) = 11'680 L Pers. ⁻¹ Jahr ⁻¹ ; Bsp. 2: Badewannenvolumen = 150 L im Durchschnitt (7); Bsp 3: Vergleich Reduktion Oberflächenabfluss von 2 ähnlichen Bäumen mit versch. BHD: Birke mit BHD 45cm (0.5 m ³ Jahr ⁻¹) resp. 70cm (5.4m ³ Jahr ⁻¹) (5); Bsp. 4: 2 Bäume wählen mit: ähnlichem BHD, gleicher Baumart aber unterschiedlichem Kronenzustand: BHD ca. 120cm (Durchschnitt zwischen 100cm und 140cm); Cedrus libani; Kronenzustand 'poor' vs. 'good'; Oberflächenabfluss-Reduktion: 7.7 vs. 11.5m ³ Jahr ⁻¹ (5) <i>Berechnung:</i> Bsp. 1: 274'190L Jahr ⁻¹ / 11'680L Pers. ⁻¹ Jahr ⁻¹ = 23 Personen; Bsp. 2: 274'190L Jahr ⁻¹ / 150L = 1828 Badewanne pro Jahr; Bsp. 3 (Ratio): 5.4m ³ Jahr ⁻¹ / 0.5m ³ Jahr ⁻¹ = 10.8 ; Bsp. 4 (Ratio): 11.5m ³ Jahr ⁻¹ / 7.5m ³ Jahr ⁻¹ = 1.5
Visualisierung	<i>Fokus Kanton Genf mit der lokalen Besonderheit 'aussergewöhnliche Bäume' und der Auswerteeinheit 'Stratum Park' sowie 'Einzelbäume'</i> Der reduzierte Oberflächenabfluss von 74 Bäumen im Park "Château de Penthe" <u>in 1 Jahr</u> entspricht: <i>Beispiel 1 'Wasserverbrauch':</i> ... der durchschnittlichen Wassermenge zum Duschen und Baden von 23 Personen für ein ganzes Jahr! <i>Beispiel 2 'Badewanne':</i> ... der Wassermenge von 1828 Badewannen. <i>Beispiel 3 'Aussergewöhnliche Bäume':</i> eine Birke mit BHD von 70cm reduziert den Oberflächenabfluss 10-mal mehr, als eine Birke mit BHD von 45cm. <i>Beispiel 4 'Kronenzustand':</i> eine riesige Zeder mit einem Stammdurchmesser von 120cm und einer gesunden Krone reduziert den Oberflächenabfluss um das 1.5-fache im Vergleich zu einem Zeder ähnlicher Dimension in schlechten Kronenzustand.



Quellen: (1) BAFU 2018: *Gefährdungskarte Oberflächenabfluss, Faktenblatt.* (2) https://www.svv.ch/sites/default/files/2017-12/sicherheitsinstitut_hochwasser-schaeden-vermeiden_2006.pdf. (3) Loat&Magnollay 2018: *Oberflächenabfluss - Erkannte Gefahr ist halbe Gefahr*, BAFU, Abt. Gefahrenprävention. (4) *I-Tree Eco 2019: Benutzer- und Feldhandbuch.* (5) *I-Tree Auswertung des Kantons Genf.* (6) <https://www.energie-environnement.ch/economiser-l-eau/situer-sa-consommation-d-eau>. (7) <https://www.energie-environnement.ch/economiser-l-eau/situer-sa-consommation-d-eau>

Fact Sheet I-Tree Eco und PM2.5

Ökosystemleistungen städtischer Bäume klimaadaptiv managen Luftschadstoffreduktion – Beispiel Reduktion Feinstaub (PM2.5)

Hintergrund	
Bedeutung	Die Feinstaubbelastung ist eine der grössten Herausforderungen für die Schweizer Luftreinhalte-Politik. Sie wird als PM2.5 oder PM10 (Durchmesser mit > 2.5µm, resp. 10 µm) angegeben. Seit 2018 gilt für PM2.5 in der Schweiz ein Grenzwert von 10 µg/m³ für das Jahresmittel. Der zulässige Jahresmittelwert für PM10 beträgt 20 µg/m³, der Grenzwert für 24h liegt bei 50 µg/m³. Die Grenzwerte werden in der Schweiz häufig überschritten, besonders im Winter und in verkehrsnahen Gebieten. PM2.5 und PM10 können nachweislich Atemnot, Bronchitis, Asthmaanfälle, Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen sowie Lungenkrebs hervorrufen. (1, 2, 3)
Quelle	Feinstaub entsteht bei Produktions- und Verbrennungsprozessen, mechanischen Prozessen (Abrieb, Aufwirbelung) sowie sekundär als Reaktionsprodukt in der Atmosphäre (1). Die Feinstaub-Emissionen (PM2.5, PM10) stammen etwa zu gleichen Teilen aus der Industrie, dem Verkehr und der Landwirtschaft und zu einem kleineren Teil aus den Haushalten. Holzheizungen nehmen als Emittent vor allem bei PM2.5 einen grösseren Anteil ein. (1, 2)
Baumleistung 'Reduktion vom PM2.5' (4)	
Reduktion PM2.5	<i>Definition:</i> ist ein Mass für Feinstaub (PM2.5) als Bestandteil der Luftschadstoffe, der durch Bäume aus der Atmosphäre entfernt wird. PM2.5 ist ein Bestandteil von PM10. <i>Einheit:</i> Gramm pro Jahr, resp. CHF pro Jahr
Ökologische Mechanismen	Bäume entfernen PM2.5 und andere Luftschadstoffe hauptsächlich durch das Abfangen von Luftpartikeln auf der Blattoberfläche.
Key messages	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Je vitaler und gesünder ein Baum, desto funktionaler ist seine Struktur, desto grösser sein Umweltbeitrag und desto grösser seine potentielle Reduktion von PM2.5 ➢ Je grösser und gesünder die Baumkrone, desto grösser ist seine Blattoberfläche und desto höher ist seine potentielle Reduktion des Feinstaubes.
Visualisation	
Möglichkeiten	Durch den Baum reduziertes PM2.5 kann als Äquivalent angegeben werden von: <ul style="list-style-type: none"> ▪ den Auto-Emissionen (Verkehr) ▪ den Emissionen von Holzheizungen ▪ Gesundheitskosten
Herleitung	<i>Ausgangswerte:</i> Beispiel 1 'Gesundheitskosten Zürich': a) i-Tree Wertleistung PM2.5 (ZH (5)): 3'352 SFr Jahr-1 + 254 Bäume = 13.2 SFf pro Jahr und Baum b) Anzahl Bäume in Stadt Zürich: 120'000 (öffentlich, Parks, privat (z), c) Gesundheitskosten durch Feinstaub (PM10 als Annäherung an PM2.5) pro Person im Kanton ZH: 950 Mio SFr (7) + 1'539'275 Einwohner im Kanton = 617 SFr/EW. Beispiel 2 'Feinstaubemission Stadt ZH': 207to PM10 pro Jahr (8)* 0.75 (Ratio PM2.5/ PM10 (9)) = 155.25to PM2.5 // pro EW = 155.25to + 434'736 EW= 0.36kg PM2.5 EW ⁻¹ Zh b) PM2.5 Reduktion aller Bäume Stadt ZH: 3.44kg/Jahr (5) + 254 Bäume * 120'000 Bäume = 1'625kg PM2.5, Beispiel 3 'Vorhersage PM2.5 Basel': i-Tree Daten für Erhebungsperimeter (Stratum Park, Schule und Strasse) (5); Total PM2.5 aktuell für diese 3 Straten (1.9kg) (5). <i>Berechnung:</i> Beispiel 1: a) Wertleistung PM2.5 aller Bäume der Stadt Zh: 13.2SFr * 120'000 Bäume=1'584'000SFr, b) Kompensation Gesundheitskosten für x Personen: 1'584'000SFr + 617 SFr/EW= 2'567 Personen; Beispiel 2: 1'625kg PM2.5 + 0.36kg PM2.5 EW ⁻¹ = 4'513 Personen. Beispiel 3: i-Tree-Prognosen (30 Jahre, 290 Tage ohne Forst, Basic mortality, keine Pflanzung, keine Extremereignisse); PM2.5 nach 30 Jahre = 1.5kg; 1.5/1.9 = 0.79.
Visualisierung	<i>Fokus Gesundheitskosten und Auswerteinheit 'Extrapolation für die ganze Stadt' in Zürich sowie Vorhersagemöglichkeiten für Basel</i> Beispiel 1: Die jährliche Wertleistung der Reduktion von Feinstaub PM2.5 durch alle Bäume der Stadt Zürich entspricht in etwa den durch Feinstaub entstandenen jährlichen Gesundheitskosten von circa 2'567 Personen in Zürich. Beispiel 2: Die Bäume der Stadt Zürich reduzieren pro Jahr den durchschnittlichen pro-Kopf Ausstoss von PM2.5 von 4'513 Einwohnern der Stadt Zürich. Beispiel 3: Wird im untersuchten Perimeter von Basel der Verlust kranker oder abgestorbener Bäume nicht ersetzt, sinkt die Feinstaubreduktion in 30 Jahren um 21%.
<p>Quellen: (1) BAFU 2019: Feinstaub PM2.5 – Fragen und Antworten. (2) https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/inkuerze.html. (3) EKL (2013): Feinstaub in der Schweiz 2013 - Statusbericht der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene (4) i-Tree Eco 2019: Benutzer- und Feldhandbuch. (5) i-Tree Auswertung pro Stadt. (6) https://www.stadt-zuerich.ch/fed/de/index/osz/natur-erleben/stadtbaeume.html (7) econcept 2018: Die Kosten der Luftverschmutzung 2005 bis 2015. Schlussbericht. (8) https://www.stadt-zuerich.ch/qud/de/index/umwelt_energie/luftqualitaet/schadstoffquellen/emissionskataster.html</p>	



Ökosystemleistungen städtischer Bäume klimaadaptiv managen

Inputpaper i-Tree und Wald / Version 13.07.2021

Gegenstand

i-Tree Eco kann sowohl bei Einzelbäumen wie auch im Wald eingesetzt werden. Die Erhebungen können als Voll- oder Stichprobeninventur durchgeführt werden. Obwohl die Messgrößen für den Wald sowie für Einzelbäume in der Stadt identisch sind, erfolgt die Datenerhebung mit einem leicht angepassten Aufnahmedesign (vgl. 'i-TreeKlima_Aufnahmen im Wald_Grundsätze.doc'). Für die Interpretation der Daten im Wald sind die nachfolgend aufgeführten Besonderheiten zu beachten.

Bedeutung der i-Tree Ergebnisse bezogen auf den Wald

Die Situation eines Baumes im Wald unterscheidet sich grundsätzlich von der eines Einzelbaumes in der Stadt oder im Offenland. Das Wachstum eines Baumes im Wald ist im Vergleich zu einem isolierten Einzelbaum in der Stadt geprägt durch das gesamte Bestandgefüge, die Bestandsdichte sowie intra- und interspezifischen Konkurrenzverhältnisse und Wechselwirkungen. So ist z.B. das Kronenvolumen pro Einzelbaum im Wald im Vergleich zu Offenlandverhältnissen deutlich kleiner.

Daher können die Strukturdaten und i-Tree-Quantifizierung der Ökosystemleistungen von einzelnen Waldbäumen grundsätzlich nicht mit denen von isolierten Einzelbäumen in der Stadt verglichen werden. Aussagen von Einzelbäumen im Bestandinneren haben deshalb nur eine Relevanz als Teil des Gesamtsystems. Allfällige Vergleiche sind lediglich sinnvoll, wenn sie zu Einzelbäumen aus anderen Waldbeständen gemacht werden (verschiedene Waldbäume im Vergleich zueinander oder gleiche Baumarten auf unterschiedlichen Waldstandorten). Somit können vergleichende Aussagen zwischen verschiedenen Bestandstypen mit unterschiedlicher Baumartenzusammensetzung, Struktur und Entwicklungsstufe interessant sein (vgl. Beispiele unten).

Bedeutung der i-Tree Quantifizierung für die Waldbewirtschaftung

Die Ziele der Waldbewirtschaftung in der Schweiz sind meistens multifunktional, das heisst auf die Bereitstellung von verschiedenen Waldleistungen im Bereich Biodiversität, Erholung, Holzproduktion oder Schutz vor Naturgefahren ausgerichtet. Im Kontext von Klimawandel und Urbanität gewinnen das kühlende Mikroklima, die steigende Wasserrückhaltekapazität (Reduktion Oberflächenabfluss) sowie eine hohe Biodiversität eine besondere Bedeutung. Die i-Tree Quantifizierung von Ökosystemleistungen, wie z.B. Kohlenstoffspeicherung, Kohlenstoffsequestrierung, Luftschadstoffreduktion (NO₂, PM2.5 u.a.) und Sauerstoff-Produktion haben für die Waldbewirtschaftung in der Regel eine untergeordnete Bedeutung. Sie können quasi als Koppelprodukte der übrigen waldbaulichen Zielsetzungen und der Waldbewirtschaftungsmassnahmen angesehen werden. Interessant ist die Frage, wie verschiedene Waldtypen und Waldbauformen bei gegebenen Bewirtschaftungszielen die Höhe der bereitgestellten Ökosystemleistungen beeinflussen. Hier können die Erkenntnisse der Untersuchung im Sinne von ergänzenden Argumenten wertvolle Hinweise liefern.

Im Zusammenhang mit dem Klimawandel sind wir aber auch dazu aufgefordert, diese Sachverhalte neu zu denken – Wie lassen sie sich beispielsweise in unser Management und Kommunikation integrieren?

Exkurs CO₂-Zertifizierung und Senkenleistung

Im Zuge der Diskussion um Klimawandel und Inwertsetzung von Waldleistungen im Bereich der Nicht-Holz-Produkte gewinnt zurzeit die Frage der CO₂-Zertifizierung für Wälder eine besondere Bedeutung. Diese Thematik könnte in Zukunft auch für urbane Bäume und Wälder eine zunehmende Rolle spielen. Bäume, die mit i-Tree quantifiziert und bewertet wurden, können hier einen wichtigen Beitrag leisten. Methoden und Zertifizierungsprozess können mit bereits bestehenden Dienstleistern (z.B. Wald-Klimaschutz Schweiz) in diesem Bereich abgestimmt werden.

Ferner können mit i-Tree erhobene und quantifizierbare Daten zur CO₂-Senkenleistung in Inventur-Aufnahmedesigns integriert werden. Bei einer genügend grossen Stichprobenzahl könnten auch weiterführende Auswertungen (z.B. pro Waldstandort) vorgenommen werden.

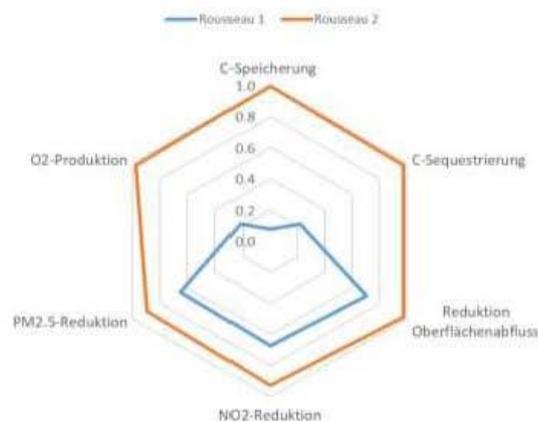


Beispiel 1 – Vergleich 2 unterschiedliche Wälder in Kanton Gené

	Rouss eau 1	Rouss eau 2
Waldbestand		
Region (Höhe)	Plateau (375 müM)	Plateau (375 müM)
Fläche Perimeter	0.04 ha	0.04 ha
Entwicklungsstufe	Stangenholz	Starkes Baumholz
BHD-Verteilung (% pro Entwicklungsstufen)		
Struktur	2-stufig	1-Stufig
Baumarten	SH: SHa (40%), Li (34%), üb. Lb und Eib BH1-BH2: HBu üb. Lb und Eib	BH: Bu (48%), Li (19%), Fi (11%), üb. Lb
Primäre Bewirtschaftungsziel	Erholung	Erholung
ÖSL Quantifizierungen (hochgerechnet pro ha)		
C-Speicherung [kg ha ⁻¹]	113'210.6	1'491'066.4
C-Sequestrierung [kg ha ⁻¹ Jahr ⁻¹]	6'589.79	29'290.54
Reduktion Oberflächenabfluss [m ³ Jahr ⁻¹ ha ⁻¹]	367.75	508.0
NO ₂ -Reduktion [kg ha ⁻¹ Jahr ⁻¹]	23.49	32.44
PM _{2.5} -Reduktion [kg ha ⁻¹ Jahr ⁻¹]	6.52	8.98
O ₂ -Produktion [kg ha ⁻¹ Jahr ⁻¹]	17'572.8	78'108.1

Visualisierung von den Ökosystemleistungen der 2 verschiedenen Wälder

Hinweise: Einen grossen Einfluss auf die Quantitäten der Wald-Ökosystemleistungen haben die Baumartenzusammensetzung, Entwicklungsstufe sowie der Kronenzustand. Will man den Einfluss dieser Faktoren gezielt untersuchen, bedarf es vergleichbarer Wälder, die sich in nur einem dieser Parameter grundsätzlich unterscheiden. Mangels geeigneter Datengrundlagen ist dies im gewählten Beispiel nicht der Fall – es soll lediglich die Unterschiede zwischen den Ökosystemleistungen verschiedener Wälder und die Möglichkeiten der Darstellung aufzeigen.



Beispiel 2 - Der Wald von heute und morgen am Beispiel vom 'Kanton Gené - Rousseau 1'

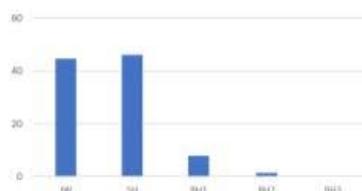
Waldbestand aktuell

Region (Höhe) Plateau (375 müM)

Fläche Perimeter 0.04 ha

Entwicklungsstufe Stangenholz

BHD-Verteilung
(% pro Entwicklungsstufen)



Struktur 2-stufig

Baumarten SH: SHa (40%), Li (34%), üb. Lb und Eib

BH1-BH2: HBu üb. Lb und Eib

Primäre Erholung

Bewirtschaftungsziel

	Heute	In 25 Jahre		In 50 Jahre	
		Keine Pflanz.	10% Pflanz.	Keine Pflanz.	10% Pflanz.
OSL Quantifizierungen (0.04 ha)					
C-Speicherung [kg]	4'530	5'450	6'250	9'420	13'550
C-Sequestrierung [kg Jahr ⁻¹]	263.59	184.9	365.2	310.8	480
NO ₂ -Reduktion [kg Jahr ⁻¹]	1.1	1.4	1.6	0.6	2.0
Kumulierte Jahreswerte [kg]	--	30.6	27.6	40.7	88.1
PM _{2.5} -Reduktion [kg Jahr ⁻¹]	0.3	0.3	0.4	0.1	0.5
Kumulierte Jahreswerte [kg]	--	7.3	6.5	10.5	21.8

Visualisierung - Aussage

Hinweise: Das iTree-Prognosetool gibt eine Einschätzung über die erbrachten Ökosystemleistungen in der Zukunft. Die natürliche Verjüngung wird nicht berücksichtigt; sie muss durch Baumpflanzungen modelliert werden, und die Berechnungen basieren auf der Zusammensetzung des heutigen Baumbestands.

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



Anhang V

Kreative Strategien

Creative strategies for using i-Tree Eco data outputs in Switzerland

The vision for i-Tree's evolution is to become a management guidance system by using the collected local tree data and other local environmental data to:

- make recommendations as to the best species and locations to address local environmental issues within the built environment
- facilitate sustainable Urban Forest and traditional forest management strategies that encompass multiple Ecosystem Services deliverables.



Our hope for i-Tree is that Foresters globally – in the Urban Forest or traditional forested lands - will collect local forest data to make better and more informed decisions related to sustaining forest and community health, resulting in a more informed , ecosystem-oriented forest management strategy. Thus. the outcome could be healthier forests and healthier people.

(David Nowak, personal communication to Naomi Zürcher, 19.09.2021)

For the purpose of clarity, the Urban Forest is defined as an ecosystem characterized by the presence of trees and related flora, funga and fauna, the soils and landscapes they populate and the air and water resource they coexist with, all in a dynamic association with people and their human settlements. (Zürcher, N. 2022. Connecting Trees with People: Synergistic Strategies for Growing the Urban Forest. Springer Verlag ISBN 978-3-030-94533-6)

Unlike most other assets, trees generally appreciate in value over time. The understanding that it is the maturing canopy tree that is the beginning of the period of maximum ecosystem services benefits must be incorporated into our management thought process and resulting strategies. Maturing healthy canopy trees provide more carbon storage and sequestration, more air pollution reduction, more building energy savings, enhanced biodiversity, increased water resource management and avoided storm water runoff as well as improved public health and well-being.

So, how can we use i-Tree Eco output data to make more informed and consequential decisions that can facilitate long term adaptive strategies, especially at a time when the impacts of a changing climate are already a part of our daily management challenges.

i-Tree Eco data as an element in attaining the Grünstadt Schweiz / Villeverte Suisse award

The ecosystem services benefits trees are able to deliver are a barometer for their ability to sustain their structure and function within the built environment, especially with the added impact of a changing climate. Given the concern for sustainability and climate change adaptation expressed throughout the overview and Catalogue of Measures presented by Grünstadt Schweiz / Villeverte Suisse, i-Tree Eco data can make a substantial contribution to a municipality's ability to secure and retain the award.

In addition to i-Tree Eco's applicability to the Strategic Management Process (Strategische Führung / Direction stratégique SF1 and 3), as an instrument with which to measure quality and a basis for climate adaptation and (CC!) a communication tool with which to share the resulting data with varied stakeholders, the Measure criteria captured throughout the PPB Planning, Design and Construction section (Planung, Projektierung und Bau / Planification, conception et construction) as well as PU2 and 3 would be greatly enhanced with an i-Tree Eco assessment contribution.

(The authors thank David Risi, Stadtgärtnerei Luzern, for his inputs.)

Following are specific examples illustrating how i-Tree Eco could be incorporated into the Grünstadt Schweiz / Villeverte Suisse certification process and help to establish strategic planning and management initiatives that can GROW a healthy and sustainable Urban Forest.

Incorporating i-Tree Eco outputs into inventory results

i-Tree Eco field measurements can easily be incorporated into Urban Forest / Forest inventory data collection. Inventories, whether complete or based on samples, normally include species, DBH as well as structural elements such as height and crown width as well as condition information. Any additional i-Tree Eco field measurements related to tree crown structure and health could then be added to what is already being collected. Complete ground-based Urban Forest inventories as well as random sample-plot Forest inventories are usually not completed at one time which makes the incorporation of i-Tree Eco field measurements much easier.

What is important is to integrate i-Tree Eco field data into current inventory procedures. Attached is a table which identifies all the elements, including i-Tree Eco, that are essential to urban tree management and should be collected during a ground-based urban tree inventory.

Use of i-Tree Eco data to inform future ecosystem-oriented planting initiatives

i-Tree Eco's Ecosystem Analysis Urban Forest Effects and Values Written Report offers a summary of a project's structure, function and value. Within that assessment report, i-Tree Eco offers a Tree Characteristic analysis. In addition to tree species composition, i-Tree Eco's evaluation of the tree population by diameter class can provide valuable structural information to determine future planting needs and where shortfalls exist within diameter class distribution. Given the understanding that it is the healthy maturing canopy tree that is delivering the maximum ecosystem services benefits, it is essential that managers require an overview of the stocking continuity necessary to maintain those benefits in combination with the management criteria provided by an Urban Forest / Forest Inventory assessment. This overview would provide managers of all forest types from Urban Forest to traditional Forest with essential adaptive management data needed to maintain ecosystem-oriented diameter class distribution.

Regarding VSSG / BSB determined value of trees in relation to i-Tree Eco valuation

The current Swiss standard applied to tree loss due to negligence or planning and construction projects is the calculation of compensation according to VSSG and BSB. This value is currently higher than the equivalent value calculated by i-Tree Eco (column entitled Structural Value) which is based on the CTLA valuation used in the U.S. and accepted by U.S. courts. It is the "Amenity" value, similar to the VSSG and BSB thought process.

To address the need for a more complete assessment of the loss of trees and the true

value of that loss, a more inclusive determination is recommended, as follows:

- retain the VSSG/ BSB method currently accepted by Swiss law – this establishes the “investment” of yesterday – the planting of the tree up to and including the date of loss - today;
- combine the result of this methodology with the i-Tree Eco methodology which quantifies Ecosystem Services, establishing the value of the tree of today and into its contributing future – the tree of tomorrow - with the inclusion of Forecast Tool data.

The total i-Tree Eco supplement could be made at the municipal level (or also at the cantonal level). This supplement calculates the monetary value of the lost ecosystem services of today – what existed at the time of damage or felling - combined with the forecast for future years. This total ecosystem services value would then be added to the VSSG/ BSB compensation calculation.

The resulting value would then provide the total loss of services / benefits for what exists today combined with the tree’s remaining productive years. To arrive at the correct additional value, the Structural Value calculation contained in the i-Tree Eco output reports must be removed so that the resulting calculated data contribution is for ecosystem services only.

To fully document and establish the totality of lost services and benefits from a comparative perspective, a new i-Tree Eco project can be created by submitting data for the replacement tree(s) consisting of species plus standard DBH planting size. i-Tree Eco would then calculate all the remaining field data based on its defaults. The Forecast Tool can be used to determine the number of years it would take the replacement(s) to equal the the damaged / felled tree of today and tomorrow. Documentation of the totality of loss when tree removal is caused by spatial development could and should provide an incentive to use an ecological design approach to building within the treed built environment.

Use of i-Tree Eco data to mitigate planned spatial development

Cities across Switzerland contain a very limited amount of precious green space. That existing space is often looked at as either vacant land in its entirety or magically, so that the tree is just standing there without any relation to that essential landscape underground – its root system. This understanding and the need to present the tree in its entirety might help to create categories as a point from which to begin.

In locations where existing trees and the landscapes they populate are threatened by planned spatial development, one can do an i-Tree Eco assessment to show the additional value that those existing trees are delivering and will continue to deliver to the local community. This information combined with documentation of that critical landscape underground could help to mitigate the existing development plan, reducing impact as well as tree loss. This additional data could be added into existing inventories to help monitor Urban Forest health and effects.

One can also be very creative by using the “Stratum” feature to make the resulting outputs more meaningful. For example, although one cannot assess the soil ecosystem using i-Tree Eco, one can create Strata that would distinguish between trees planted into an impervious environment as opposed to trees growing in an open, unsealed landscape.

A further distinction could be the extent of that impervious surface – either outside the Critical Root Zone or inside it. An even further consideration would be to define impervious surface according to an ecological Tree Protection Zone, which acknowledges the need to consider the functional ecological root footprint and uses the following formula from Dr. Kim Coder's extensive research:

- DBH 15cm or less: a minimum of 4.5 meters from the dripline
- DBH >15cm: a minimum of 7.6 meters from the dripline
- DBH >1 meter: may require a minimum that exceeds 9.1 meters

Given the experience with flooding and the likelihood of increased flooding caused by extreme weather events, the i-Tree Eco output data would be exceptionally helpful in providing comparisons in tree growth between same species located within varied sealed or impervious surfaces as compared to unsealed or pervious environments. These data comparisons can form the basis for an enhanced Best Management approach to cost-effective urban water resource management solutions:

- unsealing soil wherever possible
- where it is not possible, explore the full range of paving alternatives – dry-set / porous / pervious / permeable pavers - combined with structural soil substrates
- incorporation of bio-remediation as well as phytoremediation strategies to increase runoff retention capacity.

A reduction of impervious cover would also have the additional benefits of reducing the Urban Heat Island effect as well as the costly conflicts between paving and tree roots while greatly improving growing conditions for trees, further enabling the retention of healthy maturing trees.

Another approach to improve utilization of i-Tree Eco outputs could be to include i-Tree Eco field measurements for newly planted trees to help monitor these trees' ecosystem services deliverable from planting date. If varied techniques are being implemented to improve rooting space, an i-Tree Eco assessment could add to the body of knowledge regarding resulting tree health and survival rates. All the data for these newly planted trees could then be added to existing inventories to help keep them up-to-date.

If a City is doing any demonstrations, such as assessing varied structural soil recipes to determine how structural soil functions and which recipe supports the most stable and productive results, one can expand the evaluation to include the vitality of the trees that are included in those demonstration sites. An i-Tree Eco assessment could benchmark tree structure and function at the inception of the experiment as well as provide additional information as to how trees are responding to the structural soil installations under adjoining paved surfaces.

Use of i-Tree Eco data to enhance traditional forest management

In Switzerland, forest planning is the responsibility of the Cantons. Accordingly, there are many different planning, monitoring and control systems. A widespread approach is the so-called "Weiserflächen" Concept.

"Weiserflächen" are reference-areas, in which the development of the forest is specifically observed as a basis for forest management and as an object of knowledge transfer and learning.

This concept could be further developed: Municipalities could select specific areas (of different green space types) where they look very closely and document the experiences with i-Tree Eco.

- Water retention capacity is an important forest ecosystem service, especially in protection forests. i-Tree Eco quantifies the avoided runoff capacity of trees in m³ of retained water per year. In selected sub-areas - e.g. in Weiserflächen - the services could be quantified, for example before and after intervention or in a comparison of different management regimes.
- For many forest ecosystem services, the leaf surface area plays a decisive role. In order to gain a better understanding of the relationship between development stage and leaf surface, ideal-typical stands could be measured at different stages of development and thus a kind of ecosystem service coefficient could be determined as supplementary information on forest development.
- Forests and wood are currently of great importance for climate policy in connection with their carbon sink performance. In practice areas, such as the inventoried areas of Marteloscopes, the inventory data could be expanded to include an i-Tree Eco assessment. In this way, silvicultural test interventions could be supplemented with i-Tree Eco data as to the effect on the carbon sink performance of the remaining stand.

Use of i-Tree Eco data to communicate with local communities

Managing the Urban Forest cannot be a task that is just relegated to professionals. No government will ever have enough funding or an adequately trained staff to have essential eyes and ears throughout an entire municipality's Urban Forest ecosystem. Since the Urban Forest belongs to all its residents, it is critically important that we share our expertise in an understandable way so that residents and communities who are interested in learning can participate, where appropriate, in the management of the resource.

i-Tree Eco data outputs contain information which, when shared, can provide communities with a much better and more complete understanding of their trees –

- the trees they coexist with,
- the trees that, as they mature, provide a vast array of life's essentials to all the trees' associates including us,
- the realization that we cannot live without healthy mature trees sharing the spaces and places we occupy.

Examples of ways in which to share knowledge and engage with local communities are as follows:

- most villages, towns and cities throughout Switzerland have, within their centers, at least one specimen tree that is 100 years old or more. That tree has a story. It has lived through those years, bearing witness to all that has transpired. That story, combined with data from i-Tree Eco, can provide citizens with a much greater understanding of that tree's importance and thus, the importance of all their trees. This can be accomplished with simple signage or an article in the local paper as well as an "Our Trees" section on the municipality's web page.

- Swiss municipalities are often divided into Quartier. One way of engaging with these local communities is to ask them to select their favorite community tree. Once that tree has been selected, an i-Tree Eco field data collection day can be organized and announced so

interested residents can observe what we are doing and learn why. That data would then be made available to the Quartier with a tree tag for the measured tree.

- to further encourage residents to do their own assessments of trees they care about and are interested in, an announcement regarding the MyTree App can be made in a local paper as well as the municipality's web page with all the necessary information on how to access the data collection form online and what to do with the data that has been collected. MyTree is an excellent way of engaging adults as well as youth with their trees and sharing what they have learned with the entire world. More importantly, it facilitates and enhances the tree - people connection which can only contribute to quality-of-life. MyTree for Switzerland is now available at the following link: <https://mytree.itreetools.org/#/>

- as noted in the accompanying Inventory Data to Collect table, citizens can also assist with certain inventory elements including some of the i-Tree Eco field measurements. Swiss municipalities might consider engaging with Pro Natura groups or schools with gardens to encourage this aspect of participatory management. A simple training guideline can be developed and shared with the interested public. We always recommend that citizens are accompanied by an expert for support as well as the collection of inventory elements requiring professional expertise.

i-Tree Eco field data collection to inform and advance education

To expand existing curriculum that explores tree physiology and to integrate the Stadtgärtnerei into the value of the urban tree and treed landscapes, i-Tree Eco can add an understanding of tree structure and function and its contribution to the ecosystem services benefits afforded by healthy trees, essential to urban dwellers.

- i-Tree Eco as well as the MyTree desktop App can be incorporated into existing experiential curriculum for a range of student ages that explores trees, their physiology and the landscapes they populate. MyTree is now available for all locations throughout Switzerland and provides easy access to an individual tree's quantifiable ecosystem services benefits. MyTree can be accessed at the following link: <https://mytree.itreetools.org/#/>

- i-Tree Eco can be used to benchmark trees' ecosystem services benefits for student projects that are recommending improvements to existing treed landscapes. Benchmarking current benefits establishes a baseline from which to compare landscape improvement results.



	A	B	C	D	E
	Inventory Data to be Collected	Basic Data	Additional Essential Data	Subsequent Management Data	Citizen Participation
2					
3	Location				
4	Physical - the address being surveyed	✓			★
5	GPS coordinates for GIS mapping	✓			★
6	Spatial Resource: Site Characteristics Condition				
7	Land use or site class [⌘]	✓			★
8	Planting area type		✓		
9	• tree lawn / grass strip		✓		
10	• curbside cutout		✓		
11	• street mall / median strip		✓		
12	• parking island		✓		
13	• urban park		✓		
14	• open field		✓		
15	• urban woodland		✓		
16	Planting area dimension		✓		★
17	• distance of trunk flare to infrastructure		✓		★
18	Planting area treatment		✓		★
19	• open accessible soil volume		✓		
20	• permeable or impermeable pavement / surface		✓		
21	• ground cover		✓		
22	• open landscape		✓		
23	Paved walkway width and condition		✓		★
24	Amount of street traffic		✓		★
25	Presence of overhead wires		✓		★
26	Presence of underground utilities		✓		
27	Adjacent use				★
28	• buildings including type and size e.g. one-family, multi-residence, business		✓		
29	• parking lot		✓		
30	• public or private greenspace		✓		
31	• vacant land		✓		
32	Tree Resource: Current				
33	General Tree Metrics				
34	• Genus and species [⌘] + cultivar or variety, if known	✓			+
35	• DBH (diameter at breast height, specific or class) [⌘]	✓			★
36	• TFD - trunk flare diameter and shape		✓		★
37	• total tree height [⌘]		✓		★
38	• total live tree height [⌘]		✓		+
39	• height to crown base [⌘]		✓		★
40	• crown width [⌘]		✓		★
41	• percent crown missing [⌘]		✓		+
42	• crown light exposure [⌘]		✓		+
43	• proximity to buildings within 60'/18.3m [⌘]: direction N>S, E>W; distance		✓		★
44	Condition				
45	• incremental annual growth		✓		
46	• percentage of dieback [⌘], foliage transparency, crown density, live crown ratio	✓			
47	• risk assessment and rating	✓			
48	• mechanical injury		✓		
49	• pathogens	✓			
50	• abiotic impacts		✓		
51	• condition notes e.g. specific observations affecting maintenance		✓		
52	Conflicts with Infrastructure				
53	• pavement [⌘]	✓			★
54	• buildings	✓			★
55	• overhead wires [⌘]	✓			★
56	• street / roadway signage	✓			★
57	• street / roadway lighting	✓			★
58	Actions recommended				
59	• maintenance, e.g. pruning	✓			
60	• removal	✓			
61	• risk mitigation	✓			
62	• site mitigation, e.g. increase tree pit size, bevel pavers	✓			
63	Tree Resource: Subsequent				
64	New Planting Data				
65	• GPS / GIS coordinates			✓	
66	• Genus, species, cultivar / variety			✓	
67	• Provenance, if known			✓	
68	• date planted			✓	
69	• caliper / height at planting			✓	
70	• production type field grown, container grown e.g.			✓	
71	• package type e.g. B&B, bare root, container specifics			✓	
72	Public Construction Inventory Data (to be submitted at Project's conclusion)				
73	• GPS / GIS coordinates			✓	
74	• Genus, species, cultivar / variety if known			✓	
75	• planned intervention e.g. clearance pruning, root pruning, transplanting, irrigation, removal, including dates of occurrence			✓	
76	• documented - dated construction impacts / mitigation e.g. soil compaction			✓	
264	[⌘] - i-Tree assessment parameter				
265	[★] - unassisted participation				
266	[+] - assisted participation				
267					
268					

Anhang VI

Versuchsperrimeter Zürich



iTree Projektperimeter

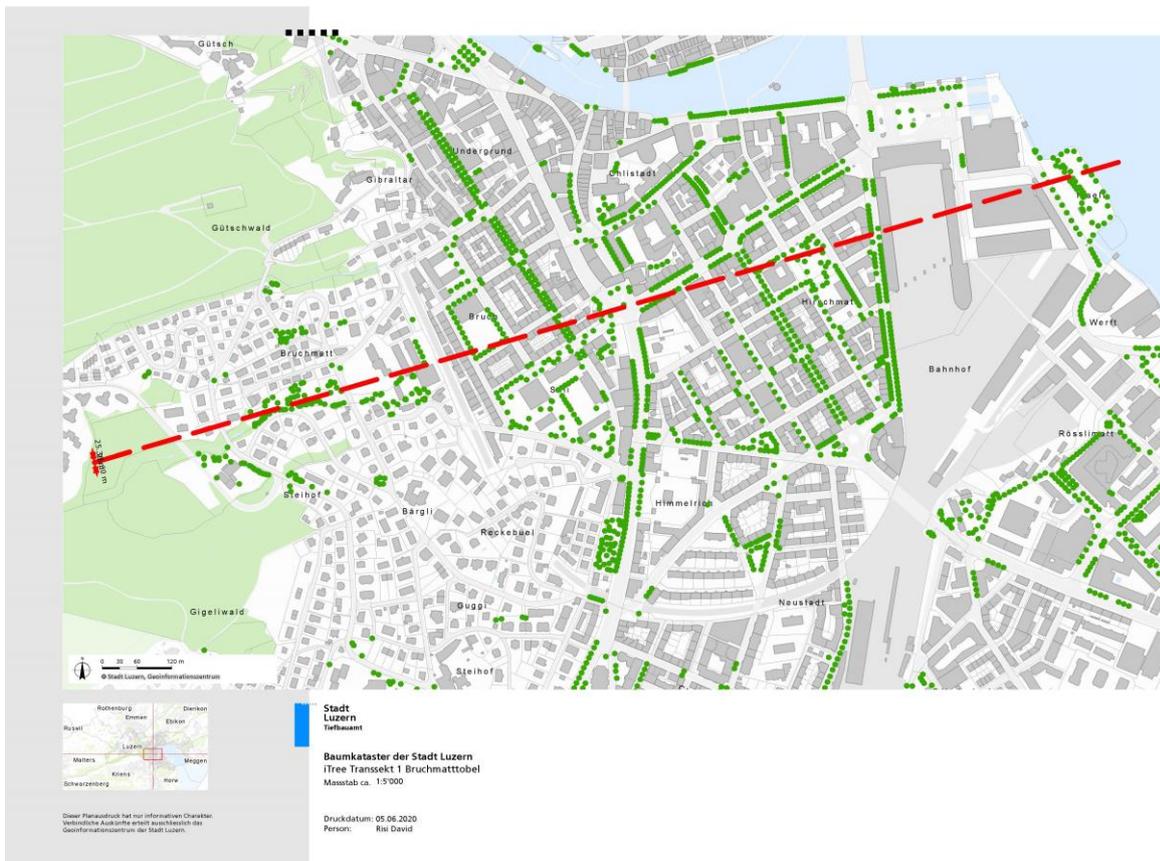


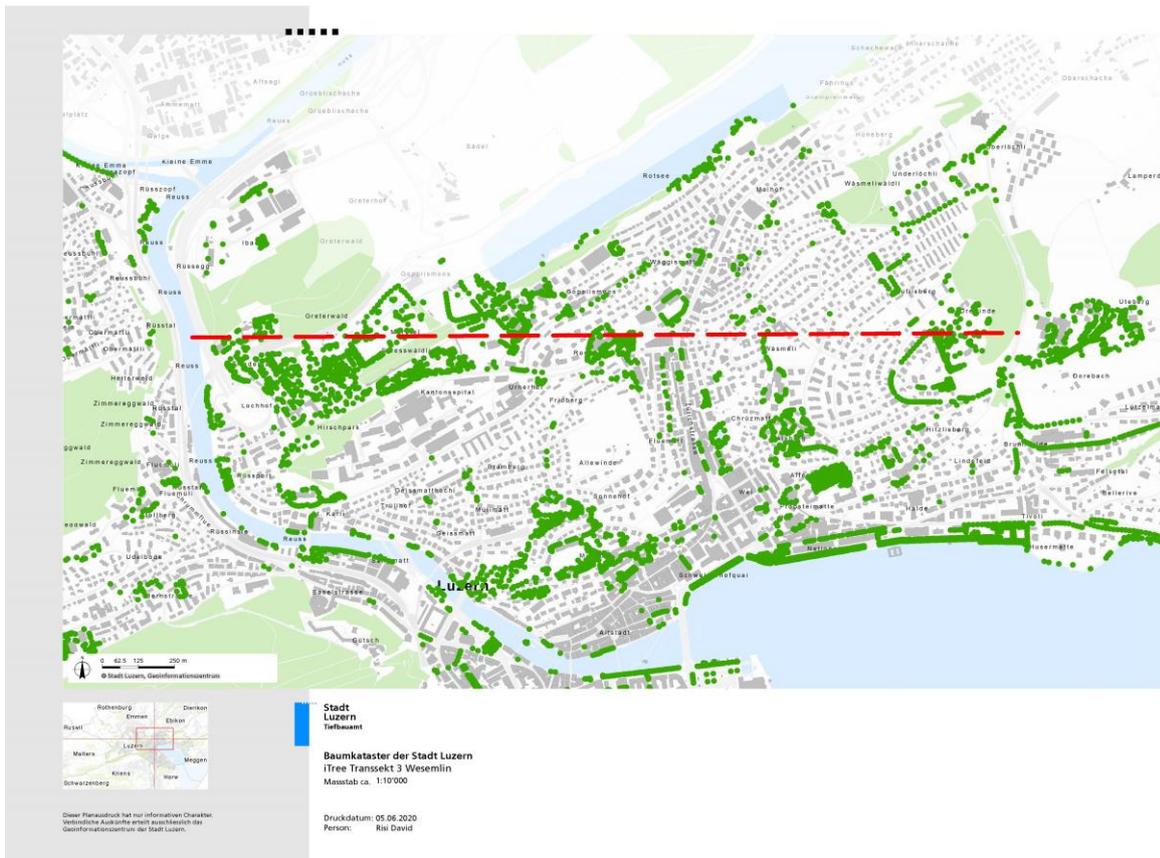
1:1700

Erstellt von/am
gszrec, 20.08.2019

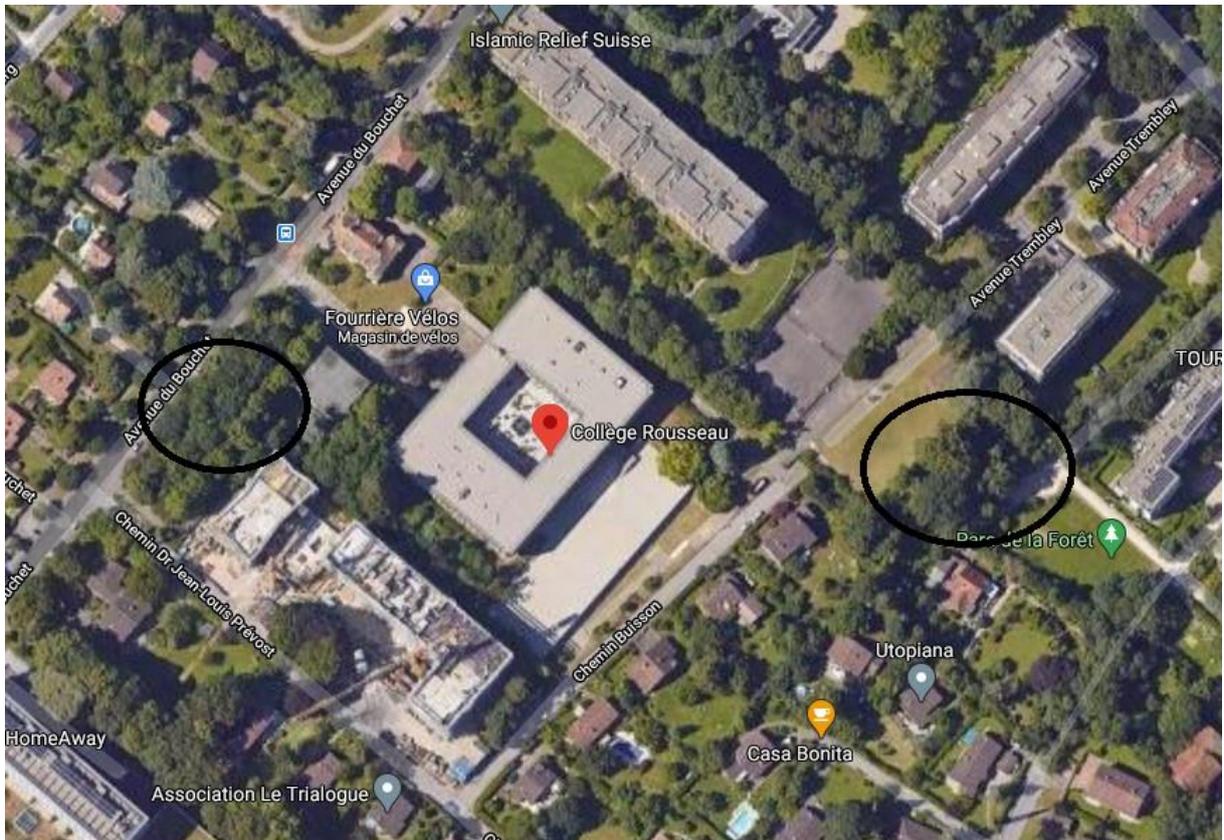
Datenquellen: Copyright: Die in der obigen Karte sind auf der Karte abgebildeten
Grenzlinien sind nicht verbindlich. Die in der Karte abgebildeten Grenzlinien sind
aufgrund der unvollständigen Erfassung der Daten nicht verbindlich.
Stand: 20.08.2019

Versuchspерimeter Luzern





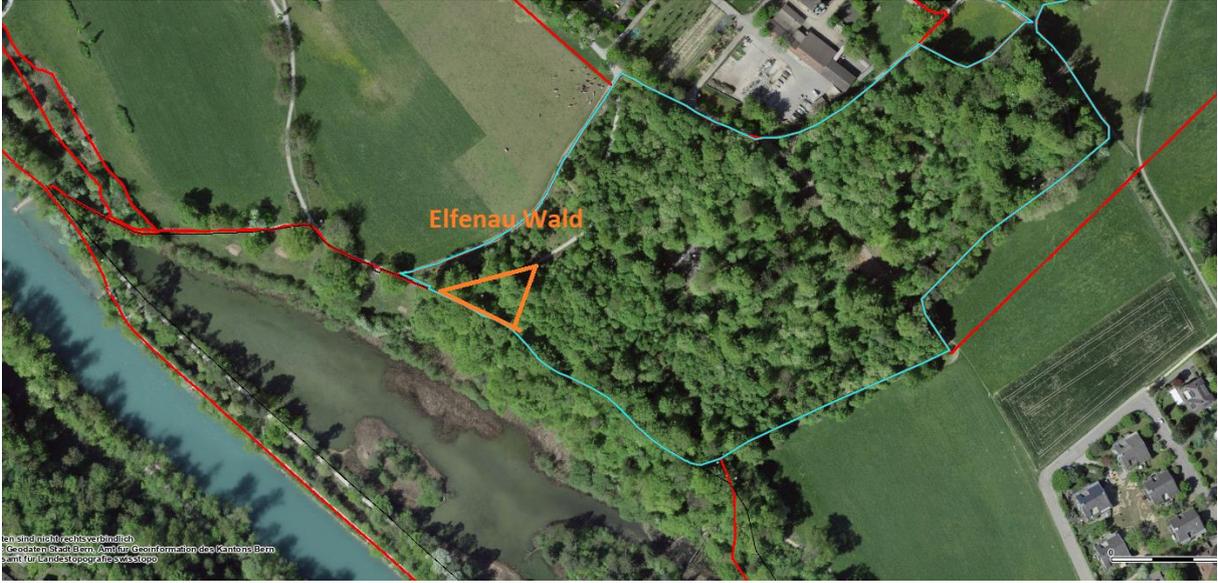
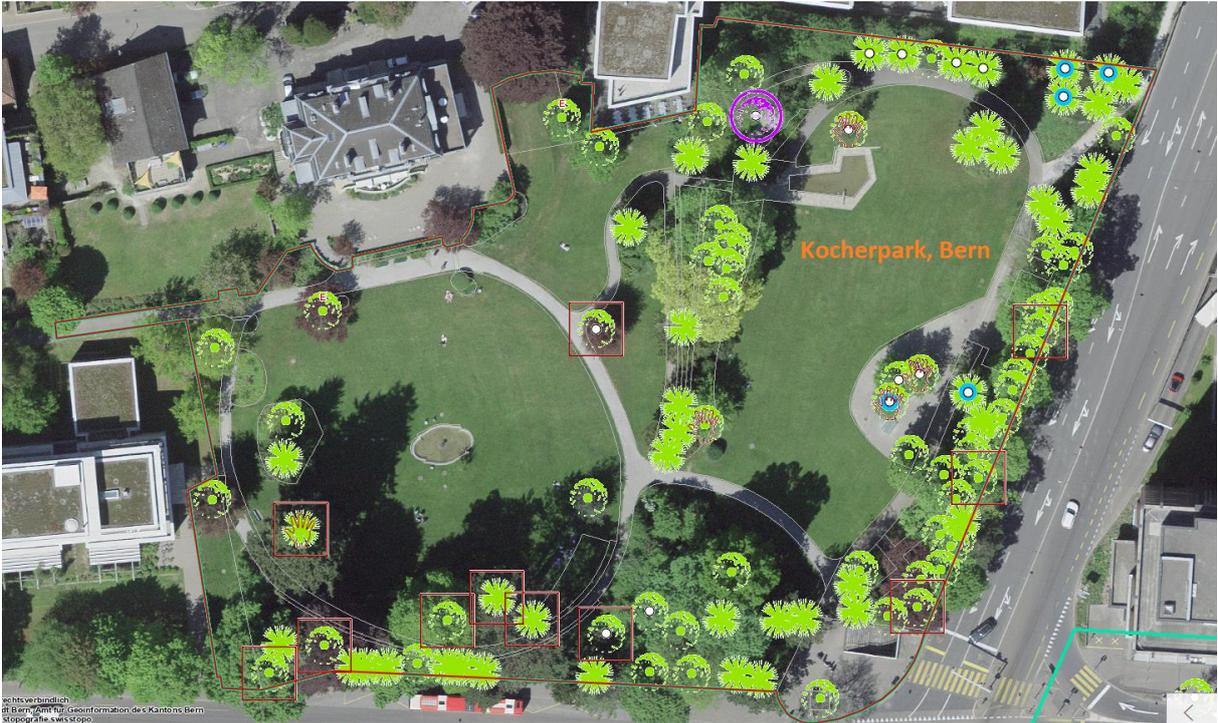
Versuchspersimeter Genf



Versuchspерimeter Basel



Versuchssperimeter Bern



Anhang VII

i-Tree Bericht Biomasseverteilung BHD etc.

i-Tree Ecosystem Analysis

Climate Adaptation Bern



Urban Forest Effects and Values Dezember 2020

Page 1

Summary

Understanding an urban forest's structure, function and value can promote management decisions that will improve human health and environmental quality. An assessment of the vegetation structure, function, and value of the Climate Adaptation Bern urban forest was conducted during 2020. Data from 250 trees located throughout Climate Adaptation Bern were analyzed using the i-Tree Eco model developed by the U.S. Forest Service, Northern Research Station.

- Number of trees: 250
- Tree Cover: 41.5 %
- Most common species of trees: *Aesculus hippocastanum*, *Fagus sylvatica*, *Acer platanoides*
- Percentage of trees less than 6" (15.2 cm) diameter: 28.8%
- Pollution Removal: 62.7 kilograms/year (SwF1.13 thousand/year)
- Carbon Storage: 109.6 metric tons (SwF20.4 thousand)
- Carbon Sequestration: 3.487 metric tons (SwF650/year)
- Oxygen Production: 9.298 metric tons/year
- Avoided Runoff: 170.5 cubic meters/year (SwF383/year)
- Building energy savings: SwF-740/year
- Carbon Avoided: -708.1 kilograms/year (SwF-132/year)
- Structural values: SwF567 thousand

Metric ton: 1000 kilograms

Monetary values SwF are reported in Swiss Francs throughout the report except where noted.

Ecosystem service estimates are reported for trees.

For an overview of i-Tree Eco methodology, see Appendix I. Data collection quality is determined by the local data collectors, over which i-Tree has no control.

Table of Contents

Summary	2
I. Tree Characteristics of the Urban Forest	4
II. Urban Forest Cover and Leaf Area	7
III. Air Pollution Removal by Urban Trees	9
IV. Carbon Storage and Sequestration	11
V. Oxygen Production	13
VI. Avoided Runoff	14
VII. Trees and Building Energy Use	15
VIII. Structural and Functional Values	16
IX. Potential Pest Impacts	17
Appendix I. i-Tree Eco Model and Field Measurements	21
Appendix II. Relative Tree Effects	25
Appendix III. Comparison of Urban Forests	26
Appendix IV. General Recommendations for Air Quality Improvement	27
Appendix V. Invasive Species of the Urban Forest	28
Appendix VI. Potential Risk of Pests	29
References	30

I. Tree Characteristics of the Urban Forest

The urban forest of Climate Adaptation Bern has 250 trees with a tree cover of 41.5 percent. The three most common species are *Aesculus hippocastanum* (22.0 percent), *Fagus sylvatica* (17.2 percent), and *Acer platanoides* (12.4 percent).

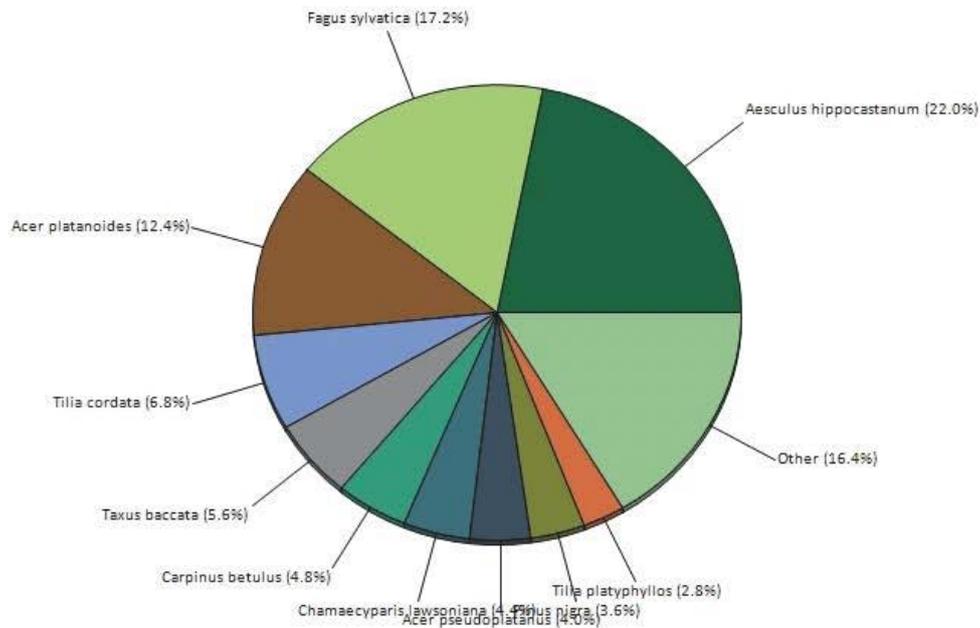


Figure 1. Tree species composition in Climate Adaptation Bern

The overall tree density in Climate Adaptation Bern is 83 trees/hectare (see Appendix III for comparable values from other cities). For stratified projects, the highest tree densities in Climate Adaptation Bern occur in Park followed by Strasse and Wald.

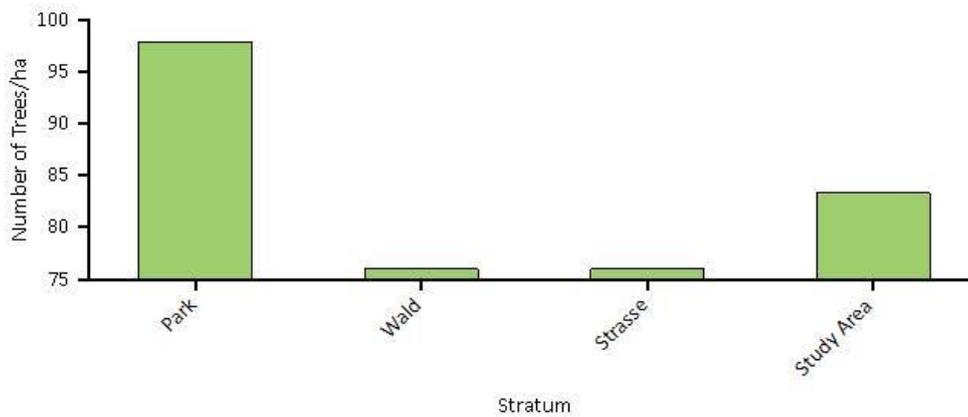


Figure 2. Number of trees/ha in Climate Adaptation Bern by stratum

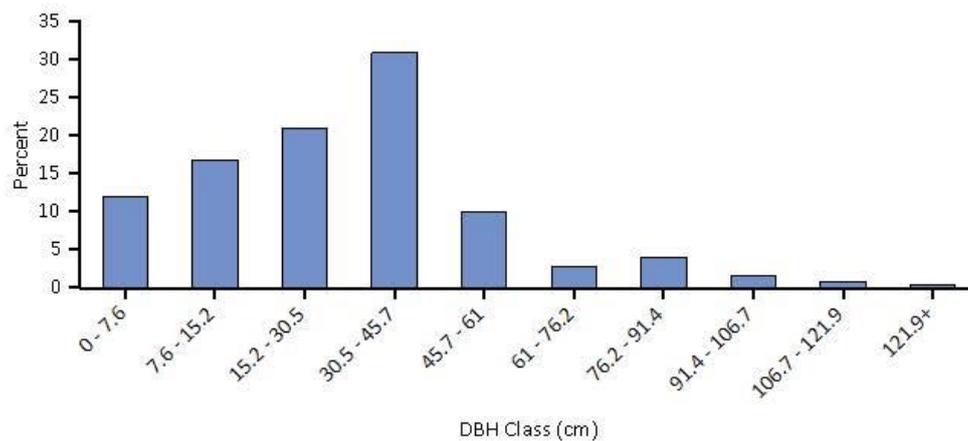


Figure 3. Percent of tree population by diameter class (DBH - stem diameter at 1.37 meters)

Urban forests are composed of a mix of native and exotic tree species. Thus, urban forests often have a tree diversity that is higher than surrounding native landscapes. Increased tree diversity can minimize the overall impact or destruction by a species-specific insect or disease, but it can also pose a risk to native plants if some of the exotic species are invasive plants that can potentially out-compete and displace native species. In Climate Adaptation Bern, about 10 percent of the trees are species native to Europe. Most trees have an origin from Europe & Asia (74 percent of the trees).

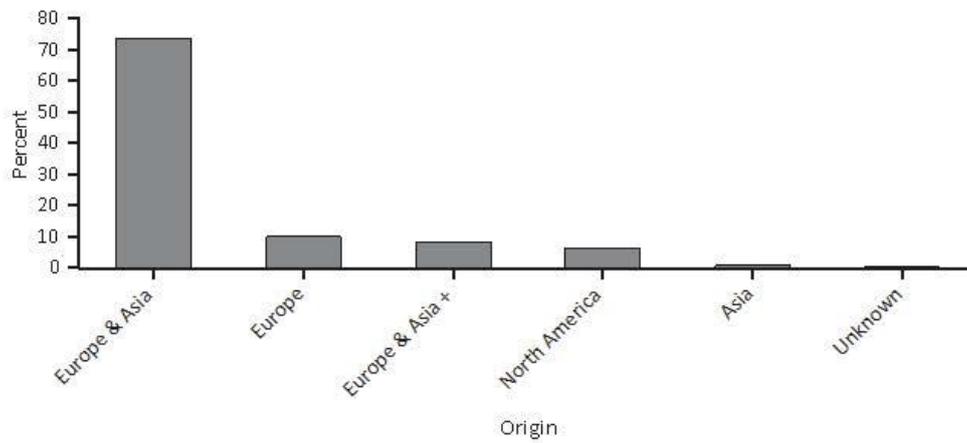


Figure 4. Percent of live tree population by area of native origin, Climate Adaptation Bern

The plus sign (+) indicates the tree species is native to another continent other than the ones listed in the grouping.

Invasive plant species are often characterized by their vigor, ability to adapt, reproductive capacity, and general lack of natural enemies. These abilities enable them to displace native plants and make them a threat to natural areas.

II. Urban Forest Cover and Leaf Area

Many tree benefits equate directly to the amount of healthy leaf surface area of the plant. Trees cover about 41 percent of Climate Adaptation Bern and provide 5.699 hectares of leaf area. Total leaf area is greatest in Park followed by Strasse and Wald.

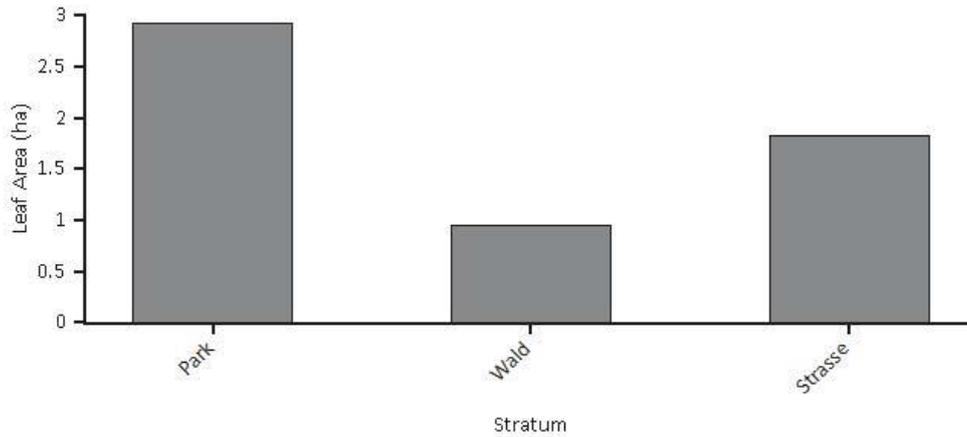


Figure 5. Leaf area by stratum, Climate Adaptation Bern

In Climate Adaptation Bern, the most dominant species in terms of leaf area are *Aesculus hippocastanum*, *Fagus sylvatica*, and *Acer platanoides*. The 10 species with the greatest importance values are listed in Table 1. Importance values (IV) are calculated as the sum of percent population and percent leaf area. High importance values do not mean that these trees should necessarily be encouraged in the future; rather these species currently dominate the urban forest structure.

Table 1. Most Important species in Climate Adaptation Bern

Species Name	Percent Population	Percent Leaf Area	IV
<i>Aesculus hippocastanum</i>	22.0	21.6	43.6
<i>Fagus sylvatica</i>	17.2	16.9	34.1
<i>Acer platanoides</i>	12.4	10.8	23.2
<i>Tilia cordata</i>	6.8	6.1	12.9
<i>Acer pseudoplatanus</i>	4.0	7.4	11.4
<i>Taxus baccata</i>	5.6	5.7	11.3
<i>Tilia platyphyllos</i>	2.8	5.7	8.5
<i>Pinus nigra</i>	3.6	4.2	7.8
<i>Carpinus betulus</i>	4.8	1.0	5.8
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i>	4.4	1.4	5.8

Common ground cover classes (including cover types beneath trees and shrubs) in Climate Adaptation Bern are not available since they are configured not to be collected.

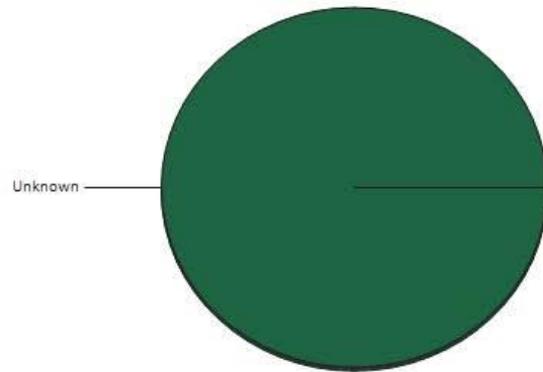


Figure 6. Percent of land by ground cover classes, Climate Adaptation Bern

III. Air Pollution Removal by Urban Trees

Poor air quality is a common problem in many urban areas. It can lead to decreased human health, damage to landscape materials and ecosystem processes, and reduced visibility. The urban forest can help improve air quality by reducing air temperature, directly removing pollutants from the air, and reducing energy consumption in buildings, which consequently reduces air pollutant emissions from the power sources. Trees also emit volatile organic compounds that can contribute to ozone formation. However, integrative studies have revealed that an increase in tree cover leads to reduced ozone formation (Nowak and Dwyer 2000).

Pollution removal¹ by trees in Climate Adaptation Bern was estimated using field data and recent available pollution and weather data available. Pollution removal was greatest for ozone (Figure 7). It is estimated that trees remove 62.7 kilograms of air pollution (ozone (O₃), carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide (NO₂), particulate matter less than 2.5 microns (PM_{2.5})², and sulfur dioxide (SO₂)) per year with an associated value of SwF1.13 thousand (see Appendix I for more details).

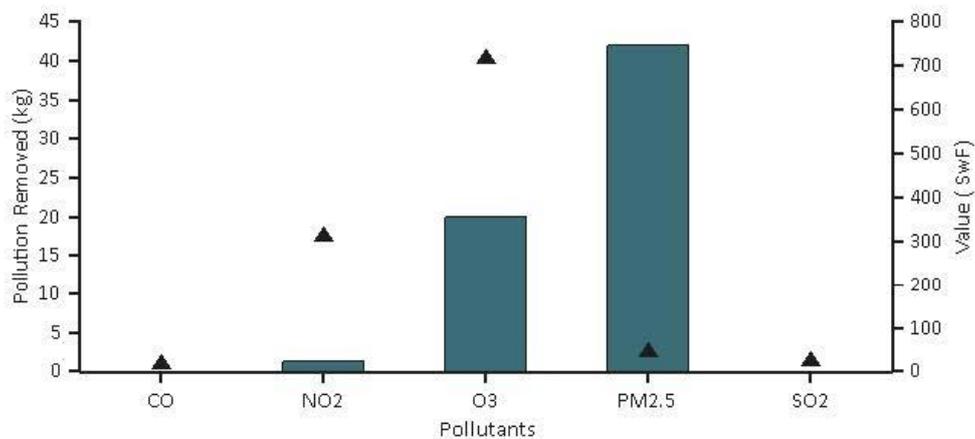


Figure 7. Annual pollution removal (points) and value (bars) by urban trees, Climate Adaptation Bern

¹ Particulate matter less than 10 microns is a significant air pollutant. Given that i-Tree Eco analyzes particulate matter less than 2.5 microns (PM_{2.5}) which is a subset of PM₁₀, PM₁₀ has not been included in this analysis. PM_{2.5} is generally more relevant in discussions concerning air pollution effects on human health.

² Trees remove PM_{2.5} when particulate matter is deposited on leaf surfaces. This deposited PM_{2.5} can be resuspended to the atmosphere or removed during rain events and dissolved or transferred to the soil. This combination of events can lead to positive or negative pollution removal and value depending on various atmospheric factors (see Appendix I for more details).

In 2020, trees in Climate Adaptation Bern emitted an estimated 10.07 kilograms of volatile organic compounds (VOCs) (1.629 kilograms of isoprene and 8.439 kilograms of monoterpenes). Emissions vary among species based on species characteristics (e.g. some genera such as oaks are high isoprene emitters) and amount of leaf biomass. Thirty- three percent of the urban forest's VOC emissions were from *Taxus baccata* and *Pinus nigra*. These VOCs are precursor chemicals to ozone formation.³

General recommendations for improving air quality with trees are given in Appendix VIII.

³ Some economic studies have estimated VOC emission costs. These costs are not included here as there is a tendency to add positive dollar estimates of ozone removal effects with negative dollar values of VOC emission effects to determine whether tree effects are positive or negative in relation to ozone. This combining of dollar values to determine tree effects should not be done, rather estimates of VOC effects on ozone formation (e.g., via photochemical models) should be conducted and directly contrasted with ozone removal by trees (i.e., ozone effects should be directly compared, not dollar estimates). In addition, air temperature reductions by trees have been shown to significantly reduce ozone concentrations (Cardelino and Chameides 1990; Nowak et al 2000), but are not considered in this analysis. Photochemical modeling that integrates tree effects on air temperature, pollution removal, VOC emissions, and emissions from power plants can be used to determine the overall effect of trees on ozone concentrations.

IV. Carbon Storage and Sequestration

Climate change is an issue of global concern. Urban trees can help mitigate climate change by sequestering atmospheric carbon (from carbon dioxide) in tissue and by altering energy use in buildings, and consequently altering carbon dioxide emissions from fossil-fuel based power sources (Abdollahi et al 2000).

Trees reduce the amount of carbon in the atmosphere by sequestering carbon in new growth every year. The amount of carbon annually sequestered is increased with the size and health of the trees. The gross sequestration of Climate Adaptation Bern trees is about 3.487 metric tons of carbon per year with an associated value of SwF650. See Appendix I for more details on methods.

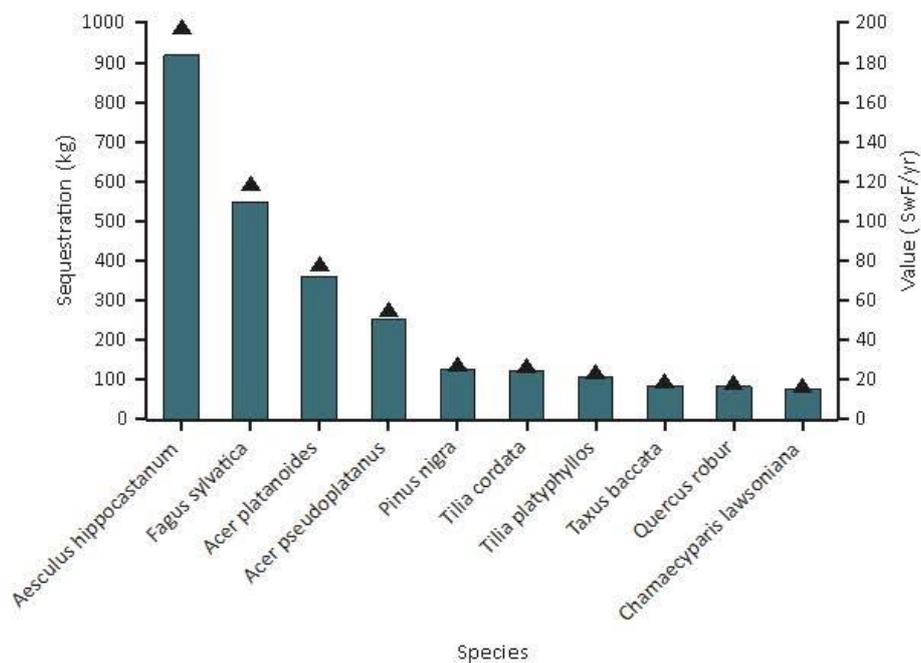


Figure 8. Estimated annual gross carbon sequestration (points) and value (bars) for urban tree species with the greatest sequestration, Climate Adaptation Bern

Carbon storage is another way trees can influence global climate change. As a tree grows, it stores more carbon by holding it in its accumulated tissue. As a tree dies and decays, it releases much of the stored carbon back into the atmosphere. Thus, carbon storage is an indication of the amount of carbon that can be released if trees are allowed to die and decompose. Maintaining healthy trees will keep the carbon stored in trees, but tree maintenance can contribute to carbon emissions (Nowak et al 2002c). When a tree dies, using the wood in long-term wood products, to heat buildings, or to produce energy will help reduce carbon emissions from wood decomposition or from fossil-fuel or wood-based power plants.

Trees in Climate Adaptation Bern are estimated to store 110 metric tons of carbon (SwF20.4 thousand). Of the species sampled, *Aesculus hippocastanum* stores and sequesters the most carbon (approximately 21% of the total

carbon stored and 28.3% of all sequestered carbon.)

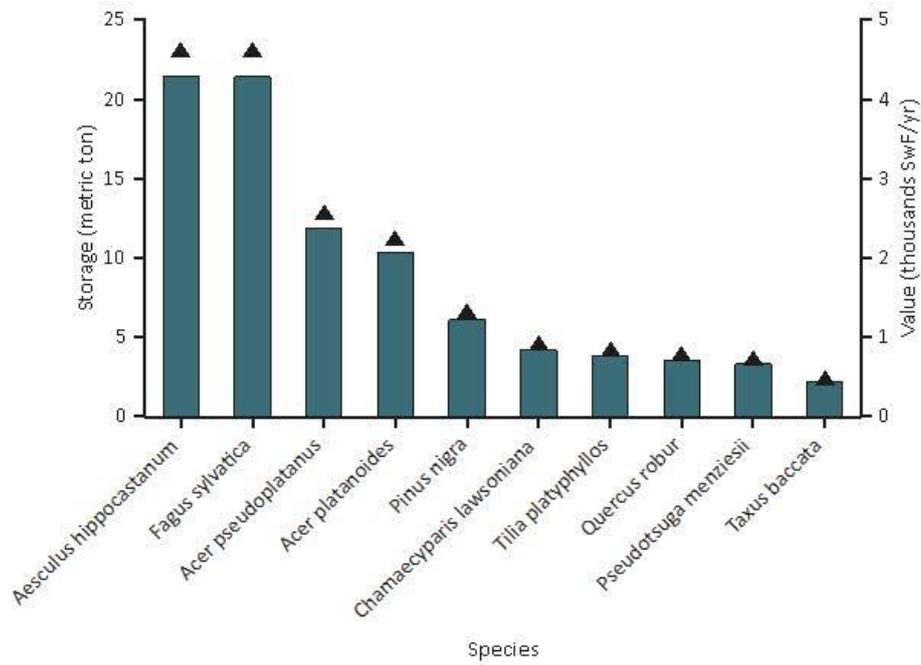


Figure 9. Estimated carbon storage (points) and values (bars) for urban tree species with the greatest storage, Climate Adaptation Bern

V. Oxygen Production

Oxygen production is one of the most commonly cited benefits of urban trees. The annual oxygen production of a tree is directly related to the amount of carbon sequestered by the tree, which is tied to the accumulation of tree biomass.

Trees in Climate Adaptation Bern are estimated to produce 9.298 metric tons of oxygen per year.⁴ However, this tree benefit is relatively insignificant because of the large and relatively stable amount of oxygen in the atmosphere and extensive production by aquatic systems. Our atmosphere has an enormous reserve of oxygen. If all fossil fuel reserves, all trees, and all organic matter in soils were burned, atmospheric oxygen would only drop a few percent (Broecker 1970).

Table 2. The top 20 oxygen production species.

<i>Species</i>	<i>Oxygen (kilogram)</i>	<i>Gross Carbon Sequestration (kilogram/yr)</i>	<i>Number of Trees</i>	<i>Leaf Area (hectare)</i>
Aesculus hippocastanum	2'627.74	985.40	55	1.23
Fagus sylvatica	1'571.37	589.27	43	0.96
Acer platanoides	1'030.74	386.53	31	0.62
Acer pseudoplatanus	723.19	271.19	10	0.42
Pinus nigra	359.95	134.98	9	0.24
Tilia cordata	352.38	132.14	17	0.35
Tilia platyphyllos	311.06	116.65	7	0.32
Taxus baccata	243.52	91.32	14	0.33
Quercus robur	239.31	89.74	2	0.08
Chamaecyparis lawsoniana	217.28	81.48	11	0.08
Pseudotsuga menziesii	205.94	77.23	1	0.23
Elaeagnus angustifolia	200.89	75.34	1	0.04
Ilex aquifolium	200.69	75.26	6	0.07
Fraxinus excelsior	151.96	56.99	7	0.15
Ulmus glabra	113.57	42.59	4	0.11
Carpinus betulus	111.62	41.86	12	0.06
Prunus cerasifera	84.38	31.64	1	0.03
Tilia euchlora	80.38	30.14	2	0.05
Picea abies	69.67	26.12	1	0.03
Fagus sylvatica 'Purpurea'	66.86	25.07	1	0.05

VI. Avoided Runoff

Surface runoff can be a cause for concern in many urban areas as it can contribute pollution to streams, wetlands, rivers, lakes, and oceans. During precipitation events, some portion of the precipitation is intercepted by vegetation (trees and shrubs) while the other portion reaches the ground. The portion of the precipitation that reaches the ground and does not infiltrate into the soil becomes surface runoff (Hirabayashi 2012). In urban areas, the large extent of impervious surfaces increases the amount of surface runoff.

Urban trees and shrubs, however, are beneficial in reducing surface runoff. Trees and shrubs intercept precipitation, while their root systems promote infiltration and storage in the soil. The trees and shrubs of Climate Adaptation Bern help to reduce runoff by an estimated 170 cubic meters a year with an associated value of SwF380 (see Appendix I for more details). Avoided runoff is estimated based on local weather from the user-designated weather station. In Climate Adaptation Bern, the total annual precipitation in 2015 was 59.1 centimeters.

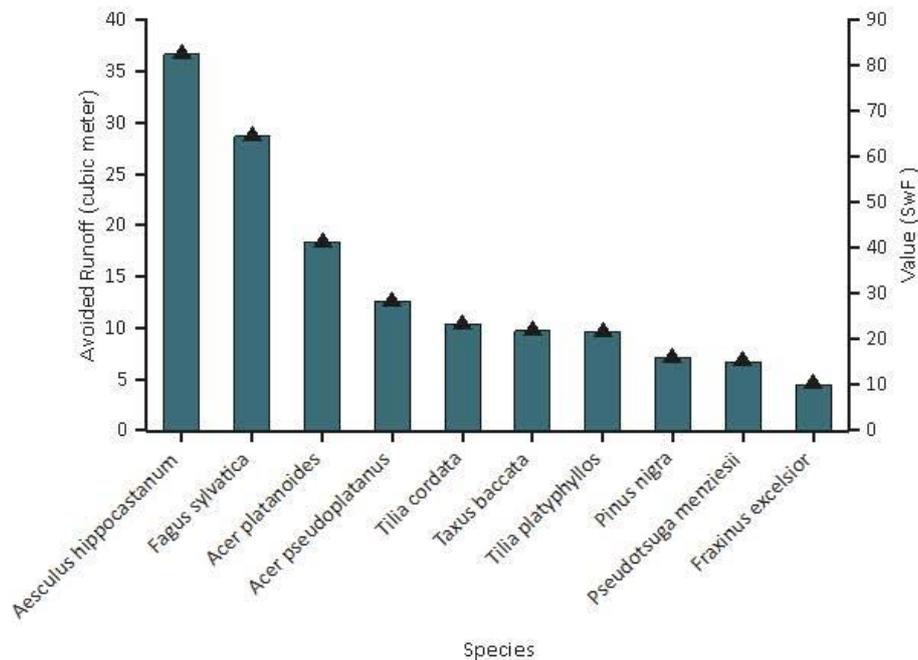


Figure 10. Avoided runoff (points) and value (bars) for species with greatest overall impact on runoff, Climate Adaptation Bern

VII. Trees and Building Energy Use

Trees affect energy consumption by shading buildings, providing evaporative cooling, and blocking winter winds. Trees tend to reduce building energy consumption in the summer months and can either increase or decrease building energy use in the winter months, depending on the location of trees around the building. Estimates of tree effects on energy use are based on field measurements of tree distance and direction to space conditioned residential buildings (McPherson and Simpson 1999).

Trees in Climate Adaptation Bern are estimated to reduce energy-related costs from residential buildings by SwF-740 annually. Trees also provide an additional SwF-132 in value by reducing the amount of carbon released by fossil-fuel based power plants (a reduction of -708 kilograms of carbon emissions).

Note: negative numbers indicate that there was not a reduction in carbon emissions and/or value, rather carbon emissions and values increased by the amount shown as a negative value.⁵

Table 3. Annual energy savings due to trees near residential buildings, Climate Adaptation Bern

	<i>Heating</i>	<i>Cooling</i>	<i>Total</i>
MBTU ^a	-32	N/A	-32
MWH ^b	0	2	2
Carbon Avoided (kilograms)	-710	2	-708

^aMBTU - one million British Thermal Units

^bMWH - megawatt-hour

Table 4. Annual savings ^a(SwF) in residential energy expenditure during heating and cooling seasons, Climate Adaptation Bern

	<i>Heating</i>	<i>Cooling</i>	<i>Total</i>
MBTU ^b	-1'116	N/A	-1'116
MWH ^c	-62	437	375
Carbon Avoided	-132	0	-132

^bBased on the prices of SwF220 per MWH and SwF34.8800000976407 per MBTU (see Appendix I for more details)

^cMBTU - one million British Thermal Units

^cMWH - megawatt-hour

⁵ Trees modify climate, produce shade, and reduce wind speeds. Increased energy use or costs are likely due to these tree-building interactions creating a cooling effect during the winter season. For example, a tree (particularly evergreen species) located on the southern side of a residential building may produce a shading effect that causes increases in heating requirements.

VIII. Structural and Functional Values

Urban forests have a structural value based on the trees themselves (e.g., the cost of having to replace a tree with a similar tree); they also have functional values (either positive or negative) based on the functions the trees perform.

The structural value of an urban forest tends to increase with a rise in the number and size of healthy trees (Nowak et al 2002a). Annual functional values also tend to increase with increased number and size of healthy trees. Through proper management, urban forest values can be increased; however, the values and benefits also can decrease as the amount of healthy tree cover declines.

Urban trees in Climate Adaptation Bern have the following structural values:

- Structural value: SwF567 thousand
- Carbon storage: SwF20.4 thousand

Urban trees in Climate Adaptation Bern have the following annual functional values:

- Carbon sequestration: SwF650
- Avoided runoff: SwF383
- Pollution removal: SwF1.13 thousand
- Energy costs and carbon emission values: SwF-872

(Note: negative value indicates increased energy cost and carbon emission value)

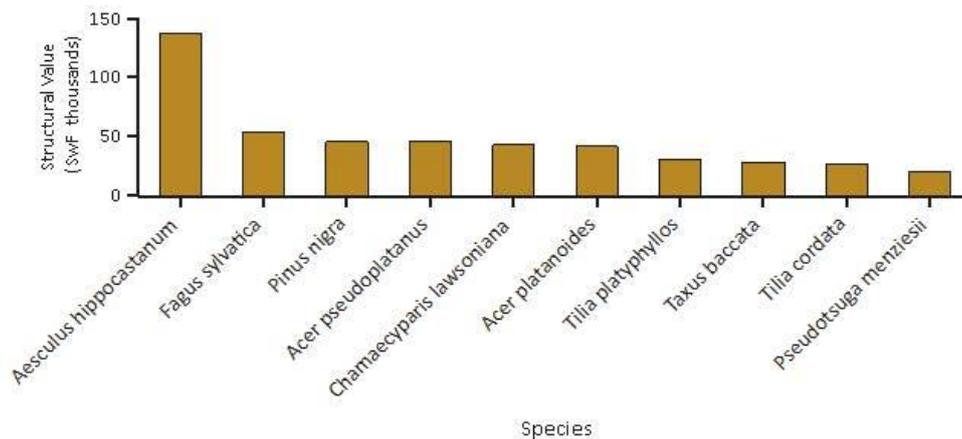


Figure 11. Tree species with the greatest structural value, Climate Adaptation Bern

IX. Potential Pest Impacts

Various insects and diseases can infest urban forests, potentially killing trees and reducing the health, structural value and sustainability of the urban forest. As pests tend to have differing tree hosts, the potential damage or risk of each pest will differ among cities. Thirty-six pests were analyzed for their potential impact.

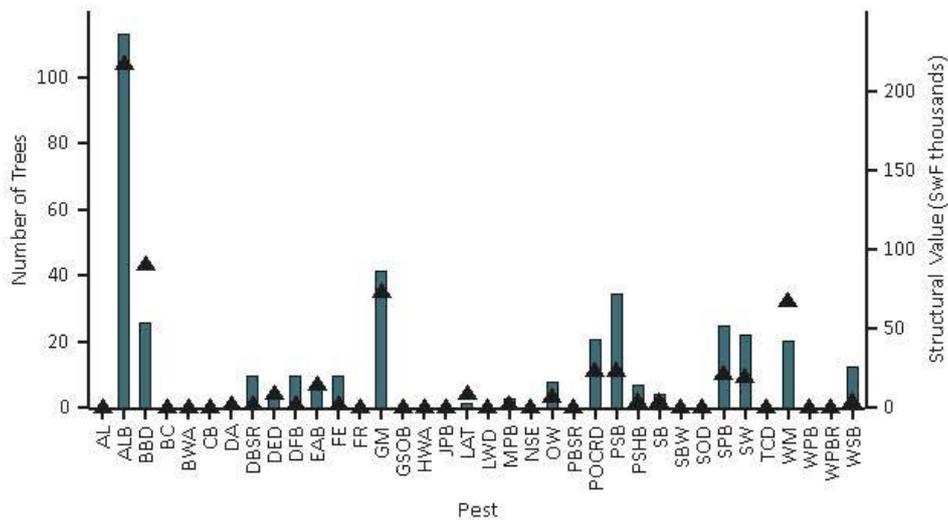


Figure 12. Number of trees at risk (points) and associated compensatory value (bars) by potential pests, Climate Adaptation Bern

Aspen leafminer (AL) (Kruse et al 2007) is an insect that causes damage primarily to trembling or small tooth aspen by larval feeding of leaf tissue. AL has the potential to affect 0.0 percent of the population (SwF0 in structural value).

Asian longhorned beetle (ALB) (Animal and Plant Health Inspection Service 2010) is an insect that bores into and kills a wide range of hardwood species. ALB poses a threat to 41.6 percent of the Climate Adaptation Bern urban forest, which represents a potential loss of SwF235 thousand in structural value.

Beech bark disease (BBD) (Houston and O'Brien 1983) is an insect-disease complex that primarily impacts American beech. This disease threatens 17.2 percent of the population, which represents a potential loss of SwF53.5 thousand in structural value.

Butternut canker (BC) (Ostry et al 1996) is caused by a fungus that infects butternut trees. The disease has since caused significant declines in butternut populations in the United States. Potential loss of trees from BC is 0.0 percent (SwF0 in structural value).

Balsam woolly adelgid (BWA) (Ragenovich and Mitchell 2006) is an insect that has caused significant damage to the true firs of North America. Climate Adaptation Bern could possibly lose 0.0 percent of its trees to this pest (SwF0 in structural value).

The most common hosts of the fungus that cause chestnut blight (CB) (Diller 1965) are American and European chestnut. CB has the potential to affect 0.0 percent of the population (SwF0 in structural value).

Dogwood anthracnose (DA) (Mielke and Daughtrey) is a disease that affects dogwood species, specifically flowering and Pacific dogwood. This disease threatens 0.4 percent of the population, which represents a potential loss of SwF35.5 in structural value.

Douglas-fir black stain root disease (DBSR) (Hessburg et al 1995) is a variety of the black stain fungus that attacks Douglas-firs. Climate Adaptation Bern could possibly lose 0.4 percent of its trees to this pest (SwF20.6 thousand in structural value).

American elm, one of the most important street trees in the twentieth century, has been devastated by the Dutch elm disease (DED) (Northeastern Area State and Private Forestry 1998). Since first reported in the 1930s, it has killed over 50 percent of the native elm population in the United States. Although some elm species have shown varying degrees of resistance, Climate Adaptation Bern could possibly lose 1.6 percent of its trees to this pest (SwF7.88 thousand in structural value).

Douglas-fir beetle (DFB) (Schmitz and Gibson 1996) is a bark beetle that infests Douglas-fir trees throughout the western United States, British Columbia, and Mexico. Potential loss of trees from DFB is 0.4 percent (SwF20.6 thousand in structural value).

Emerald ash borer (EAB) (Michigan State University 2010) has killed thousands of ash trees in parts of the United States. EAB has the potential to affect 2.8 percent of the population (SwF11.6 thousand in structural value).

One common pest of white fir, grand fir, and red fir trees is the fir engraver (FE) (Ferrell 1986). FE poses a threat to 0.4 percent of the Climate Adaptation Bern urban forest, which represents a potential loss of SwF20.6 thousand in structural value.

Fusiform rust (FR) (Phelps and Czabator 1978) is a fungal disease that is distributed in the southern United States. It is particularly damaging to slash pine and loblolly pine. FR has the potential to affect 0.0 percent of the population (SwF0 in structural value).

The gypsy moth (GM) (Northeastern Area State and Private Forestry 2005) is a defoliator that feeds on many species causing widespread defoliation and tree death if outbreak conditions last several years. This pest threatens 14.0 percent of the population, which represents a potential loss of SwF85.8 thousand in structural value.

Infestations of the goldspotted oak borer (GSOB) (Society of American Foresters 2011) have been a growing problem in southern California. Potential loss of trees from GSOB is 0.0 percent (SwF0 in structural value).

As one of the most damaging pests to eastern hemlock and Carolina hemlock, hemlock woolly adelgid (HWA) (U.S. Forest Service 2005) has played a large role in hemlock mortality in the United States. HWA has the potential to affect 0.0 percent of the population (SwF0 in structural value).

The Jeffrey pine beetle (JPB) (Smith et al 2009) is native to North America and is distributed across California, Nevada, and Oregon where its only host, Jeffrey pine, also occurs. This pest threatens 0.0 percent of the population, which represents a potential loss of SwF0 in structural value.

Quaking aspen is a principal host for the defoliator, large aspen tortrix (LAT) (Ciesla and Kruse 2009). LAT poses a threat to 1.6 percent of the Climate Adaptation Bern urban forest, which represents a potential loss of SwF2.6 thousand in structural value.

Laurel wilt (LWD) (U.S. Forest Service 2011) is a fungal disease that is introduced to host trees by the redbay ambrosia beetle. This pest threatens 0.0 percent of the population, which represents a potential loss of SwF0 in

structural value.

Mountain pine beetle (MPB) (Gibson et al 2009) is a bark beetle that primarily attacks pine species in the western United States. MPB has the potential to affect 0.4 percent of the population (SwF5.61 thousand in structural value).

The northern spruce engraver (NSE) (Burnside et al 2011) has had a significant impact on the boreal and sub-boreal forests of North America where the pest's distribution overlaps with the range of its major hosts. Potential loss of trees from NSE is 0.0 percent (SwF0 in structural value).

Oak wilt (OW) (Rexrode and Brown 1983), which is caused by a fungus, is a prominent disease among oak trees. OW poses a threat to 1.2 percent of the Climate Adaptation Bern urban forest, which represents a potential loss of SwF16.2 thousand in structural value.

Pine black stain root disease (PBSR) (Hessburg et al 1995) is a variety of the black stain fungus that attacks hard pines, including lodgepole pine, Jeffrey pine, and ponderosa pine. Climate Adaptation Bern could possibly lose 0.0 percent of its trees to this pest (SwF0 in structural value).

Port-Orford-cedar root disease (POCRD) (Liebhold 2010) is a root disease that is caused by a fungus. POCRD threatens 4.4 percent of the population, which represents a potential loss of SwF43 thousand in structural value.

The pine shoot beetle (PSB) (Ciesla 2001) is a wood borer that attacks various pine species, though Scotch pine is the preferred host in North America. PSB has the potential to affect 4.4 percent of the population (SwF71.9 thousand in structural value).

Polyphagous shot hole borer (PSHB) (University of California 2014) is a boring beetle that was first detected in California. Climate Adaptation Bern could possibly lose 0.8 percent of its trees to this pest (SwF14.5 thousand in structural value).

Spruce beetle (SB) (Holsten et al 1999) is a bark beetle that causes significant mortality to spruce species within its range. Potential loss of trees from SB is 0.8 percent (SwF8.9 thousand in structural value).

Spruce budworm (SBW) (Kucera and Orr 1981) is an insect that causes severe damage to balsam fir. SBW poses a threat to 0.0 percent of the Climate Adaptation Bern urban forest, which represents a potential loss of SwF0 in structural value.

Sudden oak death (SOD) (Kliejunas 2005) is a disease that is caused by a fungus. Potential loss of trees from SOD is 0.0 percent (SwF0 in structural value).

Although the southern pine beetle (SPB) (Clarke and Nowak 2009) will attack most pine species, its preferred hosts are loblolly, Virginia, pond, spruce, shortleaf, and sand pines. This pest threatens 4.0 percent of the population, which represents a potential loss of SwF51.3 thousand in structural value.

The sirex woodwasp (SW) (Haugen and Hoebeke 2005) is a wood borer that primarily attacks pine species. SW poses a threat to 3.6 percent of the Climate Adaptation Bern urban forest, which represents a potential loss of SwF45.7 thousand in structural value.

Thousand canker disease (TCD) (Cranshaw and Tisserat 2009; Seybold et al 2010) is an insect-disease complex that kills several species of walnuts, including black walnut. Potential loss of trees from TCD is 0.0 percent (SwF0 in structural value).

Winter moth (WM) (Childs 2011) is a pest with a wide range of host species. WM causes the highest levels of injury to its hosts when it is in its caterpillar stage. Climate Adaptation Bern could possibly lose 12.8 percent of its trees to this pest (SwF42.5 thousand in structural value).

The western pine beetle (WPB) (DeMars and Roettgering 1982) is a bark beetle and aggressive attacker of ponderosa and Coulter pines. This pest threatens 0.0 percent of the population, which represents a potential loss of SwF0 in structural value.

Since its introduction to the United States in 1900, white pine blister rust (Eastern U.S.) (WPBR) (Nicholls and Anderson 1977) has had a detrimental effect on white pines, particularly in the Lake States. WPBR has the potential to affect 0.0 percent of the population (SwF0 in structural value).

Western spruce budworm (WSB) (Fellin and Dewey 1986) is an insect that causes defoliation in western conifers. This pest threatens 0.8 percent of the population, which represents a potential loss of SwF26.2 thousand in structural value.

Appendix I. i-Tree Eco Model and Field Measurements

i-Tree Eco is designed to use standardized field data and local hourly air pollution and meteorological data to quantify urban forest structure and its numerous effects (Nowak and Crane 2000), including:

- Urban forest structure (e.g., species composition, tree health, leaf area, etc.).
- Amount of pollution removed hourly by the urban forest, and its associated percent air quality improvement throughout a year.
- Total carbon stored and net carbon annually sequestered by the urban forest.
- Effects of trees on building energy use and consequent effects on carbon dioxide emissions from power sources.
- Structural value of the forest, as well as the value for air pollution removal and carbon storage and sequestration.
- Potential impact of infestations by pests, such as Asian longhorned beetle, emerald ash borer, gypsy moth, and Dutch elm disease.

Typically, all field data are collected during the leaf-on season to properly assess tree canopies. Typical data collection (actual data collection may vary depending upon the user) includes land use, ground and tree cover, individual tree attributes of species, stem diameter, height, crown width, crown canopy missing and dieback, and distance and direction to residential buildings (Nowak et al 2005; Nowak et al 2008).

During data collection, trees are identified to the most specific taxonomic classification possible. Trees that are not classified to the species level may be classified by genus (e.g., ash) or species groups (e.g., hardwood). In this report, tree species, genera, or species groups are collectively referred to as tree species.

Tree Characteristics:

Leaf area of trees was assessed using measurements of crown dimensions and percentage of crown canopy missing. In the event that these data variables were not collected, they are estimated by the model.

An analysis of invasive species is not available for studies outside of the United States. For the U.S., invasive species are identified using an invasive species list for the state in which the urban forest is located. These lists are not exhaustive and they cover invasive species of varying degrees of invasiveness and distribution. In instances where a state did not have an invasive species list, a list was created based on the lists of the adjacent states. Tree species that are identified as invasive by the state invasive species list are cross-referenced with native range data. This helps eliminate species that are on the state invasive species list, but are native to the study area.

Air Pollution Removal:

Pollution removal is calculated for ozone, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, carbon monoxide and particulate matter less than 2.5 microns. Particulate matter less than 10 microns (PM10) is another significant air pollutant. Given that i-Tree Eco analyzes particulate matter less than 2.5 microns (PM2.5) which is a subset of PM10, PM10 has not been included in this analysis. PM2.5 is generally more relevant in discussions concerning air pollution effects on human health.

Air pollution removal estimates are derived from calculated hourly tree-canopy resistances for ozone, and sulfur and nitrogen dioxides based on a hybrid of big-leaf and multi-layer canopy deposition models (Baldocchi 1988; Baldocchi et al 1987). As the removal of carbon monoxide and particulate matter by vegetation is not directly related to transpiration, removal rates (deposition velocities) for these pollutants were based on average measured values from the literature (Bidwell and Fraser 1972; Lovett 1994) that were adjusted depending on leaf phenology and leaf area. Particulate removal incorporated a 50 percent resuspension rate of particles back to the atmosphere (Zinke 1967). Recent updates (2011) to air quality modeling are based on improved leaf area index simulations, weather and pollution processing and interpolation, and updated pollutant monetary values (Hirabayashi et al 2011; Hirabayashi et al 2012; Hirabayashi 2011).

Trees remove PM_{2.5} when particulate matter is deposited on leaf surfaces (Nowak et al 2013). This deposited PM_{2.5} can be resuspended to the atmosphere or removed during rain events and dissolved or transferred to the soil. This combination of events can lead to positive or negative pollution removal and value depending on various atmospheric factors. Generally, PM_{2.5} removal is positive with positive benefits. However, there are some cases when net removal is negative or resuspended particles lead to increased pollution concentrations and negative values. During some months (e.g., with no rain), trees resuspend more particles than they remove. Resuspension can also lead to increased overall PM_{2.5} concentrations if the boundary layer conditions are lower during net resuspension periods than during net removal periods. Since the pollution removal value is based on the change in pollution concentration, it is possible to have situations when trees remove PM_{2.5} but increase concentrations and thus have negative values during periods of positive overall removal. These events are not common, but can happen.

For reports in the United States, default air pollution removal value is calculated based on local incidence of adverse health effects and national median externality costs. The number of adverse health effects and associated economic value is calculated for ozone, sulfur dioxide, nitrogen dioxide, and particulate matter less than 2.5 microns using data from the U.S. Environmental Protection Agency's Environmental Benefits Mapping and Analysis Program (BenMAP) (Nowak et al 2014). The model uses a damage-function approach that is based on the local change in pollution concentration and population. National median externality costs were used to calculate the value of carbon monoxide removal (Murray et al 1994).

For international reports, user-defined local pollution values are used. For international reports that do not have local values, estimates are based on either European median externality values (van Essen et al 2011) or BenMAP regression equations (Nowak et al 2014) that incorporate user-defined population estimates. Values are then converted to local currency with user-defined exchange rates.

For this analysis, pollution removal value is calculated based on the prices of SwF1'108 per metric ton (carbon monoxide), SwF8'791 per metric ton (ozone), SwF1'313 per metric ton (nitrogen dioxide), SwF478 per metric ton (sulfur dioxide), SwF305'218 per metric ton (particulate matter less than 2.5 microns).

Carbon Storage and Sequestration:

Carbon storage is the amount of carbon bound up in the above-ground and below-ground parts of woody vegetation. To calculate current carbon storage, biomass for each tree was calculated using equations from the literature and measured tree data. Open-grown, maintained trees tend to have less biomass than predicted by forest-derived biomass equations (Nowak 1994). To adjust for this difference, biomass results for open-grown urban trees were multiplied by 0.8. No adjustment was made for trees found in natural stand conditions. Tree dry-weight biomass was converted to stored carbon by multiplying by 0.5.

Carbon sequestration is the removal of carbon dioxide from the air by plants. To estimate the gross amount of carbon sequestered annually, average diameter growth from the appropriate genera and diameter class and tree condition was added to the existing tree diameter (year x) to estimate tree diameter and carbon storage in year $x + 1$.

Carbon storage and carbon sequestration values are based on estimated or customized local carbon values. For international reports that do not have local values, estimates are based on the carbon value for the United States (U.S. Environmental Protection Agency 2015, Interagency Working Group on Social Cost of Carbon 2015) and converted to local currency with user-defined exchange rates.

For this analysis, carbon storage and carbon sequestration values are calculated based on SwF186 per metric ton.

Oxygen Production:

The amount of oxygen produced is estimated from carbon sequestration based on atomic weights: net O₂ release (kg/yr) = net C sequestration (kg/yr) \times 32/12. To estimate the net carbon sequestration rate, the amount of

carbon sequestered as a result of tree growth is reduced by the amount lost resulting from tree mortality. Thus, net carbon sequestration and net annual oxygen production of the urban forest account for decomposition (Nowak et al 2007). For complete inventory projects, oxygen production is estimated from gross carbon sequestration and does not account for decomposition.

Avoided Runoff:

Annual avoided surface runoff is calculated based on rainfall interception by vegetation, specifically the difference between annual runoff with and without vegetation. Although tree leaves, branches, and bark may intercept precipitation and thus mitigate surface runoff, only the precipitation intercepted by leaves is accounted for in this analysis.

The value of avoided runoff is based on estimated or user-defined local values. For international reports that do not have local values, the national average value for the United States is utilized and converted to local currency with user-defined exchange rates. The U.S. value of avoided runoff is based on the U.S. Forest Service's Community Tree Guide Series (McPherson et al 1999; 2000; 2001; 2002; 2003; 2004; 2006a; 2006b; 2006c; 2007; 2010; Peper et al 2009; 2010; Vargas et al 2007a; 2007b; 2008).

For this analysis, avoided runoff value is calculated based on the price of SwF2.25 per m³.

Building Energy Use:

If appropriate field data were collected, seasonal effects of trees on residential building energy use were calculated based on procedures described in the literature (McPherson and Simpson 1999) using distance and direction of trees from residential structures, tree height and tree condition data. To calculate the monetary value of energy savings, local or custom prices per MWH or MBTU are utilized.

For this analysis, energy saving value is calculated based on the prices of SwF220.00 per MWH and SwF34.88 per MBTU.

Structural Values:

Structural value is the value of a tree based on the physical resource itself (e.g., the cost of having to replace a tree with a similar tree). Structural values were based on valuation procedures of the Council of Tree and Landscape Appraisers, which uses tree species, diameter, condition, and location information (Nowak et al 2002a; 2002b). Structural value may not be included for international projects if there is insufficient local data to complete the valuation procedures.

Potential Pest Impacts:

The complete potential pest risk analysis is not available for studies outside of the United States. The number of trees at risk to the pests analyzed is reported, though the list of pests is based on known insects and disease in the United States.

For the U.S., potential pest risk is based on pest range maps and the known pest host species that are likely to experience mortality. Pest range maps for 2012 from the Forest Health Technology Enterprise Team (FHTET) (Forest Health Technology Enterprise Team 2014) were used to determine the proximity of each pest to the county in which the urban forest is located. For the county, it was established whether the insect/disease occurs within the county, is within 400 kilometers of the county edge, is between 400 and 1210 kilometers away, or is greater than 1210 kilometers away. FHTET did not have pest range maps for Dutch elm disease and chestnut blight. The range of these pests was based on known occurrence and the host range, respectively (Eastern Forest Environmental Threat Assessment Center; Worrall 2007).

Relative Tree Effects:

The relative value of tree benefits reported in Appendix II is calculated to show what carbon storage and sequestration, and air pollutant removal equate to in amounts of municipal carbon emissions, passenger automobile emissions, and house emissions.

Municipal carbon emissions are based on 2010 U.S. per capita carbon emissions (Carbon Dioxide Information Analysis Center 2010). Per capita emissions were multiplied by city population to estimate total city carbon emissions.

Light duty vehicle emission rates (g/mi) for CO, NO_x, VOCs, PM₁₀, SO₂ for 2010 (Bureau of Transportation Statistics 2010; Heirigs et al 2004), PM_{2.5} for 2011-2015 (California Air Resources Board 2013), and CO₂ for 2011 (U.S. Environmental Protection Agency 2010) were multiplied by average miles driven per vehicle in 2011 (Federal Highway Administration 2013) to determine average emissions per vehicle.

Household emissions are based on average electricity kWh usage, natural gas Btu usage, fuel oil Btu usage, kerosene Btu usage, LPG Btu usage, and wood Btu usage per household in 2009 (Energy Information Administration 2013; Energy Information Administration 2014)

- CO₂, SO₂, and NO_x power plant emission per kWh are from Leonardo Academy 2011. CO emission per kWh assumes 1/3 of one percent of C emissions is CO based on Energy Information Administration 1994. PM₁₀ emission per kWh from Layton 2004.
- CO₂, NO_x, SO₂, and CO emission per Btu for natural gas, propane and butane (average used to represent LPG), Fuel #4 and #6 (average used to represent fuel oil and kerosene) from Leonardo Academy 2011.
- CO₂ emissions per Btu of wood from Energy Information Administration 2014.
- CO, NO_x and SO_x emission per Btu based on total emissions and wood burning (tons) from (British Columbia Ministry 2005; Georgia Forestry Commission 2009).

Appendix II. Relative Tree Effects

The urban forest in Climate Adaptation Bern provides benefits that include carbon storage and sequestration, and air pollutant removal. To estimate the relative value of these benefits, tree benefits were compared to estimates of average municipal carbon emissions, average passenger automobile emissions, and average household emissions. See Appendix I for methodology.

Carbon storage is equivalent to:

- Amount of carbon emitted in Climate Adaptation Bern in 0 days
- Annual carbon (C) emissions from 86 automobiles
- Annual C emissions from 35 single-family houses

Carbon monoxide removal is equivalent to:

- Annual carbon monoxide emissions from 0 automobiles
- Annual carbon monoxide emissions from 0 single-family houses

Nitrogen dioxide removal is equivalent to:

- Annual nitrogen dioxide emissions from 3 automobiles
- Annual nitrogen dioxide emissions from 1 single-family houses

Sulfur dioxide removal is equivalent to:

- Annual sulfur dioxide emissions from 15 automobiles
- Annual sulfur dioxide emissions from 0 single-family houses

Annual carbon sequestration is equivalent to:

- Amount of carbon emitted in Climate Adaptation Bern in 0.0 days
- Annual C emissions from 0 automobiles
- Annual C emissions from 0 single-family houses

Appendix III. Comparison of Urban Forests

A common question asked is, "How does this city compare to other cities?" Although comparison among cities should be made with caution as there are many attributes of a city that affect urban forest structure and functions, summary data are provided from other cities analyzed using the i-Tree Eco model.

I. City totals for trees

City	% Tree Cover	Number of Trees	Carbon Storage (metric tons)	Carbon Sequestration (metric tons/yr)	Pollution Removal (metric tons/yr)
Toronto, ON, Canada	26.6	10'220'000	1'108'000	46'700	1'905
Atlanta, GA	36.7	9'415'000	1'220'000	42'100	1'509
Los Angeles, CA	11.1	5'993'000	1'151'000	69'800	1'792
New York, NY	20.9	5'212'000	1'225'000	38'400	1'521
London, ON, Canada	24.7	4'376'000	360'000	12'500	370
Chicago, IL	17.2	3'585'000	649'000	22'800	806
Phoenix, AZ	9.0	3'166'000	286'000	29'800	511
Baltimore, MD	21.0	2'479'000	517'000	16'700	390
Philadelphia, PA	15.7	2'113'000	481'000	14'600	522
Washington, DC	28.6	1'928'000	477'000	14'700	379
Oakville, ON , Canada	29.1	1'908'000	133'000	6'000	172
Albuquerque, NM	14.3	1'846'000	301'000	9'600	225
Boston, MA	22.3	1'183'000	290'000	9'500	257
Syracuse, NY	26.9	1'088'000	166'000	5'300	99
Woodbridge, NJ	29.5	986'000	145'000	5'000	191
Minneapolis, MN	26.4	979'000	227'000	8'100	277
San Francisco, CA	11.9	668'000	176'000	4'600	128
Morgantown, WV	35.5	658'000	84'000	2'600	65
Moorestown, NJ	28.0	583'000	106'000	3'400	107
Hartford, CT	25.9	568'000	130'000	3'900	52
Jersey City, NJ	11.5	136'000	19'000	800	37
Casper, WY	8.9	123'000	34'000	1'100	34
Freehold, NJ	34.4	48'000	18'000	500	20

II. Totals per hectare of land area

City	Number of Trees/ha	Carbon Storage (metric tons/ha)	Carbon Sequestration (metric tons/ha/yr)	Pollution Removal (kg/ha/yr)
Toronto, ON, Canada	160.4	17.4	0.73	29.9
Atlanta, GA	275.8	35.7	1.23	44.2
Los Angeles, CA	48.4	9.4	0.36	14.7
New York, NY	65.2	15.3	0.48	19.0
London, ON, Canada	185.5	15.3	0.53	15.7
Chicago, IL	59.9	10.9	0.38	13.5
Phoenix, AZ	31.8	2.9	0.30	5.1
Baltimore, MD	118.5	25.0	0.80	18.6
Philadelphia, PA	61.9	14.1	0.43	15.3
Washington, DC	121.1	29.8	0.92	23.8
Oakville, ON , Canada	192.9	13.4	0.61	12.4
Albuquerque, NM	53.9	8.8	0.28	6.6
Boston, MA	82.9	20.3	0.67	18.0
Syracuse, NY	167.4	23.1	0.77	15.2
Woodbridge, NJ	164.4	24.2	0.84	31.9
Minneapolis, MN	64.8	15.0	0.53	18.3
San Francisco, CA	55.7	14.7	0.39	10.7
Morgantown, WV	294.5	37.7	1.17	29.2
Moorestown, NJ	153.4	27.9	0.90	28.1
Hartford, CT	124.6	28.5	0.86	11.5
Jersey City, NJ	35.5	5.0	0.21	9.6
Casper, WY	22.5	6.2	0.20	6.2
Freehold, NJ	94.6	35.9	0.98	39.6

Appendix IV. General Recommendations for Air Quality Improvement

Urban vegetation can directly and indirectly affect local and regional air quality by altering the urban atmosphere environment. Four main ways that urban trees affect air quality are (Nowak 1995):

- Temperature reduction and other microclimate effects
- Removal of air pollutants
- Emission of volatile organic compounds (VOC) and tree maintenance emissions
- Energy effects on buildings

The cumulative and interactive effects of trees on climate, pollution removal, and VOC and power plant emissions determine the impact of trees on air pollution. Cumulative studies involving urban tree impacts on ozone have revealed that increased urban canopy cover, particularly with low VOC emitting species, leads to reduced ozone concentrations in cities (Nowak 2000). Local urban management decisions also can help improve air quality.

Urban forest management strategies to help improve air quality include (Nowak 2000):

<i>Strategy</i>	<i>Result</i>
Increase the number of healthy trees	Increase pollution removal
Sustain existing tree cover	Maintain pollution removal levels
Maximize use of low VOC-emitting trees	Reduces ozone and carbon monoxide formation
Sustain large, healthy trees	Large trees have greatest per-tree effects
Use long-lived trees	Reduce long-term pollutant emissions from planting and removal
Use low maintenance trees	Reduce pollutants emissions from maintenance activities
Reduce fossil fuel use in maintaining vegetation	Reduce pollutant emissions
Plant trees in energy conserving locations	Reduce pollutant emissions from power plants
Plant trees to shade parked cars	Reduce vehicular VOC emissions
Supply ample water to vegetation	Enhance pollution removal and temperature reduction
Plant trees in polluted or heavily populated areas	Maximizes tree air quality benefits
Avoid pollutant-sensitive species	Improve tree health
Utilize evergreen trees for particulate matter	Year-round removal of particles

Appendix V. Invasive Species of the Urban Forest

Invasive species data is only available for the United States. This analysis cannot be completed for international studies because of a lack of necessary data.

Appendix VI. Potential Risk of Pests

Pest range data is only available for the United States. This analysis cannot be completed for international studies because of a lack of necessary data.

References

- Abdollahi, K.K.; Ning, Z.H.; Appeaning, A., eds. 2000. Global climate change and the urban forest. Baton Rouge, LA: GCRCC and Franklin Press. 77 p.
- Animal and Plant Health Inspection Service. 2010. Plant Health – Asian longhorned beetle. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service.
- Baldocchi, D. 1988. A multi-layer model for estimating sulfur dioxide deposition to a deciduous oak forest canopy. *Atmospheric Environment*. 22: 869-884.
- Baldocchi, D.D.; Hicks, B.B.; Camara, P. 1987. A canopy stomatal resistance model for gaseous deposition to vegetated surfaces. *Atmospheric Environment*. 21: 91-101.
- Bidwell, R.G.S.; Fraser, D.E. 1972. Carbon monoxide uptake and metabolism by leaves. *Canadian Journal of Botany*. 50: 1435-1439.
- British Columbia Ministry of Water, Land, and Air Protection. 2005. Residential wood burning emissions in British Columbia. British Columbia.
- Broecker, W.S. 1970. Man's oxygen reserve. *Science* 168(3939): 1537-1538.
- Bureau of Transportation Statistics. 2010. Estimated National Average Vehicle Emissions Rates per Vehicle by Vehicle Type using Gasoline and Diesel. Washington, DC: Bureau of Transportation Statistics, U.S. Department of Transportation. Table 4-43.
- Burnside, R.E.; Holsten, E. H.; Fettig, C.J.; Kruse, J. J.; Schultz, M.E.; Hayes, C.J.; Graves, A.D.; Seybold, S.J. 2011. Northern Spruce Engraver. Forest Insect & Disease Leaflet 180. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 12 p.
- California Air Resources Board. 2013. Methods to Find the Cost-Effectiveness of Funding Air Quality Projects. Table 3 Average Auto Emission Factors. CA: California Environmental Protection Agency, Air Resources Board.
- Carbon Dioxide Information Analysis Center. 2010. CO₂ Emissions (metric tons per capita). Washington, DC: The World Bank.
- Cardelino, C.A.; Chameides, W.L. 1990. Natural hydrocarbons, urbanization, and urban ozone. *Journal of Geophysical Research*. 95(D9): 13,971-13,979.
- Childs, R. 2011. Winter Moth Identification and Management. Amherst, MA: University of Massachusetts Amherst, Landscape, Nursery & Urban Forestry Program.
- Ciesla, W. M. 2001. *Tomicus piniperda*. North American Forest Commission. Exotic Forest Pest Information System for North America (EXFOR).
- Ciesla, W. M.; Kruse, J. J. 2009. Large Aspen Tortrix. Forest Insect & Disease Leaflet 139. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.
- Clarke, S. R.; Nowak, J.T. 2009. Southern Pine Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 49. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.
- Cranshaw, W.; Tisserat, N. 2009. Walnut twig beetle and the thousand cankers disease of black walnut. *Pest Alert*.

Ft. Collins, CO: Colorado State University.

Seybold, S.; Haugen, D.; Graves, A. 2010. Thousand Cankers Disease. Pest Alert. NA-PR-02-10. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry.

DeMars, C. J., Jr.; Roettgering, B. H. 1982. Western Pine Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 1. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Diller, J. D. 1965. Chestnut Blight. Forest Pest Leaflet 94. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 7 p.

Eastern Forest Environmental Threat Assessment Center. Dutch Elm Disease. <http://threatsummary.foresthreats.org/threats/threatSummaryViewer.cfm?threatID=43>

Energy Information Administration. 1994. Energy Use and Carbon Emissions: Non-OECD Countries. Washington, DC: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy.

Energy Information Administration. 2013. CE2.1 Fuel consumption totals and averages, U.S. homes. Washington, DC: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy.

Energy Information Administration. 2014. CE5.2 Household wood consumption. Washington, DC: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy.

Federal Highway Administration. 2013. Highway Statistics 2011. Washington, DC: Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. Table VM-1.

Fellin, D. G.; Dewey, J. E. 1986. Western Spruce Budworm. Forest Insect & Disease Leaflet 53. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 10 p.

Ferrell, G. T. 1986. Fir Engraver. Forest Insect & Disease Leaflet 13. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Georgia Forestry Commission. 2009. Biomass Energy Conversion for Electricity and Pellets Worksheet. Dry Branch, GA: Georgia Forestry Commission.

Gibson, K.; Kegley, S.; Bentz, B. 2009. Mountain Pine Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 2. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 12 p.

Haugen, D. A.; Hoebeke, R. E. 2005. Sirex woodwasp - Sirex noctilio F. (Hymenoptera: Siricidae). Pest Alert. NA-PR-07-05. Newtown Square, PA: Department of Agriculture, Forest Service, Northern Area State and Private Forestry.

Heirigs, P.L.; Delaney, S.S.; Dulla, R.G. 2004. Evaluation of MOBILE Models: MOBILE6.1 (PM), MOBILE6.2 (Toxics), and MOBILE6/CNG. Sacramento, CA: National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board.

Hessburg, P. F.; Goheen, D. J.; Bega, R.V. 1995. Black Stain Root Disease of Conifers. Forest Insect & Disease Leaflet 145. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

Hessburg, P. F.; Goheen, D. J.; Bega, R.V. 1995. Black Stain Root Disease of Conifers. Forest Insect & Disease Leaflet 145. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service.

Hirabayashi, S. 2011. Urban Forest Effects-Dry Deposition (UFORE-D) Model Enhancements, http://www.itreetools.org/eco/resources/UFORE-D_enhancements.pdf

Hirabayashi, S. 2012. i-Tree Eco Precipitation Interception Model Descriptions, http://www.itreetools.org/eco/resources/iTree_Eco_Precipitation_Interception_Model_Descriptions_V1_2.pdf

Hirabayashi, S.; Kroll, C.; Nowak, D. 2011. Component-based development and sensitivity analyses of an air pollutant dry deposition model. *Environmental Modeling and Software*. 26(6): 804-816.

Hirabayashi, S.; Kroll, C.; Nowak, D. 2012. i-Tree Eco Dry Deposition Model Descriptions V 1.0

Holsten, E.H.; Thier, R.W.; Munson, A.S.; Gibson, K.E. 1999. The Spruce Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 127. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 12 p.

Houston, D. R.; O'Brien, J. T. 1983. Beech Bark Disease. Forest Insect & Disease Leaflet 75. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government. 2015. Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866. <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/omb/inforeg/scc-tsd-final-july-2015.pdf>

Kliejunas, J. 2005. *Phytophthora ramorum*. North American Forest Commission. Exotic Forest Pest Information System for North America (EXFOR).

Kruse, J.; Ambourn, A.; Zogas, K. 2007. Aspen Leaf Miner. Forest Health Protection leaflet. R10-PR-14. Juneau, AK: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Alaska Region.

Kucera, D. R.; Orr, P. W. 1981. Spruce Budworm in the Eastern United States. Forest Pest Leaflet 160. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.

Layton, M. 2004. 2005 Electricity Environmental Performance Report: Electricity Generation and Air Emissions. CA: California Energy Commission.

Leonardo Academy. 2011. Leonardo Academy's Guide to Calculating Emissions Including Emission Factors and Energy Prices. Madison, WI: Leonardo Academy Inc.

Liebold, A. 2010 draft. Personal communication on the geographic distribution of forest pest species.

Lovett, G.M. 1994. Atmospheric deposition of nutrients and pollutants in North America: an ecological perspective. *Ecological Applications*. 4: 629-650.

McPherson, E.G.; Maco, S.E.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Xiao, Q.; VanDerZanden, A.M.; Bell, N. 2002. Western Washington and Oregon Community Tree Guide: Benefits, Costs, and Strategic Planting. International Society of Arboriculture, Pacific Northwest, Silverton, OR.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R. 1999. Carbon dioxide reduction through urban forestry: guidelines for professional and volunteer tree planters. Gen. Tech. Rep. PSW-171. Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. 237 p.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Crowell, A.M.N.; Xiao, Q. 2010. Northern California coast community tree guide: benefits, costs, and strategic planting. PSW-GTR-228. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-228. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Vargas, K.E.; Maco, S.E.; Xiao, Q. 2006a. Coastal Plain Community Tree Guide: Benefits, Costs, and Strategic Planting PSW-GTR-201. USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

- McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Vargas, K.E.; Xiao, Q. 2007. Northeast community tree guide: benefits, costs, and strategic planting.
- McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Maco, S.E.; Gardner, S.L.; Cozad, S.K.; Xiao, Q. 2006b. Midwest Community Tree Guide: Benefits, Costs and Strategic Planting PSW-GTR-199. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.
- McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Maco, S.E.; Gardner, S.L.; Vargas, K.E.; Xiao, Q. 2006c. Piedmont Community Tree Guide: Benefits, Costs, and Strategic Planting PSW-GTR 200. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.
- McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Maco, S.E.; Xiao Q.; Mulrean, E. 2004. Desert Southwest Community Tree Guide: Benefits, Costs and Strategic Planting. Phoenix, AZ: Arizona Community Tree Council, Inc. 81 :81.
- McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Scott, K.I.; Xiao, Q. 2000. Tree Guidelines for Coastal Southern California Communities. Local Government Commission, Sacramento, CA.
- McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Xiao, Q. 1999. Tree Guidelines for San Joaquin Valley Communities. Local Government Commission, Sacramento, CA.
- McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Xiao, Q.; Maco, S.E.; Hoefer, P.J. 2003. Northern Mountain and Prairie Community Tree Guide: Benefits, Costs and Strategic Planting. Center for Urban Forest Research, USDA Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.
- McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Xiao, Q.; Pittenger, D.R.; Hodel, D.R. 2001. Tree Guidelines for Inland Empire Communities. Local Government Commission, Sacramento, CA.
- Michigan State University. 2010. Emerald ash borer. East Lansing, MI: Michigan State University [and others].
- Mielke, M. E.; Daughtrey, M. L. How to Identify and Control Dogwood Anthracnose. NA-GR-18. Broomall, PA: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area and Private Forestry.
- Murray, F.J.; Marsh L.; Bradford, P.A. 1994. New York State Energy Plan, vol. II: issue reports. Albany, NY: New York State Energy Office.
- Nicholls, T. H.; Anderson, R. L. 1977. How to Identify White Pine Blister Rust and Remove Cankers. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry
- Northeastern Area State and Private Forestry. 1998. How to identify and manage Dutch Elm Disease. NA-PR-07-98. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry.
- Northeastern Area State and Private Forestry. 2005. Gypsy moth digest. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Area State and Private Forestry.
- Nowak, D.J. 1994. Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago's urban forest. In: McPherson, E.G.; Nowak, D.J.; Rowntree, R.A., eds. Chicago's urban forest ecosystem: results of the Chicago Urban Forest Climate Project. Gen. Tech. Rep. NE-186. Radnor, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station: 83-94.
- Nowak, D.J. 1995. Trees pollute? A "TREE" explains it all. In: Proceedings of the 7th National Urban Forestry Conference. Washington, DC: American Forests: 28-30.

Nowak, D.J. 2000. The interactions between urban forests and global climate change. In: Abdollahi, K.K.; Ning, Z.H.; Appeaning, A., eds. *Global Climate Change and the Urban Forest*. Baton Rouge, LA: GCRCC and Franklin Press: 31-44.

Nowak, D.J., Hirabayashi, S., Bodine, A., Greenfield, E. 2014. Tree and forest effects on air quality and human health in the United States. *Environmental Pollution*. 193:119-129.

Nowak, D.J., Hirabayashi, S., Bodine, A., Hoehn, R. 2013. Modeled PM_{2.5} removal by trees in ten U.S. cities and associated health effects. *Environmental Pollution*. 178: 395-402.

Nowak, D.J.; Civerolo, K.L.; Rao, S.T.; Sistla, S.; Luley, C.J.; Crane, D.E. 2000. A modeling study of the impact of urban trees on ozone. *Atmospheric Environment*. 34: 1601-1613.

Nowak, D.J.; Crane, D.E. 2000. The Urban Forest Effects (UFORE) Model: quantifying urban forest structure and functions. In: Hansen, M.; Burk, T., eds. *Integrated tools for natural resources inventories in the 21st century*. Proceedings of IUFRO conference. Gen. Tech. Rep. NC-212. St. Paul, MN: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Research Station: 714-720.

Nowak, D.J.; Crane, D.E.; Dwyer, J.F. 2002a. Compensatory value of urban trees in the United States. *Journal of Arboriculture*. 28(4): 194 - 199.

Nowak, D.J.; Crane, D.E.; Stevens, J.C.; Hoehn, R.E. 2005. The urban forest effects (UFORE) model: field data collection manual. V1b. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station, 34 p. http://www.fs.fed.us/ne/syracuse/Tools/downloads/UFORE_Manual.pdf

Nowak, D.J.; Crane, D.E.; Stevens, J.C.; Ibarra, M. 2002b. Brooklyn's urban forest. Gen. Tech. Rep. NE-290. Newtown Square, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station. 107 p.

Nowak, D.J.; Dwyer, J.F. 2000. Understanding the benefits and costs of urban forest ecosystems. In: Kuser, John, ed. *Handbook of urban and community forestry in the northeast*. New York, NY: Kluwer Academics/Plenum: 11-22.

Nowak, D.J.; Hoehn, R.; Crane, D. 2007. Oxygen production by urban trees in the United States. *Arboriculture & Urban Forestry*. 33(3):220-226.

Nowak, D.J.; Hoehn, R.E.; Crane, D.E.; Stevens, J.C.; Walton, J.T; Bond, J. 2008. A ground-based method of assessing urban forest structure and ecosystem services. *Arboriculture and Urban Forestry*. 34(6): 347-358.

Nowak, D.J.; Stevens, J.C.; Sisinni, S.M.; Luley, C.J. 2002c. Effects of urban tree management and species selection on atmospheric carbon dioxide. *Journal of Arboriculture*. 28(3): 113-122.

Ostry, M.E.; Mielke, M.E.; Anderson, R.L. 1996. How to Identify Butternut Canker and Manage Butternut Trees. U. S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station.

Peper, P.J.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Albers, S.N.; Xiao, Q. 2010. Central Florida community tree guide: benefits, costs, and strategic planting. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-230. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

Peper, P.J.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Vargas, K.E.; Xiao Q. 2009. Lower Midwest community tree guide: benefits, costs, and strategic planting. PSW-GTR-219. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-219. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.

Phelps, W.R.; Czabator, F.L. 1978. Fusiform Rust of Southern Pines. Forest Insect & Disease Leaflet 26. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 7 p.

- Rexrode, C. O.; Brown, H. D. 1983. Oak Wilt. Forest Insect & Disease Leaflet 29. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 6 p.
- Schmitz, R. F.; Gibson, K. E. 1996. Douglas-fir Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 5. R1-96-87. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.
- Smith, S. L.; Borys, R. R.; Shea, P. J. 2009. Jeffrey Pine Beetle. Forest Insect & Disease Leaflet 11. Washington, DC: U. S. Department of Agriculture, Forest Service. 8 p.
- Society of American Foresters. 2011. Gold Spotted Oak Borer Hitches Ride in Firewood, Kills California Oaks. *Forestry Source* 16(10): 20.
- U.S. Environmental Protection Agency. 2010. Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emission Standards and Corporate Average Fuel Economy Standards. Washington, DC: U.S. Environmental Protection Agency. EPA-420-R-10-012a
- U.S. Environmental Protection Agency. 2015. The social cost of carbon. <http://www.epa.gov/climatechange/EPAactivities/economics/scc.html>
- U.S. Forest Service. 2005. Hemlock Woolly Adelgid. Pest Alert. NA-PR-09-05. Newtown Square, PA: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Area State and Private Forestry.
- U.S. Forest Service. 2011. Laurel Wilt. Atlanta, GA: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Health Protection, Southern Region.
- University of California. 2014. Polphagous Shot Hole Borer. Sacramento, CA: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources.
- van Essen, H.; Schroten, A.; Otten, M.; Sutter, D.; Schreyer, C.; Zandonella, R.; Maibach, M.; Doll, C. 2011. External Costs of Transport in Europe. Netherlands: CE Delft. 161 p.
- Vargas, K.E.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Xiao, Q. 2007a. Interior West Tree Guide.
- Vargas, K.E.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Xiao, Q. 2007b. Temperate Interior West Community Tree Guide: Benefits, Costs, and Strategic Planting.
- Vargas, K.E.; McPherson, E.G.; Simpson, J.R.; Peper, P.J.; Gardner, S.L.; Xiao, Q. 2008. Tropical community tree guide: benefits, costs, and strategic planting. PSW-GTR-216. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-216. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Albany, CA.
- Worrall, J.J. 2007. Chestnut Blight. Forest and Shade Tree Pathology. http://www.forestpathology.org/dis_chestnut.html
- Zinke, P.J. 1967. Forest interception studies in the United States. In: Sopper, W.E.; Lull, H.W., eds. *Forest Hydrology*. Oxford, UK: Pergamon Press: 137-161.

Anhang VIII

Auswertung nach Strata

Benefits Summary of Trees by Stratum and Species

Location: Schaffhausen, Schaffhausen, Schweiz/Suisse/Svizzera, Switzerland

Project: Climate adaptation SH GrünSH, Series: GrünSH, Year: 2019

Generated: 19.02.2020



Stratum	Species	Trees	Carbon Storage		Gross Carbon Sequestration		Avoided Runoff		Pollution Removal		Structural Value
		Number	(metric ton)	(SwF)	(metric ton/yr)	(SwF/yr)	(m³/yr)	(SwF/yr)	(metric ton/yr)	(SwF/yr)	(SwF)
Wald Stangenholz 2	Acer pseudoplatanus	26	0.97	181.28	0.14	26.72	7.00	15.72	0.00	60.07	3'529.34
	Fagus sylvatica	34	0.57	106.47	0.09	16.78	6.14	13.78	0.00	52.66	2'939.32
	Fraxinus excelsior	1	0.06	10.47	0.01	1.53	0.31	0.69	0.00	2.65	249.18
	Ilex aquifolium	1	0.02	2.95	0.00	0.43	0.10	0.23	0.00	0.89	83.70
	Picea abies	4	0.14	25.42	0.01	2.70	0.36	0.80	0.00	3.05	617.37
	Prunus avium	2	0.11	20.94	0.02	2.82	0.45	1.01	0.00	3.87	443.36
	Quercus petraea	1	0.64	118.67	0.04	7.44	0.45	1.02	0.00	3.89	1'327.41
	Sorbus aucuparia	1	0.03	5.19	0.00	0.67	0.07	0.16	0.00	0.62	180.98
	Taxus baccata	1	0.02	2.94	0.00	0.26	0.22	0.49	0.00	1.86	95.57
	Total		71	2.54	474.32	0.32	59.36	15.10	33.90	0.01	129.56
Schützenhaus	Tilia platyphyllos	9	2.04	380.45	0.14	25.61	14.13	31.74	0.01	121.28	30'600.19
	Total	9	2.04	380.45	0.14	25.61	14.13	31.74	0.01	121.28	30'600.19
Schwertstrasse	Gleditsia triacanthos v. inermis 'Imperial'	4	0.03	5.48	0.01	2.08	0.34	0.76	0.00	2.92	923.80
	Robinia pseudoacacia	2	0.42	78.20	0.04	6.98	1.75	3.93	0.00	15.02	3'214.85
	Total	6	0.45	83.69	0.05	9.06	2.09	4.69	0.00	17.94	4'138.65
Stettenerstrasse	Tilia platyphyllos	6	0.54	99.94	0.06	10.37	4.31	9.67	0.00	36.95	8'551.86
	Total	6	0.54	99.94	0.06	10.37	4.31	9.67	0.00	36.95	8'551.86
Wald Baumholz 3	Carpinus betulus	2	0.01	1.89	0.00	0.50	0.22	0.50	0.00	1.90	70.90
	Fagus sylvatica	457	4.23	788.41	0.40	73.89	14.63	32.85	0.01	125.54	17'234.16
	Ilex aquifolium	1	0.01	2.40	0.00	0.36	0.13	0.30	0.00	1.15	63.02
	Total	460	4.25	792.70	0.40	74.75	14.98	33.65	0.01	128.58	17'368.09
Eichenstrasse Bäume	Quercus rubra	6	12.60	2'350.68	0.35	64.45	11.95	26.82	0.00	102.50	55'570.41
	Total	6	12.60	2'350.68	0.35	64.45	11.95	26.82	0.00	102.50	55'570.41
Fäsenstaubpromenade hinten	Cedrus atlantica v. glauca	2	1.84	342.72	0.05	10.06	5.60	12.58	0.00	48.05	16'585.95
	Fagus sylvatica	1	4.73	882.58	0.07	12.83	3.31	7.43	0.00	28.40	17'315.05
	Pinus nigra	1	0.85	159.21	0.03	5.45	1.00	2.23	0.00	8.54	7'825.48
	Sequoiadendron giganteum	1	5.16	962.72	0.04	7.28	6.69	15.03	0.00	57.44	25'842.51
	Tilia mongolica	1	0.06	10.95	0.01	1.39	0.98	2.19	0.00	8.39	1'101.66
	Total	6	12.64	2'358.18	0.20	37.01	17.58	39.47	0.01	150.81	68'670.65
Fäsenstaubpromenade vorne	Acer campestre	2	2.39	445.73	0.09	17.52	4.81	10.80	0.00	41.28	14'582.90
	Acer pseudoplatanus	12	0.97	180.69	0.11	20.80	7.15	16.05	0.00	61.33	9'752.83
	Carpinus betulus	4	4.43	827.00	0.20	36.81	7.12	15.98	0.00	61.05	22'773.68
	Corylus colurna	2	0.69	129.34	0.05	9.21	2.73	6.13	0.00	23.42	4'752.35
	Davidia involucrata	1	0.00	0.72	0.00	0.37	0.03	0.06	0.00	0.22	106.35
	Ginkgo biloba	2	0.32	60.46	0.03	6.01	1.24	2.78	0.00	10.64	3'404.84
	Juglans nigra	1	0.00	0.71	0.00	0.36	0.06	0.14	0.00	0.54	107.00
	Larix decidua	3	0.58	107.90	0.04	6.97	4.62	10.39	0.00	39.69	7'835.98
	Liquidambar styraciflua	2	0.01	2.25	0.00	0.64	0.19	0.43	0.00	1.63	397.43
	Paulownia tomentosa	1	0.22	40.71	0.02	3.57	0.81	1.82	0.00	6.97	1'314.24

Anhang IX

Hardwood



noteworthy
requirements
for
conifer
and
hardwood
selection

NYC
F O O T O O N E

noteworthy
requirements
for
conifer
and
hardwood
selection

The selection of woody plant material is one of the first crucial decisions in a long-term landscape investment. There are many factors one considers during the plant selection process. An awareness of certain requirements - a tree's limitations or preferences - should be part of these considerations.

Inclusion in this resource was governed by two criteria - a risk posed by the digging season and / or a preference for packaging / size. A cross-section of published literature was consulted - Michael Dirr, Gary Hightshoe, online resources, e.g. University of Florida - as well as industry professionals and local professional experience. A notation for Asian Long-horned Beetle hosts has also been included for your consideration.

This resource was developed as a reliable starting point in creating a "cultural requirements" body of knowledge. An interest in managing the risks and preferences of the listed plant material and sharing the results of those experiences will broaden our regional knowledge, expanding the seasonal planting palette.

Digging / Planting

Trees normally establish well when planted in the Spring. Root growth in most deciduous species is under way when soil temperatures (at a depth of three inches) exceed 42° Fahrenheit. Many conifers exhibit root growth and activity at slightly higher soil temperatures. Root growth is driven by the sugars manufactured in the first (and second) flush of shoot growth. Shoot growth on deciduous trees (bud swell, bud scale splitting, leaf emergence) can begin before root growth. Trees that are transplanted in early Spring must initially rely on older roots for water uptake to support shoot emergence. However, it is also true that trees transplanted in the Spring have a greater chance at establishment because shoot growth periods throughout the first growing season favor root growth.

Trees planted in the Fall must be able to initiate root growth quickly, before soil temperatures drop, using only stored sugars. There are a number of species of conifer, shade and ornamental trees that present difficulties when they are dug in the Fall. Commonly acknowledged reasons for these difficulties include:

- trees with coarse roots that are slow to generate new root growth, e.g. *Quercus coccinea*, *Nyssa sylvatica*;
- trees with thin bark and abundant twigs, very prone to water loss during winter months, e.g. *Quercus phellos*, *Betula spp.*;
- trees that harden off very late in Fall, e.g. *Crataegus spp.*;
- broadleaf evergreens, very prone to winter desiccation, e.g. *Ilex opaca*, *Magnolia grandiflora*.

We refer to Planting in this consideration because many specifications stipulate that selected woody material be dug no more than one month prior to planting. If the species listed in this category cannot be dug early in the previous Spring, heeled in and irrigated appropriately until the Fall, their inclusion in a Fall planting could add an additional survival risk. For some species listed, specifying a larger root ball than the ANSI minimum, along with a well-monitored irrigation protocol, might offset the risk.

Package / Size

We have also provided recommendations for the way in which woody plant material is grown - in the field or in a container - as well as a size preference where one exists. While definitive research on this subject is hard to come by, there does exist published information stating preferences for the method of growing and, in some instances, the size of the material. We have noted that information to guide plant selection. A reference for known bare root successes (yes) and failures (no) has been added. Where industry experience is not yet definitive, a ○ has been indicated. Your own long-term experience will help to verify the published information. We welcome comments, suggestions and the sharing of personal experience to continue building a valid regional reference as to these important woody material concerns.

noteworthy
requirements
for
conifer
and
hardwood
selection

species	dig / plant field grown hazard	package size preference	bare root	alb host
conifers				
<i>Abies</i> spp. & cvs. (Fir)	spring	cg or b&b - best under 6' ht	no	
<i>Cedrus atlantica</i> (Atlas cedar)	spring	cg or b&b	no	
<i>C. deodora</i> & cvs. (Deodor cedar)		cg or b&b - best under 6' ht	no	
<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> & cvs. (Lawson falsecypress)		cg or b&b - best under 6' ht	no	
<i>C. obtusa</i> & cvs. (Hinoki falsecypress)		cg	no	
<i>X Cupressocyparis leylandii</i> & cvs. (Leyland cypress)		cg	no	
<i>Juniperus virginiana</i> & cvs. (Eastern red cedar)	early spring late fall	cg under 6' ht	no	
<i>Metasequoia glyptostroboides</i> (Dawn redwood)	spring	b&b - retain lower branches (except street tree planting)	no	
<i>Picea</i> spp. & cvs. (Spruce)	early spring	cg or b&b - best under 6' ht	no	
<i>Pinus densiflora</i> (Japanese red pine)	early spring	b&b - best under 6' ht	no	
<i>P. flexilis</i> (Limber pine)	early spring	b&b - best under 6' ht	no	
<i>P. heldreichii</i> var. <i>leucodermis</i> (Bosnian pine)		cg - best under 6' ht	no	
<i>P. parviflora</i> (Japanese white pine)	early spring	b&b - best under 6' ht	no	
<i>P. rigida</i> (Pitch pine)	early spring	b&b - best under 6' ht	no	
<i>P. strobus</i> & cvs. (Eastern white pine)	early spring	b&b - best under 6' ht	no	
<i>P. wallichiana</i> & cvs. (Himalayan pine)	early spring	b&b - best under 6' ht	no	
<i>Pseudolarix amabilis</i> (<i>kaempferi</i>) (Goldenlarch)	spring	b&b - best under 6' ht	no	
<i>Taxodium distichum</i> (Baldcypress)	spring	b&b - best under 6' ht	no	
<i>Thujaopsis dolabrata</i> (False arborvitae)		cg	no	
<i>Tsuga canadensis</i> . & cvs. (Canadian hemlock)	early spring	b&b - best under 6' ht	no	

noteworthy
requirements
for
conifer
and
hardwood
selection

species	dig / plant field grown hazard	package size preference	bare root	alb host
hardwoods 1				
<i>Acer buergerianum</i> (Trident maple)	spring	b&b	yes	■
<i>A. griseum</i> (Paperbark maple)	spring	cg or b&b	yes	■
<i>A. rubrum</i> & cvs. (Red maple)	spring	small b&b own-rooted	yes	■
<i>A. saccharum</i> & cvs. (Sugar maple)	early spring	b&b northern seed source	yes	■
<i>Aesculus x carnea</i> (Red horsechestnut)	spring	b&b	yes	■
<i>A. glabra</i> (Ohio buckeye)	early spring	b&b	○	■
<i>A. hippocastanum</i> (Horsechestnut)	spring	b&b	○	■
<i>A. parviflora</i> (Bottlebrush buckeye)	spring	cg or b&b	○	■
<i>Amelanchier spp.</i> (Serviceberry)	spring	cg or b&b if >1½"	no	
<i>Asimina triloba</i> (Pawpaw)	early spring	cg or small b&b	○	
<i>Betula nigra</i> & cvs. (River birch)	spring	b&b	no	■
<i>B. papyrifera</i> (Paperbirch)	spring	small b&b root pruned	no	■
<i>B. pendula</i> (European white birch)	spring	b&b	no	■
<i>B. populifolia</i> (Grey birch)	spring	b&b	no	■
<i>Carpinus betulus</i> & cvs. (European hornbeam)	spring	small b&b	no	
<i>C. caroliniana</i> (American hornbeam)	early spring	small b&b root pruned northern seed source	no	
<i>Carya spp.</i> (Hickory)	early spring	small b&b	○	
<i>Castanea mollissima</i> (Chinese chestnut)	early spring	small b&b	○	
<i>Catalpa speciosa</i> (Northern catalpa)	early spring	small b&b	yes	
<i>Celtis occidentalis</i> (Hackberry)	spring	b&b	yes	■
<i>Cercidiphyllum japonicum</i> (Katsuratree)	early spring	cg or small b&b	yes	
<i>Chionanthus virginicus</i> (White fringetree)	early spring	cg or small b&b	○	

noteworthy
requirements
for
conifer
and
hardwood
selection

species	dig / plant field grown hazard	package size preference	bare root	alb host
hardwoods 2				
<i>Cladrastis kentukea (lutea)</i> (American yellowwood)	early spring	small b&b northern seed source	yes	
<i>Cornus alternifolia</i> (Pagoda dogwood)	early spring	small b&b	○	
<i>C. florida</i> & cvs. (Flowering dogwood)	early spring	cg or small b&b root pruned	○	
<i>C. kousa</i> & cvs. (Kousa dogwood)		cg or small b&b	○	
<i>Corylus colurna</i> (Turkish filbert)	spring	small b&b	○	
<i>Cotinus obovatus</i> (American smoketree)	early spring	cg or small b&b	○	
<i>Crataegus spp.</i> & cvs. (Hawthorn)	early spring- spring	small b&b	no	
<i>Davidia involucrata</i> (Dovetree)		b&b	○	
<i>Diospyros virginiana</i> (Common persimmon)	early spring	small b&b	○	
<i>Fagus sylvatica</i> & cvs. (European beech)	spring	b&b	no	
<i>Ginkgo biloba</i> & cvs. (Ginkgo)		b&b	○	
<i>Gleditsia triacanthos var.</i> & cvs. (Honeylocust)		b&b	yes	
<i>Gymnocladus dioicus</i> (Kentucky coffeetree)		b&b	yes	
<i>Halesia tetraptera (carolina)</i> & cvs. (Carolina silverbell)	early spring	cg or small b&b	○	
<i>Idesia polycarpa</i> (Igiritree)		small cg or small b&b	○	
<i>Koelreuteria paniculata</i> (Golden raintree)	spring	small cg or small b&b northern seed source	yes	
<i>Liquidambar styraciflua</i> & cvs. (American sweetgum)	early spring	b&b northern seed source	no	
<i>Liriodendron tulipifera</i> & cvs. (Tuliptree)	early spring	small b&b northern seed source	no	
<i>Magnolia spp.</i> & cvs. (Magnolia)	early spring	small b&b	○	
<i>Nyssa sylvatica</i> & cvs. (Black tupelo)	early spring	small b&b	no	
<i>Ostrya virginiana</i> (American hophornbeam)	early spring	small cg or small b&b	no	
<i>Oxydendron arboreum</i> (Sourwood)	early spring	small b&b	○	

noteworthy
requirements
for
conifer
and
hardwood
selection

species	dig / plant field grown hazard	package size preference	bare root	alb host
hardwoods 3				
<i>Parrotia persica</i> (Persian ironwood)	spring	cg or b&b	○	
<i>Paulownia tomentosa</i> (Royal paulownia)	spring	b&b	○	
<i>Phellodendron amurense</i> (Amur corktree)	spring	b&b	○	
<i>Prunus spp.</i> (Cherry)	spring	cg or small b&b	yes	
<i>Ptelea trifoliata</i> (Common hoptree)	early spring	b&b	○	
<i>Pterostyrax hispida</i> (Fragrant epaulette tree)	spring	cg or b&b	○	
<i>Pyrus calleryana</i> & cvs. (Callery pear)		b&b	yes	
<i>Quercus acutissima</i> (Sawtooth oak)	spring	b&b	○	
<i>Q. alba</i> (White oak)	early spring	small b&b root pruned	○	
<i>Q. bicolor</i> (Swamp white oak)	early spring or late fall	small b&b	yes	
<i>Q. coccinea</i> (Scarlet oak)	early spring	small b&b	no	
<i>Q. imbricaria</i> (Shingle oak)	early spring	small b&b	no	
<i>Q. macrocarpa</i> (Bur oak)	early spring	small b&b	no	
<i>Q. marilandica</i> (Blackjack oak)	early spring	b&b	○	
<i>Q. michauxii</i> (Swamp chestnut oak)	early spring	b&b	○	
<i>Q. muehlenbergii</i> (Chinkapin oak)	early spring	small b&b	○	
<i>Q. palustris</i> (Pin oak)		b&b	yes	
<i>Q. phellos</i> (Willow oak)	early spring	b&b northern seed source	no	
<i>Q. robur</i> & cvs. (English oak)	spring	b&b	no	
<i>Q. rubra</i> (Red oak)	early spring	b&b	yes	
<i>Q. shumardii</i> (Shumard oak)	spring	b&b	no	
<i>Q. stellata</i> (Post oak)	early spring	small b&b	○	

noteworthy
requirements
for
conifer
and
hardwood
selection

species	dig / plant field grown hazard	package size preference	bare root	alb host
hardwoods 4				
<i>Quercus velutina</i> (Black oak)	early spring	b&b	<input type="radio"/>	
<i>Robinia pseudoacacia</i> (Black locust)	early spring	b&b	<input type="radio"/>	
<i>Sorbus spp.</i> (Mountainash)	early spring	b&b	<input type="radio"/>	■
<i>Stewartia spp.</i> (Stewartia)	spring	cg or small b&b	<input type="radio"/>	
<i>Styrax japonicus</i> & cvs. (Japanese snowbell)	early spring	b&b	<input type="radio"/>	
<i>Tilia americana</i> & cvs. (Basswood)		b&b	yes	
<i>T. cordata</i> & cvs. (Littleleaf linden)		b&b	yes	
<i>T. tomentosa</i> & cvs. (Silver linden)	spring	b&b	no	
<i>Zelkova serrata</i> & cvs. (Zelkova)	spring	b&b	<input type="radio"/>	

noteworthy
requirements
for
conifer
and
hardwood
selection

references

Noteworthy Requirements for Conifer & Hardwood Selection was researched and written by Naomi Zurcher, Consulting Arborist (ISA-Certified) and edited by the NYC Root Zone Seminar Planning Committee. The information provided is based on data published in a variety of known resources, as follows:

Alvarez-Uria, A. and C. Korner. 2007. *Low temperature limits of root growth in deciduous and evergreen temperate tree species*. Institute of Botany, University of Basel, Basel ch.

Bassuk, N., BZ Marranta and B. Neal. 1998. *Urban Trees: Site Assessment Selection for Stress Tolerance Planting*. Urban Horticulture Institute, Cornell University, Ithaca ny.

Berrang, P. and D.F. Karnosky. 1983. *Street Trees for Metropolitan New York*. NYBG Institute of Urban Horticulture, Millbrook ny.

Dirr, M. A. 1998. *Manual of Woody Landscape Plants*. Stipes Publishing Co., Champaign il.

Hightshoe, G. L. 1988. *Native Trees, Shrubs, and Vines for Urban and Rural America*. Van Nostrand Reinhold, New York ny.

Kisker, J. 2007. Personal communication. Sales Manager, Schichtels Nursery Inc. Springville ny.

Rabb, A. 2007. Personal communication. Brooklyn Borough Forester, City of New York Parks & Recreation, Brooklyn ny.

Watson, G.W. and E.B. Himelick. 1997. *Principles and Practice of Planting Trees and Shrubs*. International Society of Arboriculture, Savoy il.

www.hort.ifas.ufl.edu/woody/index.html. Univeristy of Florida IFAS Extension.

www.princetonnurseries.com/. Bill Flemer III, Princeton Nurseries.

www.wefindplants.com/pages/FallHazard.html. Horticultural Associates of Rochester Inc.

NYC Root Zone welcomes comments, suggestions, and the sharing of personal professional experience on any and all material contained in this resource. Please direct your communications to Naomi Zurcher: treerap@sprintmail.com.

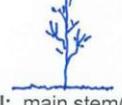
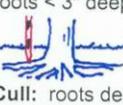
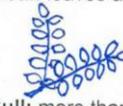
Design donated by al zurcher, design z, brooklyn ny.

NYC Root Zone, a collaboration of urban forest professionals, is dedicated to improving the health, breadth and importance of New York City's urban forest for the environmental, social and economic well-being of the public.

Anhang X

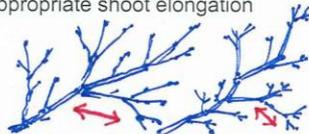
Tree Shopping Guide

Tree Shopping Guide - selecting quality in the nursery

Deciduous, single stem	Deciduous, multi-stem	Conifers	Container Grown
STRUCTURE: Trunk (Main Stem/Stems), Crown, Branches, Roots			
<p>Ideal: single main stem centered within the crown</p>  <p>Cull: co-dominant stems; main stem lopsided or unbalanced</p>	<p>Ideal: main stem is straight, vertical, tapering</p>  <p>Cull: crooked; leaning; no taper</p>	<p>Ideal: wood is solid and sound</p>  <p>Cull: has cracks or cavities</p>	
<p>Ideal: strong attachments of main stems of multi-stem trees</p>  <p>Cull: included bark between main stems</p>	<p>Ideal: strong branch attachments</p>  <p>Cull: included bark between main stem(s) and major laterals</p>	<p>Ideal: sound terminal bud of central leader in highest part of tree</p>  <p>Cull: tree topped; leader headed; terminal bud missing or damaged</p>	
<p>Ideal: self-supporting main stem</p>  <p>Cull: main stem(s) greater than 1" in caliper not self-supporting</p>	<p>Ideal: lower, temporary branches desirable to build taper and form</p>  <p>Cull: reject 'lollipops' unless spec requires, e.g., street trees</p>	<p>Ideal: crown is balanced with well spaced and evenly distributed laterals representative of species</p>  <p>Cull: refer to resources</p>	
<p>Ideal: root flare, when present, must be visible at soil level.</p>  <p>Cull: buried flare; don't confuse root flare with swollen graft union</p>	<p>Ideal: trees without flare (a few species, saplings) have major roots < 3" deep @ 4" from stem(s)</p>  <p>Cull: roots deeper than above; use chaining pin; always sterilize</p>	<p>Ideal: root flare is consistent around circumference</p>  <p>Cull: sunken/swollen areas may indicate girdling, damage or ?</p>	
<p>Ideal: root systems radiate evenly around main stem(s)</p>  <p>Cull: roots in < 3 quadrants</p>	<p>Ideal: main stem(s) are firm and stable in the ground</p>  <p>Cull: soil moves with stem(s)</p>	<p>Ideal: tree displays natural form, except for topiary</p>  <p>Cull: tree is topped and/or overly sheared</p>	
HEALTH: Crown, in leaf			
<p>Ideal: full and dense</p>  <p>Cull: thin and/or sparse</p>	<p>Ideal: No tip die-back</p>  <p>Cull: die-back in top 1/3 of crown</p>	<p>Ideal: leaves turgid, no scorch</p>  <p>Cull: signs of drought stress</p>	
<p>Ideal: leaves are normal color</p>  <p>Cull: chlorosis (yellowing)</p>	<p>Ideal: leaves are normal size</p>  <p>Cull: more than 10% are smaller</p>	<p>Ideal: terminal buds are healthy</p>  <p>Cull: buds are dead or damaged</p>	
<p>Ideal: free of insects and disease Cull: serious leaf pathogens and any you can't identify, such as:</p>			
			
bacterial blight	fungal blight	fungal fruiting body	chewing insects
			
sucking insects			

HEALTH: Branches, Trunk (Main Stem/Stems) and Roots

Ideal: vigorous, as shown by appropriate shoot elongation



Cull: inconsistent, poor growth

Ideal: strong, consistent callus at old pruning cuts and graft unions



Cull: poor callus growth; open, unresolving wounds

Ideal: healthy roots in container-grown material (unpot to examine)



Cull: roots are dark, discolored, mushy and/or smell bad

Ideal: free of insects and disease



lesions/cankers/bleeding

Cull: serious pathogens and any you can't identify, such as:



boring insects



galls



egg cases

CULTURE: Trunk (Main Stem/Stems), Branches and Roots

Ideal: proper pruning cuts



Cull: stub cuts / flush cuts on main stem(s) and major laterals

Ideal: no injury: rips, gouges, girdling ties, sunscald or crushing



Cull: injury anywhere but twigs

Ideal: no rootstock suckers on grafted and budded trees



Cull: suckers uncontrolled

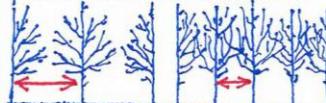
CULTURE: Nursery Practices / Field Conditions

Ideal: soil in critical root growing area is managed well and protected from compaction



Cull: tire tracks, grade changes, rodents, invasive weeds, flooding

Ideal: trees are spaced to promote typical form and growth



Cull: crowded; rows not thinned

Ideal: main stem(s) are visible when making selections



Cull: main stem(s) are wrapped or otherwise covered

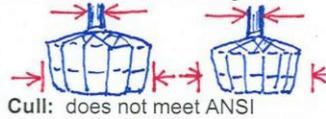
CULTURE: B&B (Balled and Burlapped) Root Balls and Containers

Ideal: root flare is visible when B&B root ball is opened; burlap is re-fastened above root flare



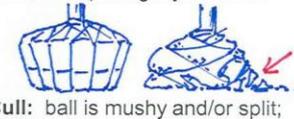
Cull: flare buried within root ball

Ideal: B&B balls and containers are adequate size or larger



Cull: does not meet ANSI Standard* for caliper to root ratio

Ideal: B&B root ball is firm and solid; burlap is tightly secured



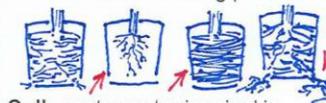
Cull: ball is mushy and/or split; burlap is loose and/or rotted

Ideal: burlap and ties are natural material; burlap is single layer



Cull: layers of burlap (dug previous season?); wrapping materials may not bio-degrade

Ideal: containers are well-filled with roots without being pot-bound



Cull: roots are 'swimming' in containers or heavily encircling; growing profusely out drain holes

Ideal: soil mix is within 2" of top of containers



Cull: inadequate volume of soil mix reduces root and plant size

Ideal: main stem(s) within 10% of center of ball or container (ANSI*)



Cull: B&B ball or container is lopsided, not roughly symmetrical

Ideal: B&B balls and containers free of noxious/invasive weeds



Cull: weeds like bindweed, poison ivy or mugwort are evident

Ideal: B&Bs and containers are moist when selected; protected from weather extremes



Cull: dry, desiccated, frozen

*the American Standard for Nursery Stock ANSI Z60.1-2004 <http://www.anla.org>

Note that a few tree species (e.g., Malus, Tilia, Zelkova) and forms (columnar, weeping, street trees) do not adhere to all recommendations for structure. Health and culture are universal. All projects and situations do not require the highest quality trees, but be aware of the ramifications of using lesser-quality material, and the likely need for enhanced aftercare.

Tree Planting Guide

TREE PLANTING GUIDELINE

How we plant or rather how we GROW an urban tree is an essential component of Urban Forest management.

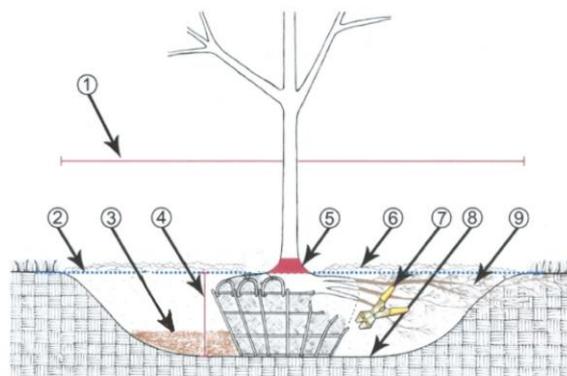
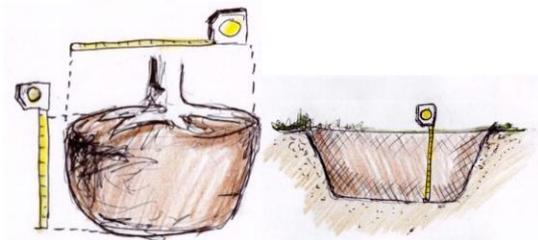
And, while it looks quite simple and has been touted as such, there is a great deal to consider in the entire process of growing a tree, especially that individual tree, which will live in a curbside cutout or a parking lot. Although open landscapes are simpler to plan and plant, we need to know all the steps that must be taken for a variety of situations so that, at the end of that process, we DO have the right tree in the right place with the potential to thrive and deliver the extensive array of Ecosystem Services we expect and require.

Following are guidelines for growing an individual urban tree. We have already reviewed:

- Planning and design - evaluating and preparing the spatial resource and the development of a site-specific list of species;
- Tree selection – criteria to enable the selection at the nursery of a site-specific tree, including an understanding of nursery production and harvesting techniques; ensure that the north side has been marked.

Planting day guidelines:

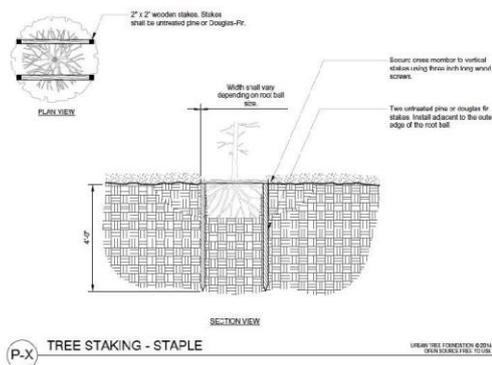
- measure the root ball height prior to digging the planting hole, ensuring the tree's root crown will be at or slightly above planting grade and the ground underneath the ball will remain undisturbed;



1. Hole width = 3X top of rootball
2. Existing soil surface
3. Backfill 1/4 of planting hole
4. Hole depth = height of rootball
5. Root crown above soil surface
6. 7.5cm composted wood chip mulch, $\geq 15\text{cm}$ from flare
7. Cut and remove 3/4 of wire basket and burlap
8. Undisturbed compacted soil under rootball
9. New roots able to grow out unimpeded by wire basket or burlap

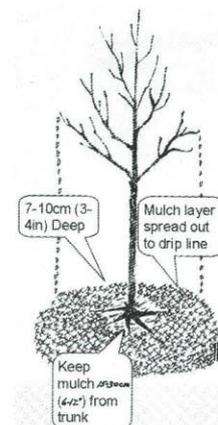
- planting hole sides must be sloped so the top of the hole is a minimum of 2.5 – 3x the width of the root ball; store the removed soil on geotextile fabric and do not break up soil aggregates;
- if there is a wire basket in addition to the traditional burlap rootball wrap, open the top of the wrap to determine the texture of the soil; if the rootball is compact, cut the wire basket by slitting the sides down to the base; secure the burlap wrap;

- prune only damaged branches back to a lateral before lowering the tree into the planting hole;
- never lift the tree by its trunk; use a fork lift or other device to lift the tree by its rootball and lower it into the planting hole; center the tree plumb in the hole with the marked side oriented north;
- backfill with retained soil to 1/4 the rootball to stabilize the tree;
- untie and cut burlap and remove to the backfilled height, giving roots immediate access to surrounding soil;
- with a hand cultivator or equivalent, rough up the sides of the planting hole as well as the root ball to mitigate the soil interface but do not destroy or fracture the root ball;
- water in the backfilled soil, continue to backfill in quarters, watering in each quarter; do not place any backfill on the top of the root ball;
- using soil, create a saucer-like water basin at the outermost edge of the root ball to encourage water to flow into the ball - the only place where the roots are;



- in situations where the tree needs to be stabilized, instead of above ground staking, opt for an underground, decomposing root stabilization system to only stabilize the rootball and not impede movement in the above ground part of the tree, necessary for development of trunk taper;

- Topdress with composted wood chip mulch, 7.5 to max. 10cm deep, 15–30cm away from flare;



- Water deep but DO NOT FERTILIZE.

Zürcher Hochschule
für Angewandte Wissenschaften



Life Sciences und
Facility Management

IUNR Institut für Umwelt und
Natürliche Ressourcen



Kontakte

Andrea Gion Saluz

Mail: andrea.saluz@zhaw.ch, AndreaGion.Saluz@zuerich.ch
Wiss. Mitarbeiter

Forschungsgruppe Pflanzenverwendung
ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
Grüntal, Postfach, CH-8820 Wädenswil

Zürcher Naomi

Mail: treerap@sprintmail.com
Urban Forester, Consulting Arborist
i-Tree team affiliate, Arbor Aegis

Bernasconi Andreas,

Gubsch Marlén,
Eggenberger Tanja,
Mail: pan@panbern.ch
Pan Bern AG
Hirschengraben 24, Postfach, 3001 Bern