

Bekämpfungsmaßnahmen des Götterbaumes in Südtirol

Masterarbeit

von

Lukas Tratter

**zur Erlangung des akademischen Grades
Diplomingenieur der Forstwirtschaft (Dipl.-Ing.)**



Betreuer/ Beurteiler: Vacik, Harald; Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn.

MitbetreuerIn: Pötzelsberger, Elisabeth, Dipl.-Ing. Dr.

eingereicht im
September 2019

**Institut für Waldbau, Department für Wald- und
Bodenwissenschaften der Universität für Bodenkultur Wien**

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüferin/ keinem anderen Prüfer als Prüfungsleistung eingereicht.

Mir ist bekannt, dass Zuwiderhandeln geahndet wird („Verwendung unerlaubter Hilfsmittel“) und weitere rechtliche Schritte nach sich ziehen kann.

Unterschrift

Ort und Datum

Abstract

The tree of heaven (*Ailanthus altissima* L.) is a neophyte, which became more and more established in South Tyrolean coppices. Due to its invasive character, this tree species exerts high competitive pressure on the native flora, which in the long-run may lead to a reduction of biodiversity.

Within this work the effect of a mechanical treatments will be tested on pilot demonstration plots of tree of heaven. It is expected that within the subsequent years several shoots are formed and that the growing power is divided among those shoots. Simultaneously, the growth of the native tree species is promoted on the plots. This is to be achieved by reducing the number of individual shoots, thus the remaining trees will have less competition in their further growth.

Within the overall eight trial plots (39mx30m), three stripes of the same size with the treatments (null treatment, mechanical control, mechanical control and promotion) were established. The evaluation of the game influence was assessed through a fenced monitoring area (13mx10m).

In the present work, the situation of the tree species was determined before the planned interventions were conducted. The impacts of these interventions on the species population is estimated in the subsequent years.

First results indicate that the native tree species establish in the population to a variable extent. The tree of heaven certainly competes against the native tree species for the available resources. Major factors influencing species composition are browsing and the varying physiology of the tree species. The species growth was compared according to age, treatment and abundance of tree of heaven. The effectiveness of the first treatments varied, light availability and the timing of the control measures are decisive.

Based on these results, the actual influence of the tree of heaven on the native plant communities as well as the effects of silvicultural interventions are critically discussed.

Zusammenfassung

Der Götterbaum (*Ailanthus altissima* L.) ist ein Neophyt, der sich besonders nach waldbaulichen Eingriffen immer stärker in Südtirols Niederwäldern etabliert. Aufgrund seines invasiven Charakters übt diese Baumart einen hohen Konkurrenzdruck gegenüber der heimischen Flora aus, was langfristig zu einer Herabsenkung der Biodiversität führen könnte.

Durch die Anlage von Versuchsflächen soll in dieser Arbeit untersucht werden, wie Götterbäume auf mechanische Bekämpfungsmaßnahmen reagieren. Erwartet wird, dass in den Folgejahren mehrere Triebe gebildet werden und sich die Wuchskraft auf diese Triebe aufteilt. Gleichzeitig wird das Wachstum heimischer Baumarten auf den Flächen gefördert. Dies soll erreicht werden, indem die Individuenzahl bei Stockausschlägen reduziert wird und somit den im Bestand verbliebenen Bäumen mehr Ressourcen für ihr weiteres Wachstum zur Verfügung stehen. Auf den insgesamt acht Versuchsflächen (39mx30m) sind drei Streifen gleicher Größe mit unterschiedlichen Behandlungen (Nullfläche, Bekämpfung, Bekämpfung und Förderung) angelegt worden. Zwei Versuchsflächen weisen bereits eine zusätzliche Bekämpfung aus einer Vorperiode auf. Der Wildeinfluss wird durch eine gezäunte Monitoringfläche (13mx10m) untersucht.

In dieser Arbeit wird die Situation der Baumarten vor den geplanten Eingriffen auf den Versuchsflächen dargestellt. Die Auswirkungen dieser Eingriffe auf den Bestand sollen in einer Folgearbeit abgeschätzt werden. Erste Ergebnisse zeigen, dass sich die heimischen Baumarten in unterschiedlichem Ausmaß im Bestand etablierten. Der Götterbaum konkurriert mit den heimischen Baumarten um die vorhandenen Ressourcen. Bedeutende Faktoren für die Baumartenzusammensetzung waren der Wildeinfluss und die unterschiedliche Physiologie der Baumarten. Die Wüchsigkeit der Baumarten hinsichtlich Durchmesser, Baumhöhe, Trieblänge wurde nach Alter, Versuchsfläche und Götterbaumanteil verglichen. Die Wirksamkeit der ersten Götterbaumbekämpfung war unterschiedlich, hierbei waren Lichtverfügbarkeit und Zeitpunkt der Bekämpfung entscheidend. Aufgrund dieser Erkenntnisse wird der Einfluss des Götterbaumes auf die heimischen Pflanzengesellschaften sowie die Effekte der waldbaulichen Eingriffe kritisch diskutiert.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken, die mich während meines Studiums unterstützt haben.

Einen besonderen Dank möchte ich meinen Eltern aussprechen, welche mir das Studium finanziell ermöglichten und mich immer tatkräftig unterstützt haben.

Aber auch bei meinen in Wien lebenden Onkeln und Tanten möchte ich mich bedanken, da sie immer ein offenes Ohr hatten, wenn ich ihre Hilfe benötigt habe.

Des Weiteren möchte ich mich bei den Mitarbeitern des Amtes für Forstplanung der Autonomen Provinz Bozen Südtirol bedanken. Allen voran bei Dr. Marco Pietrogiovanna, Dr. Fabio Maistrelli und bei Dr. Günther Unterthiner.

Ebenso möchte ich mich bei Prof. Harald Vacik und Dr. Elisabeth Pötzelsberger für die Unterstützung bei meiner Masterarbeit bedanken.

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung.....	1
1.1	Einleitung.....	1
1.2	Fragestellung.....	3
2	Stand des Wissens	5
2.1	Charakterisierung des Götterbaums.....	5
2.1.1	Physiologische Ansprüche	5
2.1.2	Beschreibung des Götterbaumes.....	6
2.1.3	Schäden.....	8
2.1.4	Wirtschaftlichkeit/Nutzungsmöglichkeiten des Götterbaumes.....	8
2.2	Bekämpfungsmethoden.....	10
2.2.1	Allgemeine Bekämpfung	10
2.2.2	Biologische Bekämpfung	10
2.2.3	Mechanische Bekämpfung.....	11
2.2.4	Chemische Bekämpfung.....	13
3	Material und Methoden	15
3.1	Klima	15
3.1.1	Allgemein	15
3.1.2	Klima auf den Versuchsflächen.....	15
3.2	Geologie	16
3.2.1	Allgemein	16
3.2.2	Geologischer Aufbau des Mendelzuges	16
3.3	Anthropogener Einfluss	17
3.4	Beschreibung der vorkommenden Waldtypen.....	19
3.4.1	Karbonnat-Mannaeschen-Hopfenbuchenwald mit Blaugras	19
3.4.2	Bodenbasischer illyrisch-südalpischer Buchenwald	21
3.5	Auswahlkriterien und Lage der Versuchsflächen.....	23

3.6	Kurzcharakteristik der Versuchsflächen	26
3.6.1	Fläche Nr. 1	26
3.6.2	Fläche Nr.2	26
3.6.3	Fläche Nr.3	26
3.6.4	Fläche Nr.4	27
3.6.5	Fläche Nr.5	27
3.6.6	Fläche Nr.6	27
3.6.7	Fläche Nr.7	28
3.6.8	Fläche Nr.8	28
3.7	Vorkommende Wildarten und Wildeinfluss	29
3.8	Beschreibung des Feldversuchs und der Anlage der Versuchsfläche.....	31
3.8.1	Versuchsflächenanlage und Datenerhebung	32
3.8.2	Bekämpfungs- und Förderungsmaßnahmen.....	35
3.9	Literaturrecherche und Auswertung.....	36
4	Ergebnisse	38
4.1	Anzahl der Baumarten.....	38
4.2	Verjüngung	41
4.3	Wildverbiss	41
4.4	Streifenvergleich.....	43
4.4.1	Dichte und Götterbaumanteil der drei Streifen	43
4.4.2	Dichte und Götterbaumanteil auf den Wildmonitoringflächen	44
4.4.3	Mittlere Höhe.....	45
4.4.4	Mittlerer Durchmesser.....	47
4.5	Einfluss des Versuchsflächenalters auf das Wachstum	48
4.5.1	Höhenvergleich	49
4.5.2	Durchmesservergleich	52
4.5.3	Vergleich Endtrieb.....	55
4.5.4	Vergleich zweijähriger Trieb.....	58

4.6	Ergebnisse von Bekämpfungsmaßnahmen	62
4.6.1	Einfluss der Triebanzahl auf die Länge des Endtriebes	62
4.6.2	Längenvergleich der vier Triebe.....	64
4.6.3	Vergleich zwischen bekämpften und nicht bekämpften Endtrieb	65
4.7	Regressionsanalyse von Götterbaum, Hopfenbuche und Mannaesche	67
4.7.1	Regressionsanalyse der Altersstufe 1.....	67
4.7.2	Regressionsanalyse der Altersstufe 2.....	68
4.7.3	Regressionsanalyse der Altersstufe 3.....	70
4.8	Einfluss des Götterbaumanteiles auf das Baumartenwachstum.....	71
4.8.1	Einfluss des Götterbaumanteiles auf das Höhenwachstum	72
4.8.2	Einfluss des Götterbaumanteiles auf das Durchmesserwachstum	73
5	Diskussion.....	75
5.1	Verjüngung	75
5.2	Wildeinfluss	79
5.3	Wachstumsvergleich	82
5.3.1	Wachstumsvergleich der Hauptbaumarten	82
5.3.2	Wachstumsvergleich der Nebenbaumarten	85
5.4	Bekämpfungsmaßnahmen Götterbaum.....	87
5.5	Potenzielle Fehlerquellen beim Versuchsflächenaufbau und der Baumartenanalyse	90
6	Schlussfolgerungen.....	92
7	Literaturverzeichnis	95
7.1	Quellenverzeichnis	95
7.2	Tabellenverzeichnis.....	101
7.3	Abbildungsverzeichnis.....	103

1 Einführung

1.1 Einleitung

Der Götterbaum ist eine in China heimische Baumart, welche in der Mitte des 18. Jahrhunderts in Europa eingeführt wurde (*Kowarik und Böcker, 1984*). Somit gehört er zu den schätzungsweise 7.000 Arten, die in Europa den Neophyten zugeordnet werden. Laut Definition sind Neophyten gebietsfremde Pflanzenarten, welche nach 1492 außerhalb ihres ursprünglichen Verbreitungsgebietes vom Menschen angepflanzt wurden (*ÖWAV, 2016*). Da sich das heutige Verbreitungsgebiet des Götterbaumes über mehrere Länder und Kontinente erstreckt, variiert auch die Namensgebung in den unterschiedlichen Sprachen. Eine häufige, ins Deutsche übersetzte Bezeichnung ist „Baum des Himmels“ (*Ließ, 2007*). In Südtirol wird die Baumart oft auch als „Stinkbaum“ bezeichnet. Aus diesen beiden Beispielen der Namensgebung kann bereits abgeleitet werden, dass die Meinungen zum Thema Götterbaum oft stark auseinandergehen.

Einerseits eignet sich die an Standort und Klima geringe Ansprüche stellende Baumart als Ziergehölz für Gärten und Parkanlagen (*Kowarik und Böcker, 1984*), sie schafft aber auch wegen ihrer Anspruchslosigkeit sehr viele Probleme. So werden beispielsweise durch das starke Wurzelwachstum menschliche Bauwerke geschädigt oder die heimische Flora verdrängt (*Autonome Provinz Bozen, 2018*). Aus diesen Gründen werden Götterbäume den invasiven Pflanzenarten zugeordnet.

Charakteristisch für eine invasive Pflanzenart ist, dass sie aufgrund ihrer hohen Anpassungsfähigkeit und Ausdauer eine starke Konkurrenzfähigkeit gegenüber anderen Pflanzenarten besitzt. Die Folge ist, dass die für einen bestimmten Standort typische Flora durch eine Monokultur invasiver Pflanzen ersetzt wird. Diese negative Entwicklung wird oftmals durch den Klimawandel begünstigt (*ÖWAV, 2016*). Auch in Südtirol, wo der Götterbaum ungefähr seit dem Jahr 1856 vorkommt, ist diese Problematik klar erkennbar. Vor allem in den Haupttälern hat er sich, vom Süden aus bis nach Mals im Vinschgau sowie im Eisacktal bis Sterzing und im Pustertal bis Bruneck, etablieren können. Häufig stockt er entlang von Straßenböschungen und Bahndämmen sowie in den heimischen Niederwäldern (*Autonome Provinz Bozen, 2018*).

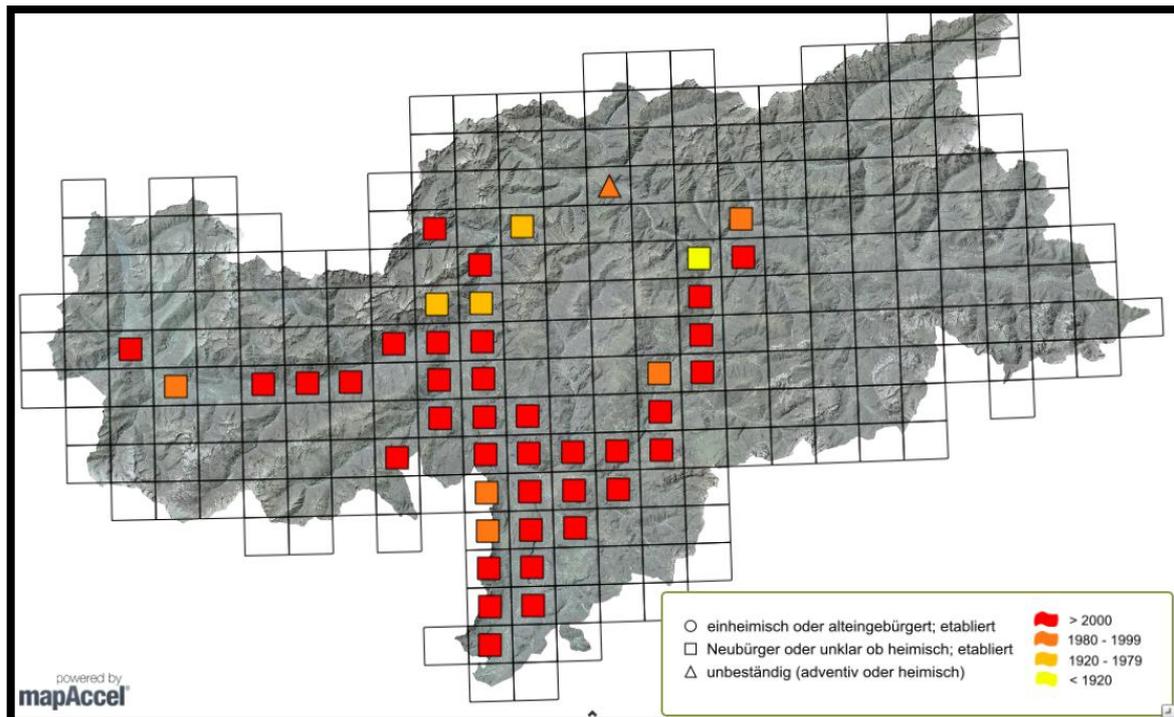


Abbildung 1: Übersicht über die aktuelle Verbreitung des Götterbaumes in Südtirol (Quelle: www.FloraFauna.it)

Um der rasanten Ausbreitung des Götterbaumes entgegenzuwirken, hat der Südtiroler Landesforstdienst begonnen, sich mit Lösungsansätzen zu dieser Problematik zu beschäftigen.

Das wichtigste Ziel ist es, den Götterbaum mithilfe von geeigneten Bekämpfungsmaßnahmen zurückzudrängen und seine weitere Ausbreitung zu verhindern. Infrage kommen dabei nur Bekämpfungsmaßnahmen die einfach, schnell und leicht durchzuführen sind. Außerdem sollte die Umwelt, beispielsweise durch den Einsatz von Herbiziden, nicht belastet werden.

Neben der Bekämpfung des Götterbaumes wäre es auch notwendig, die Bestandesstabilität in den Niederwäldern zu erhöhen. Auf diese Weise könnte die Schutzwaldfunktion sowie die Konkurrenzstärke gegenüber dem Götterbaum gesteigert werden.

Aufgrund dieser Problematik wurde im Frühjahr 2016 mit dieser Masterarbeit begonnen. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Ausarbeitung und Realisierung einer Methode, um die Götterbäume zu bekämpfen und gleichzeitig die Bestandesstabilität zu erhöhen.

1.2 Fragestellung

Im Zuge dieser Masterarbeit wird die Bekämpfungsmethode getestet, Götterbäume bis auf einen Meter zurückzuschneiden. Auf diesen zirka einen Meter langen Baumstumpf sollen in den Folgejahren mehrere Triebe hervordachsen, was eine Aufteilung der Wuchskraft zur Folge hat. Damit soll der Götterbaum gegenüber den anderen Baumarten an Konkurrenzkraft verlieren. Gleichzeitig werden die anderen Baumarten mithilfe von Auslichtungsmaßnahmen gefördert. Durch diese Förderung soll das Wachstum der im Bestand verbliebenen Individuen gesteigert und die Bestandesstabilität erhöht werden.

Insgesamt wurden in den Sommermonaten 2016 acht Versuchsflächen angelegt, um die Bekämpfungs- und Förderungsmaßnahmen erproben zu können. Nach Beendigung der Datenaufnahme wurden auf diesen Versuchsflächen die Bekämpfungs- und Förderungsmaßnahmen durchgeführt. Die erhobenen Daten beziehen sich auf den Ist-Zustand der Versuchsflächen vor den Eingriffen. Eine Reaktion der Waldbestände auf die nach der Datenerhebung durchgeführten Bekämpfungs- und Förderungsmaßnahmen können erst im Rahmen einer Folgearbeit abgeschätzt werden.

Um einen Überblick über dieses Thema zu erhalten, wurden im theoretischen Teil der Götterbaum sowie bereits bekannte Bekämpfungsmaßnahmen kurz beschrieben. Bei der Datenaufnahme wurden die Verjüngungsdynamik, der Wildeinfluss sowie das Wachstum der Baumarten erhoben. Außerdem hat der Landesforstdienst im Frühjahr 2016 auf zwei Versuchsflächen dieselben Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt, die auch bei dieser Arbeit erprobt wurden. Somit war es möglich, einen ersten Eindruck zu erhalten, wie der Götterbaum auf diese Art der Bekämpfung reagiert. Aufgrund der vorhandenen Datengrundlage sollen folgende Fragen beantwortet werden:

- Hat der Götterbaum gegenüber den anderen Baumarten einen Konkurrenzvorteil bezüglich der Verjüngungscharakteristik, des Wildeinflusses oder des Wachstums?
- Kann anhand der im Frühjahr 2016 erfolgten Bekämpfung ein erster Erfolg der ausgearbeiteten Bekämpfungsmethode abgeleitet werden?
- Gib es Maßnahmen, die den Bekämpfungserfolg steigern beziehungsweise vermindern?

In weitere Folge wird in Kapitel 2 der Stand des Wissens zu den physiologischen Ansprüchen, den Baumeigenschaften und allfälligen Bekämpfungsmethoden des Götterbaums beschrieben. In Kapitel 3 wird ein Überblick zum Versuchsaufbau und den untersuchten Flächen in Südtirol gegeben. Die Ergebnisse dieser Masterarbeit werden in Kapitel 4 vorgestellt und anschließend in Kapitel 5 diskutiert.

2 Stand des Wissens

2.1 Charakterisierung des Götterbaums

2.1.1 Physiologische Ansprüche

Der Götterbaum ist relativ anspruchslos gegenüber Boden und Niederschlag, ein limitierender Faktor ist aber die Temperatur (*Gurtner et al., 2015*).

Aus diesen Grund ist die Ausbreitung oft sporadisch und beschränkt sich nur auf Stadtgebiete, da dort ein wärmeres Klima herrscht als auf dem Land. Dies ist in sommerwarmen Gebieten mit über zwanzig Sommertagen (Temperatur $>15^{\circ}\text{C}$) und einer Durchschnittstemperatur von $>9^{\circ}\text{C}$ der Fall. Eine ausgedehntere Verbreitung ist in sommerwarmen Gebieten bei einer Durchschnittstemperatur von $>10^{\circ}\text{C}$ und mindestens 40 Sommertagen möglich (*Kowarik und Böcker, 1984*). Außerdem ist für den Götterbaum eine möglichst lange Vegetationsperiode sowie ein Jahresniederschlag von mindestens 500 mm günstig (*Kowarik und Säumel, 2007*).

Die Baumart ist unempfindlich gegenüber Trockenheit und schlechter Luftqualität, sie ist aber frostempfindlich und schlecht an kalte Winter angepasst (*More und White, 2005*). Zwar können Bäume des Altbestandes Temperaturen bis zu -33°C trotzen, im Folgejahr kommt es aber zu Zuwachseinbußen. Keimlinge sowie Jungpflanzen können auch ganz absterben, sie sind viel frostempfindlicher als adulte Bäume. Götterbäume bevorzugen sonnige Lagen, sie sind aber auch auf schattigen Standorten zu finden. Trotz hoher Strahlungswerte oder Beschattung ist das Betreiben von Photosynthese weiterhin möglich. Die Wassernutzungseffizienz ist aufgrund der flexiblen Stomatatätigkeit optimiert (*Kowarik und Säumel, 2013*). Optimale Wuchsbedingungen erreicht diese wärme- und lichtbedürftige Baumart auf gut drainierten, steinigen, basenreichen und oft kalkhaltigen Böden (*Hecker, 2001*). Sogar auf verdichteten Böden kann sich der Götterbaum etablieren, nur vernässte Standorte werden nicht besiedelt (*Kowarik und Säumel, 2013*).

2.1.2 Beschreibung des Götterbaumes

Der Götterbaum gehört zur Familie der Bitterholzgewächse (Simaroubaceae), er ist sehr raschwüchsig. Die Lebenserwartung ist gering und liegt durchschnittlich bei 40-50 Jahren (Hecker, 2001). Götterbäume sind sommergrüne, laubabwerfende Bäume, welche Wuchshöhen zwischen 25-30m erreichen können. Die nicht allzu ausladende, hohe Baumkrone ist oftmals etwas unregelmäßig gestaltet und gewölbt. Der Stamm weist einen kräftigen und geraden Wuchs auf. Die Rinde ist glatt, an älteren Individuen sind zudem Muster, welche aus weißen und kantigen Längsstreifen bestehen, zu erkennen. Die Äste sind unregelmäßig verzweigt, locker, gerade und steil aufgerichtet. Die dicken und kräftigen Triebe sind mit vielen hellen Lentizellen und großen Blattnarben bedeckt. Die Knospen sind länglich-oval und klein, sie sind in den Wintermonaten rötlichbraun und färben sich kurz vor dem Austrieb im Frühjahr intensiv rot (Kremer, 1984). Endknospe ist keine vorhanden. Die Laubblätter sind unpaarig gefiedert, wechselständig und zwischen 45-75cm lang (Hecker, 2001). An jungen Schösslingen können sie auch bis zu 1m lang werden (Böhlmann, 2015). Die 13-25 Fiederblättchen sind schief-lanzettlich bis länglich-oval. Sie haben eine Länge von 7-12cm und eine Breite von 6cm. Ihre Blattform ist ganzrandig, nur an der Basis befinden sich 2-4 Zähne, welche mit einer großen Drüse versehen sind. Außerdem sind die beidseitig kahlen Laubblätter auf der Oberseite dunkelgrün und auf der Unterseite bläulichgrün. Nur die Blätter von Schösslingen sind behaart. Die Blüten des Götterbaumes sind eingeschlechtlich oder zwittrig, sie liegen in endständigen und reichverzweigten Rispen, welche 10-20 cm lang sind. Die Blütenhülle ist doppelt und 5-zählig, zudem sind die Kelchblätter bis zur Mitte miteinander verwachsen. Die gelblich-weiße Krone hat einen Durchmesser von 7-8mm und ist länger als der Kelch. In den männlichen Blüten befinden sich 10 Staubblätter und in den zwittrigen Blüten 5. Die 5-6 Fruchtblätter sind nicht miteinander verwachsen. Des Weiteren befindet sich in den Blüten eine 10-lappige Nektarscheibe (Hecker, 2001). Die Blüten werden von Insekten bestäubt (Kovarik und Säumel, 2007), in Mitteleuropa ist die Hauptblütezeit im Juli (Kovarik und Säumel, 2013). Ab dem 3.-5. Standjahr beginnen Götterbäume mit der Fruchtbildung, am meisten Früchte werden zwischen dem 12. und 20. Standjahr produziert (Kovarik und Säumel, 2007). Die Früchte des Götterbaumes sind runde Nüsschen, welche sich in einem pergamentartigen Saum befinden. Dieser pergamentartige Saum hat die Form eines 3-4 cm langen, hellbraunen bis leuchtend roten, propellerartigen Schraubenfliegers, der auf seiner

Oberseite mit einer kugeligen Drillung versehen ist. Die Früchte hängen in großer Zahl am Baum (*Böhlmann, 2015*). Ihre Reifezeit ist zwischen September und Oktober. Witterungsabhängig können die Samen über längere Zeiträume am Baum verbleiben, ihre durchschnittliche Keimfähigkeit liegt bei über 70%. Die Keimfähigkeit ist abhängig vom Standort, sowohl auf offenen Böden als auch auf Streuschichten gedeihen Götterbaumsämlinge. Wichtig ist nur, dass genügend Licht vorhanden ist. 27.000 und 33.000 Früchte wiegen ein Kilogramm (*Kowarik und Säumel, 2013*). Charakteristisch für den Götterbaum ist der starke, oft als unangenehm empfundene Geruch. Dieser wird von den männlichen Blüten oder den an der Blattbasis befindlichen Nektardrüsen abgegeben (*More und White, 2005*). Das Wurzelsystem wird in Abhängigkeit von Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit unterschiedlich stark ausgebildet. Neben dem Wachstum zahlreicher seitlicher Wurzeln bildet der Götterbaum auch eine Pfahlwurzel aus. In ihr werden Stoffreserven eingelagert. Die seitlichen Wurzeln können am selben Standort drei- bis viermal länger werden als jene von anderen Baumarten. Auch eine Besiedlung durch Endomykorrhiza ist möglich. Auf erdoberflächennahen Wurzeln befinden sich Primordien, aus denen sich Wurzelaufläufer entwickeln können. Wurzelverwachsungen bei Keimlingen sind möglich. Der Götterbaum ist auch in der Lage, sich vegetativ in Form von Wurzelbrut und Stockausschlägen zu vermehren. Die vegetativ entstandenen Individuen sind oft um ein Vielfaches zahlreicher als der Ausgangsbestand und weisen ein besonders starkes Wachstum auf. Während Sämlinge bei optimalen Wuchsbedingungen einen Zuwachs von 1,72m aufweisen können, kann der Zuwachs bei der vegetativen Vermehrung bis zu 3m betragen (*Kowarik und Säumel, 2013*). Bei Analysen im Labor konnten in den Pflanzenorganen des Götterbaumes allelopathische Effekte nachgewiesen werden. Außerdem wird diese Baumart kaum vom Wild verbissen. Versuche haben auch gezeigt, dass Götterbaumsamen von Mäusen nicht gefressen werden. Auch Wühlmäuse bevorzugen die Sämlinge anderer Baumarten. Für Ziegen sind Götterbäume ungiftig (*Kowarik und Säumel, 2007*). *Jörg (2007)* stellte in seiner Arbeit fest, dass der Götterbaum auch von Ziegen gemieden wird.

2.1.3 Schäden

Aufgrund seiner physiologischen Eigenschaften verdrängt der Götterbaum andere Baumarten aus ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet. Dadurch kann die Zahl der Baumarten, aber auch jene der Krautschicht, abnehmen (*Wunder et al., 2014*). Durch die Verdrängung anderer Pflanzenarten kann es zu einer Verarmung der genetischen Vielfalt kommen. Aufgrund dieser Tatsache wird es für die verbliebenen Arten schwieriger, sich den stetig ändernden Lebensbedingungen anzupassen. Im schlimmsten Fall kann dies zum Aussterben von Arten führen. Besonders betroffen von der starken Ausbreitung des Götterbaumes sind die naturnahen Biotoptypen. Dazu zählen flussbegleitende Hochstaudenflure, Auwälder und Pionierstandorte (*Blab, 2002*). Oft werden Waldstandorte nach Störungen vom Götterbaum besiedelt. Bei Waldbränden hängt die Etablierungswahrscheinlichkeit stark mit der Waldbrandintensität zusammen. Auf diese Weise werden andere Baumarten in ihrem Wachstum gehemmt beziehungsweise verdrängt. Der Götterbaum hat auch das Potential, ganze Waldökosysteme zu verändern (*Siegrist und Holdenrieder, 2016*). Außerdem wird, durch die Besiedelung von Schutzwäldern, deren Schutzfunktion herabgesetzt. Der Grund dafür ist, dass andere Schutzwaldbaumarten verdrängt werden und der Kernfäulebefallsgrad sehr hoch ist (*Wunder et al., 2014*). Götterbäume können aber auch von Menschen errichtete Bauwerke besiedeln. Durch sekundäres Wurzelwachstum ist diese Baumart in der Lage, sogar Mauern zu sprengen (*Thürkauf, 2015*). Die Rinde und die Blätter enthalten den Bitterstoff Ailanthin. Dieser Bitterstoff und der Blütenstaub des Götterbaumes können zu allergischen Reaktionen beim Menschen führen (*Infoflora, 2012*). Aufgrund der Tatsache, dass das Wild den Götterbaum meidet, wird der Wilddruck auf die anderen Baumarten verstärkt (*Büchel et al. 2016*).

2.1.4 Wirtschaftlichkeit/Nutzungsmöglichkeiten des Götterbaumes

Aufgrund der großen ökologischen Amplitude und der Toleranz gegenüber extremen Bedingungen eignet sich der Götterbaum für die Pflanzung in Städten. Er ist tolerant gegenüber Trockenheit, hohen Temperaturen, Luftverunreinigung, erträgt Bodenversalzung und stellt geringe Standortansprüche (*Meyer, 1982*). Aus der Borke des Götterbaumes kann Harz gewonnen werden, welches als Räucherwerk oder zur Behandlung von Durchfall und anderen Darmbeschwerden dient (*Cafferty, 2008*). Des Weiteren wurde er auch zur Behandlung von Asthma, Epilepsie und Augenkrankheiten genutzt (*Wunder et al., 2014*). Der Götterbaum enthält aber auch

Wirkstoffe, welche die Blutgerinnung beeinflussen können. Des Weiteren sind die Wirkstoffe als Antimalaria, Antitumor und Antituberkulosemittel geeignet. Außerdem spielen die Inhaltsstoffe bei der Erforschung von Behandlungsmöglichkeiten des HIV-1 Virus eine bedeutende Rolle. Die pflanzeneigenen Toxine können für die Herstellung natürlicher Herbizide verwendet werden (*Berki, 2014*). Götterbäume können genauso wie Maulbeerbäume auch als Wirtspflanzen für Seidenraupen (*Attacus cynthia*) dienen. Die daraus gewonnene Seide ist billiger und dauerhafter als jene des Maulbeerbaumes. Sie ist jedoch geringwertiger im Bezug zu Feinheit und Glanz (*Cafferty, 2008*). Zudem kann das Holz des Götterbaumes auch zur Erzeugung von Papierschilf oder als Bauholz verwendet werden (*Kremer, 1984*). Aufgrund seiner physiologischen Eigenschaften ist der Götterbaum auch für die Energieholzproduktion interessant. Sein Heizwert beträgt 4,53 kWh pro Kilogramm (*Senn, 2017*). Auch zur Hangbefestigung (*Kowarik und Böcker, 1984*) und als Windschutz (*Wunder et al., 2014*) ist der Götterbaum geeignet. Das leichte, gelbliche und harte Holz wird zur Produktion von Möbeln, Sportgeräten, Holzschuhen und Fischerbooten verwendet (*Cafferty, 2008*). Es lässt sich gut bearbeiten und ist leicht zu polieren und zu hobeln. Die Schleifbarkeit ist mittelmäßig, zudem weist das Holz oft Wachstumsspannungen auf. Die natürliche Trocknung verläuft schnell, auch die künstliche Trocknung in der Trockenkammer ist unproblematisch. Leider ist beim Quell- und Schwindverhalten das Verhältnis zwischen radialer und tangentialer Quellung ungünstig. Zudem ist das Holz des Götterbaumes anfällig für Schimmelpilzbefall (*Hölbling, 1989*). Die Rohdichte befindet sich im Bereich zwischen 0,643 g/cm³ und die Scherfestigkeit liegt bei 11-13 N/mm² (*Berki, 2014*). Die Druckfestigkeit weist einen Wert zwischen 42-49 N/mm² auf und die Biegefestigkeit 96-110 N/mm² (*Hölbling, 1989*).

2.2 Bekämpfungsmethoden

2.2.1 Allgemeine Bekämpfung

Neophyten verbreiten sich zum einen durch die natürliche Ausbreitung, aber auch durch menschliches Handeln, wie zum Beispiel, durch Pflanzungen, Bautätigkeiten und Transportwesen. Um solche, für die Bevölkerung oftmals unbewusste, Verbreitungswege zu unterbinden sind Aufklärungsmaßnahmen wichtig. Bei den Bekämpfungsmaßnahmen muss aber auch auf gesetzliche Regelungen Rücksicht genommen werden. So dürfen beispielsweise auf einer Waldfläche durchgeführte Bekämpfungsmaßnahmen mit den Vorgaben des Forstgesetzes nicht in Konflikt geraten (*ÖWAV, 2016*). Bekämpfungsmaßnahmen erstrecken sich meist über Jahre, oft sind mehrere Eingriffe und Beobachtungen notwendig. Um einen bestmöglichen Erfolg der Bekämpfung zu erzielen, sollte jeder Eingriff gut durchdacht sein. Die Effizienz und Notwendigkeit ist dabei regelmäßig zu überprüfen. Wichtig ist auch, dass bei der Durchführung der Bekämpfungsmaßnahmen sorgfältig gearbeitet wird. Anschließend sollte eine Nachsorge betrieben werden. Zudem sollte auf Prävention gesetzt werden. Dies kann beispielsweise durch die Förderung heimischer Pflanzenarten erreicht werden (*Böcker et al., 1995*). Oft ist das Ziel von Bekämpfungsmaßnahmen nicht die komplette Ausrottung der Neophyten, da dies in den meisten Fällen nicht mehr möglich ist. Vielmehr sollten bestehende Bestände und nachwachsende Jungpflanzen in ihrer Entwicklung geschwächt beziehungsweise unterdrückt werden. Auf diese Weise können andere Pflanzenarten ihren Platz einnehmen (*ÖWAV, 2016*). Um den Götterbaum zu verdrängen, eignen sich schattenspendende und schnell wachsende Baumarten. Beispiele hierfür wären der Feldahorn (*Acer campestre*) und die frühblühende Traubenkirsche (*Prunus padus*) (*Ließ, 2007*).

2.2.2 Biologische Bekämpfung

2.2.2.1 Verticillium-Welke

Eine Möglichkeit der biologischen Bekämpfung des Götterbaumes ist die Verticillium-Welke. Diese Pilzkrankheit wird von asexuellen Ascomyceten verursacht. Verticillium-Arten sind morphologisch sehr ähnlich. Jedoch unterscheiden sich die einzelnen Stämme unterschiedlich stark in der Verbreitung und Wirtsspezifität voneinander (*Siegrist und Holdenrieder, 2016*). Durch die Etablierung des Pilzes im Xylem wird der Saftstrom unterbrochen, was zum Absterben der Pflanze führt.

Äußerlich erkennbar ist die Krankheit durch Welke Erscheinungen an den Blättern und Triebspitzen. Außerdem verfärbt sich das Splintholz im Querschnitt ringförmig und im Längsschnitt streifenförmig (*Tomiczek et al., 2005*). Im fortgeschrittenen Stadium kommt es zu Stammrissen (*Butin, 2011*).

Die Übertragung erfolgt über Wurzelkontakte (*Siegrist und Holdenrieder, 2016*) oder Wunden (*Butin, 2011*). Es wird vermutet, dass die gebildeten Konidien mithilfe des Windes auf andere Pflanzen übertragen werden. Des Weiteren kann es im Gewebe von Wirtspflanzen zur Entwicklung eines Dauermyzels kommen, welches bis zu fünfzehn Jahre als Inokulum im Boden verbleiben kann. Abhängig ist dies von Temperatur, pH-Wert und Tiefe des Bodens. Die Dichte dieser Dauerstadien nimmt jedoch sehr früh ab, somit sinkt auch die Wahrscheinlichkeit einer Infektion in kurzer Zeit. Eine Übertragung auf nicht infizierte Pflanzen ist durch Erdbewegung, Tiere, Wind, Wasser und infizierte Pflanzenteile möglich. Der Götterbaum wird von *Verticillium dahliae* und *Verticillium nonalfalfae* befallen. Aufgrund seiner Wirtsspezifität ist *Verticillium nonalfalfae* als Mykoherbizid besonders interessant. Es wird in Nordamerika bereits zur Bekämpfung des Götterbaumes verwendet. Die Inokulation erfolgt über Wunden. Dafür kann ein in steriler Erde kultiviertes Dauermyzel oder Pilzsporen verwendet werden. Der optimalste Bekämpfungszeitpunkt ist das Frühjahr. Je später die Applikation erfolgt, umso länger dauert das Absterben der Bäume. Auch ist der Krankheitsverlauf witterungsabhängig. Innerhalb eines Bestandes breitet sich die *Verticillium*-Welke über Wurzelkontakte rasch aus. Bei bereits durchgeführten Versuchen ist der Bekämpfungserfolg sehr gut, andere Baumarten wurden nicht befallen. Schwächen dieser Bekämpfungsmethode sind, dass es zu Resistenzbildungen kommen kann. Außerdem ist noch nicht geklärt, ob das Mykoherbizid andere Pflanzenarten befällt beziehungsweise schädigend auf sie wirkt (*Siegrist und Holdenrieder, 2016*). Aber auch heimische Baumarten wie Robinie, Linde, Ahorn, Esche, Eberesche und Edelkastanie können durch diese Pilzkrankheit geschädigt werden (*Butin, 2011*).

2.2.3 Mechanische Bekämpfung

2.2.3.1 Fällen

Die Bekämpfung durch Fällung ist mit sehr viel Aufwand verbunden. Der Hauptgrund dafür ist, dass Götterbäume mit einem starken Wurzelaustrieb reagieren.

Stockausschläge und die Wurzelbrut müssen über einen Zeitraum von mindestens

drei Jahren entfernt werden. Dies ist notwendig, um das Bekämpfungsziel zu erreichen. Wichtig dabei ist, dass zwischen Mai und November des Öfteren Jungpflanzen und Wurzelbrut ausgerissen werden. Dies sollte möglichst gefühlvoll erfolgen, damit so viel Wurzelmasse wie möglich mit entfernt wird (*Arbeitsgruppe invasive Neobiota, 2014*).

Leider werden im Boden verbliebene Wurzelreste zu einem stärkeren vegetativen Wachstum angeregt. Sinnvoll ist das Ausreisen hingegen bei Götterbäumen, die noch ein schwach entwickeltes Wurzelsystem haben. Bei Beginn der Blüte ist der Nährstoffvorrat für die Pflanzenwurzeln am knappsten, somit ist in dieser Phase die Fällung am sinnvollsten (*Ließ, 2007*). Eine weitere Möglichkeit ist auch regelmäßiges Abschneiden und Mähen. Bei Einzelbekämpfungen kann es auch sinnvoll sein, den ganzen Wurzelstock zu entfernen. Dadurch wird der Wurzelbrut der Nährstoffvorrat entzogen. Um eine Ausbreitung zu verhindern wird empfohlen, die samentragenden weiblichen Individuen bei der Bekämpfung zu bevorzugen. Dies gilt auch für Bäume am Außenrand (*Arbeitsgruppe invasive Neobiota, 2014*). Bei einem Schweizer Feldversuch wurden ausschließlich mechanische Verfahren zur Götterbaumbekämpfung angewandt. Auf einer Trockenwiese und -weide erfolgte 2013 zuerst eine Rodung und anschließend wurde in den Jahren 2013-2016 regelmäßig gemäht. Zwar konnte die Biomasse der Götterbäume gesenkt werden, die Individuenzahl wurde aber gesteigert. Andere Pflanzenarten wurden durch die Mahd nicht geschädigt. Die wichtigste Erkenntnis dieses Versuches war, dass nach den Fällungsmaßnahmen zwingend, über Jahre hinweg, gemäht werden musste. Ist dies nicht möglich, so ist es besser, keine Bekämpfungsmaßnahmen dieser Art durchzuführen (*Jörg, 2017*).

2.2.3.2 Ringeln

Ziel des Ringelns ist die Unterbrechung des Saftstromes. Dadurch kommt es in zwei bis drei Jahren zum Absterben der Bäume. Auch die Ausbildung von Wurzelsprossen sollte unterbleiben (*Blab, 2002*). Die dafür am besten geeignete Methode ist die unvollständige Ringelung. Bei diesem Verfahren kommt es zur langsamen Abtötung der Götterbäume, ohne dabei das extreme Wachstum der Wurzelbrut zu provozieren (*Ließ, 2007*). Beim ersten Arbeitsschritt wird, entlang des Stammumfanges, ein mindestens 20 cm breiter Rindenstreifen, inklusive dem Kambium, entfernt. Im ersten Jahr sollte aber nur 90% des Stammumfanges geringelt werden. Somit bleiben 10% des Phloems funktionsfähig. Auf diese Weise soll verhindert werden, dass der Baum

mit Stockausschlag reagiert. Im Folgejahr werden die verbliebenen 10% des Rindenumfanges ebenfalls entfernt und der schwächelnde Baum stirbt endgültig ab. Entnommen werden geringelte Bäume aber erst, wenn sie komplett abgestorben sind. Sollte es zur Ausbildung von Stockausschlägen kommen, so müssen auch diese entfernt werden. Der beste Zeitpunkt des Ringelns ist im Spätsommer, somit wird die Nährstoffverlagerung von den Blättern in die Wurzeln verhindert (ÖWAV, 2016). Geeignete Werkzeuge für die Ringelung sind Axt, Ringelsäge, Gertel (Hippe) und Ringeisen. Eine weitere Ringelmethode ist das Einschnüren des Stammes mithilfe eines Polypropylen-Bandes (Ließ, 2007).

2.2.3.3 Einschlagen von Kupfernägeln

Im Volksmund wird oft die Meinung vertreten, dass Bäume durch das Einschlagen von Kupfernägeln abgetötet werden können. Im Nationalpark Eckartsau wurde tatsächlich versucht, Götterbäume durch diese Maßnahme zu bekämpfen. Leider blieb der gewünschte Bekämpfungserfolg aus (Ließ, 2007).

2.2.4 Chemische Bekämpfung

Bei der chemischen Bekämpfung können nach dem Fällen die Schnittstellen sowie spätere Stockausschläge mit einem Herbizid behandelt werden. Auch Jungpflanzen können durch Besprühen der Blätter bekämpft werden (ÖWAV, 2016). Die Herbizidausbringung auf die Schnittstelle kann mit Hilfe eines Pinsels erfolgen. Eine weitere Möglichkeit ist, dass das Herbizid ins Xylem eingebracht wird. Dazu muss zuerst der Stamm angebohrt werden. In das entstandene Bohrloch werden anschließend wenige Milliliter eines Herbizides eingefüllt (Arbeitsgruppe invasive Neobiota, 2014). Aber auch die Applikation ins Phloem ist möglich. Hierfür wird mit einem Hammer die Baumrinde durch Klopfen gelöst. Anschließend wird das gelöste Rindenstück (ca. 3x3cm) mit der Hand entfernt. Dann wird eine geringe Menge Herbizid (ca. 0,5 Milliliter) mithilfe einer Injektionsnadel in das sichtbare und unbeschädigte Kambium gespritzt. Wurde das freigelegte Kambium beim Lösen der Rinde beschädigt, so muss das Herbizid in das noch intakte Kambium unterhalb der Rinde eingebracht werden. Hierfür muss die Injektionsnadel unter die Rinde geschoben werden (Ließ, 2007). Die verwendeten Herbizide wirken systemisch und werden bei den genannten Methoden unverdünnt verwendet. Der geeignetste Bekämpfungszeitpunkt ist zwischen August und September (Arbeitsgruppe invasive Neobiota, 2014). Wichtig dabei ist, dass, im Zuge der chemischen Bekämpfung,

gesetzliche Vorgaben berücksichtigt werden (ÖWAV, 2016). Laut Kowarik ist das Aufbringen eines Herbizides auf die Stöcke nach der Fällung eine sehr geeignete chemische Bekämpfungsmethode. Es werden nicht nur die Kernwüchse bekämpft, sondern auch Jungpflanzen, die mit dem Wurzeln des behandelten Stockes verbunden sind (Kowarik und Säumel, 2007). Beim Versuch in den Donauauen stellte man fest, dass die Einbringung eines Herbizides in das Xylem eine nicht geeignete Bekämpfungsmethode für Götterbäume darstellte. Erfolgsversprechender war eine Injektion in das Phloem. Bei dieser Maßnahme konnten Bekämpfungserfolge erzielt werden. Auch ist diese Methode, mit 5-6 Minuten pro Baum, relativ zeitsparend (Ließ, 2007). Generell wird der Einsatz von Herbiziden oft mit Skepsis betrachtet, häufig kommt es diesbezüglich zu Diskussionen. Die Gründe dafür sind meist toxikologischer und ökologischer Natur (Siegrist und Holdenrieder, 2016).

3 Material und Methoden

3.1 Klima

3.1.1 Allgemein

Geprägt wird das Klima durch die charakteristische Geomorphologie Südtirols. Mit zunehmender Meereshöhe nehmen die Niederschläge zu und die Temperaturen ab. Im Vergleich zu anderen Regionen der Alpen hat Südtirol ein trockeneres Klima, da feuchte Luftmassen von den umliegenden Gebirgen abgeschirmt werden. Wenn, aufgrund eines Tiefdruckgebietes über den Golf von Genua beziehungsweise dem adriatischen Meer, feuchte Luftmassen herangeführt werden, so kommt es in den sogenannten Südstaulagen zu ergiebigen Niederschlägen. Durch den Föhneinfluss kann das Wetter aber auch trocken sein. Grund für diese beiden Wetterphänomene ist die Lage des Alpenhauptkammes. Außerdem sind besonders in den Tallagen, meist im unteren Etschtal, Wetterextreme keine Seltenheit. So kann es in den Sommermonaten zu heftigen Gewittern, Starkregenereignissen und hohen Temperaturen bei Hitzewellen kommen (*Zebisch, 2012*).

3.1.2 Klima auf den Versuchsflächen

Im Südtiroler Unterland schwankt der Klimatyp zwischen mitteleuropäisch-inneralpin und mediterran-illyrisch (*Gruber et al., 1995*). Auf den Versuchsflächen beträgt die mittlere jährliche Lufttemperatur 9,7°C, das mittlere jährliche Minimum der Lufttemperatur liegt bei -10,7°C und das mittlere jährliche Maximum beträgt 32,8°C. An 24 Tagen im Jahr wird eine Lufttemperatur von 30°C oder mehr erreicht, die Anzahl der Sommertage (Höchsttemperatur mindestens 25°C) beträgt 79 Tage. An 111 Tagen sinkt die Tiefsttemperatur unter 0°C und an 8 Tagen verbleibt die Höchsttemperatur unter 0°C. Der mittlere Jahresniederschlag liegt bei 851mm. Im Frühling liegt die Durchschnittstemperatur bei 10°C, im Sommer bei 18,9°C, im Herbst bei 9,5°C und im Winter bei 0,2°C. Auch bei einem Vergleich der jahreszeitlichen Niederschlagssummen pro Flächeneinheit (l/m²) ist zu erkennen, dass es saisonale Unterschiede gibt. So beträgt das saisonale Mittel im Sommer 280mm, im Frühling 209mm, im Herbst 257mm und im Winter 105mm. Die mittlere Dauer der Trockenperioden beläuft sich auf 6,3 Tage. Die Vegetationsperiode ($t \geq 5^\circ\text{C}$) dauert 244 Tage, sie beginnt am 13. März und endet am 11. November (*Adler et al., 2015*). Von April bis September weht an sonnigen Tagen, vom Gardasee kommend, ein Talaufwind (*Gruber et al., 1995*).

3.2 Geologie

3.2.1 Allgemein

Die Versuchsflächen wurden entlang des Mendelzuges angelegt, welcher aus geologischer Sicht zu den Südalpen gehört. Die Grenze zu den Ostalpen verläuft an der Periadriatischen Linie. Charakteristisch für die Südalpen ist, dass sie zum Großteil aus Gesteinsformationen bestehen, die aus sedimentärem und magmatischem Ursprung stammen. Schwach metamorph ist lediglich das südalpine Grundgebirge. Die Entstehung des Südalpins hat im Jungpaläozoikum begonnen und sich bis ins Erdmittelalter fortgesetzt. Zu Beginn dieses Entstehungsprozesses ist die magmatische Tätigkeit sehr hoch gewesen, anschließend sind vor allem im Trias durch Ablagerungsprozesse Sedimentgesteine entstanden (*Stingl und Mair, 2005*).

3.2.2 Geologischer Aufbau des Mendelzuges

Die unterste Schicht des Mendelzuges besteht aus dem Bozner Quarzporphyr, anschließend folgt der Grödner Sandstein. Über den Grödner Sandstein liegt die Bellerophon Bank, gefolgt von den Werfener Schichten. Über den Werfener Schichten befindet sich der bis zu 600m mächtige Schlern-Dolomit, auf diesen liegen wiederum die Raibler-Schichten und der Dachsteindolomit (*Staindl, 1976*). Das Dorf Tramin befindet sich auf einem Schuttkegel, welcher vom Höllentalbach angeschwemmt wurde. Dabei schneidet der Bach in die Triasplatte des Mendelzuges ein (*Blaas, 1902*). Im etwas flacheren Terrain, unterhalb der steilen Felswände des Mendelkamms, sind, nach dem Abschmelzen des Gletschers vor 10.000 Jahren, Findlinge liegen geblieben. Diese Findlinge, bestehend aus den Gesteinsarten Gneis, Granit, Schiefer, Quarzphyllit und Porphyr, wurden zum Teil aus dem Vinschgau ins Südtiroler Unterland verfrachtet. Neben den Findlingen hat sich auch fruchtbares, lehmartiges Moränenmaterial abgelagert. Mit sinkender Meereshöhe vermischt sich das Moränenmaterial mit Hangschutt, welcher, aufgrund von Erosion aus darüberliegenden Standorten, in Richtung Tal verfrachtet wurde (*Gruber et al., 1995*).



Abbildung 2: Im Vordergrund ist zu erkennen, dass die Bestände auf Moränenmaterial und Hangschutt stocken. Dahinter ragen die steilen Felswände des Mendelzugesempor. (Quelle: Eigenes Foto)

3.3 Anthropogener Einfluss

Der Wald entlang des Mendelzuges wurde in der Vergangenheit oftmals intensiv genutzt, sodass die Nutzung in den unterschiedlichen Epochen gesetzlich geregelt werden musste. Hauptsächlich wurde Brennholz eingeschlagen, aber auch Bau- und Weinbergholz wurde aus den Wäldern des Mendelzuges bezogen. Zudem wurde Holz für die Herstellung von Werkzeugen und Gebrauchsgegenständen gebraucht. Da die benötigten Holzmengen zeitweise nicht in ausreichender Menge zur Verfügung standen, musste Holz auch von entfernteren Gebieten herangeschafft werden. Um den Bedarf an Weinbergholz zu decken, wurde 1768 die Pflanzung der Akazie empfohlen, seither wurde sie in für den Weinbau relevanten Gebieten angepflanzt. Das Laub des weißen Maulbeerbaumes verwendete man im 16. Jahrhundert für die Zucht von Seidenraupen. Außerdem wurde Streunutzung betrieben und, besonders in Siedlungsnähe, diente der Wald als Waldweidefläche. Auch der Bergbau spielte eine Rolle. So wurde in Altenburg Silber- und Bleierz abgebaut und im Gemeindegebiet von Kurtatsch kalk gebrannt. Der Rohstoff Holz wurde für die Kohleproduktion ebenfalls vor Ort bezogen, was wiederum zu einer massiven Übernutzung geführt hatte (*Autonome Provinz Bozen, 2010*).

In der heutigen Zeit wird bei waldbaulichen Eingriffen hauptsächlich darauf geachtet, dass die Bestandesstabilität erhöht wird. Auf diese Weise soll die Schutzfunktion, besonders vor Steinschlag und Erosion, gesteigert werden. Durch kleinere Eingriffe sowie das Belassen von Samenbäumen werden seltene Baumarten, wie beispielsweise die Elsbeere, gefördert. In den Niederwäldern im Südtiroler Unterland spielt die Wertholzproduktion kaum eine Rolle, das geerntete Holz wird meist als Brennholz verwendet. Allerdings wurden einige Wander- und Mountainbike-Routen angelegt, welche sowohl von der einheimischen Bevölkerung als auch von Touristen gerne genutzt werden. Zudem wurden einige Gebiete als Trinkwasserschutzgebiete ausgewiesen (*Pietrogiovanna, 2019*).

3.4 Beschreibung der vorkommenden Waldtypen

3.4.1 Karbonnat-Mannaeschen-Hopfenbuchenwald mit Blaugras

Dieser Waldtyp kommt in den südlichen Zwischenalpen hauptsächlich auf der unteren kollinen Höhenstufe der Fichten-Tannen-Buchenzone vor, einzeln ist er aber auch auf der unteren kollinen Höhenstufe der Buchen-Übergangszone sowie der Tannen-Fichtenzone Etsch- und Eisacktal vertreten. Der Karbonnat-Mannaeschen-Hopfenbuchenwald mit Blaugras stockt vor allem auf Mittelhängen, er etabliert sich aber auch auf Rücken, Hangversteilungen und Oberhängen. Die von diesem Waldtyp besiedelten Standorte weisen eine Hangneigung zwischen 30% und 90% auf, besonders günstig sind Hangneigungen zwischen 50% und 70%. Nach Westen, Osten und Südosten exponierte Lagen sind typisch, aber auch südlich und nördlich exponierte Standorte werden besiedelt. Häufig findet man diesen Waldtyp auf mittleren Böden, seltener auch auf schweren und leichten Böden. Die Gründigkeit ist mittelmäßig, der Skelettgehalt sehr hoch, seltener hoch. Der Karbonnat-Mannaeschen-Hopfenbuchenwald mit Blaugras ist auf trockenen - mäßig trockenen Karbonat-Standorten zu finden. Meist vorkommende Bodentypen sind verbraunte Pararendzina, Braunlehm- und mittelgründige Rendzina und mancherorts skelettreiche Kalk-Braunerde. Die Humusformen sind moderartiger Mull und mullartiger Moder. Im Bestand stockt die Hopfenbuche beigemischt bis dominant und die Mannaesche beigemischt bis subdominant. Mehlbeere, Trauben- und Flaumeiche sowie in seltenen Fällen auch die Winterlinde kommen eingesprengt bis beigemischt vor. Die Buche ist nur eingesprengt vertreten. Zu den einzeln eingesprengten Baumarten gehören Edelkastanie, Walnuss, Hängebirke, Aspe, Lärche und Fichte. Des Weiteren weist der Bestand einen hohen Rotkieferanteil auf. Die Vertreter der Strauchschicht sind zumeist kletternder Efeu und Felsenbirne. Dadurch, dass durch das geschlossene Kronendach noch genug Licht auf den Waldboden gelangt, gedeihen Gräser wie die weiße Segge, das Kalk-Blaugras und mancherorts die Erd-Segge. Auch das Immenblatt, der Zwergbuchs sowie der Echte Gamander sind auf trockenen Standorten zu finden. Typisch für diesen Waldtyp sind geschlossene, teils dichte, einschichtig bis zweischichtig aufgebaute Nadelwälder sowie geschlossene, dreischichtig aufgebaute Hochwälder, welche einen Einzelbaumcharakter aufweisen. Die wichtigste Waldfunktion dieses Waldtyps ist der Schutz vor Naturgefahren, insbesondere gegen Erosion und Steinschlag, aber auch gegen Schuttbewegungen. Zudem spielt die Erholungs- und Nutzfunktion eine bedeutende Rolle. Die mäßig

wüchsigen Bestände weisen zwar gute Holzqualitäten auf, bei der Rotkiefer sind oftmals aber auch absterbende Kronen und Wipfelbrüche zu beobachten. Die Rotkiefer konnte sich im Karbonat-Mannaeschen-Hopfenbuchenwald mit Blaugras aufgrund anthropogener Einflüsse etablieren. Wäre das Nadelholz im Bestand nicht gefördert worden, so würde sich ein Laubmischwald mit eingesprengtem Nadelholz daraus entwickeln. Generell würde die Baumartenvielfalt zunehmen, die Anzahl der Hopfenbuchenstöcke jedoch abnehmen. Waldbauliches Ziel beim Karbonat-Mannaeschen-Hopfenbuchenwald mit Blaugras ist, dass die Hopfenbuche zu mindestens 2 Zehnteln und die Mannaesche und Flaumeiche jeweils zu mindestens einem Zehntel im Bestand vertreten sind. Dabei sollte der Hopfenbuchen und Mannaeschenanteil jeweils nicht mehr als 5 Zehntel betragen. Die Anteile von Flaumeiche, Traubeneiche und sonstigem Laubholz sollten bei höchstens drei Zehnteln liegen. Die Rotkiefer sollte einen Anteil von einem Zehntel nicht überschreiten. Im Übergang zum Karbonat-Kiefern-Hopfenbuchen-Buchenwald ist es günstig, die Buche zu bevorzugen. Des Weiteren sollte die Dominanz der Rotkiefer eingedämmt werden. Bei den waldbaulichen Maßnahmen ist darauf zu achten, dass die Schutzfunktion durch eine nadelwaldartige Bewirtschaftung erhalten bleibt und es nicht zu einer Überalterung des Bestandes kommt. Die Flächengröße bei Eingriffen sollte zwischen 600m² und 0,5 Hektar betragen, somit können sich besonders Mannaesche und Hopfenbuche vegetativ verjüngen. Außerdem sollten zirka 80 Kernwüchse pro Hektar der seltenen Mischbaumarten (Elsbeere, Speierling) sowie der Eiche belassen werden. Wichtig ist auch, dass an zukünftigen Samenbäumen, welche eine Höhe von 6m erreichen, eine Kronenpflege durchgeführt wird und die Biomasse (Blätter, Zweige) möglichst im Bestand belassen wird (*Autonome Provinz Bozen, 2010*).

3.4.2 Bodenbasischer illyrisch-südalpischer Buchenwald

Der bodenbasierte illyrisch-südalpische Buchenwald kommt hauptsächlich in den südlichen Zwischenalpen auf der submontanen Höhenstufe der Fichten-Tannen-Buchenzone vor, aber auch auf der submontanen Höhenstufe der Buchenübergangszone. Dieser Waldtyp ist besonders auf Mittelhängen, aber auch auf Unterhängen, dem Hangfuß sowie in Gräben, zu finden. Der bodenbasierte illyrisch-südalpische Buchenwald stockt auf Hängen mit einer Hangneigung zwischen 0% bis zirka 85%, meist jedoch ist er auf Hangneigungen zwischen 40% und 70% zu finden. Optimal sind Standorte, welche in die nördliche Richtung exponiert sind, seltener in die westliche und östliche. Charakteristisch für den bodenbasierten illyrisch-südalpischen Buchenwald sind tiefgründige und schwere Böden. Der Skelettgehalt ist je nach Standort sehr hoch bis gering. Häufig vorkommende Bodentypen sind Parabraunerde, basenreiche Braunerde, Pelosol, Kalkbraunlehm und mancherorts feinerdereiche Kalkbraunerde. Typische Humusformen sind moderartiger Mull und mullartiger Moder. Im bodenbasierten illyrisch-südalpischen Buchenwald stocken Fichte und Buche eingesprengt bis dominant, Edelkastanie und Rotkiefer eingesprengt bis subdominant und Baumarten wie Mannaesche, Lärche sowie Vogelkirsche kommen eingesprengt bis subdominant vor. Selten eingesprengt sind jedoch Tanne, Hopfenbuche, Walnuss und Winterlinde. Mehlbeere und andere Laubholzpioniere sind wiederum häufig eingesprengt zu finden. Wichtige Vertreter der Strauchschicht sind die Rote Heckenkirsche und die Haselnuss, in geschlossenen Beständen können sie aber auch fehlen. Vertreter der Krautschicht sind Goldnessel, Sanikel, Lungenkraut, Christophskraut, große Farne und Waldmeister. Gräser spielen bei diesem Waldtyp eine untergeordnete Rolle, jedoch findet man zahlreiche Säurezeiger, wie zum Beispiel Schattenblümchen und Sauerklee. Generell sind die überwiegend geschlossenen Bestände einstufig bis stufig aufgebaut und weisen eine Einzelbaumstruktur auf. Bei diesem Waldtyp steht die Nutz- und Schutzfunktion (Steinschlag, Erosion und Hangbewegung) im Vordergrund. Die gut wüchsigen Bestände weisen ein gutes Potential für die Wertholzproduktion auf, so erreicht zum Beispiel die Buche, bei einem Bestandesalter von 120 Jahren, eine Höhe von 25m und einen Brusthöhendurchmesser von 55cm. Entstanden ist der bodenbasierte illyrisch-südalpische Buchenwald nach einer flächigen Nutzung, anschließend haben sich besonders Rotkiefer und Fichte verjüngt und gegen die Laubgehölze durchgesetzt.

Durch die vernachlässigte Bestandespflege ist die Holzqualität meist schlecht. Ohne anthropogenen Einfluss würde sich auf diesem Waldtyp größtenteils die Buche durchsetzen. Wichtigen Einfluss auf diese Entwicklung nehmen eventuelle Störungen sowie der Wilddruck (Verbiss von Mischbaumarten). Bei der waldbaulichen Behandlung wird aber oft ein Fichtenanteil von mindestens sechs Zehntel und höchstens neun Zehntel angestrebt. Der Vogelkirschenanteil sollte bei höchstens zwei Zehnteln liegen und der Edelkastanienanteil nicht größer als ein Zehntel sein. Sonstiges Laubholz (Ahorn, Winterlinde, Esche) und sonstiges Nadelholz (Eibe, Tanne) werden bis zu einem Anteil von drei Zehnteln toleriert. Bei der Naturverjüngung spielen im bodenbasischen illyrisch-südalpinen Buchenwald Stockausschläge (z.B. bei Mannaesche, Hopfenbuche, Edelkastanie) eine wichtige Rolle. Durch eine Auflockerung des Bestandes kann sich besonders die Buche optimal verjüngen. Bei der späteren Waldpflege sollte bei der Buche besonders in der Jugendphase auf Dichtstand geachtet werden, um eine gute Holzqualität zu erzielen. Des Weiteren ist es wichtig, Edellaubhölzer zu fördern. Die Fichte kann in der Übergangszone von Fichten-Tannen-Buchenwäldern der Buche vorgezogen werden, ansonsten sollte man die Buche bevorzugen. Ziel ist es auch, die Eibe zu fördern (*Autonome Provinz Bozen, 2010*).

3.5 Auswahlkriterien und Lage der Versuchsflächen

Bei Arbeitsbeginn mussten zuerst geeignete Standorte für den Versuch ausgewählt werden. Hauptkriterium bei der Flächenauswahl war, dass sowohl Götterbäume als Stockausschläge vorhanden waren und der Bestandesaufbau möglichst homogen war. Ein wichtiges Kriterium war auch, dass der infrage kommende Standort genügend Platz für den Versuchsaufbau bot. Des Weiteren wurde auch darauf geachtet, dass sich die Versuchsstandorte möglichst nahe an der Forststraße befanden, um spätere Arbeitsschritte zu erleichtern. Gleichzeitig wurden Standorte, durch die ein Wander- oder Fahrradweg verläuft, ausgeschlossen, damit ein eventueller Einfluss von Dritten möglichst geringgehalten wurde.



Abbildung 3: Optimaler Standort zur Anlage einer Versuchsfläche im Südtiroler Unterland. Die im Foto sichtbare Fläche weist die erforderliche Mindestgröße sowie eine hohe Zahl von Götterbäumen auf. (Quelle: Eigenes Foto)

Die Versuchsflächen wurden im Südtiroler Unterland auf Waldstandorten angelegt, welche sich im Besitz der Gemeinden Tramin und Kurtatsch befinden. Dabei befinden sich die Flächen Nr. 1-5 auf dem Gemeindegebiet von Tramin, die Flächen Nr. 6-8 auf dem Gemeindegebiet von Kurtatsch. Für das Gemeindegebiet Tramin ist die Forststation Kaltern zuständig, das Gemeindegebiet von Kurtatsch wird von der Forststation Neumarkt betreut. Beide Gemeinden befinden sich im Verwaltungsbereich des Forstinspektorates Bozen 1. In der Abbildung 4 ist die geografische Lage der einzelnen Versuchsflächen dargestellt. Das Gelände, auf denen sie angelegt wurden, ist oft steil und durch den starken Wuchs verschiedener Pflanzenarten schwer zugänglich. Allerdings liegen die Versuchsstandorte in der Nähe einer Forststraße und sind somit gut erreichbar.

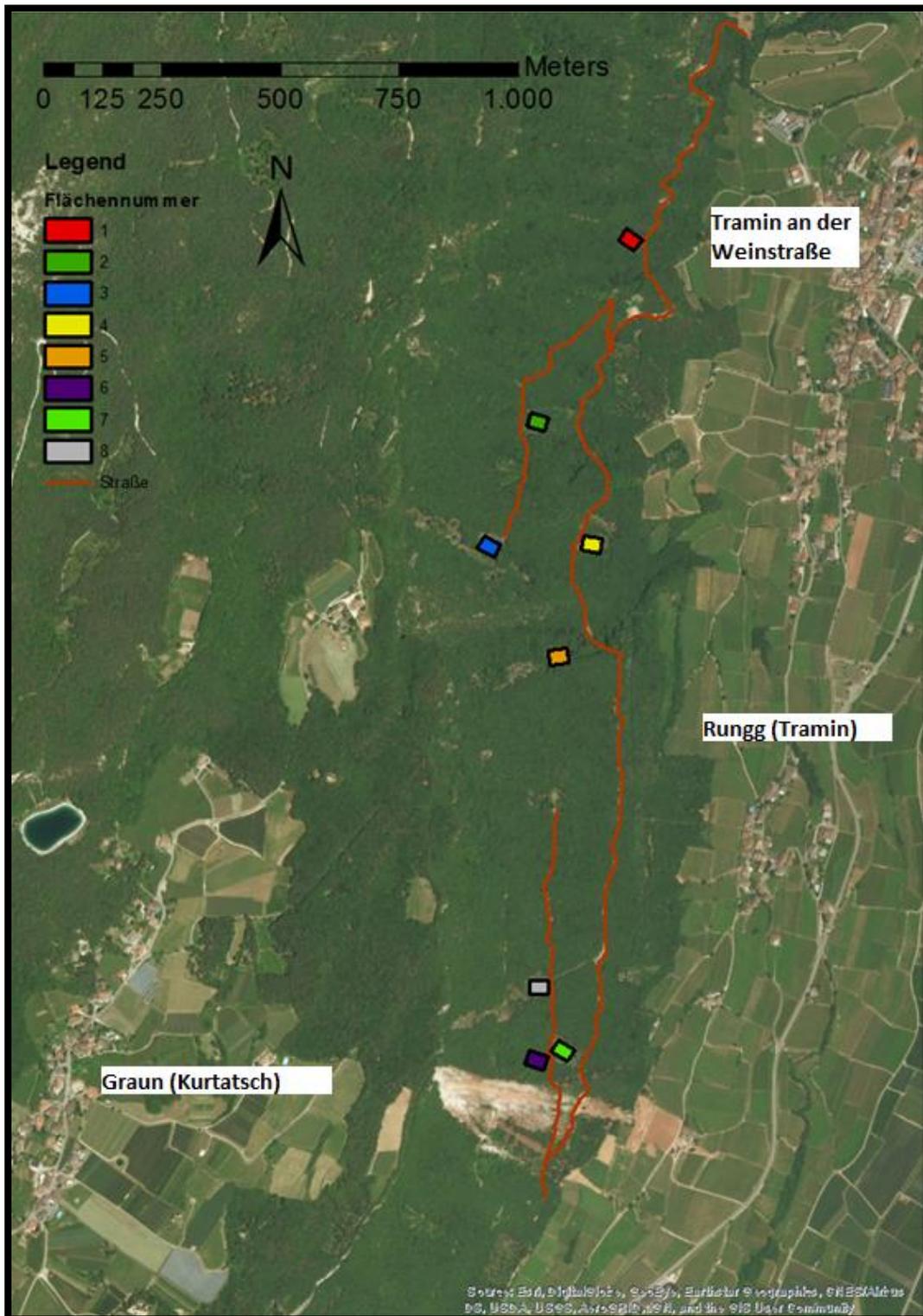


Abbildung 4: Lage der Versuchsflächen (Quelle: Eigenbearbeitung in ArcGIS)

3.6 Kurzcharakteristik der Versuchsflächen

3.6.1 Fläche Nr. 1

Der auf der Fläche Nr. 1 vorkommende Waldtyp ist ein Karbonat-Mannaeschen-Hopfenbuchenwald mit Blaugras, welcher sich in der Dickungsphase befindet. Hauptsächlich stocken auf ihm Hopfenbuche, Mannaesche und Götterbaum, die Flaumeiche kommt im oberen Teil eingesprengt vor. Die in Richtung Süd-Ost exponierte Fläche befindet sich in der kollinen Höhenstufe auf einer Meereshöhe von 430m. Die Hangneigung liegt zwischen 40-100%. Größtenteils weist die Fläche einen geschlossenen Bestandesschlussgrad auf, nur im unteren Teil ist der Bestand lückig aufgebaut. Auf der Fläche wurden im Frühjahr 2016 Bekämpfungsmaßnahmen des Götterbaumes durchgeführt. Dies hat zur Folge, dass er sich im Bereich des geschlossenen Bestandesschlussgrades nicht mehr etablieren kann, in den lückigen Strukturen stockt er hingegen in Gruppen. Zudem ist bei Mannaesche und Flaumeiche Wildeinfluss erkennbar.

3.6.2 Fläche Nr.2

Die Fläche Nr. 2 befindet sich auf einer Meereshöhe von 520m in der submontanen Höhenstufe. Der Waldtyp ist ein bodenbasischer illyrisch-südalpischer Buchenwald. Die durchschnittliche Hangneigung liegt zwischen 65-70% und ist in Richtung Nordost-Ost exponiert. Auf der Fläche, welche sich in der späten Dickungsphase befindet, stocken hauptsächlich Hopfenbuche, Götterbaum und Mannaesche, zudem kommen eingesprengt Haselnusssträucher vor. Die gesamte Fläche weist einen geschlossenen Bestandesschlussgrad auf. Wildeinfluss ist auf der Fläche kaum erkennbar, sehr selten wurden kleinere Mannaeschen leicht verbissen.

3.6.3 Fläche Nr.3

Die Fläche Nr. 3 befindet sich auf einer Meereshöhe von 600m in der submontanen Höhenstufe und ist in Richtung Nordost-Ost exponiert. Der Bestand befindet sich in der Dickungsphase, die Hangneigung liegt zwischen 75-80%. Der Waldtyp ist ein bodenbasischer illyrisch-südalpischer Buchenwald. Auf der Fläche stocken hauptsächlich Götterbaum, Mannaesche und Hopfenbuche. Rotbuche, Flaumeiche und Walnuss kommen nur eingesprengt vor. Der Bestand ist lückig aufgebaut, besonders die Hopfenbuche und der Götterbaum weisen ein gutes Wachstum auf. Das Wachstum der Mannaesche wird oft durch den Wildeinfluss sowie durch die Waldrebe und die Gallmilbe gehemmt. Die Flaumeiche verjüngt sich durch das

Belassen von Samenbäumen sehr gut, sie hat aber keine Möglichkeit sich zu etablieren, da sie sehr stark verbissen wird.

3.6.4 Fläche Nr.4

Die Fläche Nr. 4 befindet sich in der kollinen Höhenstufe auf einer Meereshöhe von 460m. Sie ist nach Ost-Südost hin exponiert und hat eine Hangneigung von 75-85%. Der Waldtyp ist ein Karbonat-Mannaeschen-Hopfenbuchenwald mit Blaugras, welcher allmählich in die Dickungsphase übergeht. Auf dieser Versuchsfläche stocken vor allem Mannaeschen, Hopfenbuchen und Götterbäume. Nussbäume und Flaumeichen kommen nur eingesprengt vor. Trotz der Bekämpfungsmaßnahmen im Frühjahr 2016 ist der Götterbaum die am häufigsten vorkommende Baumart auf der lückigen Fläche und weist ein hervorragendes Wachstum auf. Während die Mannaesche oft durch die Waldrebe sowie dem Wildeinfluss in ihrem Wachstum gehemmt wird, hat die Hopfenbuche einen guten Zuwachs. Auch auf dieser Fläche ist es der Flaumeiche, aufgrund des starken Wildverbisses, nicht möglich, sich zu etablieren.

3.6.5 Fläche Nr.5

Die Fläche Nr. 5 befindet sich auf einer Meereshöhe von 550m in der submontanen Höhenstufe, der auf ihr stockende Bestand befindet sich in der Dickungsphase. Die Hangneigung liegt zwischen 65 und 75%, der Waldtyp ist ein bodenbasischer illyrisch-südalpischer Buchenwald. Die Fläche ist nach Ost-Südost hin exponiert. Auf ihr stockt die Mannaesche, Hopfenbuche und der Götterbaum mit eingesprengter Walnuss, Winterlinde, Flaumeiche, Rotbuche, Kirsche und Robinie. Der Bestand ist flächendeckend geschlossen und zweischichtig aufgebaut. Der Götterbaum kann sich nur vereinzelt gegenüber den anderen Baumarten durchsetzen, oftmals befindet er sich in der unteren Schicht und wird somit am Wachstum gehindert. Besonders die Hopfenbuche und Robinie, seltener die Winterlinde und Mannaesche, haben ein gutes Wachstum und dominieren die obere Bestandesschicht. Walnuss, Kirsche und Rotbuche sind meist in der unteren Bestandesschicht zu finden. Wildverbiss ist auf der Fläche Nr.5 nicht erkennbar.

3.6.6 Fläche Nr.6

Die Fläche Nr. 6 befindet sich auf einer Meereshöhe von 470m in der kollinen Höhenstufe. Sie ist in Richtung Ost-Südost hin exponiert und weist eine Hangneigung von 70-80% auf. Der hier vorkommende Waldtyp ist ein Karbonat-

Mannaeschen-Hopfenbuchenwald mit Blaugras, der sich in der späten Dickungsphase befindet. Auf der Fläche Nr.6 stockt hauptsächlich Hopfenbuche und Mannaesche mit beigemischtem Götterbaum und eingesprengter Mehlbeere sowie Flaumeiche. Auf dieser Fläche konnte sich der Götterbaum kaum etablieren, Mannaesche und Hopfenbuche weisen ein gutes Wachstum auf. Wildeinfluss ist auf der Fläche Nr.6 bei diesen Baumarten nicht erkennbar. Die Mehlbeere ist weniger stark verbissen als die Flaumeiche, beide können sich aber, aufgrund des rascheren Wachstums von Hopfenbuche, Mannaesche und Götterbaum, kaum durchsetzen.

3.6.7 Fläche Nr.7

Die Fläche Nr. 7 befindet sich auf einer Meereshöhe von 460m in der kollinen Höhenstufe. Sie ist in Richtung Ost-Südost exponiert und hat eine Hangneigung von 60-70%. Der Waldtyp ist ein Karbonat-Mannaeschen-Hopfenbuchenwald mit Blaugras, welcher sich in der frühen Dickungsphase befindet. Der Bestand der Fläche Nr.7 ist lückig aufgebaut, auf ihr stockt vorwiegend der Götterbaum, die Mannaesche und Hopfenbuche mit beigemischter Eiche und eingesprengter Mehlbeere und Rotbuche. Hopfenbuche und Götterbaum weisen ein gutes Wachstum auf, aber die Eiche sowie die Mehlbeere werden stark vom Wild verbissen, sodass sie sich nicht etablieren können. Aber auch bei der Mannaesche sind Wildschäden und Gallmilbenbefall erkennbar. Zudem kommt auf der steinig und trockenen Fläche vermehrt die Waldbrombeere vor.

3.6.8 Fläche Nr.8

Die Versuchsfläche Nr.8 liegt auf einer Meereshöhe von 520m in der kollinen Höhenstufe und befindet sich in der Dickungsphase. Der Waldtyp ist ein Karbonat-Mannaeschen-Hopfenbuchenwald mit Blaugras. Die Fläche weist eine Hangneigung von 80-90% auf und ist nach Ost-Südost hin exponiert. Vorwiegend ist die Fläche mit Hopfenbuche, Mannaesche und Götterbaum bestockt. Flaumeiche, Mehlbeere, Elsbeere und Walnuss kommen im geschlossenen Bestand eingesprengt vor. Während das Wachstum von Mannaesche, Hopfenbuche und Götterbaum gut ist, werden Flaumeiche, Mehlbeere und Elsbeere durch den Wildverbiss gehemmt.

3.7 Vorkommende Wildarten und Wildeinfluss

Eine weit verbreitete Wildart am Mendelkamm ist das Rehwild. Diese anpassungsfähige Wildart bevorzugt ein mildes Klima, abwechslungsreiche Landschaften mit viel Unterwuchs (*Wotschikowsky und Heidegger, 1992*). Rehe sind Konzentratselktierer (*Ophoven, 2005*). Aufgrund ihres, im Vergleich zum Körpervolumen, kleinen Pansens können sie täglich bis zu elf Äsungsperioden haben. Bevorzugt wird eine möglichst leichtverdauliche Nahrung, die wenig Zellulose und Lignin enthält. Somit werden junge Blätter und Triebe, frisches Gras und leichtverdauliche Kräuter bevorzugt (*Wotschikowsky und Heidegger, 1992*). Zu den verbissanfälligsten Baumarten gehören Haselnuss, Eschen, Buchen, Eichenarten, Hainbuchen, Weidenarten, Winterlinden, Ahornarten, Robinien, Aspen, Birken und Ebereschen. Seltener und vor allem im Winter werden Koniferen wie die Fichte, die Kiefer und die Weißtanne verbissen (*Mißbach, 1993*). Erwachsene Rehböcke können Bäume aber nicht nur durch Verbiss, sondern auch durch Fegen schädigen. Das Fegen dient zum Abstreifen des Bastes aber auch zur Markierung ihres Territoriums. Auf der Stirn des Rehbockes befindet sich eine Drüse, aus der während des Fegens ein Sekret auf das Gehölz übertragen wird. Andere Rehböcke sollten beim Anblick der verfegten Pflanzen und durch den Duft des Sekretes abgeschreckt werden. Das Rehwild bleibt im Laufe seines Lebens am selben Standort, die Größe des Einstandsgebietes kann dabei erheblich schwanken. Charakteristisch für Rehe ist jedoch, dass innerhalb ihres Einstandsgebietes manche Bereiche bevorzugt und andere gemieden werden (*Wotschikowsky und Heidegger, 1992*). Durch die Ausrottung von Wolf und Luchs hat sich das Rehwild stark vermehren können. Mit der Schonung der Geißen, den Rückgang von Wilderei sowie der gezielten Hege hat sich dieser Trend bis in die 1970er Jahre fortgesetzt. Durch gezielte Abschusspläne, Parasiten und Degenrationserscheinungen wurde die Rehpopulation wieder gesenkt. Neben dem Rehwild ist auch die Gamswildpopulation seit den 1960er Jahren gestiegen. Die Gämse leben in den steilen Hängen des Mendelzuges und dringen sogar bis in die Nähe der Weinberge vor (*Gruber et al., 1995*). Gämse ernähren sich hauptsächlich von Kräutern, Trieben, Blättern, Gräsern, Sträuchern und in den Wintermonaten von Flechten und Moosen. Diese Wildart kann Baumarten vor allem durch Verbiss schädigen. Das tagaktive Gamswild lebt in Rudeln, bestehend aus Geißen, Jährlingen, Kitzen und nicht geschlechtsreifen Böcken. Ältere Böcke sind Einzelgänger oder schließen sich zu Junggesellenrudeln zusammen (*Ophoven,*

2005). Das Gamswild hält sich in der Nähe von Felsen auf, um sich bei Gefahr zurückziehen zu können. Kahlschläge sind beliebte Äsungsflächen, auf ihnen wurden schon bis zu dreißig Gämse pro hundert Hektar gezählt. Im Frühjahr steigen Gämse bis ins Tal hinunter, da ihnen frisch ausgetriebene Pflanzen als Nahrung dienen. Anschließend wandern sie den frisch ausgetriebenen Pflanzen folgend in die höheren Lagen zurück (*Wotschikowsky und Heidegger, 1992*). Am Grauner Joch und am Fennberg lebt seit den 1980er Jahren eine kleine aber stabile Population von Hirschen. Vorher tauchte diese Wildart nur sporadisch in diesem Gebiet auf (*Gruber et al., 1995*).

Der Wildeinfluss war bei der Datenaufnahme auf einigen Versuchsflächen klar zu erkennen, zu beobachten sind vor allem Verbiss aber auch Fegeschäden. Laut Definition spricht man von einem Wildschaden, wenn Pflanzen durch den Wildeinfluss geschädigt werden. Bei einem Verbisschaden werden Triebe oder Knospen vom Schalenwild abgebissen, was sich negativ auf den Zuwachs auswirken kann. Außerdem führt Verbiss zur Entmischung des Waldes, da manche Baumarten lieber verbissen werden als andere. Aufforstungsmaßnahmen werden oftmals durch Wildverbiss beeinträchtigt. Bei einem Fegeschaden werden junge Bäume oder schwache Triebe durch das Geweihschlagen geschädigt. Diese Wildschadensart ist von geringer Bedeutung, da immer nur einzelne Pflanzen betroffen sind (*Wotschikowsky und Heidegger, 1992*).

3.8 Beschreibung des Feldversuchs und der Anlage der Versuchsfläche

Zur Anlage des Versuchs wird ein 30 Meter breites und 39 Meter langes Versuchsfeld benötigt, sowie eine 10 Meter breite und 13 Meter lange Wildmonitoringfläche.

Das Versuchsfeld wurde in drei Streifen unterteilt, wobei jeder dieser Streifen 10 Meter breit und 39 Meter lang ist. Im ersten Streifen wurden Bekämpfungs- und Förderungsmaßnahmen durchgeführt, im Zweiten nur Bekämpfungsmaßnahmen und der dritte Streifen wurde als Nullfläche belassen. Außerdem wurde jeder dieser Streifen nochmals in drei 10 Meter breite und 13 Meter lange Raster unterteilt. Somit bestand jede Versuchseinheit aus neun Rastern sowie einem Raster, welches als Wildmonitoringfläche diente. In der Wildmonitoringfläche wurden ebenfalls Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt. Für die Datenerhebung wurde in jedem Raster ein Aufnahmefeld angelegt, welches 2 Meter breit und 5 Meter lang war. Das Aufnahmefeld in der Wildmonitoringfläche war 5 Meter breit und 5 Meter lang. Die Aufnahmefelder sollten, wenn möglich, in der Rastermitte angelegt werden, um äußere Einflüsse zu vermeiden. Wichtig war, dass sich ein Stockausschlag innerhalb des Aufnahmefeldes befand. War dies nicht der Fall, so musste das Feld von der Mitte aus zum nächsten Stockausschlag hin verschoben werden.

Bei der Anlage der drei Streifen wurde auf die für Versuchsflächen übliche Randomisierung bewusst verzichtet. Der Grund dafür war, dass die Versuchsflächen für einen Versuch innerhalb eines Waldbestandes relativ klein waren und dadurch Randeffekte minimiert werden konnten. Außerdem wurde auf diese Weise die Durchführung der geplanten Maßnahmen im steilen und dicht bestockten Gelände erleichtert.

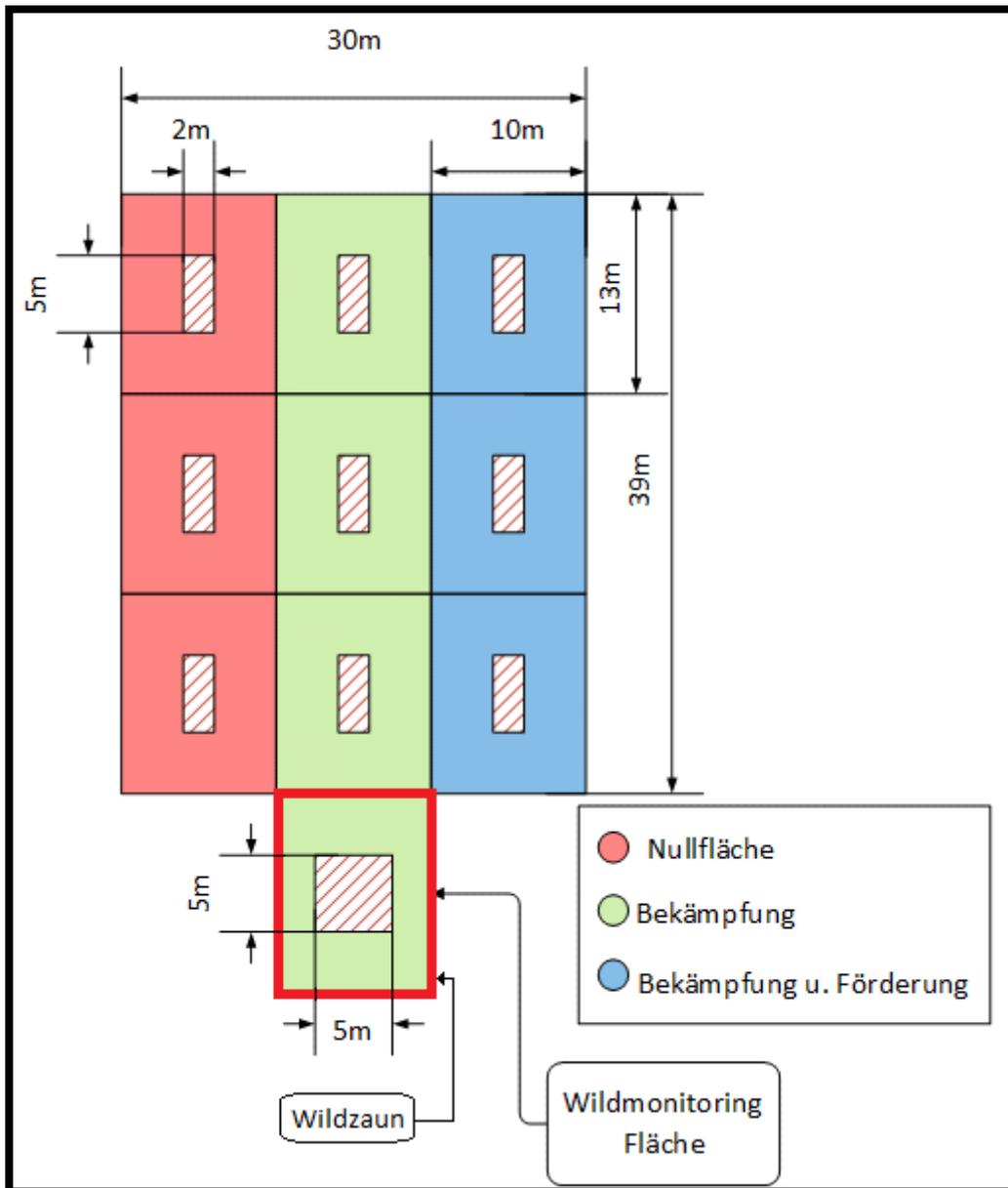


Abbildung 5: Skizze des Versuchsflächenaufbaues

3.8.1 Versuchsflächenanlage und Datenerhebung

Um eine Versuchsfläche anlegen zu können, musste zuerst mit einem Rollmeter sichergestellt werden, dass der ausgewählte Standort die nötige Größe besitzt. Anschließend musste jeder Eckpunkt der einzelnen Raster mit 1m langen, 5x5 cm starken Kanthölzern abgesteckt werden, welche mit einem Beil zirka 20 cm in den Boden geschlagen wurden. Damit eine ausreichende Genauigkeit beim Abstecken erreicht werden konnte, wurden die einzelnen Rasterpunkte mithilfe von Rollmeter und Wyssenkompass eingemessen. Außerdem war es notwendig, geradlinige Schneisen in die teils dichten und unübersichtlichen Bestände zu schlagen, um ein genaues und sicheres Arbeiten zu ermöglichen. Das Anlegen der Schneisen erfolgte

unter Zuhilfenahme von Freischneider, Motorsäge und Laubmesser. Auch die Wildmonitoringfläche wurde auf diese Weise eingemessen und abgesteckt, sie wurde aber noch zusätzlich mit einem 1,5 m hohen Wildzaun eingezäunt, welcher an insgesamt acht Zaunpfählen befestigt ist.



Abbildung 6: Auf dem ersten Foto (v.l.n.r) ist die Bestimmung der Richtung mithilfe des Wyssenkompasses zu sehen, auf dem zweiten Foto ist das Abstecken mithilfe des Rollmeters abgebildet und beim dritten Foto sind die in die Erde geschlagenen und rot markierten Pflöcke zu sehen. (Quelle: Eigene Bilder)

Nachdem alle Raster angelegt waren, wurden auch die Aufnahmeflächen mit Kanthölzern abgesteckt. Hierfür wurden zwei Fluchtstäbe, das Rollmeter und der Wyssenkompass, verwendet. Anschließend wurden jene Pflöcke, welche die Aufnahmeflächen abgrenzten, mit blauem Farbspray markiert. Die übrigen Pflöcke, die die einzelnen Raster voneinander trennten, wurden mit rotem Farbspray markiert.



Abbildung 7: Im ersten Foto (v.l.n.r.) erfolgt das Abstecken der Fluchtstäbe, zur Bestimmung der Richtung wird der Wyssenkompass verwendet, für Entfernungsmessungen das Rollmeter. Im zweiten Bild wird der eingeschlagene Pflöck mit blauem Farbspray markiert. (Quelle: Eigene Fotos)

Die Datenaufnahme erfolgte Mitte September 2016, also kurz vor Abschluss des



Abbildung 8: Nach dem Ende der Messungen markierte Individuen, um Verwechslungen zu vermeiden. (Quelle: Eigenes Foto)

Wachstums. Dabei wurden jene Bäume gemessen, welche sich innerhalb des 2x5m großen Aufnahmefeldes befanden und auf einer Höhe von 30cm mindestens 10 mm dick waren. Erhoben wurden die Baumart, die Höhe, der Durchmesser, die Längen vom End- und zweijährigen Trieb sowie eventuelle Schäden. Des Weiteren wurde visuell erhoben, ob es sich bei den aufgenommenen Bäumen um einen

Stockausschlag handelte oder nicht und ob ein Wildverbiss erkennbar war. Für die Ermittlung des Stammdurchmessers wurde eine elektronische Schublehre verwendet, die Längenmessungen erfolgten mit einem Rollmeter. Bereits gemessene Bäume wurden mit einem Farbspray markiert, um Verwechslungen zu vermeiden.

Nach Aufnahmeende wurden die Bekämpfungs- und Förderungsmaßnahmen in den dafür bestimmten Flächen durchgeführt. Hierfür wurde die Motorsäge und ein Laubmesser verwendet. Jene Stockausschläge, welche bei den Förderungsmaßnahmen belassen wurden, wurden im Aufnahmeformular markiert.

3.8.2 Bekämpfungs- und Förderungsmaßnahmen

Die Bekämpfung der Götterbäume auf den Versuchsflächen erfolgte durch das Zurückschneiden auf zirka einen Meter. Die Idee dahinter war, dass aus dem verbliebenen, einen Meter langen Baumstumpf mehrere Triebe ausschlagen können und somit die starke Wuchskraft von einem auf mehrere Individuen verteilt werden kann. Auf diese Weise erhalten andere Baumarten einen Wachstumsvorsprung und es besteht die Möglichkeit, dass sich der Götterbaum nach Bestandesschluss nicht mehr etablieren kann. Zudem ist das Zurückneiden auf eine Höhe von einem Meter wesentlich ergonomischer und schont die hierfür verwendeten Schnittwerkzeuge, da diese nicht mit dem Erdreich und Steinen in Berührung kommen. Die Bekämpfungsmaßnahmen, welche im Frühjahr 2016 vom Landesforstdienst auf den Versuchsflächen Nr.1 und Nr.4 vorgenommen wurden, wurden ebenfalls nach diesem Prinzip durchgeführt.

Bei der Förderung der Stockausschläge handelte es sich um eine Auslichtungsmaßnahme. Die Idee dahinter war, dass, durch das Entfernen unterentwickelter und beschädigter Triebe, das Wachstum auf besser geeignete Triebe konzentriert wurde. Bei diesem Eingriff wurde zirka ein Drittel der Individuen eines Stockausschlages, welche aus waldbaulicher Sicht gut geeignet sind, belassen. Gut geeignet sind jene Triebe, welche geradschaftig, räumlich gut verteilt und möglichst hoch sind. Außerdem sollten sie keine Schäden aufweisen, wie sie zum Beispiel durch Wildverbiss oder Steinschlag entstehen.



Abbildung 9: Bekämpfungsmaßnahme Götterbaum (roter Pfeil) und Förderung des Stockausschlages (gelber Pfeil) (Quelle: Eigenes Foto)

3.9 Literaturrecherche und Auswertung

Die im Zuge dieser Masterarbeit verwendete Literatur wurde aus den Bibliotheken der Universität für Bodenkultur (Wien), der Landesbibliothek Dr. Friedrich Teßmann (Bozen) sowie aus der Bibliothek der Europäische Akademie EURAC (Bozen) bezogen. Auch das Internet wurde für die Literaturrecherche verwendet.

Die Ausarbeitung der Ergebnisse erfolgte mit den Computerprogrammen „Microsoft Excel 2010“ und „IBM SPSS Statistics 22“. Die Hochrechnung auf die Stammzahl pro Hektar erfolgte mithilfe des Blow-Up-Faktors. Der Blow-Up-Faktor wird errechnet, indem die Grundfläche von einem Hektar durch die Grundfläche der Versuchsflächen dividiert wird. Anschließend wird jeder in den Versuchsflächen erhobene Baum mit diesem Faktor multipliziert.

Metrische Datensätze mit mehr als zwei Gruppen wurden in Form eines paarweisen Vergleichs, mithilfe von Post-Hoc Tests, ausgewertet. Zuerst wurde mit dem Levene-Test die Varianzhomogenität überprüft. Da alle analysierten Datensätze ungleiche Varianzen aufwiesen, wurde der Games-Howell-Test verwendet.

Die metrischen Daten mit zwei Gruppen wurden mit dem Mann-Whitney-Test verglichen.

Zur Überprüfung, ob bei den drei Hauptbaumarten ein Zusammenhang zwischen Baumhöhe und Baumdurchmesser besteht, wurde die Regressionsanalyse verwendet.

Für die grafische Darstellung der Ergebnisse wurden Kreis- und Balkendiagramme, Tabellen, Regressionsgeraden und Boxplots verwendet.

4 Ergebnisse

4.1 Anzahl der Baumarten

In Tabelle 1 ist die Anzahl der Individuen pro Hektar dargestellt, welche mithilfe des Blow-Up-Faktors errechnet wurde. Daraus ist gut erkennbar, dass sich manche Versuchsflächen hinsichtlich ihrer Individuenzahl ähnelten, sich von anderen aber stark unterschieden.

Tabelle 1: Darstellung der Individuenzahl pro Hektar und Versuchsfläche. Die Individuenzahl wurde mithilfe des Blow-Up-Faktors hochgerechnet.

Versuchsfläche (Nr.)	Baumanzahl (n/ha)
1	25760
2	22220
3	22180
4	22600
5	33700
6	30540
7	20620
8	27040

Wie in Abbildung 10 und Abbildung 11 ersichtlich, etablierten sich die Mannaesche, die Hopfenbuche und der Götterbaum auf allen Versuchsflächen. Elsbeere, Flaumeiche, Winterlinde, Mehlbeere, Robinie, Rotbuche und Walnuss stockten hingegen nur auf bestimmten Versuchsflächen. Auf den Versuchsflächen Nr.2, Nr.5 und Nr.6 etablierte sich auch der Haselnussstrauch in einem nennenswerten Ausmaß, aus diesen Grund wurde er ebenfalls mitberücksichtigt. Aus den Abbildungen ist auch klar ersichtlich, dass sich die Versuchsflächen hinsichtlich der Anzahl der Baumarten unterschieden. Die meisten Baumarten wurden auf den Versuchsflächen Nr.5 und Nr.8 erhoben, die Versuchsfläche Nr.1 war jene Fläche mit der geringsten Baumartenzahl. Des Weiteren kamen vereinzelt die Kirsche und die Fichte eingesprengt vor; - diese Baumarten fanden sich jedoch nie in einem Aufnahme-feld und wurden somit bei der Datenerhebung nicht berücksichtigt. In der Tabelle 2 ist die Summe der Individuenzahl aller erhobenen Baumarten ersichtlich. Insgesamt wurden 2.358 Bäume aufgenommen, am häufigsten kamen die Hopfenbuche, der Götterbaum und die Mannaesche vor. Im Gegensatz dazu war die Individuenzahl von Hasel, Winterlinde und Mehlbeere geringer. Robinie, Walnuss, Elsbeere, Flaumeiche und Rotbuche waren auf den Versuchsflächen kaum vertreten.

Wurden die Versuchsflächen bezüglich der Baumartenanteile in Prozent verglichen, so konnten auch hier Unterschiede festgestellt werden. Beispielsweise waren 50% der auf der Versuchsfläche Nr.4 stockenden Individuen Götterbäume. Auf der Versuchsfläche Nr.6 hingegen hatte der Götterbaum einen Baumartenanteil von nur 5%.

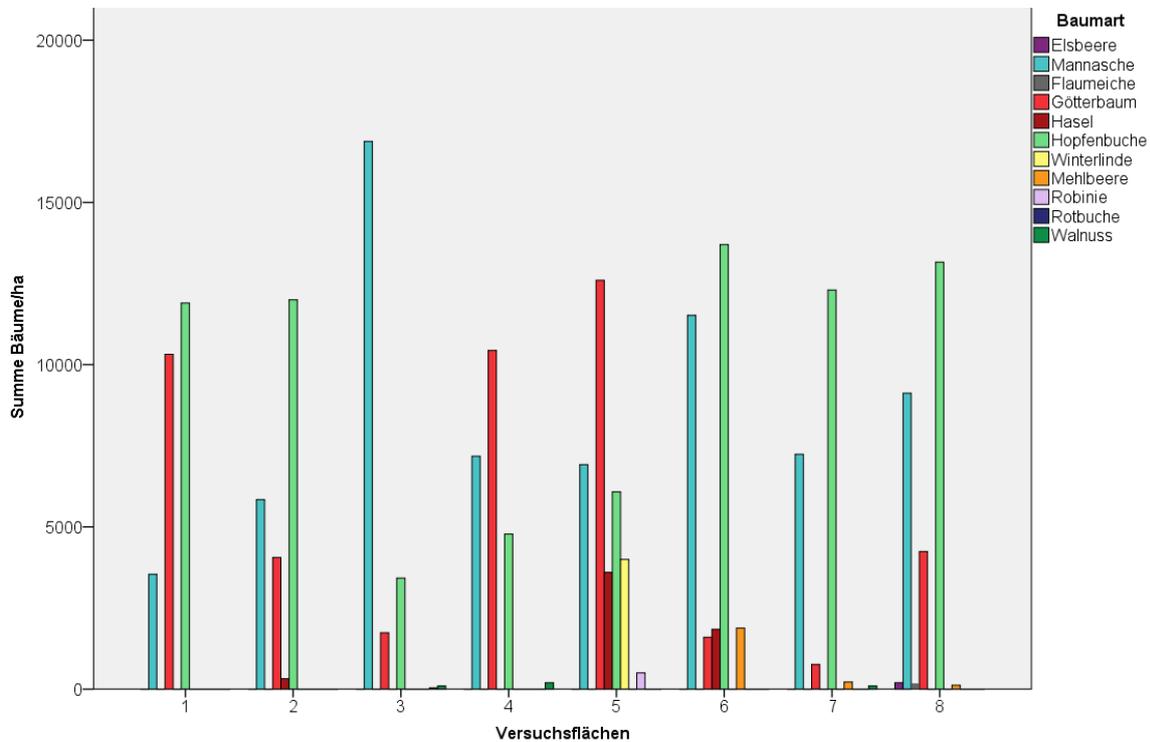


Abbildung 10: Individuenzahl der einzelnen Versuchsflächen pro Hektar, aufgeteilt auf die darauf erhobenen Baumarten. Die Individuenzahl wurde mithilfe des Blow-Up-Faktors hochgerechnet.

Tabelle 2: Darstellung der Baumartenanzahl aller 8 Versuchsflächen

Baumarten	Anzahl
Hopfenbuche	846
Mannaesche	767
Götterbaum	571
Hasel	90
Winterlinde	40
Mehlbeere	30
Robinie	5
Walnuss	4
Elsbeere	2
Flaumeiche	2
Rotbuche	1
Summe	2358

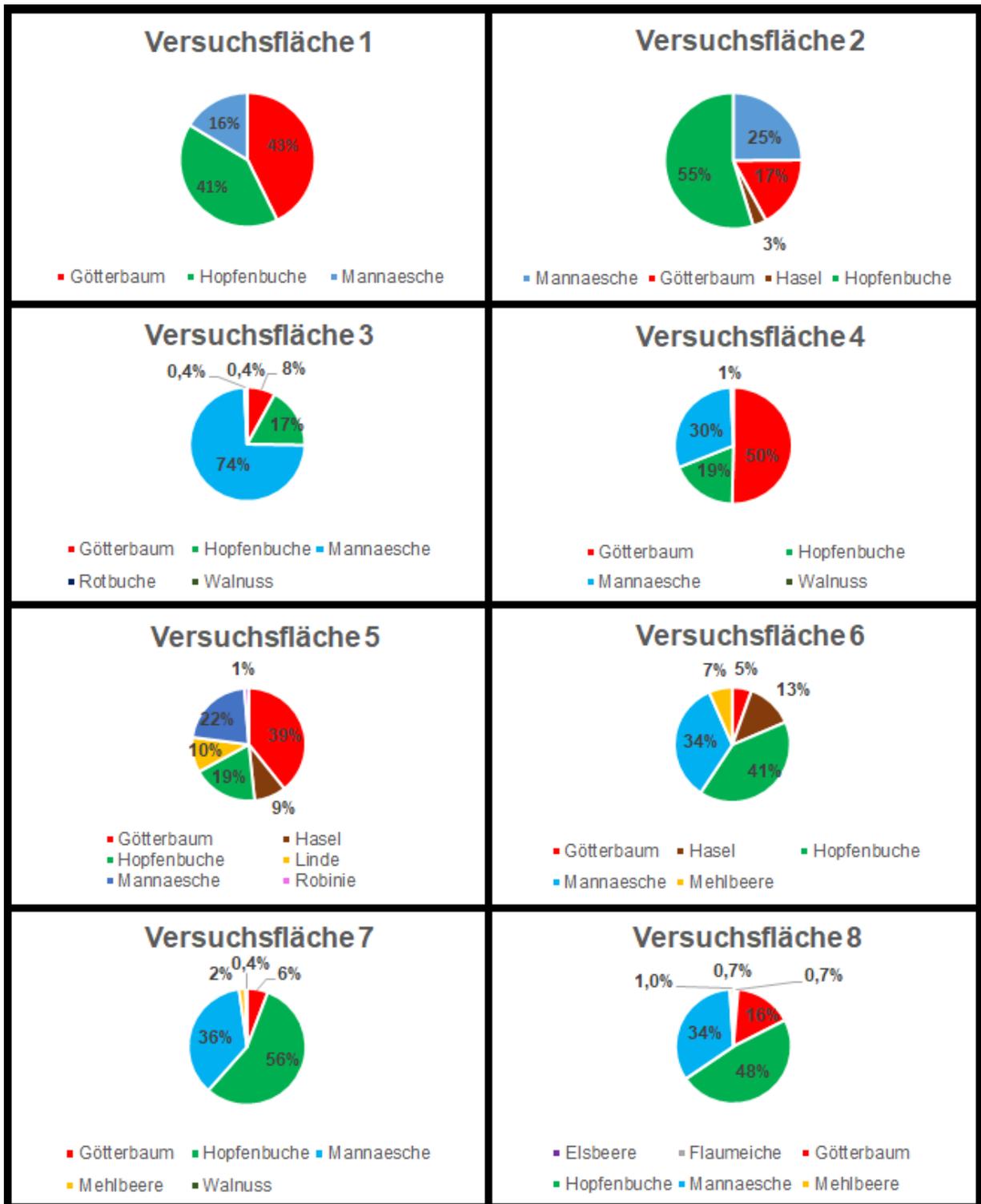


Abbildung 11: Darstellung der Baumartenverteilung innerhalb der einzelnen Versuchsflächen in Prozent

4.2 Verjüngung

Manche Baumarten verjüngten sich hauptsächlich über Stockausschlag, andere wiederum generativ. In Tabelle 3 ist in Prozent dargestellt, wie sich die erhobenen Baumarten auf den Versuchsflächen verjüngten.

Tabelle 3: Darstellung der Verjüngungsart in Prozent. Angeführt sind alle Baumarten, welche bei den Aufnahmen erhoben wurden.

Baumarten	Stockausschlag	kein Stockausschlag
Elsbeere	100%	0%
Mannasche	85%	15%
Flaumeiche	100%	0%
Götterbaum	5%	95%
Hasel	49%	51%
Hopfenbuche	87%	13%
Winterlinde	97%	3%
Mehlbeere	93%	7%
Robinie	0%	100%
Rotbuche	100%	0%
Walnuss	0%	100%

Vor allem Elsbeere, Flaumeiche, Hopfenbuche, Mannaesche und Mehlbeere verjüngten sich durch Stockausschlag. Baumarten wie der Götterbaum, aber auch die Robinie, Rotbuche und die Walnuss, verjüngten sich meist generativ. Außerdem verjüngten sich die einzelnen Baumarten nur auf den Schlagflächen, in den oft überalterten Altbeständen waren keine Verjüngungsansätze vorhanden.

4.3 Wildverbiss

Der bei der Datenerhebung aufgenommene Wildverbiss bezog sich lediglich auf den Endtrieb. Es wurde also bei der Ansprache des Wildeinflusses nur die Wachstumsperiode des Jahres 2016 analysiert. Der Grund dafür war, dass es nicht immer möglich war, einen Wildschaden aus vergangenen Wachstumsperioden klar zu identifizieren. Somit wurde die Entscheidung getroffen, immer nur den Endtrieb für die Ansprache des Wildeinflusses zu verwenden. Beim Verbissprozent gab es zwischen den verschiedenen Baumarten und den Versuchsflächen Unterschiede. In Tabelle 4: In dieser Tabelle wird der Wildverbiss aller erhobenen Bäume in Prozent dargestellt. Tabelle 4 und Tabelle 5 ist dieser Umstand gut ersichtlich. Während beispielsweise auf den Versuchsflächen Nr. 3 und Nr.7 ein relativ hoher Wildeinfluss festgestellt werden konnte, so ist auf den Flächen Nr.5 und Nr.6 kaum ein

Wildverbiss zu erkennen gewesen. Besonders gerne verbissen wurden die Flaumeiche, die Mannaesche und die Mehlbeere. Die Hopfenbuche wies im Vergleich zu den genannten Baumarten ein geringeres Verbissprozent auf. Kein Wildverbiss konnte bei Götterbaum, Winterlinde, Hasel, Robinie, Elsbeere, Walnu0ss und Rotbuche festgestellt werden. Jedoch musste bei diesem Vergleich auch auf die unterschiedliche Individuenzahl zwischen den einzelnen Baumarten Rücksicht genommen werden.

Tabelle 4: In dieser Tabelle wird der Wildverbiss aller erhobenen Bäume in Prozent dargestellt

Baumarten	verbissen (%)
Elsbeere	0%
Flaumeiche	100%
Götterbaum	0%
Hasel	0%
Hopfenbuche	2%
Winterlinde	0%
Mannaesche	11%
Mehlbeere	7%
Robinie	0%
Rotbuche	0%
Walnuss	0%
Gesamt	4%

Tabelle 5: Wildverbiss auf den 8 Versuchsf lächen, abgebildet in Prozent von Elsbeere, Flaumeiche, Götterbaum, Hasel, Hopfenbuche, Winterlinde, Mannaesche, Mehlbeere, Robinie, Rotbuche, Walnuss sowie des gesamten Wildverbisses pro Versuchsf läche

Baumarten	Versuchsf lächen							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Elsbeere	-	-	-	-	-	-	-	0%
Flaumeiche	-	-	-	-	-	-	-	100%
Götterbaum	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Hasel	-	0%	-	-	0%	0%	-	-
Hopfenbuche	0%	1%	10%	4%	1%	1%	2%	-
Winterlinde	-	-	-	-	0%	-	-	-
Mannaesche	22%	16%	19%	14%	3%	1%	18%	2%
Mehlbeere	-	-	-	-	-	4%	25%	0%
Robinie	-	-	-	-	0%	-	-	-
Rotbuche	-	-	0%	-	-	-	-	-
Walnuss	-	-	0%	0%	-	-	0%	-
Gesamt	2%	5%	16%	5%	1%	1%	8%	1%

4.4 Streifenvergleich

Beim Streifenvergleich wurden die Nullfläche, die Fläche mit den Bekämpfungsmaßnahmen und die Fläche, auf der sowohl Bekämpfungs- als auch Förderungsmaßnahmen durchgeführt wurden, miteinander verglichen. Berücksichtigt wurden hierfür die Dichte, der Götterbaumanteil, die mittlere Höhe und der mittlere Durchmesser. Auf diese Weise wurde neben der Darstellung der erhobenen Daten auch geprüft, ob es Unterschiede zwischen den drei Streifen gab.

Bei der Betrachtung der Dichte wurden alle Baumarten der 8 Versuchsfelder verwendet. Für die Vergleiche der mittleren Höhe und des mittleren Durchmessers wurden lediglich der Götterbaum, die Hopfenbuche und die Mannaesche verwendet, da diese Baumarten am häufigsten auf den Versuchsfeldern stockten. Bei der Analyse der mittleren Höhe wurden die Götterbäume auf den Versuchsfeldern Nr.1 und Nr.4, aufgrund der im Frühjahr 2016 durchgeführten Bekämpfungsmaßnahmen, nicht mitberücksichtigt.

4.4.1 Dichte und Götterbaumanteil der drei Streifen

Tabelle 6: Darstellung der Dichte und des Götterbaumanteiles in Prozent, aufgeteilt auf die acht Versuchsfelder.

Versuchs- fläche	Dichte			Götterbaumanteil		
	Nullfläche	Bekämpft	Bekämpft und Gefördert	Nullfläche	Bekämpft	Bekämpft und Gefördert
1	35%	33%	32%	32%	25%	43%
2	45%	20%	35%	59%	33%	8%
3	33%	35%	32%	29%	24%	47%
4	35%	29%	36%	40%	29%	31%
5	39%	27%	34%	26%	58%	15%
6	35%	25%	40%	64%	14%	21%
7	34%	48%	18%	25%	0%	75%
8	37%	34%	29%	42%	53%	5%
Mittelwert	37%	31%	32%	37%	38%	25%

Beim Vergleich der Dichte wurden die erhobenen Baumarten aller acht Versuchsfelder verwendet. Optimal wäre eine Baumartenverteilung von 33%, periodisch je Streifen. Anhand der Tabelle 6 ist ersichtlich, dass dies bei den

Versuchsflächen Nr.1 und Nr.3 am besten zutraf, eine schlechtere Verteilung wiesen die Versuchsflächen Nr.2 und Nr.7 auf. Einigermaßen ausgeglichen war auch der Mittelwert, welcher aus den 8 Versuchsflächen errechnet wurde.

Der Götterbaumanteil sollte pro Streifen ebenfalls eine Baumartenverteilung von 33% periodisch aufweisen. Hier war die Verteilung aber nicht so gleichmäßig wie bei der Dichte. Dieser Umstand traf sowohl bei der Betrachtung der einzelnen Versuchsflächen als auch beim Mittelwertvergleich zu. Auf den Versuchsflächen Nr.7, Nr.2 und Nr.8 war die Götterbaumverteilung am ungünstigsten, relativ gut auf die Fläche verteilt waren die Götterbäume der Versuchsflächen Nr.1 und Nr.4.

4.4.2 Dichte und Götterbaumanteil auf den Wildmonitoringflächen

In Tabelle 8 wird die Aufteilung der Individuen aller 8 Wildmonitoringflächen in Prozent dargestellt. Bei einer optimalen Verteilung müssten pro Fläche 12%-13% der Individuen stocken. Allerdings ist gut zu erkennen, dass die Individuen eher unregelmäßig über die Wildmonitoringflächen verteilt waren. Am wenigsten Individuen stockten auf den Flächen Nr. 3 und Nr. 7. Am dichtesten war die Wildmonitoringfläche Nr. 7 bestockt.

Tabelle 7: Aufteilung der Individuenzahl auf die 8 Versuchsflächen in Prozent. Der Götterbaumanteil in Prozent bezieht sich auf die Baumartenverteilung pro Versuchsfläche.

Versuchsfläche	Individuenzahl	Götterbaumanteil
1	17%	54%
2	8%	9%
3	6%	3%
4	17%	68%
5	19%	50%
6	15%	7%
7	6%	27%
8	11%	20%

Der Götterbaumanteil bezog sich in Tabelle 8 auf die Baumartenverteilung pro Versuchsfläche. Auch hier waren die Unterschiede beträchtlich. Während besonders auf den Wildmonitoringflächen Nr. 4 und Nr.5 der Götterbaumanteil besonders hoch war, waren auf den Flächen Nr. 3 und Nr. 6 kaum Götterbäume vertreten.

4.4.3 Mittlere Höhe

Tabelle 8: Darstellung der mittleren Höhe pro Streifen von Götterbaum (GB), Hopfenbuche (HB) und Mannaesche (ME) in cm, aufgeteilt auf die acht Versuchsflächen.

Versuchs- fläche	mittlere Höhe (cm)								
	Nullfläche			Bekämpft			Bekämpft und Gefördert		
	GB	HB	ME	GB	HB	ME	GB	HB	ME
1	-	361 (17)	205 (24)	-	440 (47)	-	-	398 (49)	292 (1)
2	412 (3)	428 (84)	252 (5)	302 (23)	416 (5)	267 (14)	422 (13)	343 (21)	390 (37)
3	297 (8)	330 (11)	217 (50)	437 (5)	269 (8)	276 (59)	239 (4)	338 (10)	257 (53)
4	-	328 (33)	203 (8)	-	343 (12)	141 (10)	-	-	197 (45)
5	361 (16)	343 (36)	236 (28)	384 (28)	373 (16)	268 (11)	358 (62)	-	263 (19)
6	468 (3)	400 (37)	278 (46)	494 (9)	455 (25)	343 (35)	486 (2)	428 (71)	291 (31)
7	269 (3)	393 (46)	144 (17)	151 (1)	317 (75)	128 (15)	-	-	165 (34)
8	317 (2)	371 (51)	172 (38)	365 (16)	470 (34)	194 (34)	309 (20)	300 (37)	239 (12)
Mittelwert gesamt	349 (35)	383 (315)	218 (216)	370 (82)	388 (222)	252 (178)	354 (101)	380 (188)	257 (232)
Standart- abweichung	+/- 191	+/- 108	+/- 89	+/- 146	+/- 121	+/- 111	+/- 106	+/- 139	+/- 108

Der Mittelwert gesamt und dessen Standartabweichung wurde aus der Summe der Daten aller Versuchsflächen berechnet. Die fettgedruckte Zahl ist dabei die mittlere Höhe, mit der Zahl in der Klammer wird die Individuenzahl angegeben. Wurde eine Baumart innerhalb eines Streifens nicht erhoben oder handelte es sich um bekämpfte Götterbäume, wurde das jeweilige Feld freigelassen.

Beim Höhenvergleich der Mannaesche wurden hoch signifikante Unterschiede zwischen der Nullfläche und der Fläche, auf der die Götterbäume bekämpft wurden, festgestellt. Höchste signifikante Unterschiede gab es bei der Mannaesche auch zwischen der Nullfläche und der Fläche, auf der Bekämpfungs- und Förderungsmaßnahmen vorgenommen wurden. Beim Vergleich der einzelnen Werte fiel auf, dass sich die mittleren Durchmesser mehr zwischen den Versuchsflächen als zwischen den drei Streifen voneinander unterschieden.

Die Mittelwerte der drei Baumarten waren beim Streifenvergleich ähnlich, die Anzahl der Fälle war hingegen in der gesamten Tabelle 8 Tabelle 9 unterschiedlich.

4.4.4 Mittlerer Durchmesser

Tabelle 9: Darstellung des mittleren Durchmessers pro Streifen von Götterbaum (GB), Hopfenbuche (HB) und Mannaesche (ME) in mm, aufgeteilt auf die acht Versuchsflächen.

Versuchs- fläche	mittlerer Durchmesser (mm)								
	Nullfläche			Bekämpft			Bekämpft und Gefördert		
	GB	HB	ME	GB	HB	ME	GB	HB	ME
1	13 (27)	27 (17)	19 (24)	14 (27)	30 (47)	-	13 (21)	28 (49)	13 (1)
2	32 (23)	30 (84)	17 (5)	25 (23)	28 (5)	23 (14)	38 (13)	25 (21)	33 (37)
3	33 (5)	27 (11)	20 (50)	40 (5)	20 (8)	26 (59)	20 (4)	30 (10)	22 (53)
4	24 (32)	20 (33)	19 (8)	23 (32)	26 (12)	19 (10)	24 (23)	-	20 (45)
5	28 (28)	21 (36)	17 (28)	27 (28)	23 (16)	22 (11)	21 (62)	-	21 (19)
6	48 (9)	26 (37)	20 (46)	36 (9)	33 (25)	25 (35)	38 (2)	31 (71)	25 (31)
7	31 (1)	31 (46)	17 (17)	18 (1)	22 (75)	14 (15)	-	-	16 (34)
8	55 (16)	33 (51)	19 (38)	39 (16)	33 (34)	18 (34)	29 (20)	23 (37)	25 (12)
Mittelwert gesamt	23 (96)	28 (315)	19 (216)	26 (141)	27 (222)	22 (178)	23 (145)	28 (188)	23 (232)
Standart- abweichung	+/- 17	+/- 13	+/- 10	+/- 16	+/- 11	+/- 10	+/- 12	+/- 14	+/- 11

Der Mittelwert gesamt und dessen Standartabweichung wurde aus der Summe der Daten aller Versuchsflächen berechnet. Die fettgedruckte Zahl ist dabei der mittlere Durchmesser, mit der Zahl in der Klammer wird die Anzahl der Fälle angegeben. Wurde eine Baumart innerhalb eines Streifens nicht erhoben, wurde das jeweilige Feld freigelassen.

Beim Streifenvergleich der mittleren Durchmesser wurden bei der Mannaesche hoch signifikante Unterschiede zwischen der Nullfläche und der Fläche, auf der die Bekämpfungsmaßnahmen durchgeführt wurden, festgestellt. Höchst signifikante Unterschiede gab es bei der Mannaesche auch zwischen der Nullfläche und der Fläche, auf der sowohl Bekämpfungs- als auch Förderungsmaßnahmen vorgenommen wurden. Bei der Betrachtung jeder einzelnen Baumart in Tabelle 9 ist gut zu erkennen, dass die Werte innerhalb der Zeilen weniger stark variieren als jene in den Spalten. Die Mittelwerte änderten sich bei der Betrachtung der drei Streifen kaum. Zudem ist in der Tabelle 9 die Anzahl der Fälle unterschiedlich.

4.5 Einfluss des Versuchsflächenalters auf das Wachstum

Beim Analysieren von Höhe, Durchmesser, Endtrieb und zweijährigem Trieb wurde festgestellt, dass es zwischen den einzelnen Versuchsflächen, aufgrund von Altersunterschieden, signifikante Unterschiede gab. Um Differenzen aufgrund des Alters minimieren zu können, war es notwendig, die einzelnen Flächen in drei Altersstufen zu unterteilen. So wurden die Versuchsflächen Nr.4, Nr.7 und Nr.8 der Altersstufe 1 zugeteilt, die Versuchsflächen Nr.1, Nr.3 und Nr.5 der Altersstufe 2 und die Versuchsflächen Nr.2 und Nr.6 der Altersstufe 3. Aufgrund dieser Einteilung gab es zwischen den drei Altersstufen Unterschiede hinsichtlich der Baumarten- und Individuenzahl. Die Individuenzahl variierte auch bei der Analyse von Höhe, Durchmesser, Endtrieb und zweijährigem Trieb. Der Grund dafür ist, dass es nicht bei allem Individuen möglich war, jede dieser vier genannten Kennzahlen zu erheben. Diese Gründe erforderten, dass vor jeder Ergebnisdarstellung zuerst die Anzahl der analysierten Bäume aufgelistet wurde. Höhe, Durchmesser, Endtrieb und zweijähriger Trieb werden mithilfe von Boxplots dargestellt. Auf diese Weise ist es möglich, alle Baumarten über die drei Altersstufen hinweg in einer Abbildung darzustellen. Die Aussagekraft der Boxplots und statistischen Tests ist aber oft begrenzt, da manche Baumarten eine sehr geringe Individuenzahl innerhalb der jeweiligen Altersstufe aufwiesen.

4.5.1 Höhenvergleich

Bei der Höhenanalyse wurden die Götterbäume der Versuchsflächen Nr.4 und Nr.1, welche im Frühjahr 2016 bekämpft wurden, nicht berücksichtigt. In der Tabelle 10 sind die Baumarten und deren Anzahl angeführt, welche für die Höhenanalyse verwendet wurden.

Tabelle 10: Baumarten- und Individuenzahl, getrennt nach den drei Altersstufen, welche für die Höhenanalyse verwendet wurden.

Baumarten	Altersstufe1	Altersstufe2	Altersstufe3
Götterbaum	62	174	62
Mannaesche	269	316	182
Hopfenbuche	324	244	278
Mehlbeere	7	-	23
Elsbeere	2	-	-
Flaumeiche	2	-	-
Walnuss	3	-	-
Hasel	-	36	54
Winterlinde	-	40	-
Robinie	-	5	-
Gesamt	669	815	599

4.5.1.1 Altersstufe 1

In der Altersstufe 1 gab es hinsichtlich der Höhe hoch signifikante Unterschiede zwischen Götterbaum und Hopfenbuche, von der Mannaesche unterschieden sich beide Baumarten höchst signifikant. Vergleich man die Elsbeere und die Flaumeiche mit den anderen Baumarten, so waren keine signifikanten Unterschiede vorhanden. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass von diesen Baumarten jeweils nur zwei Individuen erhoben wurden. Die Walnuss und die Mehlbeere unterschieden sich vom Götterbaum höchst signifikant. Außerdem wurde zwischen Mehlbeere und Hopfenbuche ebenfalls ein höchst signifikanter Unterschied festgestellt. Die Walnuss unterschied sich von der Hopfenbuche hoch signifikant und vom Götterbaum höchst signifikant. Ansonsten konnten bei der Mehlbeere und der Walnuss keine signifikanten Unterschiede zu den übrigen Baumarten festgestellt werden. Innerhalb der Altersstufe 1 wiesen Mehlbeere und Walnuss die geringste Medianhöhe auf. Etwas höher waren die Mannaesche und die Flaumeiche, anschließend folgte die Elsbeere. Die höchsten Baumarten waren die Hopfenbuche und der Götterbaum. Zu beachten ist dabei die geringe Individuenzahl von Walnuss, Mehlbeere, Elsbeere und Flaumeiche. In der Grafik klar ersichtlich ist aber, dass die Mannaesche ein deutlich geringeres Höhenwachstum aufwies als die Hopfenbuche oder der Götterbaum. Die

größte Streuweite war bei der Hopfenbuche zu erkennen, gefolgt vom Götterbaum. Auch die Daten der Mannaesche unterlagen einer Streuung, die geringste Datenstreuung war bei Flaumeiche, Elsbeere, Walnuss und Mehlbeere zu beobachten. In der Altersstufe 1 gab es Ausreißer bei Götterbaum, Mannaesche und Mehlbeere. Dadurch, dass der Interquartilabstand bei der Hopfenbuche am größten war, war die Kurtosis bei dieser Baumart am flachsten. Außerdem lag keine symmetrische Datenverteilung vor, beispielsweise war der Götterbaum leicht rechtsschief.

4.5.1.2 Altersstufe 2

In der Altersstufe 2 konnten beim Höhenvergleich höchst signifikante Unterschiede zwischen Götterbaum, Mannaesche und Hopfenbuche festgestellt werden. Eine univariate Varianzanalyse konnte bei Walnuss und Rotbuche nicht durchgeführt werden, da jeweils nur ein Individuum in die Altersstufe 2 aufgenommen wurde. Die Winterlinde unterschied sich nur von der Mannaesche hoch signifikant. Bei der Höhenanalyse der Robinie konnten signifikante Unterschiede beim Vergleich mit der Mannaesche nachgewiesen werden, wobei bei der Robinie die geringe Individuenzahl berücksichtigt werden musste. Die Hasel wies höchst signifikante Höhenunterschiede im Vergleich zur Mannaesche auf. Die höchste Medianhöhe besaß die Robinie, anschließend folgten Hopfenbuche, Hasel und Götterbaum. Eine geringere Medianhöhe besaßen Winterlinde und Mannaesche. Die mit Abstand größte Datenstreuung konnte man beim Götterbaum erkennen, aber auch Hopfenbuche, Winterlinde und Mannaesche hatten eine weite Datenstreuung. Am geringsten streuten die Werte bei der Hasel. Beim Götterbaum konnte man einen Extremwert und mehrere Ausreißer erkennen, auch bei der Hasel war ein Ausreißer zu sehen. Die größten Interquartilabstände besaßen die Boxplots von Robinie und Winterlinde, sie waren somit die Baumarten mit der flachsten Kurtosis. Außerdem lag eine schiefe Datenverteilung vor. So war beispielsweise die Winterlinde rechtsschief, die Robinie hingegen linksschief.

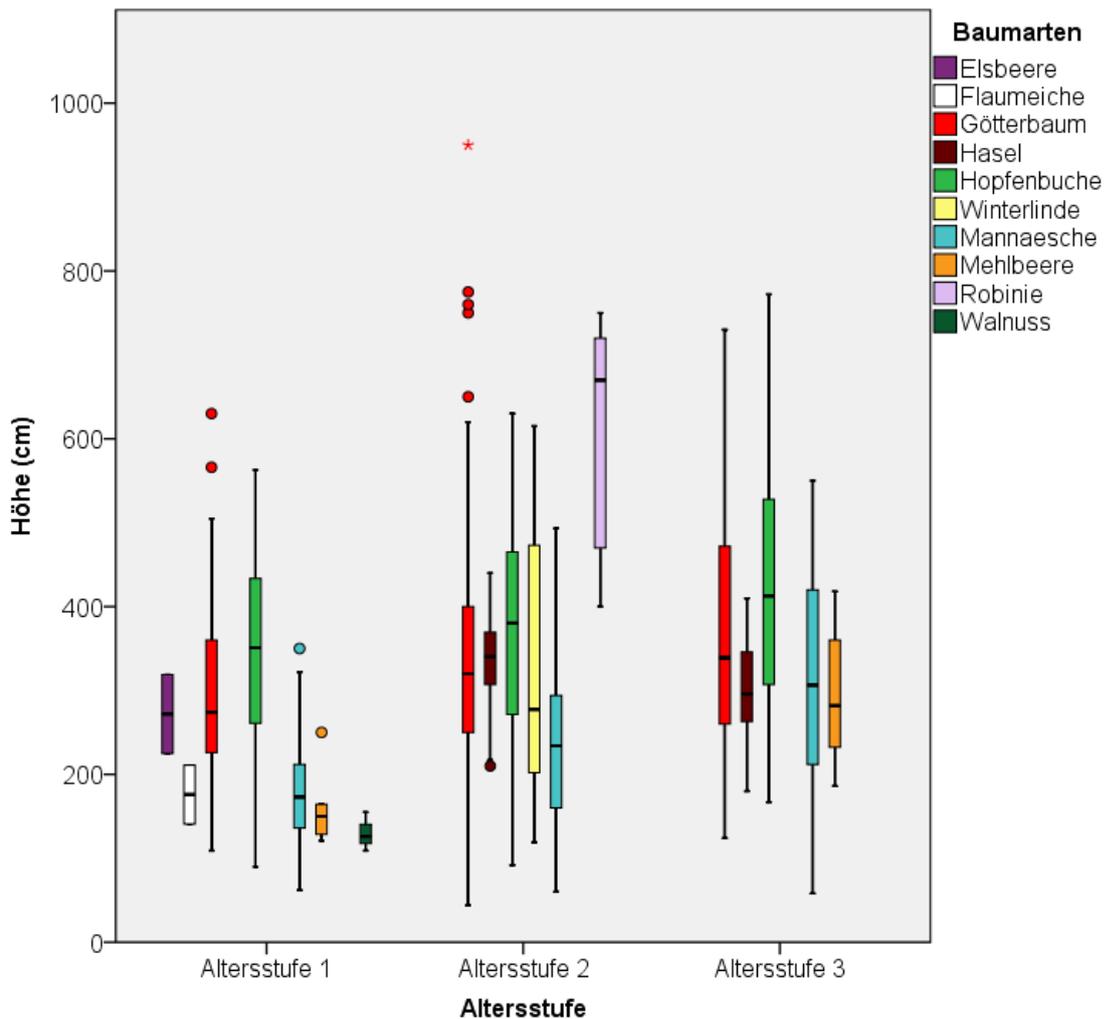


Abbildung 12: Darstellung der Höhe in cm, aufgeteilt auf die drei Altersstufen ($p=0,01$). Analysiert wurden Götterbaum, Hopfenbuche, Mannaesche, Mehlsbeere, Winterlinde, Hasel, Elsbeere, Flaumeiche, Walnuss und Robinie.

4.5.1.3 Altersstufe 3

In der Altersstufe 3 wurde zwischen dem Götterbaum und der Hopfenbuche kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Baumhöhe festgestellt. Die Mannaesche hingegen unterschied sich vom Götterbaum signifikant und von der Hopfenbuche höchst signifikant. Auch die Mehlsbeere unterschied sich vom Götterbaum hoch signifikant und von der Hopfenbuche höchst signifikant. Die Analyse der Hasel hat ergeben, dass diese sich hinsichtlich der Höhe vom Götterbaum hoch signifikant und von der Hopfenbuche höchst signifikant unterschied. In der Altersstufe 3 waren die Medianhöhen der einzelnen Baumarten im Vergleich zu den anderen beiden Altersstufen etwas höher. Die höchste Medianhöhe besaß die Hopfenbuche, gefolgt vom Götterbaum. Anschließend folgten die Mannaesche und die Hasel. Die kleinste

Medianhöhe war bei der Mehlbeere zu erkennen. In der Altersstufe 3 gab es zwar keine Ausreißer, jedoch waren die Streuweiten der einzelnen Boxplots größer als die Streuweiten von Altersstufe 1 und 2. Beim Götterbaum und bei der Hopfenbuche konnte man die größte Datenstreuung erkennen, eine geringere Streuung war bei der Mannaesche zu sehen. Am geringsten war die Streuweite bei der Mehlbeere und der Hasel. Der Interquartilabstand und somit die Kurtosis von Götterbaum, Hopfenbuche und Mannaesche war ähnlich. Auch hier war die Datenverteilung asymmetrisch, besonders zu erkennen war dies an der rechtschiefen Datenverteilung von Götterbaum und Mehlbeere.

4.5.2 Durchmesservergleich

Für die Analyse des Durchmessers konnten alle Bäume verwendet werden, da die im Aufnahmejahr durchgeführten Bekämpfungsmaßnahmen noch keinen Einfluss auf das Durchmesserwachstum hatten. Außerdem konnte der Durchmesser bei jedem Individuum gemessen werden.

Tabelle 11: Baumarten- und Individuenzahl, getrennt nach den drei Altersstufen, welche für die Durchmesseranalyse verwendet wurden.

Baumarten	Altersstufe1	Altersstufe2	Altersstufe3
Götterbaum	203	306	62
Mannaesche	269	316	182
Hopfenbuche	324	244	278
Mehlbeere	7	-	23
Elsbeere	2	-	-
Flaumeiche	2	-	-
Walnuss	3	-	-
Hasel	-	36	54
Winterlinde	-	40	-
Robinie	-	5	-
Gesamt	810	947	599

4.5.2.1 Altersstufe 1

In der Altersstufe 1 konnten bei der Durchmesseranalyse keine Unterschiede zwischen Hopfenbuche und Götterbaum festgestellt werden, beide Baumarten unterschieden sich aber von der Mannaesche höchst signifikant. Auch die Flaumeiche, Elsbeere und Walnuss unterschieden sich bezüglich ihres Durchmessers nicht signifikant von den anderen Baumarten. Bei der Analyse der Mehlbeere wurden hoch signifikante Unterschiede bei Götterbaum und Hopfenbuche festgestellt. Die kleinsten Durchmessermediane wiesen die Flaumeiche, die Walnuss und die Mehlbeere auf. Elsbeere, Götterbaum und Hopfenbuche besaßen jeweils

den größten Durchmessermedian in der Altersstufe 1. Der Durchmessermedian der Mannaesche lag deutlich darunter. Gut ersichtlich war, dass die Hopfenbuche und der Götterbaum die mit Abstand größten Streuweiten aufwiesen. Im Vergleich dazu unterlag die Mannaesche einer geringeren Streuung. Noch kleinere Streuweiten wiesen Flaumeiche, Walnuss, Mehlbeere und Elsbeere auf. Hier musste aber wiederum die geringe Individuenzahl beachtet werden. Besonders viele Ausreißer und auch Extremwerte waren bei der Mannaesche und beim Götterbaum zu sehen. Außerdem kamen Ausreißer bei der Hopfenbuche vor. Den größten Interquartilabstand besitzt die Hopfenbuche, somit ist in der Altersstufe 1 ihre Kurtosis am flachsten. Aber auch der Götterbaum und die Elsbeere haben einen ähnlichen Interquartilabstand. Die vielen Ausreißer sowie die rechtsschiefe Datenverteilung von Götterbaum und Hopfenbuche ließen auf eine asymmetrische Verteilung der Daten schließen.

4.5.2.2 Altersstufe 2

In der Altersstufe 2 gab es keine Unterschiede zwischen Götterbaum und Mannaesche, die beiden Baumarten unterschieden sich aber höchst signifikant von der Hopfenbuche. Bei den übrigen Baumarten konnten bezüglich des Durchmessers keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. In dieser Altersstufe lagen die Durchmessermediane der Baumarten nahe beieinander. Die einzige Ausnahme bildete die Robinie, sie wies den mit Abstand größten Durchmessermedian auf. Etwas darunter folgten Hopfenbuche, Hasel und Winterlinde. Den schwächsten Durchmessermedian hatten Götterbaum und Mannaesche. Auch hinsichtlich der Streuweite ähnelten sich die Boxplots der einzelnen Baumarten. Nur der Götterbaum sowie die Hopfenbuche hatten größere Streuweiten. Die meisten Ausreißer waren beim Götterbaum zu sehen, auch Extremwerte kamen bei dieser Baumart vor. Aber auch bei Hopfenbuche, Mannaesche und Winterlinde gab es Ausreißer. Den größten Interquartilabstand besaß die Hopfenbuche, sie hatte somit in dieser Altersstufe die flachste Kurtosis. Bei den übrigen Baumarten gab es aber nur geringe Unterschiede im Bezug zum Interquartilabstand.

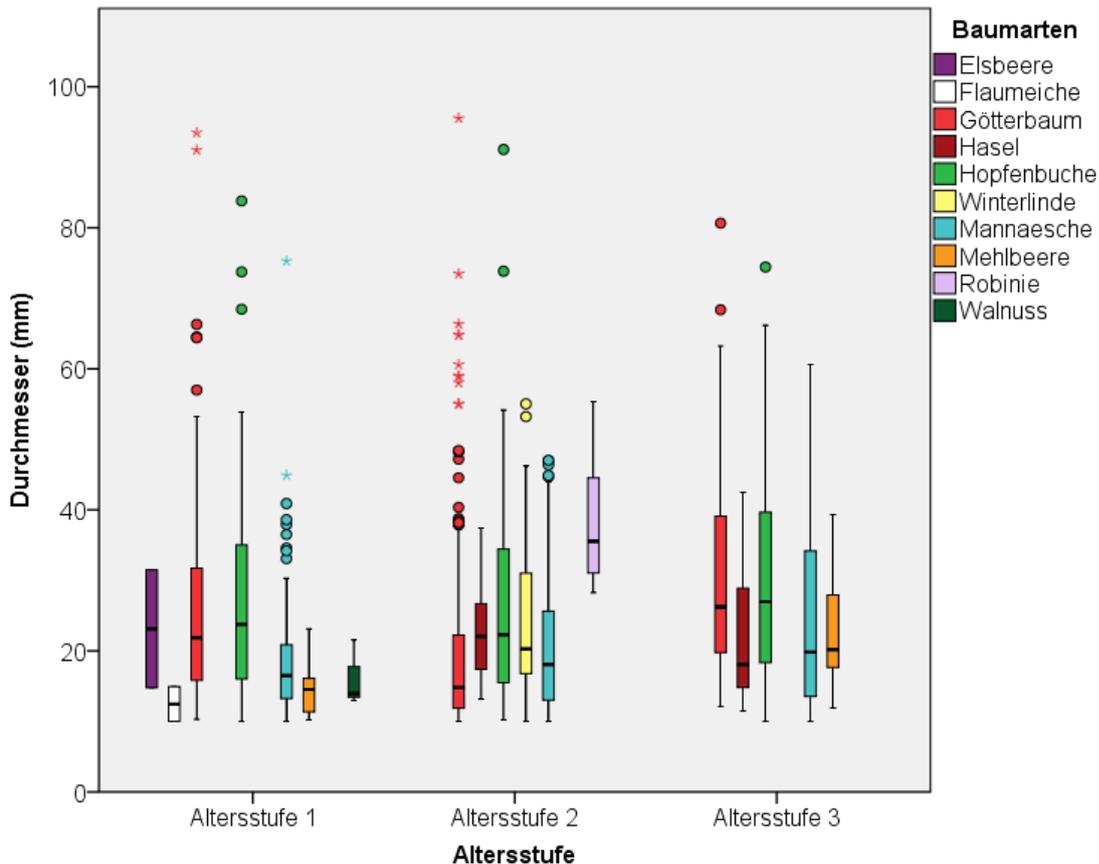


Abbildung 13: Darstellung des Durchmessers in mm (Kluppschwelle 10mm), aufgeteilt auf die drei Altersstufen ($p < 0,01$). Analysiert wurden Götterbaum, Hopfenbuche, Mannaesche, Mehlbeere, Winterlinde, Hasel, Elsbeere, Flaumeiche, Walnuss und Robinie.

4.5.2.3 Altersstufe 3

Auch in der Altersstufe 3 wurden zwischen Götterbaum und Hopfenbuche keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Beim Vergleich dieser beiden Baumarten mit der Mannaesche gab es aber signifikante Unterschiede. So unterschied sich der Götterbaum signifikant und die Hopfenbuche höchst signifikant von der Mannaesche. Die Hasel und Mehlbeere unterschieden sich ebenfalls hoch signifikant vom Götterbaum und höchst signifikant von der Hopfenbuche. In dieser Altersstufe hatten Götterbaum und Hopfenbuche den größten Durchmessermedian, die Durchmessermediane von Mannaesche, Mehlbeere und Hasel waren ähnlich. Beim Vergleich mit den Altersstufen 1 und 2 wurde deutlich, dass sich die Mannaesche vom Götterbaum und der Hopfenbuche nicht mehr so stark unterschied. In der Altersstufe 3 waren weniger Ausreißer vertreten als in den anderen Altersstufen, man fand sie beim Götterbaum und der Hopfenbuche. Die Durchmesserstreuung der einzelnen Baumarten war in dieser Altersstufe höher als in den anderen beiden

Altersstufen. Die größte Streuweite konnte man beim Götterbaum, der Hopfenbuche sowie der Mannaesche erkennen. Bei Hasel und Mehlbeere war die Datenstreuung geringer. Götterbaum, Hopfenbuche und Mannaesche hatten auch den größeren Interquartilabstand als die Hasel und die Mehlbeere. Die Datenverteilung war auch hier asymmetrisch. Der Götterbaum, die Mannaesche aber auch die Hasel waren deutlich rechtsschief.

4.5.3 Vergleich Endtrieb

Bei der Ansprache des Endtriebes wurden die bekämpften Götterbäume nicht für die Analyse verwendet. Außerdem war es nicht immer möglich, die Länge des Endtriebes bei den Individuen zu messen.

Tabelle 12: Baumarten- und Individuenzahl, getrennt nach den drei Altersstufen, welche für die Analyse des Endtriebes verwendet wurden.

Baumarten	Altersstufe1	Altersstufe2	Altersstufe3
Götterbaum	62	171	60
Mannaesche	269	314	180
Hopfenbuche	319	242	264
Mehlbeere	7	-	23
Elsbeere	2	-	-
Flaumeiche	2	-	-
Walnuss	3	-	-
Hasel	-	36	54
Winterlinde	-	38	-
Robinie	-	5	-
Gesamt	664	806	581

4.5.3.1 Altersstufe 1

In der Altersstufe 1 unterschieden sich Götterbaum, Hopfenbuche und Mannaesche beim Vergleich des Endtriebes höchst signifikant voneinander. Bei Walnuss und Flaumeiche wurden keine Unterschiede zu den anderen Baumarten festgestellt, der Endtrieb der Eisbeere unterschied sich nur vom Götterbaumendtrieb höchst signifikant. Die Mehlbeere wies ebenfalls höchst signifikante Unterschiede beim Vergleich mit Götterbaum und der Hopfenbuche auf. Den mit Abstand längsten Endtriebmedian besaß in dieser Altersstufe der Götterbaum, aber auch der Endtriebmedian der Hopfenbuche lag im oberen Bereich. Die anderen Baumarten wiesen im Vergleich dazu einen wesentlich kürzeren Endtriebmedian auf. In der Altersstufe 1 gab es nur wenige Ausreißer, die größten Streuweiten hatten die Boxplots von Götterbaum und Hopfenbuche. Eine große Streuweite wies auch der

Boxplot der Walnuss auf, obwohl sich nur drei Individuen in der Altersstufe 1 befanden. Der Boxplot des Götterbaumes war am breitesten, somit war dessen Kurtosis in dieser Altersstufe am flachsten. Klar ersichtlich war auch, dass die Datenverteilung der einzelnen Boxplots nicht symmetrisch war. So waren beispielsweise die Boxplots von Götterbaum und Walnuss deutlich rechtsschief.

4.5.3.2 Altersstufe 2

In der Altersstufe 2 wurden keine Unterschiede zwischen Götterbaum und Hopfenbuche festgestellt, beide Baumarten unterschieden sich jedoch höchst signifikant von der Mannaesche. Bei der Robinie und Winterlinde konnten keine Unterschiede festgestellt werden, die Hasel wiederum unterschied sich nur von der Mannaesche höchst signifikant. Den mit Abstand längsten Endtriebmedian wies die Robinie auf. Dicht beieinander lag auch der Endtriebmedian von Götterbaum, Hasel und Hopfenbuche. Der kleinste Endtriebmedian war bei der Winterlinde und der Mannaesche zu finden. Die Boxplots von Götterbaum und Hopfenbuche hatten wiederum die größten Streuweiten, aber auch die Werte von Mannaesche und Winterlinde unterlagen einer größeren Streuung. Außerdem gab es Ausreißer bei Götterbaum, Hasel, Winterlinde, Mannaesche und Robinie. Den größten Interquartilabstand besaß die Hopfenbuche, sie hatte somit die flachste Kurtosis. Außerdem lag eine schiefe Datenverteilung vor. Gut ersichtlich war dies bei Hopfenbuche und Winterlinde, beide waren rechtsschief.

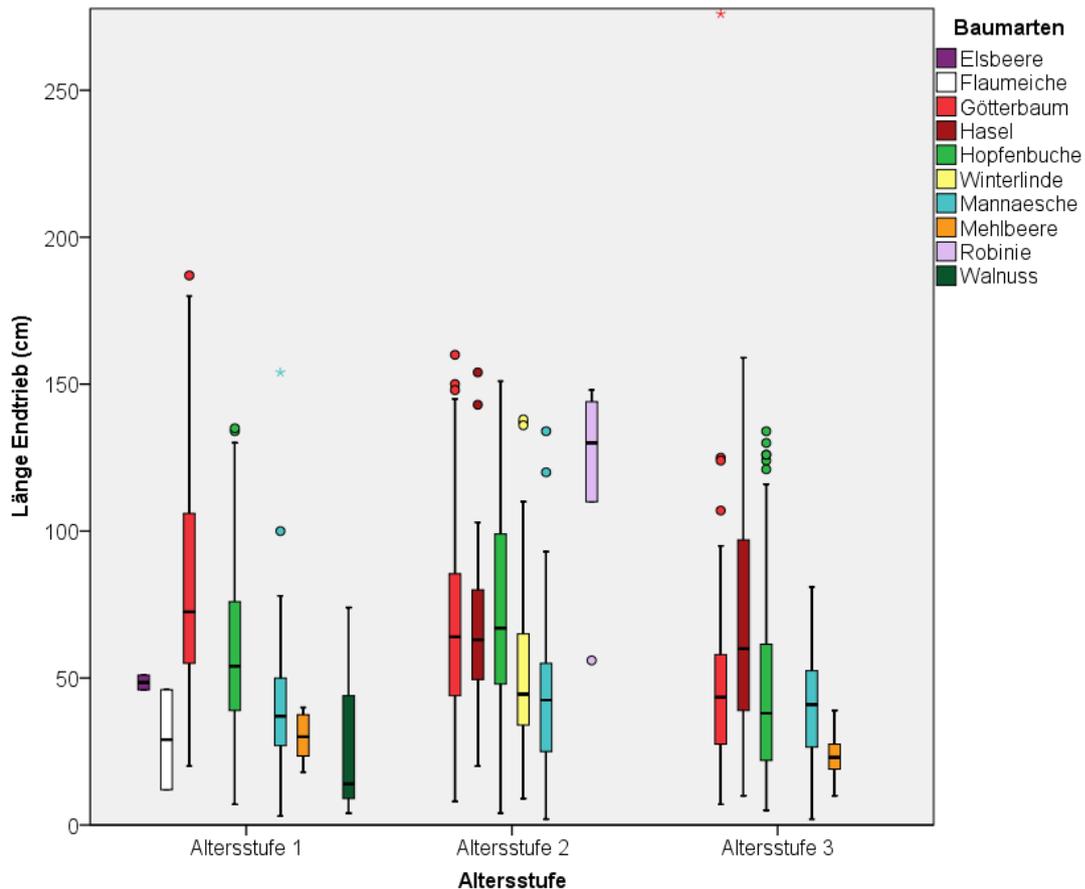


Abbildung 14: Endtrieb in cm, aufgeteilt auf die drei Altersstufen ($p < 0,01$). Analysiert wurden Götterbaum, Hopfenbuche, Mannaesche, Mehlbeere, Winterlinde, Hasel, Elsbeere, Flaumeiche, Walnuss und Robinie.

4.5.3.3 Altersstufe 3

In der Altersstufe 3 wurden bei der Analyse von Götterbaum, Hopfenbuche und Mannaesche keine signifikanten Unterschiede gefunden. Im Gegensatz dazu unterschied sich die Mehlbeere von allen Baumarten höchst signifikant. Bei der Analyse der Hasel wurde festgestellt, dass diese sich höchst signifikant von Mehlbeere, Mannaesche und Hopfenbuche unterschied. Keine Unterschiede gab es jedoch beim Vergleich mit dem Götterbaum. Der größte Endtriebmedian war bei der Hasel zu finden, der kleinste bei der Mehlbeere. Die Mediane von Götterbaum, Hopfenbuche und Mannaesche lagen nahe beieinander. In der Altersstufe 3 unterschieden sich auch die einzelnen Streuweiten. Die größte Streuweite wies wiederum die Hasel auf, es folgten die Streuweiten von Götterbaum und Hopfenbuche. Eine geringere Datenstreuung konnte bei der Mannaesche und der Mehlbeere beobachtet werden. Bei der Hopfenbuche und dem Götterbaum waren zudem einige Ausreißer zu erkennen. Den größten Interquartilabstand wies ebenfalls

die Hasel auf. Somit besaß die Hasel auch die flachste Kurtosis. Außerdem konnte wiederum von einer asymmetrischen Datenverteilung in der Altersstufe 3 ausgegangen werden. Dies war beispielsweise bei der Hasel oder Hopfenbuche, welche beide rechtsschief waren, ersichtlich.

4.5.4 Vergleich zweijähriger Trieb

Bei der Analyse des zweijährigen Triebes wurden ebenfalls bekämpfte Götterbäume nicht berücksichtigt. Außerdem war es auch hier nicht immer möglich, bei jedem Individuum den zweijährigen Trieb zu messen.

Tabelle 13: Baumarten- und Individuenzahl, getrennt nach den drei Altersstufen, welche für die Analyse des zweijährigen Triebes verwendet wurden.

Baumarten	Altersstufe1	Altersstufe2	Altersstufe3
Götterbaum	60	170	57
Mannaesche	269	313	180
Hopfenbuche	311	229	258
Mehlbeere	7	-	23
Elsbeere	2	-	-
Flaumeiche	2	-	-
Walnuss	3	-	-
Hasel	-	34	51
Winterlinde	-	36	-
Robinie	-	5	-
Gesamt	654	787	569

4.5.4.1 Altersstufe 1

In der Altersstufe 1 gab es zwischen Götterbaum und Hopfenbuche hoch signifikante Unterschiede im Bezug zum zweijährigen Trieb, beide Baumarten unterschieden sich aber höchst signifikant von der Mannaesche. Bei der Walnuss konnten keine Unterschiede zu den anderen Baumarten festgestellt werden. Beim Vergleich der Flaumeiche mit dem Götterbaum und der Hopfenbuche wurden höchst signifikante Unterschiede festgestellt, außerdem unterschied sich die Flaumeiche signifikant von der Mannaesche und der Mehlbeere. Auch die Elsbeere unterschied sich vom Götterbaum und der Hopfenbuche höchst signifikant sowie von der Mannaesche hoch signifikant. Die weitere Analyse der Mehlbeere hatte ergeben, dass diese sich höchst signifikant vom Götterbaum und der Hopfenbuche unterschied. Den längsten Median beim zweijährigen Trieb hatten der Götterbaum und die Hopfenbuche, wesentlich kürzer war der zweijährige Trieb von Walnuss, Mannaesche und Mehlbeere. Außerdem gab es in der Altersstufe 1, im Vergleich zu den anderen

beiden Altersstufen, am meisten Ausreißer. Am meisten Ausreißer gab es bei der Hopfenbuche, aber auch bei Götterbaum und Mannaesche kamen sie vor. Die Hopfenbuche und der Götterbaum hatten die mit Abstand größte Datenstreuung in der Altersstufe 1. Die Streuweite der Mannaesche war zwar geringer, aber dennoch unterlagen ihre Daten der größeren Streuung als jenen von Walnuss und Mehlbeere. Dicht beieinander lagen auch die Daten von Flaumeiche und Elsbeere, aber deren Aussagekraft war aufgrund der geringen Individuenzahl begrenzt. Den größten Interquartilabstand hatten die Boxplots von Götterbaum und Hopfenbuche, somit hatten diese beiden Baumarten die flachste Kurtosis. Auch lag beim Vergleich der Altersstufe 1 keine symmetrische Datenverteilung vor. Dies ist zum einen an den Ausreißern zu erkennen, zudem ist die Mannaesche leicht rechtsschief.

4.5.4.2 Altersstufe 2

Innerhalb der Altersstufe 2 unterschied sich die Mannaesche von Götterbaum und Hopfenbuche höchst signifikant. Zwischen Götterbaum und Hopfenbuche wurden keine Unterschiede festgestellt. Während bei der Robinie keine Unterschiede festgestellt wurden, so unterschieden sich die zweijährigen Triebe der Hasel von der Mannaesche höchst signifikant. Bei der Winterlinde konnte ein höchst signifikanter Unterschied zum Götterbaum und der Hopfenbuche festgestellt werden. Auch von der Mannaesche unterschied sich die Winterlinde signifikant. Den größten Median des zweijährigen Triebes wiesen der Götterbaum, die Robinie und die Hopfenbuche auf. Der Median der Hasel befand sich im Mittelfeld, den kürzesten zweijährigen Triebmedian hatten die Winterlinde und die Mannaesche. Auch in dieser Altersstufe waren die Streuweiten von Götterbaum und Hopfenbuche am größten, die Streuweite der Winterlinde lag im mittleren Bereich. Mannaesche, Hasel und Robinie hatten im Vergleich dazu geringere Streuweiten. Außerdem konnte man auch Ausreißer bei Götterbaum, Hasel und Mannaesche erkennen. Den größten Interquartilabstand und somit flachste Kurtosis hatte in der Altersstufe 2 die Robinie. Außerdem konnte man beim Boxplot von Hasel, Winterlinde und Robinie eine Rechtsschiefe erkennen, was auf eine asymmetrische Datenverteilung schließen ließ.

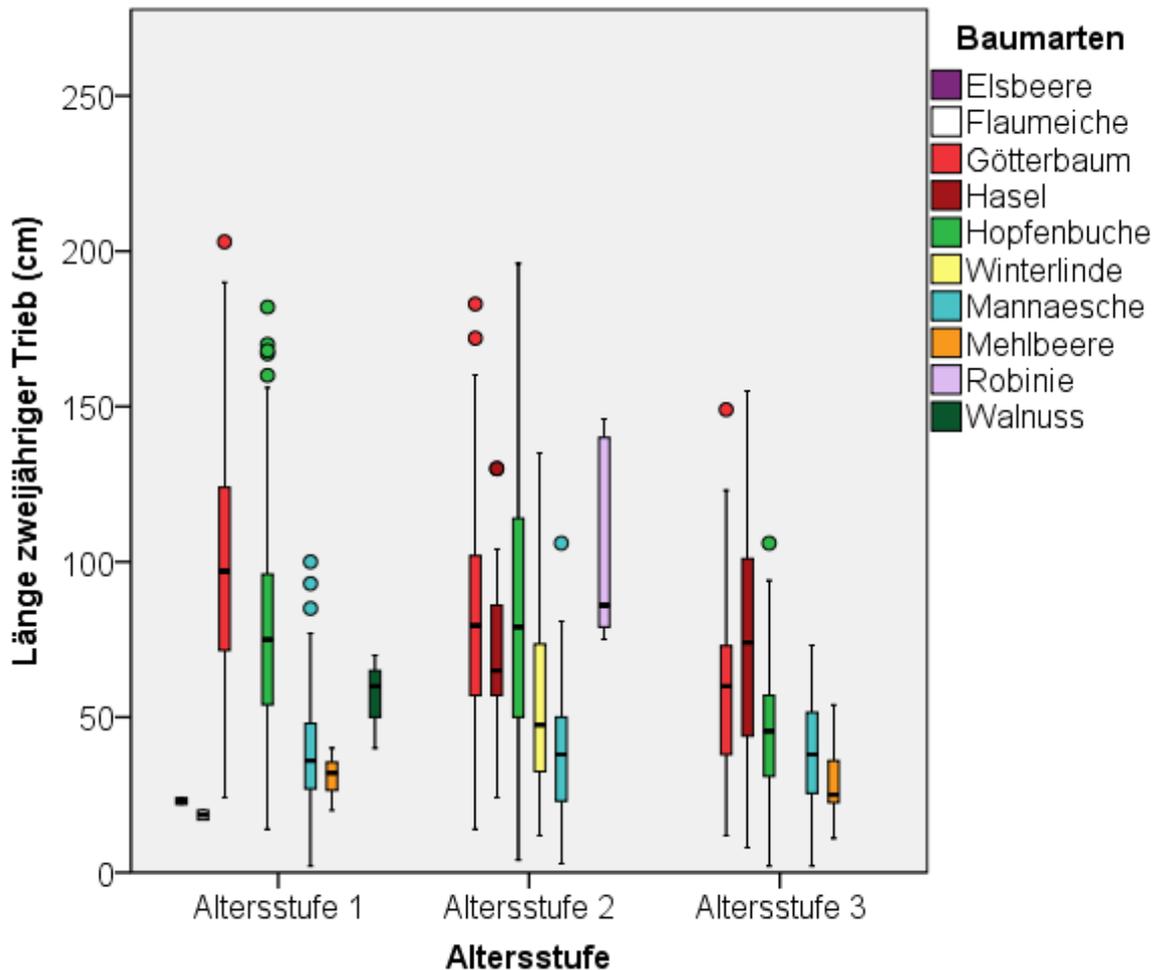


Abbildung 15: Darstellung des zweijährigen Triebes in cm, aufgeteilt auf die drei Altersstufen ($p < 0,01$). Analysiert wurden Götterbaum, Hopfenbuche, Mannaesche, Mehlbeere, Winterlinde, Hasel, Elsbeere, Flaumeiche, Walnuss und Robinie.

4.5.4.3 Altersstufe 3

In der Altersstufe 3 unterschied sich die Mannaesche höchst signifikant von der Hopfenbuche und dem Götterbaum. Zwischen Götterbaum und Hopfenbuche wurden ebenfalls hoch signifikante Unterschiede festgestellt. Die Mehlbeere unterschied sich hoch signifikant von der Mannaesche und höchst signifikant von den übrigen Baumarten. Bei der Analyse der Hasel wurden keine Unterschiede beim Götterbaum festgestellt, von den übrigen Baumarten unterschied sie sich aber höchst signifikant. Der höchste zweijährige Endtriebmedian war bei der Hasel zu erkennen, es folgte der Götterbaum, dann die Hopfenbuche und die Mannaesche. Den kürzesten zweijährigen Trieb besaß die Mehlbeere. Auch die Datenstreuung war bei der Hasel am größten, wiederum gefolgt von Götterbaum und Hopfenbuche. Mannaesche und Mehlbeere wiesen im Vergleich dazu geringere Streuweiten auf. Die wenigen

Ausreißer in dieser Altersstufe lagen bei Götterbaum und Hopfenbuche. Den größten Interquartilabstand und somit die flachste Kurtosis besaß die Hasel. Auch in der Altersstufe 3 gab es eine asymmetrische Datenverteilung. Während die Daten der Mehlbeere rechtsschief verteilt waren, waren die Daten des Götterbaumes linksschief verteilt.

4.6 Ergebnisse von Bekämpfungsmaßnahmen

4.6.1 Einfluss der Triebanzahl auf die Länge des Endtriebes

Für diesen Test wurden die bekämpften Götterbäume der Versuchsfläche Nr. 4 herangezogen. Bei der Erhebung hat sich gezeigt, dass Götterbäume bis zu vier Triebe ausbildeten, nachdem sie auf einer Höhe von zirka einem Meter zurückgeschnitten wurden. Von den insgesamt 137 gemessenen Götterbäumen haben 46 einen Trieb ausgebildet, 54 zwei Triebe, 26 drei Triebe und 11 vier Triebe. Bei dieser Analyse soll geprüft werden, ob die Anzahl der ausgebildeten Triebe einen Einfluss auf die Länge des abgebildeten Endtriebes hatten.

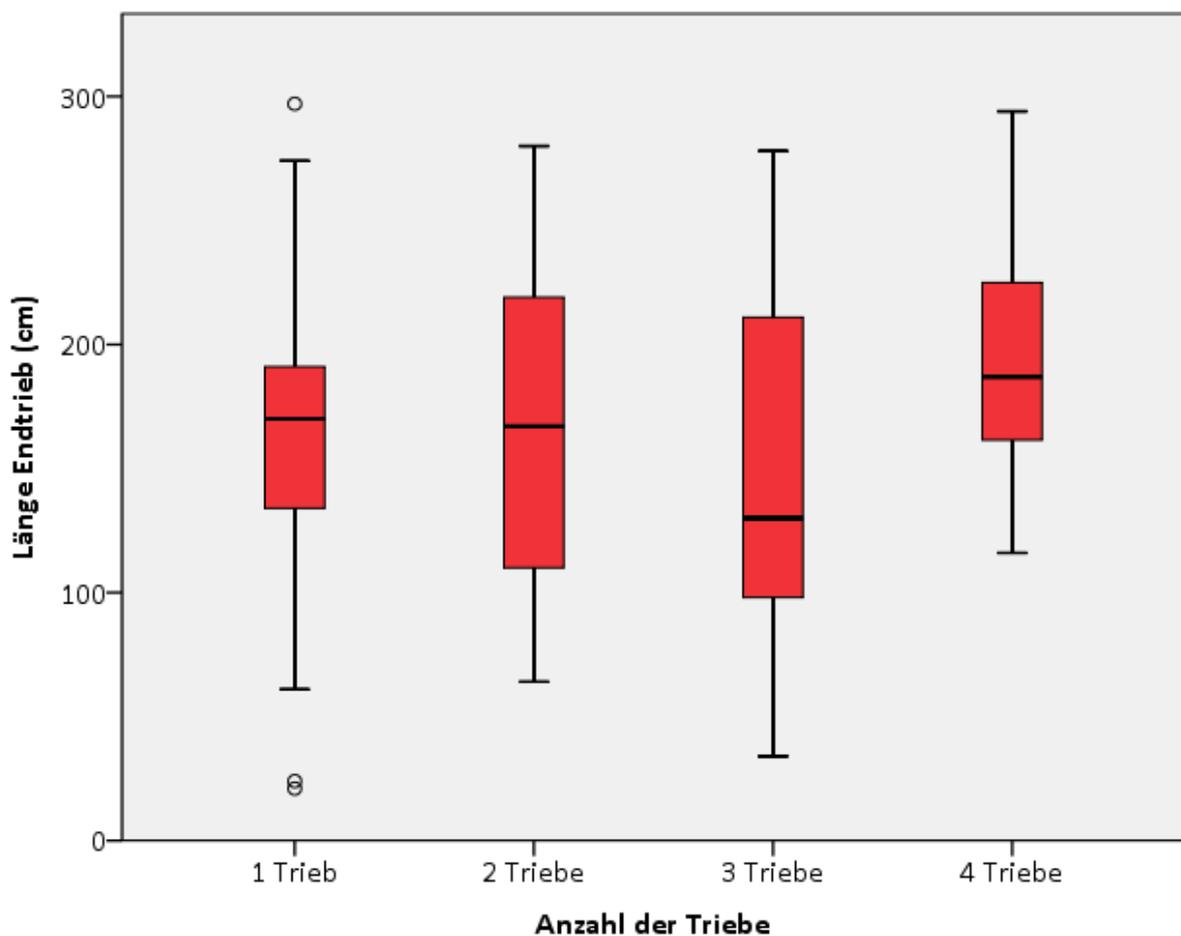
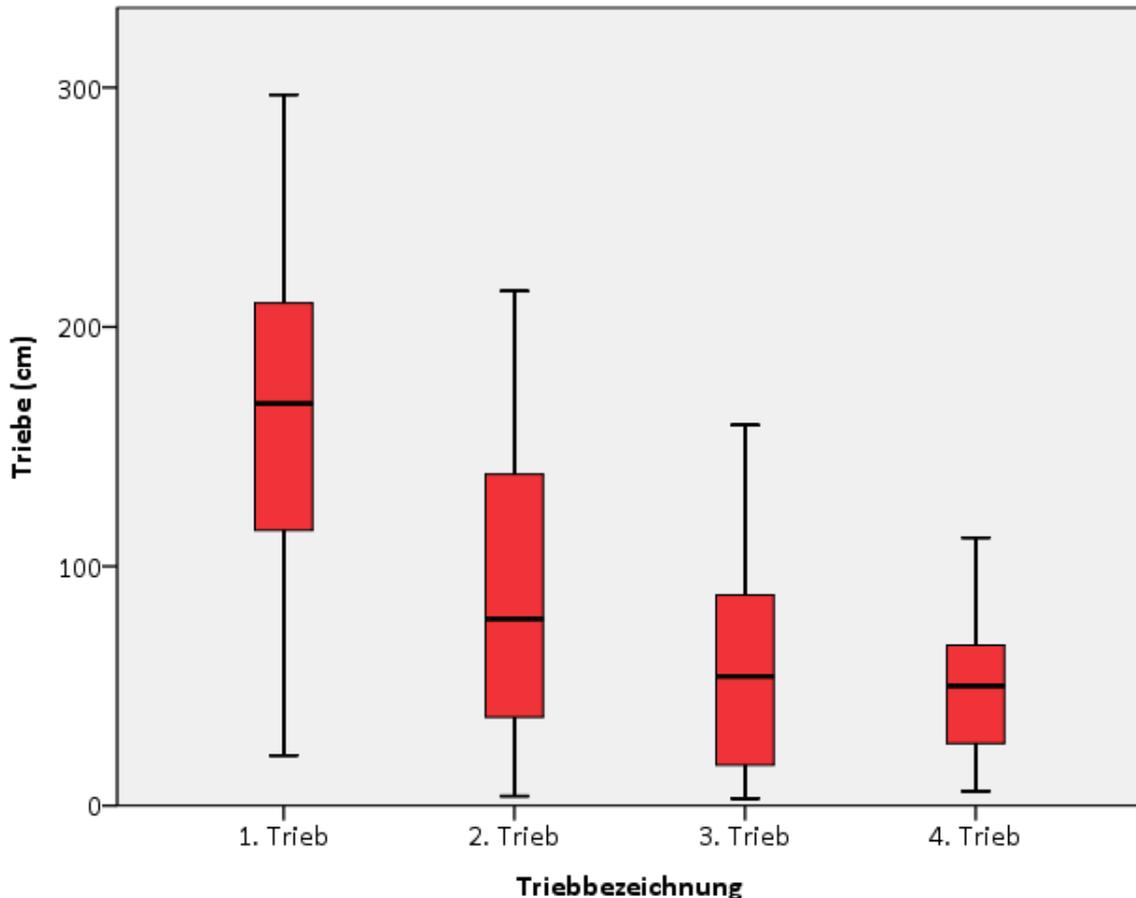


Abbildung 16: Darstellung der Endtrieblänge in cm, aufgeteilt auf die Anzahl der ausgebildeten Triebe ($p=0,242$). Als Datengrundlage dienten die Götterbäume der Versuchsfläche Nr.4.

Die univariate Varianzanalyse hat ergeben, dass die Anzahl der ausgebildeten Triebe keinen Einfluss auf die Länge des Endtriebes hatte. In der Abbildung 16 kann erkannt werden, dass es geringe Unterschiede beim Endtriebmedian gab. Götterbäume mit vier Trieben wiesen den längsten Endtriebmedian auf, es folgte der Endtriebmedian der Klasse mit einem Trieb und anschließend jener der Klasse mit zwei Trieben. Den kürzesten Endtriebmedian haben die Götterbäume, welche sich in der Klasse mit drei Trieben befinden. Die Streuweiten der vier Boxplots waren ebenfalls ähnlich, die größte Datenstreuung lag bei Götterbäumen vor, die sich in der Klasse 3 befanden. Die geringste Streuweite konnte man bei Götterbäumen mit vier ausgebildeten Trieben sehen. Außerdem gab es bei Individuen mit nur einem ausgebildeten Trieb drei Ausreißer. Hinsichtlich des Interquartilabstandes waren sich die Götterbäume mit zwei und drei Trieben ähnlich, sie wiesen eine flachere Kurtosis auf als Götterbäume mit einem oder vier ausgebildeten Trieben. Eine Analyse der Daten hat ergeben, dass von einer schwachen Normalverteilung der Daten ausgegangen werden konnte. Trotzdem konnte man bei Bäumen mit drei bzw. vier Trieben eine leichte Rechtsschiefe der Boxplots erkennen. Jedoch musste auch hier auf die geringe Individuenzahl Rücksicht genommen werden.

4.6.2 Längenvergleich der vier Triebe

Wie bereits erwähnt bildeten Götterbäume nach der Bekämpfung bis zu vier Triebe aus. Es wurde analysiert, ob es zwischen diesen Trieben Unterschiede hinsichtlich der Triebblänge gab. Als Datengrundlage wurden wiederum bekämpfte Götterbäume der Versuchsfläche Nr. 4 verwendet. Der erste Trieb war dabei immer der oberste und der vierte Trieb der unterste. Insgesamt standen für diesen Vergleich 137 erste Triebe, 91 zweite Triebe, 37 dritte Triebe und 11 vierte Triebe zur Verfügung.



0

Abbildung 17: In dieser Darstellung sind die nach der Bekämpfungsmaßnahme ausgebildeten Triebe und deren Triebblänge in cm abgebildet ($p < 0,01$). Als Datengrundlage dienten die bekämpften Götterbäume der Versuchsfläche Nr. 4.

Eine Analyse mit dem Games-Howell-Testverfahren zeigte, dass sich der erste Trieb von den anderen drei Trieben höchst signifikant unterschied. Zwischen dem zweiten und dritten Trieb gab es hoch signifikante Unterschiede. Außerdem unterschieden sich der zweite und vierte Trieb signifikant voneinander. Keine Unterschiede konnten hingegen zwischen dem dritten und vierten Trieb festgestellt werden. In Abbildung 17 ist klar ersichtlich, dass der erste Trieb deutlich den längsten Triebblängenmedian besaß. Etwas darunter lag der Triebblängenmedian von Trieb zwei, dann folgte jener

von Trieb drei und Trieb vier. Auch hinsichtlich der Streuweite unterschieden sich die Triebe. Der erste Trieb wies die größte Datenstreuung auf, diese sank jedoch bis zum vierten Trieb kontinuierlich. Auch der Interquartilabstand war beim ersten Trieb am höchsten und wurde bis zum vierten Trieb hin immer kleiner. Somit hatte der erste Trieb die flachste Kurtosis. Bei diesem Vergleich lag keine Normalverteilung vor, beispielsweise konnte man beim Boxplot des ersten Triebes eine Linksschiefe erkennen. Außerdem galt es wiederum, die geringe Anzahl der Werte besonders beim vierten Trieb zu beachten.

4.6.3 Vergleich zwischen bekämpften und nicht bekämpften Endtrieb

Es wurde auch getestet, ob sich die Endtrieblänge von bekämpften und nicht bekämpften Götterbäumen unterschied. Als Datengrundlage dienten die Götterbaumendtriebe der Versuchsflächen Nr. 3, Nr.4, und Nr. 7. Von den 172 analysierten Götterbäumen wurden 141 bekämpft und 31 nicht bekämpft.

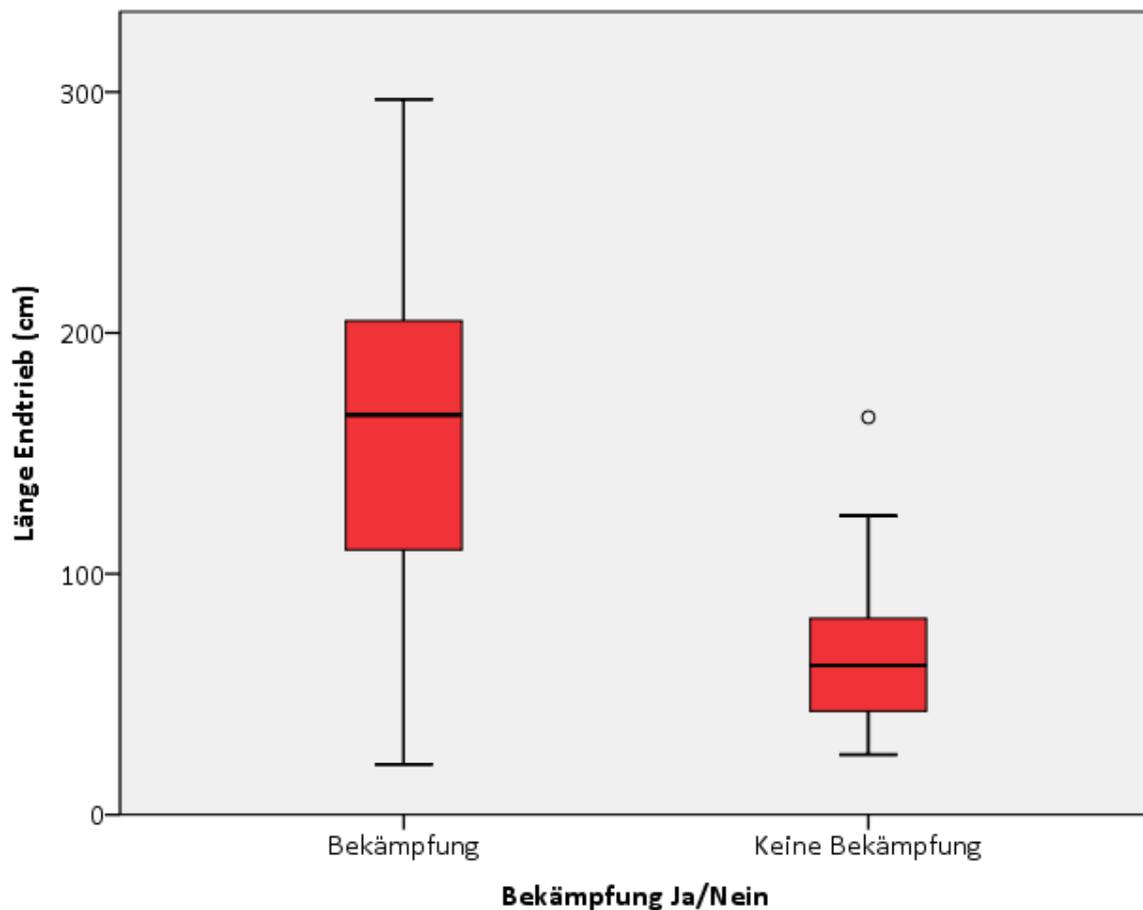


Abbildung 18: Darstellung der Endtrieblänge in cm ($p < 0,01$; $r = 0,203$), getrennt nach bekämpften und Nicht bekämpften Götterbäumen. Für die Erstellung der beiden Boxplots wurden die Götterbäume der Versuchsfelder Nr.3, Nr.4 und Nr. 7 verwendet.

Eine Analyse mit dem Mann-Whitney-U-Test hat ergeben, dass sich die Endtrieblängen von bekämpften und nicht bekämpften Götterbäumen signifikant voneinander unterscheiden. Die Effektstärke von 0,203 lag im mittleren Bereich. Klar ersichtlich ist, dass der Endtriebmedian der bekämpften Götterbäume viel größer war als jener der nicht bekämpften Individuen. Außerdem wies der Boxplot der bekämpften Götterbäume die größere Streuweite auf. Bei den nicht bekämpften Götterbäumen war zudem ein Ausreißer zu erkennen. Der Boxplot der bekämpften Götterbäume besaß einen größeren Interquartilabstand als der Boxplot der nicht bekämpften Götterbäume. Bei dieser Analyse lag eine asymmetrische Datenverteilung vor, der Boxplot der bekämpften Götterbäume war leicht linksschief.

4.7 Regressionsanalyse von Götterbaum, Hopfenbuche und Mannaesche

Mit einer Regressionsanalyse sollte der Zusammenhang zwischen der Höhe und dem Durchmesser von Götterbaum, Hopfenbuche und Mannaesche ermittelt werden. Dabei wurden die Versuchsfelder in dieselben Altersstufen unterteilt, wie bei der Analyse von Höhe, Durchmesser, Endtrieb und zweijährigem Trieb.

4.7.1 Regressionsanalyse der Altersstufe 1

In der Altersstufe 1 wurden alle Mannaeschen und Hopfenbuchen der Versuchsfelder Nr. 4, Nr. 7 und Nr. 8 für die Regressionsanalyse verwendet. Die Götterbäume wurden jedoch nur von den Versuchsfeldern Nr. 7 und Nr. 8 analysiert, da jene der Versuchsfeld Nr.4 bekämpft wurden.

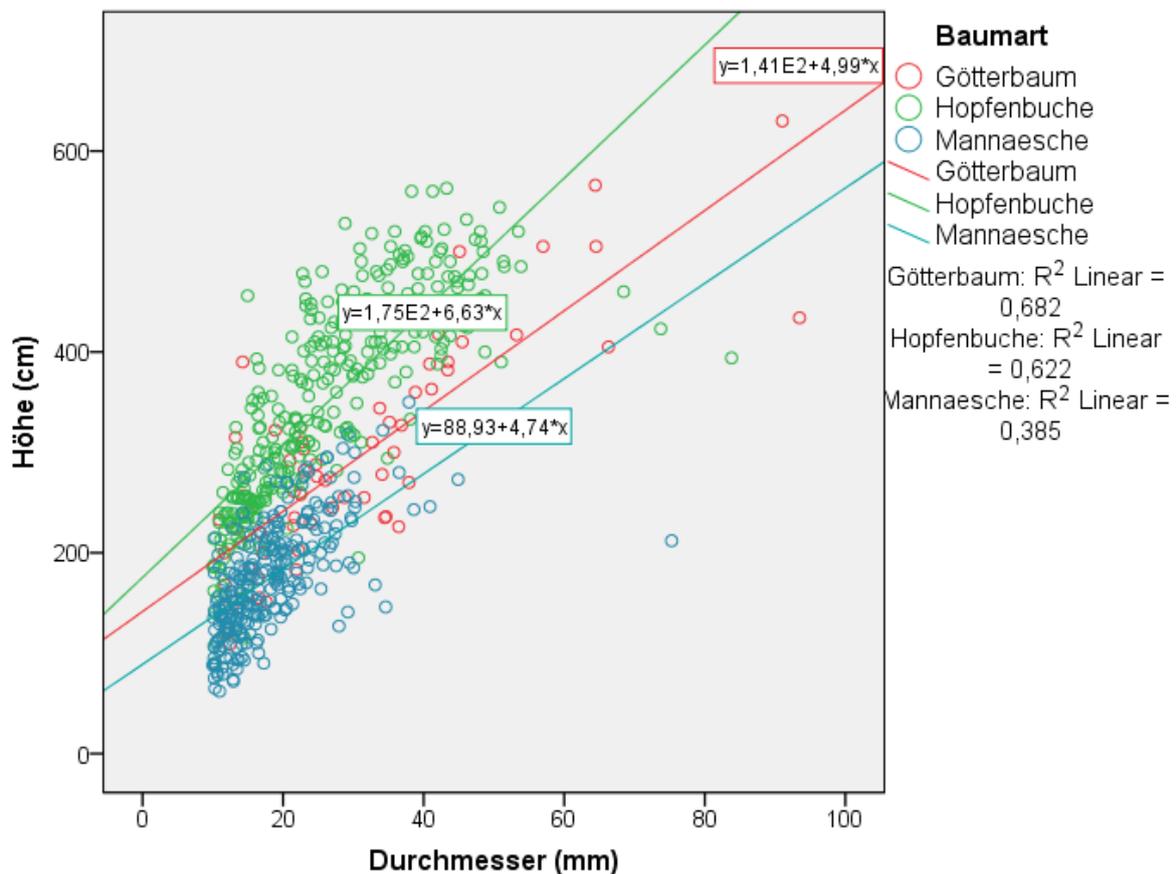


Abbildung 19: Beziehung zwischen der Baumhöhe und dem Baumdurchmesser von Götterbaum, Hopfenbuche und Mannaesche, welche sich in der Altersstufe 1 befanden.

In Abbildung 19 ist gut ersichtlich, dass bei allen drei Baumarten ein starker Zusammenhang zwischen den Baumdurchmessern und den Baumhöhen vorlag. Die Analyse der Daten hat ergeben, dass bei allen drei Baumarten ein signifikanter linearer Zusammenhang zwischen Baumhöhe und Durchmesser bestand. Die steilste Regressionsgerade wies in der Altersstufe 1 die Hopfenbuche auf, ihr Regressionskoeffizient betrug 6,63. Götterbaum und Mannaesche waren hinsichtlich der Steigung ähnlich, der Götterbaum hatte eine Steigung von 4,99 und die Steigung der Mannaesche betrug 4,74. Das erstellte Modell sagt also aus, dass bei einer Durchmesserzunahme von einem Millimeter die Höhenzuwächse bei der Hopfenbuche 6,63cm, beim Götterbaum 4,99cm und bei der Mannaesche 4,74cm betragen. Das Bestimmtheitsmaß der Hopfenbuche betrug 0,622 und jenes des Götterbaumes 0,682. Die Mannaesche wies das kleinste Bestimmtheitsmaß auf, es lag nur bei 0,385. Somit konnten beim Götterbaum 68,2% des Höhenwachstums mit dem Durchmesserwachstum im Zusammenhang gebracht werden. Bei der Hopfenbuche sind es 62,2%. Schlechtere Vorhersagen über die beobachteten Werte mithilfe dieses Modells konnten bei der Mannaesche gemacht werden. Nur 38,5% des Höhenzuwachses waren durch den Durchmesserzuwachs erklärbar.

4.7.2 Regressionsanalyse der Altersstufe 2

Für diese Analyse wurden die Hopfenbuchen und die Mannaeschen der Versuchsflächen Nr.1, Nr. 3 und Nr. 5 verwendet. Außerdem wurden bei diesen Berechnungen die Götterbäume aus den Versuchsflächen Nr. 3 und Nr.5 analysiert, jene der Versuchsfläche Nr. 1 konnten aufgrund der Bekämpfungsmaßnahmen nicht verwendet werden.

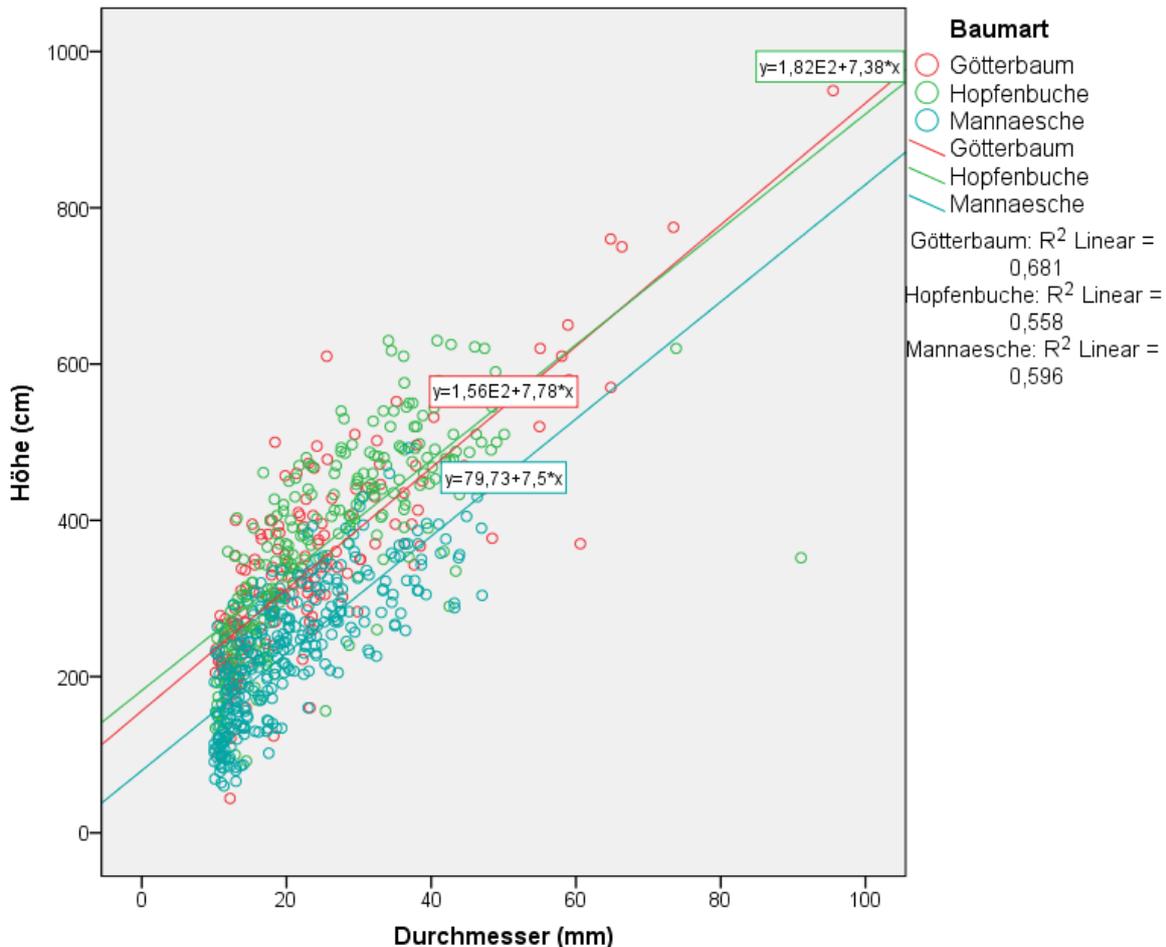


Abbildung 20: Beziehung zwischen der Baumhöhe und dem Baumdurchmesser von Götterbaum, Hopfenbuche und Mannaesche, welche sich in der Altersstufe 2 befanden.

Auch in der Altersstufe 2 gab es einen signifikanten linearen Zusammenhang zwischen dem Durchmesser und der Baumhöhe. Die steilste Regressionsgerade wies der Götterbaum auf. Dessen Regressionskoeffizient betrug 7,78. Es folgte die Mannaesche mit einem Regressionskoeffizienten von 7,5 und schließlich die Hopfenbuche mit einem Regressionskoeffizienten von 7,38. Das erstellte Modell sagt also aus, dass, bei einem Durchmesserzuwachs von einem Millimeter, die Höhen vom Götterbaum um 7,78 cm, von der Mannaesche um 7,5cm und von der Hopfenbuche um 7,38cm zunahm. Das Bestimmtheitsmaß des Götterbaumes betrug 0,681, jenes der Mannaesche 0,596 und das Bestimmtheitsmaß der Hopfenbuche lag bei 0,558. Mit dem erstellten Modell kann also davon ausgegangen werden, dass 68,1% der Götterbaumhöhen, 59,6% der Mannaeschenhöhen und 55,8% der Hopfenbuchenhöhen mit dem jeweiligen Durchmesser im Zusammenhang standen.

4.7.3 Regressionsanalyse der Altersstufe 3

Für diese Berechnung wurden die Götterbäume, Hopfenbuchen und Mannaeschen der Versuchsf Flächen Nr. 2 und Nr. 6 verwendet.

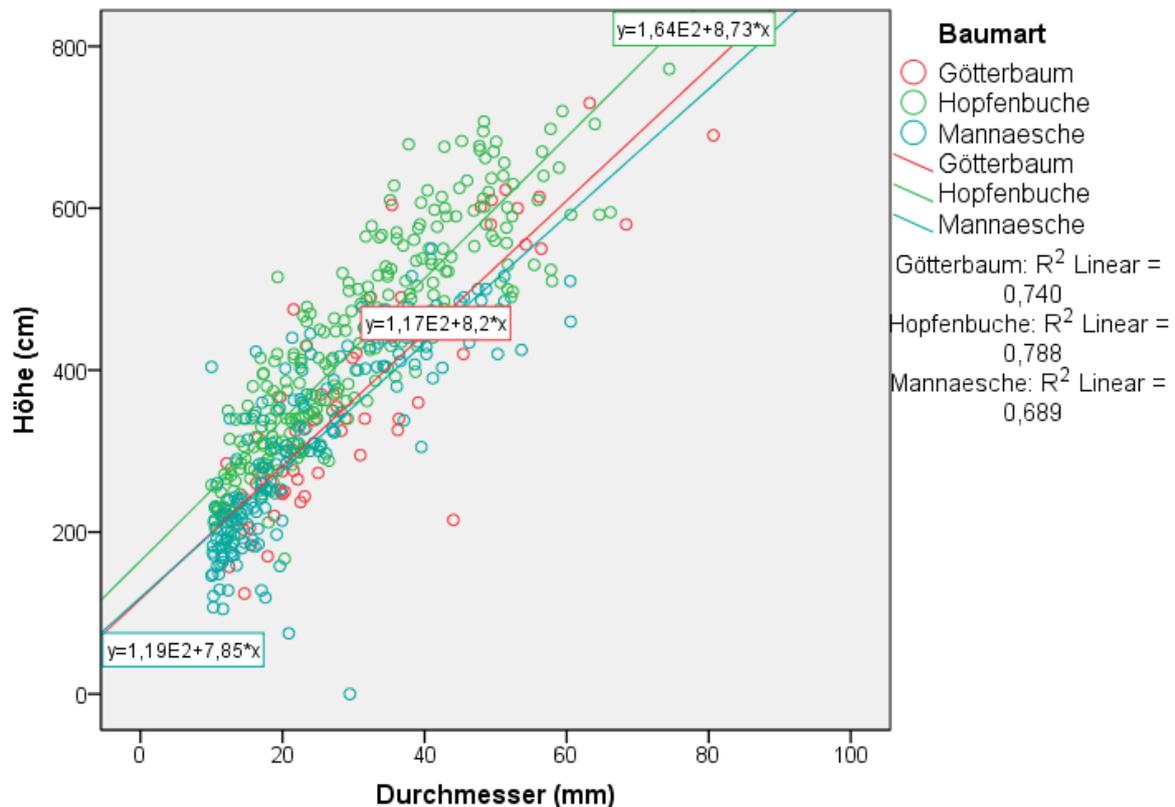


Abbildung 21: Beziehung zwischen der Baumhöhe und dem Baumdurchmesser von Götterbaum, Hopfenbuche und Mannaesche, welche sich in der Altersstufe 3 befanden.

Auch in der Altersstufe 3 war der lineare Zusammenhang zwischen dem Baumdurchmesser und der Baumhöhe der analysierten Bäume signifikant. Außerdem gab es bei allen drei Baumarten einen Aufwärtstrend. Die steilste Regressionsgerade konnte bei der Hopfenbuche erkannt werden, ihr Regressionskoeffizient betrug 8,73. Der Götterbaum hatte einen Regressionskoeffizienten von 8,2 und jener der Mannaesche lag bei 7,85. Bei dem erstellten Modell wurde also davon ausgegangen, dass die Höhen von der Hopfenbuche um 8,73cm, vom Götterbaum um 8,20cm und von der Mannaesche um 7,85cm zunahmen, wenn der Durchmesser um 1 Millimeter zuwuchs. Das Bestimmtheitsmaß betrug bei der Hopfenbuche 0,788, beim Götterbaum 0,740 und bei der Mannaesche 0,689. Es hingen also 78,8% des Höhenwachstums bei der Hopfenbuche, 74% des Höhenwachstums beim Götterbaum und 68,9% des

Höhenwachstums bei der Mannaesche mit dem jeweiligen Durchmesserwachstum zusammen.

4.8 Einfluss des Götterbaumanteiles auf das Baumartenwachstum

Ziel dieser Analyse ist es zu prüfen, ob der Götterbaumanteil einen Einfluss auf das Durchmesser- und Höhenwachstum der drei Hauptbaumarten Mannaesche, Hopfenbuche und Götterbaum hat.

Die Überprüfung dieser These erfolgte mithilfe der Regressionsanalyse und mit dem Games-Howell-Test.

Um den Games-Howell-Test durchführen zu können, wurden die Versuchsflächen zuerst in drei Gruppen unterteilt. Dabei wies die Gruppe 1 einen Götterbaumanteil von unter 10% auf, in der Gruppe 2 lag der Anteil zwischen 10% und 20% und in der Gruppe drei war der Götterbaumanteil größer als 20%. Anschließend wurde der Einfluss des Götterbaumanteiles auf das Baumartenwachstum für jede dieser drei Gruppen getestet.

Für die Regressionsanalyse wurden die Gruppen wieder aufgelöst und der gesamte Datensatz analysiert.

4.8.1 Einfluss des Götterbaumanteiles auf das Höhenwachstum

Bei der Überprüfung, ob der Götterbaumanteil einen Einfluss auf das Höhenwachstum hatte, wurden die Götterbäume der Versuchsfelder Nr.4 und Nr.1, welche im Frühjahr 2016 bekämpft wurden, nicht berücksichtigt.

Tabelle 14: :Baumarten- und Individuenzahl, unterteilt in die drei Gruppen, welche für die Analyse verwendet wurden.

Baumarten	Anteil <10%	Anteil 10%-20%	Anteil >20%	Gesamt
Götterbaum	50	92	156	298
Hopfenbuche	311	281	254	846
Mannaesche	381	164	222	767

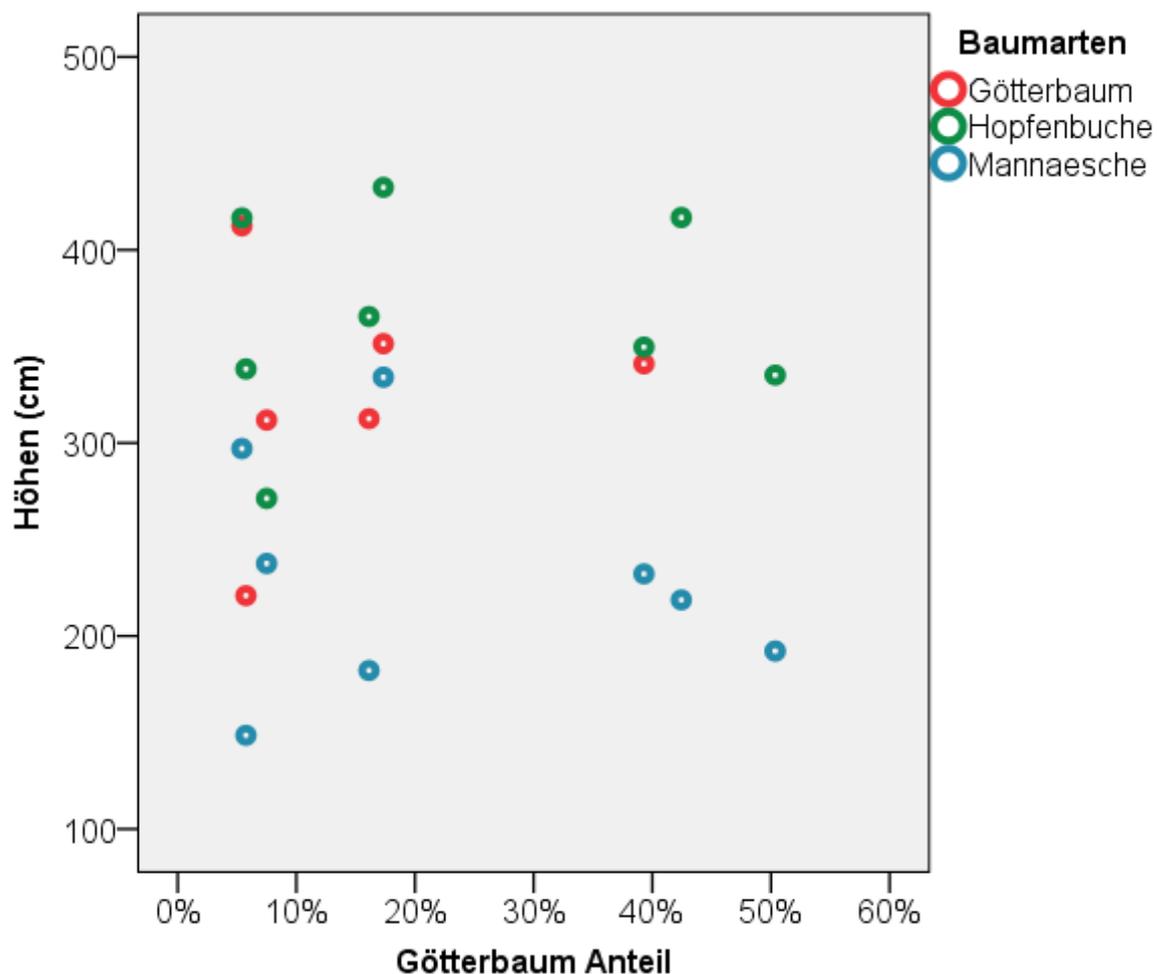


Abbildung 22: Darstellung der mittleren Höhen in cm, aufgeteilt auf die 8 Versuchsfelder ($p < 0,01$). Als Datengrundlage dienten alle Hopfenbuchen und Mannaeschen, sowie die Götterbäume, welche im Frühjahr 2016 nicht bekämpft wurden.

Die bei der Regressionsanalyse ermittelten Bestimmtheitsmaße lagen alle unter 0,01. Somit bestand bei allen drei Hauptbaumarten nur ein sehr geringer Zusammenhang zwischen der Baumhöhe und dem Götterbaumanteil.

Der Gruppenvergleich mithilfe des Games-Howell-Tests hat ergeben, dass bei der Mannaesche, zwischen der zweiten und dritten Gruppe, ein signifikanter und zwischen der ersten und dritten Gruppe ein hoch signifikanter Unterschied bestand. Bei der Hopfenbuche gab es zwischen der ersten und zweiten Gruppe einen hoch signifikanten Zusammenhang.

4.8.2 Einfluss des Götterbaumanteiles auf das Durchmesserwachstum

Bei der Überprüfung, ob der Götterbaumanteil einen Einfluss auf das Durchmesserwachstum hatte, wurden die Durchmesser aller Götterbäume, Hopfenbuchen und Mannaeschen der Versuchsflächen Nr. 1 - Nr. 8 für die Analyse verwendet.

Tabelle 15: Baumarten- und Individuenzahl, unterteilt in die drei Gruppen, welche für die Analyse verwendet wurden.

Baumarten	Anteil <10%	Anteil 10%- 20%	Anteil >20%	Gesamt
Götterbaum	50	92	429	571
Hopfenbuche	311	281	254	846
Mannaesche	381	164	222	767

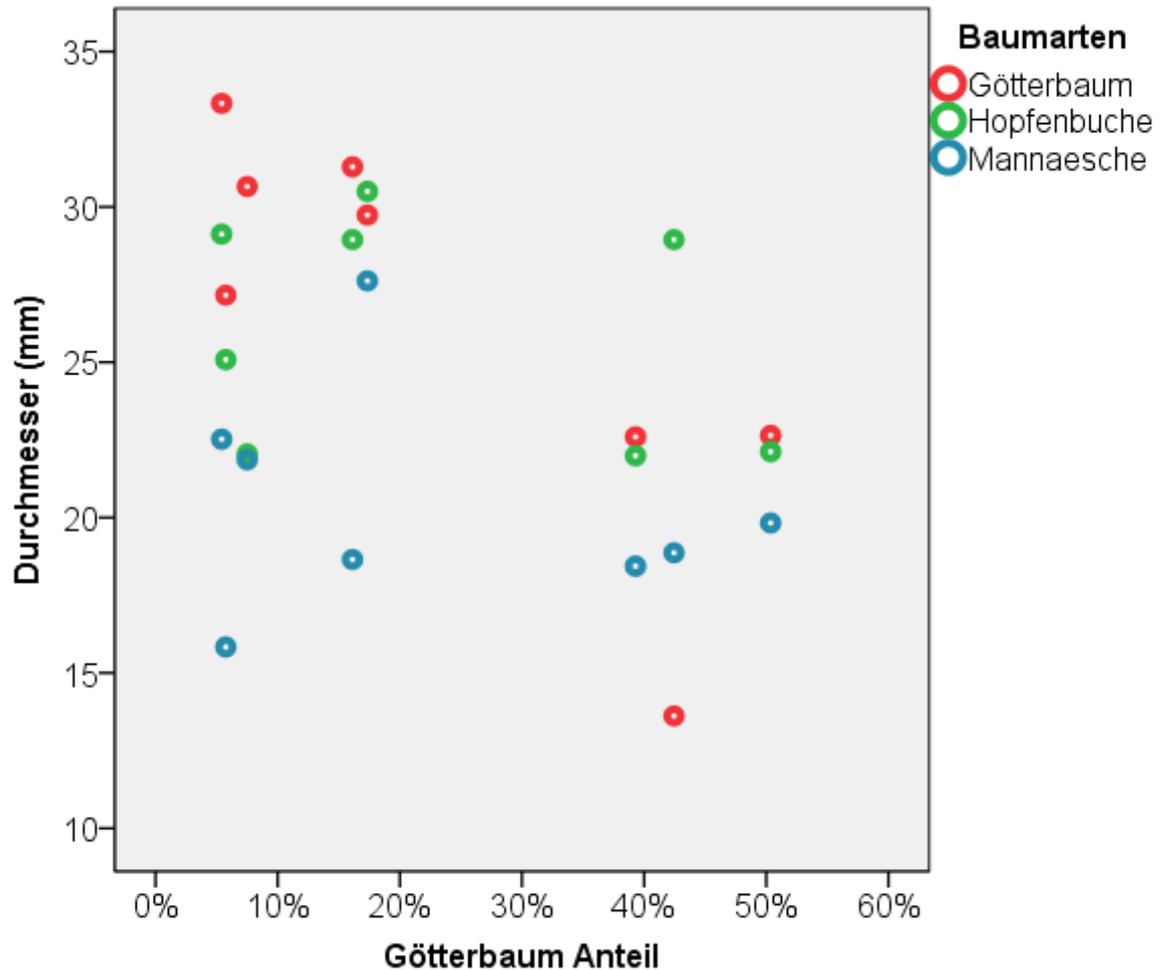


Abbildung 23: Darstellung der mittleren Durchmesser in mm, aufgeteilt auf die 8 Versuchsf lächen ($p < 0,01$). Als Datengrundlage dienten alle Götterb äume, Hopfenbuchen und Mannaeschen.

Das Bestimmtheitsma ß lag bei der Hopfenbuche und der Mannaesche bei unter 0,01, jenes vom Götterbaum betrug 0,11. Somit war bei dieser Analyse der Zusammenhang zwischen Durchmesser und Götterbaumanteil gering. Der Durchmesservergleich zwischen den drei Gruppen, mithilfe des Games-Howell-Tests, ergab, dass bei der Mannaesche zwischen der ersten und der dritten Gruppe ein signifikanter und zwischen der zweiten und der dritten Gruppe ein hoch signifikanter Unterschied bestand. Die Hopfenbuche unterschied sich zwischen der ersten und zweiten Gruppe signifikant und zwischen der zweiten und dritten Gruppe höchst signifikant. Die Götterb äume unterschieden sich zwischen der ersten und dritten Gruppe hoch signifikant und zwischen der zweiten und dritten Gruppe höchst signifikant.

5 Diskussion

5.1 Verjüngung

Grundsätzlich sind die Verjüngungsansätze bei einer qualitativen Beurteilung auf allen Versuchsflächen ausreichend, jedoch sind auch hier Unterschiede zwischen den Baumarten und Versuchsflächen erkennbar (Abbildung 10 und Tabelle 1).

Maßgeblich beeinflusst wird die Verjüngung durch das Vorhandensein von Stöcken, Samenbäumen sowie dem Wildeinfluss. Auch die Konkurrenz zwischen den Baumarten hat starke Bedeutung.

Bei der Ansprache der Verjüngung war es kein Problem, die Stockausschläge als solche zu identifizieren. Als schwieriger erwies es sich, zwischen generativ entstandenen Individuen und Wurzelbrut zu unterscheiden. Somit wurde bei der Datenerhebung die Entscheidung getroffen, Stockausschläge als „Stockausschlag“ zu erheben und Bäume, welche generativ oder in Form von Wurzelbrut entstanden sind, als „kein Stockausschlag“ aufzunehmen.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse in Tabelle 3 wird deutlich, dass sich die Baumarten vorwiegend in Form von Stockausschlag verjüngten. Nur Götterbaum, Robinie und Walnuss verjüngten sich größtenteils generativ oder in Form von Wurzelbrut. Wichtig zu erwähnen ist, dass manche durch generative Verjüngung entstandene Keimlinge zum Erhebungszeitpunkt zu klein waren, um aufgenommen zu werden.

Um die Konkurrenz zwischen Götterbaum und den übrigen Baumarten besser beurteilen zu können, wurde von jeder der erhobenen Baumarten die Verjüngungssituation diskutiert und auf die Verjüngungsdynamik des Götterbaumes genauer eingegangen.

Auffällig ist, dass die im Frühjahr 2016 bekämpften Götterbäume auf der Versuchsfläche Nr. 4 besonders viele starkwüchsige Triebe durch Wurzelbrut und Stockausschlag ausbildeten. Die Hauptgründe können optimale Lichtverhältnisse sowie das starke Zurückschneiden auf einen Meter sein (*Kowarik und Säumel, 2013*). Zurückgeschnittene Götterbäume trieben an den Wurzeln, der Wurzelkrone oder dem Stamm wieder aus, wodurch die Individuenzahl um das 34-fache gesteigert werden konnte (*Vor et al., 2015*). Zu ähnlichen Ergebnissen ist auch *Jörg (2017)* gekommen.

Anders war die Situation auf der Versuchsfläche Nr. 1, hier kam weniger Licht durch das bereits geschlossene Kronendach auf den Boden. Wie auch von *Kowarik und Säumel (2007)* beschrieben, tat sich der Götterbaum, aufgrund des Lichtmangels, sichtlich schwer sich zu verjüngen.

Ambrass et al. (2014) hat herausgefunden, dass sich der Götterbaum in den Südtiroler Niederwäldern immer stärker verjüngte. Günstig für dessen Verjüngung sind Schlagflächen sowie das Vorhandensein von Samenbäumen. Jedoch ist bei zunehmender Beschattung ein Rückgang der Verjüngungsansätze erkennbar.

Außerdem sank mit zunehmendem Bestandesalter und Kronenschluss die Konkurrenzstärke des Götterbaumes gegenüber den anderen Baumarten.

Auch war zu erkennen, dass Stockausschläge für die Götterbaumverjüngung eine geringe Rolle spielten. Der wahrscheinliche Grund dafür war, dass bis zu diesem Zeitpunkt nur wenige Götterbäume in Altbeständen vertreten waren und es somit wenige Stöcke dieser Baumart gab. Durch Wurzelbrut sowie durch Samenbildung entstandene Götterbäume waren wesentlich häufiger.

Die Durchmesservertelung der Baumarten zeigte, dass der Götterbaum viele Ausreißer, Extremwerte sowie eine rechtsschiefe Verteilung aufwies. Die Versuchsflächen wurden von sehr vielen kleineren Götterbäumen dominiert und zugleich stockten mehrere Überhälter im Bestand. Bei einigen dieser Überhälter konnte, im Gegensatz zu den anderen gleichaltrigen Baumarten, bereits Samenbildung beobachtet werden.

Diese frühe Fruktifizierung im Alter zwischen 3 - 5 Jahren verschaffte dem Götterbaum einen entscheidenden Konkurrenzvorteil, da noch freie Bestandeslücken von dieser Baumart besiedelt werden konnten (*Kowarik und Säumel, 2007*).

Anhand der dargestellten Individuenzahlen (Tabelle 2) kann davon ausgegangen werden, dass die Verjüngung von Hopfenbuche und Mannaesche gesichert ist und sich beide Baumarten gegenüber dem Götterbaum durchsetzen können.

Allerdings würden bei der Hopfenbuche die generativen Verjüngungsansätze nicht ausreichend, um dem Konkurrenzdruck des Götterbaumes standzuhalten. Lediglich durch das Vorhandensein der Stockausschläge könnte sich diese Baumart so etablieren, dass sie sich in den Folgejahren gegenüber den anderen Baumarten durchsetzen kann. Auch *Bartha (2001)* beschrieb die Hopfenbuche als eine Baumart, die sich sowohl vegetativ, in Form von Stockausschlag, als auch generativ verjüngen

kann. Für eine erfolgreiche generative Verjüngung muss der Konkurrenzdruck der anderen Baumarten gering sein.

Eine ähnliche Situation war bei der Mannaesche zu erkennen, es waren jedoch etwas mehr generative Verjüngungsansätze auf den Versuchsflächen vorhanden als bei der Hopfenbuche. Die generative Verjüngung erfolgte bei der Mannaesche durch einsamige Flügelnüsse, welche eine hohe Keimfähigkeit besaßen. Vegetative Verjüngung erfolgt meist in Form von Stockausschlägen (*Wallman und Stingl, 2011*), aber auch die Ausbildung von Wurzelbrut ist möglich (*Bartha, 1996*).

Die Winterlinde und die Robinie kamen zahlenmäßig in einem geringeren Ausmaß vor als der Götterbaum. Erhoben wurden beide Baumarten nur auf der Versuchsfläche Nr. 5, dabei verjüngte sich die Winterlinde meist in Form von, zum Teil kräftigen, Stockausschlägen und die Robinie überraschenderweise generativ. Laut *De Avila und Albrecht (2017)* verjüngen sich Robinien hauptsächlich in Form von Wurzelbrut, aber auch die vegetative Verjüngung durch Stockausschlag ist von Bedeutung. Eine gute Ausgangssituation für eine erfolgreiche Etablierung sind zudem Bestandeslücken mit guten Lichtverhältnissen sowie wenig Konkurrenz durch die krautige Vegetation. Von *Gotz und Wolf (2004)* wird die Winterlinde als Baumart beschrieben, welche die Fähigkeit besitzt, sehr starke Ausschläge an Stock, Stammfuß oder ihren Wurzeln auszubilden.

Die generative Verjüngung bei der Winterlinde war oftmals unzureichend, da die gebildeten Samen einen hohen Hohlkornanteil aufwiesen. Außerdem ist diese Form der Naturverjüngung nur in der Nähe von fruktifizierenden Altlinde von Bedeutung (*Bürvenich et al., 2012*).

Sowohl die Elsbeere als auch die Mehlbeere gehören zu jenen den Baumarten, welche sich nur sehr spärlich auf den Versuchsflächen verjüngten. Meist erfolgte diese mangelhafte Verjüngung in Form von Stockausschlägen. Wurzelbruten waren eher selten oder wurden aufgrund zu geringer Größe nicht aufgenommen.

Verjüngungsansätze durch Sämlinge waren ebenfalls nur sporadisch vorhanden, obwohl im Altbestand genügend Vertreter dieser beiden Baumarten stockten sowie Samenbäume auf den Schlagflächen belassen wurden. Somit wurde es für diese Baumarten schwieriger, sich im Folgebestand in einem nennenswerten Ausmaß zu etablieren.

Heyder (s.a.) beschreibt die Elsbeere als eine Baumart, die sich häufig vegetativ in Form von Wurzelbrut verjüngt, Stockausschläge spielen eine geringere Rolle.

Generative Verjüngungsansätze durch Samenverbreitung weisen ein schwächeres Wachstum auf und sind dadurch seltener. Laut *Pyttel et al. (2011)* kann sich die Wurzelbrut der Elsbeere auch bei geschlossenem Kronendach im Bestand etablieren. Ihre Samen werden vorwiegend von fruchtfressenden Tieren, wie Füchsen oder Vögeln, verbreitet (*Faust und Fussi, 2011*).

Die Mehlbeere benötigt Bestandeslücken, um sich erfolgreich etablieren zu können. Ihre generative Vermehrung erfolgt ebenfalls durch die Verbreitung ihrer Früchte, welche von Vögeln und Säugetieren über weite Distanzen transportiert werden können (*Meyer und Zehm, 2010*). Die vegetative Vermehrung erfolgt bei der Mehlbeere hauptsächlich durch Wurzelbrut (*Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 2002*).

Reif und Gärtner (2007) beschreiben die Flaumeiche als eine Baumart, die viel Licht und wenig Konkurrenz anderer Pflanzenarten benötigt, um sich erfolgreich im Bestand etablieren zu können. Die Verbreitung der Eicheln erfolgt mithilfe von Vögeln und Säugetieren. Allerdings dienen die Eicheln manchen Tierarten, wie zum Beispiel Mäusen, als Nahrung.

Auch die vegetative Verjüngung in Form von Stockausschlag kommt häufig vor (*Nussbaumer und Wohlgemuth, 2016*).

Überall auf den Versuchsflächen waren Keimlinge der Flaumeiche zu finden, was eine große Samenbank dieser Baumart im Boden vermuten ließ. Bei den Erhebungen wurden aber lediglich zwei Stockausschläge aufgenommen, da nur diese der Aufnahmegröße entsprochen haben. Trotz der hohen Anzahl an Keimlingen wurden Individuen selten größer als 50 Zentimeter, somit war die Flaumeichenverjüngung nicht gesichert. Eine wichtige Rolle diesbezüglich spielte der im folgenden Kapitel angesprochene Wildeinfluss.

Walnussverjüngung war auf den Versuchsflächen ebenfalls selten, die vorhandenen Individuen wurden aber nicht von anderen Baumarten auskonkurriert. Bei dieser Baumart war besonders gut die Verbreitung durch Vögel oder Nagetieren ersichtlich (*Ehring, 2005*), da auf keiner Versuchsfläche beziehungsweise deren näheren Umgebung ein Samenbaum stockte.

Allerdings kann es auch zu Fraßverlusten, beispielsweise durch Mäusen, kommen (*Mettendorf et al., 1996*). Für die Walnussverjüngung sind offene Flächen von Vorteil, da dies Baumart viel Sonnenlicht braucht, um sich erfolgreich verjüngen zu können (*Centonze et al., 2000*).

5.2 Wildeinfluss

Aus den Ergebnissen ist zu erkennen, dass der Wildeinfluss auf den Versuchsflächen und auch zwischen den erhobenen Baumarten unterschiedlich war. Die meisten Schäden entstanden durch Verbiss, Fegeschäden konnten nur sehr vereinzelt festgestellt werden.

Pollanschütz (1995) weist darauf hin, dass es durch den Wildverbiss zu einer Reduktion des Höhenzuwachses sowie zu Qualitätseinbußen kommen kann.



Abbildung 24: Stark verbissene Stockausschläge bei der Flaumeiche (Quelle: eigenes Foto)

das Reh- und Gamswild, die erforderliche Höhe von 50cm, beziehungsweise den Minstdurchmesser von 10mm, nicht erreichen konnten. Somit war die Gefahr der Baumartenentmischung auf den Versuchsflächen durchaus gegeben. Besonders gefährdet hierfür war die Flaumeiche. Der Waldboden war zwar oft übersät mit Sämlingen, aber kaum ein Individuum schaffte es, höher als 50 cm zu wachsen. Zudem gab es auf den Versuchsflächen viele Flaumeichenstöcke. Die daraus hervorsprossenden Triebe waren so stark verbissen, dass sie kaum zu sehen waren.

Nussbaumer und Wohlgemuth (2016) haben bei ihren Untersuchungen ebenfalls einen Wildverbiss von fast 90% bei der Flaumeichenverjüngung festgestellt. Der Wildeinfluss sinkt in Gebieten, wo das Wild durch den Menschen gestört wird oder wo es keine Verstecke und Unterstände gibt. Außerdem ist die Flaumeiche weniger dem Verbiss ausgesetzt, wenn sie von Pioniergehölzen umgeben wird. Der wahrscheinliche Grund dafür ist, dass die weicheren Blätter der Pioniergehölze den Flaumeichenblättern vorgezogen werden.

Die Erkenntnis von *Nussbaumer und Wohlgemuth (2016)* kann auf den Versuchsflächen nicht bestätigt werden, da der Verbiss hoch war, obwohl sich die

Verjüngungsansätze können stark gehemmt und sogar verhindert werden. Wenn die einzelnen Baumarten unterschiedlich stark vom Wild beeinflusst werden, so kommt es zu einer Verschiebung des Konkurrenzverhältnisses, was eine Entmischung des Bestandes zur Folge hat.

Auch auf den Aufnahmeflächen konnten viele Individuen nicht erhoben werden, da sie, aufgrund der starken Beeinträchtigung durch

Flächen in der unmittelbaren Nähe von touristisch stark frequentierten Forststraßen befanden.

Die Elsbeere und die Mehlbeere wurden durch das Wild ebenfalls stark beeinträchtigt, wenigen Individuen gelang es aber trotzdem, sich zu etablieren. Dies war besonders bei der Elsbeere ersichtlich. Im Zuge der Aufnahmen wurden lediglich zwei Individuen von dieser Baumart erhoben. Zufällig wiesen diese keinen Wildverbiss auf, was rein rechnerisch ein Verbissprozent von 0% ergab. Dieser Umstand war aber für die Elsbeere auf allen Versuchsflächen eine Ausnahmesituation. Die meisten Elsbeeren wurden so stark verbissen, dass sie bei den Aufnahmen nicht berücksichtigt werden konnten. Auch bei der Mehlbeere entsprach der erhobene Wildverbiss von 7% nicht der Realität. Individuen dieser Baumart wurden oft so stark zurückgebissen, dass sie die erforderliche Aufnahmegröße nicht erreichten.

Meyer (2011) schreibt Baumarten der Gattung *Sorbus* zu, der sowohl die echte Mehlbeere als auch die Elsbeere gehören, generell sehr anfällig für Wildverbiss zu sein. Sogar auf für diese Baumarten günstigen Standorten kann die Naturverjüngung durch Wildverbiss komplett unterbunden werden.

Obwohl *De Avila und Albrecht (2017)* die Robinie und (*Gössinger, s.a.*) die Winterlinde als Baumarten beschreiben, die hoch anfällig für Wildverbiss sind, konnte dies auf den Versuchsflächen nicht bestätigt werden. Der wahrscheinliche Grund hierfür ist, dass beide Baumarten bereits aus dem Einflussbereich des Wildes herausgewachsen waren und somit der Endtrieb nicht mehr verbissen wurde. Bei der Walnuss wurden ebenfalls keine Wildschäden gefunden. Hier muss aber auf die fragwürdige Aussagekraft, aufgrund der geringen Individuenzahl, hingewiesen werden.

Ehring (2005) beschreibt die Walnuss als eine Baumart, die kaum anfällig für Wildverbiss ist. Laut *Mettendorf et al. (1996)* kommt es aber häufig zu Fegeschäden durch das Rehwild, außerdem kann die Walnuss von Hasen und Kaninchen verbissen werden.

Bei der Mannaesche wurde bei 11% der erhobenen Endtriebe Wildverbiss festgestellt. Auffällig ist aber, dass nur bei dieser Baumart Qualitätsverluste in Form eines Zickzackwuchses zu finden waren. Dies weist wahrscheinlich auf einen permanenten Wildverbiss in den vergangenen Jahren hin. In den Ergebnissen des Kapitels 4.7 ist, anhand der Analyse des Verhältnisses zwischen Baumhöhe und

Durchmesser, aufgeteilt auf die drei Altersstufen zu erkennen, dass der Götterbaum und die Hopfenbuchen ein stärkeres Wachstum aufwiesen als die Mannaesche. Allerdings näherte sich die Regressionsgerade der Mannaesche mit zunehmendem Alter den Regressionsgeraden von Götterbaum und Hopfenbuche. Ein Grund für diese Annäherung mit zunehmendem Bestandesalter könnte die Tatsache sein, dass größere Mannaeschen aus dem Einflussbereich des Wildes herausgewachsen sind. Durch das Ausbleiben des Wildverbisses näherte sich das Höhenwachstum dem Götterbaum und der Hopfenbuche.

In einem Versuch wurde von *Pollanschütz (1995)* mit Baumschnitt Wildverbiss simuliert. Dabei ist er zum Ergebnis gekommen, dass bei mehrmaligem Tribschnitt Baumarten mit einer monopodialen Hauptachse, und somit auch die Mannaesche, mit einer geringeren Pflanzengröße reagieren. Auch Qualitätseinbußen wurden bei diesem Verbissversuch festgestellt.

Die Hopfenbuche wurde auf den Versuchsfeldern ebenfalls vom Wild verbissen, trotzdem wurde diese Baumart aber nicht daran gehindert, sich erfolgreich zu etablieren. Gut ersichtlich war dies anhand der hohen Individuenzahl in Tabelle 2. Bei der Literaturrecherche konnte keine explizite Information zur Verbissanfälligkeit der Hopfenbuche gefunden werden.

Die Hainbuche, eine nahe verwandte Baumart und somit vergleichbar mit der Hopfenbuche ist jedoch anfällig für Wildverbiss (*Staufer, 1996*).

Beim Götterbaum wurde auf allen Versuchsfeldern kein Wildverbiss gefunden. Auch *Kowarik und Säumel (2007)* und *Jörg (2017)* bestätigen, dass der Götterbaum nicht anfällig für Wildverbiss ist.

Für eine bessere Beurteilung des Wildeinflusses sind die Wildmonitoringflächen sicherlich sehr hilfreich. Zu erwarten ist dabei, dass sich hauptsächlich die verbissanfälligen Baumarten innerhalb der Wildmonitoringfläche besser entwickeln können als außerhalb.

Auch *Rüegg (2005)* beschreibt das Anlegen von Wildmonitoringflächen als geeignete Maßnahme, um den Wildeinfluss auf die Individuenzahl, das Höhenwachstum sowie die Baumartenmischung zu überprüfen. Er weist aber auch darauf hin, dass sich die Naturverjüngung innerhalb des umzäunten Bereichs unterschiedlich entwickelt, wenn die Wildmonitoringfläche bereits bei der Einleitung der Verjüngung angelegt wird oder zu einem späteren Zeitpunkt.

Da die Wildmonitoringflächen unterschiedlich alt sind, wird sich, in Anlehnung auf diese These zeigen, ob sich die Naturverjüngung innerhalb des umzäunten Bereiches unterschiedlich entwickelt. Anhand der Tabelle 8 ist erkennbar, dass die Wildmonitoringflächen, bezüglich der Individuenzahl sowie des Götterbaumanteiles, verschieden sind.

5.3 Wachstumsvergleich

5.3.1 Wachstumsvergleich der Hauptbaumarten

Götterbäume erreichen eine Höhe von 20-25m, Hopfenbuchen können bis zu 20m hoch werden und die Mannaeschen 10-15m (*Hecker, 2001*). Dabei erreichen Mannaeschen durchschnittlich ein Alter von 80-100 Jahren (*Bartha, 1996*) und Hopfenbuchen werden ca. 100 Jahre alt. Im Vergleich zu diesen beiden Baumarten werden Götterbäume durchschnittlich 40-50 Jahre alt (*Hecker, 2001*).

Aufgrund dieser Durchschnittswerte von Baumhöhe und Lebensdauer kann bereits darauf geschlossen werden, dass das Wachstum der drei Hauptbaumarten unterschiedlich ist.

Gut zu erkennen ist dies bei der Darstellung der mittleren Höhen in Tabelle 8 und bei der Darstellung der mittleren Durchmesser in Tabelle 9. Der Wuchs der Mannaesche war schwächer als jener von Götterbaum und Hopfenbuche. Interessant ist, dass die Hopfenbuche eine ähnliche Wuchskraft besaß wie der Götterbaum.

Beim Höhenvergleich (Abbildung 12) war die Mannaesche wiederum jene Baumart mit der geringsten Wuchskraft. Allerdings wurde mit zunehmendem Bestandesalter der Abstand zwischen dem Höhenwachstum der Mannaesche und jenem von Götterbaum und Hopfenbuche geringer. Anhand dieses Höhenvergleiches ist auch erkennbar, dass die Hopfenbuche in allen drei Altersstufen ein stärkeres Höhenwachstum aufwies als der Götterbaum.

Die Ergebnisse im Bezug zum Götterbaumwachstum waren wenig überraschend. Während die schwächer wüchsigen Sämlinge innerhalb eines Jahres Höhen bis zu zwei Metern erreichen konnten, konnten durch vegetative Vermehrung gebildete Triebe im selben Zeitraum bis zu drei Meter hoch werden. Allerdings ist auch das Wachstum des Götterbaumes standortsabhängig (*Vor et al., 2015*). Die Hopfenbuche wird von *Hecker (2001)* ebenfalls als eine Baumart beschrieben, die sowohl ein hohes Ausschlagvermögen als auch ein rasches Triebwachstum aufweist. Dabei wird ihr Wachstum durch Zurückschneiden verstärkt.

Auf den Versuchsflächen konnte diese Erkenntnis bei einer optischen Beurteilung ebenfalls bestätigt werden. Auffällig war auch, dass das Wachstum der generativ entstandenen Hopfenbuchen schwächer war als das Wachstum von Hopfenbuchen, welche durch Stockausschlag entstanden waren. *Bartha (2001)* gibt für die spätfrostempfindlichen Hopfenbuchenkeimlinge ein durchschnittliches Wachstum von lediglich 5-15 cm pro Jahr an.

Der Wachstumsrückstand der Mannaesche gegenüber Götterbaum und Hopfenbuche kann nach *Bartha (1996)* auch dadurch entstehen, dass die Mannaesche in ihren ersten Lebensjahren ihre Wuchsenergie hauptsächlich in das Wurzelwachstum investiert. Erst ab ihrem 3. Lebensjahr setzt ein starkes Höhenwachstum von 60-80 cm pro Jahr ein. Auch *Wallman und Stingl (2011)* geben Höhenzuwächse von bis zu einem Meter für die Mannaesche an. Werden die Zuwächse der drei Baumarten in Abbildung 14 und Abbildung 15 miteinander verglichen, so kann trotzdem ein geringerer jährlicher Zuwachs bei der Mannaesche, als bei Götterbaum oder Hopfenbuche, erkannt werden.

Aufgrund ihrer geringen Konkurrenzkraft etabliert sich die Mannaesche oft nur auf oberbodentrockenen und zugleich mageren Standorten (*Kutschera und Lichtenegger, 2002*).

In der Abbildung 12 wurden die Durchmesser aller Baumarten, aufgeteilt auf die drei Altersstufen, miteinander verglichen. Im Gegensatz zu den Baumhöhen waren die Unterschiede bei den Baumdurchmessern zwischen Götterbaum und Hopfenbuche geringer. Die Mannaesche unterschied sich bezüglich des Durchmessers in allen drei Altersstufen von der Hopfenbuche und in der Altersstufe 1 und der Altersstufe 2 vom Götterbaum.

Auffällig waren beim Götterbaum in der Altersstufe 2 die vielen Extremwerte, Ausreißer sowie eine linksschiefe Datenverteilung. Diese kann dadurch erklärt werden, dass einige Götterbäume in Form von Überhältern auf den Flächen stockten, wodurch die Extremwerte und Ausreißer erklärbar wären. Die asymmetrische Datenverteilung kam durch das Wachstum von vielen kleinen Götterbäumen auf den Versuchsflächen zustande. Das starke Höhenwachstum und das schwächer ausgeprägte Durchmesserwachstum ließen darauf schließen, dass junge Götterbäume hauptsächlich ins Höhenwachstum investierten, um nicht durch das Wachstum anderer Baumarten vom Licht abgeschnitten zu werden.

Charakteristisch für den Götterbaum ist, dass bei jungen Pflanzen keine Seitentriebe ausgebildet werden. Die gesamte Wuchskraft wird nur auf den Wuchs des Stammes konzentriert (*Kowarik und Säumel, 2007*).

Anhand der Darstellung der Endtrieblänge in Abbildung 14 ist zu erkennen, dass die Endtriebe des Götterbaumes in der Altersstufe 1 länger als jene der Hopfenbuche waren. Jedoch in der Altersstufe 2 und in der Altersstufe 3 ähnelten sich die Endtriebe der beiden Baumarten. Beim Endtriebvergleich der Mannaesche wurde deutlich, dass jüngere Individuen einen kürzeren Endtrieb ausbildeten als gleichaltrige Götterbäume und Hopfenbuchen. Mit zunehmendem Alter wurde die Differenz der Endtrieblänge zwischen den drei Baumarten kleiner.

Beim Vergleich des zweijährigen Triebes in Abbildung 15 waren die Ergebnisse ähnlich wie beim Endtriebvergleich. Der Unterschied war, dass bei Götterbaum und Hopfenbuche nur in der Altersstufe 2 kein Wachstumsunterschied der zweijährigen Triebe festgestellt werden konnte. In den Altersstufen 1 und 3 wiesen die zweijährigen Triebe des Götterbaumes ein stärkeres Wachstum auf. Der Wuchs des zweijährigen Triebes war bei der Mannaesche, im Vergleich zu den anderen beiden Baumarten in allen drei Altersstufen, am schwächsten. Daraus kann abgeleitet werden, dass das Triebwachstum des Götterbaumes mit zunehmender Altersstufe abnahm, während jenes der Mannaesche leicht stieg oder zumindest gleich blieb. Bei der Triebanalyse der Hopfenbuche war zwischen der Altersstufe 1 und Altersstufe 2 ein Anstieg und zwischen der Altersstufe 2 und der Altersstufe 3 ein Rückgang des Triebwachstums zu erkennen. Aufgrund dieser Wuchsdynamik wurde die Wachstumsdifferenz zwischen den drei Baumarten mit zunehmendem Alter geringer. Mithilfe einer Regressionsanalyse wurde die Abhängigkeit des Baumhöhenzuwachses vom Durchmesserzuwachs, getrennt nach den drei Altersstufen, überprüft. Die ermittelten Bestimmtheitsmaße unterschieden sich sowohl zwischen den Baumarten als auch zwischen den Altersstufen. Allerdings kann durchaus davon ausgegangen werden, dass in allen drei Altersstufen ein signifikanter Zusammenhang zwischen Höhe und Durchmesser bestand. Interessant ist allerdings, dass die Mannaesche in der Altersstufe 2 einen höheren Regressionskoeffizienten und somit eine steilere Regressionsgerade als die Hopfenbuche besaß.

5.3.2 Wachstumsvergleich der Nebenbaumarten

Der Wachstumsvergleich der Nebenbaumarten ist, aufgrund der geringeren Individuenzahl und der unregelmäßigen Verteilung über die Versuchsfelder, weniger aussagekräftig als der Wachstumsvergleich der Hauptbaumarten. Trotzdem wird kurz auf das Wachstum jeder einzelnen Baumart eingegangen, um sie diesbezüglich mit dem Götterbaum vergleichen zu können. In Tabelle 16 ist ersichtlich, dass sich die Maximalhöhe und die Lebenserwartung der einzelnen Baumarten unterscheiden. Somit konnte auch hier auf ein unterschiedliches Wuchsverhalten geschlossen werden. Im Hinblick auf die Lebenserwartung war der Götterbaum allen Nebenbaumarten unterlegen, allerdings konnten nur Robinie und Winterlinde ähnliche Maximalhöhen erreichen wie der Götterbaum.

Tabelle 16: Darstellung von Maximalhöhe (in Metern) und Lebenserwartung (in Jahren) der Nebenbaumarten (Quelle: Hecker, 2001; * Maier, 1994)

Baumart	Maximale Höhe (m)	Lebenserwartung (Jahren)
Winterlinde	25-30	700-800
Robinie	20-25	50-60 (100-200 möglich)
Mehlbeere	5-15	200*
Elsbeere	5-20	100
Flaumeiche	5-20	500
Walnuss	10-25	125-150 (600 möglich)

Anhand der Ergebnisse im Kapitel 4.5 kann durchaus davon ausgegangen werden, dass die Robinie und die Winterlinde ähnliche Wuchseigenschaften aufwiesen wie der Götterbaum. Unterschiede konnten nur beim Vergleich des zweijährigen Triebes (Abbildung 15) zwischen Götterbaum und Winterlinde gefunden werden.

Diese Ergebnisse sind nicht weiter verwunderlich, da bei der Robinie Höhenzuwächse bis zu 4,9m gemessen wurden.

Bei einem Versuch haben *Vor et al (2015)* in Brandenburg einen durchschnittlichen Zuwachs von 2,9m bei Stockausschlägen gemessen. Dabei haben sie auch beobachtet, dass das Höhenwachstum bei der Robinie im Alter von 5 Jahren kulminiert, außerdem erträgt diese Pionierbaumart keinen Schatten. Mit 14-18 Jahren nimmt auch das Durchmesserwachstum ab. Zudem vermuten sie, dass es bereits bei der zweiten Generation am selben Standort zu Wuchsdepressionen kommen kann. Auch die schattentolerantere Winterlinde besitzt ein starkes Jugendwachstum, das nach 10-20 Jahren kulminiert. Zwischen 120 und 180 Jahren wird das Höhenwachstum eingestellt. Stockausschläge sind raschwüchsiger als Kernwüchse,

jedoch kulminiert das Wachstum der Stockausschläge früher und ist von kürzerer Dauer (*Götz und Wolf, 2004*).

Die Elsbeere und die Mehlbeere wiesen auf den Versuchsfeldern ein schwächeres Wachstum auf als der Götterbaum. Beim Höhenvergleich (Abbildung 12) und beim Durchmesservergleich (Abbildung 13) konnten zwischen Elsbeere und Götterbaum keine Unterschiede gefunden werden, allerdings muss aufgrund der geringen Individuenzahl dieses Ergebnis kritisch beurteilt werden. Besonders beim Endtriebvergleich (Abbildung 14) und beim Vergleich des zweijährigen Triebes (Abbildung 15) wurde der schwache Wuchs von Mehl- und Elsbeere im Vergleich zu den anderen Baumarten deutlich.

Die Elsbeere gehört zu den (Halb-)Schattbaumarten, sie weist ein langsames aber dafür lange andauerndes Wuchsverhalten auf (*Heyder, s.a.*). Bei einem Versuch in Rheinland-Pfalz wurde bei 18-jährigen Elsbeeren durchschnittliche Zuwächse zwischen 21 und 34cm gemessen, im Alter von 70 Jahren wurden durchschnittliche Zuwächse von 5cm gemessen. Allerdings besitzt die Elsbeere die Fähigkeit, in unterschiedlichen Entwicklungsphasen bei günstigen Bedingungen enorme Zuwächse zwischen 50 und 100 cm auszubilden (*Pyttel et al., 2011*).

Die Datenanalyse hat ergeben, dass sich die Walnuss lediglich beim Höhenvergleich (Abbildung 12) vom Götterbaum unterschied. Die Flaumeiche wies Unterschiede beim Vergleich des zweijährigen Triebes (Abbildung 15) auf. Trotz dieser Erkenntnisse kann aber davon ausgegangen werden, dass das Wachstum dieser beiden Baumarten auf den Versuchsfeldern schwächer war als das Wachstum des Götterbaumes. Denn auch hier muss wiederum auf die geringe Individuenzahl dieser beiden Baumarten verwiesen werden.

Walnusskeimlinge weisen ein starkes Wachstum mit bis zu 30 cm pro Jahr auf, dieses Wachstum kulminiert aber ab dem Alter von drei Jahren.

Nach *Centonze et al. (2000)* werden die Walnusskeimlinge in den ersten drei Jahren mit den in der Nuss gespeicherten Nährstoffen versorgt. Dadurch kann die Walnuss ungünstige Wachstumsperioden leichter überdauern als andere Baumarten.

Mit zunehmendem Alter steigen aber die Lichtansprüche dieser Baumart (*Mettendorf et al., 1996*). Ab dem Alter von 100 Jahren ist das Wachstum bei Walnüssen abgeschlossen (*Pretsch, 1995*).

Die Flaumeiche ist eine sehr wärmeliebende Lichtholzbaumart (*Kutschera und Lichtenegger, 2002*). Das Wachstum dieser konkurrenzschwachen Baumart wird bei

einem Versuch in der Toskana mit einem jährlichen Zuwachs von 2-3m³ pro Hektar (Umtriebszeit 15-16 Jahre) angegeben. Diese schwache Wuchsleistung der Flaumeiche kann aber auf Standorten mit guten Wuchsbedingungen gesteigert werden (*De Avila und Albrecht, 2017*).

Obwohl die Hasel ein Strauch ist, wird sie bei der Ansprache des Wachstums miteinbezogen. Denn in dieser Entwicklungsphase besitzt sie, aufgrund ihrer Wuchscharakteristik, das Potential, einen Konkurrenzeffekt auf die anderen Baumarten auszuüben. Dies wurde anhand der Ergebnisse in Kapitel 4.5 deutlich. Auch *Hecker (2001)* beschreibt die Hasel als eine Baumart, deren Triebwachstum mehrere Meter in einer Vegetationsperiode betragen kann. Der Durchmesser dieser Schösslinge kann bei fortgeschrittenen Bestandesalter Dimensionen von 15-18cm erlangen.

5.4 Bekämpfungsmaßnahmen Götterbaum

Die bekämpften Götterbäume stockten auf den Versuchsfeldern Nr.1 und Nr. 4. Wie in Abbildung 11 ersichtlich waren dies jene Flächen, auf denen der Götterbaumanteil am höchsten war. Auffällig war, dass auf der Versuchsfeld Nr. 1 die bekämpften Götterbäume von den anderen Baumarten, insbesondere der Hopfenbuche, stark auskonkurrenziert wurden. Den bekämpften Götterbäumen auf der Versuchsfeld Nr. 4 gelang es hingegen, sich erneut im Bestand zu etablieren. Diese gravierenden Unterschiede bezüglich des Wachstums waren wahrscheinlich durch den limitierenden Faktor Licht erklärbar. Während auf der Versuchsfeld Nr. 4 sehr viel Licht den Waldboden erreichte, wurde auf der Versuchsfeld Nr.1 ein Großteil des Waldbodens, aufgrund des bereits eingetretenen Kronenschlusses, stark beschattet. Die Reaktion auf die Bekämpfungsmaßnahmen war innerhalb der Versuchsfeldern ähnlich, allerdings gab es diesbezüglich zwischen der Versuchsfeld Nr. 1 und der Versuchsfeld Nr. 4 Unterschiede. Die Götterbäume der Versuchsfeld Nr. 1 hatten immer nur einen langen und zugleich schmalen Trieb ausgebildet. Bei den Götterbäumen auf der Versuchsfeld Nr. 4 konnte die Ausbildung mehrere Triebe beobachtet werden, die zudem einen wesentlich stärkeren Wuchs aufwiesen. Im Laufe der Datenanalyse wurde die Entscheidung getroffen, für die Ergebnisdarstellung nur die Götterbäume der Versuchsfeld Nr. 4 zu verwenden, da mit ihnen die Effekte der Bekämpfungsmaßnahmen besser analysiert und dargestellt werden konnten.

Wie erwartet haben die Götterbäume auf die Bekämpfungsmaßnahmen mit der Ausbildung von Ersatztrieben reagiert. Dabei hat sich herausgestellt, dass alle Götterbäume mindestens einen Trieb ausgebildet haben, aber nur sehr wenige vier Triebe.

In Abbildung 17 ist gut ersichtlich, dass die Triblänge der gebildeten Triebe zum Teil stark variierte, sie nahm vom obersten zum untersten Trieb hin stetig ab. Dabei war der längste Trieb immer der Endtrieb und der vierte Trieb der kürzeste. Dabei gab es keinen Zusammenhang zwischen der Länge des Endtriebes und der Anzahl der ausgebildeten Triebe.

Eine weitere Analyse hat zudem ergeben, dass sich die Endtrieblängen von bekämpften und nicht bekämpften Götterbäumen unterschieden (Abbildung 18). Die Endtriebe bekämpfter Götterbäume waren dabei länger als die Endtriebe von nicht bekämpften Götterbäumen.

Aufgrund dieser Erkenntnisse musste die Effizienz der erprobten Bekämpfungsmaßnahme auf der Versuchsfläche Nr. 4 kritisch hinterfragt werden. Denn, obwohl die Götterbäume mehrere Triebe nach der Bekämpfungsmaßnahme ausbildeten, wurde die Wuchskraft nicht, wie erhofft, auf diese Triebe gleichmäßig aufgeteilt. Vielmehr kam es zu einer regelrechten Förderung des Endtriebwachstums. Eine wichtige Rolle spielte dabei sicherlich der Bekämpfungszeitpunkt, allerdings werden genauere Ergebnisse zu diesem Thema erst in Folgearbeiten präsentiert werden können. Die Frage diesbezüglich wird sein, ob ein bekämpfter Götterbaum sein Höhendefizit gegenüber den anderen Baumarten aufholen kann, bevor diese ihn

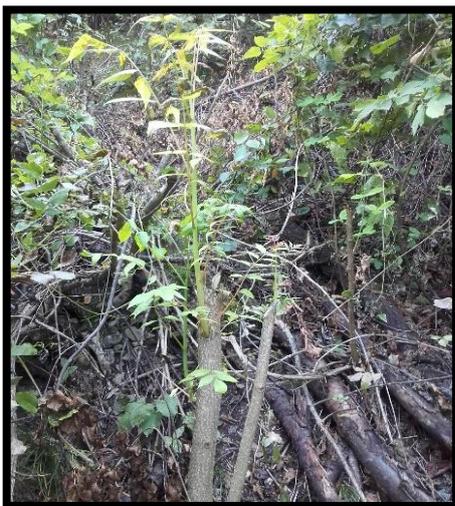


Abbildung 25: Einen Monat nach der Bekämpfung hat der Götterbaum wieder ausgeschlagen (Quelle eigenes Foto)

auskonkurrenzieren. Sicher ist, dass Götterbäume bei einer zu frühen Bekämpfung, aufgrund der schnellen Ausbildung von Trieben (Abbildung 25) sowie ihres starken Höhenwachstums, die anderen Baumarten rasch wieder einholen. Außerdem kann durch Wurzelbrut ihre Individuenzahl zusätzlich erhöht werden (Kowarik und Säumel, 2007). Der Vorteil dieser mechanischen Bekämpfungsart ist, dass Götterbäume an der frühen Fruktifikation gehindert werden können. f

Zum Zeitpunkt der Literaturrecherche konnten keine Arbeiten gefunden werden, welche dieselbe Bekämpfungsmethode des Götterbaumes anhand eines Versuches getestet haben. Allerdings wurden ähnliche Versuche durchgeführt, um mechanische Bekämpfungsmethoden des Götterbaumes zu erproben. So hat *Ließ (2007)* bei einem Bekämpfungsversuch im Nationalpark Donauauen durch Fällung gezeigt, dass Götterbäume mit der verstärkten Ausbildung von Wurzelbrut und Stockausschlag reagieren. Dabei sind Stockausschläge meist starkwüchsiger als die Wurzelbrut. Allerdings konnten auch bei diesem Versuch Unterschiede zwischen den Versuchsflächen gefunden werden. Diese manifestierten sich durch die unterschiedliche Anzahl von ausgebildeten Trieben, einem unterschiedlichen Triebwachstum, der Triebmortalität und durch die Anzahl abgestorbener Stockausschläge. Auch das Verhältnis zwischen Trieben, welche durch Wurzelbrut entstanden sind, und Triebe, welche in Form von Stockausschlag gebildet wurden, ist oft von Versuchsfläche zu Versuchsfläche verschieden. *Ließ (2007)* konnte keinen Zusammenhang zwischen dem Brusthöhendurchmesser und der Ausbildung von Stockausschlägen beziehungsweise Wurzelbrut finden. Allerdings wurden auch bei ihren Versuchen Götterbäume aufgrund von Platz- und Lichtmangel von den anderen Baumarten auskonkurriert.

Constán-Nava et al. (2010) haben im Zuge einer 5-jährigen Studie drei Bekämpfungsmaßnahmen ausprobiert. Hierzu haben sie die erste Gruppe einmal jährlich geschnitten (Juli), die zweite Gruppe zweimal im Jahr (Juli und September) und die dritte Gruppe einmal jährlich mit einer anschließenden Herbizidbehandlung. Die Ergebnisse waren, dass eine mechanische Bekämpfung durch Zurückschneiden einen ungenügenden Bekämpfungserfolg hat. Die Götterbäume reagierten hauptsächlich mit der Ausbildung von Wurzelbrut. Außerdem konnten kaum Unterschiede zwischen einmaligem und zweimaligem jährlichen Rückschnitt gefunden werden. Durch Rückschnitt und die anschließende chemische Behandlung konnten die Götterbäume am effizientesten bekämpft werden. Dabei wurde die Individuenzahl nicht reduziert, wohl aber die Höhe, die Biomasse sowie der Blattflächenindex. Außerdem war der Bekämpfungserfolg auch standortabhängig.

Jörg (2017) kam ebenfalls zur Erkenntnis, dass durch mechanisches Zurückschneiden die Biomasse des Götterbaumes abnimmt, die Individuenzahl aber steigt. Um Erfolge zu erzielen, muss jährlich mindestens zweimal zurückgeschnitten werden: Einmal im Sommer (Juli/August) und einmal im Herbst (September/Oktober).

5.5 Potenzielle Fehlerquellen beim Versuchsflächenaufbau und der Baumartenanalyse

Zu Beginn dieser Masterarbeit im Sommer 2016 bestand die erste Herausforderung darin, geeignete Versuchsflächen zu finden. Wie bereits im Kapitel 3.5 beschrieben, sollte jede Versuchsfläche möglichst homogen aufgebaut sein. Homogenität war deshalb wichtig, damit die Effekte der Bekämpfungs- und Förderungsmaßnahmen möglichst gut erkennbar waren. Zu beachten ist hierbei, dass eine, durch Naturverjüngung und Stockausschlag entstandene, Versuchsfläche nie so homogen aufgebaut sein wird wie eine vom Menschen angepflanzte.

Es wurden daher pro Streifen, anstatt einem großen Aufnahmefeld, drei kleinere Aufnahmefelder mit jeweils 10m² angelegt. Dadurch konnten ungünstige Flächen, wie beispielsweise bestockte Felsen, vermieden werden. Die Dichteanalyse (Tabelle 6) im Streifenvergleich zeigt deutlich, dass die einzelnen Individuen einigermaßen gleichmäßig auf die drei Streifen (Nullfläche, Fläche nur mit Bekämpfungsmaßnahmen und Fläche mit Bekämpfungs- und Förderungsmaßnahmen) aufgeteilt sind. Aus diesem Grund konnten die drei Streifen miteinander verglichen werden.

Beim Anlegen der Aufnahmefelder wurde das Augenmerk vor allem daraufgelegt, dass mindestens ein Stockausschlag darin vorhanden war, nicht aber, welcher Baumart dieser angehört. Die Konsequenz daraus war, dass die Baumarten oft ungleichmäßig über die drei Streifen verteilt waren und der Götterbaumanteil unterschiedlich war (vgl. Tabelle 6).

Wurden die Versuchsflächen miteinander verglichen, so gab es auch hier Unterschiede. Um möglichst aussagekräftige Ergebnisse ausarbeiten zu können, wurden immer nur die erhobenen Daten jener Individuen verwendet, welche auch miteinander vergleichbar waren. Dies wurde erreicht, indem die erhobenen Daten in Gruppen aufgeteilt wurden, welche, im Bezug zur analysierten Kennzahl, Ähnlichkeiten aufwiesen. Beispielsweise wurden die Versuchsflächen nach Altersklassen oder Götterbaumanteil aufgeteilt oder unterschiedliche Individuen (Götterbäume bekämpft/nicht bekämpft) getrennt analysiert.

Bei den Aufnahmen wurden auch Baumarten in sehr geringer Stückzahl erhoben. Dazu gehörten die Rotbuche, die Elsbeere, die Flaumeiche, die Walnuss und die Robinie.

Aufgrund dieser geringen Anzahl sind die Ergebnisse dieser Baumarten in Kapitel 4.5 kritisch zu hinterfragen. Bei der Ansprache von Verjüngung und Wildverbiss muss auf die geringe Individuenzahl der genannten Baumarten ebenfalls Rücksicht genommen werden. Obwohl die Baumarten mit einer sehr geringen Individuenzahl keine große Aussagekraft besitzen, wurden sie trotzdem in der Arbeit behandelt, da auch sie Teil der natürlichen Waldgesellschaft sind. Außerdem ist es wichtig, dass bei der Ansprache der Individuendichte auch selten stockende Baumarten miteinbezogen werden.

Für manche Analysen wurden auch nur die drei Hauptbaumarten Götterbaum, Hopfenbuche und Mannaesche verwendet, da diese in ausreichender Stückzahl und auf jeder Versuchsfläche vorhanden sind.

6 Schlussfolgerungen

Aus den Ergebnissen ist ersichtlich, dass die Dominanz des Götterbaumes auf den Schlagflächen verschieden ausgeprägt ist. Dieses Phänomen kann nicht nur auf die Verjüngungsdynamik, den Wildeinfluss oder das Wuchsverhalten zurückgeführt werden. Vielmehr spielen weitere Faktoren, wie zum Beispiel der Standort oder der Faktor Licht, eine wesentliche Rolle. Außerdem sind sicher nicht einzelne Faktoren ausschlaggebend, sondern das Zusammenwirken der Faktoren.

Bei der Verjüngung besitzt der Götterbaum gegenüber anderen Baumarten sicherlich einen Konkurrenzvorteil. Einerseits aufgrund seiner Fähigkeit zahlreiche Triebe durch Wurzelbrut und Stockausschlag auszubilden, andererseits durch seinen frühen Fruktifikationsbeginn. Somit konnten die im Bestand noch freien Nischen von dieser Baumart besiedelt werden. Generell kann angenommen werden, dass auf den Versuchsflächen mehr vegetative als generative Verjüngungsansätze zu finden waren. Auch das Wachstum der vegetativen Verjüngung war stärker ausgeprägt als jenes der generativen. Als gesichert kann die Verjüngung auch von Hopfenbuche, Mannaesche, Robinie und Winterlinde angesehen werden. Die Walnussverjüngung war zwar spärlich vorhanden, allerdings konnten bei diesen wenigen Exemplaren kaum Schäden gefunden werden. Obwohl oft zahlreiche Keimlinge und Ansätze der vegetativen Vermehrung zu erkennen waren, ist die Verjüngung von Flaumeiche, Elsbeere und Mehlbeere nicht gesichert. Anhand der erhobenen Daten kann man wahrscheinlich davon ausgehen, dass diese Baumarten höchstens eingesprengt im Folgebestand vertreten sein werden.

Der Wildeinfluss manifestierte sich ausschließlich in Form von Verbisschäden, Fegeschäden konnten nur sehr vereinzelt gefunden werden. Auch hier besaß der Götterbaum einen entscheidenden Vorteil, da er, als einzige Baumart, nicht verbissen wurde. Die Walnuss gehörte ebenfalls zu den Baumarten, bei denen Wildverbiss keine wesentliche Rolle spielte. Hopfenbuche, Robinie und Winterlinde wurden zwar verbissen, allerdings konnten bei diesen Baumarten keine nennenswerten Schäden entdeckt werden. Bei der Mannaesche konnte aufgrund von Verbiss eine Wachstumsreduktion sowie eine Qualitätsminderung der Triebe festgestellt werden. Flaumeiche, Elsbeere und Mehlbeere wurden in einem Ausmaß verbissen, dass diese sich kaum im Bestand etablieren konnten.

In Bezug auf das Wachstum konnten sich besonders die Hopfenbuche und die Mannaesche gegenüber dem Götterbaum durchsetzen. Während die Hopfenbuche oft eine stärkere Wuchsleistung aufwies als der Götterbaum, war das Wachstum der Mannaesche etwas schwächer als jenes des Götterbaumes. Es konnte gezeigt werden, dass sich diese drei Baumarten hinsichtlich ihrer Wuchsleistung mit zunehmendem Bestandesalter annäherten. Außerdem waren sie die am häufigsten vorkommenden Baumarten auf allen Versuchsflächen. Die Robinie und die Winterlinde konnten sich ebenfalls gegenüber dem Götterbaum durchsetzen, allerdings war ihre Individuenzahl begrenzt. Zudem stockten diese beiden Baumarten nur lokal auf den Versuchsflächen. Flaumeiche und Elsbeere wiesen deutliche Wachstumsdefizite gegenüber dem Götterbaum auf. Während die Anzahl von Flaumeiche und Elsbeere teilweise verschwindend gering war, kam die Mehlsbeere eingesprengt vor. Die Hasel ist zwar ein Strauch, allerdings konnte sie, aufgrund ihres Wachstums, in dieser Bestandesentwicklungsphase einen Konkurrenzeffekt, besonders auf die schwächer wüchsigen Baumarten, ausüben.

Die Auswirkungen der Bekämpfungsmaßnahmen waren auf den beiden Versuchsflächen verschieden. Das Götterbaumwachstum wurde auf der Versuchsfläche Nr. 1 aufgrund der Beschattung beeinträchtigt. Hingegen auf der sonnigen Versuchsfläche Nr. 4 wurde das Wachstum der Götterbäume regelrecht angeregt. Die Götterbäume der Versuchsfläche Nr. 4 reagierten mit der Ausbildung von bis zu 4 Trieben, deren Wachstum aber vom obersten Trieb bis zum untersten deutlich abnahm. Außerdem wurde das Triebwachstum des obersten Triebes nicht von der ausgebildeten Triebanzahl beeinträchtigt. Allerdings wiesen die Endtriebe bekämpfter Götterbäume ein deutlich stärkeres Wachstum auf, als die Endtriebe von nicht bekämpften Götterbäumen.

Bei einer Analyse der Ergebnisse konnte darauf geschlossen werden, dass der Götterbaum durchaus das Potential besaß, sich auf den Versuchsflächen zu etablieren. Dabei trat er in Konkurrenz mit den vorhandenen Baumarten, diese wurden aber zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht vollständig verdrängt. Bei der Betrachtung der Individuenzahlen war der Anteil der anderen Baumarten durchaus akzeptabel. Ob der Konkurrenzdruck auf die anderen Baumarten in den Folgejahren zunimmt, kann anhand dieser Arbeit noch nicht geklärt werden. Allerdings kann zum

jetzigen Zeitpunkt durchaus die Tendenz der Baumartenentmischung festgestellt werden. Die wesentlich relevantere Einflussgröße für diese Entwicklung ist aber nicht der Einfluss des Götterbaumes, sondern der Wildeinfluss. Besonders betroffen ist die Flaumeiche, da ihre Keimlinge und die vegetativ gebildeten Triebe vom Wild regelrecht abgeweidet wurden. Aus diesem Grund wäre es dringend notwendig, diesbezüglich Maßnahmen zu ergreifen. Allerdings ist es sicherlich fatal, für die Habitatverbesserung des Wildes Freiflächen zu schaffen, da gerade diese vom Götterbaum besiedelt werden.

Außerdem wurde bei dieser Arbeit nicht überprüft, ob Götterbäume aufgrund des allelopathischen Effektes die anderen Baumarten verdrängen.

Der Erfolg der Bekämpfungsmaßnahmen kann anhand dieser Arbeit nicht vollständig bewertet werden. Auffällig ist aber, dass der Bekämpfungseffekt abhängig von der Lichtverfügbarkeit ist. Während beschattete Götterbäume eher negativ in ihrem Wachstum durch die Bekämpfungsmaßnahmen beeinflusst wurden, reagierten Götterbäume auf belichteten Standorten mit einer Wachstumssteigerung. Somit ist es sicherlich ungünstig, auf Standorten mit viel Licht diese Art von Bekämpfungsmaßnahmen durchzuführen. Auch das Freihalten von Freiflächen, wie zum Beispiel Wildäckern, könnte sich mithilfe dieser Methode als schwierig erweisen. Eine weitere wichtige Einflussgröße, die den Bekämpfungserfolg beeinflussen könnte, ist die Reaktion der anderen Baumarten auf die Förderungsmaßnahmen. Wenn diese mit stärkerem Wachstum auf die Stammzahlreduktion reagieren, wächst ihre Konkurrenzstärke gegenüber dem Götterbaum. Aufgrund der Auflichtungsmaßnahmen gelangt aber mehr Licht ins Innere des Bestandes, wodurch auch das Götterbaumwachstum angeregt werden könnte.

Ob das Alter der Götterbäume zum Zeitpunkt der Bekämpfung eine Rolle spielt, ist ungewiss. Diese Frage kann vielleicht im Rahmen einer Folgearbeit geklärt werden. Ein ebenfalls interessantes Ergebnis einer Folgeerhebung könnte sein, wie die Götterbäume bei einer mehrmaligen Durchführung dieser Bekämpfungsmaßnahme reagieren.

7 Literaturverzeichnis

7.1 Quellenverzeichnis

Adler, S.; Chimani, B.; Drechsel, S.; Haslinger, K.; Hiebl, J.; Meyer, V.; Resch, G.; Rudolph, J.; Vergeiner, J.; Zingerle, C.; Marigo, G.; Fischer, A.; Seiser, B. (2015): Das Klima von Tirol - Südtirol – Belluno. Italien: Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG), Abteilung Brand- und Zivilschutz - Autonome Provinz Bozen, Agenzia Regionale per la Prevenzione e Protezione Ambientale del Veneto (ARPAV)

Ambrass, S.; Radtke, A.; Zerbe, S.; Fontana, V.; Ammer, C. (2014): Ausbreitung und Management von Götterbaum und Robinie in Niederwäldern. Naturschutz und Landschaftsplanung-Fachzeitschrift für angewandte Ökologie (2/2014), S. 45-51.

Autonome Provinz Bozen (2018): Götterbaum. Südtirol: Südtiroler Landesverwaltung. Online verfügbar unter: [<http://www.provinz.bz.it/landforstwirtschaft/wald-holz-almen/neophyten/goetterbaum.asp>], zuletzt abgerufen am: 17.12.2018

Autonome Provinz Bozen (2010): Waldtypisierung Südtirol. Band 1. Bozen: Amt für Forstplanung.

Autonome Provinz Bozen (2010): Waldtypisierung Südtirol. Band 2. Bozen: Amt für Forstplanung.

Arbeitsgruppe invasive Neobiota (2014): Bekämpfungsmerkblatt Götterbaum. Schweiz: Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter der Schweiz. Online verfügbar unter: [https://extranet.kvu.ch/files/documentdownload/150218092734_03-BM_Goetterbaum.pdf], zuletzt abgerufen am: 15.12.2018

Bartha, D. (2001): *Ostrya carpinifolia*. In: Roloff, A.; Weisgerber, H.; Lang, U.M.; Stimm, B. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. 26. Erg.Lfg. Deutschland: Wiley-VCH Verlag, 6 S.

Bartha, D. (1996): *Fraxinus ornus*. In: Roloff, A.; Weisgerber, H.; Lang, U.M.; Stimm, B. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. 4. Erg.Lfg. Deutschland: Wiley-VCH Verlag, 8 S.

Berki, D. (2014): Eigenschaften und Verwendung des Holzes des Götterbaums (*Ailanthus altissima*). Wien: Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, 89 S.

- Blaas, J.** (1902): Geologischer Führer durch die Tiroler und Vorarlberger Alpen. Band 5. Innsbruck: Wagner Verlag.
- Blab, A.** (2002): Die „Aliens“ kommen! Problematik der Einschleppung, Einfuhr und Ausbringung von nicht-heimischen Arten. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft Wien.
- Böcker, R.; Gebhard, H.; Konold, W.; Schmidt-Fischer, S.** (1995): Gebietsfremde Pflanzenarten. Landsberg: Ecomed Verlagsgesellschaft.
- Böhlmann, D.** (2015): Laubbäume temperierter Klimate mit ihrer Artenvielfalt. Berlin-Hannover: Patzer Verlag.
- Büchel, M.; Leuthardt, F.; Sandri, A.; Walther, G.; Hitzfeld, B.; Pillonel, C.; Conedera, M.; Wunder, J.; Moretti, G.; Bühler, U.; Gregori, S.; Plozza, L.; Carraro, G.; Schiltknecht, N.** (2016): Leitfaden zum Umgang mit dem Götterbaum (*Ailanthus altissima*). Bern: Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).
- Bürvenich, J.; Balcar, P.; Hein, S.** (2012): Kronenkonkurrenz der Winterlinde. AFZ - Der Wald Allgemeine Forstzeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge (17/2012), S. 22-23.
- Butin, H.** (2011): Krankheiten der Wald und Parkbäume. 4. Aufl. Stuttgart: Eugen Ulmer Verlag.
- Cafferty, S.** (2008): Kosmos-Atlas Bäume der Welt. Stuttgart: Kosmos Verlag.
- Centonze, C.; Salome, M.; Gulnaz, J.; Mamytkbekova, G.** (2000): Die natürliche Verjüngung der Walnuss (*Juglans regia* L.). Online verfügbar unter: [file:///C:/Users/Besitzer/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/2000%20Centonze%20M.%20Die%20nat%20rliche%20Verj%20ngung%20der%20Walnuss%20(Juglans%20regia%20L.).%20Praktikumsarbeit%20Juli%20-%20Dezember%20(1).pdf], zuletzt abgerufen am: 21.05.2019
- Constán-Nava, S.; Bonet, A.; Pastor, E.; Liedó, M. J.** (2010): Long-term control of the invasive tree *Ailanthus altissima*: Insights from Mediterranean protected forests. *Forest Ecology and Management* 260, S 1058-1064.
- De Avila, A.L.; Albrecht, A.** (2017): Alternative Baumarten im Klimawandel: Artensteckbriefe - eine Stoffsammlung. Freiburg: Eigenverlag Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg.

- Ehring, A.** (2005): Nussanbau zur Holzproduktion. 2. Aufl. In: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (Hrsg.): Merkblätter der forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. Freiburg: Eigenverlag, 11 S.
- Eidgenössische Technische Hochschule Zürich** (2002): Mitteleuropäische Waldbaumarten: Artbeschreibung und Ökologie unter besonderer Berücksichtigung der Schweiz. Zürich: Eigenverlag.
- Faust, K.; Fussi, B.** (2011): Erhaltung und Vermehrung einer seltenen Baumart. In: Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft (Hrsg.): Beiträge zur Elsbeere. Freising: Lerchl Druck, S. 17-21.
- Gössinger, L.** (s.a.): Die Linden - *Tilia platyphyllos*/ *Tilia cordata*. Bonn: Schutzgemeinschaft Deutscher Wald.
- Götz, B.; Wolf, C.** (2004): *Tilia cordata*. In: Roloff, A.; Weisgerber, H.; Lang, U.M.; Stimm, B. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. 38. Erg.Lfg. Deutschland: Wiley-VCH Verlag, 16 S.
- Gruber, V.; Hauser, L.; Mayr, J.; Nössing, J.; Schiefer, O.; Schweiggl, M.; Schweiggl, S.** (1995): Kurtatsch und sein Gebiet im Wandel der Zeit. Brixen (BZ): Athesia Verlag.
- Gurtner, D.; Conedera, M.; Rigling, A.; Wunder, J.** (2015): Der Götterbaum dringt in die Wälder nördlich der Alpen vor. WALD und HOLZ–Zeitschrift für Wald, Waldwirtschaft, Holzmarkt und Holzverwendung (7/2015), S. 22-24.
- Hecker, U.** (2001): Bäume und Sträucher. 3. Aufl. München: BLV Verlagsgesellschaft.
- Heyder, J.** (s.a.): Merkblatt zur Artenförderung Elsbeere. Landesanstalt für Ökologie, Bodenordnung und Forsten Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf: Eigenverlag.
- Hölbling, M.** (1989): Beitrag zur Kenntnis einiger physikalischer und technologischer Eigenschaften des Götterbaumes (*Ailanthus altissima*). Wien: Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur Wien, 85 S.
- Infoflora** (2012): Infoblatt Invasive Neophyten: Bedrohung für Natur, Gesundheit und Wirtschaft - Götterbaum. Schweiz: Nationales Daten- und Informationszentrum der Schweizer Flora. Online verfügbar unter: [https://www.infoflora.ch/en/assets/content/documents/neophyten/inva_aila_alt_d.pdf] , zuletzt abgerufen am: 15.12.2018
- Jörg, E.** (2017): Mechanische Bekämpfung des Götterbaumes im TWW-Objekt 5090. Bern: Amt für Landwirtschaft und Natur des Kantons Bern.

- Kowarik, I.; Böcker, R.** (1984): Zur Verbreitung, Vergesellschaftung und Einbürgerung des Götterbaumes (*Ailanthus altissima* [Mill.] Swingle) in Mitteleuropa. In: Dierschke, H. (Hrsg.): Mitteilungen der Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft. Band Nr.4. Göttingen: Tuxenia, S. 9-29.
- Kowarik, I.; Säumel, I.** (2013): *Ailanthus altissima*. In: Roloff, A.; Weisgerber, H.; Lang, U.M.; Stimm, B. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. 63. Erg.Lfg. Deutschland: Wiley-VCH Verlag, 24 S.
- Kowarik, I. Säumel, I.** (2007): Biological flora of Central Europe: *Ailanthus altissima* (Mill.). Elsevier, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics (8/2007), S. 207–237.
- Kremer, B.** (1984): Bäume - heimische und eingeführte Arten Europas. München: Mosaik Verlag.
- Kutschera, L.; Lichtenegger, E.** (2002): Wurzelatlas mitteleuropäischer Waldbäume und Sträucher. 6. Band. Graz: Leopold Stocker Verlag.
- Ließ, N.** (2007): Der Baum des Himmels? - *Ailanthus altissima* (MILL.) SWINGLE. Monitoring und Evaluierung von Kontrollmethoden im Nationalpark Donau-Auen (Österreich). Eberswalde: Diplomarbeit an der Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, 121 S.
- Maier, J.** (1994): *Sorbus aria*. In: Roloff, A.; Weisgerber, H.; Lang, U.M.; Stimm, B. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. Deutschland: Wiley-VCH Verlag, 20 S.
- Mettendorf, B.; Franke, A.; Widmaier, T.** (1996): Der Anbau der Walnuß zur Holzproduktion. In: Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (Hrsg.): Merkblätter der forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg. Freiburg: Eigenverlag, 12 S.
- Meyer, F.** (1982): Bäume in der Stadt. 2. Aufl. Stuttgart: Ulmer Eugen Verlag.
- Meyer, N.** (2011): *Sorbus*-Vielfalt in Bayern. In: Bayerische Landesanstalt für Wald- und Forstwirtschaft (Hrsg.): Beiträge zur Elsbeere. Freising: Lerchl Druck, S. 40-46.
- Meyer, N.; Zehm, A.** (2010): Mehlbeeren & Ebereschen der Alpen Gattung *Sorbus*. Augsburg: Bayerisches Landesamt für Umwelt.
- Mißbach, K.** (1993): Ernährung und Fütterung der jagdbaren Wildarten. Deutschland: Deutscher Landwirtschaftsverlag.
- More, D.; White, J.** (2005): Die Kosmos Enzyklopädie der Bäume. Stuttgart: Kosmos Verlag.

Naturmuseum Südtirol (2018): FloraFauna Südtirol. Das Portal zur Verbreitung von Tier- und Pflanzenarten in Südtirol. Online verfügbar unter:

[<http://www.floraf fauna.it/index.jsp?project=floraf fauna&view=BOT&locale=de>], zuletzt abgerufen am: 10.05.2018

Nussbaumer, C.; Wohlgemuth, T. (2016): Verbiss bremsst die jungen Flaumeichen. WALD und HOLZ–Zeitschrift für Wald, Waldwirtschaft, Holzmarkt und Holzverwendung (1/2016), S. 31-33.

Ophoven, E. (2005): Kosmos Wildtierkunde. Stuttgart: Kosmos Verlag.

Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (2016):

Neophytenmanagement - Behandlung invasiver gebietsfremder Pflanzenarten. In: Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (Hrsg.): Wasser Abfall Regelwerk. ÖWAV-Arbeitsbehelf 49. Wien: Austrian Standards, 28 S.

Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband (2016): Steckbriefe

Neophyten - GÖTTERBAUM. Wien: Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband. Online verfügbar unter:

[[file:///C:/Users/Besitzer/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/Steckbrief_Goetterbaum81419%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Besitzer/AppData/Local/Packages/Microsoft.MicrosoftEdge_8wekyb3d8bbwe/TempState/Downloads/Steckbrief_Goetterbaum81419%20(1).pdf)], zuletzt abgerufen am: 17.12.2018

Pietrogiiovanna, M. (2019): Mündliches Zitat. Bozen (BZ): Amt für Forstplanung, Autonome Provinz Bozen.

Pollanschütz, J. (1995): Bewertung von Verbiß und Fegeschäden. Wien: Eigenverlag Forstliche Bundesversuchsanstalt.

Pretsch, H. (1995): Juglans regia. In: Roloff, A.; Weisgerber, H.; Lang, U.M.; Stimm, B. (Hrsg.): Enzyklopädie der Holzgewächse. 2. Erg.Lfg. Deutschland: Wiley-VCH Verlag, 16 S.

Pyttel, P.; Kunz, J.; Bauhus, J. (2011): Wachstum der Elsbeere in ehemaligen Niederwäldern. AFZ - Der Wald Allgemeine Forstzeitschrift für Waldwirtschaft und Umweltvorsorge (4/2011), S. 7-10.

Reif, A.; Gärtner, S. (2007): Die natürliche Verjüngung der laubabwerfenden Eichenarten Stieleiche (*Quercus robur* L.) und Traubeneiche (*Quercus petraea* Liebl.) - eine Literaturstudie mit besonderer Berücksichtigung der Waldweide. In: Karrer, G.; Walentowski, H. (Hrsg.): Waldökologie online. Heft 5. Freising: Arbeitsgemeinschaft Forstliche Standorts- und Vegetationskunde, S. 79-116.

- Rüegg, D.** (2005): Achtung bei der Anwendung von Kontrollzäunen. WALD und HOLZ–Zeitschrift für Wald, Waldwirtschaft, Holzmarkt und Holzverwendung (5/05), S. 33-35.
- Senn, D.** (2017): *Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle: una specie invasiva. Padua: Diplomarbeit an der Universität Padua, 117 S.
- Siegrist, M.; Holdenrieder, O.** (2016): Die Verticillium-Welke – eine Option zur Bekämpfung des Götterbaumes in der Schweiz? Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen (167/2016), S. 249–257.
- Staindl, A.** (1976): Kurze Geologie von Südtirol. 4. Aufl. Brixen (BZ): A. Weger Verlag.
- Staufer, R.** (1996): Waldbauliche Erfahrungen mit der Hainbuche im Forstamt Arnstein. Arnstein: Bayerisches Forstamt.
- Stingl, V.; Mair, V.** (2005): Einführung in die Geologie Südtirols. Brixen (BZ): Kraler Druck.
- Thürkauf, K.** (2015): Aggressiver Götterbaum – nutzen statt ausrotten. Zürich: Schweizer Radio und Fernsehen. Online verfügbar unter: [<https://www.srf.ch/wissen/natur-umwelt/aggressiver-goetterbaum-nutzen-statt-ausrotten>], zuletzt abgerufen am: 15.12.2018
- Tomiczek, C.; Cech, T.; Krehan, H.; Perny, B.** (2005): Krankheiten und Schädlinge an Bäumen im Stadtbereich. 1. Aufl. Wien: Eigenverlag
- Vor, T.; Spellmann, H.; Bolte, A.; Ammer, C.** (2015): Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten. Göttingen: Universitätsverlag.
- Wallmann, T.; Stingl, R.** (2011): Die Blumen-Esche *Fraxinus ornus* am nördlichen Alpenostrand. NEILREICHIA-Zeitschrift für Pflanzensystematik und Floristik Österreichs (Band 6), S. 183-296.
- Wotschikowsky, U.; Heidegger, A.** (1992): Wild und Jagd in Südtirol. 2. Aufl. Bozen (BZ): Athesia Verlag.
- Wunder, J.; Nobis, M.; Conedera, M.** (2014): Der Götterbaum – eine Gefahr für den Schweizer Wald? WALD und HOLZ–Zeitschrift für Wald, Waldwirtschaft, Holzmarkt und Holzverwendung (6/2014), S. 40-43.
- Zebisch, M.** (2012): Klimawandel. In: Europäische Akademie Bozen EURAC (Hrsg.): Klimareport Südtirol. Bozen (BZ): Athesia Verlag, 105 S.

7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Darstellung der Individuenzahl pro Hektar und Versuchsfläche. Die Individuenzahl wurde mithilfe des Blow-Up-Faktors hochgerechnet.....	38
Tabelle 2: Darstellung der Baumartenanzahl aller 8 Versuchsflächen	39
Tabelle 3: Darstellung der Verjüngungsart in Prozent. Angeführt sind alle Baumarten, welche bei den Aufnahmen erhoben wurden.....	41
Tabelle 4: In dieser Tabelle wird der Wildverbiss aller erhobenen Bäume in Prozent dargestellt.....	42
Tabelle 5: Wildverbiss auf den 8 Versuchsflächen, abgebildet in Prozent von Elsbeere, Flaumeiche, Götterbaum, Hasel, Hopfenbuche, Winterlinde, Mannaesche, Mehlsbeere, Robinie, Rotbuche, Walnuss sowie des gesamten Wildverbisses pro Versuchsfläche.....	42
Tabelle 6: Darstellung der Dichte und des Götterbaumanteiles in Prozent, aufgeteilt auf die acht Versuchsflächen.....	43
Tabelle 7: Aufteilung der Individuenzahl auf die 8 Versuchsflächen in Prozent. Der Götterbaumanteil in Prozent bezieht sich auf die Baumartenverteilung pro Versuchsfläche.....	44
Tabelle 8: Darstellung der mittleren Höhe pro Streifen von Götterbaum (GB), Hopfenbuche (HB) und Mannaesche (ME) in cm, aufgeteilt auf die acht Versuchsflächen.....	45
Tabelle 9: Darstellung des mittleren Durchmessers pro Streifen von Götterbaum (GB), Hopfenbuche (HB) und Mannaesche (ME) in mm, aufgeteilt auf die acht Versuchsflächen.....	47
Tabelle 10: Baumarten- und Individuenzahl, getrennt nach den drei Altersstufen, welche für die Höhenanalyse verwendet wurden.....	49
Tabelle 11: Baumarten- und Individuenzahl, getrennt nach den drei Altersstufen, welche für die Durchmesseranalyse verwendet wurden.....	52
Tabelle 12: Baumarten- und Individuenzahl, getrennt nach den drei Altersstufen, welche für die Analyse des Endtriebes verwendet wurden.....	55
Tabelle 13: Baumarten- und Individuenzahl, getrennt nach den drei Altersstufen, welche für die Analyse des zweijährigen Triebes verwendet wurden.....	58
Tabelle 14: :Baumarten- und Individuenzahl, unterteilt in die drei Gruppen, welche für die Analyse verwendet wurden.....	72

Tabelle 15: Baumarten- und Individuenzahl, unterteilt in die drei Gruppen, welche für die Analyse verwendet wurden.....	73
Tabelle 16: Darstellung von Maximalhöhe (in Metern) und Lebenserwartung (in Jahren) der Nebenbaumarten (Quelle: Hecker, 2001; * Maier, 1994)	85

7.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht über die aktuelle Verbreitung des Götterbaumes in Südtirol (Quelle: www.FloraFauna.it)	2
Abbildung 2: Im Vordergrund ist zu erkennen, dass die Bestände auf Moränenmaterial und Hangschutt stocken. Dahinter ragen die steilen Felswände des Mendelzuges empor. (Quelle: Eigenes Foto)	17
Abbildung 3: Optimaler Standort zur Anlage einer Versuchsfläche im Südtiroler Unterland. Die im Foto sichtbare Fläche weist die erforderliche Mindestgröße sowie eine hohe Zahl von Götterbäumen auf. (Quelle: Eigenes Foto).....	23
Abbildung 4: Lage der Versuchsflächen (Quelle: Eigenbearbeitung in ArcGIS)	25
Abbildung 5: Skizze des Versuchsflächenaufbaues	32
Abbildung 6: Auf dem ersten Foto (v.l.n.r.) ist die Bestimmung der Richtung mithilfe des Wyssenkompasses zu sehen, auf dem zweiten Foto ist das Abstecken mithilfe des Rollmeters abgebildet und beim dritten Foto sind die in die Erde geschlagenen und rot markierten Pflöcke zu sehen. (Quelle: Eigene Bilder)	33
Abbildung 7: Im ersten Foto (v.l.n.r.) erfolgt das Abstecken der Fluchtstäbe, zur Bestimmung der Richtung wird der Wyssenkompas verwendet, für Entfernungsmessungen das Rollmeter. Im zweiten Bild wird der eingeschlagene Pflöck mit blauem Farbspray markiert. (Quelle: Eigene Fotos).....	34
Abbildung 8: Nach dem Ende der Messungen markierte Individuen, um Verwechslungen zu vermeiden. (Quelle: Eigenes Foto)	34
Abbildung 9: Bekämpfungsmaßnahme Götterbaum (roter Pfeil) und Förderung des Stockausschlages (gelber Pfeil) (Quelle: Eigenes Foto).....	36
Abbildung 10: Individuenzahl der einzelnen Versuchsflächen pro Hektar, aufgeteilt auf die darauf erhobenen Baumarten. Die Individuenzahl wurde mithilfe des Blow-Up-Faktors hochgerechnet.	39
Abbildung 11: Darstellung der Baumartenverteilung innerhalb der einzelnen Versuchsflächen in Prozent	40
Abbildung 12: Darstellung der Höhe in cm, aufgeteilt auf die drei Altersstufen ($p=0,01$). Analysiert wurden Götterbaum, Hopfenbuche, Mannaesche, Mehlbeere, Winterlinde, Hasel, Elsbeere, Flaumeiche, Walnuss und Robinie.	51
Abbildung 13: Darstellung des Durchmessers in mm (Kluppschwelle 10mm), aufgeteilt auf die drei Altersstufen ($p<0,01$). Analysiert wurden Götterbaum,	

Hopfenbuche, Mannaesche, Mehlbeere, Winterlinde, Hasel, Elsbeere, Flaumeiche, Walnuss und Robinie.....	54
Abbildung 14: Endtrieb in cm, aufgeteilt auf die drei Altersstufen ($p < 0,01$). Analysiert wurden Götterbaum, Hopfenbuche, Mannaesche, Mehlbeere, Winterlinde, Hasel, Elsbeere, Flaumeiche, Walnuss und Robinie.	57
Abbildung 15: Darstellung des zweijährigen Triebes in cm, aufgeteilt auf die drei Altersstufen ($p < 0,01$). Analysiert wurden Götterbaum, Hopfenbuche, Mannaesche, Mehlbeere, Winterlinde, Hasel, Elsbeere, Flaumeiche, Walnuss und Robinie.	60
Abbildung 16: Darstellung der Endtrieblänge in cm, aufgeteilt auf die Anzahl der ausgebildeten Triebe ($p = 0,242$). Als Datengrundlage dienten die Götterbäume der Versuchsfläche Nr.4.	62
Abbildung 17: In dieser Darstellung sind die nach der Bekämpfungsmaßnahme ausgebildeten Triebe und deren Trieblänge in cm abgebildet ($p < 0,01$). Als Datengrundlage dienten die bekämpften Götterbäume der Versuchsfläche Nr. 4....	64
Abbildung 18: Darstellung der Endtrieblänge in cm ($p < 0,01$; $r = 0,203$), getrennt nach bekämpften und nicht bekämpften Götterbäumen. Für die Erstellung der beiden Boxplots wurden die Götterbäume der Versuchsflächen Nr.3, Nr.4 und Nr. 7 verwendet.	66
Abbildung 19: Beziehung zwischen der Baumhöhe und dem Baumdurchmesser von Götterbaum, Hopfenbuche und Mannaesche, welche sich in der Altersstufe 1 befanden.....	67
Abbildung 20: Beziehung zwischen der Baumhöhe und dem Baumdurchmesser von Götterbaum, Hopfenbuche und Mannaesche, welche sich in der Altersstufe 2 befanden.....	69
Abbildung 21: Beziehung zwischen der Baumhöhe und dem Baumdurchmesser von Götterbaum, Hopfenbuche und Mannaesche, welche sich in der Altersstufe 3 befanden.....	70
Abbildung 22: Darstellung der mittleren Höhen in cm, aufgeteilt auf die 8 Versuchsflächen ($p < 0,01$). Als Datengrundlage dienten alle Hopfenbuchen und Mannaeschen, sowie die Götterbäume, welche im Frühjahr 2016 nicht bekämpft wurden.....	72
Abbildung 23: Darstellung der mittleren Durchmesser in mm, aufgeteilt auf die 8 Versuchsflächen ($p < 0,01$). Als Datengrundlage dienten alle Götterbäume, Hopfenbuchen und Mannaeschen.....	74

Abbildung 24: Stark verbissene Stockausschläge bei der Flaumeiche (Quelle: eigenes Foto).....	79
Abbildung 25: Einen Monat nach der Bekämpfung hat der Götterbaum wieder ausgeschlagen (Quelle eigenes Foto)	88