

**Waldbauliche Analyse der Küstentanne
(*Abies grandis (Douglas ex D. Don) Lindl.*)
im Mühlviertel**

Diplomarbeit

von

Simon Etzelstorfer, BSc

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



Betreuer: Hubert Hasenauer, Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn.

Eingereicht am:

Institut für Waldbau

Department für Wald- und Bodenwissenschaften

Vorstand: Hubert Hasenauer, Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn.

Universität für Bodenkultur Wien

Wien, Juli 2016

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich all jenen danken, die zum Gelingen dieser Diplomarbeit beigetragen haben!

Großer Dank gebührt den Eigentümern des Forstgutes Moosböckhof, Frau Ingrid und Herrn Wolfgang Kastler, in dessen Besitz sich auch der untersuchte Küstentannenbestand befindet. Sie unterstützen mich bei den Untersuchungen des stehenden Bestandes mit den notwendigen Gerätschaften [Motorsäge samt Benzin und Öl, Zapfen, Keile etc.] und stellten zusätzlich 10 Küstentannenstämme [jeweilige Oberhöhenstämme auf den 10 Plots], die zur Erstellung einer Oberhöhenkurve notwendig waren, unentgeltlich zu Verfügung. Darüber hinaus möchte ich ihren aktiven Einsatz, der wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen hat, hervorheben.

Neben den Eigentümern möchte ich der exzellenten Betreuung durch Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn., Leiter des Instituts für Waldbau Hubert Hasenauer, Ausdruck verleihen. Weiterer Dank gebührt dem Co-Betreuer Dipl.-Ing. Dr. Christopher Thurnher, der mich bei der Parametrisierung der Pollanschützformel mittels dem Statistikprogramm R maßgeblich unterstützt hat.

Für die Unterstützung bei den Aufnahmen bedanke ich mich bei meinem Vater Mag. Fritz Etzelstorfer, bei meiner Verlobten Theresa Hinterplattner, BA, sowie bei meinem Schwiegervater Dipl.-Ing. Johann Hinterplattner.

(Ort, Datum)

(Unterschrift)

Vorwort

Als ich den mittlerweile untersuchten Küstentannenbestand im Jahre 2010 das erste Mal sah, wurde mir schnell klar, dass dieser Bestand im Vergleich zu den ihn umgebenden Fichten- und Buchenbeständen herausragend in puncto Bestandesoberhöhe und Hektarvolumen sein muss. Beeindruckt durch die für mich zuvor noch nicht gesehene Wuchsleistung ging mir der Küstentannenbestand vom Forstgut Moosböckhof aus St. Nikola an der Donau [Oberösterreich] nicht mehr aus dem Kopf, worauf ich mir während meines Forstwirtschaftsstudium an der Universität für Bodenkultur überlegte, die Diplomarbeit über diesen Bestand und die Küstentanne im Allgemeinen zu schreiben.

Mein besonderes Interesse an fremdländischen Baumarten und deren Wuchsleistungen führten dazu, dass ich mehrere Privatausflüge zu Neophytenbestände machte. Besonders interessant waren dabei der Douglasienbestand des Domkapitels in St. Thomas am Blasenstein, im Revier Klingenberg mit über 55 m hohen Einzelbäumen, der etwa 100 jährige Douglasienbestand des Forstbetriebs Stift Schlägl im Herzen des Skigebietes Hochficht, der auf knapp 1000 m Seehöhe stockt, ein hervorragendes Wachstum an den Tag legt und zusätzlich reichlich Naturverjüngung aufweist, sowie ein Sitka-Fichtenbestand am Forstbetrieb Riedlhammer [Gutau bei Freistadt] und Küstentannenbestände am Forstbetrieb Poschacher in Perg und im Forstbetrieb des Stiftes St. Florian. Motiviert durch die teilweise enormen Wuchsleistungen legte ich im Jahre 2012 einen 0,4 ha großen Douglasienwuchsversuch mit der Herkunft SZ 403 -10/15 an. 2013 folgte die Anlage eines 1ha großen Baumhaselversuch der aufgrund des kläglichen Scheiterns [Trockenheit, Pilzinfektionen als Folge von Rindenverletzungen durch Mäuse im Folgejahr] 2015 neu begründet werden musste und aufgrund der großen Zuwächse des Douglasienversuches ebenfalls mit selbiger Baumart und Herkunft erfolgte.

Nachdem ich mein Bachelorstudium 2015 abgeschlossen hatte, konnte ich nach Rücksprache mit den Eigentümern Ingrid und Wolfgang Kastler und der Zusage meines Betreuers Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Hubert Hasenauer endlich damit beginnen, meine Forschungsfragen zum betreffenden Bestand zu beantworten. So kam es, dass ich fünf Jahre nachdem ich in den Bestand das erste Mal betrat, im September 2015 mit den Erhebungen für diese Diplomarbeit beginnen konnte.

Zusammenfassung

Waldbauliche Beurteilung der Küstentanne (*Abies grandis*) im Mühlviertel

Durch die sich abzeichnende Klimaveränderung und der damit verbundenen Probleme mit dem Brotbaum, der Fichte [*Picea abies*], rücken fremdländische Baumarten immer mehr in den Fokus vieler Waldeigentümer. Besonders in den tieferen Lagen des Mühlviertels zeichnen sich unter den aktuellen klimatischen Bedingungen massive Probleme ab. Aufgrund dieser Ausgangslage ist die Suche nach alternativen Baumarten, die hinsichtlich ihrer Wuchs-, aber auch Wertleistung, entsprechende Potentiale aufweisen, eine unumgängliche Thematik, um auch in Zukunft entsprechend ertragreiche Bestände begründen zu können. Beachtung muss beim Anbau fremdländischer Baumart etwaigen Risiken wie der Invasivität, den abiotischen sowie den biotischen Schadfaktoren geschenkt werden. Mit der vorliegenden Arbeit wurde eine waldbauliche Analyse der Küstentanne [*Abies grandis*] im Mühlviertel auf Basis einer ertragskundlichen Bestandsuntersuchung durchgeführt. Die ertragskundlichen Auswertungen wurden an einem 1,96 ha großen und 25 Jahre alten Küstentannenbestand in St. Nikola an der Donau durchgeführt. Ziel der Aufnahmen war es, Vergleichswerte zu bekommen, um diese mit den Ergebnissen anderer Studien zu vergleichen. Bezogen auf die Massenleistung kann mit der vorliegenden Untersuchung die extreme Leistungsfähigkeit der Küstentanne unterstrichen werden. Mit einem Bestandesvorrat von 476 Vfm_S im Alter von 25 Jahren unterstreicht das Ergebnis des Untersuchungsbestandes entsprechende Literaturangaben. Wesentlich für die Ertragsfähigkeit einer Baumart ist neben der Wuchsleistung auch deren Vermarktungsmöglichkeiten am Holzmarkt. Unterschiede hinsichtlich der erzielten Holzpreise zeigen ein heterogenes Bild der Küstentanne am Holzmarkt. Ausschlaggebend scheinen dafür nicht vorhandene, auf Küstentanne spezialisierte, Holzverarbeitungsbetriebe aufgrund der geringen Mengen an anfallendem Holz in Österreich zu sein. Hinsichtlich der Anfälligkeit gegenüber abiotischen Schadfaktoren ist auf die fehlende Toleranz gegenüber extremer Sommertrockenheit bei gleichzeitig geringer Wasserverfügbarkeit im Boden zu verweisen. Gegenüber biotischen Schadfaktoren weist die Küstentanne ein erhöhtes Befallsrisiko von Hallimasch [*Armillaria mellea*] und Wurzelschwamm [*Heterobasidion annosus*] auf. Die für eine umfassende waldbauliche Empfehlung über eine fremdländische Baumart notwendige Betrachtung der Invasivität zeigt für die Küstentanne kein Risiko. Abschließend kann über den Küstentannenbau im Mühlviertel gefolgert werden, dass unter Berücksichtigung der klimatischen Ansprüche ein großes Potential vorherrscht. Vor allem in Lagen zwischen 350 m und 900 m Seehöhe scheint bei einer zu erwartenden Klimaveränderung der Küstentannenbau eine interessante Alternative zur Pflanzung heimischer Baumarten darzustellen. In Lagen unter 350 m Seehöhe, sollte die Pflanzung nur an mäßig frischen bis sehr frischen Standorten erfolgen, um Trockenschäden zu vermeiden.

Schlagwörter: Küstentanne, *Abies grandis*, Wuchsleistung, Anbau;

Abstract

Silvicultural Evaluation of Grand fir (*Abies grandis*) in Mühlviertel, Upper Austria

Caused by climate change and the so associated problems with spruce [*Picea abies*] outlandish tree species are a well discussed topic in the region of Mühlviertel in Upper Austria. Especially in lower elevations in Mühlviertel spruce stands have massive problems with the current climatic conditions and the so associated bark beetle gradations. Due to this fact fast growing and economical important tree species such as grand fir [*Abies grandis*], are an alternative to our native tree species. This Silvicultural evaluation summarizes the growing performance, the wood market, the abiotic and biotic agents as well as the invasive capacity of Grand fir in Mühlviertel.

In this study we assess the forest growth of a 1,96-hectar Grand fir stand located in St. Nikola an der Donau. 10 plots with a size of 225 m²/plot were installed to assess the growth performance of Grand fir to other stands in the region. The result shows a stand volume of 476 m³/ha at the age of 25 years. Beside the growth potential the market opportunities of Grand fir timber are of interest. Due to the minor importance of Grand fir timber on the Austrian timber market there is no processing industry specified on Grand fir. As a consequence the achieved prices for Grand fir timber vary greatly, depending on local processing and application possibilities.

The cultivation of Grand fir implies a high probability of occurrence of abiotic and biotic agents. These agents can lead to massive losses due to reduced growth, decreased timber quality and mortality. Concerning the abiotic factors summer drought in combination with dramatically reduced water availability in the soil leads to stem cracks and mortality. Biotic agents like the honey fungus [*Armillaria mellea*] or *Heterobasidion annosus* have dramatic impacts on the health of Grand fir stands and timber quality. Damage caused by game in youth stands is not as relevant as it is at the native *Abies alba*. Beside the abiotic and biotic factors environmental consequences have to be taken into consideration to give a silvicultural cultivation recommendation. Comprehensive knowledge about Grand fir cultivation in middle Europe shows no potential of invasiveness.

Taking into account the climatic needs of Grand fir, the cultivation in region of Mühlviertel provides the opportunity to cultivate a species with above-average growth by comparison to other tree species. Especially at altitudes between 350 m and 900 m the cultivation of Grand fir should be possible with carrying a low risk even with an expected climate change. At sea levels under 350 m Grand fir should only be planted on very well water supplied soils.

Key words: Grand fir, *Abies grandis*, Growth potential, Cultivation;

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Allgemeines zur Riesentanne	11
2.1	Systematik	11
2.2	Verbreitung	11
2.2.1	Variationen	12
2.2.2	Herkünfte	12
2.3	Ökologie	13
2.3.1	Habitus	13
2.3.2	Wurzelsystem	14
2.3.3	Klimatische Ansprüche	14
2.3.4	Ansprüche an Boden	15
2.4	Waldtypen	16
2.4.1	Küstentanne in natürlicher Waldgesellschaft	16
2.5	Gefährdung	17
2.5.1	Abiotische Schadfaktoren	17
	Frost	17
	Feuer	17
	Sturm	17
	Trockenheit	18
	Schneebruch	18
2.5.2	Biotische Schadfaktoren	18
	Pilzkrankungen	18
	Schalenwild	19
	Insekten	20
2.6	Holzqualität	20
2.7	Invasivität	21
3	Untersuchungsbestand	23
3.1	Lage des Bestandes	23
3.2	Klimatische Bedingungen	25
3.3	Bodeneigenschaften	25
3.3.1	Geologie	25
3.3.2	Bodentyp	27
	Gründigkeit	27
	Humusform	28
	Mineralbodenhorizonte	28
3.4	Beschreibung der potentiell natürlichen Waldgesellschaft	28

4	Ertragskundliche Erhebung	30
4.1	Verteilung der Probeflächen	30
4.2	Methoden & Aufnahmeparameter	31
	Vollaufnahme	31
	Zuwachsbohrung	31
	Oberhöhenentwicklung	31
	Formzahl	31
4.3	Durchführung	31
	4.3.1 Vorbereitung der Plots	31
	4.3.2 Aufnahmen	32
	4.3.3 Auswertungen	32
5	Ertragskundliche Auswertung	33
5.1	Lorey'sche Mittelhöhe und Oberhöhen	33
5.2	Höhenkurven	34
5.3	Die Schaffform	34
	Das Formzahlkonzept	35
	Schaffholzformzahlfunktion nach Pollanschütz	35
5.4	Bestandeszuwachs	35
	Durchschnittlicher Zuwachs	35
	Volumszuwachs	35
6	Ergebnisse	37
6.1	Baumartenanteile	37
6.2	Bestandesvorrat	38
	Volumsverteilung nach BHD	38
6.3	Stammzahl/Stammzahlverteilung	39
6.4	Bestandeszuwachs	41
	Durchschnittlicher Gesamtzuwachs	41
	5-jähriger Bestandeszuwachs	41
	10-jähriger Zuwachs	42
6.5	Mittel- und Oberhöhenstämme	42
6.6	Höhenkurven	43
	Höhenkurve Typ I	43
	Höhenkurve Typ II	44
6.7	Die Schaffform	45
	6.7.1 Bestandesformzahl	45
	6.7.2 Parametrisierte Schaffholzformzahlfunktion nach Pollanschütz	46
6.8	Bestandesoberhöhenentwicklung	48

7	Diskussion	50
7.1	Ertragskundliche Diskussion des Erhebungsbestandes	50
	Baumartenverteilung	50
	Vorrat und Zuwachs	51
	Einschätzung der Wuchsleistung der Küstentanne im Wuchsgebiet 9.1 Mühlviertel	54
7.2	Abschätzung der Wertleistung von Küstentannenholz	54
7.3	Invasivität der Küstentanne	56
7.4	Beurteilung der Potentiale/Risiken hinsichtlich des Klimawandels	56
8	Conclusio	58
9	Formelverzeichnis	59
10	Tabellenverzeichnis	60
11	Literaturverzeichnis	61
12	Abbildungsverzeichnis	65
13	Anhang	i
13.1	Bodenproben	i

1 Einleitung

Neophyten wie die Douglasie [*Pseudotsuga menziesii*], die Küstentanne [*Abies grandis*], die Robinie [*Robinia pseudoacacia*], die Roteiche [*Quercus rubra*] oder auch die Strobe [*Pinus strobus*] erreichen häufig Spitzenleistung hinsichtlich forstökonomischer sowie ertragskundlicher Parameter und finden daher immer häufiger Verwendung als Pflanzmaterial zur Bestandesbegründung in mitteleuropäischen Wirtschaftswäldern. Österreich kann auf eine ganze Reihe an Versuchsanbauten verschiedener forstlich relevanter Neophyten zurückblicken. Besonders erwähnenswert sind in diesem Zusammenhang Anbauversuche der Douglasie von der k.k. Forstlichen Versuchsanstalt zum Ende des 19. Jahrhunderts in der gesamten Habsburgischen Monarchie (Kristöfel, 2008) und Aufforstung mit Robinien im selben Zeitraum im pannonischen Raum der Monarchie zum Schutz vor Winderosion. Einige Jahrzehnte später begann man in Österreich Bestände mit Stroben zu begründen. Viele der um 1960 begründeten Bestände vielen dem Stroben-Blasenrost [*Cronartium ribicola*] zum Opfer und verdeutlichten, dass der Anbau von fremdländischen Baumarten ein erhebliches Risiko mit sich bringt. Roteichen und Küstentannen wurden hingegen nur selten aus forstlichen Gründen angepflanzt und fanden ihre Verwendung vorwiegend als Parkbäume. Einzelne Untersuchungen zeugten aber von ihrem hervorragenden Wuchsverhalten (Beuschl, 1968; Rohmeder, 1953). Diesen Ergebnissen folgten vermehrte Bestandesbegründungen sowie zahlreiche waldbauliche Versuchsanordnungen, die zu hochinteressanten Ergebnissen führten (Seidel & Kenk, 2003; Lockow & Lockow, 2007; Liesebach et al., 2008).

Häufiger auftretende Sturmereignisse, Niederschlagsdefizite und Hitzeperioden gepaart mit Insektengradationen führen bereits jetzt zu massiven Problemen mit der Brotbaumart, der Fichte [*Picea abies*] in tiefen bis mittleren Lagen des Mühlviertels (Jasser, 2012; OÖN, 2016). Als forstliche Antwort auf Kalamitäten in großteils sekundären Fichtenmonokulturen, nennt Hochbichler (2016) die Pflanzung zusätzlicher Baumarten. Diese führt zu einer Risikospreitung welche das Auftreten von Kalamitäten in Intensität und Frequenz dämpfen (Hochbichler, 2016). Neben den heimischen Laubhölzern gelten ausgewählte Neophyten [Douglasie, Küstentanne, Roteiche etc.] als geeignet für die Einbringung unter Berücksichtigung von abiotischen und biotischen Schadfaktoren im Mühlviertel (Jasser & Diwold, 2011). Jasser und Diwold (2011) beschreiben in diesem Zusammenhang das sehr hohe Zuwachspotential der Küstentanne im Mühlviertel, verweisen aber auf die notwendigen Überlegungen bezüglich der minderen Holzqualität, der schlechten Holzpreise und der Anfälligkeit gegenüber Pilzpathogenen.

Entscheidend für den Inhalt dieser Arbeit ist der Terminus „waldbauliche Beurteilung“. Unter Waldbau versteht man prinzipiell die zielgerichtete Entwicklung von Einzelbäumen bzw. Beständen im Spannungsfeld zwischen ökologischer Nachhaltigkeit, ökonomischer Notwendigkeit und sozialer Verträglichkeit. Abgeleitet heißt dies, dass es sich bei einer waldbaulichen Beurteilung um eine interdisziplinäre Untersuchung handelt, die umfassendes Wissen verschiedenster Bereiche voraussetzt und multifunktionale

Prozesse auf den kleinsten Nenner, die Bestandsbehandlung herunterbricht. Das Ergebnis stellt daher eine umfassende Betrachtung, kritische Diskussion und zukunftsbezogene Abschätzung hinsichtlich folgender Themen dar:

- Wuchsleistung

Dieser Arbeit zugrunde gelegt ist eine ertragskundliche Auswertung eines 25 jährigen Küstentannenbestandes im unteren Mühlviertel, anhand dessen - sowie weiterführender Literatur - die Potentiale der Wuchsleistung für das Wuchsgebiet 9.1 Mühlviertel abgeleitet werden.

- Wertleistung

Neben der Wuchsleistung ist bei bekannten Klima- und Bodeneigenschaften die Wertleistung der entscheidende Faktor für die Anbauwürdigkeit einer Baumart. Ziel ist die Abschätzung der Ertragsmöglichkeiten bezogen auf die Holzerzeugung der Baumart Küstentanne. Viel diskutierten Themen wie die Absatzmöglichkeit, der erzielbare Preis, die Holzqualität oder die Schädigungen durch pathogene Pilze wie Hallimasch [*Amillaria sp.*] oder Wurzelschwamm [*Heterobasidion annosum*] soll dabei Beachtung geschenkt werden.

- Invasivität der Küstentanne

Da es sich bei der Küstentanne um eine gebietsfremde Baumart handelt, ist es für eine waldbauliche Beurteilung unerlässlich, die Invasivität einer Art anhand ausgewählter Literatur zu beschreiben. Ein Plausibilitätsabgleich mit den standörtlichen Gegebenheiten soll das konkrete ausgewiesene Risiko für das Mühlviertels verdeutlichen.

- Beurteilung der Potentiale/Risiken hinsichtlich des Klimawandels

Anhand einer Feststellung der klimatischen Ansprüche wird die Abschätzung der Eignung der Küstentanne bezogen auf die prognostizierte Klimaerwärmung im Wuchsgebiet 9.1 Mühlviertel erfolgen. Ziel ist es, über die grundlegende Eignung der Küstentanne Auskunft geben zu können.

2 Allgemeines zur Riesentanne

2.1 Systematik

Familie:	Pinaceae [Kieferngewächse]
Unterfamilie:	Abietoideae [Tannenähnliche]
Gattung:	Abies Mill. [Tanne]
Art:	Abies grandis (Douglas ex D. Don) Lindl. - Grand fir, Große, Küstentanne, Riesentanne

2.2 Verbreitung

Das natürliche Verbreitungsgebiet der Riesentanne [*Abies grandis*, engl. Grand fir] teilt sich in zwei voneinander getrennte Areale.



Abb. 1, Natürliches Verbreitungsgebiet der Riesentanne nach Little (1971) [Quelle: databasin]

Entlang der Westküste erstreckt sich das Areal von Vancouver im Süden Kanadas über die US-Bundesstaaten Washington, Oregon bis hinunter nach Kalifornien. In diesem Areal kommt die Küstentanne von Meereshöhe bis etwa 900m Seehöhe vor. Getrennt davon gibt es ein kontinentales Verbreitungsgebiet östlich der nordamerikanisch-kontinentalen Wasserscheide in den Bundesstaaten British-Kolumbien [Kanada] sowie den US-Bundesstaaten Idaho, Montana und Oregon in dem die Küstentanne in Seehöhen über 900m vorkommt.

2.2.1 Variationen

Innerhalb ihres Verbreitungsgebietes kommt die Küstentanne in zwei Varietäten vor, einer grünen Küstenform [*Abies grandis* var. *Grandis*] und einer grauen Inlandsform, die Silba (1990) als *Abies grandis* var. *idahoensis* Silba beschrieb. Unterschiede zwischen den beiden Varietäten gibt es hinsichtlich ihrer Physiologie sowie ihren ökologischen Ansprüchen. Charakteristisch für die Inlandsform sind kleinere Zapfen, stärker gedrehte Blattstiel sowie unter anderem auch vertikale angeordnete Nadeln. Im Gegensatz zur Küstenform kommt die Inlandsform größtenteils auf Seehöhen über 900m vor und erreicht ihre Höhengrenze auf 1800m. Angepasst an diese Höhen erträgt sie Temperaturen unter -40°C (Little, 1971). Trotz der Unterschiede der beiden Variationen, muss aufgrund der fehlenden genetischen Differenz angemerkt werden, dass die Unterscheidung zweier Varietäten nicht überall anerkannt wird (Coward, 1977).

Als weitere Variation tritt die Küstentanne, wenn auch nur selten als Hybrid mit *Abies concolor* [Kolorado-Tanne] sowie *Abies lasiocarpa* [Felsengebirgs-Tanne] auf (Coward, 1977). Burns et al. (1990) gehen indes davon aus, dass in Gebieten in denen mehrere Tannenarten vorkommen eine optische Unterscheidung zwischen Küstentannen und Hybriden mit anderen Tannenarten aufgrund der phänologischen Ähnlichkeit nur schwer möglich und nur durch Genanalysen gesichert gesagt werden kann. Gebiete in denen Hybride zu erwarten wären, sind laut Burns et al. (1990) die Klamath Mountains vom Norden Kaliforniens über den Südwesten Oregons bis in den Nordosten Oregons und den Westen Idahos.

2.2.2 Herkünfte

In Anlehnung an die Meinung von Prof. Geburek, der im Rahmen der Lehrveranstaltung Waldgenetik und Biodiversität an der Universität für Bodenkultur im Jahr 2013 meinte, dass für Österreich mit großer Wahrscheinlichkeit Küstenherkünfte aus der Bucht von Vancouver aufgrund der klimatischen Ähnlichkeit zu Österreich die vielversprechendsten Küstentannenherkünfte sind, werden in diesem Absatz ausschließlich Herkünfte aus dem besagten Gebiet [U.S. Bundesstaat Washington und Kanadischer Bundesstaat British Columbia] besprochen. Als Begründung nannte Prof. Geburek erfolgreiche Wuchsversuche mit *Pseudotsuga menziesii* aus dem selbigen Gebiet, die Inlandsherkünften bzw. weiter südlich gelegenen Herkünften im Bundesstaat Oregon deutlich überlegen waren. Scholz & Stephen (1982), König (1995) sowie Krejzek et al. (2015) unterstützen diese Einschätzung, weisen aber darauf hin, dass es sehr wohl Oregon-Herkünfte mit überdurchschnittlichen Wuchsraten gibt. Bei diesen südlicher gelegenen Herkünften treten aber häufig Probleme bei der Kultivierung in nördlicheren Regionen auf. Krejzek et al. (2015) weist in diesem Zusammenhang auf die hohen Ausfallprozentage der Oregonherkünfte hin, die ihm bei der Auswertung seiner Studie auffielen.

Die höchsten Durchschnittsvolumina bezogen auf das Herkunftsgebiet fanden Krejzek et al. (2015) mit +37% gegenüber dem Durchschnitt aller Herkünfte bei den aus der

Küstenregion Washingtons vor. Der von Krejzek et al. ausgewertete Versuch wurde 1980 in Volduchy [Tschechien] nahe Pilsen auf 450 bis 460m Seehöhe angelegt und weist einen Jahresniederschlag von 600-650mm sowie eine Jahresmitteltemperatur von 7C° auf. Die Ergebnisse dieses Versuches haben aufgrund der guten Vergleichbarkeit mit Standorten im Mühl- und Waldviertel besondere Bedeutung. Ein interessanter Fakt, der bei Versuchsanbauten immer wieder zum Vorschein kommt, ist die Tatsache, dass Herkünfte aus Beständen niedrigerer Seehöhe besser wachsen als solche höherer. Dies konnten Krejzek et al. (2015) ebenso wie Scholz & Stephen (1982) bestätigen.

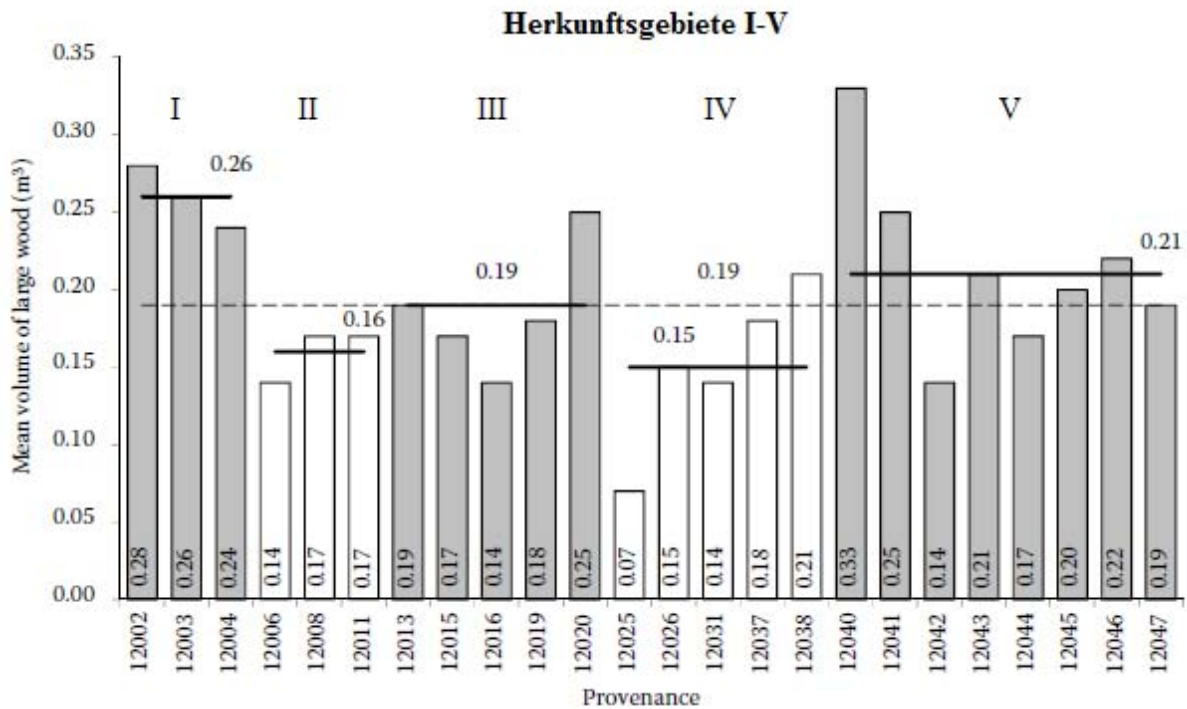


Abb. 2, Durchschnittliches Baumvolumen verschiedener Herkünfte aus Krejzek et al. (2015)
 [I. Washington coast, II. Washington cascades, III. Oregon cascades,
 IV. Idaho & Montana, V. Vancouver]

2.3 Ökologie

2.3.1 Habitus

Die Küstentanne ist ein immergrüner Nadelbaum mit tiefgrünen Nadeln und einer konischen Krone, die mit zunehmendem Alter zylindrisch wird. Mit Wuchshöhen von 40-70m erreichen Küstentannen zwar beachtliche Größen, in ihrem Verbreitungsgebiet kommen aber Baumarten vor, die diese nochmals in den Schatten stellen [zb.: *Pseudotsuga menziesii*]. Küstentannen können einen Stammdurchmesser von rund 1,5m erreichen. Ihre Nadeln sind mit 3-6cm relativ lang, weisen eine Breite von 2mm und eine Stärke von ca. 0,5mm auf. Die Anordnung der Nadeln ist spiralförmig am Trieb, wobei alle Nadeln gedrehte Blattstiele aufweisen und so horizontal in zwei Reihen am Trieb

angeordnet scheinen. Typisch für die Küstentanne ist, dass die obere Nadelreihe um 0,5-1cm kürzere Nadeln als die untere Reihe aufweist. Auf der Unterseite der Nadeln befinden sich zwei weiße Stomatareihen. Als monözische Baumart besitzen mannbare Individuen sowohl weibliche als auch männliche Blüten. Aus den zwischen Ende März und Anfang Juni durch Wind bestäubten weiblichen Blüten, reifen 5-12cm lange und ca. 4-5cm breite Zylindrische Zapfen heran, die aufrecht an den Ästen stehen (Foiles et al., 1965).

2.3.2 Wurzelsystem

Die Küstentanne bildet ein Herzwurzelsystem mit einer anfänglichen Pfahlwurzel aus. Im Vergleich mit den Tiefwurzlern *Pseudotsuga menziesii*, *Pinus ponderosa* und *Pinus contorta* bzw. den Flachwurzlern *Tsuga heterophylla*, *Thuja gigantea* und *Picea engelmannii* handelt es sich bei der Küstentanne um ein intermediäres Wurzelsystem (Foiles et al., 1965). Ein wesentlicher Faktor für die Verbreitung auf sehr frischen sowie auf sehr trockenen Standorten ist die Anpassungsfähigkeit des Wurzelsystems an die jeweiligen Gegebenheiten. Auf trockenen Standorten ist die Pfahlwurzel stark ausgeprägt, auf sehr feuchten Standorten bildet sie hingegen ein sehr seichtes Flachwurzelsystem.

2.3.3 Klimatische Ansprüche

Das Verbreitungsgebiet der Küstentanne umfasst Gebiete mit sehr unterschiedlichen klimatischen Bedingungen. Der durchschnittliche Jahresniederschlag variiert zwischen 360mm in den Blue Mountains von Ost-Oregon und 2820mm auf Vancouver Island. Im nördlichen Idaho, in dem Gebiet, in dem sich die größten zusammenhängenden Bestände befinden, beläuft sich die Jahresniederschlagssumme auf 510 bis 1270mm. Der Großteil der Niederschläge sind Winterschläge, häufig in Form von Schnee. Mit durchschnittlich nur 15-25% des Gesamtniederschlags in der Wachstumsperiode [Mai-August] zeigt die Küstentanne, dass sie hervorragend an Niederschlagsdefizite in den Sommermonaten angepasst ist (Foiles et al., 1965).

Die Jahresmitteltemperaturen reichen von 6°C bis 10°C mit durchschnittlichen Temperaturen in der Wachstumsperiode von 14°C bis 19°C. Neben den Durchschnittstemperaturen spielt die Anzahl an frostfreien Tagen eine wesentliche Rolle für das Vorkommen vieler Baumarten. Zwar bewegt sich die frostfreie Zeit im Verbreitungsgebiet der Küstentanne zwischen 60 und 250 Tagen, dennoch kommt es immer wieder vor, dass innerhalb der Wachstumsperiode Frostnächte auftreten. Dies kann als Indiz dafür gewertet werden, dass die Küstentanne wenig frostanfällig ist. Der Blick auf das Hauptvorkommen im nördlichen Idaho weist eine durchschnittliche Wachstumsperiode von 100 bis 140 Tagen auf (Foiles et al., 1965).

Ein Vergleich der Klimadaten aus dem Gebiet ihres nordamerikanischen Verbreitungsgebiet mit verschiedenen Mittelwerten aus Österreich zeigt, dass Jahresmitteltemperaturen zwischen 6-10°C in Österreich im Bereich der submontanen bis

montanen Höhenstufe typisch sind. Insofern kann die Küstentanne als Baumart dieser Höhenstufen angesehen werden.

2.3.4 Ansprüche an Boden

Die Ansprüche der Küstentanne an den Boden hinsichtlich der Nährstoffversorgung und der Wasserversorgung sind als mittel bis hoch anzusehen. Eine besondere Bedeutung kommt einer ausreichenden Nährstoffversorgung an Calcium [Ca²⁺] und Magnesium [Mg²⁺] in trockeneren Klimaten zu (Nesom, 2003; Daubenmire, 1966). Je trockener das Klimat, desto wichtiger werden nährstoffreiche Standorte für die Küstentanne, um genügend Konkurrenzskraft gegenüber anderen Baumarten wie *Pseudotsuga menziesii* oder auch *Pinus ponderosa* zu besitzen. Nach Nesom (2003) bevorzugt die Küstentanne Standorte an denen die Humusaufgabe in Form von Moder oder Mull vorliegt. Dies sind auch die Standorte, an denen sie die höchsten Wachstumsleistungen hervorbringt.

		Nährstoffversorgung				
		sehr gering	gering	moderat	gut	sehr gut
Bodenfeuchtigkeit	sehr trocken					
	trocken					
	mäßig trocken					
	mäßig frisch		1	2	3	
	ziemlich frisch					
	frisch					
	sehr frisch					

Abb. 3, Ansprüche an den Nährstoff- und Bodenwasserhaushalt nach Burns et al., (1990)
[1...vereinzelt Vorkommen, 2...Beigemisch, 3...Klimaxbaumart]

Der größte Teil der natürlichen Küstentannenbestände stockt auf Böden, deren Ausgangsgestein Vulkanite sind. Nur kleine Teile der nordamerikanischen Bestände befindet sich auf Sediment- sowie Plutonitgestein (National Geologic Map Database, 2016).

2.4 Waldtypen

Aufgrund der in Nordamerika nicht vorhandenen Ost-West-Barriere konnte im Gegensatz zu Europa, eine viel größere Anzahl an Baumarten die Eiszeiten überleben. Die in Europa von Ost nach West ausgebildeten Alpen verhinderten den glazialen Rückzug verschiedener Baumarten gegen Süden. Dies führte bei vielen Arten zum Aussterben und zu einem Rückgang der Artenvielfalt, der noch heute festzustellen ist. Insofern verwundert es nicht, dass die Waldtypen Nordamerikas, in denen die Küstentanne natürlich vorkommt, deutlich artenreicher sind als ihre klimatisch ähnlichen in Europa.

2.4.1 Küstentanne in natürlicher Waldgesellschaft

Die Küstentanne kommt in 17 Waldgesellschaften im westlichen Nordamerika vor, ist aber nur im Grand Fir Type eine dominierende Baumart (Burns, 1983). Aufgrund der unterschiedlichen Böden, die durch vulkanische Aktivitäten entstanden sind, den klimatischen Unterschieden, der enormen Höhendifferenzen und nicht zuletzt den genetischen Anpassungen im Verbreitungsgebiet ist die Ausbildung des Grand Fir Types äußerst unterschiedlich und kann nicht auf eine Höhenstufe eingeschränkt bzw. Region beschränkt werden. Als Hauptbaumart kommt die Küstentanne zusätzlich in sechs Waldgesellschaften vor: 1.) Western Larch Type, 2.) Western White Pine Type, 3.) Interior Douglas-Fir Type, 4.) Western Hemlock Type, 5.) Western Redcedar Type, 6.) Western Redcedar-Western Hemlock Type; In 10 anderen Waldgesellschaften kommt die Küstentanne nur sporadisch vor. Der Grand Fir Type muss als eine Klimaxgesellschaft angesehen werden, die häufig und in Übergängen mit dem Douglas Fir Type vorkommt. Dieser wird von Douglasie [*Pseudotsuga menziesii*] dominiert und beinhaltet als weitere Hauptbaumarten Küstentanne (*Abies grandis*) und Koloradotanne [*Abies concolor*]. Das Vorkommen der beiden Waldgesellschaften beläuft sich auf ca. 2.4 Millionen Hektar (Burns, 1983). Geprägt wird die Dominanz der Küstentanne durch die Störungsintensität. Als schatttolerante Baumart ist sie den Pionierbaumarten Douglasie [*P. menziesii*], Ponderosa-Kiefer [*Pinus ponderosa*], Küsten-Kiefer [*Pinus contorta*] sowie der Westamerikanischen Lärche [*Larix occidentalis*] bei häufigen Störungen unterlegen und wird entsprechend verdrängt.

In Wirtschaftswäldern, sowie Wäldern mit verändertem Feuerregime, ist der Anteil der Küstentanne in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich angestiegen. Van Pelt (2008) nennt zwei Gründe als Ursache für den Anstieg. Als wichtigster Grund wird der geringe Holzpreis der Küstentanne genannt, der dazu führte, dass selektiv wertvolles Holz anderer Baumarten entnommen und somit der Anteil der Küstentanne erhöht wurde. Dies führte zusätzlich zu massiver Naturverjüngung was wiederum zu einer Zunahme der Küstentanne führte. Der zweite Grund für die Zunahme ist die großflächige Vermeidung von Waldbränden und der damit verbundenen natürlichen Sukzession. Die schatttolerante und feuerempfindliche Küstentanne fand gute Vermehrungsbedingungen vor und konnte sich durch Ausschaltung des Feuerregimes gut entwickeln. So konnte die Küstentanne großflächig Pionierwaldgesellschaften unterwandern.

2.5 Gefährdung

2.5.1 Abiotische Schadfaktoren

Frost

Gegenüber Spätfrösten ist die Anfälligkeit der Küstentanne im Allgemeinen relativ gering, da sie relativ spät austreibt. Bei Herkünften aus dem Süden ihres Verbreitungsgebiets wurde hingegen bei verschiedenen Versuchen beobachtet, dass diese früher austreiben und somit ein höheres Schädigungspotential aufweisen (Schober, 1978; Stratmann, 1991). Foiles et al. (1965) beschreibt die Winterhärte der Küstentanne mit einer Temperatur von $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Für die Küstentanne spielen somit Frostschäden aufgrund von Winterfrösten keine Rolle.

Feuer

Dem Feuerregime muss bei der Betrachtung des natürlichen Verbreitungsgebietes große Beachtung geschenkt werden, ist dieses doch vielfach der limitierende Faktor in ihrer Ausbreitung. Die Küstentanne ist mit ihrer dünnen Rinde und ihrer relativ schatttoleranten und damit weit herabreichenden Krone nicht besonders gut an Feuerregime angepasst, dennoch wird sie von Foiles et al. (1965) als mittelmäßig feuerresistent eingestuft. In ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet kommt sie deshalb nur in Feuerregimen schwacher bis mittlerer Intensität vor. Mit zunehmender Feuerintensität nimmt das Vorkommen von Küstentannen ab und dick-borkige Arten wie *Pinus ponderosa*, *Larix occidentalis* oder *Pseudotsuga menziesii* nehmen dominierende Stellungen in den Waldgesellschaften ein (Burns et al., 1990). Baumarten mit sehr geringer Feuertoleranz wie *Picea engelmannii* oder *Tsuga heterophylla* bilden mit Fokus auf die Feuerökologie das andere Ende des Vorkommens der Küstentanne ab. Anzunehmen ist aber, dass *Picea engelmannii* und *Tsuga heterophylla* nicht aufgrund der Feuerökologie die Küstentanne in ihrer Verbreitung limitieren, sondern aufgrund der besseren Anpassungen an die klimatischen Bedingungen.

Sturm

Die Windwurfgefährdung der Küstentanne ist aufgrund ihres Wurzelsystems mit einer ausgeprägten Pfahlwurzel im Jugendstadium und einem Herzwurzelsystem im Alter als relativ gering anzusehen. Pseudovergleyte Böden können jedoch zu relativ seichten Wurzelsystem und damit zu Windwurf führen. Zu beachten ist bei der Pflanzung von Küstentannen in diesem Zusammenhang die Tatsache, dass bei Mischbeständen die Küstentanne mit ihrem Vorwuchs den restlichen Bestand rasch um einige Meter überragt. Als Resultat kann daher von einer erhöhten Windbruchgefahr bei der Begründung von Mischbeständen ausgegangen werden (Spellmann et al., 2015).

Trockenheit

Trockenheit verträgt die Küstentanne aufgrund ihres tiefen Wurzelsystems sehr gut. An jenem Bestand, der als Forschungsobjekt dieser Arbeit dient, konnten nach einer massiven Trockenheit im Sommer 2015, verstärkter Nadelfall [ab September] und das Auftreten von Trockenrissen beobachtet werden. Besonders betroffen waren Bäume der höheren Kraft'schen Baumklassen [3-5a].

Schneebruch

Als sehr robust gilt die Küstentanne hinsichtlich ihrer Prädisposition gegenüber Schneebruch. Zusätzlich zu ihren biegsamen Ästen besitzt die Küstentanne eine lange und schmale Krone. Beide Faktoren können als Anpassung an die hohen Schneelagen an der Westküste Nordamerikas gedeutet werden (Mayer, 1992).

2.5.2 Biotische Schadfaktoren

Pilzkrankungen

Als wichtigster Schadfaktor gelten sowohl in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet als auch bei Anbauten in Mitteleuropa pilzliche Schaderreger (Spellmann et al., 2015). Die enorme Anzahl an pilzlichen Schaderregern lässt sich folgendermaßen einteilen und benennen (Hepting, 1971):

- Keimlingskrankheiten

Aufgrund der Tatsache, dass Küstentannensamen eine sehr geringe Keimfähigkeit aufweisen, muss zusätzlichen Verlusten in der Keimlingsphase Bedeutung zugemessen werden. Die von Haig et al., (1941) mit 12 % erhobene Keimfähigkeit der Küstentanne war die niedrigste seines Versuches. Bedingt durch die in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet häufig auftretenden und lange geschlossenen Schneedecken bzw. feuchte Wuchsbedingungen an der Pazifikküste sind *Botrytis cinera* & *Botrytis nigra* die bedeutendsten Schaderreger im Keimlingsstadium. Beide Pilzarten kommen auch in Österreich vor und sorgen für Ausfälle bei Hochlagenaufforstungen bzw. bei *Botrytis cinera* Schäden in Pflanzschulen.

- Nadelkrankheiten

Zwar führen pilzliche Nadelkrankheiten nicht zu nennenswerten Ausfällen, Wachstumseinbußen können aber dennoch bei massivem Auftreten resultieren. In Ihrem ursprünglichen Verbreitungsgebiet zu nennende Nadelschütten wären *Lirula abietis-concoloris*, *L. punctata*, sowie *Lophodermium decorum*. Bei den Rostkrankheiten treten in nordamerikanischen Küstentannenbeständen vor allem *Pucciniastrum epilobii*, *P. goeppertianum*, *Melampsora abieti-capraearum*, *Melampsorella caryophyllacearum*, *Uredinopsis pteridis*, und *Peridermium rugosum* auf. Nadelkrankheiten scheinen bei europäischen Versuchsanbauten keine Probleme

zu bereiten, fehlende Anmerkungen in der Literatur können hierfür als Indiz gewertet werden.

- Stammkrankheiten

Gegenüber den Nadelkrankheiten gilt die Küstentanne besonders anfällig für Holzpathogene, sogenannte „Stammkrankheiten“. Als Gründe nennt Röhrig (1981) fehlende Einlagerungen fungizider Stoffe sowie die mindere Holzqualität der Küstentanne die sich in ihrer sehr geringen Trockenmasse äußert. In ihrem ursprünglichen Verbreitungsgebiet treten folgende Stammkrankheiten auf: *Arceuthobium campylopodum f. abietinum*, *Cytospora abietis*, *Phomopsis boycei*, *Aleurodiscus abietis*, *A. amorphics*, *A. lividocoeruleus*, *A. penicillatus*, *A. weirii*, *Caliciopsis pseudotsugae* und *Echinodontium tinctorium*. Der letztgenannte *Echinodontium tinctorium* auch „Indian paint fungus“ ist in Nordamerika der bedeutendste Pilzpathogen an der Küstentanne. Er besitzt eine ähnliche Besiedlungsökologie wie der Tannenkrebs [*Melampsorella caryophyllacearum*], da befallene Äste durch das Stammwachstum eingewachsen werden und so den Stamm infizieren (Filip & Schmitt, 1990). Da es sich bei *Echinodontium tinctorium* um eine Weißfäule handelt die Lignin abbaut, geht mit zunehmender Ausbreitung des Pilzes eine mechanische Schwächung des Stammes in der Höhe der Infektionsstelle einher. Diese Schädigung führt häufig zu einer Sollbruchstelle bei Sturm- und Schneeereignissen sowie zu massiven Einbußen beim Holzverkauf. Bis dato beschränkt sich die Ausbreitung von *Echinodontium tinctorium* rein auf Nordamerika (Wilson, 1997).

- Wurzelkrankheiten

Wuchsversuche der Küstentanne zeigten in den letzten Jahren immer wieder die Bedeutung von Wurzelkrankheiten für die erfolgreiche Kultivierung der Küstentanne in Europa (Spellmann et al., 2015; Ruhm, 2013; Liesebach & Weißenbacher, 2007). Wie in Nordamerika sind es vor allem *Armillaria mellea* und *Heterobasidion annosus* die zu den ökonomisch bedeutendsten Wurzelkrankheiten, aber auch Stammfäulen, zählen. Die Bewirtschaftung von Küstentannenbeständen sollte in jedem Fall mit Augenmerk auf Wurzelkrankheiten erfolgen und Durchforstungen ehestmöglich vermieden werden, da Wurzel- und Stammschäden Eintrittspforten für genannte Phytophage sind.

Schalenwild

Neben den Pilzpathogenen sind es in der Regel vor allem Schalenwildarten, die Verbiss- und Schälschäden bei diversen Tannenarten hervorrufen. Die Küstentanne scheint nur gering anfällig gegenüber Schalenwild zu sein. Ein Grund hierfür könnten die ätherischen Öle der Küstentanne sein, die bei Schädigung von Nadeln bzw. Borke einen stechenden Geruch in der Nase des Menschen erzeugen. Ob dies der Grund ist, dass in diversen Studien (Liesebach & Weißenbacher, 2007; Röhrig, 1978;) nur geringe Ausfälle durch Schalenwild dokumentiert wurde, kann an dieser Stelle nicht eindeutig geklärt werden. Die

Erfahrungen des Betriebes Forstgut Moosböckhof [Eigentümer des Untersuchungsbestandes] unterstützen die Aussagen von Liesebach & Weißenbacher (2007) und Röhrig (1978), da sowohl Fege- als auch Verbissschäden von Rehwild nur in unbedeutendem Rahmen festgestellt werden konnten. Aussagen über Schälschäden können keine getroffen werden, da weder Rot-, Muffel-, Damm- und Sikawild natürlich vorkommt.

Insekten

Die bedeutendsten Schadinsekten für die Küstentanne stammen aus der Ordnung der Schmetterlinge [*Lepidoptera*] und der Ordnung der Käfer [*Coleoptera*]. Aus den Reihen der Lepidoptera richten vor allem der „Western spruce budworm“ [*Choristoneura occidentalis*] und der „Douglas-fir tussock moth“ [*Orgyia pseudotsugata*] enorme Fraßschäden an den Nadeln der Bäume an. Dies kann in Extremfällen zum kompletten Kahlfraß ganzer Bestände und somit zum Absterben der selbigen führen (Foiles et al., 1965). Borkenkäfer aus der Ordnung *Coleptera* wie der „Western balsam bark beetle“ [*Dryocoetes confusus*] oder der „Fir engraver“ [*Scolytus ventralis*] sind in der Regel Folgeschädlinge und befallen hauptsächlich vorgeschädigte Bäume. Unter speziellen Bedingungen [Trockenheit, Sturmschäden, Pilzerkrankung etc.] kann es aber auch zu Massenvermehrungen und damit zu flächigen Gradationen kommen. Diese in Nordamerika auftretenden Arten machten in Europa bisweilen keine bekannt gewordenen Probleme. Dafür können in Europa immer wieder Ausfälle in der Kulturphase von Beständen durch den Großen Braunen Rüsselkäfer [*Hylobius abietis*] beobachtet werden.

2.6 Holzqualität

Die Holzqualität der Küstentanne ist sehr stark von der Jahrringbreite abhängig (Hapla, 2011; Ruhm, 2013, Scheible, 2012). Feinringiges Küstentannenholz liefert vergleichbare Werte wie das Holz der heimischen Weißtanne, erreicht aber nicht gänzlich das Niveau von Fichtenholz.

Bezeichnung	Küstentanne	Fichte
Rohdichte	470 kg/m ³	480 kg/m ³
Biegefestigkeit	88 N/mm ²	77 N/mm ²
Druckfestigkeit parallel zur Faser	43 N/mm ²	40-50 N/mm ²
Längszugfestigkeit	94 N/mm ²	90 N/mm ²
Bruchschlagarbeit	53 KJ/m ²	46-50 KJ/m ²

Tab. 1, Holzqualität der Küstentanne (Scheible, 2012)

Im Gegensatz zu Scheible (2012) fielen die Rohdichten in der Studie von Hapla (2011) mit 422 kg/m³ im Splint, 389 kg/m³ im Kernholz und 362 kg/m³ im marknahen Holz bei 12 % Holzfeuchtigkeit deutlich geringer aus. Die Abhängigkeit der Holzqualität von der Jahrringbreite konnte Hapla (2011) sehr gut in seiner Arbeit zeigen und ist vermutlich der Grund für den festgestellten Unterschied der beiden Studien. Scheible (2012) hielt

ähnliches fest und folgerte, dass für das Produktionsziel Küstentannenschnittholz, der Bestandesbehandlung zur Vermeidung sehr starker Jahrringe besondere Beachtung zukommen muss. Unterbleibt eine besondere Bestandesbehandlung zur Verhinderung massiver Jahrringbreiten eignet sich das Holz der Küstentanne weniger als Konstruktionsholz sondern als Verpackungs- und Industrieholz. Ähnlich der Weißtanne bildet auch die Küstentanne einen Nasskern aus, welcher aber die Holzqualität nicht negativ beeinflussen muss (Hapla, 2011). Hapla (2011) konnte weiters feststellen, dass die Ausbildung eines Nasskerns nach der Trocknung und Hobelung an der Brettware okular nicht mehr festgestellt werden kann.

2.7 Invasivität

In der EU-Verordnung Nr. 1143/2014 vom 22. Oktober 2014 wird zwischen „gebietsfremden Arten“ und „invasiven gebietsfremden Arten“ unterschieden. Als invasiv wird eine Art dann bezeichnet, wenn deren Einbringung oder Ausbreitung die Biodiversität und die damit verbundenen Ökosystemdienstleistungen gefährdet oder nachteilig beeinflusst werden (EU-Verordnung Nr. 1143/2014, Kapitel 1, Artikel 3, Absatz 1-4). Zu Kontroversen führte die Einstufung forstlich relevanter, gebietsfremder Baumarten wie der Roteiche [*Quercus rubra*] oder der Douglasie [*Pseudotsuga menziesii*], die als gebietsfremde invasive Arten eingestuft wurden. Besondere Kritik wurde an Wahl der Bewertungskriterien geübt. Als Konsequenz wurde von 21 deutschen ForstwissenschaftlerInnen ein Dokument mit dem Namen „Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten. Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung“ herausgegeben. Durch die Bewertung von fünf Einzelkriterien [1. Die negative Standortsbeeinflussung, 2. Das hohe Reproduktionspotenzial, 3. Das hohe Ausbreitungspotenzial, 4. Die Fähigkeit zur Artenverdrängung sowie 5. Die begrenzten Steuerungsmöglichkeiten durch gezieltes Management (Spellmann et al., 2015)] kamen die WissenschaftlerInnen zum Entschluss, dass nur der Eschenahorn [*Acer negundo*], der Götterbaum [*Ailanthus altissima*], die Rotesche [*Fraxinus pennsylvanica*] und die Spätblühende Traubenkirsche [*Prunus serotina*] als invasiv einzustufen sind. Da die Einstufung von Arten, die für die gesamte EU als invasiv anzusehen sind, alle 6 Jahre erfolgt, wurde aufgrund der Überarbeitung bis zum Jänner 2016 massiv Druck aufgebaut, um gewisse Arten nicht auf dieser Unionsliste zu finden. Die aktuelle Version der Unionsliste ist gerade in Arbeit und bildet die Basis für die nationale Gesetzgebung der einzelnen Mitgliedsstaaten.

Als invasive Arten definiert Streckfuß (2009) Neobiota, die ab dem Jahr 1492 nach Europa gekommen sind, sich invasionsartig ausbreiten und dominant werden können. Trotz der äußerst kritischen Bewertung der Invasivität anhand der im vorigen Absatz festgehaltenen Indikatoren, konnte bei der Küstentanne kein invasives Potential festgestellt werden (Spellmann et al., 2015). Dies lässt darauf schließen, dass sie auch in Zukunft nicht auf die Unionsliste der invasiven Arten kommen wird und daher weiter im gesamten EU-Gebiet zur Anpflanzung freigegeben ist. In Österreich fanden Ansätze zur

Eindämmung invasiver, gebietsfremder Baumarten noch keinen Eingang in das Forstgesetz. Wie in der Vergangenheit mehrfach bewiesen, ist der österreichische Gesetzgeber in solchen Fragen eher zurückhaltend. Insofern verwundert es nicht, dass im österreichischen Forstgesetz noch keine Änderungen hinsichtlich invasiver Baumarten erfolgten.

3 Untersuchungsbestand

Die Anlage des Untersuchungsbestandes erfolgte auf einer Kahlschlagsfläche, die im Winter 1990/91 genutzt und im Frühjahr 1991 mit einer Pflanzzahl von ca. 1600 Stk/ha, was einem Pflanzverband von ca. 2x3 Metern entspricht. Besonders soll an dieser Stelle auf die Tatsache hingewiesen werden, dass die Bestandesbegründung an einem Standort erfolgte, der bereits im Franziszeischen Kataster, [Erfassung von Oberösterreich zwischen 1823 und 1830] als Waldfläche ausgeschieden worden war. Als Pflanzsystem wurde die Lochpflanzung mit Wiedehopfhäue gewählt, bei der im ersten Arbeitsschritt eine Person ein ca. 25 cm tiefes Loch freilegt und eine zweite Person in einem weiteren Arbeitsschritt die Pflanze in das Pflanzloch gibt und das ausgehobene Erdreich gleichmäßig um die Wurzeln einbringt und mit den Schuhen verdichtet. Diese relativ aufwendige und teure Pflanztechnik etablierte sich mit großem Erfolg am Moosböckhof und dient nach wie vor bei diversen Pflanzeinsätzen. Die damit realisierbaren Anwuchsraten liegen laut Mitteilung des operativen Betriebsleiters Wolfgang Kastler (2015) zwischen 90-100 %, abhängig vom Standort und der Baumart. Der Grund für die Anlage eines Küstentannenbestandes war die Zusage eines Christbaumhändlers aus Bad Leonfelden, Küstentannen zu guten Preisen als Christbäume abzunehmen. Dass aus diesem Plan nichts wurde, ist einem Hagelunwetter im Jahre 1996 verschuldet. Dieses Unwetter führte dazu, dass die Tannen aufgrund der großen Schäden an Nadeln und Borke unverkäuflich wurden und die Eigentümer den Bestand aus den Augen verloren. Ein Faktor für die aus Sicht der Eigentümer bereits seit Jahren anstehende und nicht durchgeführte Erstdurchforstung war die fehlende Erschließung, die erst durch die Fertigstellung einer neuen Forststraße im März 2016 erfolgte. Die einzigen Eingriffe seit der Kulturpflege waren Schmuckreisignutzungen in beschränktem Umfang für den privaten Gebrauch. Somit ergab sich die Möglichkeit einen wenig beeinflussten Küstentannenbestand zu untersuchen und davon ausgehend, eine waldbauliche Beurteilung der Küstentanne im Mühlviertel zu erstellen.

3.1 Lage des Bestandes

Der Untersuchungsbestand liegt im Wuchsgebiet 9.1 Mühlviertel in der oberösterreichischen Gemeinde St. Nikola an der Donau. Die genaue Lage des Bestandes ist in einem nördlichen Seitental der Donau, das vom Dimbach durchflossen wird. Eigentümer des Bestandes sind die Besitzer des Forstgutes Moosböckhof, Wolfgang und Ingrid Kastler. Der sich in einer Seehöhe von 405-460 Metern befindende Untersuchungsbestand liegt im östlichen, unteren Mühlviertel nahe der Grenze zum Waldviertel [Wuchsgebiet 9.2] und somit auch zur Ländergrenze zum Bundesland Niederösterreich. Erreichbar ist der Bestand über die Landesstraße L1436 aus nördlicher Richtung kommend über Waldhausen bzw. Dimbach oder aus südlicher Richtung über St. Nikola an der Donau. Aus südlicher Richtung kommend, biegt man nach etwa 2 km auf der L1436 auf der linken Seite in den Güterweg Achleiten ein. Diesem folgt man ca. 1 km,

bevor dann auf der rechten Straßenseite eine 2016 fertig gestellte Forststraße abzweigt, die direkt zum Bestand führt.



Abb. 4, Lage des Untersuchungsbestandes (Quelle: Doris Atlas 4.0)

Wie der Abbildung 4 entnommen werden kann, kann der Bestand nicht als ein klarer Standortstyp klassifiziert werden. Vielmehr stockt der Bestand im oberen Bereich auf einer Kuppe, die nach Nordosten hin in einen Oberhang und in den unteren Bestandesbereichen in einen Mittelhang übergeht.

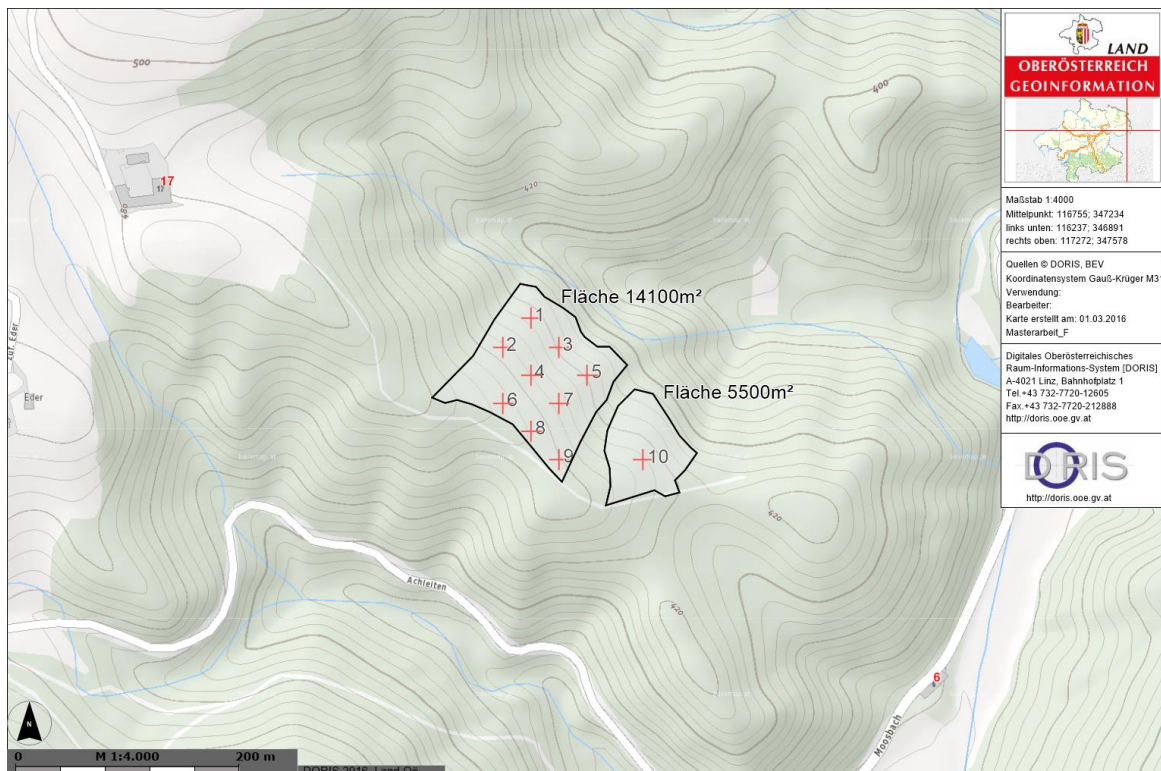


Abb. 5, Genaue Lage des Bestandes mit Darstellung der 10 Plots (Quelle: Doris Atlas 4.0)

Zum oberen Bestandesrand hin flacht der Bestand ab, im unteren Teil des Bestandes nimmt die Geländeneigung hingegen etwas zu. Der Bestand hat eine Nord-Ost Ausrichtung, da das Gelände in Richtung eines Vorfluters des Dimbaches abfällt. Aufgrund von Überlegungen der Eigentümer wurde der 1991 begründete Küstentannenbestand in zwei von einem Bergahornstreifen getrennten Teilflächen angelegt. Als Begründung nahmen die Eigentümer Vorteile beim Einsatz von Bergahorn [*Acer pseudoplatanus*] in Bezug auf den Wasserhaushalt der frischeren Mulde zwischen den beiden Teilflächen an. Die Flächenausmaße der beiden Teilflächen belaufen sich im westlichen, größeren Teil auf 14.100 m² und im östlichen, kleineren Teil auf 5.500 m². Zusammen ergibt das eine Fläche von 19.600 m² und somit nicht ganz 2 Hektar.

3.2 Klimatische Bedingungen

Die Beschreibung der klimatischen Bedingungen am Versuchsstandort geschieht anhand von Daten des Klimatographieprojektes CLAIRISA [Climate-Air-Information System for Upper Austria] des Landes Oberösterreich mit einer Bezugsperiode von 1981 bis 2010, da keine Wetterstation in ähnlicher Höhenlage bzw. in der direkten Umgebung vorhanden ist [Ybbs-Persenbeug Seehöhe 231 m, Entfernung: 15 km; Pabneukirchen Seehöhe: 595 m, Entfernung 10 km].

Die Jahresdurchschnittstemperatur kann mit rund 8°C angenommen werden. Den Daten der Bezugsperiode entsprechend beläuft sich die durchschnittliche Sommertemperatur [Juni, Juli & August] auf ca. 17,5°C und die durchschnittliche Wintertemperatur [Dezember, Jänner & Februar] auf etwa -1°C.

Mit ungefähr 890 mm Jahresniederschlag und davon knapp 600 mm in der Vegetationsperiode herrschen ausgeglichene Bedingungen mit ausreichender Wasserversorgung in den Sommermonaten vor.

Der Beginn der Vegetationsperiode [mehr als 5°C Tagesmittelwert der Lufttemperatur] liegt im Bereich des Untersuchungsbestandes um den 1. April und endet um den 20. Oktober. Das führt zu einer mittleren Dauer der Vegetationsperiode von etwa 210 Tagen.

3.3 Bodeneigenschaften

3.3.1 Geologie

Das Ausgangsgestein des Untersuchungsbestandes ist Weinsberger Granit, dieser ist im gesamten Gemeindegebiet von St. Nikola an der Donau vorzufinden und endet nicht an der Donau sondern reicht südlich über die Donau (Fuchs & Matura, 1976). Der äußerst grobkörnige Granit enthält die für den Weinsberger Granit typischen großtafeligen Kalifeldspate [KAlSi_3O_8], sodass die restlichen Bestandteile stark in den Hintergrund rücken. Die Anteile von Biotit, Oligoklas, Mikroklin und Quarz stellen nur die untergeordnete Fülle dar (Fuchs & Matura, 1976). Für die Bodenbildung spielt der relativ

hohe Anteil an Kalifeldspate aufgrund der durch Silikatverwitterung entstehenden Tonminerale eine wesentliche Rolle. Durch die für einen Plutonit relativ gute Kationenversorgung können sich auf Weinsberger Granit besonders in tieferen Lagen basenreiche Braunerden bilden (Kilian et al. 1994). Diese allgemeinen Aussagen lassen sich gut auf den Standort des Untersuchungsbestandes umlegen und stimmen mit den vorgefunden Bodenprofilen und dem Bodenproben überein.



Abb. 6, 5 m tiefer Böschungsanschnitt im Untersuchungsbestand

Der in Abbildung 6 ersichtliche Böschungsanschnitt zeigt die neben den Bodenhorizonten [A,B,C] deutliche Unterschiede im Korngefüge des stark verwitterten [vergrußten] Ausgangsgesteins. Neben den typischen großtafeligen Kalifeldspat im oberen Bereich sowie einzelnen Schichten in der Mitte, kommen aber auch Schichten vor, die höhere Anteile von Biotit, Oligoklas, Mikroklin und Quarz enthalten. Die dunkle Farbe dieser Schichten ist wahrscheinlich auf höhere Anteile von Biotit und Hornblende zurück zu führen. Ein weiteres in Abbildung 6 ersichtliches Charakteristikum für den Weinsberger Granit ist die häufig tiefreichende Verwitterung. Dieses Charakteristikum sorgt für oft tiefreichende Flinsschichten wie sie auch im Untersuchungsbestand vorgefunden werden können.

3.3.2 Bodentyp

Wie bereits unter Punkt 3.3.1 *Geologie* vorweggenommen ist der vorzufindende Bodentyp auf der Untersuchungsfläche Braunerde mit einem durch Eisenoxid typisch braun gefärbten B-Horizont.



Abb. 7 & Abb. 8, Zwei mit dem Spaten ausgehoben Bodenprofile im Küstentannenbestand

Für die Untersuchung des Bodens wurde an den unter Punkt 4.1 *Verteilung der Probeflächen* beschriebenen 10 Plots, der Bodenprobenehmer jeweils zehnmal eingeschlagen, die Einschlagtiefe gemessen und das Material im Probenehmer in Auflagehumus, A-Horizont [0-15 cm] und B-Horizont [15-30 cm] aufgeteilt. Anschließend an die Probenahme wurden die in drei Klassen separierten Mischproben der 100 Einschläge der cewe GmbH zur Analyse übergeben.

Gründigkeit

Die festgestellte Gründigkeit des Bestandes variierte zwischen 25-47 cm und lag im Mittel bei 37,3 cm bei 100 Einstichen mit dem Bodenprobenehmer. Mit einer Stärke des A-Horizontes von im Schnitt 14,8 cm und des B-Horizontes von 22,5 cm kann daher von einer mittleren Gründigkeit gesprochen werden [mittlere Gründigkeit: >30 cm, <60 cm].

Humusform

Mit einem pH-Wert von 5,2 sowie einer zweigliedrigen Humusaufgabe bestehend aus L- & F-Horizont mit einer Mächtigkeit zwischen 0-5 cm kann die Humusform Mull ausgeschieden werden. Das C/N-Verhältnis im Auflagehumus liegt bei 20,9.

Mineralbodenhorizonte

Die Ausscheidung der Mineralbodenhorizonte erfolgt in A- & B-Horizont. Teilweise konnten auch Übergangshorizonte [Ab bzw. AB] festgestellt werden. Das Ergebnis der Auswertungen durch die ceve Gmbh bestätigten die Vermutung einer relativ schlechten Nährstoffversorgung [Oberhang- bzw. Kuppenlage] die sich in der relativ geringen Kationen-Austauschkapazitäten von 59 mmol_c /kg im A-Horizont und 17 mmol_c /kg im B-Horizont ausdrückt. Nach Danneberg et al. (2001) weist der A-Horizont eine niedrige und der B-Horizont eine extrem niedrige KAK auf. Der ph-Wert lag sowohl im A als auch im B-Horizont bei 4,4. Details über die Bodenproben können den Ergebnissen der Auswertung des Labors unter 13.1 *Bodenproben* im Anhang entnommen werden.

3.4 Beschreibung der potentiell natürlichen Waldgesellschaft

Kilian et al. (1994) beschreibt für das Wuchsgebiet 9.1 Mühlviertel die Höhenstufe von 200-500 Meter als submontan. Die hierfür in Frage kommenden Waldgesellschaften sind nach Kilian et al. (1994):

I. Submontaner Stieleichen-Hainbuchenwald

- [*Galio sylvatici-Carpinetum*] z.T. mit Traubeneiche, Buche an wärmebegünstigten Hängen auf reicheren Standorten

II. Bodensaurer, nährstoffarmer submontane Rotföhren-Eichenwald

- [*Cytiso nigricantis-Quercetum*] Geißklee-Traubeneichenwald auf wärmebegünstigten Silikatstandorten
- [*Deschampsio flexuosae-Quercetum*] Drahtschmielen-Stieleichenwald

III. Submontaner Lindenmischwald an Sonderstandorten

- [*Aceri-Carpinetum*] Schlucht-Lindenwald mit Spitzahorn, Hainbuche an meist schattigen Hangschuttstandorten
- [*Poo nemoralis-Tilietum*] Silikat-Block-Lindenwald

IV. Sub- bzw. tiefmontaner Buchenwald mit Tanne (Fichte, Eichen)

- [*Luzulo nemorosae-Fagetum*] Hainsimsen-Buchenwald mit Rotföhre auf ärmeren Standorten
- [*Asperulo odoratae-Fagetum*] Waldmeister-Buchenwald auf basen- und nährstoffreicheren Silikatstandorten

Wie Kilian et al. (1994) bemerkt, sind Böden auf Weinsberger Granit relativ reich an Nährstoffen und bringen besonders in tieferen Lagen häufig leichte und basenreiche Braunerden hervor. Aufgrund der relativ guten Nährstoffversorgung, der vorgefundenen Zeigerart Waldmeister [*Galium odoratum*] sowie der in Nachbarbeständen dominierenden

Buche mit vereinzelter Weiß-Tanne [*Abies alba*], kann davon ausgegangen werden, dass der Untersuchungsbestand auf einem Waldmeister-Buchenwald Standort stockt.

4 Ertragskundliche Erhebung

Die Grundlage einer qualifizierten waldbaulichen Beurteilung einer Baumart für eine spezielle Region, sollte nicht ausschließlich Literatur sondern die Zusammenführung der Selbigen mit vorhandenen Erfahrungen durch Versuchsanbauten inkludieren. Zu diesem Zweck wurden Überlegungen angestellt, um den unter Punkt 3 *Untersuchungsbestand* bereits vorgestellten Küstentannenbestand ertragskundlich hinreichend zu beschreiben. Da die Gesamtfläche des Küstentannenbestandes mit 19.600 m² für eine Vollaufnahme zu groß war, aber trotzdem die ganze Fläche in den Erhebungen abgebildet sein sollte, wurde die Vollaufnahme von 10, 225 m² [15 x 15 m] großen und über die Fläche gleichmäßig verteilten Plots festgelegt.

4.1 Verteilung der Probeflächen

Hauptziel bei der Anordnung der Probeflächen war eine ausgewogene Verteilung hinsichtlich der standörtlichen Gegebenheiten [Kuppe-Mittelhang] sowie die vollständige Abdeckung der Seehöhenspreitung. Aufgrund der Nordost-Ausrichtung der größeren Teilfläche und die quer dazu verlaufenden Höhenschichtlinien wurde ein Raster eingefügt, der einen Punktabstand von 35,35 m bei 45° Drehung zur Horizontalen ergibt. Der Grund für dieses Maß ergibt sich aufgrund der 45° Drehung und der Verschiebung von 25 m horizontal und 25 m vertikal innerhalb der Plotreihen.



Abb. 9, Anordnung der 10 Plots (Quelle: Doris Atlas 4.0)

Wie in Abbildung 9 ersichtlich ist, gibt es innerhalb der beiden Teilflächen des Küstentannenbestandes bereits kräftige Konkurrenz durch Laubholz. Aufgrund der der

Schmuckreisignutzung und den damit verbundenen Ausfällen [durch Absterben, aber besonders durch Überwachsen] wurde die Küstentanne an einigen Stellen stark zurückgedrängt. Dies ist auch der Grund, warum die dritte Plotreihe mit den Plots 6, 8 & 9 um eine Position verschoben sind und auf der östlichen bzw. kleineren Teilfläche mit Plot 10 nur einer aufgenommen werden konnte.

4.2 Methoden & Aufnahmeparameter

Vollaufnahme

Bei der Vollaufnahme der 10 Plots wurden an jedem Baum, der bei einer Kluppschwelle von 4 cm Berücksichtigung fand, Baumart, BHD [**BHD** = Brusthöhendurchmesser] und Höhe bestimmt. Der BHD wurde mittels Pi-Band und die Höhe mittels Relaskop gemessen.

Zuwachsbohrung

Um den 5-jährigen bzw. 10-jährigen Zuwachs der Küstentanne erheben zu können, wurden an den Zentralstämmen sowie deren unteren und oberen Nachbarn der Radialzuwachs mittels Zuwachsbohrer Bohrkerne zur Analyse entnommen.

Oberhöhenentwicklung

Zur Darstellung der Oberhöhenentwicklung wurden für die Ermittlung einer Oberhöhenkurve die jeweiligen Oberhöhenstamm der 10 Plots umgeschnitten, in 1-Meter-Sektionen zerteilt und anschließend die Anzahl der Jahrringe in n-Meter Höhe gemessen.

Formzahl

Für die Berechnung der Formzahl ist es notwendig, tatsächliche Volumina einer möglichst großen und repräsentativen Stichprobe zu gewinnen. Zu diesem Anlass wurden unter Berücksichtigung möglichst aller im Bestand vorkommender BHD-Klassen sowie Kraft'schen Baumklassen 20 Bäume, die zufällig auf der Trasse der jetzigen Forststraße standen, umgeschnitten und sektionsweise kubiert. Die Sektionslänge der Stammabschnitte wurde auf einen Meter festgelegt.

4.3 Durchführung

4.3.1 Vorbereitung der Plots

Zum Auffinden der Plots wurden die GPS-Daten der Punkte dem oberösterreichischen Landes-GIS (Doris 4.0) entnommen und mit einem GPS-tauglichen Mobiltelefon aufgesucht. Das Aufsuchen und Ausstecken der Plots gestaltete sich von Beginn an schwierig, da die vielen abgestorbenen Äste der Küstentannen das Durchdringen des Bestandes erschwerten. Ausgesteckt wurden die quadratischen Plots mit einer Seitenlänge von 15 m, mit blau markierten Holzpflocken. Aufgrund der vielen

abgestorbenen Äste wurde die Entscheidung getroffen, zuerst die abgesteckten Plots mit der Motorsäge bis auf eine Höhe von 2 m zu asten, um ein sicheres und zeitsparendes Arbeiten bei den tatsächlichen Erhebungen zu realisieren. Dies war unumgänglich. Für das Ausstecken der 10 Plots sowie der Astung mussten insgesamt 4 Tage aufgewendet, erst danach konnte mit den wirklichen Erhebungen begonnen werden.

4.3.2 Aufnahmen

Begonnen wurde mit den Vollaufnahmen der 10 Plots. Bei den dabei ausgeschiedenen Zentralstämmen wurden anschließend die Zuwächse gebohrt. Für die Oberhöhenkurve wurden die jeweiligen Oberhöhenstämme umgeschnitten und analysiert. Zur Bestimmung der Bestandesformzahl wurden weitere 20 Bäume gefällt und anschließend sektionsweise kubiert.

4.3.3 Auswertungen

Die Auswertungen der aufgenommenen Daten wurde mit RStudio-2016 sowie Microsoft Excel 2010 durchgeführt.

5 Ertragskundliche Auswertung

Mit der Auswahl von 10 Plots wurde einerseits die Möglichkeit geschaffen, die Auswertung in Bezug auf die einzelnen Plots durchzuführen und andererseits eine Gesamtauswertung des Bestandes, die als Summe der 10 Probeflächen angesehen werden kann, abzuhandeln. Ein weiterer Vorteil der 10 Plots ist die damit mögliche Abdeckung der Spreitung, des Ertragspotentials innerhalb des Bestandes. Eine klare Trennung zwischen plotweiser und gesamtheitlicher Betrachtung wurde aufgrund der teilweise geringen Aussagefähigkeit von Werten einzelner Plots untergeordnete Bedeutung zugemessen.

Der Kreisflächenmittelstamm

Der Kreisflächenmittelstamm ist der Stamm mit der mittleren Kreisfläche.

$$dg[cm] = \sqrt{\frac{G}{N} * \frac{4}{\pi}}$$

Formel 1, Durchmesser des Kreisflächenmittelstammes

Der Massenmittelstamm nach Weise

Weise (1880) fand bei der Erstellung seiner Kieferntragstafel heraus, dass der Baum, der 40% unterhalb dem oberen Ende der BHD-Verteilung am ehesten dem Massenmittelstamm entspricht. Anders gesagt, findet man den Massenmittelstamm nach Weise in der 60. Perzentile der Durchmesserverteilung.

Der Kreisflächenzentralstamm

Die Ermittlung des Kreisflächenzentralstammes erfolgt durch paarweises Streichen des schwächsten bzw. stärksten Baumes auf der Kluppliste, beginnend beim Schwächsten.

5.1 Lorey'sche Mittelhöhe und Oberhöhen

Die Lorey'sche Mittelhöhe

Die Mittelhöhe nach Lorey (1878) ist die Höhe des „mittleren Walzenvolumens“ eines Bestandes. Bei der Bonitierung mittels der Mittelhöhe ist zu beachten, dass sich diese behandlungsabhängig ändert. Als Beispiel für die Behandlungsabhängigkeit sei hier eine Niederdurchforstung angeführt, die die rechnerische Mittelhöhe anhebt, nicht aber das Standortpotential.

$$h_L[m] = \frac{\sum n \cdot g \cdot h}{\sum n \cdot g}$$

Formel 2, Lorey'sche Mittelhöhe

Die Oberhöhe nach Assmann

Die Grundannahme von Assmann (1961) war, dass sowohl im Jung- als auch im Altbestand die 100 stärksten Bäume die gleichen sind. Deshalb definiert Assmann die Höhe des Grundflächenmittelstammes der 100 stärksten Bäume je Hektar als Oberhöhenstamm.

Die Oberhöhe nach Weise

Der Unterschied zu Oberhöhe nach Assmann ist die Berücksichtigung der Tatsache, dass alte Bestände oft keine besonders hohen Stammzahlen mehr besitzen und bei einer angenommenen Stammzahl von 100 Bäumen am Hektar die Oberhöhe nach Assmann keine Oberhöhe sondern eine Mittelhöhe ergibt. Weise (1880) schlägt deshalb vor, nicht von einer fixen Anzahl an Bäumen auszugehen sondern die Mittelhöhe der 20% der stärksten Bäume zu bestimmen um das Problem der sinkenden Stammzahlen mit zunehmenden Bestandesalter zu berücksichtigen.

5.2 Höhenkurven

Aus einer Vielzahl an verschiedenen Höhenkurven wurden zwei in der Vorlesung von Forstlicher Biometrie I von Prof. Sterba (2012) vorgestellten Typen für die Anwendung in dieser Arbeit ausgewählt.

$$h = \frac{1}{\left(a + \frac{b}{BHD}\right)^2} + 1,3$$

Formel 4, Höhenkurventyp I

$$h = e^{a + \frac{b}{BHD}} + 1,3$$

Formel 3, Höhenkurventyp II

5.3 Die Schaffform

Für die Bestimmung der Schaffform bedient sich diese Arbeit zwei Konzepten. Das erste ist eines, das ohne Kenntnis der Schaffkurve und damit recht einfach Ergebnisse zulässt [Formzahlkonzept]. Beim zweiten Verfahren wird eine Schaffholzformzahlfunktion über den BHD und die Höhe als einzige Eingangsgrößen neu parametrisiert. Der Schaffholzformzahlfunktion nach Pollanschütz ist zu Grunde gelegt, dass mittels des Brusthöhendurchmessers [d in dm] und der Baumhöhe [h in dm] eine ausreichend genaue Schätzung der Formzahl möglich ist. Es kann daher gefolgert werden, dass die Schaffholzformzahlfunktion nach Pollanschütz durch den Wegfall von Messungen des Durchmessers in höheren Höhen [Volumsfunktion der Österreichischen Waldinventur verwendet den d_{03} = Durchmesser in 3/10 der Scheitelhöhe vom Boden aus] als relativ aufnahmefreundlich angesehen werden kann, da weniger Messungen durchgeführt werden müssen.

Das Formzahlkonzept

Die mittels des Formzahlkonzepts festgestellte Bestandesformzahl ist jener gemittelter Reduktionsfaktor, der das Volumen der Bezugswalze auf das tatsächliche Schaftvolumen reduziert. Zu beachten ist, dass das Volumen vom Stockabtrieb bis zu Wipfelknospe, die Baumhöhe aber vom Erdboden bis zur Selbigen gemessen wird.

$$v = g \cdot h \cdot f$$

Formel 5, Formzahlkonzept

Schaftholzformzahlfunktion nach Pollanschütz

Pollanschütz entwickelte 1974 für die ÖFI [Österreichische Forstinventur] eine kombiniert arithmetisch-logarithmische Kubierungsformel die bis heute aufgrund ihrer einfach zu bestimmenden Eingangsgrößen [BHD & Höhe] häufig verwendet wird. Da bis jetzt keine Parametrisierung österreichischer Küstentannenbestände vorliegen, ist die Anwendung der Schaftholzformzahlfunktion nach Pollanschütz ein besonders interessanter Aspekt dieser Forschungsarbeit.

$$f_{SmR} = b_1 + b_2 \ln^2 d + b_3 \frac{1}{h} + b_4 \frac{1}{d} + b_5 \frac{1}{d^2} + b_6 \frac{1}{dh} + b_7 \frac{1}{d^2 h}$$

Formel 6, Schaftholzformzahlfunktion nach Pollanschütz

5.4 Bestandeszuwachs

Durchschnittlicher Zuwachs

Der durchschnittliche Gesamtzuwachs kann auch als Bonität bezeichnet werden. Darunter versteht man die Wuchleistung eines Reinbestandes zu einem gewissen Bestandesalter. Die Bonität bzw. Standortsgüte wird bei Reinbeständen über Alter und Oberhöhe bestimmt und kann in Ertragstafeln nachgeschlagen werden. Bei der Berechnung der Gesamtwuchleistung wird das aktuelle Bestandesvolumen mit dem bereits ausgeschiedenen addiert.

$$dG_z = \frac{GWL_t}{t}$$

Formel 7, Durchschnittlicher Gesamtzuwachs

Volumszuwachs

Das Bestandeszuwachsprozent kann nach Andrae (1990) sehr gut durch die Beprobung des Kreisflächenzentralstammes hergeleitet werden. Dies heißt, dass das doppelte Durchmesserzuwachsprozent des Zentralstammes gut auf das Bestandesvolumen umgelegt und der Volumszuwachs mittels geringer Probezahl ermittelt werden kann.

$$ig\% = 100 \frac{ig}{gE} = 2 \cdot id\% \sim iv\%$$

Formel 8, Kreisflächenzuwachsprozent und Verhältnis zum Volumszuwachsprozent

Besonders bedeutsam ist diese Möglichkeit der Zuwachsmessung bei nur einmal durchgeführten Aufnahmen, da sich der Messaufwand auf ein Minimum reduzieren lässt.

6 Ergebnisse

6.1 Baumartenanteile

Die Baumartenanteile werden bis einschließlich des Dickungsstadiums nach der Stammzahlverteilung beschrieben. Ab dem Stangenholzstadium ist die Vorratsverteilung maßgebend für die Beschreibung der Baumartenanteile eines Bestandes. Aufgrund der Ausscheidung in die Wuchsklasse schwaches Baumholz [siehe Punkt 6.5 *Mittel- und Oberhöhenstämme*] werden die Baumartenanteile des Bestandes mit der Volumsverteilung bestimmt.

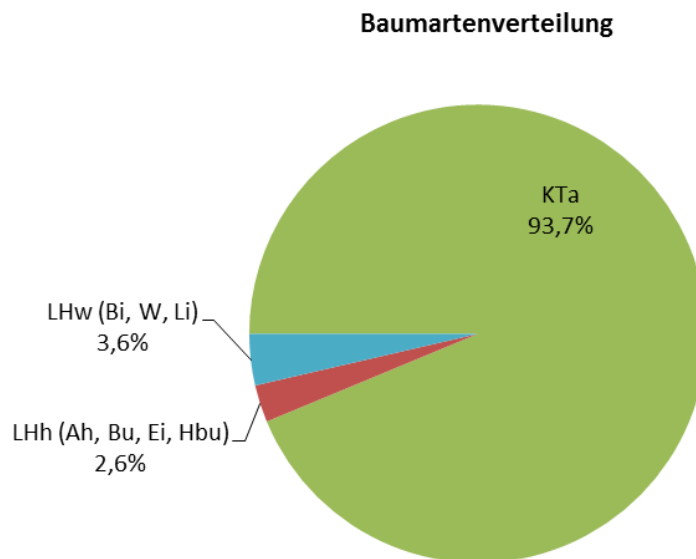


Abb. 10, Baumartenverteilung des Küstentannenbestandes. **KTa** = Küstentanne (*Abies grandis*), **LHw** = Laubholz weich, **Bi** = Hänge-Birke (*Betula pendula*), **W** = Salweide (*Salix caprea*), **Li** = Winterlinde (*Tilia cordata*), **LHh** = Laubholz hart, **Ah** = Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*), **Bu** = Rotbuche (*Fagus sylvatica*), **Ei** = Stieleiche (*Quercus robur*), **Hbu** = Hainbuche (*Carpinus betulus*);

Da der Anteil anderer Baumarten kleiner 20% ist, kann über den untersuchten Bestand gefolgert werden, dass es sich um einen Küstentannen-Reinbestand handelt. Insgesamt wurden bei den Aufnahmen 9 Baumarten festgestellt [KTa, Fi, Bi, W, Li, Ah, Bu, Ei & Hbu]. Zur Vereinfachung wurden die 7 vorkommenden Laubbaumarten in zwei Gruppen eingeteilt. Bei der einen Gruppe handelt es sich um hartes Laubholz [Ah, Bu, Ei & Hbu] bei anderen um weiches Laubholz [Bi, W & Li]. Bis auf die Fichte, die nur mit zwei Individuen auf einem der 10 Plots vorkam, konnten alle anderen Baumarten mehrfach und auf zumindest 2 Plots festgestellt werden. LHh und LHw wurden jeweils auf acht Plots aufgefunden. Plots auf denen neben KTa, nur LHh bzw. LHw vorgefunden wurde, gab es vier. Dies bedeutet, dass auf 60% der Plots KTa, LHh & LHw vorhanden war.

6.2 Bestandesvorrat

Der Hektarvorrat wurde für jeden der zehn Plots separat bestimmt und bewegt sich zwischen minimal 300,8 Vfm_S/ha auf Plot 1 und 672,1 Vfm_S/ha auf Plot 8. Das arithmetische Mittel der zehn Plots ergibt den Bestandesvorrat mit 475,9 Vfm_S/ha.

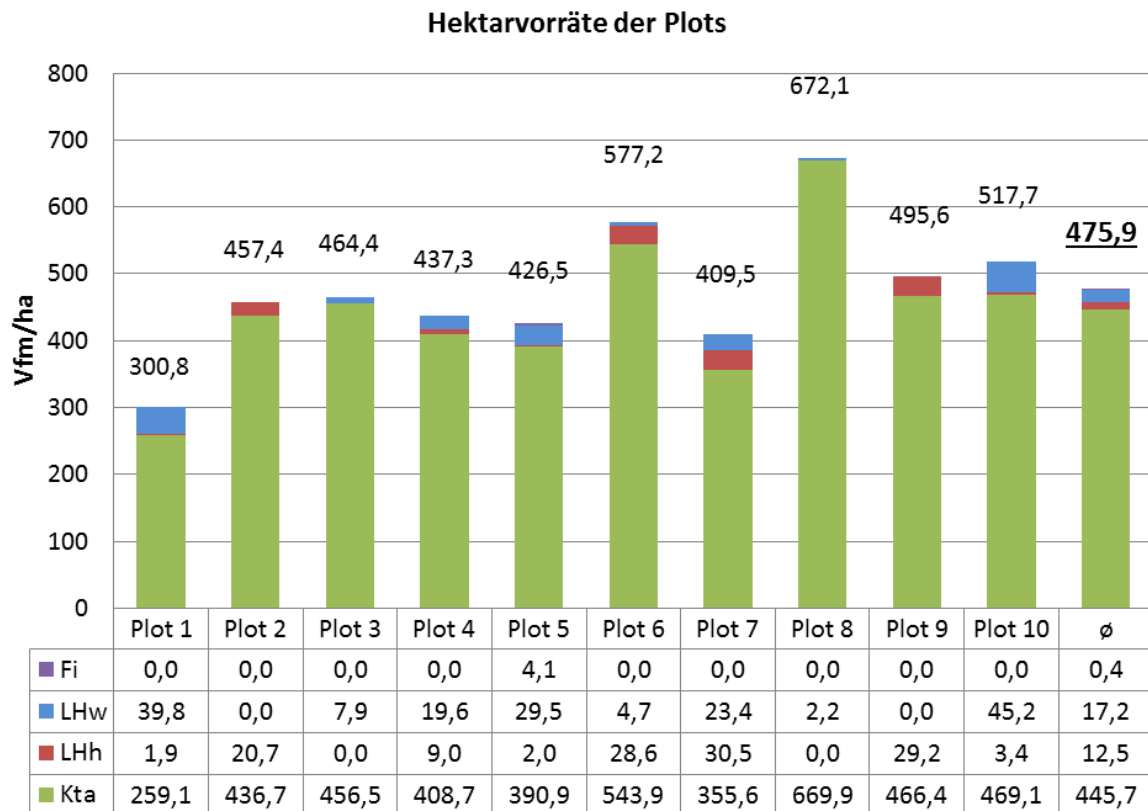


Abb. 11, Vorratsverteilung der Plots und Bestandesvorrat. **Fi** = Gemeine Fichte (*Picea abies*);

Mit 30,1 Vfm_S/ha bzw. 6,2 % haben Fi 0,4 Vfm_S/ha, LHw 17,2 Vfm_S/ha und LHh 12,5 Vfm_S/ha nur einen geringen Anteil am Bestandesvorrat.

Volumsverteilung nach BHD

Eine Darstellung, die die Baumartenverteilung bzw. Volumsverteilung im Detail beschreibt, ist die Ausweisung der erhobenen Volumina in BHD-Klasse, getrennt nach Baumarten. Mit Hilfe dieser wird ersichtlich, dass sowohl hartes Laubholz als auch weiches Laubholz in allen BHD-Klassen zwischen 5 und 20 cm erhoben werden konnte, nicht aber in stärkeren Klassen. Hartes Laubholz bildete in den BHD-Klassen 5 und 7,5 cm die absolut höchsten Volumina. Das weiche Laubholz konnte in den BHD-Klassen zwischen 7,5 und 20 cm größere Volumina vorweisen als LHh, nicht aber höhere als die KTa, die in alle BHD-Klassen größer 7,5 cm die absolut größten Vorräte aufwies.

Verteilung des Bestandesvolumens ($V_{fm_5}=476$)

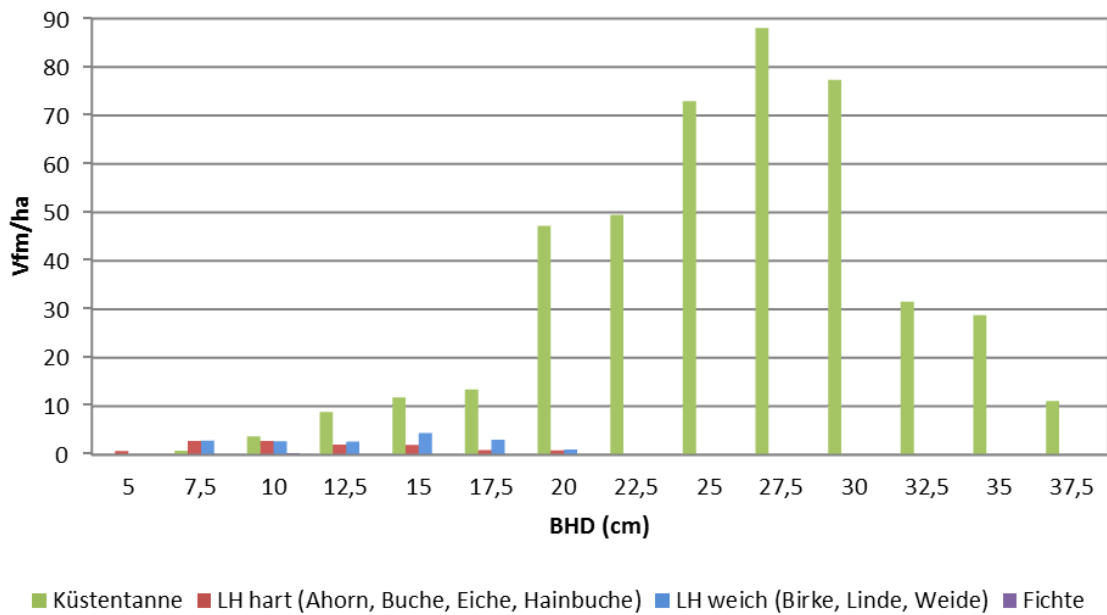


Abb. 12, Volumsverteilung nach Baumart & BHD-Klasse

Das höchste Volumen konnte in der BHD-Klasse mit 27,5 cm festgestellt werden. Die zwei in den BHD-Klassen 7,5 und 10 aufgenommenen Fichten spielen mit einem hochgerechneten Hektarvorrat von 0,4 VfmS eine untergeordnete Rolle und sind in Abb. 13, *Volumsverteilung nach Baumart & BHD-Klasse* kaum ersichtlich.

6.3 Stammzahl/Stammzahlverteilung

Die Auswertung der Stammzahl ergab 1636 Stämme am Hektar, wovon 1178 Stämme also knapp zweidrittel KTa waren. Aufgrund der bereits in Punkt 6.1 *Volumsverteilung nach BHD* ersichtlichen Unterwanderung mit Laubholz, wurde eine Stammzahlauswertung in Bezug auf Baumarten und BHD-Klassen durchgeführt. Im Gegensatz zur Dominanz der KTa hinsichtlich des Bestandesvolumens [93,7% KTa] zeigt sich bei der Stammzahlverteilung bei der die KTa 72% erreicht, ein klarer Unterschied. Bei den anderen Baumarten ergaben die Erhebungen, dass LHh eine höhere Stammzahl aufweist als LHw. Wie bei der Volumsverteilung nimmt die Fichte eine untergeordnete Rolle ein.

Eine Auswertung der Stammzahl auf Plotebene wurde nicht durchgeführt, da große Unterschiede im zufälligen Verteilungsmuster unterständiger Laubhölzer keine bedeutungsvollen Erkenntnisse zulassen. Auffallend war aber, dass Ausfälle von KTa das Aufkommenden von Laubholz im gesamten Bestand ermöglichten und entstandene Lücken vollständig mit Laubholz gefüllt wurden. Es waren daher zum Zeitpunkt der Erhebungen keine größeren Lücken auf der Fläche vorhanden.

Ein Vergleich mit der Ausgangsstammzahl von ungefähr 1600 KTa/ha lässt auf ein Ausfallprozent bis zum Alter 25 von ca. 26% schließen.

Stammzahlverteilung

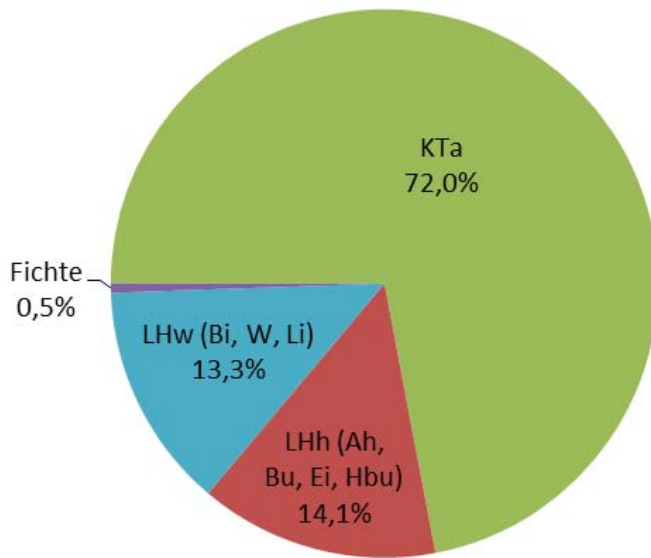


Abb. 14, Stammzahlverteilung des Küstentannenbestandes

Mit 28% der aufgenommenen Stämme lag der Anteil an Fi, LHh & LHw weit über den Erwartungen.

Verteilung der Stammzahl (n=1636)

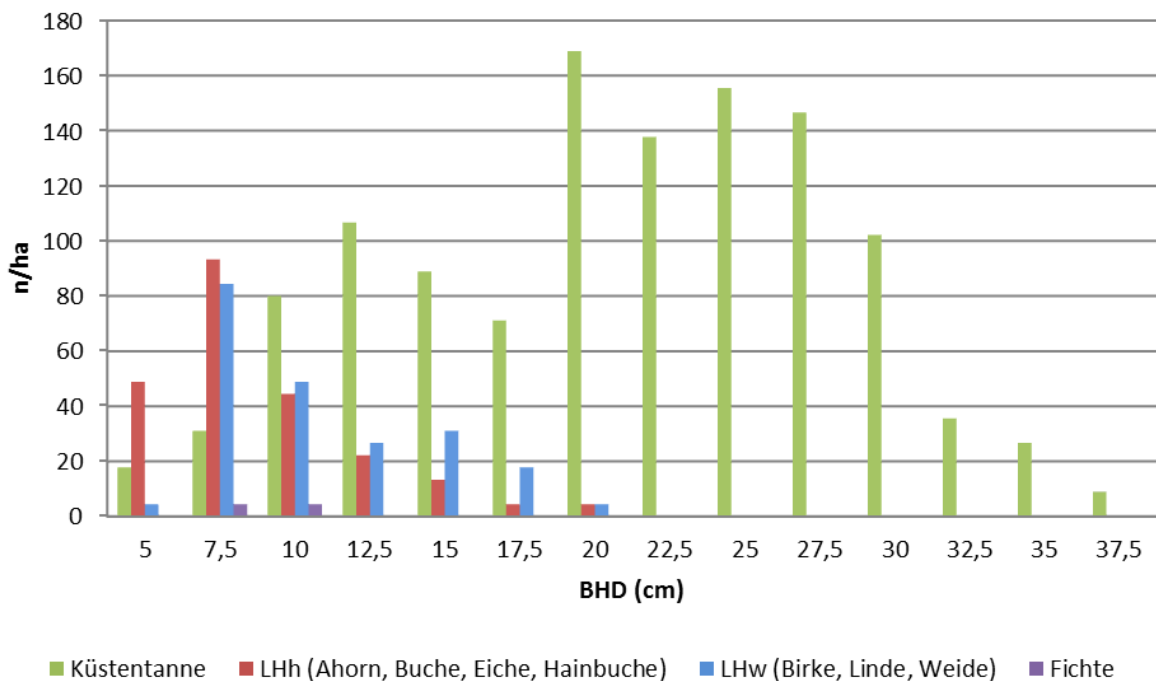


Abb. 15, Stammzahlverteilung des Küstentannenbestandes nach BHD-Klassen

Besonders hohe Stammzahlen an LHh und LHw wurden in den BHD-Klassen 5 cm, 7,5 cm und 10 cm festgestellt. In der BHD-Klasse 7,5 cm ist die Summe aus LHh und LHw

höher als die Anzahl der KTa in Klasse um 20 cm, die mit 169 Individuen den absolut höchsten Wert erreicht.

6.4 Bestandeszuwachs

Aufgrund der Ausscheidung als KTa-Reinbestand wurde in Absprache mit dem Betreuer Univ. Prof. Hubert Hasenauer entschieden, den KTa-Zuwachs als Bestandeszuwachs zu bezeichnen. Diese Annahme erlaubt daher die Feststellung, dass der berechnete Zuwachs nicht dem tatsächlichen Zuwachs entspricht [da Laubholz ausgeklammert ist], jedoch nur unbedeutend unter diesem liegt.

Durchschnittlicher Gesamtzuwachs

Der durchschnittliche Gesamtzuwachs konnte aufgrund noch nicht durchgeführter Entnahmen einfach bestimmt werden und beläuft sich im Bestandesalter von 25 Jahren auf 19,04 Vfm_s/ha .

5-jähriger Bestandeszuwachs

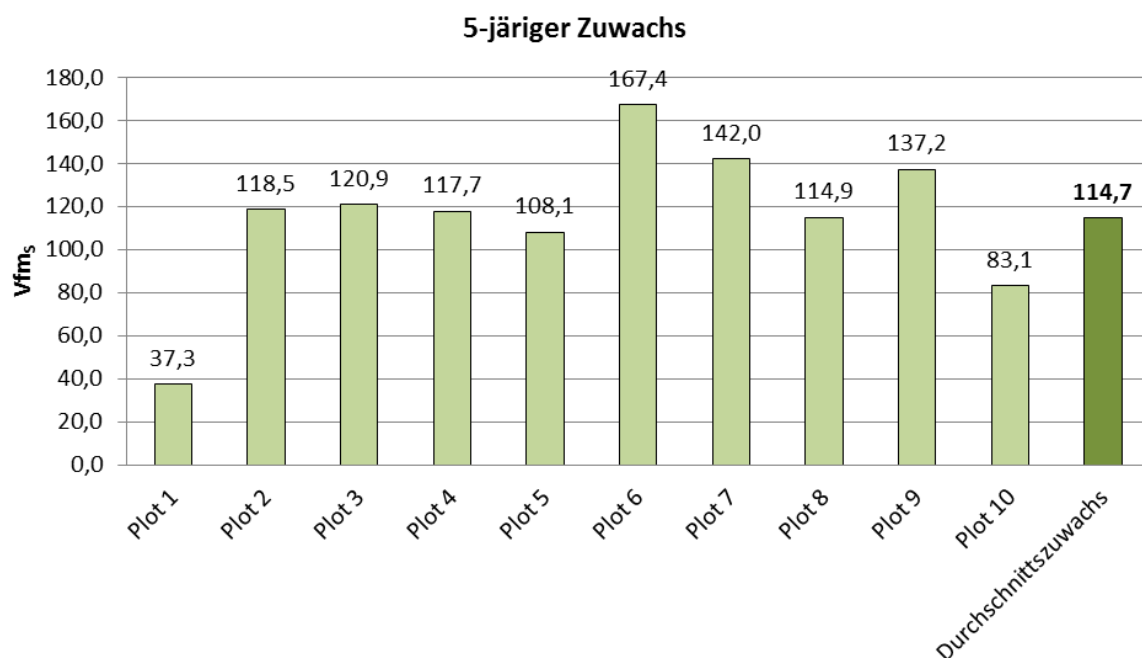


Abb. 16, 5-jähriger KTa-Zuwachs des Untersuchungsbestandes

Der 5-jährige Bestandeszuwachs liegt bei 114,7 Vfm_s/ha was einem laufenden Zuwachs von 22,94 Vfm_s/ha entspricht. Bei den Plots wurde das Minimum mit 7,46 Vfm_s/ha und das Maximum mit 33,48 Vfm_s/ha gemessen. Dies entspricht eine Abweichung um mehr als -67 bzw. +45 Prozent.

10-jähriger Zuwachs

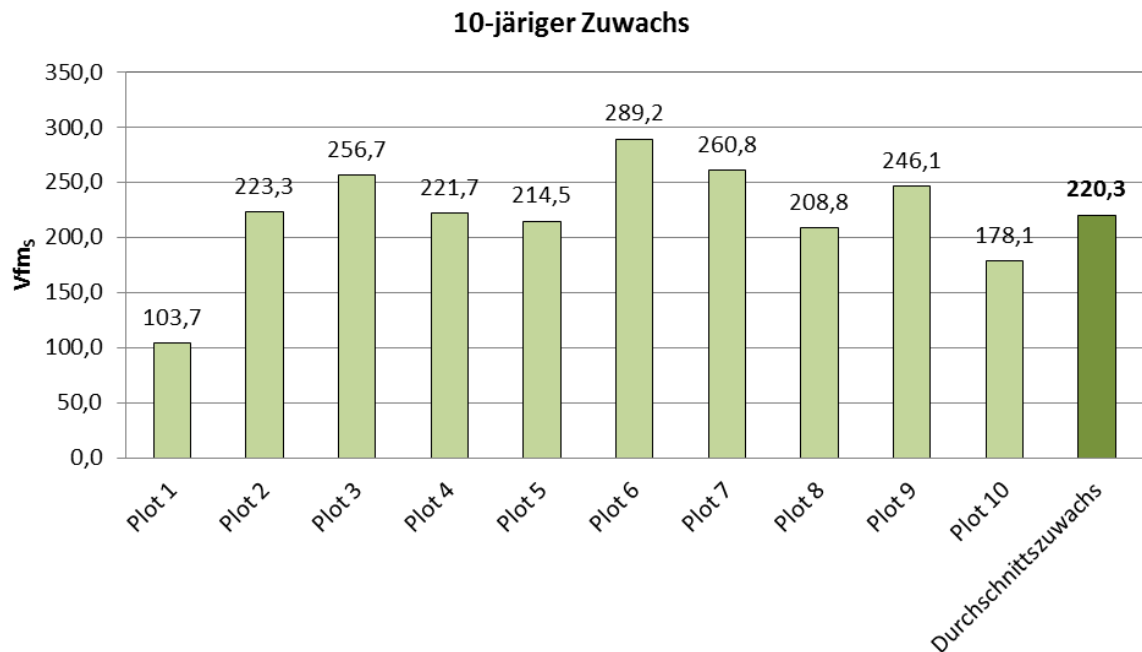


Abb. 17, 10-jähriger KTa-Zuwachs des Untersuchungsbestandes

Der mittlere 10-jähriger Bestandeszuwachs aus den 10 Plots beträgt 220,3 Vfm_s/ha was einem laufenden Zuwachs von 22,03 Vfm_s/ha entspricht. Die Abweichungen der einzelnen Plots zum Mittel sind im Vergleich zum 10-jährigen Bestandeszuwachs mit -47 bzw. +31 Prozent gedämpft [10-jähriger Zuwachs: -67 bzw. +45 Prozent].

6.5 Mittel- und Oberhöhenstämme

Die Berechnung der Mittel- und Oberhöhenstämme wurde bestandesweise und nur für KTa durchgeführt.

Bezeichnung (Abkürzung)	Ergebnis
Kreisflächenmittelstamm (dg)	17,6 cm
Kreisflächenzentralstamm (dz)	21,6 cm
Massenmittelstamm nach Weise (d _w)	23,9 cm
Lorey'sche Mittelhöhe (h _L)	19,9 m
Oberhöhe nach Assmann (h _{O, Assmann})	22,5 m
Oberhöhe nach Weise (h _{O, Weise})	21,9 m

Tab. 2, Auswertungsergebnisse der Mittel- und Oberhöhenstämme

Ausgehend vom Kreisflächenzentralstamm kann der Bestand in die Wuchsklasse schwaches Baumholz [BHD > 20 cm, Bestandesoberhöhe > 20 m] eingeteilt werden (Mayer, 1992).

6.6 Höhenkurven

Für die exakte Bestimmung der Mittelhöhe einer jede BHD-Klasse wurden aus den aufgenommenen Höhen zwei verschiedene Ausgleichsfunktionen berechnet.

Höhenkurve Typ I

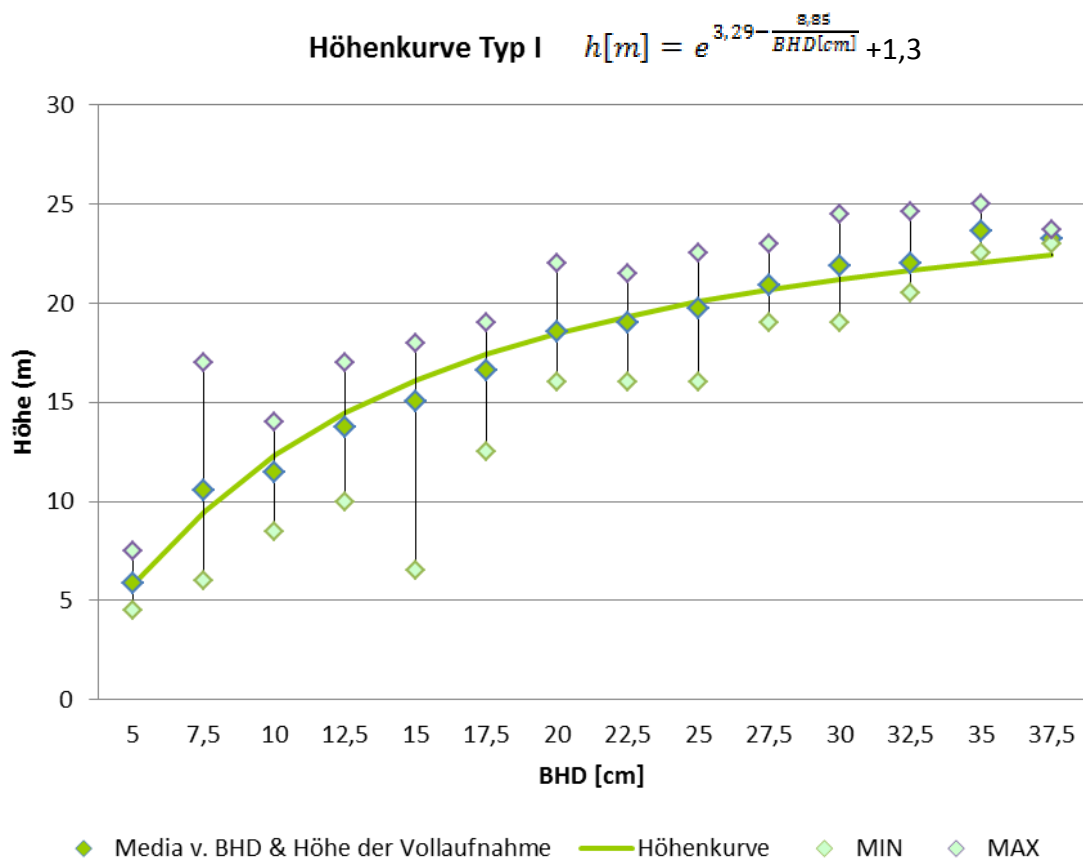


Abb. 18, Höhenkurventyp I im Kontrast mit Bestandeswerten

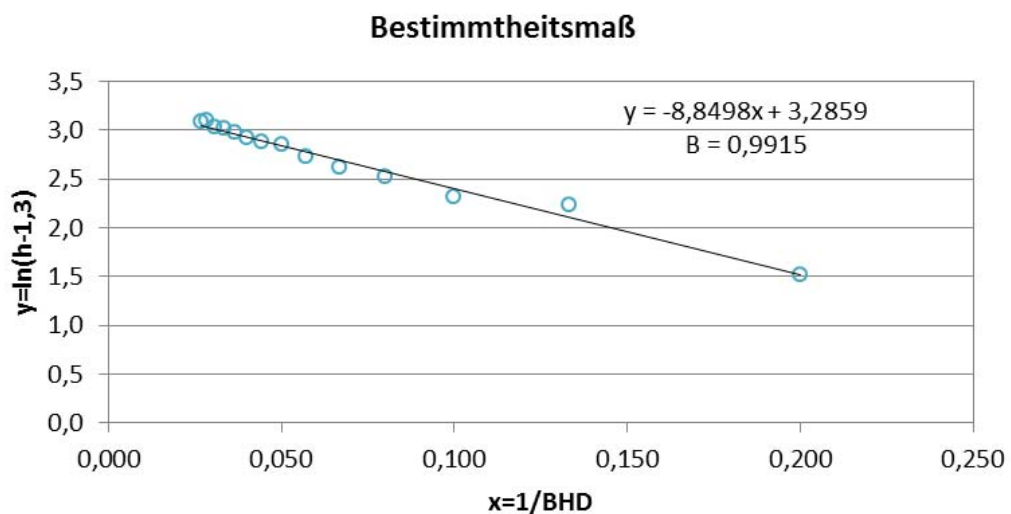


Abb. 19, Bestimmtheitsmaß des Höhenkurventyps I

Höhenkurve Typ II

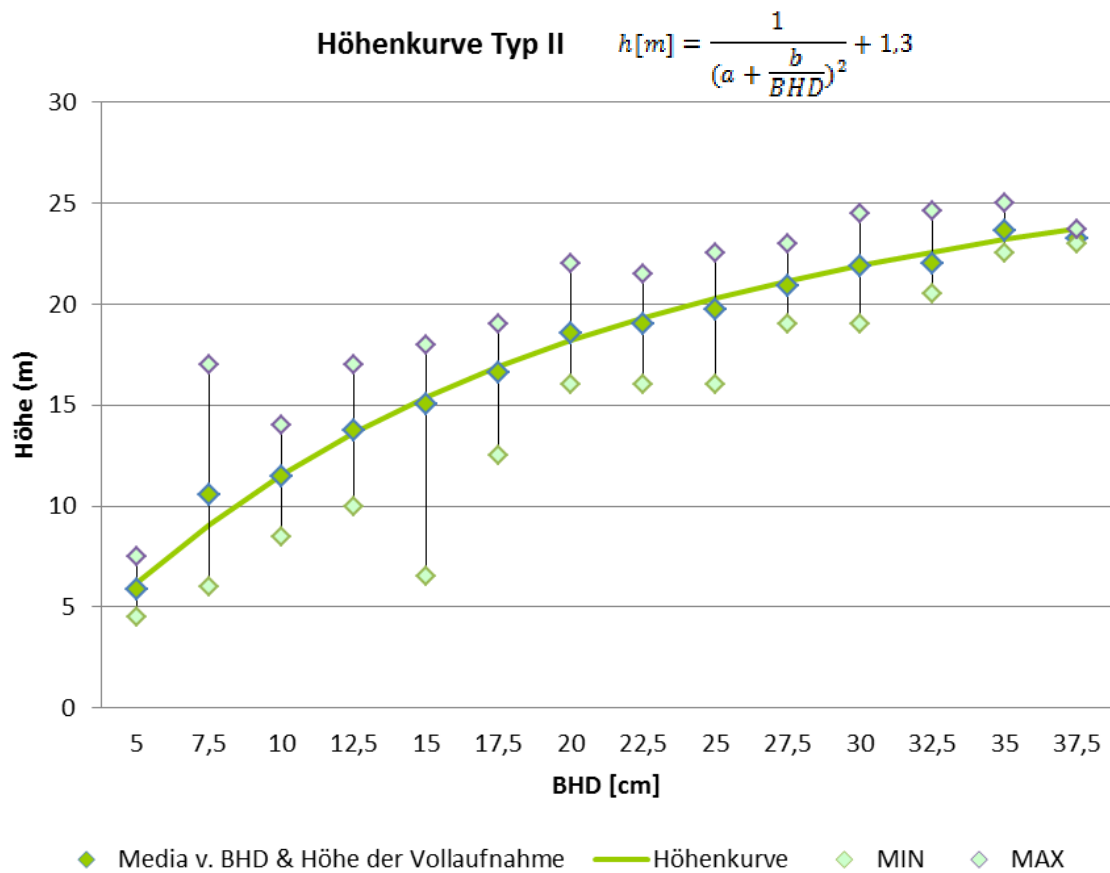


Abb. 20, Höhenkurventyp II in Kontrast mit Bestandeswerten

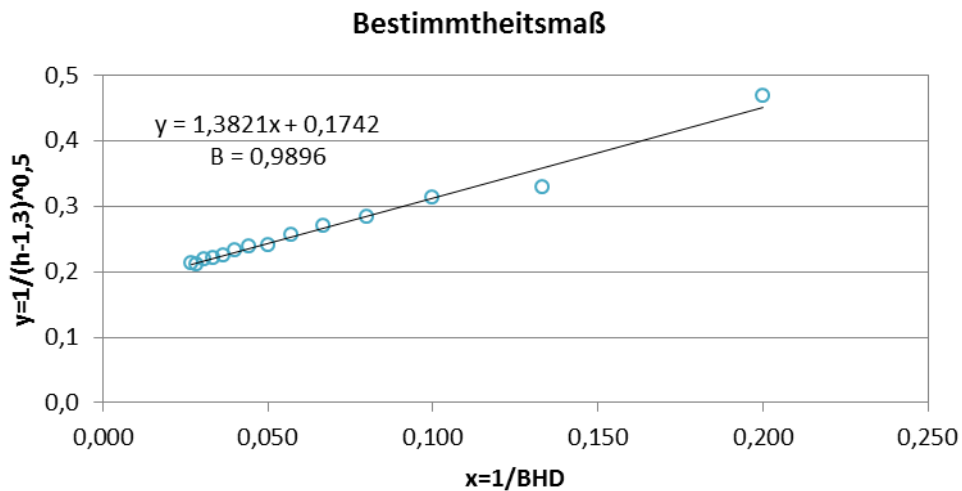


Abb. 21, Bestimmtheitsmaß des Höhenkurventyps II

Das Bestimmtheitsmaß beider Höhenkurven befindet sich auf sehr hohem Niveau. Mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,9915 ist das des Höhenkurven Typ I aber geringer als das des Typ II mit 0,9896. Der Grund für die sehr ähnlichen Ergebnisse ist das sehr homogene Datenmaterial, das bei den Vollaufnahmen der 10 Plots gewonnen wurde und nur wenige Ausreißer beinhaltet.

6.7 Die Schaffform

6.7.1 Bestandesformzahl

BHD [cm]	n	Gemessene Formzahlen (f)					f BHD-Klasse	$\phi \times n$
5	4						-	-
7,5	7	0,555					0,555	3,888
10	18	0,480					0,480	8,634
12,5	24	0,499	0,527	0,494	0,542		0,516	12,377
15	20	0,493					0,493	9,851
17,5	16						-	-
20	38	0,499					0,499	18,948
22,5	31	0,454	0,451	0,472	0,511	0,491	0,476	14,751
25	35	0,48	0,48				0,480	16,802
27,5	33	0,441	0,46				0,452	14,912
30	23	0,451	0,50				0,475	10,933
32,5	8	0,460					0,460	3,677
35	6						-	-
37,5	2						-	-
40							-	-
							$\sum \phi \times n$	114,774
							Gewichtete f	0,4843

Tab. 3, Berechnung der Bestandesformzahl

Die über das Formzahlkonzept hergeleitete Bestandesformzahl lautet 0,4843. Dabei handelt es sich um jenen Reduktionsfaktor, der das Volumen der Bezugswalze auf das tatsächliche Schaffvolumen des Baumes reduziert. Wie in *Tab. 3*, Berechnung der Bestandesformzahl ersichtlich ist, handelt es sich dabei um einen mit der Verteilung der KTa gewichteten Wert. Trotz der fehlenden statistischen Belegbarkeit, fällt eine Abnahme der Formzahl mit ansteigender BHD-Klasse auf.

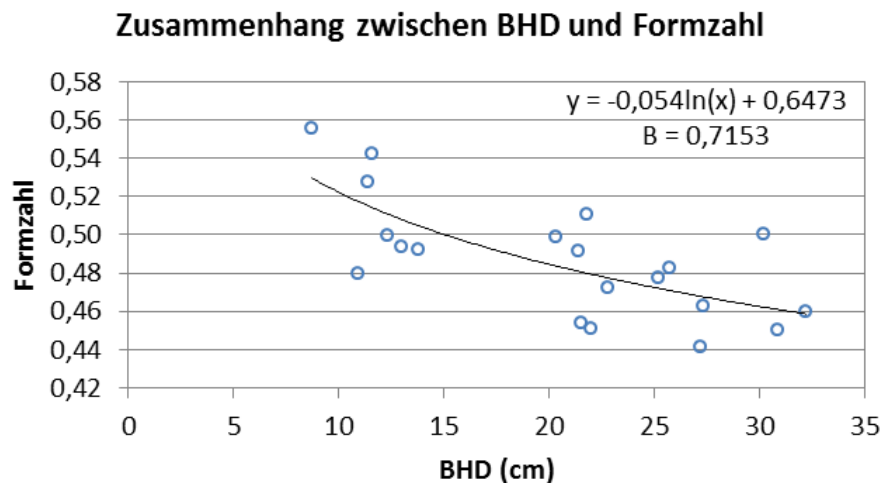


Abb. 22, Zusammenhang zwischen BHD und Formzahl [n=20]

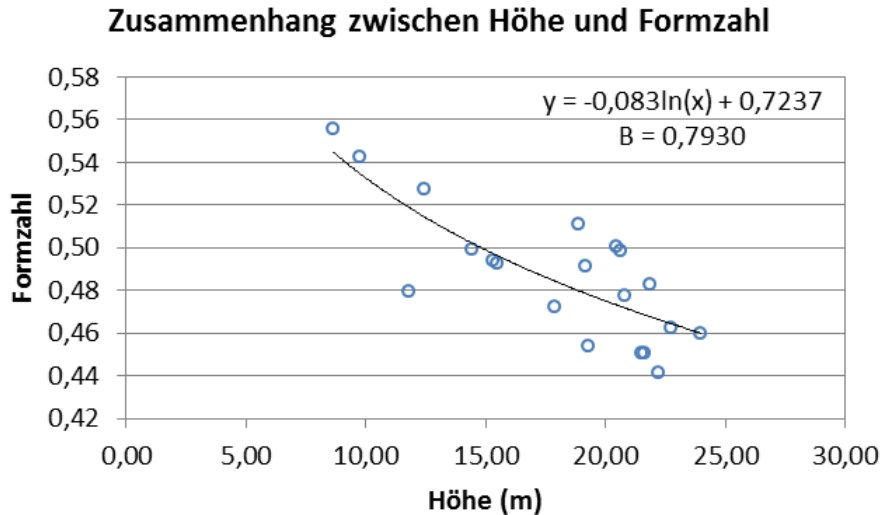


Abb. 23, Zusammenhang zwischen Höhe und Formzahl [n=20]

Vergleicht man die Ergebnisse von *Abb. 22, Zusammenhang zwischen BHD und Formzahl [n=20]* und *Abb. 23, Zusammenhang zwischen Höhe und Formzahl [n=20]*, so zeigt sich, dass sowohl zwischen BHD und Formzahl als auch zwischen Höhe und Formzahl ein Zusammenhang besteht. Mit 79,3 % lässt sich beim Vergleich der Höhe mit der Formzahl die Streuung besser als beim Vergleich des BHD mit der Formzahl mit 71,53 % erklären.

6.7.2 Parametrisierte Schaftholzformzahlfunktion nach Pollanschütz

Die Parametrisierung der Schaftholzformzahlfunktion nach Pollanschütz wurde mit RStudio-2016 unter Zuhilfenahme einer nicht-linearen Funktion anhand der Daten von 20 kubierten Küstentannen-Stämmen durchgeführt. Anschließend an die Parametrisierung wurden die erhobenen Formzahlen, mit denen der neuparametrisierten Schaftholzformzahlfunktion nach Pollanschütz verglichen.

$$f_{SmR} = b_1 + b_2 \ln^2 d + b_3 \frac{1}{h} + b_4 \frac{1}{d} + b_5 \frac{1}{d^2} + b_6 \frac{1}{dh} + b_7 \frac{1}{d^2 h}$$

Formel 9, Schaftholzformzahlfunktion nach Pollanschütz

Koeffizienten							SAR
b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	
-0,6247	0,1790	86,4369	2,8172	-1,9384	-209,2243	149,2475	0,02093 (4%)

Tab. 3, Parametrisierte Koeffizienten der österreichischen Schaftholzformzahlfunktion von Pollanschütz. **SAR** =Standartabweichung der Residuen;

Da es sich beim Untersuchungsbestand um einen gleichaltrigen und sehr homogenen Bestand handelt, ist die Standartabweichung der Residuen mit 0,02093 relativ gering.

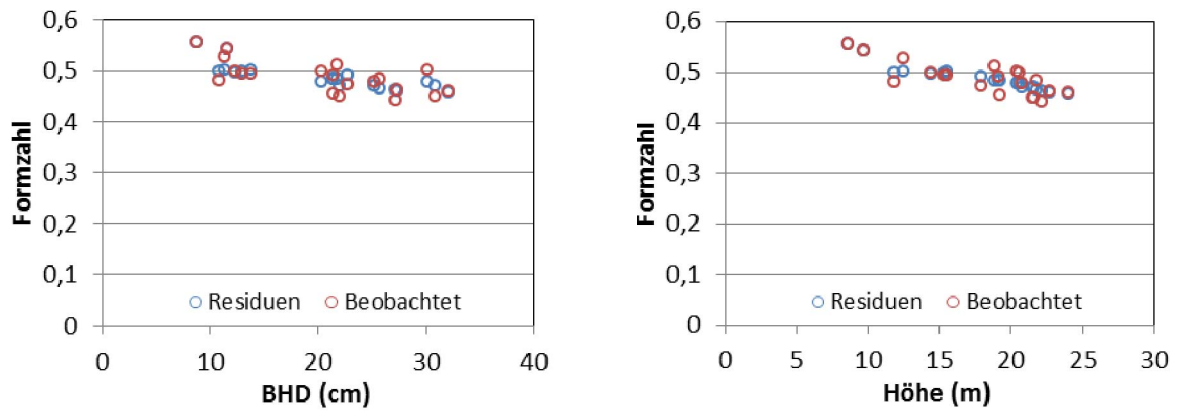


Abb. 24, Vergleich der Residuen mit den beobachteten Formzahlen in Bezug auf den BHD & Abb. 25 Vergleich der Residuen mit den beobachteten Formzahlen in Bezug auf die Höhe

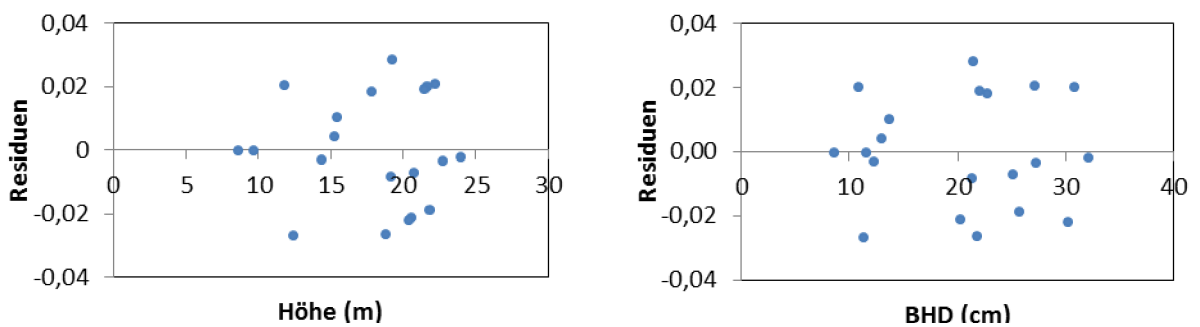


Abb. 26, Abweichungen der Residuen zu den beobachteten Formzahlen nach BHD & Abb. 27 Abweichungen der Residuen zu den beobachteten Formzahlen nach Höhe

Wie bereits unter 6.7.1 *Bestandesformzahl* beschrieben, nimmt die Formzahl in der vorliegenden Untersuchung mit zunehmendem BHD und Höhe ab. Zum gleichen Ergebnis kommt die in *Abb. 24, Vergleich der Residuen mit den beobachteten Formzahlen in Bezug auf den BHD & Abb. 25 Vergleich der Residuen mit den beobachteten Formzahlen in Bezug auf die Höhe* dargestellten Auswertungen der neuparametrisierten Schaftholzformzahlfunktion nach Pollanschütz.

6.8 Bestandesoberhöhenentwicklung

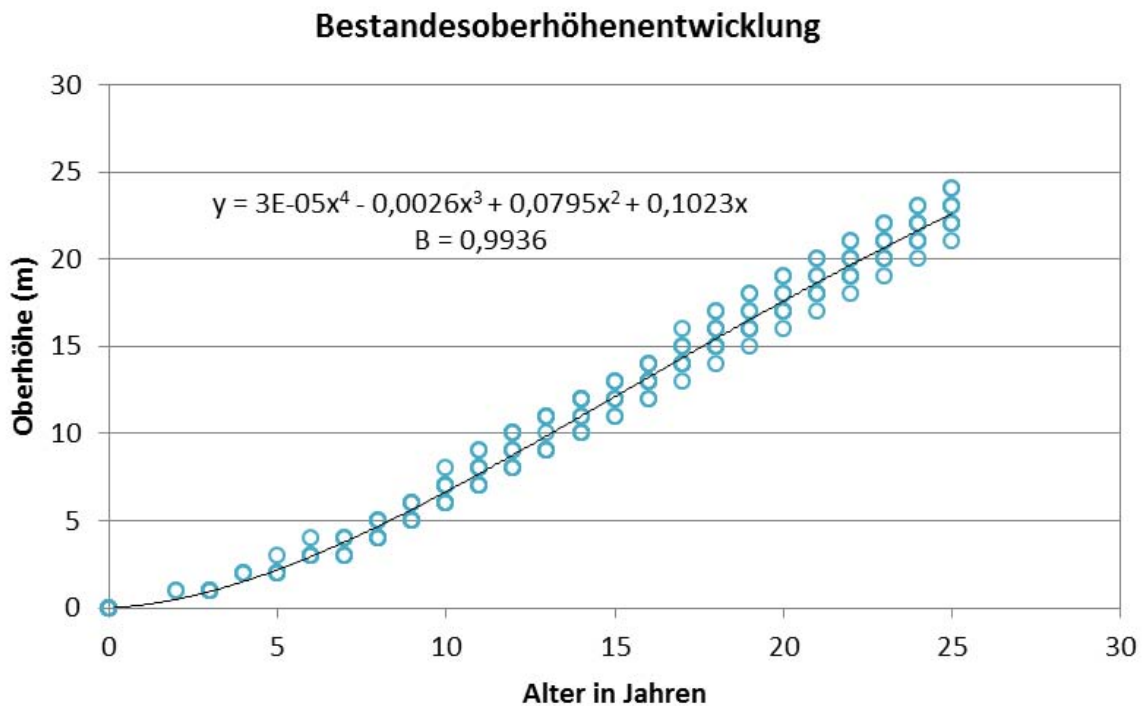


Abb. 28, Bestandesoberhöhenentwicklung der Oberhöhenstämme

Aus den Analysen der Oberhöhenstämme, der zehn Plots ergibt sich ein einheitliches Bild des Höhenzuwachses. Nach anfänglich geringen Höhenzuwachsrate, konnte an allen Oberhöhenstämmen ein massiver Anstieg der Zuwächse ab einem Bestandesalter von fünf Jahren beobachtet werden.

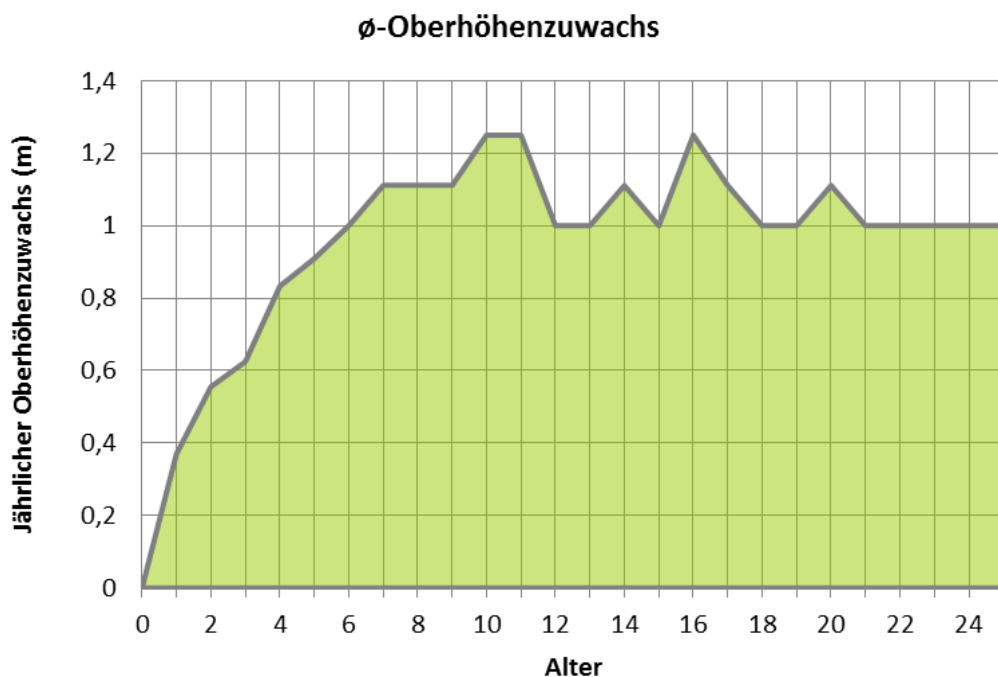


Abb. 29, Durchschnittliche Höhenzuwächse der Oberhöhenstämme

Wie in *Abb. 29, Durchschnittliche Höhenzuwächse der Oberhöhenstämme* ersichtlich ist, wurden mit durchschnittlichen 1,25 Metern pro Jahr die größten Höhenzuwächse der Oberhöhenstämme im 10, 11 und 16 Jahr nach der Pflanzung gemessen. In den darauf folgenden neun Jahren konnten diese Zuwächse nicht mehr erreicht werden und gingen auf einen Meter zurück.

7 Diskussion

7.1 Ertragskundliche Diskussion des Erhebungsbestandes

Baumartenverteilung

Trotz der Beschreibung als KTa-Reinbestand ergab die Erhebung eine hohe Anzahl an vorkommenden Baumarten [n=9]. Diese kann als Indiz für den Artenreichtum von Küstentannenbeständen und die relativ geringe Konkurrenzkraft der Küstentanne gesehen werden. Da die anderen vorkommenden Baumarten anfangs entfernt wurden weil sie der Christbaumproduktion nicht zuträglich waren, handelt es sich bei diesen ausschließlich um Nachwüchse die sich zunehmend zu etablieren scheinen.

	Stammzahlverteilung	Volumsverteilung
Küstentanne	72,0%	93,7%
LH hart (Ah, Bu, Ei, Hbu)	14,1%	2,6%
LH weich (Bi, W, Li)	13,3%	3,6%
Fichte	1%	0%
	100,0%	100%

Tab. 4, Vergleich von Stammzahl- und Volumsverteilung

Die anfängliche Überlegenheit des raschwüchsigen LH weich ist in ihrem gegenüber dem LH hart um 1% höheren Bestandesvorrat im Bestandesalter von 25 Jahren ersichtlich. Wie aus den Zahlen der Stammzahlverteilung von *Tab. 4, Vergleich von Stammzahl- und Volumsverteilung* zu entnehmen ist, scheint mit zunehmendem Bestandesalter weniger lichtbedürftiges LH hart den Bestand zu unterwandern und LH weich zu ersetzen. Diese Unterwandung zeigt sich anhand der bereits höheren Stammzahl von LH hart gegenüber LH weich. Neben der großen Anzahl an verschiedenen Baumarten ist die mit 1636 n/ha sehr hohe Stammzahl ein überraschendes Ergebnis der Bestandesauswertung. Als Grund für diese hohe Stammzahl kann das Ausfallen einzelner KTa und die geringe Kompensationsfähigkeit des frei gewordenen Standraums durch andere KTa in Kombination mit der Laubholzdominanz in der submontanen Stufe des Untersuchungsbestandes gesehen werden. Dies und die erst ab einem Alter von 20 Jahren einsetzende Mannbarkeit der KTa (Burns & Honkala, 1990) führten zu einem Laubholzanteil von über 27% der Stammzahl. Die geringe Kompensationsfähigkeit des Standraums wird durch die sehr schmale Kronenform der KTa erklärt. Eine irrtümliche Annahme wäre aber auch, dass die KTa bei größeren Standräumen nicht die Fähigkeit der Zuwachskonzentration auf den überbleibenden Bestand an den Tag legen würde. Demel und Reh (2013) zeigten für einen stark durchforsteten KTa-Bestand dieses Zuwachskompensationspotential der überbleibenden Individuen. Die Folgerung, dass die Entstehung größerer Lücken vor allem Laubholz fördernd wirkt, lässt sich am Untersuchungsbestand bestätigen. Diese festgestellte Tätigkeit der Lückenfüllung ist für Laubholz auch mit Daten der Erhebungen belegbar, da weder LH hart noch LH weich in BHD-Klassen größer 20 cm vorkommen und die KTa daher 93,7% des Bestandesvorrates

erreicht. Die Dominanz von LH hat in den BHD-Klassen 5 und 7,5 cm lässt für die Zukunft aufgrund der enormen Konkurrenzkraft und zu erwartender Zuwächse, höher Prozentsätze als aktuell 2,6% am Gesamtvorrat erwarten.

Vorrat und Zuwachs

Der an 10 Plots erhobene Hektarvorrat ergab im Mittel 475,9 Vfm_S/ha bei einem Minimum von 300,8 Vfm_S/ha auf Plot Nr. 1 und einem Maximum von 672,1 Vfm_S/ha auf Plot Nr. 8. Im Vergleich mit einem angrenzenden, gleichaltrigen Fi-Bestand mit einem Bestandesvorrat von 111 Vfm_S [EKL=11, $dgz_{(100)}$, Fi-Weittra, Marshall (1976)] ergab einen Mehrvorrat von 328%. Dieser Bestandesvorrat wurde bereits im Alter von 25 Jahren bei einer durchschnittlichen Grundfläche von 50,1 m^2/ha erreicht. Die Spreitung der Grundfläche auf den 10 Plots bewegt sich zwischen 31,3 und 64,7 m^2/ha wieder auf den Plots 1 bzw. 8. Die Ermittlung der Bestandesformzahl ergab mit 0,4843 ein geringfügig höheres Ergebnis als die von Demel und Reh (2013) im Bestandesalter von 20 Jahren mit 0,450 bestimmte Formzahl. Ein Vergleich des Zusammenhangs zwischen Formzahl und BHD bzw. Formzahl und Höhe ergab, dass mit einem Bestimmtheitsmaß von 79,3% mehr Werte über den Zusammenhang zwischen Formzahl und Höhe als zwischen Formzahl und BHD mit 71,5% erklärt werden können. Die an einem österreichischen Küstentannenbestand erstmals durchgeführte Parametrisierung der Schaftholzformzahlfunktion nach Pollanschütz ergab mit einer Standartabweichung der Residuen von 0,02093 ein sehr homogenes Bild. Als Gründe dafür können einerseits die geringen Unterschiede hinsichtlich der Standortbedingungen auf der Fläche und andererseits eine einheitliche Bestandesbehandlung in der Vergangenheit verantwortlich gemacht werden. Die große Spreitung der Formzahlen sowie deren festgestellte Abnahme mit zunehmender Baumhöhe und BHD lassen sich mit der sozialen Stellung des jeweiligen Baumes erklären. Bäume der Kraft'schen Baumklassen 5a und 4 weisen die höchsten Formzahlen auf. Diese Individuen besitzen in Relation zur Baumhöhe betrachtet, die geringsten Kronenlängen. Wahrscheinlich sind daher die hohen Formzahlen als Anpassung an die Kopplastigkeit dieser unterwüchsigen Bäume zu sehen, die trotzdem ausreichende Einzelbaumstabilitäten garantieren. Fehlende Trends in den *Abb. 26*, Abweichungen der Residuen zu den beobachteten Formzahlen nach BHD & *Abb. 27* Abweichungen der Residuen zu den beobachteten Formzahlen nach Höhe zeugen von einer ausgeglichenen Parametrisierung der Schaftholzformzahlfunktion nach Pollanschütz. Generell kann über die Formzahlen [beobachtete und die mittels der Schaftholzformzahlfunktion nach Pollanschütz berechneten Residuen] geschlossen werden, dass sie typisch für Tannen relativ hoch ausfallen [zwischen 0,44 und 0,55].

Um die bereits mehrfach beschriebenen Unterschiede zwischen den verschiedenen Studien besser darzustellen, werden in *Tab. 5*, *Vergleich der erhobenen Bestandeswerte*, die Ergebnisse zweier vergleichbarer Studien über KTa-Bestände der Wuchsgebiete 9.1 Mühlviertel und 9.2 Waldviertel in Relation zu den vorliegenden Ergebnissen dieser Arbeit gestellt.

Beschreibung	Versuchsfläche Wögerbauer		Versuchsfläche Ottenstein	Bestand "Moosböckhof"
Ort, Wuchsgeb.	4201 Gramastetten, 9.1 MV		3532 Rastefeld, 9.2 WV	4381 St. Nikola, 9.1 MV
Seehöhe	500 m		520 m	420m
Betreuung durch	BBK-Urfahr (Oö)		BFW	-
Begründungsjahr	1972		1985	1991
Fläche (ha)	0,239		2 x 0,12	1,96
Alter	20	30	25	25
N/ha	1165	-	508	1636
Stehender Vorrat (Vfm _S)	247,6	672,9	287	476
GWL (Vfm _S)	353,7	820,5	487	476
dGz (Vfm _S /ha/J)	12,38	27,35	19,48	19,04
G (m ²)	42,29	-	32,3	50,1
d _φ (cm)	-	-	28,4	17,6
h _φ (m)	-	-	19,6	19,9
d _{max} (cm)	-	-	35,6	37,6
h _{max} (m)	-	-	21,1	24,9
Quelle	Demel & Reh (2013)		Bubna-L. & Kristöfel (2012)	*Untersuchungsbestand

Tab. 5, Vergleich der erhobenen Bestandeswerte. **MV** = Mühlviertel, **WV** = Waldviertel, **BBK** = Bezirksbauernkammer, **BFW** = Bundesforschungszentrum für Wald;

Wie in Tab. 5, Vergleich der erhobenen Bestandeswerte ersichtlich ist, sind die beiden Vergleichsbestände bis zum Erhebungszeitpunkt bereits durchforstet worden, nicht jedoch der Untersuchungsbestand. Dies zeigt sich an den unterschiedlichen Werten zwischen stehendem Bestand und Gesamtwuchsleistung der Vergleichsbestände. Ein weiterer wesentlicher Faktor, der zwischen den drei Flächen hervorgehoben werden muss, ist die Tatsache, dass die beiden Versuchsflächen Wögerbauer und Ottenstein keine anderen Baumarten als KTa aufwiesen, sehr wohl aber der Untersuchungsbestand. Dies zeigt sich an der Stammzahl, die mit 1636 Stämmen am Hektar um 40% höher als bei der Fläche Wögerbauer und 220% höher als bei der Fläche Ottenstein ist. Als Folge der hohen Stammzahl ergaben die Auswertungen einen geringen Durchmesser des Kreisflächenmittelstamms [$d_g=17,6$ cm]. Beim Vergleich des Bestandeszuwachses mit den anderen beiden Flächen zeigte sich, dass der Untersuchungsbestand mit einem durchschnittlichen Gesamtzuwachs von 19,04 Vfm_S/ha den geringsten Zuwachs aufweist. Ob der potentiell mögliche Zuwachs grundsätzlich höher angenommen werden kann, lässt sich nicht beantworten. Grund dafür ist, dass in Wuchsversuchen ein Ausfallen von Pflanzen nie ausgeschlossen werden kann und das Ausfallen von Pflanzen im Untersuchungsbestand nicht auf Konkurrenzvegetation bzw. besondere Umstände zurück zu führen ist. Der Vergleich des Ausfallsprozents mit denen von Krejzek et al. (2015) in Südböhmen [Tschechien] bei verschiedenen Provenienzen festgestellten, liefert hierfür einen Anhaltspunkt. Im Untersuchungsbestand liegt das Ausfallprozent bei ca. 26%. Krejzek et al. (2015) konnte Ausfälle bei Beständen mit einem Alter von 35 Jahren zwischen 8 und 76% beobachten. Das festgestellte Mittel betrug 40%. Als Gründe für die hohen Ausfälle machten sie Trockenperioden sowie Überflutungen in der Kulturphase verantwortlich, nicht jedoch „self-thinnig“. Self-thinnig beschreibt die Tatsache, dass

vorherrschende bzw. herrschende Individuen andere verdrängen und zum Absterben bringen. Dieser Effekt kann im Untersuchungsbestand bereits festgestellt werden und lässt auf eine Vollbestockung schließen.

Die von Lockow & Lockow (2007) festgestellte Kulmination des Oberhöhenwachstums im Alter von 15 Jahren konnte mit den Daten des Untersuchungsbestandes zwar nicht eindeutig untermauert werden, da gerade im Bestandesalter zwischen 12 und 15 Jahren geringe Rückgänge der in *Abb. 29, Durchschnittliche Höhenzuwächse der Oberhöhenstämme* dargestellten, jährlichen Oberhöhenzuwächse festzustellen sind. Der von Lockow und Lockow beschriebene langsame Rückgang des Oberhöhenwachstums in den darauf folgenden Jahren kann allerdings gut aus der geringen Datenmenge des Bestandes gelesen werden. Da die Datengrundlage dieser Arbeit von einem einzelnen gleichaltrigen Bestand gebildet wird, können Witterungseffekte verantwortlich für die geringen Höhenzuwächse zwischen dem 12. und dem 15. Jahr gemacht werden. Mit einer durchschnittlichen Oberhöhe der 10 Plots von 23,38 m weist die Küstentanne gegenüber ihrem Nachbarbestand, einem gleichaltrigen Fi-Bestand [EKL=11, dgz(100), Fi-Weittra, Marshall (1976)] mit einer Oberhöhe von 10,5 m eine um 120% höhere Oberhöhe auf. Die angestrebte Oberhöhenbonitierung zur Abschätzung der Bestandesentwicklung mit dem Oberhöhenfächer von Lockow und Lockow (2007) ist nicht möglich, da die Bestandesoberhöhe des Untersuchungsbestandes mit 23,38 m die Oberhöhe der besten Ertragsklasse [EKL I] im Alter 25 um über 6,5 m übersteigt.

Aufgrund der bereits erwähnten Nichtdurchforstung des Untersuchungsbestandes fielen die Durchmesser der Zentralstämme, welche für die Zuwachsbohrung heranzuziehen waren, sehr gering aus. Dies hat zur Folge, dass die soziale Stellung der Zentralstämme häufig mit den Kraft'schen Baumklassen 3 und 4 zu bewerten sind und die Radialzuwächse entsprechend gering ausfallen. Des Weiteren ist zu beachten, dass für die Hochrechnung ausgehend vom Zentralstamm, nur die Anzahl der KTa zu berücksichtigen ist, welche aber nur 72% der Stammzahl ausmachen. Dies führt zu der Annahme, dass eine Konzentration des Zuwachses auf die KTa mittels einer massiven Entnahme von Laubholz und einer Konzentration des Bestandeszuwachses auf geringere Kraft'sche Klassen zu einem massiven Anstieg des mit 22,94 $Vfm_s/ha/J$ relativ geringen Bestandeszuwachses führen müssten [Bestandeszuwachs der letzten fünf Jahre, siehe *Abb. 16, 5-jähriger KTa-Zuwachs des Untersuchungsbestandes*]. Ein Vergleich des 5-jährigen Bestandeszuwachses von 22,94 $Vfm_s/ha/J$ mit dem 10-jährigen von 22,03 $Vfm_s/ha/J$ zeigt einen leichten Anstieg im Zuwachs der letzten 5 Jahre. Die von Demel und Reh (2013) festgestellten Jahreszuwächse zwischen dem Bestandesalter 20 und 30 zeugen mit 46,7 Vfm_s/ha in beeindruckender Manier von dem Volumszuwachspotential in dieser Bestandesphase. Mit 33,48 $Vfm_s/ha/J$ im Mittel der letzten fünf Jahre, zeigt Plot Nr. 6 den höchsten Zuwachs aller Plots auf der Untersuchungsfläche, rangiert damit aber immer noch weit unter den Zuwächsen von Demel und Reh. Neben der Untersuchung von Demel & Reh (2013), die eine perfekt gepflegte Fläche als Grundlage hat, zeigt sich im Vergleich mit Hofmann (2011) und Bubna-Litic & Kristöfel (2012), dass Bestände, die nicht nach dem „Schrebergarten-Prinzip“ gepflegt wurden, ähnliche Ergebnisse liefern.

Konkretisiert bedeutet dies, dass mit entsprechendem Pflegeaufwand zwar durchschnittliche Gesamtzuwächse von 33,2 Vfm/ha/Jahr (Demel & Reh, 2013) bei einem Bestandesalter von 40 Jahren potentiell möglich sind, bei üblichen Bewirtschaftungsmustern [zb.: Kulturpflege – 1 bis 3 Durchforstungen - Endnutzung] aber nicht erreichbar scheinen. Hofmann (2011) verwies daher auf die fehlende Eignung der Gesamtwuchsleistung bei Bestandesvergleichen, im Besonderen bei Beständen unterschiedlichen Alters. Als wesentlich geeigneter sah Hofmann (2011) den Altersdurchschnittszuwachs des stockenden Bestandes an. Aufgrund des geringen Bestandesalters des Untersuchungsbestandes ist ein Vergleich mit anderen Studien, die in der Regel 30 bzw. 40 jährigen Beständen auswerteten nicht möglich.

Einschätzung der Wuchsleistung der Küstentanne im Wuchsgebiet 9.1 Mühlviertel

Als Baumart der submontanen bis mittelmontanen Höhenstufe ist die Küstentanne prinzipiell hervorragend an die Wuchsbedingungen des Mühlviertels bis in Lagen um 1000 m angepasst. Unterschiede in der Wuchsleistung bezogen auf unterschiedliche Höhenlagen konnten aufgrund der geringen Anzahl an Versuchsanbauten im Mühlviertel bzw. den angrenzenden biogeographischen Raumeinheiten nicht festgestellt werden. Verschiedene Untersuchungen in angrenzenden biogeographischen Raumeinheiten (Bubna-Litic & Kristöfel, 2012 [Waldviertel]; Demel & Reh, 2013 [Mühlviertel]; Hofmann, 2011 [Oö. Alpenvorland]; Krejzek et al., 2015 [Südböhmen]) stützen die Annahme, dass die Küstentanne im Mühlviertel eine besonders hohe Wuchsleistung realisieren kann. Die Daten von Hofmann (2010), Demel & Reh (2013) und die der vorliegenden Untersuchung offenbaren, dass bei Umtriebszeiten unter 40 Jahren, Massenerträge zu erwarten sind, die die von angrenzenden Fichtenbestände um das Doppelte übertreffen. Der Grund für das mit 40 Jahren äußerst geringe Abtriebsalter ist die von Lockow & Lockow (2007) gezeigte Kulmination des Bestandeszuwachses mit rasch einsetzender Abflachung im Alter zwischen 35 und 45 Jahren. Liesebach & Weißenbacher (2008) beschreiben die Küstentanne als Baumart, die besonders auf Standorten mit silikatischer Unterlage hervorragend wächst. Diese Aussage stimmt mit den ertragskundlichen Ergebnissen dieser Arbeit überein und bestätigt das viel diskutierte Ertragspotential der Küstentanne im Mühlviertel.

7.2 Abschätzung der Wertleistung von Küstentannenholz

Aufgrund der aktuell nur geringen Mengen an anfallendem Küstentannenholz ist die Vermarktung desselbigen schwierig, da es in der nachgelagerten Holzverarbeitung keine auf Küstentannenholz spezialisierte Betriebe gibt. Neben den aus Deutschland immer wieder kolportiert hohen Preisen um 90 € für Mischsortiment der Stärkeklassen 2a+ (Scheible, 2012) gibt es aus Österreich ähnliche Meldungen. Ofö Heinrich Anibas, Leiter eines Revieres der Windhag'schen Stipendienstiftung und des Forstgartens Ottenstein bestätigte in einem Gespräch am 3. Juli 2015 den Verkauf von Küstentannendurchforstungsholz der Versuchsfläche Ottenstein um den

branchenüblichen Tannenpreis. Dem gegenüber steht die Abrechnung der nach den Erhebungen für diese Arbeit durchgeführten Durchforstung des Untersuchungsbestandes. Der dabei realisierte Verkaufserlös lag bei 56 €/fm exkl. MwSt. für alle Stärkeklassen mit einem Zopfdurchmesser größer 12 cm.

Das sich aus den vorliegenden Daten abzeichnende Bild kann über die Stärke, die größere Forstbetriebe am Holzmarkt haben, erklärt werden. Anzunehmen ist, dass holzverarbeitende Betriebe häufig große Mengen an Holz von einzelnen Betrieben beziehen und langfristige Handelsbeziehungen anstreben und daher geringe Mengen an Küstentannenholz „mitnehmen“, um etwaige Probleme, die bei zukünftigen Vertragsabschlüssen entstehen könnten, zu vermeiden. Für kleine Forstbetriebe bzw. landwirtschaftliche Betriebe hat dies zur Folge, dass wie am Untersuchungsbestand des Forstgutes Moosböckhof eine Vermarktung als Verpackungsholz zu relativ geringen Preisen die einzige Chance ist, einen Preis über dem von Industrieholz zu realisieren. Die häufig diskutierte Holzqualität der Küstentanne ist stark abhängig von der Jahrringbreite. Hapla (2011) zeigt in seiner Arbeit, dass mit zunehmender Jahrringstärke eine Abnahme der Rohdichte einhergeht. Als weitere Erkenntnis beschreibt Hapla (2011) die sehr gute Korrelation der mechanischen Eigenschaften des Holzes und der Rohdichte. Verantwortlich für starke Jahrringe und damit schlechtere mechanische Eigenschaften macht er vor allem die standörtlichen Gegebenheiten sowie die waldbauliche Bestandesbehandlungen. Allgemein kann über die Holzqualität der Küstentanne gefolgert werden, dass diese nicht ganz das Niveau der Fichte erreicht (Hapla, 2011; Ruhm, 2013; Spellmann, 2011). Ein Faktor der bei einer Diskussion über die Holzqualität der Küstentanne nicht fehlen darf, ist die Gefahr des Auftretens von Holzfäulen. Besonders Hallimasch [*Amillaria* sp.] und Wurzelschwamm [*Heterobasidion annosum*] sorgen mit ihren Weißfäulen für Wertminderungen, die zu hohen Ertragseinbußen führen können. Ruhm (2013) bezeichnet die Küstentanne als „sehr anfällig“ hinsichtlich dieser beider Stamm- bzw. Wurzelfäuleerreger. Besondere Vorsicht ist bei kurzen Eingriffsintervallen geboten, da offene Stellen die Wahrscheinlichkeit einer Infektion stark erhöhen.



Abb. 30 und Abb. 31, Festgestellte Beispiele für Stockfäule im Untersuchungsbestand

Eine zukünftige Ausweitung des Küstentannenbaus eventuell auch bedingt durch einen klimatischen Rückgang der Fichte, würde mit Sicherheit eine Veränderung der Vermarktungssituation bedeuten, da bei entsprechendem Holzaufkommen,

holzverarbeitende Betriebe die sich auftuende Chance mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht entgehen lassen würden (Ruhm, 2013). Trotz der aktuell schwierigen Vermarktung der Küstentanne erreicht sie auch beim aktuellen Preisniveau beachtliche Deckungsbeiträge und in der Reinertragskalkulation aufgrund der geringen Umtriebszeiten vielfach höhere Ergebnisse als Baumarten mit einer längeren Umtriebszeit. Finden sich Forstbetriebe in den Überlegungen wieder, höhere Renditen erreichen zu wollen bzw. am globalen Holzmarkt konkurrenzfähig zu bleiben, so bietet sich die Küstentanne in hervorragender Weise als Devisenbringer an. Dabei stehen natürlich nicht die ökologischen Aspekte sondern einzig und allein ökonomische im Vordergrund.

7.3 Invasivität der Küstentanne

Aufgrund der wenigen Anbauflächen in Mitteleuropa gibt es keine Studien, die die Invasivität der Küstentanne wissenschaftlich bewerten. Eine Auswertung der vorhandenen Literatur von allen forstlich relevanten, fremdländischen Baumarten im Mitteleuropäischen Raum wurde von einer Expertengruppe um Torsten Vor, Hermann Spellmann, Andreas Bolte und Christian Ammer im Jahr 2015 erstellt (Vor et al., 2015). Ihr vorrangiges Ziel war es, eine wissenschaftliche Grundlage zu schaffen, die eine Nicht-Aufnahme der Douglasie sowie einiger anderer Baumarten in eine europaweite Liste an invasiven Arten, die im Jahr 2016 von der Europäischen Union veröffentlicht werden sollte, ermöglicht. Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Küstentanne auch naturschutzfachlich kritisch betrachtet und als eindeutig nicht invasiv bezeichnet. Verantwortlich für diese Einstufung ist die von Spellman et al. (2015) beschriebene Verjüngungsproblematik sowie das auch in Nordamerika beobachtete Auftreten in Mischbeständen, welche nur äußerst selten in natürlichen Küstentannenreinbeständen übergehen. Naturverjüngung wurde in Deutschland laut Spellmann et al. (2015) nur in Beständen beobachtet, die durch Bodenverwundungen aufgrund von Holzerntemaßnahmen bzw. einer entsprechenden Bodenbearbeitung eine gestörte Humusaufgabe vorzuweisen hatten.

Abschließend folgerten Spellmann et al. (2015) über die Invasivität der Küstentanne: „Verjüngungsökologie und Ausbreitungsdynamik der Küstentanne schließen ein invasives Verhalten dieser Baumart aus.“

7.4 Beurteilung der Potentiale/Risiken hinsichtlich des Klimawandels

Die Jahresdurchschnittstemperaturen und die jährlichen Durchschnittsniederschläge des Zeitraums 1981-2010 im Wuchsgebiet 9.1 Mühlviertel, bewegen sich zwischen 4 C° am höchsten Punkt des Mühlviertels, am 1379 m hohen Plöckenstein und 9 C° in den niedrigsten Bereichen sowie zwischen 700 mm im Freistädterbecken und 1400 mm wiederum am Plöckenstein (Doris Atlas 4.0). Das nordamerikanische Vorkommen der Küstentanne deckt hinsichtlich dieser beiden Parameter eine Spreitung zwischen 6-10 C° Jahresdurchschnittstemperatur sowie zwischen 360-2820 mm Jahresdurchschnittsniederschlag ab (Foiles et al., 1965). Diese grundsätzliche Übereinstimmung führt zum vielfach beschriebenen Potential der Küstentanne (Liesebach & Weißenbacher, 2007; Hofmann, 2011; Lockow & Lockow, 2007; Spellmann et al., 2015;

Ruhm, 2013;). Wichtig ist trotz der allgemeinen Übereinstimmung eine genauere Betrachtung etwaiger Probleme. Huber et al. (2012) konnten im ehemaligen Forstbezirk Wildberg in Baden-Württemberg ein großflächiges Ausfallen der Küstentanne als Folge des Trockensommers 2003 ausmachen. Ihre Daten zeigen, dass über 50% (27,67 ha) der mit Küstentannen bestockten Flächen ausfielen. Besonders schwerwiegend waren die Ausfälle aufgrund der Tatsache, dass sie vor allem Bestände mit einem Alter größer 40 Jahren im flächigen Ausmaß betrafen. Trockenrisse, massiver Nadelverlust im Herbst und Harzfluss am Stammfuß wie von Huber et al. (2012) beschrieben, konnten nach dem extrem trockenen Sommer im Jahre 2015 am Untersuchungsbestand ebenfalls beobachtet werden. Abzuwarten bleiben in diesem Zusammenhang die Folgen dieses Ereignisses auf die eventuell eintretende Mortalität.

Die bereits unter 7.2 *Abschätzung der Wertleistung von Küstentannenholz* beschriebenen Probleme durch Wurzel- und Stammfäuleerreger müssen hinsichtlich der Risikobetrachtung berücksichtigt werden, da Trockenheitsereignisse zukünftig häufiger zu erwarten sind und Trockenrisse am Stamm zusätzliche Eintrittspforten für Wurzelschwamm und Hallimasch bilden. Das Auftreten von biotischen Schadfaktoren stellt zum jetzigen Zeitpunkt in Europa kein wirkliches Problem dar. Beachtung ist den auch aus der Kultivierung anderer Koniferenarten bekannten Schadfaktoren wie dem Großen Braunen Rüsselkäfer [*Hylobius abietis*] oder dem verbeißenden, schälenden und fegenden Schalenwild zu schenken (Spellmann et al., 2015). Interessant ist die Tatsache, dass Küstentanne weniger als Weißtanne [*Abies alba*] verbissen wird und zusätzlich dem Äser schneller entwächst (Spellmann et al., 2015).

Eine abschließende Betrachtung zeugt vom durchaus vorhandenen Potential der Küstentanne, besonders in den mittleren Lagen des Mühlviertels mit ausreichenden Niederschlägen. Sehr tiefe Lage mit aktuellen Jahresdurchschnittstemperaturen um 9 C° scheinen bei einer zu erwartenden Klimaerwärmung von mindestens 1,5 C° (IPCC, 2007) als nicht geeignete Bereiche für den Anbau der Küstentanne. Neben sehr tief gelegenen Bereichen stellt sich die Eignung der Küstentanne auf flachgründigen Kuppen und Oberhängen als sehr eingeschränkt heraus (Huber et al., 2012).

8 Conclusio

Die häufig beschriebenen extrem hohen Massenleistungen von Küstentannenbeständen im Mühlviertel (Demel & Reh, 2013; Bubna-L. & Kristöfel, 2012; Hofmann, 2011) werden mit einem Hektarvorrat von 475,9 Vfm_s/ha an einem mäßig versorgen Oberhang- bzw. Kuppenstandort zum Bestandesalter von 25 Jahren mit dieser Diplomarbeit unterstützt. Bestätigt werden konnte des Weiteren durch eine Analyse von 10 Oberhöhenstämmen die von Lockow & Lockow (2007) festgestellte Oberhöhenkulmination im Bestandesalter um 15 Jahren, welche in der vorliegenden Arbeit mit durchschnittlich 1,25 m den Maximalwert erreichte. In Bezug auf die Wertleistung der Küstentanne muss auf den im Gegensatz zur Fichte und Tanne geringen Holzpreis, mögliche Umtriebszeiten von 40-45 Jahren sowie ihre Prädisposition zur vollmechanisiert Ernte verwiesen werden. Mit entsprechenden Bewirtschaftungskonzepten kann die Küstentanne als äußerst ertragsstarke Baumart angesehen werden. Realistischer Weise sollte beim Küstentannenbau nicht die Produktion von Wertholz sondern Paletten- bzw. Industrieholz angestrebt werden. Konflikte mit dem österreichischen Forstgesetz aus dem Jahre 1975 das in §80, Absatz 3 zwar ein Verbot der Nutzung hiebsunreifer Bestände [bis zum Alter 60] vorsieht, wurden aufgrund der Klassifizierung der Küstentanne als raschwüchsige Baumart in einer Verordnung vom 21. Februar 1978, entschärft. Grund dafür ist §2 dieser Verordnung, der die Obergrenze der Hiebsunreife mit 40 Jahren für Küstentanne, Douglasie und Weymouthskiefer festlegt.

Mit einer prognostizierten Klimaerwärmung um mindestens 1,5 C° (IPCC, 2007) sind Aufforstungen in den tiefen Lagen des Mühlviertels aufgrund der klimatischen Ansprüche der Küstentanne nicht zu empfehlen. Als mögliche Schadfaktoren, die wirtschaftlich bedeutende Schäden verursachen können, müssen beim Küstentannenbau im Mühlviertel fehlende Niederschläge in den Sommermonaten und Pilzpathogene genannt werden. Die Höhe der Pflanzzahl an der angestrebten Stammzahl zum Abtriebszeitpunkt zu orientieren und gänzlich auf Durchforstungen zu verzichten um Rindenverletzungen und somit Eintrittspforten für Pilzpathogene zu verhindern, scheinen gangbare Möglichkeiten für einen erfolgreichen Küstentannenbau. Abgeleitet bedeutet dies mit der Betriebsform schlagweiser Hochwald, eine äußerst intensive Art der Bewirtschaftung ähnlich *Pinus radiata* Plantagen in anderen Ländern. Abschließend kann gefolgert werden, dass der Küstentannenbau im Wuchsgebiet 9.1 Mühlviertel großes waldbauliches Potential aufweist. Eine klimatische Einschränkung des Anbaues ist aufgrund der Temperaturansprüche auf eine Seehöhe zwischen 350 bis 900 m gegeben. Optimal scheint die Küstentanne für den Anbau auf Problemflächen mit übermäßigem Unkrautdruck aufgrund ihres enormen Oberhöhenwachstums in der Kultur- und Dickungsphase geeignet zu sein. Als Baumart, die ausreichend mit Nährstoffen versorgte Böden bevorzugt (Burns et al., 1990), scheint die Küstentanne ebenfalls sehr gut für Wiesenaufforstungen geeignet zu sein.

9 Formelverzeichnis

Formel 1, Durchmesser des Kreisflächenmittelstammes.....	33
Formel 2, Lorey'sche Mittelhöhe	33
Formel 3, Höhenkurventyp I.....	34
Formel 4, Höhenkurventyp II.....	34
Formel 5, Formzahlkonzept	35
Formel 6, Schaftholzformzahlfunktion nach Pollanschütz	35, 46
Formel 7, Durchschnittlicher Gesamtwuchs	35
Formel 8, Kreisflächenzuwachsprozent und Verhältnis zum Volumszuwachsprozent	36
Formel 9, Schaftholzformzahlfunktion nach Pollanschütz	46

10 Tabellenverzeichnis

Tab. 1, Holzqualität der Küstentanne (Scheible, 2012)	20
Tab. 2, Auswertungsergebnisse der Mittel- und Oberhöhenstämme	42
Tab. 3, Berechnung der Bestandesformzahl	45
Tab. 4, Vergleich von Stammzahl- und Volumsverteilung	50
Tab. 5, Vergleich der erhobenen Bestandeswerte. MV = Mühlviertel, WV = Waldviertel, BBK = Bezirksbauernkammer, BFW = Bundesforschungszentrum für Wald;	52

11 Literaturverzeichnis

- Andrae, F. (1990): Überraschende Ergebnisse bei betrieblichen Forstinventuren. Cbl. ges. Forstw. 107, S. 203-231.
- Assmann, E. (1961): Waldertragskunde. BLV München, S. 490.
- Beuschl, G. (1968): 33- bis 54-jährige Anbauversuche in Bayern. Forstwiss. Centralblatt 87, S. 176-182.
- Bubna-Litic, M., & Kristöfel F. (2012): Die Küstentanne - (k)eine empfehlenswerte Baumart? Forstzeitung 123 (4). Wien, S. 27-29.
- Bums, R.M. (1983): Silvicultural systems for the major forest types of the United States Agricultural Handb. 445. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, S. 19-22.
- Burns, R. M., & Honkala, B. H. (1990): Silvics of North America: Volume 1. Conifers. Agriculture Handbook 654. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC. vol.2, S. 52-59.
- Coward, G. (1977): Tree book: Learning to recognize trees of British Columbia. Victoria: Forest Service Information Division, B.C. Ministry of Forests. S. 76-79.
- Danneberg, O., Jasser, C., Katzensteiner, K., Luckel, W., Mutsch, F., Reh, M., Schuster, K., & Starlinger, F. (2001): Wald(boden)sanierung. ARGE für Waldveredelung und Flurholzanbau im Auftrag des Fachbeirates für Bodenfruchtbarkeit und Bodenschutz beim Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft. Forstliche Bundesversuchsanstalt. Wien, S. 14.
- Demel, G. & Reh, M. (2013): Riesentannen-Versuchsfläche 1972 „Wögerbauer“. Exkursionsführer zu Versuchsanlagen der Bezirksbauernkammer Urfahr – Forst. S. 6-10.
- Doris Atlas 4.0: Digitales Oberösterreichisches Raum-Informations-System [DORIS], 4021 Linz, Bahnhofplatz 1 | Telefon (+43 732) 77 20-12605. <https://doris.ooe.gv.at> [abgerufen am 16. März. 2016]
- Essl, F. (2007): Verbreitung, Status und Vergesellschaftung von *Pinus strobus* in Österreich. Tuexenia 27, S. 59–72.
- Filip, G.M., & Schmitt, C.L. (1990): RX for *Abies*: silvicultural options for diseased firs in Oregon and Washington. USDA Forest Service, GTR-PNW-252, S. 9-10.
- Foiles, M.W., Graham, R.T., & Olson, D.F.Jr. (1965): Grand fir, *Abies grandis* (Dougl.) Lindl. Silvics of forest trees of the United States. H. A. Fowells, comp. U.S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook 271. Washington, DC, S. 19- 24.
- Fuchs, G., & Matura, A. (1976): *Zur Geologie des Kristallins der südlichen böhmischen Masse*. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, Band 119, S. 15-17.
- Haig, I.T., Davis, K.T., & Weidman, R.H., (1941). Natural regeneration in the western white pine type. U.S. Department of Agriculture. Tech. Bull. 767, S. 55.
- Hapla, F. (2011): Verwendungsmöglichkeiten für Küstentannen-Schnittholz. Wälder im Klimawandel – Weißtanne und Küstentanne. LWF Wissen 66, S. 74-75.
- Hein, S., Jaumann, T.B., & Kohnle, U. (2014): Höhenwachstum von *Abies grandis* in Baden-Württemberg. Allgemeine Forstzeitschrift/Der Wald 3, S. 16-17.
- Hepting, G.H. (1971): Disease of Forest and Shade Trees of the United States. U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Agricultural Handbook 386. Washington, DC, S. 18-23.
- Hochbichler, E. (2016): Im Rahmen der Lehrveranstaltung Waldbau und Forsttechnik. LVNr: 915303, SS 2016, Universität für Bodenkultur Wien.

- Hofmann, H. (2011): Waldbauliche Untersuchungen zu den Baumarten Douglasie und Küstentanne in Oberösterreich – Diplomarbeit. Universität f. Bodenkultur, Wien, S. 105.
- Huber, J., Brändle, J., Hein, S., Borowski, M., & Endres, L. (2012): Nur wenige Gastbaumarten setzen sich durch. Holz-Zentralblatt, 138. Jahrgang, Heft Nr. 12, S. 327-328.
- IPCC. (2007): IPCC Fourth Assessment Report (AR4). Cambridge: Cambridge University Press. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, S. 6.
- Jasser, C. (2008): Douglasie in Oberösterreich: Möglichkeiten und Grenzen. BFW-Praxisinformation 16, S. 19 - 20.
- Jasser, C. & Diwold, G. (2011): Baumartenwahl im Mühlviertel. Empfehlungen für das Wuchsgebiet Mühlviertel und Sauwald. Amt der oberösterreichischen Landesregierung. Abteilung Land- & Forstwirtschaft. S. 71.
- Kastler, W. (2015): Mündliche Mitteilung im Rahmen eines Gesprächs zur Vorbereitung der Aufnahmen vom 3. September.
- Kilian, W., Müller, F., & Starlinger, F. (1994): Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. Forstliche Bundesversuchsanstalt 82, S. 53-55.
- König, A. (1995): Geographic variation of *Abies grandis* - provenances grown in northwestern Germany. *Silvae Genetica* 444, S. 248-255.
- Krejzek, R., Novotný, P., Podrázský, V., Beran, F., & Dostál, J. (2015): Evaluation of the IUFRO provenance plot with grand fir in the Habr locality (Western Bohemia) at the age of 31 years. *Journal of Forest Science*, 61(12), S. 551-561.
- Kristöfel, F. (2008): 120 Jahre ertragskundliche Versuche mit Douglasie. BFW-Praxisinformation 16, S. 14 – 16.
- Kuchler, A. W. (1964): United States [Potential natural vegetation of the conterminous United States]. Special Publication No. 36. New York: American Geographical Society. S. 16-28.
- Liesebach, M., Schüler S., & Weißenbacher, L. (2008): Herkunftsversuche der Küstentanne (*Abies grandis* [D. Don] Lindl.) in Österreich-Eignung, Wuchsleistung und Variation. *Austrian Journal of Forest Science*, 125. Jahrgang, Heft 3, S. 183-200.
- Liesebach, M., & Weißenbacher L. (2007): Erfahrungen mit *Abies grandis* in sommerwarmen Gebieten Österreichs. *Forst und Holz* 62, Heft 6, S. 19-20.
- Little, E.L. (1971): Atlas of United States trees, volume 1. Conifers and important hardwoods: U.S. Department of Agriculture Miscellaneous. Forest Service. Publication 1146. <http://databasin.org/datasets/9cf4c6b1432148858fd4d7f3e64d70f9> [abgerufen am 8.2.2016]
- Lockow, K., & Lockow, J. (2007): Anbau der Grossen Küstentanne in Brandenburg aus ertragskundlicher Sicht. *Forst und Holz* 62 (6), S. 15.
- Lorey, T. (1878): Die mittlere Bestandeshöhe. *AFZJZ* 54, S. 149-155.
- Marschall, J. (1976): Die neuen Ertragstabellen für Österreich. *Allgemeine Forstzeitung* 87, S. 195-200.
- Mayer, H. (1992): Waldbau auf soziologisch-ökologischer Grundlage. Fischer Verlag, Stuttgart, Jena, New York. 4. Auflage, S. 156.
- National Geologic Map Database. (2016): Geologic Map in the National Atlas of the United States of America – 2007. U.S. Department of the Interior. https://store.usgs.gov/y/images/PDFX/207470_sheet.pdf_9cf4c6b1432148858fd4d7f3e64d70f9 [abgerufen am 10.3.2016]
- Nesom, G. (2003): GRAND FIR *Abies grandis* (Dougl. ex D. Don) Lindl. USDA, NRCS, National Plant Data Center & Biota of North America Program. Plant Guide, S. 1-3.

- OÖN [Oberösterreichische Nachrichten]. (2016): Käferjahr 2016: Geht es der Fichte an den Kragen?. Ausgabe vom 25. Jänner. http://www.nachrichten.at/oberoesterreich/muehlviertel/Kaeferjahr-2016-Geht-es-der-Fichte-an-den-Kragen;art69,2092718,PRINT?_FRAME=33 [abgerufen am 1.6.2016]
- Pollanschütz, J. (1974): Formzahlfunktionen der Hauptbaumarten Österreichs. Allgemeine Forstzeitung 85, S. 341-343.
- Randall, W.K., & Berrang, P. (2002): Washington Tree Seed Transfer Zones. Washington State Department of Natural Resources. S.11-14
- Rohmeder, E. (1953): Anbauversuche mit *Abies grandis* in Bayern. AFZ 8, S. 577-580 und 589-590.
- Röhrig, E. (1978): Anbau-Ergebnisse mit *Abies grandis* in Deutschland, Schriften aus der forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt 54, S. 37-52.
- Röhrig, E. (1981): Neuere Grundlagen für den Anbau von *Abies grandis*. Frankfurt a. Main. Verlag Sauerländer. S. 6-30.
- Ruhm, W. (2013): Die Große Küstentanne, tolerant bei Trockenheit und Schneedruck. Die Landwirtschaft 6, S. 28-29.
- Scheible, A. (2012): Die Große Küstentanne *Abies grandis* in Nordrhein-Westfalen. Lehr- und Versuchsforstamt Arnsberger Wald, Schwerpunktaufgabe: Waldbau, Beratungsstelle für Forstvermehrungsgut, Kommern. http://www.waldbauernverband.de/2010/cms/upload/pdf-dateien/Kuestentanne_in_NRW.pdf [abgerufen am: 6.3.2016]
- Schober, R. (1978): Erste Ergebnisse von Anbauversuchen mit Tannen und anderen Koniferen aus Japan im Vergleich mit nordamerikanischen und europäischen Nadelhölzern. Teil 2. Die Versuche und ihre Ergebnisse. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, S. 197-221.
- Scholz, F., & Stephan, B.R. (1982): Growth and reaction to drought of 43 *Abies grandis* provenances in a greenhouse study. *Silvae Genetica*. 31, S. 27-35.
- Seidel, J., & Kenk, G. (2003): Wachstum und Wertleistung der Eichenarten in Baden-Württemberg. AFZ-Der Wald 1, S. 28-31.
- Silba, J. (1990): A supplement to the international census of the Coniferae. II. *Phytologia* 68, S. 7-78.
- Spellmann, H. (2011): Entscheidungshilfen zum Anbau und zur waldbaulichen Behandlung der Küstentanne. Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt - Abteilung Waldwachstum. https://www.nw-fva.de/fileadmin/user_upload/Verwaltung/Veranstaltungen/2011/Spellmann_H_Kta_Burghaun_2011-10.pdf [abgerufen am: 25.3.2016]
- Spellmann, H., Brang, P., & Hein, S. (2015): Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten - Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung. Große Küstentanne. Nora Tomm, Berlin, S. 19-32.
- Sterba, H. (2012): Im Rahmen der Lehrveranstaltung Forstlicher Biometrie I. LVNr: 914147, WS 2012, Universität für Bodenkultur Wien.
- Streckfuß, M. (2008): Dossier Invasive Arten. Waldwissen. http://www.waldwissen.net/dossiers/lwf_dossier_invasive_arten/index_DE [abgerufen am: 6.3.2016]
- Stratmann, J. (1991): Ausländer-Anbau in Niedersachsen. *Forst und Holz* 46 (9), S. 235-237.
- Van Pelt, R. (2008): Identifying Mature and Old Forests in Western Washington. Washington State Department of Natural Resources. Olympia, WA, S. 133-144.
- Vor, T., Spellmann, H., Bolte, A., & Ammer C., (2015): Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten - Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung. Nora Tomm, Berlin, S. 228.

Weise, W. (1880): Ertragstafeln für die Kiefer. Julius Springer, Berlin, S. 156.

Wilson, A.D. (1997): Rust-red stringy white rot: The Indian paint fungus, *Echinodontium tinctorium*. Pp. 25-26 in: Compendium of Conifer Diseases. Everett M. Hansen and Katherine J. Lewis, eds. APS Press, The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota. S. 101.

12 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1, Natürliches Verbreitungsgebiet der Riesentanne nach Little (1971) [Quelle: databasin]	11
Abb. 2, Durchschnittliches Baumvolumen verschiedener Herkünfte aus Krejzek et al. (2015) [I. Washington coast, II. Washington cascades, III. Oregon cascades, IV. Idaho & Montana, V. Vancouver]	13
Abb. 3, Ansprüche an den Nährstoff- und Bodenwasserhaushalt nach Burns et al., (1990) [1...vereinzelt Vorkommen, 2...Beigemisch, 3...Klimaxbaumart]	15
Abb. 4, Lage des Untersuchungsbestandes (Quelle: Doris Atlas 4.0)	24
Abb. 5, Genaue Lage des Bestandes mit Darstellung der 10 Plots (Quelle: Doris Atlas 4.0)	24
Abb. 6, 5 m tiefer Böschungsanschnitt im Untersuchungsbestand	26
Abb. 7 & Abb. 8, Zwei mit dem Spaten ausgehoben Bodenprofile im Küstentannenbestand	27
Abb. 9, Anordnung der 10 Plots (Quelle: Doris Atlas 4.0)	30
Abb. 10, Baumartenverteilung des Küstentannenbestandes. KTa = Küstentanne (<i>Abies grandis</i>), LHw = Laubholz weich, Bi = Hänge-Birke (<i>Betula pendula</i>), W = Salweide (<i>Salix caprea</i>), Li = Winterlinde (<i>Tilia cordata</i>), LHh = Laubholz hart, Ah = Bergahorn (<i>Acer pseudoplatanus</i>), Bu = Rotbuche (<i>Fagus sylvatica</i>), Ei = Stieleiche (<i>Quercus robur</i>), Hbu = Hainbuche (<i>Carpinus betulus</i>);	37
Abb. 11, Vorratsverteilung der Plots und Bestandesvorrat. Fi = Gemeine Fichte (<i>Picea abies</i>);	38
Abb. 12, Volumsverteilung nach Baumart & BHD-Klasse	39
Das höchste Volumen konnte in der BHD-Klasse mit 27,5 cm festgestellt werden. Die zwei in den BHD-Klassen 7,5 und 10 aufgenommenen Fichten spielen mit einem hochgerechneten Hektarvorrat von 0,4 VfmS eine untergeordnete Rolle und sind in <i>Abb. 12, Volumsverteilung nach Baumart & BHD-Klasse</i> kaum ersichtlich.	39
Abb. 13, Stammzahlverteilung des Küstentannenbestandes	40
Abb. 14, Stammzahlverteilung des Küstentannenbestandes nach BHD-Klassen	40
Abb. 15, 5-jähriger KTa-Zuwachs des Untersuchungsbestandes	41
Abb. 16, 10-jähriger KTa-Zuwachs des Untersuchungsbestandes	42
Abb. 17, Höhenkurventyp I im Kontrast mit Bestandeswerten	43
Abb. 18, Bestimmtheitsmaß des Höhenkurventyps I	43
Abb. 19, Höhenkurventyp II in Kontrast mit Bestandeswerten	44
Abb. 20, Bestimmtheitsmaß des Höhenkurventyps II	44
Abb. 21, Zusammenhang zwischen BHD und Formzahl [n=20]	45
Abb. 22, Zusammenhang zwischen Höhe und Formzahl [n=20]	46
Abb. 23, Vergleich der Residuen mit den beobachteten Formzahlen in Bezug auf den BHD & Abb. 24 Vergleich der Residuen mit den beobachteten Formzahlen in Bezug auf die Höhe	47
Abb. 25, Abweichungen der Residuen zu den beobachteten Formzahlen nach BHD & Abb. 26 Abweichungen der Residuen zu den beobachteten Formzahlen nach Höhe ...	47
Abb. 27, Bestandesoberhöhenentwicklung der Oberhöhenstämme	48

Abb. 28, Durchschnittliche Höhenzuwächse der Oberhöhenstämme	48
Abb. 29 und Abb. 30, Festgestellte Beispiele für Stockfäule im Untersuchungsbestand	55

13 Anhang

13.1 Bodenproben

cewe GmbH

Landwirtschaftliches Labor

Prüflaboratorium gemäß § 46 ÖO
Bodenschutzgesetz 1991 und § 15
Stierm. landwirtschaftliches Bodenschutzgesetz
1987, Autorisiert durch Kompostgüleverband

4542 Nußbach, Aurdorf 17

Telefon: (07587) 6030

FAX: (07587) 6030 60

email: landwirtschaftliches.labor@cewe.at



UNTERSUCHUNGSBEFUND

(gem. Oberösterreichischer Klärschlammverordnung LGBl. 62/2006)

Befund Nr.: 506/2016

Nußbach, am 10.03.2016

1. Probandaten (laut Probenentnahmeprotokoll)

Eigentümer bzw. Nutzungsberechtigter der Beprobungsfläche:	Etzelsdorfer Simon Blütenweg 16, 4310 Mauthausen
Kostenträger:	Etzelsdorfer Simon Blütenweg 16, 4310 Mauthausen
Datum der Probennahme:	

2. Befund

Labor Nr	Flurbezeichnung	Kul. art	pH CaCl ₂	mg/100g Bodenprobe						mg/1000g Bodenprobe					mmol I ⁺ /kg	%			
				pflanzenverfügbar					Nges	pflanzenverfügbar			KAK	Humus					
				P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Ca			P	K	Mg							
1416	Humus-Schicht	S	5,2	26	D	37	D	37	E		1165	113	D	307	D	370	E		32,1
1417	A-Horizont	S	4,4	12	C	15	C	8	C	46		52	C	125	C	80	C	59	8,3
1418	B-Horizont	S	4,4	8	B	11	B	2	A	17		35	B	91	B	20	A	17	4,7

Labor Nr	Flurbezeichnung	Kul. art	mg/1000g Bodenprobe					mg/100g Bodenprobe			%		µS					
			pflanzenverfügbar					Na pf	K fix	C/N	CaCO ₃	Ton	Aktivkalk	Leitf				
			B	Cu _{EDTA}	Zn _{EDTA}	Mn _{EDTA}	Fe _{EDTA}											
1416	Humus-Schicht	S										20,9						
1417	A-Horizont	S	0,8	2	32	55	1611											
1418	B-Horizont	S	0,4	1	39	20	600											

Versorgungsstufe: C

Sollwerte	Phosphor	Kalium	Magnesium	Bor	Kupfer	Zink	Mangan	Eisen	Natrium	Humus	P ₂ O ₅ :K ₂ O:Mg
Kulturart	pH	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	B	Cu	Zn	Mn	Fe	Na	
A - Acker	5,5 - 7,0	11 - 26	14 - 25	6 - 11	0,8	8	8	70	100		2 - 4 1 : 1,2 : 1
GL - Grünland	5,0 - 6,0	11 - 16	11 - 20	6 - 11	0,8	8	8	70	100	2 - 5 3 - 6	1 : 1,2 : 1

cewe GmbH
AUDORF 17
4542 NUSSBACH
TEL. 07587 / 6030
FAX 07587 / 6030-60
www.cewe.at

cewe GmbH
Landwirtschaftliches Labor

Prüflaboratorium gemäß § 46 ÖO
Bodenschutzgesetz 1991 und § 15
Steierm. landwirtschaftliches Bodenschutzgesetz
1987, Autorisiert durch Kompostgüterverband

4542 Nußbach, Aurdorf 17
Telefon: (07587) 6030
FAX: (07587) 6030 60
email: landwirtschaftliches.labor@cewe.at



2. Befund (Fortsetzung)

Labor Nr	Flurbezeichnung	Kul. art	mMol iÄ/kg				g/1000g Bodenprobe					%			
			Ca _{AK}	K _{AK}	Mg _{AK}	Na _{AK}	Gesamt					Sand	Schluff	Ton	
							Ca	K	P	Mg	Na				
1416	Humus-Schicht	S													
1417	A-Horizont	S	37	3,9	7,8	0,3									
1418	B-Horizont	S	9	2,6	2,2	0,3									

Labor Nr	Flurbezeichnung	Kul. art	mg/1000g Bodenprobe													
			Gesamt													
			Zn	Cu	Pb	Cr	Ni	Cd	Hg	Fe	Mn	Co	Mo	V		
1416	Humus-Schicht	S														
1417	A-Horizont	S														
1418	B-Horizont	S														

Labor Nr	Flurbezeichnung	Kul. art	dt/ha	kg/L	%		mg/100g	mg/1000g	Bodenart
			CaO	FD	WG	S	N min	Se	
1416	Humus-Schicht	S							
1417	A-Horizont	S							
1418	B-Horizont	S							

cewe GmbH
AURDORF 17
4542 NUSSBACH
TEL: (07587) 6030
FAX: (07587) 6030-60
www.cewe.at
Christian Enzendorfer