

Universität für Bodenkultur Wien



Master-Studiengang
Landschaftsplanung und
Landschaftsarchitektur

Institut für Ingenieurbiologie und
Landschaftsbau

WACHSTUMSUNTERSUCHUNGEN AN ACER CAMPESTRE MIT UNTERSCHIEDLICH EINGEKÜRZTEN WURZELN UND SPROSSEN

INCREMENTAL ANALYSIS ON ACER CAMPESTRE WITH DIFFERENT TRIMMED ROOTS AND SCIONS



Masterarbeit eingereicht von:
Victoria Simon, Bakk.techn.

Betreuer:
O.Univ.Prof.Dr. Florin Florineth

Wien, September 2013

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	Seite 5
Kurzfassung	Seite 6
Abstract	Seite 7
1. Einführung	Seite 8
1.1 Motivation.....	Seite 8
1.2 Aufgabenstellung und Ziele.....	Seite 8
2. Untersuchungsgebiet Versuchsgarten Wien/Essling	Seite 9
2.1 Lage.....	Seite 9
2.2 Geologie und Boden.....	Seite 9
2.3 Klima.....	Seite 10
2.3.1 <i>Temperatur</i>	Seite 10
2.3.2 <i>Niederschlag</i>	Seite 11
3. Versuchsbaum <i>Acer campestre</i> (Feldahorn)	Seite 13
3.1 Kennzeichen.....	Seite 13
3.2 Verbreitung.....	Seite 14
3.3 Standortansprüche und Vorkommen.....	Seite 14
3.4 Verwendung.....	Seite 15
4. Grundlagen zum Wurzel- und Sprosswachstum	Seite 16
4.1 Aufbau von Wurzeln und Spross.....	Seite 16
4.1.1 <i>Wurzeln</i>	Seite 16
4.1.2 <i>Spross</i>	Seite 16
4.2 Stofftransport innerhalb der Wurzeln und Sprossachse.....	Seite 18
4.3 Beeinflussende Faktoren auf Wachstum von Wurzel- und Stammholz.....	Seite 18
5. Auswirkungen von Wurzel- und Sprosschnitt	Seite 20
5.1 Auswirkungen von Wurzelschnitten.....	Seite 20
5.2 Auswirkungen von Sprosschnitten.....	Seite 22
6. Versuchsaufbau	Seite 23
6.1 Vorbereitungen für Pflanzung.....	Seite 23
6.2 Rückschnitt und Aufnahme der Bäume.....	Seite 24
6.3 Pflanzung.....	Seite 26
6.4 Weitere Arbeiten.....	Seite 28

7. Untersuchungsmethoden	Seite 30
7.1 Kontrolle der Knospen- und Blattentfaltung	Seite 30
7.2 Messung des Sprosslängen- und Sprossdickenzuwachses	Seite 32
7.3 Erhebung der Vitalitätsstufen nach Roloff	Seite 35
7.3.1 <i>Entwicklung einer typischen Verzweigung</i>	Seite 36
7.3.2 <i>Wachstumsphasenmodell</i>	Seite 38
7.3.3 <i>Vitalitätsstufenschlüssel</i>	Seite 40
7.4 Erhebung der Kronenzustandsstufen nach Braun	Seite 43
8. Ergebnisse	Seite 45
8.1 Knospen- und Blattentfaltung	Seite 45
8.1.1 <i>Knospen- und Blattentfaltung nach 30 Tagen</i>	Seite 45
8.1.2 <i>Knospen- und Blattentfaltung nach 45 Tagen</i>	Seite 46
8.1.3 <i>Knospen- und Blattentfaltung nach 71 Tagen</i>	Seite 47
8.1.4 <i>Knospen- und Blattentfaltung im Vergleich</i>	Seite 47
8.1.5 <i>Interpretation der Ergebnisse der Knospen- und Blattentfaltung</i>	Seite 49
8.2 Sprosslängen- und Sprossdickenzuwachs	Seite 50
8.2.1 <i>Sprosslängenzuwachs</i>	Seite 50
8.2.2 <i>Sprosslängenzuwachs im Vergleich</i>	Seite 53
8.2.3 <i>Interpretation der Ergebnisse des Sprosslängenzuwachses</i>	Seite 53
8.2.4 <i>Baumhöhenzuwachs</i>	Seite 59
8.2.5 <i>Baumhöhenzuwachs im Vergleich</i>	Seite 62
8.2.6 <i>Interpretation der Ergebnisse des Baumhöhenzuwachses</i>	Seite 62
8.2.7 <i>Sprossdickenzuwachs</i>	Seite 67
8.2.8 <i>Interpretation der Ergebnisse des Sprossdickenzuwachses</i>	Seite 68
8.3 Vitalitätsstufen nach Roloff	Seite 69
8.3.1 <i>Interpretation der Ergebnisse der Vitalitätsstufen</i>	Seite 70
8.4 Kronenzustandsstufen nach Braun	Seite 73
8.4.1 <i>Interpretation der Ergebnisse der Kronenzustandsstufen</i>	Seite 74
9. Resümee und Empfehlungen für die Praxis	Seite 77
10. Quellenverzeichnis	Seite 79
10.1 Literaturverzeichnis	Seite 79
10.2 Internetquellen	Seite 84
11. Anhang	Seite 85

Danksagung

Mein größter Dank gilt meiner Mutter Dorothea, die mir das Studium ermöglichte und in schwierigen Zeiten immer für mich da ist, die bei jeder Prüfung mitfieberte und mir immer freundschaftlich zur Seite stand.

Auch meiner Oma Dorothea möchte ich an dieser Stelle meinen Dank aussprechen, da sie mich in jeder Lebenslage mit guten Ratschlägen unterstützt und immer ein offenes Ohr für mich hat.

Ein weiteres großes Dankeschön auch an meinen Freund Markus, der alle Höhen und Tiefen meines Studiums miterleben „durfte“ und mir seit vielen Jahren immer liebevoll zur Seite steht.

Vielen Dank auch an Prof. Dr. Florin Florineth für die Betreuung meiner Masterarbeit und die gute Zusammenarbeit während meines gesamten Studiums.

Und last but not least, danke an alle Freunde, die immer für mich da sind, mich in allen Bereichen unterstützen und zu mir halten.

DANKE!

Kurzfassung

Die vorliegende Masterarbeit beschäftigt sich mit den Wuchseigenschaften von Feldahorn (*Acer campestre*) mit unterschiedlich eingekürzten Wurzeln und Sprossen. Die Auswirkungen solcher Schnitte auf das künftige Wachstum eines Baumes werden in der Literatur kontrovers diskutiert, da deren Erkenntnisse auf Praxiserfahrungen beruhen und wissenschaftliche Untersuchungen zu den baumphysiologischen Auswirkungen eher begrenzt sind. Die befürwortenden Meinungen bezüglich eines Sprosschnitts nach der Pflanzung („Pflanzschnitt“) überwiegen, Wurzelschnitte werden in der Fachliteratur kaum erwähnt.

Um der Frage nach der geeignetsten Schnittmaßnahme nachzugehen, wurde 2012 und 2013 ein Versuch an insgesamt 100 Bäumen (*Acer campestre*) im Versuchsgarten Wien/Essling durchgeführt. Der Feldahorn wurde bewusst aufgrund der günstigen Wuchseigenschaften sowie der hohen Schnittresistenz gewählt. Die Bäume wurden wie folgt geschnitten:

- 25 Stück ohne Schnitt
- 25 Stück mit Wurzelschnitt
- 25 Stück mit Sprossschnitt
- 25 Stück mit Wurzel- und Sprossschnitt

Untersucht wurden im Laufe des Versuchs der Zeitpunkt des Austriebs, die Sprosslängen und -dicken, die Baumhöhe, die Vitalität (nach ROLOFF) sowie der Kronenzustand (nach BRAUN). Die Ergebnisse der einzelnen Gruppen werden auf eine Grundeinheit zusammengefasst und ermöglichen somit den direkten Vergleich zwischen den unterschiedlichen Schnittmaßnahmen.

Die Ergebnisse zeigen, dass ein alleiniger Sprossschnitt zu den besten Wachstumsraten sowie zu höchster Vitalität führt. Auch die Gruppe ohne Schnitt erzielt ähnlich gute Werte. Die beiden Gruppen, in denen die Wurzeln geschnitten wurden, haben sich nicht bewährt, wobei die Gruppe Wurzelschnitt allein mit Abstand die schlechtesten Ergebnisse zeigt.

Abstract

The present masterthesis is concentrated on growth-characteristics of field maple (*Acer campestre*) with differently shortened roots and scions. The influence of those prunings for the future growth of a tree are discussed controversial in the literature as the knowledge rests upon practical experience. Science-based studies of tree-physiological effects are rather limited. The approved opinions relating to scion-pruning after planting (pruning) predominate. Root-pruning is hardly mentioned in the specialist literature.

To answer the question in reference to the most appropriate pruning-procedure an experiment with overall 100 trees (*Acer campestre*) in the test-garden Vienna/Essling was developed in 2012 and 2013.

The field maple had been chosen intentionally for his good growth-quality as well as his important pruning-resistance. The trees were cut as below:

- 25 trees without any pruning
- 25 trees with root-pruning
- 25 trees with scion-pruning
- 25 trees with both the root-and scion-pruning

During the experiment the moment of shoot, the scion's length and size, the tree height, the vitality (by ROLOFF) had been analyzed as well as the treetop's condition (by BRAUN). The results of the single groups were generated to a basis entity and enabled therefore a direct comparison between the different pruning measures.

The results are showing that a single scion-pruning leads to the best growth rates and highest vitality. Similar good quality provides the group without any pruning. Both groups with root-pruning were'nt successful anyway, whereupon the group with the single root-pruning showed the worst outcome.

1. Einführung

1.1 Motivation

Die Idee für diese Masterarbeit entstand durch Professor Dr. Florin Florineth, der an der Universität für Bodenkultur Wien das Institut für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau leitet. Im Zuge einer von ihm geführten Exkursion im Versuchsgarten Wien/Essling sprachen wir erstmalig über den Versuch das Wachstum von Bäumen mit eingekürzten Wurzeln und/oder Sprossen zu untersuchen. Im Prinzip ging es hierbei um den sogenannten „Pflanzschnitt“, zu dem viele Autoren für ein besseres Wachstum der Bäume nach der Pflanzung raten. Da es in diesem Bereich wenige bis kaum relevante Praxisuntersuchungen zur Wirksamkeit eines Wurzel- oder Sprosschnitts gibt, war mein Interesse für diese Arbeit schnell geweckt.

Somit entschloss ich mich mittels einer Testreihe im Versuchsgarten Essling die Notwendigkeit und vor allem die Auswirkungen eines solchen „Pflanzschnitts“ sowohl zu bearbeiten als auch zu untersuchen.

1.2 Aufgabenstellung und Ziele

Ziel dieser Arbeit ist es, vier unterschiedlich bearbeitete Gruppen von Feldahorn (*Acer campestre*) auf ihr Wachstum im Verlauf zweier Vegetationsperioden zu untersuchen und die Ergebnisse im Vergleich auszuwerten. Die Resultate sollen zeigen, wie sich ein neu gepflanzter Baum ohne Schnitt, nur mit Wurzelschnitt, nur mit Sprosschnitt oder mit Wurzel- und Sprosschnitt in einem bestimmten Zeitraum entwickelt. Dafür werden unterschiedliche Methoden angewandt, die im Zuge dieser Arbeit vorgestellt werden.

2. Untersuchungsgebiet Versuchsgarten Wien/Essling

2.1 Lage

Der Versuchsgarten des Instituts für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau befindet sich im 22. Wiener Gemeindebezirk Donaustadt in Essling. Das Grundstück wird im Norden durch die Schlachthammerstraße und im Osten durch die Raphael-Donner-Allee begrenzt. Die Versuchsfläche liegt auf der westlichen Seite des Versuchsgartens und ist über die Straße Langer Garten zu erreichen. Insgesamt wird der Versuch auf einer Fläche von ca. 170 m² angelegt. Das Untersuchungsgebiet liegt auf etwa 157 m Seehöhe.



Abb. 1 u. 2: Versuchsgarten und Versuchsfläche in Wien/Essling (Quelle: <http://maps.google.at/>, 20.02.2013)

2.2 Geologie und Boden

Der Versuchsgarten liegt in den trocken gefallenen Donauauen, wodurch die Bodenentstehung auf fluvialer Sedimentation von feinem Schwemmmaterial basiert. Der sich daraus entwickelte graue Auboden verbraunt durch die fehlenden Überschwemmungen allmählich. Der sandige Lehm Boden lässt sich gut bearbeiten und gewährleistet eine hohe Wasserdurchlässigkeit (VOLLINGER, DOPPLER, 2000).

2.3 Klima

Essling liegt großräumig betrachtet in der Übergangszone zwischen dem Hügellandklima des Weinviertels und dem pannonisch geprägten Marchfeldklima. Klimatographisch zählt das Versuchsgebiet zum Pannonikum (REICHENAUER, 2000).

Langjährige Temperaturlaufzeichnungen zeigen ein für österreichische Verhältnisse relativ hohes Jahresmittel von +9,7°C (1961 – 1990) sowie eine jährliche Niederschlagsmenge von unter 600 mm (SCHMIDL, 2002). In den Jahren 1999 – 2009 lag das gemessene Jahresmittel der nächstgelegenen meteorologischen Messstation Groß Enzersdorf bereits bei +10,9°C sowie einer durchschnittlichen Niederschlagsmenge von 570 mm (ZAMG). Ebenso kennzeichnend für dieses Gebiet ist der konstante Wind mit teils sehr hohen Geschwindigkeiten. Dieser hat erheblichen Einfluss auf die Transpiration der Pflanzen und die bodennahe Austrocknung (SCHMIDL, 2002).

Die folgenden Tabellen geben Auskunft über das Monatsmittel der Lufttemperatur sowie die Monatssumme des Niederschlages während der Versuchsdurchführung im Jahr 2012. Die Daten wurden von der nahegelegenen meteorologischen Messstation (ZAMG) Groß Enzersdorf zur Verfügung gestellt.

2.3.1 Temperatur

Das Jahresmittel der Lufttemperatur während des Versuchszeitraumes 2012 liegt mit +11,3°C, im Vergleich zu den vergangenen Jahrzehnten, über dem langjährigen Wert (ZAMG, 2012). Die für diese Arbeit relevanten Temperaturwerte lassen sich aus Tabelle 1 und Abbildung 3 entnehmen. In Abbildung 4 werden die Jahresmittel der Lufttemperatur der vergangenen Jahrzehnte gegenübergestellt.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Mittel
2012	2,6	-2,3	8	11	16,9	21	21,9	21,7	16,7	10,1	6,9	0,5	11,25

Tab. 1: Monatsmittel der Lufttemperatur im Jahr 2012 (Quelle: ZAMG, Messstation Groß Enzersdorf)

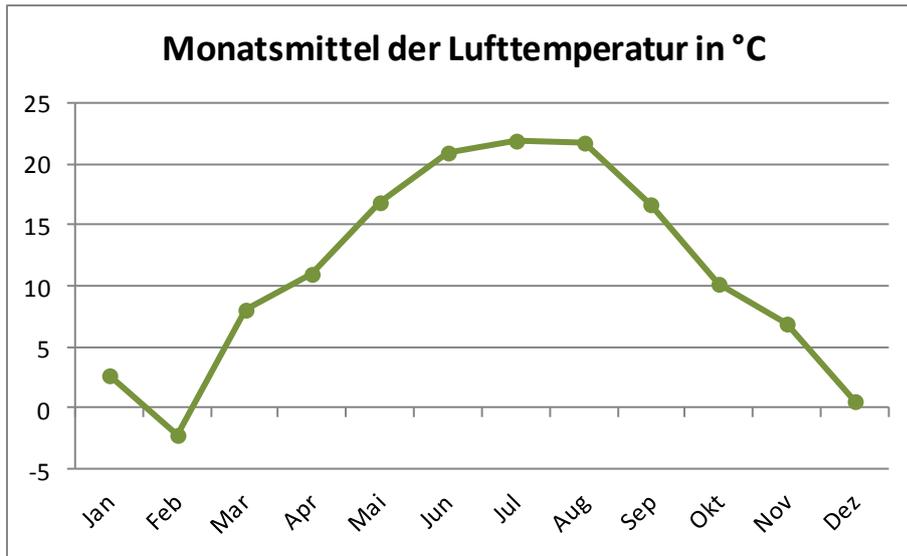


Abb. 3 : Monatsmittel der Lufttemperatur im Jahr 2012 (Quelle: ZAMG, Messstation Groß Enzersdorf)

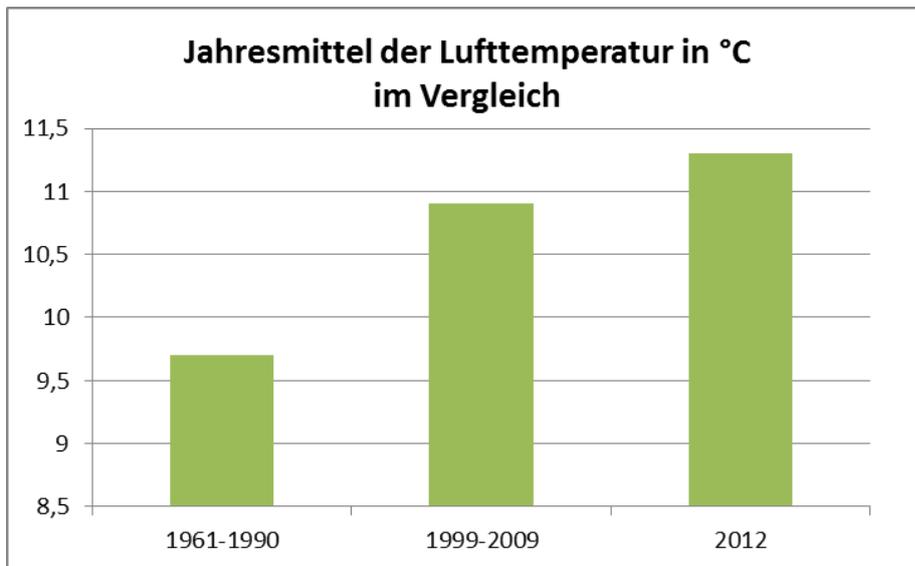


Abb. 4: Jahresmittel der Lufttemperaturen im grafischen Vergleich (Quelle: ZAMG, Messstation Groß Enzersdorf)

2.3.2 Niederschlag

Die Jahressumme des Niederschlages während des Versuchszeitraumes 2012 liegt mit 475 mm, im Vergleich zu den vergangenen Jahrzehnten, unter dem langjährigen Wert (ZAMG, 2012). Die für diese Arbeit relevanten Niederschlagssummen lassen sich aus Tabelle 2 und Abbildung 5 entnehmen. In Abbildung 6 werden die Jahressummen des Niederschlages der vergangenen Jahrzehnte gegenübergestellt.

	Jan	Feb	Mar	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Summe
2012	34	10	16	26	27	47	140	42	37	45	20	31	475

Tab. 2: Monatssumme des Niederschlages im Jahr 2012 (Quelle: ZAMG, Messstation Groß Enzersdorf)

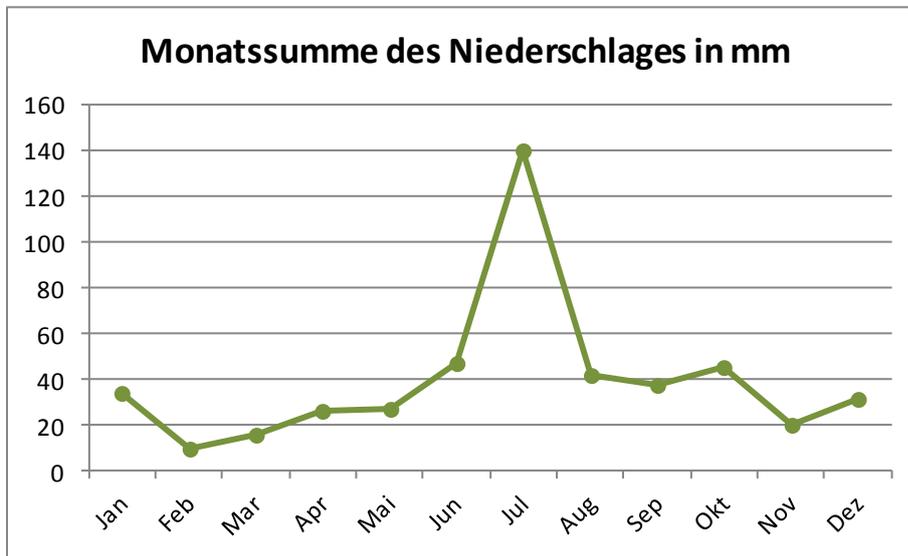


Abb. 5: Monatssumme des Niederschlages im Jahr 2012 (Quelle: ZAMG, Messstation Groß Enzersdorf)

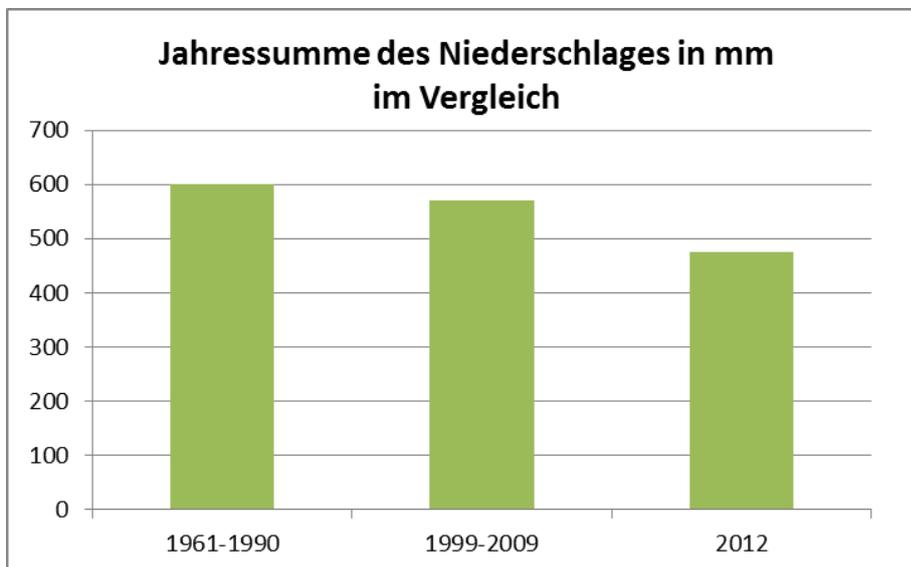


Abb. 6: Jahressummen des Niederschlages im grafischen Vergleich (Quelle: ZAMG, Messstation Groß Enzersdorf)

3. Versuchsbaum *Acer campestre* (Feldahorn)

Aufgrund der günstigen Wuchseigenschaften und der hohen Schnittresistenz (COOPER, 1958) wurde für diesen Versuch bewusst der Feldahorn (*Acer campestre*) gewählt. Er toleriert unterschiedlichste Standortbedingungen und zählt in Österreich zu den heimischen Gehölzen (MAYER, SCHWEGLER, 2002). Zudem gilt er als sehr anpassungsfähig und gewährleistet eine hohe Trockentoleranz und Winterhärte (FAULER, 2007).

Bei der Wahl der Größe und Form des Pflanzmaterials wurden bewusst wurzelnackte, 80/120 cm hohe Bäume ausgewählt. Dies geschah aufgrund der besseren Schnittmöglichkeit, der Sichtbarkeit der Wurzelqualität sowie der guten Anwuchsraten bei wurzelnackten Laubgehölzen. Auch wenn Ballenware eine bessere Haltbarkeit und



Abb. 7: Feldahorn Habitus (Quelle: www.naturkundemuseum-bw.de)

leichtere Pflanzung verspricht, so tritt doch relativ häufig der sogenannte „Blumentopfeffekt“ auf. Dieser führt dazu, dass der Baum seine Wurzeln nicht in das umgebende Ausgangssubstrat erweitert und aufgrund dessen nicht ausreichend anwächst. Bei guter Wurzelbestockung und fachgerechtem Rückschnitt geknickter oder beschädigter Wurzeln vor der Pflanzung erzielen wurzelnackte Pflanzungen häufig bessere Anwuchsraten (KURZ, MACHATSCHKE, 2008).

Auf den folgenden Seiten wird der Feldahorn kurz vorgestellt.

3.1 Kennzeichen

Der Feldahorn (*Acer campestre*) zählt zur Familie der Ahorngewächse (Aceraceae). Je nach Wuchsbedingung kann er sowohl einen strauch- als auch baumförmigen Habitus ausbilden und erreicht bei Letzterem eine Höhe von bis zu 15 m. Er hat eine rundliche bis kegelförmige Krone und oftmals flügelartige Korkleisten an jungen Zweigen. Die Blätter des Feldahorns

sind 3- bis 5-lappig und meist weniger als 10 cm im Durchmesser groß. Von Mai bis Juni zeigen sich hellgrüne Blüten in traubigen oder rispigen Blütenständen (MAYER, SCHWEGLER, 2002). Je nach Umgebungsbedingungen kann der Baum 35 – 40 cm pro Jahr wachsen und zählt daher zu den schnell wachsenden Gehölzen (NABU, 2013). Nur selten wird der Feldahorn von Krankheiten befallen, es können jedoch Blattflecken¹ (*Didymosporina aceris*) und Mehltau² (*Uncinula bicornis*) vorkommen (DUSS et al. 2005).

3.2 Verbreitung

Aufgrund seiner Wärmebedürftigkeit liegt der Verbreitungsschwerpunkt des Feldahorns im mittel- und südosteuropäischen Raum (MAYER, SCHWEGLER, 2002). Im Norden umfasst sein natürliches Areal Teile von England, Schweden und Dänemark (HOFFMANN, 1960), im Osten Westrussland und Nordpersien (PIRC, 1994). Südlich liegt sein Verbreitungsgebiet in Kleinasien und im nördlichen Balkan und verläuft über Sizilien und Sardinien nach Mittelspanien (HOFFMANN, 1960).

In Deutschland ist der Feldahorn hauptsächlich in mitteldeutschen Trockengebieten und in Eichentrockenwäldern vertreten, in der Schweiz stehen über 50% im Jura (DUSS, 2005). In ganz Österreich verteilt wachsen die Ahornbäume in Mischwäldern und auf freier Flur (MÜLLER-HAPPE, EDER, 2013).

3.3 Standortansprüche und Vorkommen

Der Feldahorn ist in den Mischwäldern Mittel- und Südosteuropas heimisch, sowie vielfach auch eingebürgert und toleriert unterschiedlichste Standortbedingungen. Er bevorzugt kalkhaltige, etwas feuchte Böden und gedeiht sowohl in der Sonne als auch im Halbschatten (MAYER, SCHWEGLER, 2002). Als typischer Baum der collinen Stufe findet man nur wenige Exemplare über 1.000 m Höhe. Durch sein großes Wärmebedürfnis gedeiht er besonders gut an Hängen mit leichter Neigung in Südwest- bis Südostlagen (DUSS, 2005).

¹ Pilz, der sehr kleine, unregelmäßig eckige und dunkle Flecken verursacht. Stark befallene Blätter werden abgeworfen (DUSS et al., 2005).

² Ektoparasit, der auf Ober- und Unterseite der Blätter grauweiße Überzüge bildet. Eine Bekämpfung ist in der Regel nicht notwendig (DUSS et al., 2005).

Den Feldahorn findet man vor allem in Mischwäldern, Feldhecken und an Waldrändern sowohl im Tief- als auch im Hügelland (MAYER, SCHWEGLER, 2002). In den Auwäldern außerhalb des Überschwemmungsbereiches bildet er ein wesentliches Element der Eichen-Hainbuchenmischwälder (PIRC, 1994; PASSARGE, 1954). Der Feldahorn verbreitet sich besonders gut auf basenreichen, mäßig nährstoffarmen bis mäßig nährstoffreichen Böden. Salzhaltige Böden werden gemieden und auf sauren Böden kommt er nicht vor (DUSS, 2005). Aufgrund seiner guten Anpassungsfähigkeit eignet sich der Feldahorn auch ideal als Stadtbaum (FUCHS, 2012).

3.4 Verwendung

Der Feldahorn wird gerne als Landschaftsgehölz in Windschutzhecken und zur Bodenbefestigung gepflanzt (MAYER, SCHWEGLER, 2002). Aufgrund seiner leuchtend gelben Herbstfärbung wird er oftmals in Gärten und Parks verwendet und gestaltet als Allee- und Solitärbaum den ländlichen sowie städtischen Siedlungsraum. Durch seine gute Schnittverträglichkeit eignet sich der Feldahorn besonders für Heckenpflanzungen und ist beispielweise Hauptbestandteil der berühmten Hecken in den Gärten von Schönbrunn (COOPER, 1958).

Des Weiteren findet er Verwendung als Vogelschutz- und Nistgehölz, Wildverbissgehölz, zur Begrünung von Haiden und als Verkehrsbegleitgrün entlang von Autobahnen und anderen Straßen (HOFFMANN, 1960; PIRC, 1994; DUSS, 2005).

Im urbanen Bereich erfüllt der Feldahorn demnach zahlreiche gestalterische, verkehrstechnische, kleinklimatische, lufthygienische sowie ökologische Funktionen und ist als Stadtbaum nicht mehr wegzudenken (FLORINETH, 2012).

4. Grundlagen zum Wurzel- und Sprosswachstum

Da in dieser Masterarbeit das Wachstum von Feldahorn mit unterschiedlich eingekürzten Wurzeln und Sprossen untersucht wird, werden in diesem Kapitel vorab die wesentlichen Aspekte der Entwicklung von Laubgehölzen erläutert. Zudem sind die wichtigsten Faktoren für das Wachstum von Wurzel- und Sprossachse beschrieben.

4.1 *Aufbau von Wurzeln und Spross*

Laubhölzer vollziehen im Gegensatz zu den nicht verholzten Pflanzen während des ersten Wachstumsjahres einen Wechsel von einer Primär- zu einer Sekundärstruktur. Dadurch wird das sekundäre Dickenwachstum und somit die Ausbildung einer Gewebestruktur, auch als Xylem (Holz) bezeichnet, ermöglicht. Anfangs entwickeln sich die Pflanzenteile der Wurzeln und der Sprossachse gleich. Aus einem Apikalmeristem entwickeln sich Primärmeristeme, die sich aus Protoderm, Grundmeristem und Procambium zusammensetzen (vgl. Abb. 8, W + Sp a) (RAVEN et al., 2000; JACOB et al., 1994).

4.1.1 Wurzeln

Die Wurzeln dicotyler³ Holzpflanzen besitzen ein strahlenförmig aufgebautes Xylem, welches sich mit den Strängen des primären Phloems abwechselt (vgl. Abb. 8, W b). Nach dem primären Streckungswachstum bildet sich zwischen dem primären Xylem und dem primären Phloem durch die Procambiumzellen das Kambium (vgl. Abb. 8, W c). Durch die Zellteilung des Kambiums und die daraus resultierende Abgabe von Zellen nach Innen und Außen wird die sekundäre Struktur aufgebaut (vgl. Abb. 8, W d). In weiterer Folge entsteht ein Periderm, welches vom Perizykel abstammt, wodurch es zu einer Abtrennung von Epidermis und primärer Rinde kommt (vgl. Abb. 8, W e) (SITTE et al., 1998; RAVEN et al., 2000).

4.1.2 Spross

Das Grundgewebe des Sprosses setzt sich aus der primären Rinde und dem Mark zusammen. Rings um das Mark sind Leitbündel angeordnet, wobei das primäre Xylem dem Mark und das primäre Phloem der Rinde zugewandt ist (vgl. Abb. 8, Sp b). Die Phloemstränge setzen sich aus Siebröhren, Siebzellen und Phloemparenchym, die Xylemstränge aus Tracheiden,

³ Zweikeimblättrige

Tracheen und Xylemparenchym zusammen (RAVEN et al., 2000). Im Unterschied zum Kambium der Wurzel ist das der Sprossachse von Anfang an ringförmig. Innerhalb der Leitbündel spricht man vom faszikulären Kambium, in den Markstrahlen vom interfaszikulären Kambium (vgl. Abb. 8, Sp c) (KAUSSMANN, SCHIEWER, 1989). Bei Aufbau der sekundären Struktur wird alles vom Kambium nach innen Gebildete als Xylem (Holz), alles nach außen Abgeschiedene als Phloem (Bast) bezeichnet (vgl. Abb. 8, Sp d) (RAVEN et al., 2000; JACOB et al., 1994).

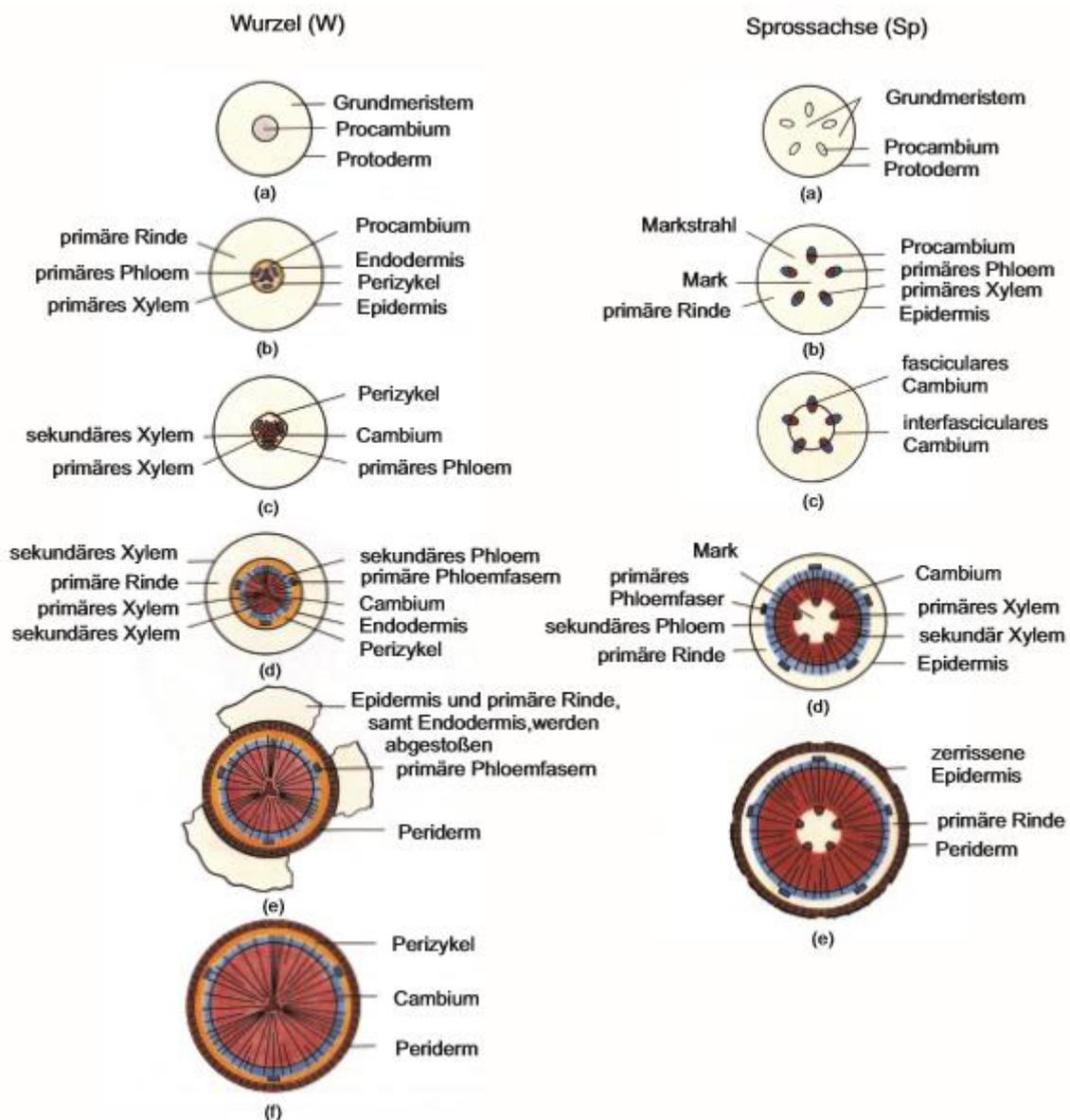


Abb. 8: Vergleich der Primär- und Sekundärstruktur von Wurzel- und Sprossachse (Raven et al., 2000)

4.2 Stofftransport innerhalb der Wurzeln und Sprossachse

Bäume zeichnen sich durch einen besonders hohen Wassergehalt aus und müssen für ein gesichertes Überleben ständig Wasser aus dem Boden aufnehmen. Dies erfolgt über das Feinwurzelsystem, welches durch die Wurzelhaare und Mykorrhiza besonders aufnahmefähig ist. Das Wasser dient einerseits als Lösungsmittel, als Transportmittel und Medium für chemische Reaktionen, andererseits als Ausgangsstoff für die Photosynthese. Bäume verbrauchen häufig mehr Wasser am Tag als im Spross gespeichert werden kann, da fast die gesamte Menge über die Spaltöffnungen wieder an die Atmosphäre abgegeben wird. Das Wasser ist essenziell für Zellwachstum und Zellinnendruck (Turgordruck) und fungiert zudem als Stabilisator nicht verholzter Gewebe im Baum (RUST, 2008).

Zwischen Kambium und Phloem, auch als Innenrinde oder Bast bezeichnet, finden sich wenige Zellreihen mit aktiven Siebzellen. Diese sind für den Transport der durch Photosynthese produzierten Assimilate sowie der in Wasser gelösten organischen Stoffe zuständig (GROSSER, 1977). TROENG und LINDER (1982) stellten fest, dass nur 5% der produzierten Assimilate für das Stammwachstum, während ganze 50% für den Aufbau der Feinwurzeln genutzt werden. Die Siebzellen leiten die Stoffe je nach Bedarf in die wachsenden Spross- und Wurzelspitzen oder in die Speicherparenchymzellen weiter. Die Speicherung der Nährstoffe übernimmt das axial verlaufende Längsparenchym sowie das radial ausgerichtete Holzparenchym. Die in Wasser gelösten anorganischen Stoffe und Mineralien werden durch die Tracheen und Gefäßtracheiden des Xylems weitergeleitet (GROSSER, 1977; RAVEN et al., 2000).

4.3 Beeinflussende Faktoren auf Wachstum von Wurzel- und Stammholz

Das Wachstum von Wurzel- und Stammholz wird sowohl von endogenen als auch von exogenen Faktoren bestimmt (vgl. Tab. 3) (BRÄKER, 1981; BRÄUNING, 1995; HARTIG, 1882, 1898; KRAUSE, 1992; LARCHER, 1994; MITSCHERLICH, 1975; SASS, 1993; SCHWEINGRUBER, 1996).

Endogene Wachstumsfaktoren:	Exogene Wachstumsfaktoren:
<ul style="list-style-type: none"> • Baumart • Alter • Stoffwechsel • Assimilation • hormonale Steuerung • Einflüsse aus dem Vorjahr 	<ul style="list-style-type: none"> • Boden • Witterung/ Klima • Nährstoffe • Konkurrenz • Lichtverhältnisse • mechanischer Stress

Tab. 3: Endogene und exogene Wachstumsfaktoren

Der Beginn aller Wachstumsvorgänge hängt in erster Linie von der Temperatur im Frühjahr ab (LADEFOGED, 1939). Bei Wurzeln beginnt das sekundäre Dickenwachstum ab einer Bodentemperatur von 10°C bis 13°C (BOSSHARD, 1974). Das Wurzelwachstum findet hauptsächlich im Frühjahr und Herbst statt, während der Spross vorwiegend im Sommer an Masse zunimmt (vgl. Abb. 9).

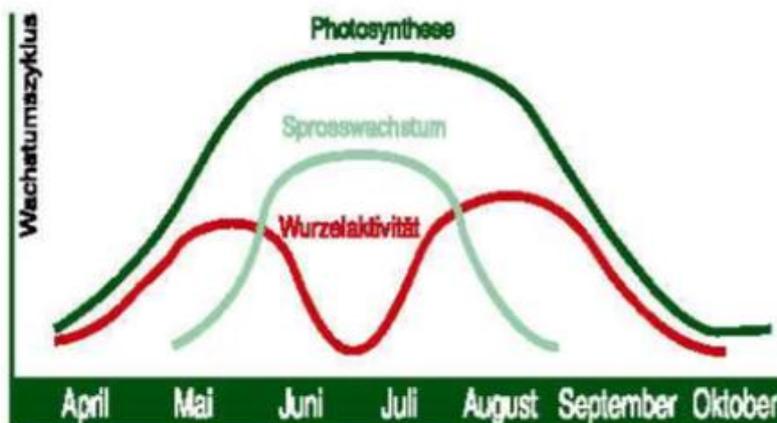


Abb. 9: Wachstumszyklus von Wurzel und Spross (Quelle: <http://www.lieco.at>, 10.04.2013)

Krause bemerkte, dass beim Wachstum von Wurzel und Spross sowohl die Temperatur und der Niederschlag des aktuellen als auch des Vorjahres eine große Rolle spielen. So reagieren beispielsweise die Wurzeln auf den Niederschlag des aktuellen Jahres, nicht aber auf die Temperatur, der Stamm hingegen auf den Niederschlag des Vorjahres und die aktuelle Temperatur (KRAUSE, ECKSTEIN, 1993; KRAUSE, 1992).

5. Auswirkungen von Wurzel- und Sprosschnitt

Die Zweckmäßigkeit eines Wurzel- bzw. Sprosschnitts und somit die Auswirkungen auf das künftige Wachstum eines Baumes werden kontrovers diskutiert. Die befürwortenden Meinungen überwiegen allerdings.

So schreiben beispielsweise die Autoren HAAS, KURZ und MACHATSCHEK in ihren jeweiligen Büchern über die dringende Notwendigkeit eines Sprosschnitts unmittelbar nach der Pflanzung („Pflanzschnitt“), um ein sicheres Anwachsen und eine gute Entwicklung der Bäume zu garantieren. Ein expliziter Wurzelschnitt wird in ihren Werken jedoch nicht erwähnt (HAAS, 2012; KURZ, MACHATSCHEK, 2008). MATYSSEK hingegen schreibt in einem Artikel detailliert über die Einschränkung der Wasser- und Nährstoffaufnahme sowie einer durch den Wurzelschnitt verursachten Störung des pflanzlichen Hormonhaushaltes. Trockenstress, Blattwelke und eine generelle Wachstumshemmung wären die Folgen. Durch den Schnitt der Wurzeln würde das Wurzelwachstum gesteigert, das Sprosswachstum jedoch gehemmt (MATYSSEK, 1998). Während dieser Regenerationsphase kommt es jedoch zur Bildung eines kompakten Feinwurzelsystems, was wiederum nach einiger Zeit positive Auswirkungen auf das Wachstum der Pflanze hätte.

Alle diese Erkenntnisse beruhen auf Praxiserfahrungen, wissenschaftliche Untersuchungen über die Auswirkungen eines Wurzel- bzw. Sprosschnitts sind eher begrenzt. In den folgenden Kapiteln wird auf die baumphysiologischen Auswirkungen solcher Schnitte genauer eingegangen.

5.1 Auswirkungen von Wurzelschnitten

Nach heutigem Kenntnisstand führt insbesondere ein wiederholter Schnitt an den Wurzeln zu einem kompakten und kleinräumigen Feinwurzelsystem. Dies wiederum beugt Trocknisschäden vor, die durch die erschwerte Wasserversorgung beim Pflanzvorgang kurzfristig auftreten können. Bei richtigem Schnitt regeneriert die Wurzel innerhalb weniger Tage bis Wochen (MATYSSEK, 1998).

MATYSSEK thematisiert in einem Artikel die Auswirkungen von Wurzelschnitten auf die pflanzeninternen Prozesse sowie die Mechanismen, die eine anschließende Regeneration der Pflanze bestimmen. Im Folgenden werden die wichtigsten Erkenntnisse kurz erläutert.

Der Wurzelschnitt führt abrupt zu einer Einschränkung der Wasser- und Nährstoffaufnahme. Zudem wird der für die aufeinander abgestimmte Entwicklung von Wurzel und Spross notwendige Hormonhaushalt gestört. Pflanzenhormone fungieren als Signalstoffe und vermitteln das Gleichgewicht in der „Wurzel-Spross-Interaktion“.

Durch die eingeschränkte Wasseraufnahme wird das Streckungswachstum im Spross reduziert oder kurzfristig ganz eingestellt. Das Wachstum der Wurzeln hingegen wird nur geringfügig beeinflusst. Durch das rasche Absinken des Wasserpotentials im Spross gerät die Pflanze unter „Trockenstress“. Blattwelke kann auftreten, da die Transpiration der Blätter nun deutlich gegenüber der Wasseraufnahme aus dem Boden überwiegt. Durch eine Verengung der Spaltöffnungen in den Blättern wird der transpirative Wasserverlust gesenkt, jedoch auch die CO₂ Aufnahme und somit die Photosynthese eingeschränkt. Trotz der kurzfristig verringerten Nährstoffaufnahme zeigt die Pflanze im Allgemeinen keine Nährstoff-Mangelsymptome.

Durch das Entfernen eines Großteils der Wurzelmasse wird die Bildung der Cytokinine⁴ drastisch reduziert, wodurch ihr „Export“ mit dem Wasserstrom in den Spross abnimmt. Der Spross kann dadurch kurzfristig keine Assimilate⁵ für den eigenen Zuwachs nutzen und lässt diese in die verbleibenden Wurzelteile abfließen. Dies wird durch die Bildung von Auxinen⁶ im Spross mit anschließender Verlagerung in die Wurzeln verstärkt. Die Auxine induzieren in der Wurzel sowohl ein gesteigertes Längenwachstum der verbliebenen Wurzelteile als auch eine intensive Bildung neuer Seitenwurzeln.

Während der Regenerationsphase erfährt die Pflanze also ein gehemmtetes Sprosswachstum bei gleichzeitig gesteigertem Wurzelwachstum. Das frühere Biomasse-Verhältnis zwischen Wurzel und Spross ist nach einiger Zeit schließlich wiederhergestellt. Das durch den Wurzelschnitt gebildete Feinwurzelsystem hat nun eine höhere Aufnahmekapazität für Wasser und Nährstoffe, was wiederum das Sprosswachstum im Vergleich zu vorher

⁴ Pflanzenhormone, welche die Zellteilung stimulieren und somit ein Streckenwachstum der Pflanze fördern (DECKER et al., 2006).

⁵ Die von einer Pflanze gespeicherte Energie. Sie besteht aus sämtlichen Produkten, die die Pflanze bei der Photosynthese erzeugt.

⁶ Natürliche Wachstumsregulatoren, die eine allgemein fördernde Wirkung auf die Gesamtentwicklung höherer Pflanzenarten haben, sowie Wachstums- und Entwicklungsprozesse anregen (BRENNER et al., 2006; DECKER et al., 2006).

stimuliert. Durch vorausgehende Trockenphasen können Pflanzen auf einen Wurzelschnitt besser vorbereitet werden (MATYSSEK, 1998).

5.2 Auswirkungen von Sprosschnitten

Viele Autoren verzichten in ihren Werken darauf einen expliziten Wurzelschnitt zu erwähnen, da die Bäume beim Ausgraben in der Baumschule ohnehin Teile der Wurzeln verlieren. Ein Pflanzschnitt hingegen soll das Gleichgewicht zwischen Wurzel und Krone wiederherstellen, da der Spross (alle oberirdischen Teile der Pflanze) der verringerten Wurzelmasse angepasst werden soll (HAAS, 2012; KURZ, MACHATSCHEK, 2008).

Die Herstellung eines ausgewogenen Verhältnisses zwischen Wurzel und Spross ist gerade bei der Pflanzung von großer Bedeutung. Das Einkürzen der Krone und somit die Anpassung an die dezimierte Wurzelmasse fördert nicht nur das Anwachsen der Pflanze, sondern auch einen raschen neuerlichen Austrieb. Wird auf einen Pflanzschnitt verzichtet, so kann die reduzierte Wurzel den Spross nicht ausreichend mit Nährstoffen und Wasser versorgen und es kommt in weiterer Folge z.B. zu Trockenschäden in der Krone. Zudem sind nur geringe Jahreszuwächse zu erwarten, da der Baum mit aller Kraft versucht ein angemessenes Wurzelsystem aufzubauen. Durch den Schnitt wird die Regeneration der Wurzelmasse deutlich angeregt und eine gute Entwicklung begünstigt (KURZ, MACHATSCHEK, 2008).

„Je schwächer ein Gehölz ist, umso stärker muss der Pflanzschnitt sein, damit das Wachstum angeregt wird.“ (HAAS 2012, S. 14)

KURZ und MACHATSCHEK raten beim Pflanzschnitt die gesamte Kronenmasse um 1/3 bis 2/3 zu verringern. HAAS bevorzugt hingegen das Entfernen verkümmerter und nach innen wachsender Triebe sowie ein Einkürzen starker Triebe um ein Drittel, schwacher Triebe um die Hälfte (HAAS, 2012; KURZ, MACHATSCHEK, 2008).

Auch hierbei sind Pflanzenhormone essenziell für die Wachstumsregulation. Gebildet in den Apikalmeristemen der Wurzel und Sprossachse nehmen sie einen regulierenden Einfluss auf das Wachstum von Geweben. Unterschieden wird im Allgemeinen zwischen fünf Phytohormongruppen: den Cytokininen, den Auxinen, dem Ethylen, der Abscisinsäure und den Gibberellinen (RAVEN et al., 2000; ROBERTS, HOOLEY, 1988; SITTE et al., 1998). Alle fünf spielen eine wichtige Rolle beim Wachstum des Sprosses und der Wurzel, wobei oftmals das Verhältnis der Hormone untereinander ausschlaggebend ist. Cytokinine, Auxine und Gibberelline regen die Wachstums- und Entwicklungsprozesse höherer Pflanzen an, die

Abscisinsäure hingegen ist mit den genannten Hormonen für die Regulierung unterschiedlicher Prozesse wie Laubfall, Blütenbildung usw. zuständig (DECKER et al., 2006).

6. Versuchsaufbau

Der Versuch wird in der Außenstelle des Institutes für Ingenieurbiologie und Landschaftsbau in Wien/Essling angelegt. Die Versuchsfläche weist eine Gesamtgröße von etwa 170 m² auf. Die gewählten Bäume (*Acer campestre* – Feldahorn) werden im Zeitraum April bis August 2012 beobachtet, mehrmals vermessen und deren Veränderungen dokumentiert. Im Folgejahr (2013) werden nochmals die Stammdurchmesser, sowie die Vitalitäts- und Kronenzustandsstufen aufgenommen und mit den Ergebnissen aus dem Vorjahr verglichen. Auf den folgenden Seiten wird der Versuchsaufbau von den Vorbereitungen bis zur Pflanzung detailliert beschrieben.

6.1 Vorbereitungen für Pflanzung

Am 28.03.2012 wurde eine geeignete Versuchsfläche im Versuchsgarten Essling gewählt. Auswahlkriterien dafür waren eine möglichst ebene Fläche, die genügend Platz für 100 Bäume in einem Pflanzabstand von 1,5 m gewährleistet, sowie keine größeren störenden Objekte aufweist, wie Bäume oder Häuser, die unterschiedliche Beschattung verursachen würden. Die Auswahl fiel auf eine ca. 170 m² große Fläche im westlichen Teil des Versuchsgartens (vgl. Kap. 2.1).

Vorbereitende Maßnahmen waren das Mähen der gesamten Fläche und das Markieren der späteren Pflanzlöcher. Dafür wurden jeweils 40 cm lange Holzpflocke in einem Abstand von 1,5 m in vier Reihen zu je 25 Stück in die Erde geschlagen. Um eine gerade Linie und gleiche Abstände zwischen den vier Reihen zu erhalten, wurden von jeder Reihe zuerst der 1. und der 25. Holzpflock eingeschlagen, diese mit einer Schnur verbunden und anhand dieser Linie die anderen Pflocke ausgerichtet (vgl. Abb. 10 u. 11). Der 1,5 m Pflanzabstand wurden einerseits gewählt, um eine gegenseitige Beschattung innerhalb der Bäume zu vermeiden, andererseits um das Mähen mittels Mähmaschine zwischen den Bäumen zu ermöglichen.



Abb. 10 u. 11: Markieren der Pflanzlöcher (Wien/Essling, 28.03.2012, Quelle: Victoria Simon)

Bereits zwei Tage später, am 30.03.2012, wurden mit Hilfe eines Traktors und eines Erdbohrers die Pflanzlöcher an den markierten Stellen gebohrt. Der Bohrer wies einen Durchmesser von 60 cm auf und bohrte etwa 20 cm in die Tiefe (vgl. Abb. 12 u. 13).



Abb. 12 u. 13: Graben der Pflanzlöcher (Wien/Essling, 30.03.2012, Quelle: Victoria Simon)

6.2 *Schnitt und Aufnahme der Bäume*

Der Schnitt und die Aufnahme der Bäume erfolgte am 03.04.2012. Als Versuchsbäume wurden aufgrund ihrer günstigen Wuchseigenschaften und ihrer hohen Schnittresistenz *Acer campestre* (Feldahorn) gewählt (vgl. Kap. 3). Bei der Wahl der Baumgröße wurden relativ kleine Pflanzen ausgesucht, da diese aufgrund des besseren Wurzel-Spross-Verhältnisses und einer erhöhten Toleranz gegenüber dem neuen Standort besser anwachsen (FLORINETH, 2012).

Insgesamt wurden 150 wurzelnackte Bäume mit einer Größe von 80/120 cm gekauft und die 100 ähnlichsten hinsichtlich Höhe, Stammdicke usw. für den Versuch ausgewählt. Beim Kauf wurde besonders auf ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Stammhöhe und -umfang, Gesamthöhe und Breite sowie Spross und Wurzeln geachtet.

Die Bäume wurden in Gruppen zu je 25 Stück eingeteilt und vor der Pflanzung wie folgt unterschiedlich geschnitten:

- Gruppe 1: ungeschnitten
- Gruppe 2: Wurzelschnitt
- Gruppe 3: Sprossschnitt
- Gruppe 4: Wurzel- und Sprossschnitt

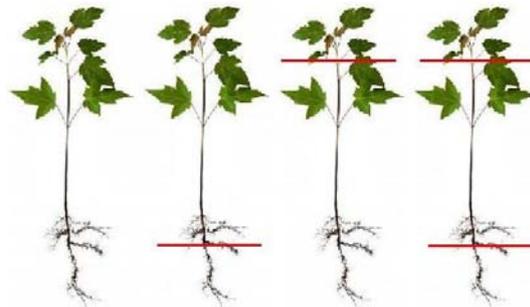


Abb. 14: von li. nach re. Gruppe 1-4 (eigene Bearbeitung)

Beim Sprossschnitt wurde basierend auf Studien von KURZ und MACHATSCHEK verfahren und die gesamte Kronenmasse um 2/3, sprich somit der Spross auf eine Gesamtlänge von 30 cm geschnitten (KURZ, MACHATSCHEK, 2008). Da beim Schnitt der Wurzeln keine gängigen Angaben vorliegen, wurden diese um etwa 1/3, also auf 15 cm eingekürzt. Dieses Maß sollte zumindest bei der vierten Gruppe ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Wurzel und Spross gewährleisten.

Alle Bäume wurden sowohl vor als auch nach dem Schnitt vermessen und bildlich dokumentiert. Dies erfolgte mittels einer eigens angefertigten Rasterplatte (vgl. Abb. 15). Dafür wurden auf einer Rigipsplatte ein 10 cm Raster aufgezeichnet und im oberen Drittel mittig zwei Gewindestangen im Abstand von etwa 3cm angebracht. Zwischen diese ist der Heister mit den Wurzeln nach oben eingehängt (vgl. Abb. 16) und mittels einer Kamera und einem Stativ sind exakt gleich ausgerichtete Bilder erstellt worden.



Abb. 15 u. 16: Rasterplatte und Aufnahme der Bäume (Wien/Essling, 03.04.2012, Quelle: Victoria Simon)

Bei der Aufnahme und der Messung der Bäume ergaben sich annähernd gleiche Werte und somit auch ideale Voraussetzungen. So wiesen beispielsweise alle Bäume zu Beginn am 03.04.2012 eine durchschnittliche Sprossdicke von 1,0 cm im Durchmesser auf, wobei der geringste Wert bei 0,8 cm und der höchste bei 1,2 cm lag. Gemessen wurde aufgrund der Einkürzung des Sprosses an der Basis des Stammes. Auch die durchschnittliche Sprosshöhe war in der ersten Gruppe („ungeschnitten“) mit einem Wert von 87 cm fast ident dem Wert der zweiten Gruppe („Wurzelschnitt“) mit 86 cm. Die dritte („Sprossschnitt“) und die vierte Gruppe („Wurzel- und Sprossschnitt“) hatten durch den Schnitt eine restliche Durchschnittshöhe des Sprosses von 30 cm.

Alle Bäume, bis auf die der dritten und vierten Gruppe, waren drei- bis mehrfach verzweigt. Zudem wurde darauf geachtet, dass die intakte Wurzelmasse bei allen Gruppen annähernd gleich verteilt war. Am Tag der Pflanzung zeigten alle Bäume bereits Knospen oder zumindest einen Knospenansatz.

6.3 Pflanzung

Die Pflanzung der Bäume erfolgte unmittelbar nach der Aufnahme noch am selben Tag (03.04.2012). Vor dem Vermessen und dem eigentlichen Setzen wurden die Pflanzen über Nacht (min. 12 Stunden) gewässert. Auch während der Messungen wurde darauf geachtet, dass die Wurzeln nicht austrocknen.

Anschließend wurden die Bäume mittig in die vorgefertigten und angegossenen Pflanzlöcher gesetzt. Diese wurden abschließend mit dem bei der Bohrung gewonnenen Aushubmaterial und jeweils 3 Liter frischer Pflanzerde aufgefüllt. Dabei wurden besonders auf die richtige Pflanzhöhe und das Vorhandensein einer Gießmulde geachtet (vgl. Abb. 17). Unmittelbar nach der Pflanzung wurden die Bäume gründlich eingeschlämmt um Hohlräume im Erdinneren zu füllen und somit einen guten Kontakt zwischen Wurzeln und Erdreich zu gewährleisten (vgl. Abb. 18 u. 19.).

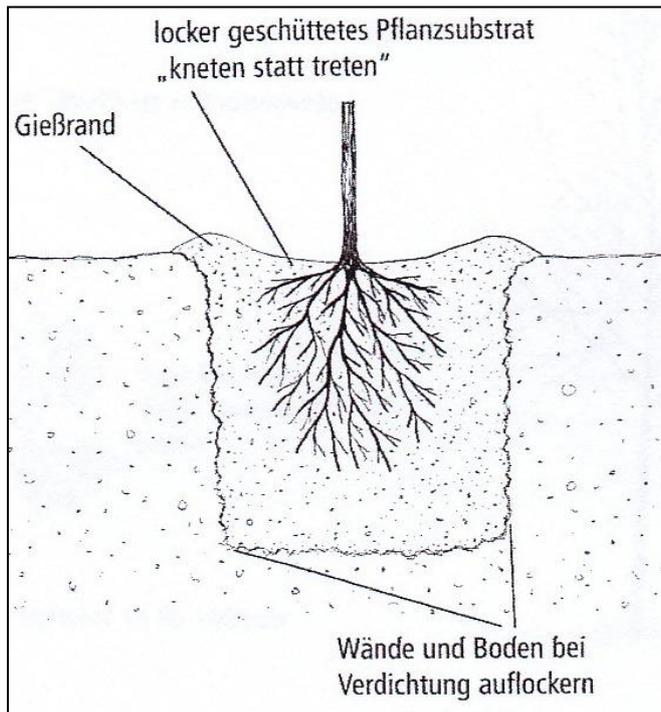


Abb. 17: Pflanzloch (FLORINETH, 2012)



Abb. 18 u. 19: Pflanzung der Bäume (Wien/Essling, 03.04.2012, Quelle: Victoria Simon)

6.4 Weitere Arbeiten

Weitere Arbeiten wurden am 18.05.2012 durchgeführt. Da das stark wuchernde Unkraut auf der Versuchsfläche eine Wasser- und Nährstoffkonkurrenz für die Bäume darstellte, musste im ersten Schritt das überschüssige Aushubmaterial mittels Bobcat entfernt und die gesamte Fläche zwischen den Bäumen planiert werden (vgl. Abb. 20).



Abb. 20: Planieren der Fläche (Wien/Essling, 18.05.2012, Quelle: Victoria Simon)

Um die Bäume beim Mähen vor Verletzungen zu schützen und ein weiteres Aufkommen von Konkurrenz wuchs zu vermeiden, wurden im zweiten Schritt die Pflanzlöcher mit Rindenmulch zugedeckt (vgl. Abb. 21). Dies bewahrt zudem die Bodenfeuchtigkeit und verhindert ein zu rasches Austrocknen.



Abb. 21: Auftragen des Rindenmulchs (Wien/Essling, 18.05.2012, Quelle: Victoria Simon)

7. Untersuchungsmethoden

7.1 Kontrolle der Knospen- und Blattentfaltung

Für die Beobachtung der Knospen- und Blattentfaltung wurden von Anfang Mai bis Mitte Juni 2012 alle Bäume an insgesamt drei Untersuchungstagen dokumentiert. Dabei wurde für jeden Baum protokolliert, ob erstens keine Knospung, zweitens eine Knospung oder drittens bereits Blattentfaltung stattfand.

Für eine „wertbare“ Knospung muss der Baum an mindestens drei verschiedenen Stellen, jedoch nicht am gleichen Ast, Knospen mit ersten grünen Spitzen der neuen Blätter aufweisen (vgl. Abb. 22 u. 23). Eine beginnende Blattentfaltung liegt vor, wenn sich aus mindestens drei Knospen, jedoch nicht am gleichen Ast, erste Blätter entfaltet haben und bereits die ganze Blattfläche sowie der Spreitengrund sichtbar sind (vgl. Abb. 24 u. 25) (GLOBE, 2005). Hat keine Knospung bis Mitte Juni stattgefunden, so wurde der Baum als abgestorben gewertet.



Abb. 22 u. 23: Knospung von *Acer campestre* (Quelle: IMHOF li. und JAGEL re.)

Bei der Pflanzung der Bäume wiesen alle bereits Knospenanlagen auf. Die Blattentfaltung hängt laut wissenschaftlicher Untersuchungen vorwiegend von den aktuellen Witterungsverhältnissen ab. Der Zeitpunkt der Knospung wird hingegen von mehreren Faktoren bestimmt (GLOBE, 2005):

- Tageslänge
- Lufttemperatur und Niederschlagsmenge
- Wachstumsbedingungen des Vorjahres

- Genetische Prädisposition
- Gesundheitszustand der Bäume



Abb.24 u. 25: Blütenstände u. Blattentfaltung von *Acer campestre* (Quelle: IMHOF li. und www.baumkunde.de re.)

Phänologische Studien an *Acer campestre* haben gezeigt, dass sich die Knospenschuppen, abhängig von oben genannten Faktoren etwa Mitte bis Ende April öffnen und unscheinbare grüne Blütenknospen zum Vorschein bringen. Während der nächsten Tage streckt sich die Achse des Blütenstandes und erste Laubblätter entfalten sich (BENDIXEN, 2001).

Durch die Kontrolle der Knospen- und Blattentfaltung soll untersucht werden, ob es zwischen den vier unterschiedlich geschnittenen Baumgruppen messbare Abweichungen bei Knospungszeitpunkt und Blattentfaltung gibt. Dafür wurden alle Bäume während einer Begehung aufgenommen und dahingehend untersucht. Die Aufnahmen erfolgten 30, 45 und 71 Tage nach der Pflanzung. Die Ergebnisse dieser Untersuchung befinden sich in Kapitel 8.1 „Knospen- und Blattentfaltung“.

7.2 Messung des Sprosslängen- und Sprossdickenzuwachses

Die Messung des Sprosslängenzuwachses führt bei relativ geringem Aufwand zu aussagekräftigen Ergebnissen. Diese Methode schließt eine objektive Abweichung aus und ermöglicht den Vergleich der unterschiedlichen Schnittmaßnahmen der Bäume anhand der Jahrestrieblängen der letzten Vegetationsperiode.

Bei der Sprosslängenmessung wurde Anfang August 2012 der Zuwachs einer Vegetationsperiode aller 100 Versuchsbäume gemessen. Als Jahreszuwachs wird der jährliche Zuwachs einer Pflanze, entstanden aus einer Terminalknospe, bezeichnet. Dafür wurden von jedem Baum alle neuen Triebe mittels Maßband zentimetergenau aufgenommen und protokolliert. Die Grenze des Jahreszuwachses ist durch die zahlreichen, dicht stehenden Blattnarben der abgefallenen Knospenschuppen, welche als Triebabrisssnarben bezeichnet werden, erkennbar (vgl. Abb. 26) (ROLOFF, 2001). Zudem ist die Rinde neuer Triebe beim Feldahorn rötlich gefärbt und noch glatt (vgl. Abb. 27)

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass die unterschiedlich gemessenen Triebblängen die Vitalität und somit den Allgemeinzustand des Baumes widerspiegeln. Ein schlechter Zustand würde sich demnach in abnehmenden Triebblängen zeigen. Da sich die Wuchsleistung in den Triebblängen niederschlägt, stellen diese zudem einen guten Vitalitätsweiser dar (ROLOFF, 2001).

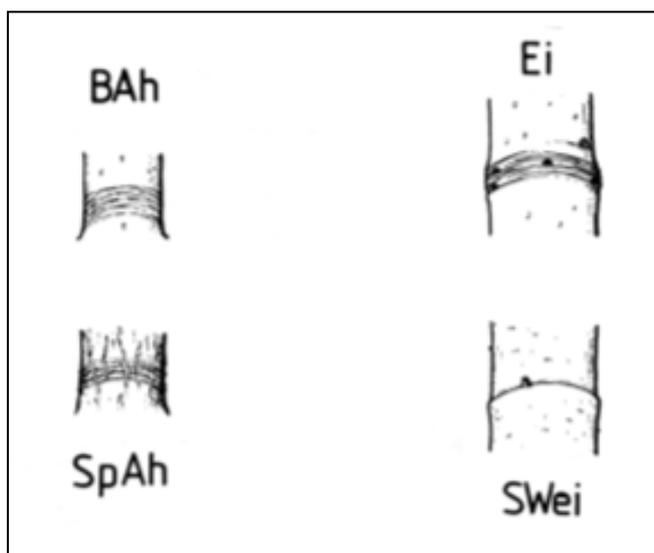


Abb. 26: Triebabrisssnarben wichtiger Laubbaumarten Bah – Bergahorn, Ei – Eiche, SpAh – Spitzahorn, SWei – Salweide (ROLOFF, 2001)



Abb. 27: Rote Färbung der neuen Triebe (Quelle: www.frischer-windt.de, 08.07.2013)

Weiters wurde Anfang August 2012 auch die Gesamthöhe der Bäume vermessen und mit den Ergebnissen einer weiteren Messung, Mitte Mai 2013, verglichen. Als Baumhöhe wird die lotrechte gemessene Entfernung zwischen Stammbasis und dem obersten Punkt der Krone bezeichnet (BRÄKER, 1999). Je nach Baumart und Standort setzt das Höhenwachstum zwischen Anfang April und Mitte Mai ein und endet Mitte Juli bis Ende August. Schnellwüchsige Lichtbaumarten beginnen früher mit dem Höhenwachstum als langsam wüchsige Schattenbaumarten (BRÄKER, 1999). Abhängig von endogenen und exogenen Faktoren kann der Feldahorn bis zu 40 cm pro Jahr wachsen, wodurch er zu den schnell wachsenden Gehölzen zählt (NABU, 2013).

Der Höhenzuwachs kulminiert auf guten Standorten deutlich früher als auf schlechten. Nach dem Höhenwachstum setzt das jährliche Durchmesserwachstum von Anfang Mai bis Ende August ein. Es hält länger als das Höhenwachstum an, kulminiert aber weniger ausgeprägt. Gegenüber dem Durchmesserwachstum hat das Höhenwachstum Vorrang (BRÄKER, 1999). Der Spross nimmt vorwiegend in den Sommermonaten Juni und Juli an Masse zu (KRAUSE, ECKSTEIN, 1993; KRAUSE, 1992).



Abb. 28: Höhenmessung mittels Maßband (Wien/ Essling, 13.05.2013, Quelle: Markus Hoschky)

Abhängig von den Umgebungsbedingungen fällt das sekundäre Dickenwachstum entsprechend mehr oder weniger groß aus. Obwohl der Durchmesserzuwachs des Stammes keinen eindeutigen Vitalitätsparameter darstellt, ermöglicht er dennoch Aussagen über den Zustand der Bäume. Daher wurde in dieser Arbeit auch das sekundäre Dickenwachstum der Sprosse nach etwa 13 Monaten (am 13.05.2013) aufgenommen und mit den Werten am Tag der Pflanzung verglichen. Gemessen wurde der Durchmesser aufgrund der geringen Höhe, sowie der weit unten beginnenden Verzweigung, an der Basis des Stammes in Zentimeter mittels Schiebelehre.



Abb. 29: Sprossdickenmessung an der Basis mittels Schiebelehre (Wien/ Essling, 13.05.2013, Quelle: Victoria Simon)

Die Ergebnisse des Sprosslängen- und Sprossdickenzuwachses sollen die Wuchspotenz der vier unterschiedlich geschnittenen Baumgruppen darstellen, um somit einen direkten Vergleich der Auswirkungen der verschiedenen Schnittmaßnahmen zu ermöglichen. Die Ergebnisse der Messung finden sich in Kapitel 8.2 „Sprosslängen- und Sprossdickenzuwachs“ wieder.

7.3 Erhebung der Vitalitätsstufen nach ROLOFF

Der Begriff Vitalität stammt aus dem Lateinischen und bedeutet Lebenskraft oder Lebendigkeit. Um die Vitalität eines Baumes zu beurteilen, wird häufig die Blattmasse als Weiser herangezogen, da in den Blättern die Photosynthese stattfindet. Folglich wird der Laubverlust bei der Beurteilung des Gesundheitszustandes von Laubbäumen häufig als Hauptparameter herangezogen. Dies zieht nach wie vor große Probleme mit sich, da der Belaubungszustand, sprich Blattzahl und Blattgröße, jährlichen Witterungsschwankungen, wie beispielsweise Trockenheit, unterliegt (ROLOFF, 2007). Zudem können Langtriebe mit hoher Vitalität zu einer lichten Krone führen und die Untersuchungsergebnisse verfälschen. Auch das Absterben und Abbrechen von Trieben in unterschiedlicher Reihenfolge kann das Erscheinungsbild von Bäumen verschleiern (ROLOFF, 2001).

Anlässlich des Waldsterbens wurde bereits in den 80er Jahren damit begonnen, nach mehreren geeigneten Parametern für die Vitalitätsbeurteilung von Bäumen zu forschen. Dabei wurde evaluiert, dass sich die Kronen- und Verzweigungsstrukturen bei einer Vitalitätsabnahme verändern, jedoch von jährlichen Schwankungen unbeeinflusst sind. Es ist davon auszugehen, dass sich eine abnehmende Vitalität in abnehmenden Triebblängen eines Baumes widerspiegelt (ROLOFF, 2001), da folglich auch die Fähigkeit der Zweige sinkt, die Blätter mit ausreichend Wasser zu versorgen (RUST, HÜTTL, 1999). Weiters führen anhaltende abnehmende Triebblängen zu einer veränderten Verzweigung, was auch eine veränderte Kronenstruktur zur Folge hat (ROLOFF, 2001). Daher werden für aussagekräftige Beurteilungen der Vitalität von Laubbäumen in erster Linie die Kronenstrukturen untersucht und als zusätzlicher Parameter erst der Belaubungszustand aufgenommen (vgl. Kapitel 7.4 Erhebung der Kronenzustandsstufen nach BRAUN, 1990).

7.3.1 Entwicklung einer typischen Verzweigung

Um die Veränderung der Kronenstruktur und somit eine abnehmende Vitalität des Baumes zu beurteilen, muss man sich vor Augen führen, wie eine typische Verzweigung entsteht. Dies soll im folgenden Kapitel kurz am Beispiel der Buche erläutert werden (vgl. Abb. 30).

Ausgangszustand ist ein Langtrieb ohne Verzweigung mit deutlich erkennbaren Seitenknospen. Diese treiben im Laufe des Sommers aus und entwickeln im oberen Abschnitt Langtriebe und im unteren Kurztriebe. Die untersten Knospen bleiben als Reserveknospen ganz geschlossen. Dieser Vorgang wiederholt sich jedes Jahr, wobei sich die Seitentriebe nach demselben Prinzip weiter verzweigen. Es entsteht ein arttypisches Verzweigungssystem, an dem die seitlichen Triebblängen von oben nach unten hin abnehmen. Anhand der stockwerkartigen Absätze in der Verzweigung lassen sich die Höhenzuwächse des Baumes der letzten Jahre erkennen (ROLOFF, 2001).

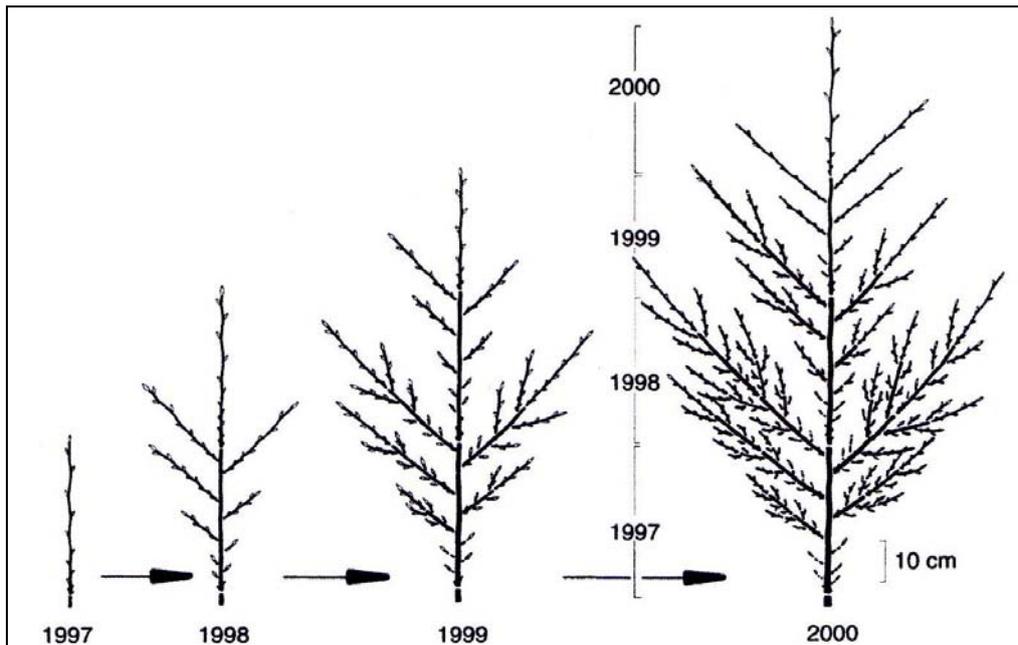


Abb. 30: Typische Verzweigungsentwicklung einer vitalen Buche (Roloff, 2001)

Die Verzweigungsstruktur bzw. die Vitalitätsbeurteilung wird von vorübergehenden Trockenjahren nicht beeinflusst, da sich die Bäume relativ schnell wieder erholen. Anders zeigt sich das Erscheinungsbild bei chronischer Vitalitätsabnahme. Die Wipfeltriebe bestehen hierbei aus Kurztriebketten oder auch kurzen Langtrieben (vgl. Abb. 31) (ROLOFF, 2001).

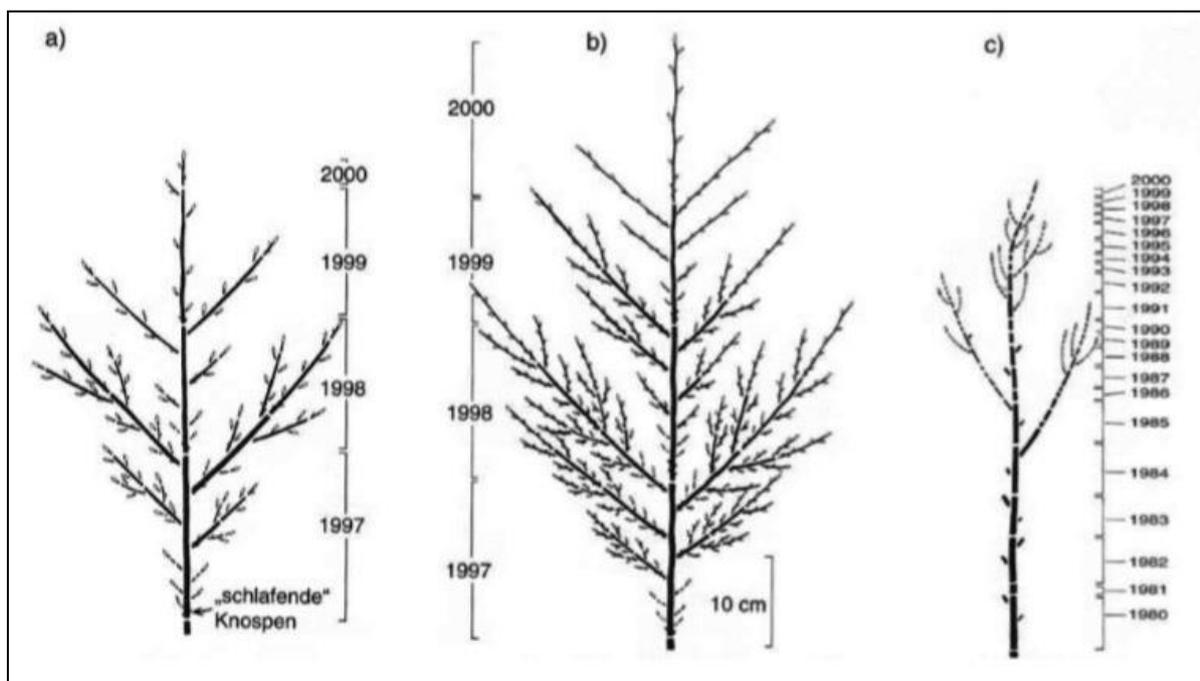


Abb. 31: a) Verzweigung mit Trockenschaden vom letzten Jahr, b) unbeeinträchtigte Verzweigung, c) Verzweigung mit chronischer Vitalitätsabnahme (Roloff, 2001)

Durch die veränderte Kronenarchitektur und die verkleinerte Blattfläche hat der Baum mittelfristig die Möglichkeit, auf ein verringertes Wasserangebot durch Trockenheit oder Wurzelverlust zu reagieren (RUST, ROLOFF, 2002).

7.3.2 Wachstumsphasenmodell

Grundlage für den Vitalitätsstufenschlüssel bildet das Wachstumsphasenmodell. Die unterschiedlichen Wachstumsphasen beschreiben die Abnahme der Trieb­längen und folglich die sich verringern­de Vitalität eines Baumes. Das Modell setzt sich aus vier Phasen zusammen, welche im Folgenden beschrieben werden (vgl. Abb. 32) (ROLOFF, 2008):

In der **Explorationsphase** befinden sich im Idealfall die Wipfeltriebe vitaler Bäume bis ins hohe Alter. Nur in dieser Phase kann der Wipfeltrieb die für den Baum wichtigsten Aufgaben, Eroberung von neuem Luftraum und dessen Ausfüllung durch seitliche Verzweigung, erfüllen und sich somit gegen Konkurrenten durchsetzen.

In der **Degenerationsphase** bildet zwar die Terminalknospe weiterhin jedes Jahr etwas kürzere Langtriebe aus, die Seitenknospen hingegen fast ausnahmslos Kurztriebe. Eine Verarmung der Verzweigung ist die Folge, wodurch die Baumkrone eine „spießähnliche“ Gestalt annimmt.

Nimmt die Vitalität weiterhin ab, so befindet sich der Baum in der **Stagnationsphase**. Hierbei bildet auch die Terminalknospe nur mehr Kurztriebe aus und es findet keine weitere Verzweigung statt. Allmählich stagniert der Längenzuwachs der Äste, sowie der Höhenzuwachs des Baumes.

Ist die **Resignationsphase** erreicht, so beginnen die Zweige bis hin zum ganzen Wipfel abzusterben. Die Triebe werden immer zarter und der Baum bildet nur noch an den Triebenden Blattbüschel aus. Charakteristisch für diese Phase ist die „Krallenbildung“, da die Kurztriebketten zum Licht wachsen. Sekundäre Faktoren entscheiden nur über den genauen Zeitpunkt des Absterbens.

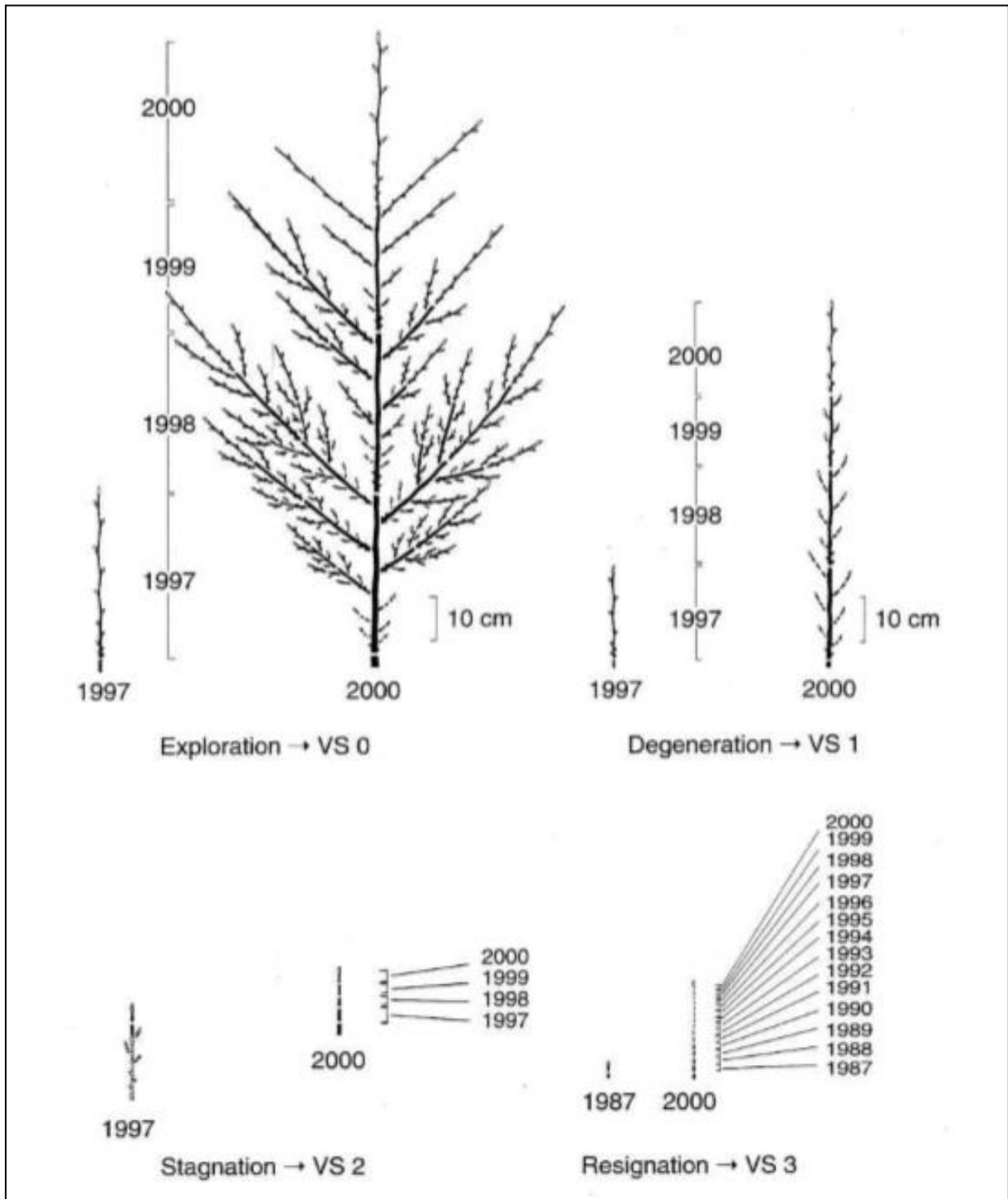


Abb. 32: Abnehmende Vitalität der Triebe, Vitalitätsstufe VS 0 bis Vitalitätsstufe VS 3 (ROLOFF, 2008)

7.3.3 Vitalitätsstufenschlüssel nach ROLOFF

Bei der Vitalitätsbestimmung sollen grundsätzlich wertfreie Begriffe wie „Vitalitätsstufen oder –klassen“ verwendet werden. Spricht man von „Schadstufen“, so stellt dies lediglich eine Interpretation der Ursache für die Vitalitätseinbuße dar und ist somit nicht zulässig. Der Vitalitätsstufenschlüssel lässt sich nahezu auf alle Baumarten der gemäßigten Zone übertragen und ist sowohl baumarten-, als auch altersunabhängig (ROLOFF, 2001).

Basierend auf dem Modell der Wachstumsphasen entwickelte ROLOFF ein Bewertungssystem, welches sich in vier Vitalitätsstufen (oder – klassen) wie folgt unterteilt:

- **VS 0 – Exploration**
gleichmäßige und dichte Verzweigung in allen Bereichen
- **VS 1 – Degeneration**
längliche, „spießartige“ Kronenstruktur
- **VS 2 – Stagnation**
Kronenabwölbung durch „pinselartige“ Kronenstruktur
- **VS 3 – Resignation**
Hauptäste sterben ab, folglich skelettartiges Erscheinungsbild
- VS 4 Baum ist abgestorben

FLORINETH (2012) und BAUMGARTEN ET AL. (2010) geben zusätzlich zu den Vitalitätsstufen auch den Blattverlust an:

- **VS 0:** bis zu 10%
- **VS 1:** zwischen 11% und 25%
- **VS 2:** zwischen 26% und 60%
- **VS 3:** alles über 60%

Im Folgenden werden die Vitalitätsstufen nach ROLOFF (2008) genauer beschrieben.

In der Vitalitätsstufe 0 weist der Laubbaum einen vitalen und gesunden Zustand auf. Die Wipfeltriebe befinden sich in der Explorationsphase, was bedeutet, dass sowohl deren Hauptachsen als auch ein Großteil der seitlichen Verzweigung aus Langtrieben besteht. Die Krone entwickelt in allen Bereichen eine gleichmäßige, netzartige Verzweigung, ist harmonisch geschlossen und weist keine größeren Lücken auf. Sollten stärkere Eingriffe im Bestand vorgenommen werden, so ist der Baum in der Lage, die entstandene Lücke durch

intensive Verzweigung rasch zu kompensieren. In den Sommermonaten zeichnet sich der Baum durch dichte Belaubung aus.

Bei einem geschwächten Baum der Vitalitätsstufe 1 zeigen sich die Wipfeltriebe in der Degenerationsphase. Durch die Bildung von Kurztrieben aus den Seitenknospen und Langtrieben aus den Terminalknospen entstehen aus der Kronenperipherie herausragende „Spieße“, die rund um die Enden dicht beblättert sind. Durch die abnehmende Verzweigung wird der Luftraum nicht mehr vollständig ausgefüllt, wodurch die Krone außen ein zerfranstes Bild zeigt. Der Kroneninnenraum ist noch nicht so stark betroffen und noch einigermaßen dicht verzweigt.

In der Vitalitätsstufe 2 haben die Wipfeltriebe die Stagnationsphase erreicht und bilden nur mehr Kurztriebe aus. Da die Kurztriebe krallenartig zum Licht wachsen, spricht man auch vom „Krallenstadium“. Werden diese Kurztriebketten zu lang, so brechen sie beispielsweise bei Wind oder Regen ab. Dieser Mechanismus wäre unter normalen Umständen eine für die Buche typische Art sich überflüssig gewordener Zweige im Kroneninneren zu entledigen. In der Stagnationsphase hingegen schreitet diese Astreinigung in den äußeren Kronenbereich vor, wodurch die Krone von innen heraus auslichtet. Ursache dafür sind abgebrochene Kurztriebketten, geringere Verzweigung und nicht mehr austreibende Knospen an abgestorbenen Ästen. Die Kronenstruktur ist sowohl im Sommer, als auch im Winter pinselartig und mit größeren Lücken versehen. Die übriggebliebene Verzweigung ist busch- und klumpenartig angeordnet.

In der letzten Phase, der Resignationsphase bzw. Vitalitätsstufe 3, sind die Bäume stark geschädigt und beginnen allmählich abzusterben. Durch das Absterben ganzer Kronenbereiche zerfällt die Krone in Fragmente. Einzelne Kronenbruchstücke ragen nunmehr skelettartig in den Luftraum und bilden peitschenartige Strukturen.

Die Vitalitätsstufen wurden Anfang August 2012 und Ende Juli 2013 erhoben. Die Ergebnisse dieser Untersuchung finden sich im Kapitel 8.3 „Vitalitätsstufen nach Roloff“.

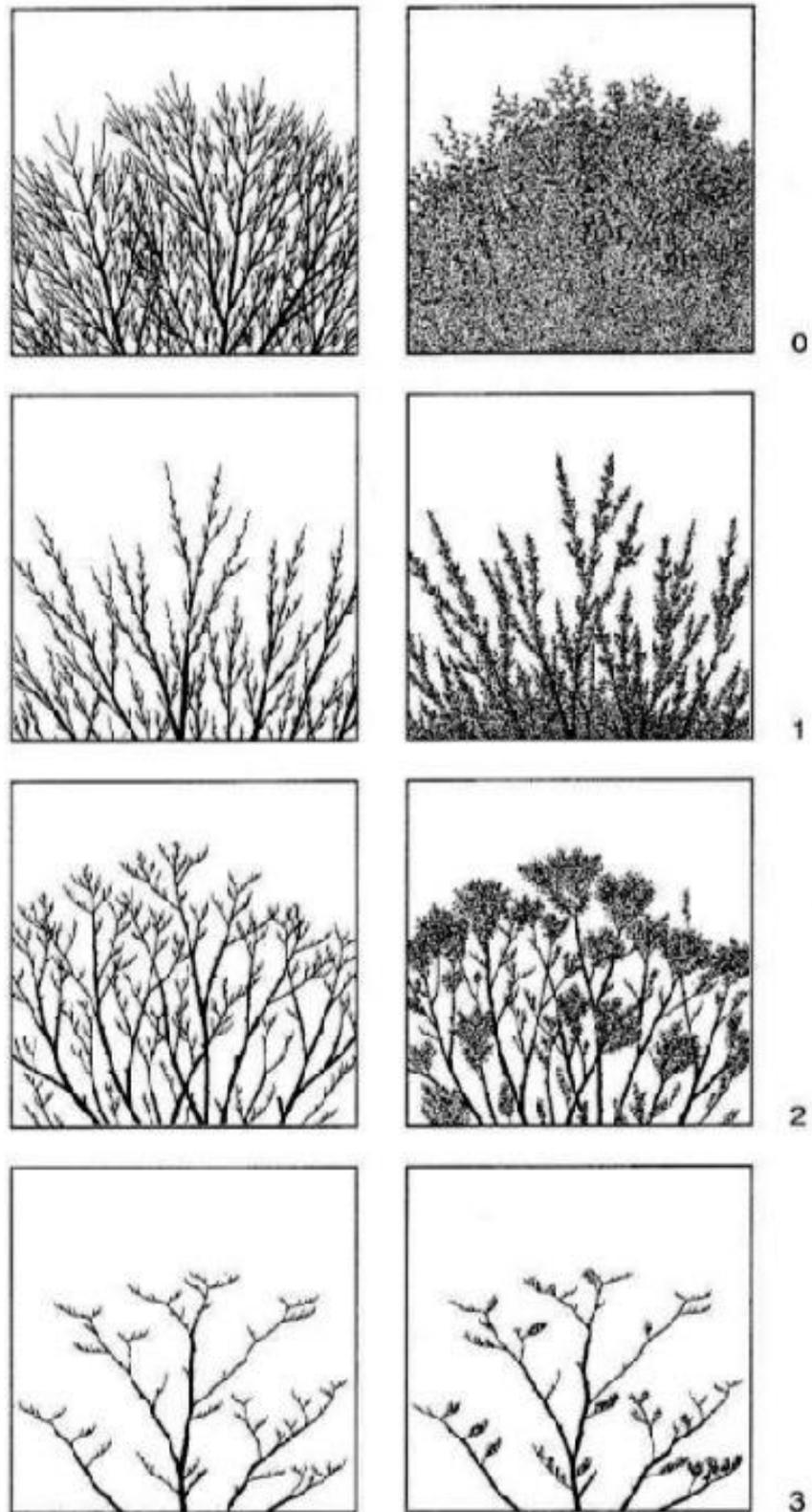


Abb. 33: Vitalitätsstufen 0 bis 3 am Beispiel der Buche, links Winterzustand – rechts Sommerzustand
(ROLOFF, 2008)

7.4 Erhebung der Kronenzustandsstufen nach BRAUN

Die Beurteilung von Bäumen nach ihrer Belaubungsdichte, Blattfarbe oder Blattgröße bringt bei der Vitalitätsbestimmung, wie oben bereits erwähnt, in der Praxis einige Probleme mit sich, da nicht jeder spärlich beblätterte Baum geschädigt und umgekehrt nicht jeder vital aussehende Baum tatsächlich gesund ist (BRAUN, 1990). Daher ist es in der Praxis ratsam für die Beurteilung der Vitalität von Bäumen mehrere verschiedene Parameter heranzuziehen (ROLOFF, 2001).

Die Einteilung in die Kronenzustandsstufen (BRAUN, 1990) ist eine weitere Methode um den Allgemeinzustand der Bäume zu erfassen. Hierbei wird der Belaubungszustand, insbesondere der Hauptparameter Blattverlust, aber auch die Blattgröße und Blattnekrose zur Bewertung herangezogen. Der Zustand der Belaubung soll die Reaktion der Bäume auf die unterschiedlichen Schnittmaßnahmen verdeutlichen. Prinzipiell kann davon ausgegangen werden, dass nur ein „vitaler“ Baum ausreichend Kraft für die Bildung von Blattmasse zur Verfügung hat.

BRAUN (1990) unterteilt den Zustand eines Baumes in fünf unterschiedliche Kategorien. Diese reichen von Kronenzustandsstufe eins (Bäume mit dichter Belaubung und ohne Blattschäden) bis hin zu Stufe fünf (keine Blätter mehr vorhanden) (vgl. Abb. 34 u. Tab. 4). Der arttypische Habitus der Bäume wird bei der Beurteilung berücksichtigt.

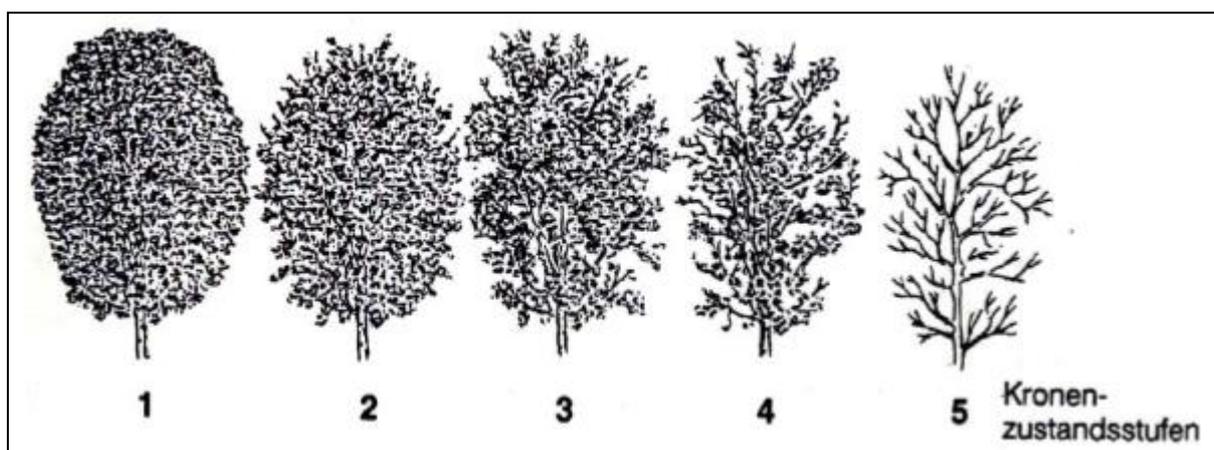


Abb. 34: Kronenzustandsstufen von Laubbäumen nach BRAUN (1990)

Kronenzustandsstufen	verbale Beschreibung
1	Volles Kronenbild durch dichte Belaubung in allen Kronenbereichen, grüne Blätter
2	Herausragen einiger dicht beblätterter Zweige und Äste aus der Krone, eventuell kleinere und hellere Blätter als normal
3	Beginnende Auflösung der Baumkrone in Teilkronen, steigender Anteil an Dürrlingen und nekrotischen Blättern
4	Totale Auflösung der Krone in Teilkronen, starke Auslichtung in allen Kronenbereichen, viele dürre Äste und Zweige, Großteil der Blätter nekrotisch verfärbt
5	Keine Belaubung, nur mehr Astskelett vorhanden, Baum abgestorben

Tab. 4: Kronenzustandsstufen von Laubbäumen nach Braun (1990)

Die Erhebung der Kronenzustandsstufen wurde Anfang August 2012 durchgeführt und Ende Juli 2013 wiederholt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung befinden sich in Kapitel 8.4 „Kronenzustandsstufen nach Braun“.

8. Ergebnisse

8.1 Knospen- und Blattentfaltung

Wie bereits in Kapitel 7.1 erwähnt wurde zwischen Anfang Mai und Mitte Juni 2012 die Kontrolle der Knospen- und Blattentfaltung an allen Bäumen durchgeführt. Dazu wurde an drei Untersuchungstagen (30, 45 und 71 Tage nach Pflanzung) für jeden Baum dokumentiert, ob keine oder eine Knospung, bzw. eine Blattentfaltung stattfand. Da sich alle Pflanzen am Tag der Pflanzung im gleichen Wachstumsstation befanden, können sowohl der Zeitpunkt der Knospung als auch der Blattentfaltung in Abhängigkeit der unterschiedlichen Schnittmaßnahmen (kein Schnitt, Wurzelschnitt, Sprossschnitt, Wurzel- und Sprossschnitt) gegenübergestellt und verglichen werden. Zudem wurden alle Bäume aus einer einzigen Baumschule aus demselben Jahr gekauft, was einen ähnlichen Gesundheitszustand sowie eine gleiche genetische Prädisposition und gleiche Wachstumsbedingungen des Vorjahres gewährleistet. Alle Bäume waren während des gesamten Versuchszeitraumes gleichen Witterungen ausgesetzt, was eine Vereinheitlichung der Ergebnisse auf die unterschiedlichen Schnittmaßnahmen erlaubt.

Gemessen wurde an folgenden drei Tagen:

- am 03.05.2012 (30 Tage nach Pflanzung)
- am 18.05.2012 (45 Tage nach Pflanzung)
- am 13.06.2012 (71 Tage nach Pflanzung)

Untersucht wurden an jedem Tag jeweils die Wachstumszustände:

- keine Knospung: Baum abgestorben oder Knospenanlagen noch nicht weiterentwickelt
- Knospung: Knospen weisen an mindestens drei verschiedenen Stellen erste grüne Spitzen der neuen Blätter auf (GLOBE, 2005)
- Blattentfaltung: aus mindestens drei Knospen haben sich bereits Blätter entfaltet bei denen die gesamte Blattfläche sowie der Spreitengrund sichtbar sind (GLOBE, 2005)

8.1.1 Knospen- und Blattentfaltung nach 30 Tagen

Bei der Gruppe ohne Schnitt haben 30 Tage nach Pflanzung bereits alle 25 Bäume ausgetrieben und Blätter entfaltet. Bei den wurzelbeschnittenen Bäumen haben 13 bereits Blätter entwickelt, fünf sind im Zustand der Knospung und sieben haben sich seit dem Tag der Pflanzung nicht weiterentwickelt. In der Gruppe Sprossschnitt haben 17 bereits

ausgetrieben, bei sechs sind bereits grüne Spitzen an den Knospen erkennbar und zwei weisen keine neuen Entwicklungen auf. Bei den Bäumen, wo sowohl Wurzeln als auch Sprosse geschnitten wurden, haben elf zum Zeitpunkt der Messung Blätter entwickelt, zehn befinden sich im Wachstumszustand Knospung und vier haben keine Knospenöffnung vollzogen (vgl. Tab. 5 und Abb. 35).

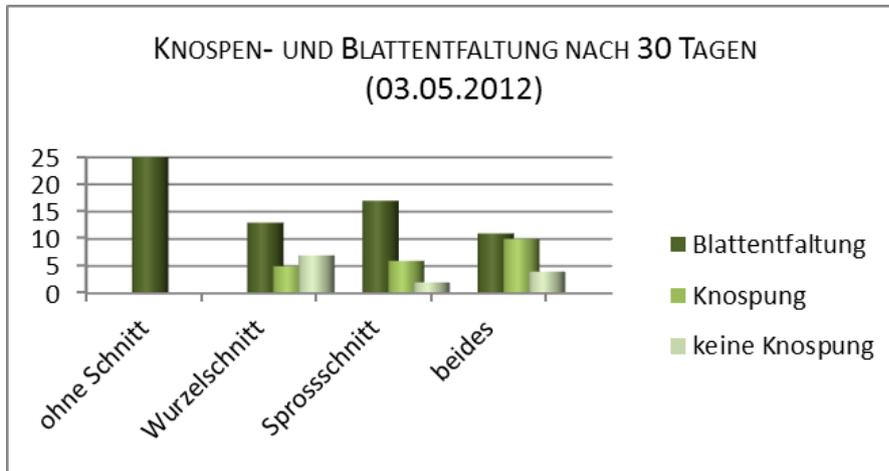


Abb. 35: Knospen- und Blattentfaltung 30 Tage nach Pflanzung am 03.05.2012 (*Acer campestre*, Wien/Essling)

8.1.2 Knospen- und Blattentfaltung nach 45 Tagen

Bei der Gruppe Wurzelschnitt haben nach 45 Tagen bereits 17 Bäume ausgetrieben, fünf hatten noch keine Knospung und drei hatten bereits eine. Bei den sprossbeschnittenen Bäumen hatten 23 ein Blatt entwickelt und zwei befinden sich im gleichen Wachstumszustand wie bei der Pflanzung. Beim Wurzel- und Sprosschnitt sind 21 Bäume bereits ausgetrieben, einer befindet sich im Zustand der Knospung und drei nicht (vgl. Tab. 5 und Abb. 36). In der Gruppe ohne Schnitt haben wie bereits erwähnt alle 25 Bäume ausgetrieben.

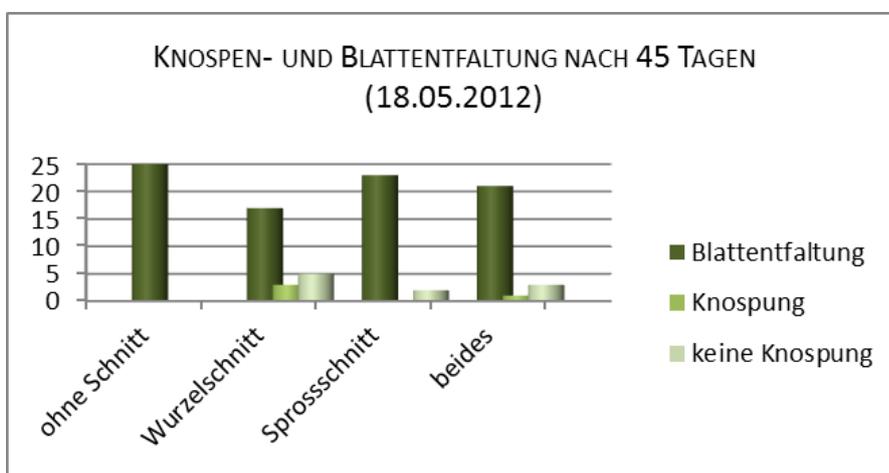


Abb. 36: Knospen- und Blattentfaltung 45 Tage nach Pflanzung am 18.05.2012 (*Acer campestre*, Wien/Essling)

8.1.3 Knospen- und Blattentfaltung nach 71 Tagen

Nach 71 Tagen haben in der Gruppe Wurzelschnitt 22 ausgetrieben und drei nicht. In der Gruppe Sprossschnitt haben 24 ausgetrieben, ein Baum befindet sich gerade im Zustand der Knospung. Beim Wurzel- und Sprossschnitt haben 24 Bäume bereits Blätter entwickelt und einer nicht (vgl. Tab. 5 und Abb. 37). Bei allen Bäumen, die zu diesem Zeitpunkt noch keine Blattentwicklung oder Knospung erreicht haben, kann von einem Verlust ausgegangen werden. In der Gruppe ohne Schnitt gab es bis dato keine Ausfälle und alle 25 haben ausgetrieben.

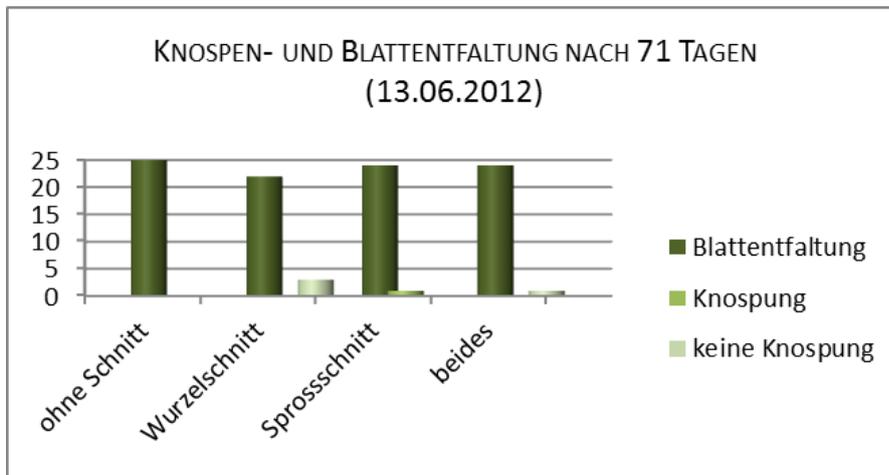


Abb. 37: Knospen- und Blattentfaltung 71 Tage nach Pflanzung am 13.06.2012 (*Acer campestre*, Wien/Essling)

8.1.4 Knospen- und Blattentfaltung im Vergleich

		Blattentfaltung	Knospung	keine Knospung
Ohne Schnitt	03.05.2012	25	0	0
	18.05.2012	25	0	0
	13.06.2012	25	0	0
Wurzelschnitt	03.05.2012	13	5	7
	18.05.2012	17	3	5
	13.06.2012	22	0	3
Sprossschnitt	03.05.2012	17	6	2
	18.05.2012	23	0	2
	13.06.2012	24	1	0
Wurzel- und Sprossschnitt	03.05.2012	11	10	4
	18.05.2012	21	1	3
	13.06.2012	24	0	1

Tab. 5: Untersuchungsergebnisse der Knospen- und Blattentfaltung im direkten Vergleich



Abb. 38 u. 39: Blattentfaltung Gruppe ohne Schnitt li. und Knospung Gruppe Wurzelschnitt re. (*Acer campestre*, Wien/ Essling, 03.05.2012, Quelle: Victoria Simon)



Abb. 40 u. 41: Blattentfaltung Gruppe Sprosschnitt li. und Blattentfaltung Gruppe Wurzel- und Sprosschnitt re. (*Acer campestre*, Wien/ Essling, 18.05.2012, Quelle: Victoria Simon)

8.1.5 Interpretation der Ergebnisse der Knospen- und Blattentfaltung

Die Kontrolle der Knospen- und Blattentfaltung hat deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen gezeigt. So haben beispielsweise in der Gruppe ohne Schnitt alle Bäume zeitgemäß ausgetrieben und Anfang Mai Laubblätter entwickelt.

In der Gruppe Wurzelschnitt hat weniger als die Hälfte der Versuchsbäume zu demselben Zeitpunkt ausgetrieben. Die durch den Wurzelschnitt abrupte Einschränkung der Wasser- und Nährstoffaufnahme ließ ein solches Ergebnis bereits im Vorfeld vermuten. Durch den gestörten Hormonhaushalt und die eingeschränkte Wasseraufnahme nimmt das Sprosswachstum ab oder wird kurzfristig ganz eingestellt. Die vom Spross ungenützten Assimilate, sowie die gebildeten Auxine, werden in die Wurzeln verlagert und induzieren ein gesteigertes Längenwachstum, sowie eine intensive Bildung neuer Seitenwurzeln (MATYSEK, 1998). Nach einer gewissen Regenerationsphase wird das Verhältnis zwischen Wurzel und Spross dennoch wiederhergestellt und die vorhandenen Knospen entwickeln Blätter. Dies zeigen auch die Ergebnisse nach 71 Tagen, als nach der Pflanzung nahezu alle Bäume, bis auf drei Ausfälle, vollständig ausgetrieben haben.

In der Gruppe Sprossschnitt zeigte sich zu Beginn der Messung ein ähnliches Ergebnis wie in der vorherigen Gruppe Wurzelschnitt. Lediglich die Hälfte der Bäume haben bei der ersten Untersuchung Blätter entwickelt. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass der Baum in erster Linie alle Reserven für den Wundverschluss verbraucht und erst im Anschluss einen Neuaustrieb beginnt. Durch Schnittmaßnahmen hervorgerufene Verletzungen stellen häufig Eintrittspforten für vitalitätsbeeinträchtigende Mikroorganismen dar. Daher reagiert der Baum unmittelbar nach einer Verwundung, zum Schutz vor einem Befall durch Pathogene (Pilze, Bakterien), mit der Abschottung des verletzten Gewebes (ALBRECHT, 2005). Anschließend werden die durch den Schnitt verringerten Assimilate weniger zur Versorgung der Wurzeln als vielmehr für den Aufbau der ursprünglichen Blattfläche verwendet (REICH, 2002). Daher stellt sich relativ schnell wieder ein ausgewogenes Wurzel-Spross-Verhältnis ein, was sich in der deutlich kürzeren Regenerationsphase, gegenüber der Gruppe Wurzelschnitt, widerspiegelt. Bereits bei der zweiten Messung haben nahezu alle Bäume Blätter entwickelt und Mitte Juni gab es keine Ausfälle.

Bei der Gruppe Wurzel- und Sprossschnitt trafen alle Faktoren aufeinander, wodurch lediglich elf Bäume bei der ersten Messung Blätter entwickelt hatten. Dieses Ergebnis zeigt, dass die „künstliche“ Herstellung eines ausgewogenen Wurzel-Spross-Verhältnisses bezogen auf den Austrieb der Pflanze im Vergleich keine besseren Werte erzielt. Die Regenerationsphase

verläuft annähernd schnell wie die der Gruppe Sprossschnitt, jedoch gibt es Mitte Juni einen Ausfall.

Betrachtet man allein die Ergebnisse der Knospen- und Blattentfaltung, so ist weder zu einem Wurzel-, noch zu einem Sprossschnitt zu raten. Die Bäume der Gruppe ohne Schnitt haben am zuverlässigsten und schnellsten ausgetrieben.

8.2 Sprosslängen- und Sprossdickenzuwachs

Die Messungen der Sprosslängen und der Sprossdicken wurden zu unterschiedlichen Zeiten durchgeführt. Der Zuwachs der neuen Triebe wurde einmalig gegen Ende der Wachstumsperiode Anfang August, am 08.08.2012, gemessen. Der gesamte Höhenzuwachs der einzelnen Bäume wurde sowohl am 08.08.2012 als auch am 13.05.2013 aufgenommen. Die Sprossdicke wurde am Tag der Pflanzung, am 03.04.2012, sowie etwa 13 Monate später, am 13.05.2013, gemessen. Zudem wurde Anfang August, am 08.08.2012, die Größe der Blätter in den unterschiedlichen Gruppen verglichen. Da hierbei keine signifikanten Unterschiede beobachtet wurden, werden diese Ergebnisse in der vorliegenden Masterarbeit nicht weiter erwähnt.

Da die auf das Wachstum von Stammholz Einfluss nehmenden endogenen und exogenen Faktoren wie Baumart, Alter, Boden, Witterung und Klima (BRÄKER, 1981; BRÄUNING, 1995; HARTIG, 1882, 1898; KRAUSE, 1992; LARCHER, 1994; MITSCHERLICH, 1975; SASS, 1993; SCHWEINGRUBER, 1996) für alle Bäume gleiche Grundvoraussetzungen bieten, lassen sich die Ergebnisse auf eine Grundgesamtheit zusammenfassen und in den unterschiedlich geschnittenen Gruppen vergleichen.

8.2.1 Sprosslängenzuwachs

Alle Werte der Sprosslängenmessung werden in Zentimeter, gerundet auf eine ganze Zahl, angegeben. Gemessen wurde einmalig nach 18 Wochen am 08.08.2012.

Die Bäume der Gruppe, die nicht geschnitten wurde, erreichen einen durchschnittlichen Gesamtzuwachs von 18 Zentimetern. Der geringste Zuwachs, gemessen in einem Stück, beträgt null Zentimeter, der größte 60 Zentimeter. Im Mittel haben die Bäume mit einer Länge von null bis 33 Zentimeter ausgetrieben (vgl. Abb. 42). Der Gesamtzuwachs aller Sprosse in Summe beträgt 2.858 Zentimeter.

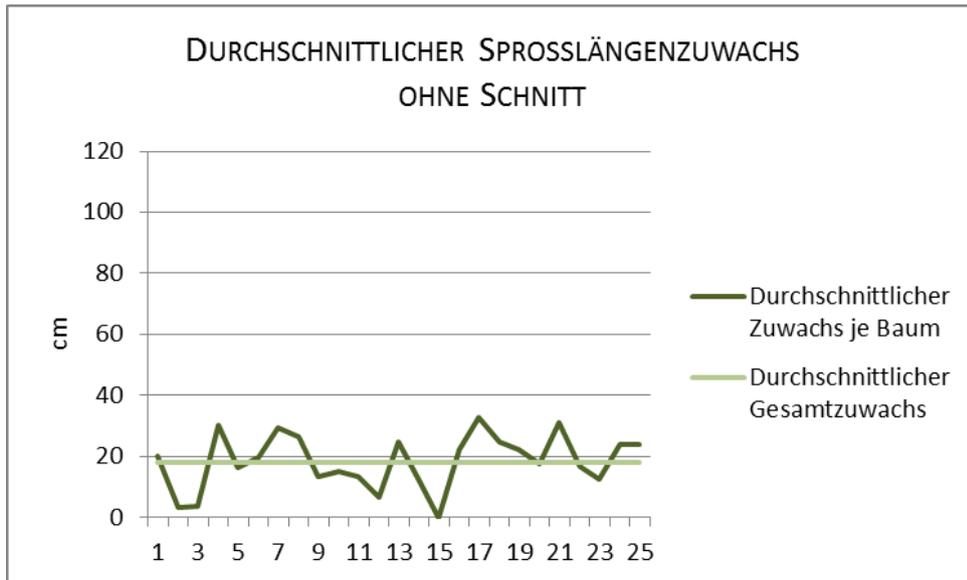


Abb. 42: Durchschnittlicher Sprosslängenzuwachs in Zentimeter ohne Schnitt am 08.08.2012 (*Acer campestre*, Wien/Essling)

Die Bäume der Gruppe Wurzelschnitt sind durchschnittlich elf Zentimeter an den Sprossen gewachsen. Gemessen in einem Stück beträgt der geringste Zuwachs null, der größte Zuwachs 42 Zentimeter. Im Mittel haben die Bäume zwischen null und 31 Zentimeter ausgetrieben (vgl. Abb. 43). Der Gesamtzuwachs der Sprosse beträgt in Summe 886 Zentimeter.

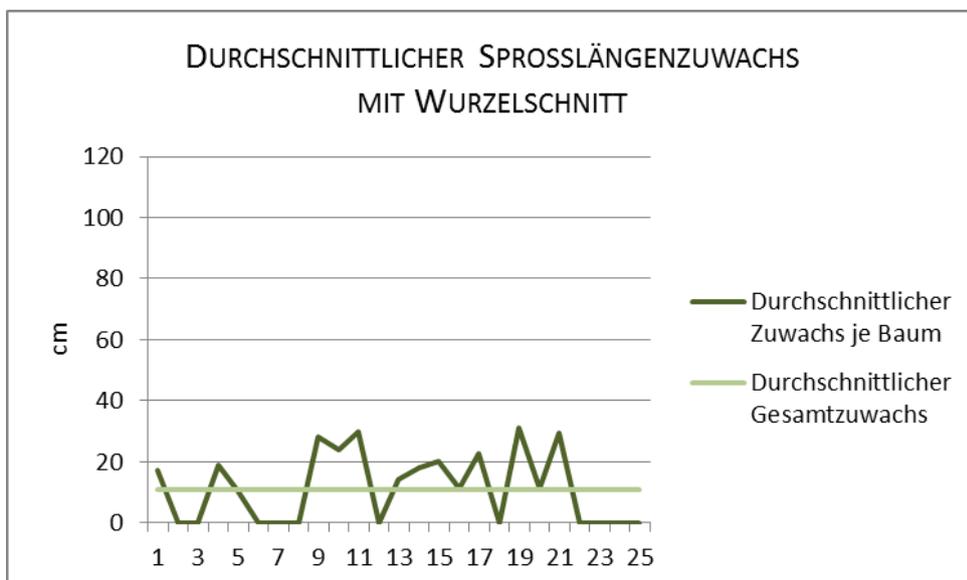


Abb. 43: Durchschnittlicher Sprosslängenzuwachs in Zentimeter mit Wurzelschnitt am 08.08.2012 (*Acer campestre*, Wien/Essling)

Die Bäume, deren Spross auf 30 Zentimeter gekürzt wurde, haben im Durchschnitt 47 Zentimeter ausgetrieben. Der geringste Zuwachs in einem Stück beträgt fünf, der größte 143

Zentimeter. Im Mittel beträgt der kürzeste Austrieb der Bäume 14, der längste 74 Zentimeter (vgl. Abb. 44). Der gesamte Sprosslängenzuwachs beträgt in Summe 7.170 Zentimeter.

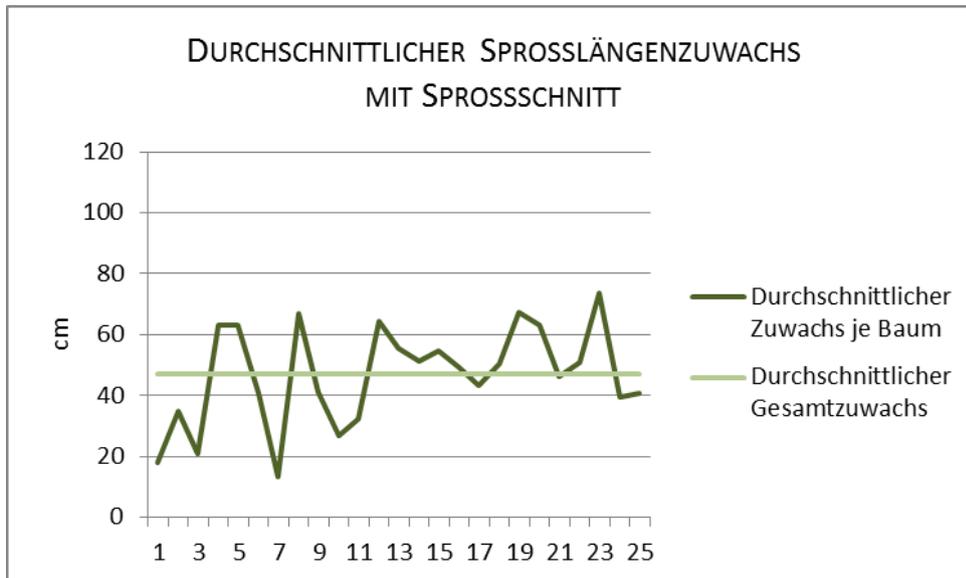


Abb. 44: Durchschnittlicher Sprosslängenzuwachs in Zentimeter mit Sprosschnitt am 08.08.2012 (*Acer campestre*, Wien/Essling)

In der Gruppe Spross- und Wurzelschnitt erreichen die Bäume einen durchschnittlichen Gesamtzuwachs von 40 Zentimetern. Der geringste gemessene Wert an einem Stück beträgt null, der größte 118 Zentimeter. Im Mittel haben die Bäume ebenfalls mit einer Sprosslänge von null bis 118 Zentimeter ausgetrieben (vgl. Abb. 45). Der Gesamtzuwachs aller Sprosse beträgt in Summe 4.181 Zentimeter.

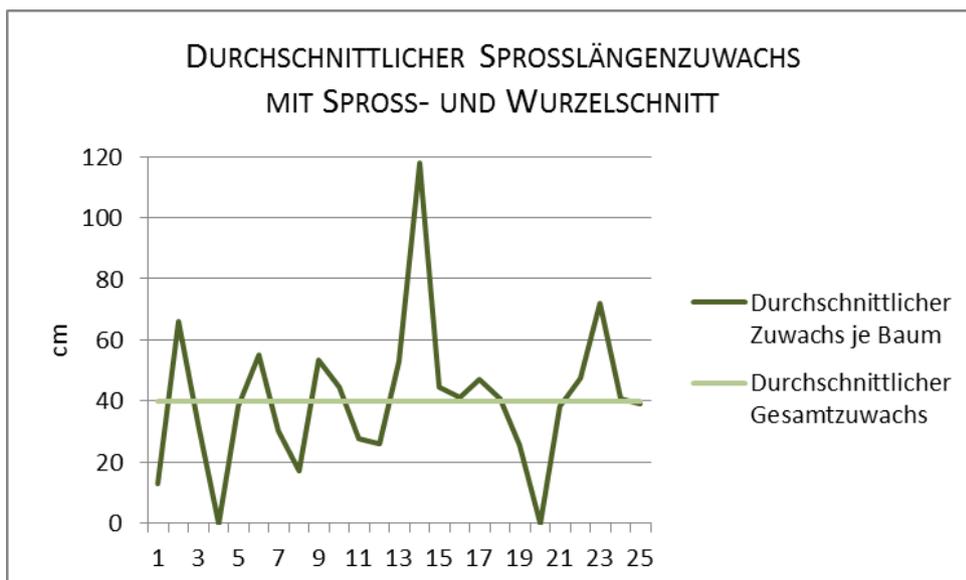


Abb. 45: Durchschnittlicher Sprosslängenzuwachs in Zentimeter mit Spross- und Wurzelschnitt am 08.08.2012 (*Acer campestre*, Wien/Essling)

8.2.2 Sprosslängenzuwachs im Vergleich

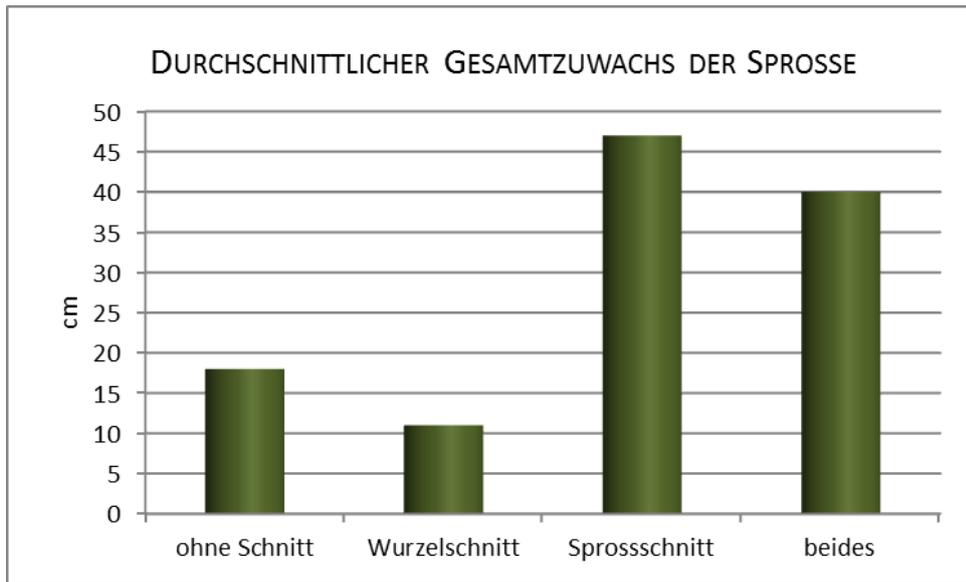


Abb. 46: Durchschnittlicher Gesamtwuchs der Sprosse in Zentimeter im direkten Vergleich am 08.08.2012 (*Acer campestre*, Wien/Essling)

Messung vom 08.08.2012	Ohne Schnitt	Wurzelschnitt	Sprossschnitt	Wurzel- und Sprossschnitt
Gesamtwuchs Summe [cm]	2858	886	7170	4181
Gesamtwuchs MW [cm]	18	11	47	40
Sprosslänge in einem Stück min./max. [cm]	0/60	0/42	5/143	0/118
Sprosslänge im Durchschnitt min./max. [cm]	0/33	0/31	14/74	0/118

Tab. 6: Untersuchungsergebnisse des Sprosslängenzuwachses im direkten Vergleich am 08.08.2012 (MW = Mittelwert)

8.2.3 Interpretation der Ergebnisse des Sprosslängenzuwachses

Bei der Sprosslängenmessung am 08.08.2012 sind deutliche Unterschiede im Sprosszuwachs zwischen den vier Gruppen zu erkennen.

In der *Gruppe ohne Schnitt* haben bis auf einen Baum alle durchschnittlich an 5,6 Stellen ausgetrieben und an Sprosslänge in Summe 2.858 Zentimeter zugenommen. Durch den zeitgerechten Austrieb war es den Bäumen möglich, einen derartigen Zuwachs innerhalb von 18 Wochen zu erreichen.

In der Gruppe Wurzelschnitt haben zu diesem Zeitpunkt deutlich weniger Bäume an neuen Sprossen zugelegt. Abzüglich der drei Ausfälle haben nur 14 Bäume an durchschnittlich 2,4 Stellen ausgetrieben und eine Gesamtsprosslänge von 889 Zentimetern erreicht. Dieser mit Abstand schlechteste Wert ist durch den deutlich späteren Austrieb, sowie den massiven Eingriff in den Hormonhaushalt der Bäume zu erklären. Wie bei der Kontrolle der Knospen- und Blattentfaltung zeigen sich auch hier große, durch den Wurzelschnitt verursachte, Einschränkungen der Wuchspotenz. Das Sprosswachstum kommt durch die verringerte Wasser- und Nährstoffaufnahme vorübergehend fast zum Erliegen. Die Bäume nutzen jetzt alle Reserven um das Ungleichgewicht zwischen Wurzel und Spross wieder auszugleichen. Dafür werden die ungenutzten Assimilate in die Wurzeln verlagert, wo die gebildeten Auxine für ein gesteigertes Längenwachstum sorgen (MATYSEK, 1998).

Die Gruppe Sprossschnitt hat am stärksten an neuen Sprosslängen zugelegt. Mit einem Austrieb an durchschnittlich 6,4 Stellen haben sie einen Gesamtzuwachs in Summe von 7.170 Zentimetern erreicht. Die Bäume dieser Gruppe zeigen mit fast 2/3 mehr Zuwachs gegenüber der Gruppe ohne Schnitt das deutlichste Ergebnis der Sprosslängenmessung. Trotz des späteren Austriebs holen die Bäume rasch auf und überholen die anderen Gruppen um ein Vielfaches. Nachdem der Baum alle Reserven für einen raschen Wundverschluss verbraucht, werden die durch den Schnitt verringerten Assimilate einzig für den Aufbau der ursprünglichen Blattfläche verwendet (REICH, 2002). Da die gesamte Wurzelmasse noch in Takt ist, kann diese den Spross mit Wasser und Nährstoffen im Überfluss versorgen. Ein ausgewogenes Wurzel-Spross-Verhältnis ist daher relativ schnell wiederhergestellt. Trotz der radikalen Einkürzung des Sprosses auf 30 Zentimeter gab es keine Ausfälle.

In der Gruppe Wurzel- und Sprossschnitt ist ein Baum ausgefallen und einer hat keine neuen Sprosse entwickelt. Alle anderen haben durchschnittlich an 6,6 Stellen ausgetrieben und eine Gesamtsprosslänge von 4.181 Zentimetern erreicht. Die Werte zeigen, dass ein durch Schnitt hergestelltes, ausgewogenes Wurzel-Spross-Verhältnis zwar eine Verzögerung im Austrieb, jedoch auch ein gesteigertes Längenwachstum zur Folge hat. Nach einer kurzen Regenerationsphase wird die Gruppe ohne Schnitt fast um das Doppelte überholt.

Betrachtet man alleine die Ergebnisse des Sprosslängenzuwachses, so ist eindeutig zu einem Sprossschnitt zu raten. Weniger zu empfehlen ist ein Wurzel- und Sprossschnitt und von einem alleinigen Wurzelschnitt ist gänzlich abzuraten. Die Bäume der Gruppe Sprossschnitt haben annähernd am häufigsten (6,4-mal pro Baum) ausgetrieben und am stärksten an Sprosslängen zugenommen.



Abb. 47, 48, 49, 50: Sprosslängenzuwachs bei *Acer campestre* in der Gruppe ohne Schnitt (Wien/Essling, 08.08.2012, Quelle: Victoria Simon)



Abb. 51, 52, 53 u. 54: Sprosslängenzuwachs bei *Acer campestre* in der Gruppe Wurzelschnitt (Wien/Essling, 08.08.2012, Quelle: Victoria Simon)



Abb. 55, 56, 57 u. 58: Sprosslängenzuwachs bei *Acer campestre* in der Gruppe Sprossschnitt (Wien/Essling, 08.08.2012, Quelle: Victoria Simon)



Abb. 59, 60, 61 u. 62: Sprosslängenzuwachs bei *Acer campestre* in der Gruppe Wurzel- und Sprossschnitt (Wien/Essling, 08.08.2012, Quelle: Victoria Simon)

8.2.4 Baumhöhenzuwachs

Alle Werte der Baumhöhenmessung werden in Zentimeter, gerundet auf eine ganze Zahl, angegeben. Gemessen wurde am 08.08.2012 und am 13.05.2013.

In der Gruppe ohne Schnitt haben die Bäume nach etwa 18 Wochen (am 08.08.2012) einen durchschnittlichen Höhenzuwachs von 101 Zentimetern erreicht. Nach weiteren 40 Wochen (am 13.05.2013) haben sie im Mittel nochmals 24 Zentimeter an Höhe zugenommen (vgl. Abb. 63). Der kleinste Baum wurde Anfang August 2012 mit 50 Zentimetern Zuwachs gemessen, der größte Mitte Mai 2013 mit 174 Zentimetern. Bei der Pflanzung am 03.04.2012 hatten die Bäume eine Höhe zwischen 80 und 120 Zentimetern.

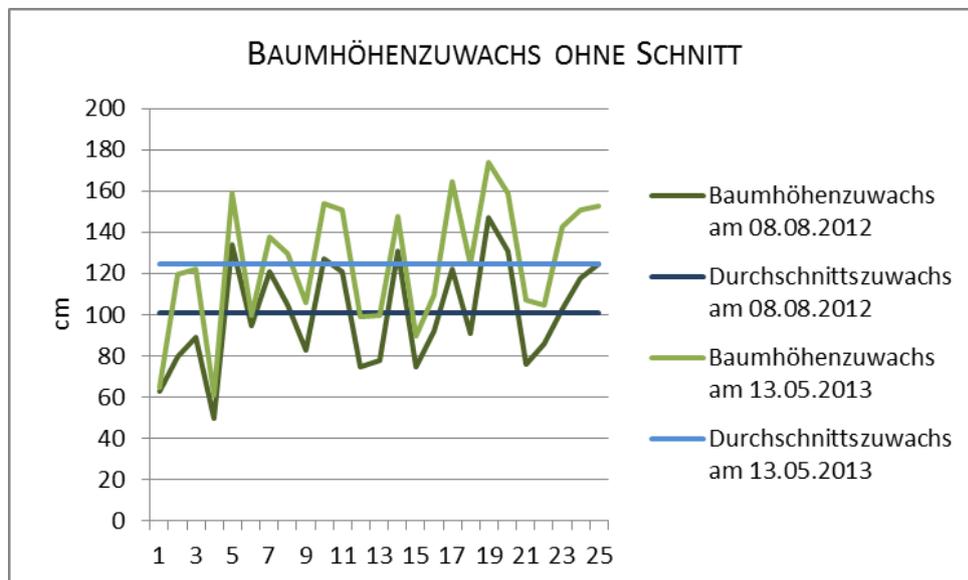


Abb. 63: Gesamter und durchschnittlicher Baumhöhenzuwachs der Gruppe ohne Schnitt bei der Messung am 08.08.2012 und am 13.05.2013 (*Acer campestre*, Wien/Essling)

Um einen direkten Höhenvergleich zu ermöglichen, werden die drei nicht ausgetriebenen Bäume bis zum 08.08.2012 und die letztendlich zwei abgestorbenen Bäume bis zum 13.05.2013 bei der Durchschnittshöhe sowie bei der Angabe des kleinsten Baumes nicht berücksichtigt.

In der Gruppe Wurzelschnitt beträgt der durchschnittliche Höhenzuwachs bei der ersten Messung (am 08.08.2012) 83 Zentimeter und bei der zweiten (am 13.05.2013) 109 Zentimeter (vgl. Abb. 64). Der Baum mit dem geringsten Höhenzuwachs wurde Anfang August 2012 mit 51 Zentimetern, der Größte Mitte Mai 2013 mit 160 Zentimetern gemessen. Bei der Pflanzung am 03.04.2012 hatten die Bäume eine Höhe zwischen 80 und 120 Zentimetern.

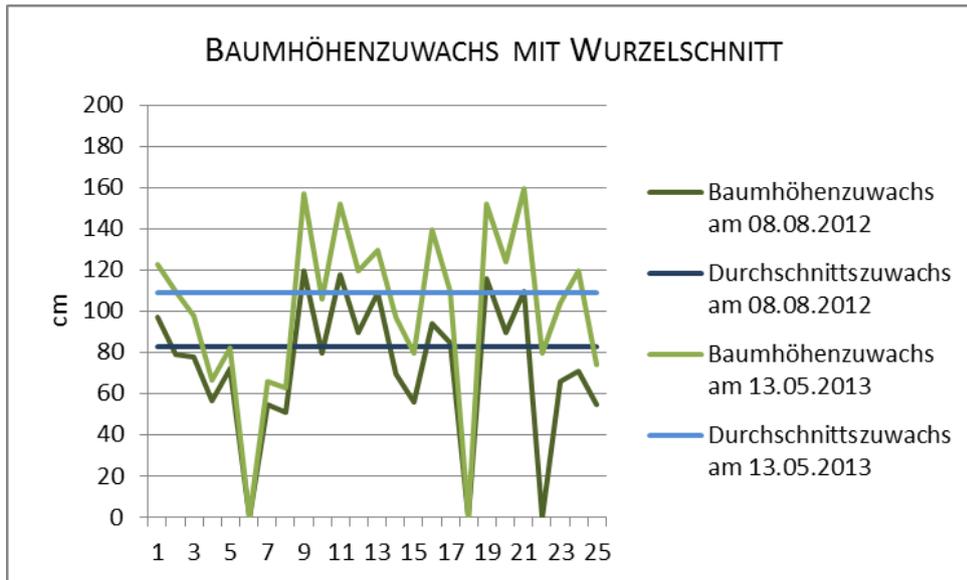


Abb. 64: Gesamter und durchschnittlicher Baumhöhenzuwachs der Gruppe Wurzelschnitt bei der Messung am 08.08.2012 und am 13.05.2013 (Ausfälle wurden bei der Durchschnittsermittlung nicht berücksichtigt, *Acer campestre*, Wien/Essling)

In der Gruppe Sprossschnitt erreichten die Bäume bei der Messung am 08.08.2012 einen Durchschnittszuwachs von 100 Zentimetern. Bei der Messung am 13.05.2013 haben sie nochmals 33 Zentimeter an Höhe zugelegt (vgl. Abb. 65). In dieser Gruppe gab es keine Ausfälle. Der kleinste Baum wurde mit 33 (08.08.2012), der Größte mit 197 Zentimetern Zuwachs (13.05.2013) gemessen. Bei der Pflanzung (03.04.2012) hatten alle Bäume aufgrund des Sprossschnitts eine Höhe von 30 Zentimetern.

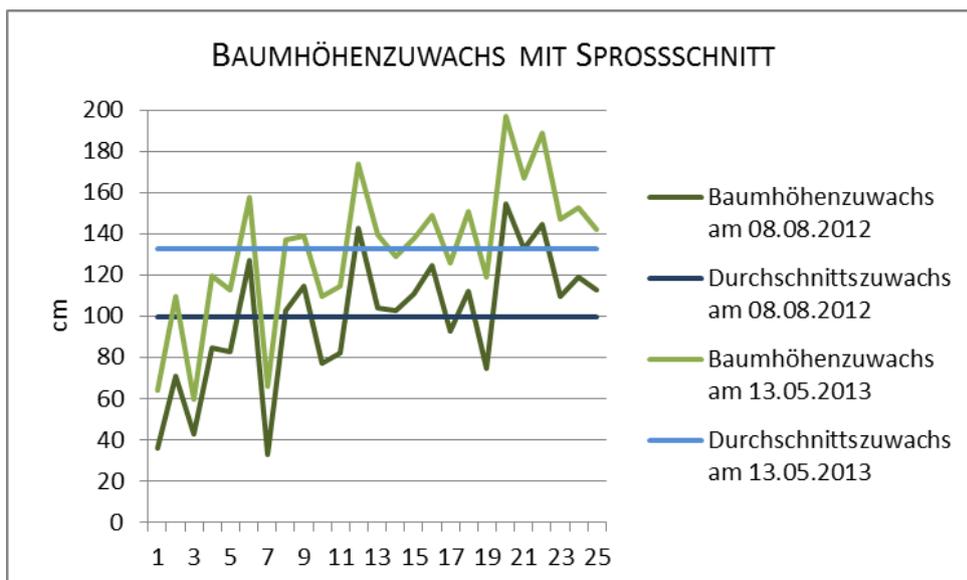


Abb. 65: Gesamter und durchschnittlicher Baumhöhenzuwachs der Gruppe Sprossschnitt bei der Messung am 08.08.2012 und am 13.05.2013 (*Acer campestre*, Wien/Essling)

Die Gruppe Spross- und Wurzelschnitt erreichte eine durchschnittliche Baumhöhe von 77 Zentimetern (am 08.08.2012). Etwa 40 Wochen später (am 13.05.2013) nahmen die Bäume weitere 34 Zentimeter an Höhe zu (vgl. Abb. 66). Der kleinste Baum wies eine Höhe von 33 (08.08.2012), der Größte eine Höhe von 175 Zentimetern (13.05.2013) auf. In dieser Gruppe gab es insgesamt zwei Ausfälle, die bei der Durchschnittshöhe sowie der Angabe des kleinsten Baumes nicht berücksichtigt wurden. Der zweite Ausfall entstand vor der ersten Messung am 08.08.2012, vermutlich durch den Rasenmäher. In dieser Gruppe wurden die Bäume bei der Pflanzung (03.04.2012) am Spross auf 30 Zentimeter, bei den Wurzeln auf 15 Zentimeter gekürzt.

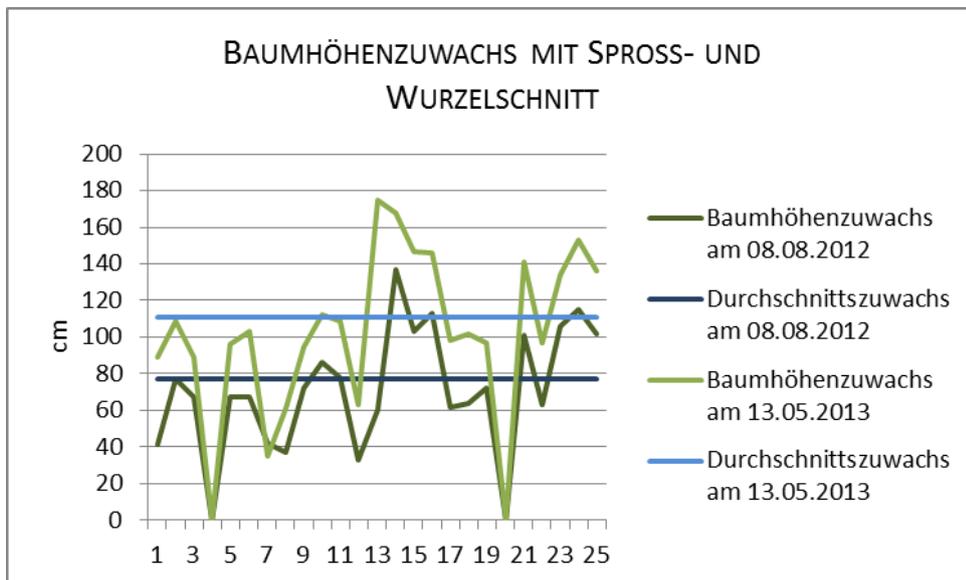


Abb. 66: Gesamter und durchschnittlicher Baumhöhenzuwachs der Gruppe Spross- und Wurzelschnitt bei der Messung am 08.08.2012 und am 13.05.2013 (Ausfälle wurden bei der Durchschnittsermittlung nicht berücksichtigt, *Acer campestre*, Wien/Essling)

8.2.5 Baumhöhenzuwachs im Vergleich

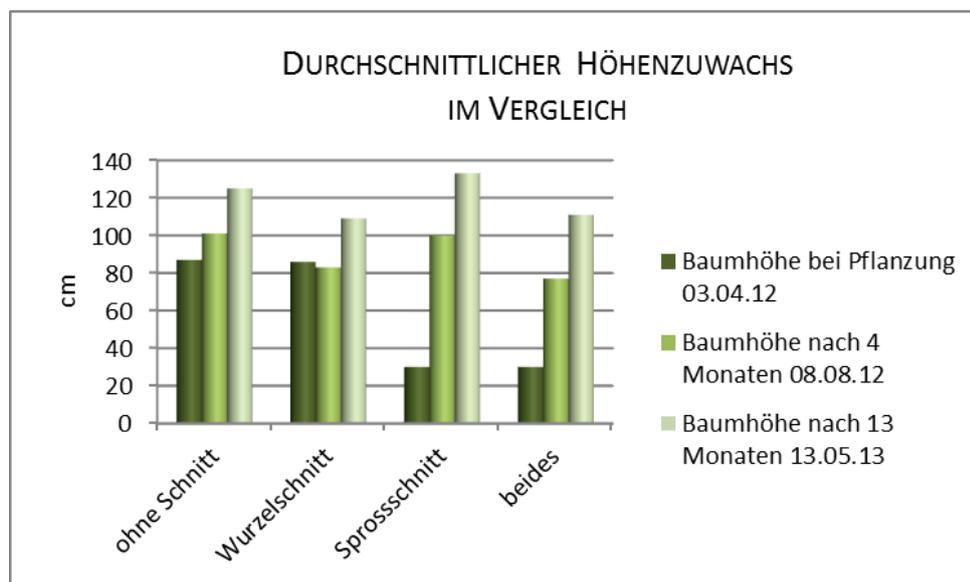


Abb. 67: Untersuchungsergebnisse des durchschnittlichen Höhenzuwachses im direkten Vergleich (Ausfälle wurden bei der Durchschnittsermittlung nicht berücksichtigt, *Acer campestre*, Wien/Essling)

Baumhöhe [cm]	Pflanzung 03.04.2012	nach 4 Monaten 08.08.2012	nach 13 Monaten 13.05.2013
Ohne Schnitt	87	101	125
Wurzelschnitt	86	83	109
Sprossschnitt	30	100	133
Wurzel- und Sprossschnitt	30	77	111

Tab. 7: Untersuchungsergebnisse des durchschnittlichen Höhenzuwachses im direkten Vergleich (Ausfälle wurden bei der Durchschnittsermittlung nicht berücksichtigt)

8.2.6 Interpretation der Ergebnisse des Baumhöhenzuwachses

Die Messung des Baumhöhenzuwachses zeigte deutliche Unterschiede in der Wuchspotenz der unterschiedlich beschnittenen Baumgruppen.

In der *Gruppe ohne Schnitt* sind die Bäume relativ konstant gewachsen und haben gleichmäßig an Höhe zugenommen. Vergleicht man den Höhenzuwachs der untersuchten Bäume mit dem Jahreszuwachs schnellwachsender Lichtbaumarten von bis zu 40 Zentimetern (NABU, 2013), so kommt man mit einem Wert von 38 Zentimetern (gemessen nach zirka einem Jahr, am 13.05.2013) dicht heran.

In der Gruppe Wurzelschnitt setzen sich die schlechten Ergebnisse der Knospen- und Blattentfaltung sowie des Sprosslängenzuwachses fort. Durch die Unterversorgung des Sprosses mit Wasser und Nährstoffen sind bei einigen Bäumen die Enden des Hauptsprosses abgestorben. Die Bäume haben erst weiter unten mit dem Austrieb begonnen (vgl. Abb. 68), weshalb bei der ersten Untersuchung am 08.08.2012 eine durchschnittliche Höhendifferenz von minus drei Zentimetern gemessen wurde. Bei der zweiten Messung, nach zirka einem Jahr, wurde etwas mehr als die Hälfte (23 Zentimeter Höhenzuwachs) eines üblichen Jahreszuwachses verzeichnet. Hierbei sieht man deutlich, dass die Bäume alle Reserven und Kraft in den Aufbau der Wurzelmasse investieren und die oberirdischen Teile der Pflanze vernachlässigt werden. Nach längerer Anlaufzeit beginnen die Bäume dennoch mit dem Höhenwachstum.



Abb. 68: Baum mit abgestorbener Sprossspitze (*Acer campestre*, Wien/Essling, 08.08.2012, Quelle: Victoria Simon)

Die Gruppe Sprossschnitt hat den größten Höhenzuwachs zu verzeichnen. Bereits nach 18 Wochen (08.08.2012) wurde eine durchschnittliche Baumhöhe von 100 Zentimetern, sprich einem Höhenunterschied von 70 Zentimetern seit dem Tag der Pflanzung, verzeichnet. Nach etwa einem Jahr (13.05.2013) haben die Bäume durchschnittlich 103 Zentimeter an Höhe zugenommen. Dies lässt sich wie beim Sprosslängenwachstum mit der plötzlichen Überversorgung durch Nährstoffe und Wasser aufgrund der verhältnismäßig großen

Wurzelmasse erklären. Daher „schießen“ die Bäume zu Beginn regelrecht in die Höhe und ebbten dann allmählich in ihrem Höhenzuwachs ab.

In der Gruppe Wurzel- und Sprosschnitt sind die Höhenzuwächse wieder annähernd konstant. Dennoch liegen die Jahreszuwächse, wie auch bei der Gruppe Sprosschnitt, deutlich über dem in der Literatur beschriebenen Wert von bis zu 40 Zentimetern (NABU, 2013). Auch bei dieser Messung zeigt sich durch das ausgewogene Wurzel-Spross-Verhältnis eine gesteigerte Wuchspotenz der Bäume.

Betrachtet man ausschließlich die Ergebnisse des Baumhöhenzuwachses so ist sowohl zu einem Sprosschnitt als auch zu einem Wurzel- und Sprosschnitt zu raten. Trotz der Einkürzung des Sprosses auf 30 Zentimeter haben alle vier Gruppen annähernd gleiche Höhen erreicht. Am konstantesten und annähernd schnellsten hat die Gruppe Wurzel- und Sprosschnitt ausgetrieben, jedoch sind hier zwei Ausfälle zu verzeichnen. Mit deutlich geringeren Zuwächsen jedoch auch sehr konstant zeigte sich die Gruppe ohne Schnitt. Nicht zu empfehlen ist der reine Wurzelschnitt.



Abb. 69 u. 70: li. kleinster u. re. größter Baum der Gruppe ohne Schnitt (*Acer campestre*, Wien/Essling, li. 08.08.2012, re. 13.05.2013, Quelle: Victoria Simon)



Abb. 71 u. 72: li. kleinster u. re. größter Baum der Gruppe Wurzelschnitt (*Acer campestre*, Wien/Essling, li. 08.08.2012, re. 13.05.2013, Quelle: Victoria Simon)



Abb. 73 u. 74: li. kleinster u. re. größter Baum der Gruppe Sprossschnitt (*Acer campestre*, Wien/Essling, li. 08.08.2012, re. 13.05.2013, Quelle: Victoria Simon)



Abb. 75 u. 76: li. kleinster u. re. größter Baum der Gruppe Wurzel- und Sprossschnitt (*Acer campestre*, Wien/Essling, li. 08.08.2012, re. 13.05.2013, Quelle: Victoria Simon)

8.2.7 Sprosszuwachs

Die Werte des Sprosszuwachses werden in Zentimeter, gerundet auf eine Nachkommastelle, angegeben. Gemessen wurde einmalig nach 13 Monaten am 13.05.2013. Am Tag der Pflanzung wiesen die Bäume eine durchschnittliche Sprossdicke an der Basis von einem Zentimeter auf.

In der *Gruppe ohne Schnitt* haben die Sprosse an der Basis durchschnittlich 0,7 Zentimeter an Dicke zugenommen (vgl. Tab. 8). Der kleinste gemessene Durchmesser beträgt 0,9, der Größte 2,1 Zentimeter.

Der Dickenzuwachs der *Gruppe Wurzelschnitt* fällt mit einem durchschnittlichen Gesamtwuchs von 0,2 Zentimeter deutlich geringer aus (vgl. Tab. 8). Der kleinste gemessene Wert beträgt 0,5, der Größte 1,7 Zentimeter.

In der *Gruppe Sprossschnitt* war der stärkste Durchmesserzuwachs mit einem Durchschnittswert von 0,8 Zentimeter zu verzeichnen (vgl. Tab. 8). Hier beträgt der geringste Durchmesser 0,8 und der Größte 2,9 Zentimeter.

Der Spross der *Gruppe Wurzel- und Sprossschnitt* hat an der Basis einen durchschnittlichen Zuwachs von 0,3 Zentimetern erreicht (vgl. Tab. 8). Der kleinste Durchmesser beträgt 0,7, und der Größte 1,8 Zentimeter.

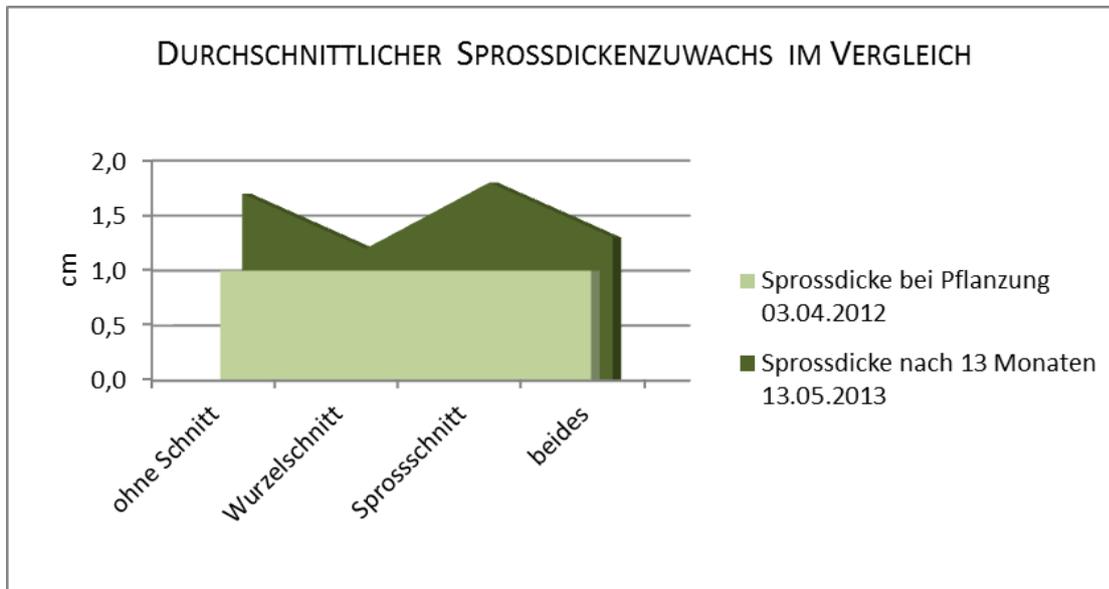


Abb. 77: Durchschnittlicher Sprossdickenzuwachs zwischen dem 03.04.2012 und dem 13.05.2013 (*Acer campestre*, Wien/Essling)

	Ohne Schnitt	Wurzelschnitt	Sprossschnitt	Wurzel- und Sprossschnitt
Sprossdicke bei Pflanzung [cm]	1,0	1,0	1,0	1,0
Sprossdicke bei Messung [cm]	1,7	1,2	1,8	1,3
Dickenzuwachs gesamt [cm]	0,7	0,2	0,8	0,3

Tab. 8: Ergebnisse des Sprossdickenzuwachses von der Pflanzung (03.04.2012) bis zur Messung nach 13 Monaten (13.05.2013)

8.2.8 Interpretation der Ergebnisse des Sprossdickenzuwachses

Das Dickenwachstum eines Baumes hängt stark von den jeweiligen Standortbedingungen ab und fällt dementsprechend groß bei optimalen Voraussetzungen aus. Da bei diesem Versuch alle Bäume unter gleichen Bedingungen gewachsen sind, ist die Untersuchung der Sprossdicke ein weiterer Parameter für den Zustand der Bäume und zum Vergleich der Schnittmaßnahmen.

Wie bei den anderen Messungen haben die Bäume der *Gruppe ohne Schnitt* solide und konstant ausgetrieben und an Dicke zugenommen.

In der *Gruppe Wurzelschnitt* sind, wie bereits erwartet, nur geringe Dickenzuwächse von durchschnittlich 0,2 Zentimetern zu verzeichnen. Dies lässt sich auf die durch den Schnitt verursachte eingeschränkte Wasseraufnahme zurückführen, wodurch das Streckungswachstum, sowie das Dickenwachstum im Spross vorübergehend reduziert oder ganz eingestellt werden. Durch die drastisch verringerte Cytokininbildung kann der Spross kurzfristig keine Assimilate für den eigenen Zuwachs nutzen und verlagert diese in die Wurzeln (MATYSEK, 1998).

Die *Gruppe Sprossschnitt* hat die größten Dickenzuwächse zu verzeichnen. Wie bei den anderen Messungen haben die Bäume dieser Gruppe am schnellsten an Masse zugelegt.

In der *Gruppe Wurzel- und Sprossschnitt* sind die Dickenzuwächse gegenüber den anderen Untersuchungsergebnissen sehr gering ausgefallen. Mit einem durchschnittlichen Wert von 1,3 Zentimetern haben sie innerhalb von 13 Monaten mit einem Zuwachs von nur 0,3 Zentimetern annähernd schlecht an Stärke zugenommen wie die Bäume der Gruppe Wurzelschnitt. Durch das vermeintlich „ideale“ hergestellte Wurzel-Spross-Verhältnis investiert die Pflanze alle Kraft in das Längenwachstum und vernachlässigt dabei das Dickenwachstum.

Betrachtet man ausschließlich die Ergebnisse des Sprossdickenzuwachses, so ist einerseits zu einem Sprossschnitt, andererseits zu keinem Schnitt zu raten. Diese Bäume haben am schnellsten an Sprossdicke zugenommen und können somit am stabilsten eine solid entwickelte Krone tragen

8.3 Vitalitätsstufen nach ROLOFF

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der Vitalitätsstufenerhebung vom 08.08.2012 und 29.07.2013 dargestellt. Die Zeitpunkte der Aufnahme wurden bewusst gewählt, da die Kronen in diesen Monaten voll ausgeprägt und jahreszeitlich am wenigsten beeinflusst sind. Die Vitalitätsstufen werden im Folgenden mit VS abgekürzt.

Die Bäume der Gruppe ohne Schnitt erreichen bei der ersten Messung am 08.08.2012 eine VS von 1,16. Mit einem Baum der VS 0 und insgesamt 19 Bäumen der VS 1 weist diese Gruppe einen hohen Anteil an Bäumen mit hoher Vitalität auf. Dieser Wert verbessert sich innerhalb einer Vegetationsperiode (29.07.2013) auf VS 1 (vgl. Abb. 78 und Tab. 9).

In der Gruppe Wurzelschnitt sind die Ergebnisse deutlich schlechter ausgefallen. Mit drei Ausfällen und nur mehr 11 Bäumen der VS 1 erreichen sie eine mittlere VS von 2,05. Bei der zweiten Messung verbessert sich dieser Wert geringfügig auf VS 1,61 (vgl. Abb. 78 und Tab. 9).

Die Vitalitätsstufe der Gruppe Sprossschnitt beträgt 2012 im Mittel 1,52. Hier erreichen lediglich 12 Bäume VS 1, jedoch gibt es keine Ausfälle. Innerhalb einer Vegetationsperiode verbessert sich dieser Wert auf das beste Ergebnis mit VS 0,84 (vgl. Abb. 78 und Tab. 9).

In der Gruppe Wurzel- und Sprossschnitt erreichen die Bäume eine durchschnittliche VS von 1,74. In dieser Gruppe sind zwei Ausfälle zu verzeichnen. Bei der Messung 2013 bessert sich der Wert minimal auf VS 1,39 (vgl. Abb. 78 und Tab. 9).

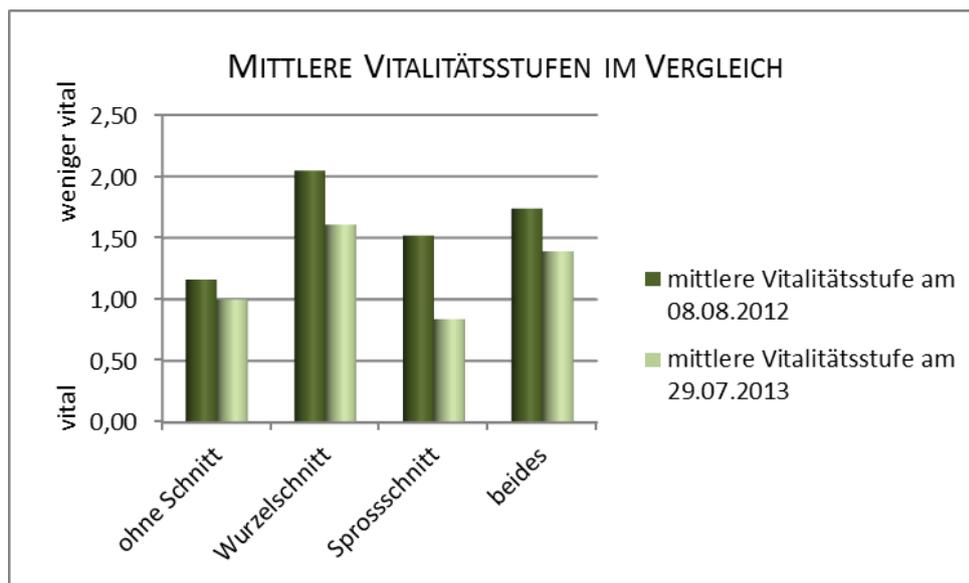


Abb. 78: Durchschnittliche Vitalitätsstufen im Vergleich 08.08.2012 und 29.07.2013 (*Acer campestre*, Wien/Essling)

	Ohne Schnitt	Wurzelschnitt	Sprossschnitt	Wurzel- und Sprossschnitt
mittlere Vitalitätsstufe am 08.08.2012	1,16	2,05	1,52	1,74
mittlere Vitalitätsstufe am 29.07.2013	1,00	1,61	0,84	1,39

Tab. 9: Ergebnisse der Erhebung der Vitalitätsstufen vom 08.08.2012 und 29.07.2013

8.3.1 Interpretation der Ergebnisse der Vitalitätsstufen

In der Gruppe ohne Schnitt gibt es kein Exemplar, welches eine geringere Vitalität als VS 2 aufweist. Die Bäume zählen bei beiden Untersuchungen zu den vitalsten Bäumen. Auch in der Gruppe Sprossschnitt gibt es keine schlechteren Ergebnisse als VS 2, dennoch sind die Bäume in Vergleich zur ersten Gruppe deutlich weniger vital. Erst bei der zweiten Erhebung überholen die sprossgeschnittenen Bäume die der Gruppe ohne Schnitt. Am schlechtesten schneiden die Bäume der Gruppe Wurzelschnitt sowie der Gruppe Wurzel- und Sprossschnitt ab. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Ergebnissen der vorherigen Erhebungen.

Würde man anhand dieser Ergebnisse eine Empfehlung abgeben, so sollte man zu keinem Schnitt beziehungsweise zu einem alleinigen Sprossschnitt raten. Abzüglich der Ausfälle weisen alle Bäume eine hohe Vitalität auf. Die Vitalitätssteigerung in allen Gruppen, von 2012 auf 2013, deutet auf eine besser werdende Kronenstruktur sowie auf größere

Trieb­längen im Folgejahr hin. Dieses Ergebnis zeigt, dass sich alle Bäume, bezüglich ihrer Vitalität, nach einer gewissen Zeit von Schnittmaßnahmen jeglicher Art erholen können.



Abb. 79 u. 80: li. Vitalitätsstufe VS 0 und re. Vitalitätsstufe VS 1 (*Acer campestre*, Wien/Essling, 29.07.2013, Quelle: Victoria Simon)

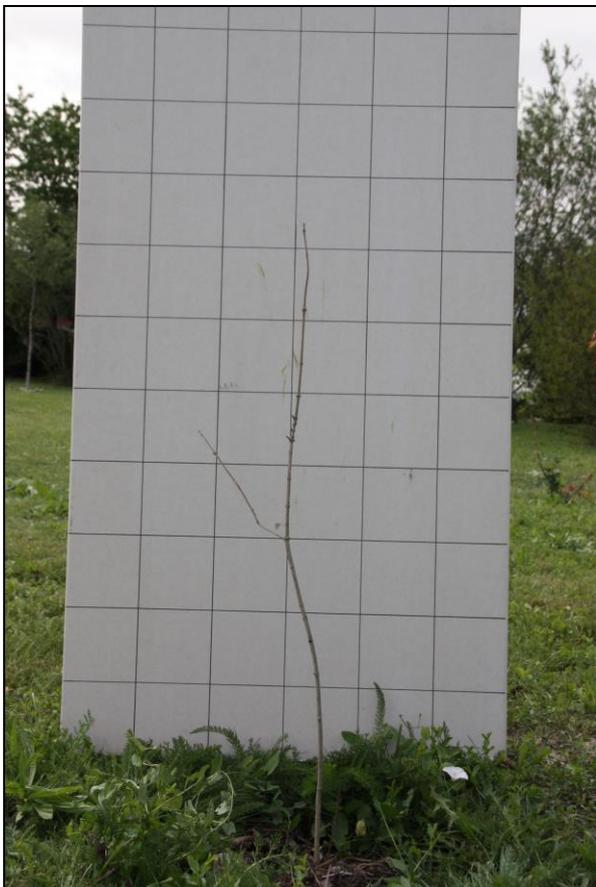


Abb. 81, 82, u. 83: li.o. Vitalitätsstufe VS 2, re.o. Vitalitätsstufe VS 3 u. li.u. Vitalitätsstufe VS 4 (Acer campestre, Wien/Essling, 08.08.2012 u. 29.07.2013, Quelle: Victoria Simon)

8.4 Kronenzustandsstufen nach BRAUN

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Kronenzustandsstufen nach BRAUN (1990) dargestellt. Untersucht wurde am 08.08.2012 und am 29.07.2013. Auch hier wurden die zwei Monate gewählt, da die geringsten Beeinflussungen durch Herbst oder Frühjahr gegeben sind und der Austrieb bereits abgeschlossen ist. Die Kronenzustandsstufen werden auf den nachstehenden Seiten mit KZS abgekürzt.

In der Gruppe ohne Schnitt weisen die Bäume bei beiden Messungen eine durchschnittliche KZS von 1,88 auf. In dieser Gruppe gibt es lediglich einen Baum, der eine KZS von 3 hat, alle anderen variieren zwischen KZS 1 und 2 (vgl. Abb. 84 u. Tab. 10).

Die Bäume der Gruppe Wurzelschnitt weisen mit einer KZS von 2,52 die schlechtesten Ergebnisse auf. Mit drei Ausfällen und sechs Bäumen der KZS 3 erzielen sie die schlechtesten, gemessenen Werte. Diese werden auch im Verlauf einer Vegetationsperiode nur minimal (KZS 2,36) besser (vgl. Abb. 84 u. Tab. 10).

Die mittlere Kronenzustandsstufe der Gruppe Sprossschnitt beträgt bei der Messung 2012 2,00 und 2013 1,64. Hier gibt es lediglich zwei Bäume mit KZS 3, die sich jedoch bis 2013 auf KZS 2 verbessern (vgl. Abb. 84 u. Tab. 10).

In der Gruppe Wurzel- und Sprossschnitt erreichen die Bäume eine durchschnittliche KZS von 2,24. Dieser Wert verändert sich bis zur zweiten Messung 2013 nur geringfügig auf 2,16 (vgl. Abb. 84 u. Tab. 10).

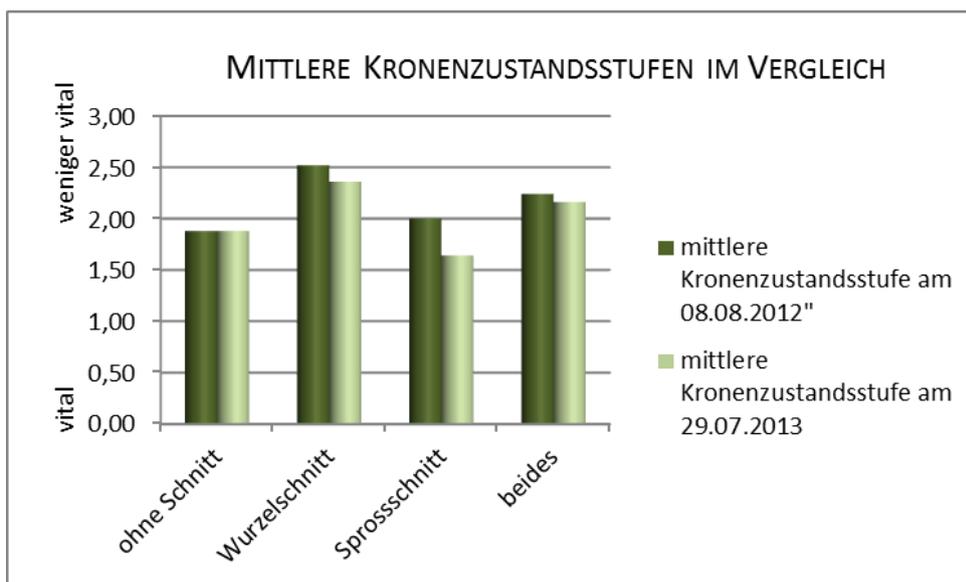


Abb. 84: Durchschnittliche Kronenzustandsstufen im Vergleich 08.08.2012 und 29.07.2013 (*Acer campestre*, Wien/Essling)

	Ohne Schnitt	Wurzelschnitt	Sprossschnitt	Wurzel- und Sprossschnitt
mittlere Kronenzustandsstufe am 08.08.2012	1,88	2,52	2,00	2,24
mittlere Kronenzustandsstufe am 29.07.2013	1,88	2,36	1,64	2,16

Tab. 10: Ergebnisse der Erhebung der Kronenzustandsstufen vom 08.08.2012 und 29.07.2013

8.4.1 Interpretation der Ergebnisse der Kronenzustandsstufen

Im Gegensatz zu den Vitalitätsstufen variieren die Ergebnisse der Kronenzustandsstufen zwischen erster und zweiter Erhebung deutlich weniger. Da bei den KZS die Belaubungsdichte ein Hauptparameter ist, kann davon ausgegangen werden, dass sich die Blattzahl innerhalb einer Vegetationsperiode nur wenig bis gar nicht vermehrt hat.

In der *Gruppe ohne Schnitt* gab es zwischen erster und zweiter Messung keinen Unterschied in der KZS.

Die *Gruppe Wurzelschnitt* zeigte eine geringe Verbesserung von 0,16, wobei an dieser Stelle darauf hingewiesen werden muss, dass es in der Natur unterschiedliche Ausprägungen und vor allem Übergangphasen der KZS gibt und eine eindeutige Klassifizierung oftmals schwierig war.

Die *Gruppe Sprossschnitt* zeigte mit 0,36 die deutlichste Verbesserung zwischen erster und zweiter Erhebung und die *Gruppe Wurzel- und Sprossschnitt* die geringste Verbesserung mit 0,08.

Betrachtet man alleinig die Ergebnisse der Untersuchung der Kronenzustandsstufen, so ist zu keinem Schnitt zu raten. Die Bäume weisen mit einem Wert von 1,88 die beste und vor allem beständigste KZS auf. Ein Sprossschnitt ist ebenso zu empfehlen, da sich diese Bäume innerhalb eines Jahres auf einen sehr guten Wert von 1,64 gesteigert haben. Von einem Wurzelschnitt bzw. einem Wurzel- und Sprossschnitt wäre aufgrund der schlechten Ergebnisse abzuraten.



Abb. 85, 86, u. 87: li.o. Kronenzustandsstufe 1, re.o. Kronenzustandsstufe 2 u. li.u. Kronenzustandsstufe 3 (*Acer campestre*, Wien/Essling, 08.08.2012 u. 29.07.2013, Quelle: Victoria Simon)

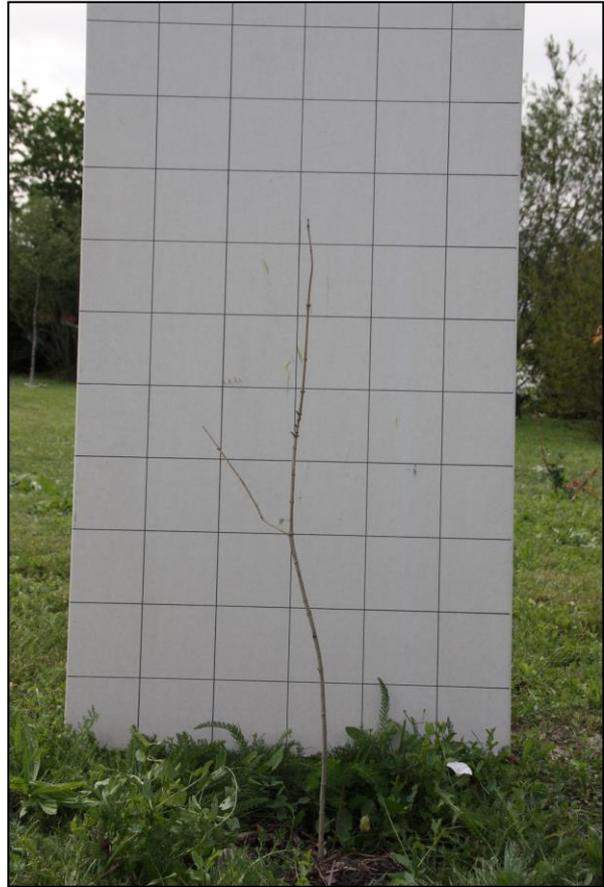


Abb. 88 u. 89: li. Kronenzustandsstufe 4, re. Kronenzustandsstufe 5 (*Acer campestre*, Wien/Essling, 08.08.2012, Quelle: Victoria Simon)

9. Resümee und Empfehlungen für die Praxis

Zusammenfassend lässt sich aufgrund der unterschiedlichen Messungen und Erhebungen sagen, dass bei Neupflanzungen ein Sprossschnitt sowie kein Schnitt die besten Ergebnisse hinsichtlich Wuchsleistung und Vitalität erzielen. Die nachstehende Tabelle fasst alle Resultate vereinheitlicht zusammen, wobei die Zahlenwerte durch Plus und Minus ersetzt werden. Doppelplus steht für das beste Ergebnis dieser Messung, Plus für das zweitbeste und so weiter. Bei der Gesamtwertung werden alle Plus addiert und die Minus abgezogen, wodurch sich ein Gesamtergebnis ableiten lässt (vgl. Tab. 10).

	ohne Schnitt	Wurzelschnitt	Sprossschnitt	Wurzel- und Sprossschnitt
<i>Knospen- und Blattentfaltung:</i>				
03.05.2012	++	--	+	-
18.05.2012	++	--	+	-
13.06.2012	++	--	+	-
<i>Sprosslängenzuwachs:</i>				
08.08.2012	-	--	++	+
<i>Baumhöhenzuwachs:</i>				
08.08.2012	++	-	+	--
13.05.2013	+	--	++	-
<i>Sprossdickenzuwachs:</i>				
13.05.2013	+	--	++	-
<i>Vitalitätsstufen:</i>				
08.08.2012	++	--	+	-
29.07.2013	+	--	++	-
<i>Kronenzustandsstufen:</i>				
08.08.2012	++	--	+	-
29.07.2013	+	--	++	-
<i>Ergebnis:</i>	+15	-21	+16	-10

Tab. 10: Zusammenfassung und Bewertung aller Ergebnisse (eigene Bearbeitung)

Die Bewertung zeigt, dass beide Baumgruppen bei denen die Wurzeln geschnitten wurden, die mit Abstand schlechtesten Ergebnisse liefern. Das vermeintlich „ideale“ durch Wurzel- und Sprossschnitt hergestellte Verhältnis erweist sich während der zwei beobachteten Vegetationsperioden als nicht praxistauglich. Als die absolut schlechteste Schnittvariante erweist sich der alleinige Wurzelschnitt, was bereits im Kapitel Ergebnisse erläutert wurde. Das beste Gesamtergebnis erzielt der Sprossschnitt, dicht gefolgt von der Baumgruppe ohne jeglichen Schnitt. Die exakten Werte aller Messungen lassen sich im Anhang aus den Tabellen entnehmen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse der Versuchsreihe auf alle Laubbäume mit ähnlichen Eigenschaften wie die des Feldahorns übertragbar sind. Langzeitstudien über mehrere Jahre würden jedoch deutlichere Resultate liefern, da gerade in der Gruppe Wurzel- und Sprossschnitt bessere Ergebnisse zu Beginn des Versuchs erwartet wurden. Dies wäre möglicherweise nach einer erheblich längeren Regenerationsphase der Fall. Zudem sollten verschiedene Laub- und Nadelbäume mit unterschiedlichen Eigenschaften getestet werden, um die Ergebnisse für Schnittmaßnahmen in der Praxis zu verwenden.

10. Quellenverzeichnis

10.1 Literaturverzeichnis

ALBRECHT S. (2005): Eignung der in der Baumpflege benutzten Schraube Baum-Tag II® der Firma d.b.g. für den Forstbetrieb unter besonderer Berücksichtigung der Wundreaktion von *Pinus sylvestris*, *Pseudotsuga menziesii*, *Quercus robur*, *Fagus sylvatica* und *Robinia pseudoacacia* auf die Schraube. Dresden, Technische Universität, Diplomarbeit 2005.

BAUMGARTEN H., DOOBE G., DUJESIEFKEN D., JASKULA P., KOWOL T., WOHLERS A. (2010): Kommunale Baumkontrolle zur Verkehrssicherheit – Der Leitfaden für den Baumkontrolleur auf der Basis der Hamburger Baumkontrolle. Fachamt für Stadtgrün und Erholung Hamburg in Zusammenarbeit mit dem Institut für Baumpflege Hamburg (Hrsg.). Haymarket Media, Braunschweig.

BECK C. B. (2010): An Introduction to Structure and Development, Plant Anatomy for the Twenty-First Century, 2nd ed. – Cambridge University Press, Cambridge.

BENDIXEN K. (2001): Zum Reproduktionssystem des Feldahorns (*Acer campestre* L.). Blühphänologie und genetische Untersuchungen. Dissertation am Institut für Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung. Universität Göttingen.

BOSSHARD H.H. (1974): Holzkunde I: Mikroskopie und Makroskopie des Holzes. Birkhäuser Verlag – Basel, Stuttgart. Seite 224 ff.

BRAUN C. (1990): Der Zustand der Wiener Stadtbäume – Interpretation des Kronenzustandes und vergleichende Untersuchung des Mineralstoffhaushaltes. Magistrat der Stadt Wien, MA 22 – Umweltschutz, Wien.

BRÄKER O.U. (1981): Der Alterstrend bei Jahrringdichten und Jahrringbreiten von Nadelhölzern und sein Ausgleich. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen – Birmensdorf. Seite 75 – 103.

BRÄKER O.U. (1999): Wachstum des einzelnen Baumes. Aus: Skript Waldwachstum I/II. Hrsg.: BACHMANN P. Professur Forsteinrichtung und Waldwachstum ETH Zürich, Birmensdorf.

BRÄUNING A. (1995): Zur Anwendung der Dendrochronologie in den Geowissenschaften. In: Die Erde 126. Seite 189 – 204.

BRENNER E.D., STAHLBERG R., MANCUSO S., VIVANCO J., BALUSKA F., VOLKENBURGH E. (2006): Plant neurobiology: an integrated view of plant signaling. Trends in Plant Science Vol. 11, Nr. 8. Seite 413 – 419.

COOPER R.E. (1958): The field maple and masers. Scottish Forestry 12. Seite 83 – 88.

DECKER E.L., FRANK W., SARNIGHAUSEN E., RESKI R. (2006): Moss Systems Biology en Route: Phytohormones in Physcomitrella Development. Plant Biology 8. Thieme Verlag – Freiburg. Seite 397 – 406.

DUSS A., KAUFMANN A., KÜPFER F., MASTRONARDI A. (2005): Dendrologiearbeit – Portraits einheimischer Waldgehölzarten. Studiengang Umweltingenieurwesen. Hochschule Wädenswil. Seite 1 – 5.

FAULER H. (2007): Studienblätter zur Vorlesung Gehölzkunde. Universität für Bodenkultur, Wien.

FLORINETH F. (2012): Pflanzen statt Beton. Sichern und Gestalten mit Pflanzen. Berlin – Hannover: Patzer Verlag. ISBN 978-3876171241

FUCHS F. (2012): Klimawandel und die Eignung von Stadtbäumen im pannonischen Raum. Masterarbeit an der Universität für Bodenkultur.

GIFFORD E. M., FOSTER A. S. (1996): Morphology and Evolution of Vascular Plants. 3rd ed. – W. H. Freeman and Company, New York.

GLOBE (2005): Phänologie. Ein Schulprojekt zur Untersuchung der Wirkung der Jahreszeiten auf biologische Zyklen. Globe Schweiz, 1. Auflage Oktober 2005.

GROSSER D. (1977): Die Hölzer Mitteleuropas. Springer Verlag – Berlin. Seite 208 ff.

HAAS H. (2012a): Pflanzen Schnitt. Taschenbuch. Gräfe und Unzer Verlag – München. Seite 14. ISBN 978-3833822131

HAAS H. (2012b): Pflanzen Schnitt. Das große GU Praxishandbuch. Gräfe und Unzer Verlag – München. Seite 36. ISBN 978-3833825361

HARTIG R. (1882): Über die Verteilung der organischen Substanz des Wassers und des Luftraumes in den Bäumen und die Ursache der Wasserbewegung in transpirierenden Pflanzen. Julius Springer – Berlin. Seite 112 ff.

HOFFMANN E. (1960): Der Ahorn: Wald-, Park- und Straßenbaum. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag.

JACOB F., JÄGER E.J., OHMANN E. (1994): Botanik. Fischer – Jena. Seite 609 ff.

KAUSSMANN B., SCHIEWER U. (1989): Funktionelle Morphologie und Anatomie der Pflanzen. Fischer – Jena. Seite 465 ff.

KRAUSE C. (1992): Ganzbaumanalyse von Eiche, Buche, Kiefer und Fichte mit dendroökologischen Methoden unter besonderer Berücksichtigung von Klima-Wachstums-Beziehungen und Weiserjahren. Dissertation an der Universität Hamburg. Seite 163 ff.

KRAUSE C., ECKSTEIN D. (1993): Dendrochronology of roots. *Dendrochronologia* 11. Seite 9 – 23.

KURZ P., MACHATSCHEK M. (2008): Alleebäume. Wenn Bäume ins Holz, ins Laub und in die Frucht wachsen sollen. Böhlau Verlag, Wien. Grüne Reihe Band 16. ISBN 978-3205774679

LADEFOGED K. (1939): Untersuchungen über die Periodizität im Ausbruch und Längenwachstum der Wurzeln bei einigen unserer gewöhnlichsten Waldbäume. Seite 222 ff.

LARCHER W. (1994): Ökophysiologie der Pflanzen: Leben, Leitung und Stressbewältigung der Pflanzen in der Umwelt. Ulmer Verlag – Stuttgart. Seite 394 ff.

MATYSSEK R. (1998): Baumphysiologische Auswirkungen von Wurzelschnitten und Verpflanzungen in jungen Holzpflanzen. In: *Neue Landschaft*. Jg.: 43, Nr. 04. Seite 288 – 289

MAYER J., SCHWEGLER H.W. (2002): Welcher Baum ist das? Bäume, Sträucher, Ziergehölze. Franckh-Kosmos Verlags-GmbH & CO. KG – Stuttgart. Seite 74. ISBN 978-3440085868

MITSCHERLICH G. (1975): Wald, Wachstum und Umwelt. Eine Einführung in die ökologischen Grundlagen des Waldwachstums. Sauerländer – Frankfurt a.M. Seite 352 ff.

PASSARGE H. (1954): Grundlagen und Aufgaben einer forstlich angewandten Arealkunde. Archiv für Forstwesen 3. Seite 694 – 705.

PIRC H. (1994): Ahorne. Ulmer Verlag – Stuttgart. ISBN 978-3800165544

RAVEN P.H., EVERT R.F., EICHHORN S.E. (2000): Biologie der Pflanzen. De Gruyter Verlag – Berlin. Seite 1032 ff.

REICH (2002): Root-Shoot-Relations: Optimality in Acclimation and Adaptation or the „Emperor’s New Clothes“? In: WAISSEL Y., ESHEL A., KAFKAFI U. (Hrsg.): Plant Roots. Dekker Inc., New York, Seite 205 – 220.

REICHENAUER B. (2000): Untersuchungen zur Schnitt- und Trittresistenz von Blumenrasenmischungen und Kräutereinsaaten. Diplomarbeit am Institut für Landschaftsplanung und Ingenieurbiologie der Universität für Bodenkultur – Wien. Seite 11.

ROBERTS J.A., HOOLEY R. (1988): Plant Growth Regulators. Series „Tertiary Level Biology“. Blackie – Glasgow/London; Chapman and Hall – New York. Seite 190 ff.

ROLOFF A. (1989): Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemäßigten Breiten. Schriften aus der forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der niedersächsischen forstlichen Versuchsanstalt 93: 1-258. J.D. Sauerländer’s Verlag Frankfurt, Main.

ROLOFF A. (2001): Baumkronen – Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. Ulmer Verlag, Stuttgart.

ROLOFF A. (2007): Vitalitätsbeurteilung anhand der Kronenstruktur. In: Urbane Gehölzverwendung im Klimawandel und aktuelle Fragen der Baumpflege. Tagungsband zu den Dresdner StadtBaumtagen, Beiheft 6. Selbstverlag der Fachrichtung Forstwissenschaften der TU Dresden, Tharandt. Seite 121-132.

ROLOFF A. Hrsg. (2008): Baumpflege. Baumbiologische Grundlagen und Anwendung. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag. S. 65 – 71. ISBN 978-3-8001-5464-7

RUDALL P. (2007): Anatomy of Flowering Plants, an Introduction to Structure and Development, 3rd ed. – Cambridge University Press, Cambridge.

RUST S., ROLOFF A. (2002): Vitalitätsansprache an Hand der Kronenarchitektur – Neue Erkenntnisse zu den physiologischen Grundlagen. In: Baumpflege. Baumbiologische Grundlagen und Anwendung. Hrsg.: ROLOFF, 2008. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag. S. 247 – 249. ISBN 978-3-8001-5464-7

RUST S., HÜTTL R. F. (1999): The effect of shoot hydraulic conductance in beech (*Fagus sylvatica* L.). *Trees* 14: S. 39 – 42.

RUST S. (2008): Wasserhaushalt der Bäume. Stress bei Bäumen. In: Baumpflege – Baumbiologische Grundlagen und Anwendung. Ulmer Verlag - Bonn. S. 51 – 64.

SASS U. (1993): Die Gefäße der Buche als ökologische Variable. Bildanalytische Erfassung, dendroklimatologische Prüfung, ökologische Bewertung. Dissertation an der Universität Hamburg, Fachbereich Biologie. Seite 172 ff.

SCHMIDL B. (2002): Untersuchungen zur Schnitt- und Trittresistenz verschiedener Blumenrasenmischungen in Essling/Wien und in Gumpenstein/Steiermark. Diplomarbeit am Institut für Landschaftsplanung und Ingenieurbiologie der Universität für Bodenkultur – Wien. Seite 26ff.

SCHUECKER K. (2009): Bäume auf Tiefgaragen. Märzpark und Schubertpark, Wien. Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur.

SCHWEINGRUBER F.H. (1996): Tree rings an Environment. *Dendroecology*. Haupt, Bern. Seite 609 ff.

SITTE P., ZIEGLER H., EHRENDORFER F., BRESINSKY A. (Hrsg.) (1998): Straßburgers Lehrbuch der Botanik. Fischer Verlag – Stuttgart. Seite 1007 ff.

TROENG E., LINDER S. (1982): Gas exchange in a 20-year-old stand of Scots pine. *Physiol. Plant* 54. Seite 7 – 23.

VOLLSINGER S., DOPPLER F. (2000): Ermittlung des Stabilitätsverhaltens von Ufergehölzen im Zusammenhang mit Erosionsprozessen an Wildbächen. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft – Wien. Ausgabe 09/2000. Seite 19 – 21.

10.2 Internetquellen

BAUMKUNDE (2013): Online im Internet unter <http://www.baumkunde.de>, zuletzt aufgerufen am 19.08.2013 um 19:00 Uhr.

IMHOF S. (2006): Spezielle Botanik und Mykologie. Online im Internet unter <http://online-media.uni-marburg.de/biologie/botex/exk-hangelstein/>, zuletzt aufgerufen am 19.08.2013 um 19:00 Uhr.

MÜLLER-HAPPE K., EDER A. (2013): pro:Holz. Arbeitsgemeinschaft der österreichischen Holzwirtschaft. Online im Internet unter <http://www.proholz.at/holzarten/ahorn/>, zuletzt aufgerufen am 18.03.2013 um 18:00 Uhr.

NABU (2013): Naturschutzbund Deutschland. Gruppe Bretten. Online im Internet unter http://nabu-bretten.de/NABU/front_content.php?idcat=81 , zuletzt aufgerufen am 01.04.2013 um 15:00 Uhr.