

Holzeigenschaften und Verarbeitbarkeit der Küstentanne



Impressum

Projektnehmer: Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe

Department für Materialwissenschaften und Prozesstechnik

Adresse: UFT (Universitäts- u. Forschungszentrum Tulln), Konrad Lorenz Strasse 24

A-3430 Tulln an der Donau

Projektleiterin: Priv. Doz. Dr. Ulrich Müller

Tel. : 0043 (0)6641942524

E-Mail: ulrich.mueller(at)boku.ac.at

Projektmitarbeiter: DI Christian Huber

Tel.: 0043 (0)6505959791

E-Mail: christian.huber(at)boku.ac.at

Kooperationspartner:

Finanzierungsstellen

Projektlaufzeit: 5/2021 bis 9/2021

1. Auflage

Alle Rechte vorbehalten.



Wien, 17. November 2021

Inhalt

Vorwort	3
1. Ausgangssituation	4
2. Zielsetzungen des Projekts.....	5
3. Literaturrecherche.....	6
3.1 Einleitung.....	6
3.2 Geschichtlicher Rückblick von Neophyten in Europa und Österreich.....	11
3.3 Nationale Inventurergebnisse in Hinblick auf Neophyten	12
3.4 Klimatische Veränderungen und ihre forstlichen Auswirkungen.....	14
3.5 Forstliche Bewertung von Neophyten.....	16
3.6 Potenzielle Flächen für die Begründung von Beständen mit Neophyten	19
3.7 Herkunft der Küstentanne.....	21
Unterschiede der Varietäten	22
Standorte und Höhenstufen	22
Gegenüberstellung der Herkünfte	23
3.8 Mechanische Kennwerte	24
4. Befragungen im Forst und Holz Sektor	30
4.1 Befragung von Experten*innen.....	30
Auszug aus der Befragung von Rupert Wimmer.....	30
Ergebnis der Experten Interviews.....	33
5. Materialuntersuchung	36
5.1 Fällung	36
5.2 Einschnitt.....	38
6. Schlussfolgerung.....	44
Tabellenverzeichnis.....	45
Abbildungsverzeichnis.....	46
Literaturverzeichnis.....	48
Abkürzungen.....	55

Vorwort

Der Klimawandel stellt die österreichische Forstwirtschaft vor sehr hohe Herausforderungen. Die Fichte (*Picea abies* (L.) H. Karst.) als Brotbaum der heimischen Forst- und Holzwirtschaft kann auf manchen Standorten den veränderten Wuchsbedingungen nicht mehr standhalten. Diesem Umstand folgend gibt es einen Bedarf andere Holzarten auf deren Anwendungspotential im Forst und der Forstwirtschaft zu erkunden. Die Forstwirtschaft hat begonnen, durch waldbauliche Maßnahmen auf den Klimawandel zu reagieren. Für einen Fortbestand der starken Wertschöpfung durch die heimische Holzwirtschaft sind neben den forstlichen Aspekten auch holztechnologische Fragestellungen in Blick auf eine veränderte Baumartenzusammensetzung zu berücksichtigen.

Diese Studie erörtert die Frage, ob die aus Nordamerika stammende Küstentanne (*Abies grandis* (Douglas ex D. Don) Lindl.) für österreichische Wuchsgebiete ein forstwirtschaftliches, aber auch ein holztechnologisches Potential besitzt.

Neben einer breiten Literaturstudie ist auch eine Feldstudie anhand eines Baumbestands aus dem Raum Krems in dieser Studie durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass derzeit nur marginale Mengen an Küstentanne in Österreich verfügbar sind. Erfahrungen aus Deutschland und Dänemark, sowie eigene Untersuchungen deuten darauf hin, dass die Küstentanne keine negativen Auswirkungen auf den heimischen Forst hat. Die Wuchsleistung der Holzart bei geringen Niederschlägen besonders auf ertragsschwachen Standorten sehr gut. Allerdings bietet die Bewirtschaftung aus verschiedenen Gründen wirtschaftliche Nachteile. Die Betrachtung der Holzqualität (Stamm und Brettware) deutet darauf hin, dass sich die holztechnologischen Merkmale von Küstentanne und Fichte einander ähneln. Allerdings bedingt die Küstentanne aufgrund ihres ausgeprägten Nasskerns höhere Trocknungskosten. Darüber hinaus bestehen keinerlei Erfahrungen und Kenndaten für den konstruktiven Holzbau.

Für eine erhöhte Biodiversität und Bestandesstabilität kann die Küstentanne auf geeigneten Standorten einen Beitrag liefern. Für eine verlässliche holztechnologische Bewertung fehlen noch zusätzliche Untersuchungen. Auf einer breiten Basis stellt die Küstentanne aber aufgrund der bisherigen Erkenntnisse keine Alternative zur Fichte dar.

1. Ausgangssituation

Die Etablierung einer effektiven und nachhaltigen Forstwirtschaft basiert auf annähernd stabilen klimatischen Bedingungen der letzten Jahrhunderte. Aufgrund ausreichender Niederschläge konnte auf großen Gebieten die Leitbaumart Fichte (*Picea abies* (L.) H. Karst.) in Mitteleuropa kultiviert und wirtschaftlich profitabel genutzt werden. Tatsächlich stellt die Fichte auf verschiedenen Standorten nicht immer die potentiell natürliche Waldgesellschaft dar, sondern wurde sekundär aus wirtschaftlichen Gründen etabliert (Brang et al., 2008). Die Forstwirtschaft, das Waldwachstum und die Baumartenzusammensetzung haben sich über die letzten Jahrhunderte in den Forstgebieten stark von den natürlichen Waldgesellschaften entfernt. In den letzten Jahrzehnten haben sich die klimatischen Bedingungen jedoch verändert (Huber und Knutti, 2012; Karl, 2009). Die Fichte gerät durch weniger Niederschläge, wärmere Sommer (Buras und Menzel, 2018), Wetterextreme und Borkenkäferkalamitäten zunehmend unter Druck (Guericke et al., 2016; Reif et al., 2009; Schramm, 2013; Schüler et al., 2012; Schüler et al., 2013; Stocker et al., 2014). Die klimatischen Veränderungen und die forstwirtschaftlichen Auswirkungen auf die aktuelle und zukünftige Bestandsstabilität sowie die zukünftige Waldbewirtschaftung werden intensiv diskutiert (Melillo et al., 2014). Es wurde erkannt, dass die Notwendigkeit besteht forstwirtschaftlich auf die veränderten Rahmenbedingungen zu reagieren.

Zu den heimischen Baumarten dieser Waldgesellschaften kommen nun sogenannte gebietsfremde Baumarten, die eine mögliche Alternative für die forstliche Bewirtschaftung darstellen (Schuster, 2015). Aufgrund ihrer Eigenschaften und der zunehmenden Klimaproblematik wurde in den letzten Jahrzehnten verstärkt die Anpflanzung und Kultivierung von verschiedenen nicht heimischen Baumarten wie: Robine (*Robinia pseudoacacia* L.), Hybridpappel (*Populus x canadensis* Moench), Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco), Weymouth-Kiefer (*Pinus strobus* L.), Roteiche (*Quercus rubra* L.), Schwarznuss (*Juglans nigra* L.) und Küstentanne, (*Abies grandis* (Douglas ex D. Don) Lindl.) diskutiert und propagiert (Schuster, 2015).

Diese ergänzenden Baumarten erhöhen - sofern sie heimische Arten nicht verdrängen - die Biodiversität und tragen so einer Verbesserung der Bestandesstabilität und zur nachhaltigen Waldbewirtschaftung bei. Die stoffliche Verwertung dieser Baumarten benötigt eine technische Beschreibung der Holzeigenschaften und eine mechanischen Kennwertklassifizierung. Infolge kann eine industrielle Verarbeitungskette für die Bestimmung des ökologischen und ökonomischen Nutzungspotentials erstellt werden.

2. Zielsetzungen des Projekts

Ziel des Projektes ist die forstlichen und technologischen Potentiale der Küstentanne für die heimische Forst- und Holzwirtschaft zu erarbeiten. Dabei sollen einerseits die technischen Eigenschaften und andererseits eine gesteigerte Wertschöpfung der Küstentanne für den österreichischen Wirtschaftsraum beleuchtet werden. Es werden die Nutzungswege des Rundholzes skizziert und weiterverarbeitende Industriebereiche aufgrund der technischen Eigenschaften identifiziert. Dichte, technologische Verarbeitbarkeit, Materialeffizienz aufgrund von Holzmerkmalen (z.B. Astigkeit) und Materialeigenschaften (z.B. Steifigkeit, Festigkeit, Wärmeleitwiderstand) haben starke Auswirkungen auf die Produkteigenschaften. Potentialstudien zur Nutzung alternativer Holzarten haben somit neben der Forstwirtschaft auch für Plattenhersteller, Hersteller von mehrschichtverleimte Fensterkanteln und andere Verarbeiter einen hohen Nutzen.

Mit dem Projekt werden durch eine Literaturrecherche der Stand des Wissens über die Küstentanne erhoben. Des Weiteren werden 15 Bäume aus einem heimischen Bestand (Raum Krams) entnommen und anhand dem gewonnenen Stamm- und Brettmaterial eine technische Evaluierung der Holzqualität durchgeführt. Ergänzt wird die Studie mit Experteninterviews für die Abschätzung der Potentiale der Baumart durchgeführt.

Die Projektarbeit wurde mehrheitlich durch DI Christian Huber durchgeführt, der die Ergebnisse dieser Arbeit für die Erstellung seiner Masterarbeit für den Abschluss seines Holzwirtschaftsstudiums nutzen wird. Pandemiebedingt konnten trotz großer Anstrengungen viele der geplanten Untersuchungen nicht wie vorgesehen durchgeführt werden. Um die Projektziele zu erreichen, musste während der Laufzeit mehrfach umdisponiert werden.

Vorteil dieser Umplanung war letztlich, dass auch österreichisches Stammmaterial der Küstentanne untersucht werden konnte. Eine Vorauswertung der Ergebnisse der Materialcharakterisierung ist in diesem Bericht enthalten. Selbstverständlich wird der Projektwerber bei einer vollständigen Datenauswertung die gewonnenen Ergebnisse, sowie die fertiggestellte Masterarbeit dem Fördergeber zur Verfügung stellen.

3. Literaturrecherche

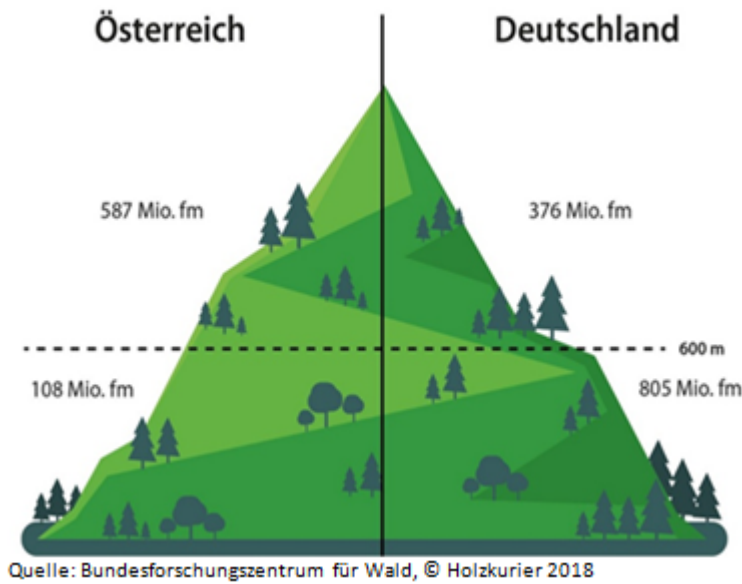
3.1 Einleitung

Die in Mitteleuropa kultivierte Fichte (*Picea abies* (L.) H. Karst.) ist in dem vorherrschenden Klima des letzten Jahrhunderts begünstigt kultiviert worden. Tatsächlich stellt die Fichte auf verschiedenen Standorten nicht immer die potentiell natürliche Waldgesellschaft dar, sondern wurde aus wirtschaftlichen Gründen etabliert (Brang et al., 2008). Die Fichte gerät durch weniger Niederschläge, wärmere Sommer (Buras und Menzel, 2018), Wetterextreme und Borkenkäferkalamitäten zunehmend unter Druck (Guericke et al., 2016; Reif et al., 2009; Schramm, 2013; Schüler et al., 2013; Schüler et al., 2012; Stocker et al., 2014). Unterschiedliche Klimamodelle und waldbauliche Zukunftsprognosen zeigen eine sich verschlechternde Standortentwicklung für diese Leitbaumart (Schüler et al., 2013; Reif et al., 2009; Guericke et al., 2016). Damit besteht die Notwendigkeit, forstwirtschaftlich auf die veränderten Rahmenbedingungen zu reagieren.

Betrachtet man die letzten Dezennien waren in Österreich, laut Holzeinschlagmeldungen (HEM) aber auch in Mitteleuropa Zunahmen von Schadaufkommen bei Fichte zu beobachten. Insbesondere in tieferen Höhenstufen (unter 600 Metern) ist auch durch zukünftige klimatische Veränderungen (Kölling et al., 2009; Buras und Menzel, 2018) ein verstärktes Auftreten von Schadereignissen zu erwarten. Kurz und mittelfristig wird dies zu einer steigenden Verfügbarkeit von Fichtenrundholz führen. In der Abbildung 1 sind für Österreich und Deutschland die Vorratsfestmeter für die unterschiedlichen Höhenstufen dargestellt.

Daraus ist ersichtlich, dass Österreich über 695 und Deutschland über 1181 Mio. Vorratsfestmeter verfügt. In Abbildung 2 sind die verschiedenen Höhenstufen für Österreich nördlich und südlich der Alpen nach Kilian et al. (1994) dargestellt. Dieser Einteilung folgend entfallen in Österreich 587 Mio. fm auf die mittelmontanen bis tiefsubalpinen Höhenstufe über 600 m Seehöhe und 108 Mio. fm auf die tiefmontanen bis submontanen Höhenstufen unterhalb von 600 m Seehöhe. Das bedeutet, dass in Österreich der überwiegende Anteil von zirka 84% des Fichtenvorrats in den mittelmontanen bis tiefsubalpinen Höhenstufen und nur rund 16% in den tiefmontanen bis submontanen Höhenstufen zu finden sind.

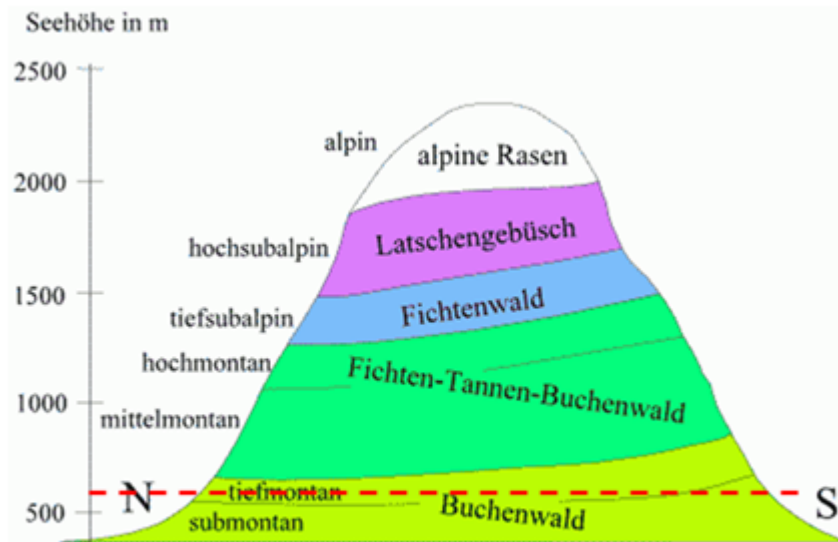
Abbildung 1 Natürliches Verbreitungsgebiet der Fichte. Vorratsfestmeter unter und über 600 m Seehöhe für Österreich und Deutschland.



Bezüglich Abbildung 2 wird darauf hingewiesen, dass es sich bei der Darstellung um die natürlichen Verbreitungsgebiete der unterschiedlichen Baumarten (inkl. Fichte) handelt. Nach dieser natürlichen Verteilung würden in den Waldgebieten unter 600 Meter Seehöhe etwa 16 Prozent Fichte stocken (Kilian et al., 1994). Wenn auch nicht für alle Standorte zutreffend, so entspricht der in Abbildung 1 dargestellte Anteil der Fichte von 108 Mio. fm in etwa der natürlichen Verteilung.

Vor allem auf Standorten, deren Standortbedingungen nahe an der Grenze der natürlichen Amplitude der Fichte liegen, treten die Probleme aufgrund des Klimawandels nun häufiger auf und sind viel ausgeprägter. Der Anstieg der Jahresmitteltemperatur (Stocker et al., 2014) führt zu einer Verschiebung der unteren und oberen Baumgrenze (Nicolussi und Patzelt, 2009) und damit zu einer unterschiedlichen Baumartenzusammensetzung von kollin zu tiefmontanen Beständen (Kilian et al., 1994; Leitgeb et al., 2006). Gänzlich anders stellt sich die Situation in Deutschland dar, wo zirka 68 Prozent der Fichten Vorräte unter 600 Metern vorkommen.

Abbildung 2 Höhenstufen in den Nördlichen Randalpen Österreichs. Darstellung der verschiedenen Höhenstufen von unterschiedlichen Waldgesellschaften. Rote strichliert Linie wurde zusätzlich eingefügt und symbolisiert die 600 Meter Seehöhe.



Quelle: nach Kilian et al. (1994); verändert nach Huber (2021)

Diese Entwicklung führt für viele Waldbesitzerinnen und Waldbesitzer zu einem Handlungsbedarf hinzu einer Neubestockung mit Ersatzbaumarten. Dabei sollten die Ersatzbaumarten forstlich unproblematisch und ertragssicher sein. Die Wissenschaft unterscheidet zwischen der potentielle natürliche Waldgesellschaft (PNWG), potentielle natürliche Vegetation (pnV) (Tüxen, 1956), sowie der aktuellen Vegetation (Englisch und Kilian, 1998). Eine aktuelle Vegetation nach Englisch und Kilian (1998) wird als die im Gelände konkret vorgefundene Vegetation bezeichnet. Nur sie kann tatsächlich aufgenommen und beschrieben werden. Die PNWG kann teilweise deutlich von der realen (aktuellen) Vegetation abweichen und ist dann nur über Vergleiche anhand von Standorteigenschaften ableitbar. Daher haftet ihr immer ein gewisses hypothetisches Moment an (Frank et al. 2007). Das Konzept der PNWG und aktuelle Vegetation ist kritisch zu hinterfragen, da die Konstruktion der pnV sich sowohl auf das heutige Standortpotenzial (heutige pnV), als auch jeden beliebigen früheren Zeitpunkt (frühere pnV) beziehen kann. Somit kann unter Berücksichtigung kommender Schadstoffdepositionen und Klimaänderungen auch von einer zukünftigen potentiellen natürlichen Vegetation (zukünftige pnV) gesprochen werden (Neuhäusl, 1980, 1984), da diese Einflüsse und Veränderungen als anthropogen zu werten sind. Unter dem Eindruck der bereits ablaufenden anthropogen verursachten Klimaänderungen und den damit verbundenen Verschiebungen von Höhenstufen, Ausfall von Baumarten mit allen Konsequenzen, etc., erweist sich somit das ursprüngliche theoretische Konzept der pnV (Tüxen, 1956) als gefragt und praxistauglich (Frank et al., 2007).

Zu den heimischen Baumarten dieser Waldgesellschaften kommen nun sogenannte gebietsfremde Baumarten, die schon über eine sehr lange Zeitepoche in Österreich zumindest für Teilregionen eine mögliche Alternative für die forstliche Bewirtschaftung darstellen (Schuster, 2015). Neben den heimischen Baumarten werden in diesem Zusammenhang auch nichtheimische Baumarten diskutiert. Bei den nichtheimischen Pflanzenarten (so auch bei den Baumarten) wird zwischen „Archäophyten“ (Pflanzenarten die vor der Entdeckung Amerikas 1492 durch Kolumbus durch direkten oder indirekten menschlichen Einfluss eingeführt wurden) und „Neophyten“ (Pflanzenarten die nach 1492 eingeführt, eingeschleppt wurden oder durch menschlichen Einfluss in eine neue Region gelangt sind) unterschieden (Schoelch et al., 2010). Ganz allgemein spricht man bei nichtheimische Pflanzen-, Pilz- und Tierarten in Fachkreisen von „Neobiota“ („neue Lebewesen“ oder auch „Neubürger“). Tiere und Pilze werden als „Neozoen“ („neue Tiere“) bzw. „Neomyceten“ („neue Pilze“) bezeichnet. Unter nichtheimischen Baumarten werden in diesem Bericht der nacheiszeitlichen Dendroflora Mitteleuropas fremde, aber forstlich genutzte Arten verstanden. Abgeleitet vom Englischen („alien species“ = „gebietsfremde Arten“) werden diese Arten teilweise auch als „Aliens“ bezeichnet (Österreichische Bundesforste, 2015; Essl und Rabitsch, 2002; 2013).

Seit der Entdeckung Amerikas sind zahllose fremdländische Arten nach Europa gelangt, allerdings hat es nur ein Bruchteil geschafft, sich dauerhaft in der neuen Umgebung zu etablieren. Einem noch geringeren Anteil ist es gelungen, sich großflächig auszubreiten und zu vermehren. Allerdings finden einige raschwüchsige, wenig anspruchsvolle, aber besonders konkurrenzstarke Neobiota bei uns derart günstige Lebensbedingungen vor, dass sie heimische Arten verdrängen, bestimmte Lebensräume dominieren und Ökosysteme verändern können. Diese Problemarten nennt man „Invasive Neobiota“ (engl.: „invasive alien species“). Einige dieser Arten haben sich, ggf. begünstigt durch die veränderten Klimabedingungen, vor allem in den letzten Jahrzehnten sehr stark ausgebreitet. Aufgrund der daraus entstehenden Problematik wird in der EU-Verordnung Nr. 1143/2014, Kapitel 1, Artikel 3, Absatz 1-4 vom 22. Oktober 2014 zwischen der Definition „gebietsfremden Arten“ und „invasiven gebietsfremden Arten“ unterschieden. Die nachstehenden wörtlichen Zitate aus dem Amtsblatt der Europäischen Union zeigen eine klare Differenzierung bei den Begriffsbestimmungen hinsichtlich ihres Gefährdungspotentials:

- „gebietsfremde Art“ lebende Exemplare von Arten, Unterarten oder niedrigeren Taxa von Tieren, Pflanzen, Pilzen oder Mikroorganismen, die aus ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet heraus eingebracht wurden, einschließlich Teilen, Gameten, Samen, Eiern oder Propagationsformen dieser Arten sowie Hybriden, Sorten oder Rassen, die überleben und sich anschließend fortpflanzen könnten;“

- „invasive gebietsfremde Art“ eine gebietsfremde Art, deren Einbringung oder Ausbreitung die Biodiversität und die damit verbundenen Ökosystemdienstleistungen gefährden oder nachteilig beeinflusst werden;“
- „invasive gebietsfremde Art von unionsweiter Bedeutung“ eine invasive gebietsfremde Art, deren nachteilige Auswirkungen für so erheblich eingeschätzt wurden, dass sie ein konzertiertes Vorgehen auf Unionsebene gemäß Artikel 4 Absatz 3 erfordern;“
- „invasive gebietsfremde Art von Bedeutung für Mitgliedstaaten“ eine andere invasive gebietsfremde Art als eine invasive gebietsfremde Art von unionsweiter Bedeutung, bei der ein Mitgliedstaat aufgrund wissenschaftlicher Erkenntnisse der Ansicht ist, dass die nachteiligen Auswirkungen ihrer Freisetzung und Ausbreitung — auch wenn sie nicht vollständig erwiesen sind — für sein Hoheitsgebiet oder Teile davon von Bedeutung sind, sodass auf Ebene dieses Mitgliedstaats Maßnahmen ergriffen werden müssen“

Beispiele für invasive gebietsfremde Arten sind Riesen-Bärenklau, Staudenknöterich-Arten, Drüsen-Springkraut, Kanadische Goldrute, Robinie („Falsche Akazie“), Götterbaum, Beifuß-Traubenkraut („Ragweed“), Spanische Wegschnecke, Rotwangenschildkröte, Goldfisch oder Signalkrebs (Österreichische Bundesforste, 2015).

Die Bezeichnung als nicht heimische Baumart wird mit unterschiedlichen Begriffen behaftet, wobei diese Begriffe von Neobiota, Gast-, Fremdländische-, Ausländische-, Raschwüchsige Baumart, Exoten, Invasive, Gebietsfremde, Alien species, Non native trees ein sehr breites Spektrum zeigen. Um den gleichen Terminus zu verwenden wird in dieser Arbeit der Begriffe Neophyten für die nicht heimischen Baumarten gewählt. Aufgrund ihrer Eigenschaften und der zunehmenden Klimaproblematik wurde in den letzten Jahrzehnten verstärkt die Anpflanzung und Kultivierung von verschiedenen Neophyten wie: Robine (*Robinia pseudoacacia* L.), Hybridpappel (*Populus x canadensis* Moench), Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco), Weymouth-Kiefer (*Pinus strobus* L.), Roteiche (*Quercus rubra* L.), Schwarznuss (*Juglans nigra* L.), Riesentanne bzw. Große Küstentanne (*Abies gandis* (Douglas ex D.Don) Lindl.) diskutiert und propagiert (Schuster, 2015).

Der Fokus der Baumartenauswahl richtet sich auf eine Erhöhung der Biodiversität sowie einer Verbesserung der Bestandesstabilität in einer nachhaltigen Waldbewirtschaftung bei einer guten Eignung für die industrielle Verarbeitung. Um hierfür potenzielle Baumarten zu identifizieren müssen auch die technischen Eigenschaften bekannt sein. Infolge kann ein Beitrag zur Erhaltung der ökologischen und ökonomischen Leistungsfähigkeit der Wald-Holz-Kette in Mitteleuropa entstehen, der die stoffliche Nutzung des wichtigsten CO₂-neutralen Werkstoffes Holz zu erweitern.

3.2 Geschichtlicher Rückblick von Neophyten in Europa und Österreich

Die Begründung von Beständen mit fremdländischen Baumarten geht in Europa auf das 17. Jahrhundert zurück. Eine wirtschaftlich gezielte Forstwirtschaft mit Neophyten in Österreich erfolgte allerdings erst zwei Jahrhunderte später (Kristöfel, 2003). Die k. & k. Forstliche Versuchsanstalt (später BFW - Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft) setzte erst im Jahre 1882 erstmalig Schritte, um in Österreich fremdländischen Baumarten forstlich zu kultivieren. Dafür wurden zahlreiche Versuchsflächen in der damaligen Monarchie angelegt. Von den damals 372 begründeten Versuchsflächen überstanden 162 die Wirren des Ersten Weltkriegs (1914 - 1918), die nach dem Friedensvertrag von Versailles in den Besitz der neu gegründeten Republik Österreich übergingen (Kristöfel, 2003).

Das Interesse an der Begründung von Versuchsflächen mit fremdländischen Baumarten wurde von einem der führenden Fachleute, Cieslar (1901), durch drei wesentliche Motive begründet. Die nachstehenden wörtlichen Zitate lassen dabei ein klares ökonomisches Interesse an diesen Baumarten erkennen:

- "Die Exoten müssen sich im Allgemeinen oder in speciellen Fällen concreter Standörtlichkeit entweder durch größere Massenproduction (Raschwüchsigkeit) oder durch ihre Holzqualität oder aber durch ihre Anspruchslosigkeit an den Standort (im Besonderen an den Boden) auszeichnen; als weiterer zureichender Grund für die Einführung einer fremdländischen Holzart kann auch der bezeichnet werden, daß sie gegen Frost unempfindlicher ist, daß sie sich dem Wildverbiß gegenüber wirtschaftlich günstiger verhält, ferner daß sie an das Klima – nicht an den Standort überhaupt – insoferne geringere Ansprüche macht, als sie in den exponiert excessiven Lagen noch gewissermaßen als wirtschaftlicher Factor mitzählen kann."
- "Nicht verschweigen möchte ich noch den Umstand, daß durch die Einführung von fremdländischen Holzarten die Mannigfaltigkeit unserer Holzproduction im Walde erhöht wird, wie dies z.B. durch Anzucht von Baumgattungen geschieht, die in Mittel-Europa nicht heimisch sind. Solche Holzarten zeichnen sich durch eigene holzanatomische Charaktere, wie auch durch besondere Werthe, einer besonderen Verwendungsfähigkeit des Holzes entsprechen."
- "Die ästhetischen Bestrebungen im Walde erfahren durch die Einführung von fremdländischen Holzarten zweifellos eine hohe Förderung, und lassen sich

füglich mit verhältnismäßig geringen Geldopfern beim Ankaufe des Saatgutes pflegen.“

Die hier zitierten Motive lassen, wie oben erwähnt, das forstwirtschaftliche Interesse an den verschiedenen fremdländischen Baumarten erkennen und liefern gleichzeitig eine ausreichende Begründung, warum in der damaligen Zeit seitens des Staates die Anlegung der genannten Versuchsflächen verfolgt wurden. Die ersten Versuche dazu wurden in der Zeit der Habsburg Monarchie mit der Baumart Robinie durchgeführt. Diese diente in erster Linie als Schutz für Winderosion (Etzelsdorfer, 2016). Seit Ende des 19. Jahrhunderts erfolgte in Europa und auch in Österreich der Anbau der Weymouth-Kiefer oder Strobe (*Pinus strobus* L.) (Kowarik und Rabitsch, 2010; Essl, 2007). Im frühen 20. Jahrhundert setzte der Seuchenzug der Pilzkrankheit des Stroben-Blasenrostes (*Cronartium ribicola*) dieser Kiefernart stark zu und führte in ganz Europa zu einer starken Dezimierung und Zerstörung der begründeten Bestände.

Ursprünglich war der Blasenrost nur in den Gebirgsgebieten und in Sibirien beobachtet worden. Durch die Einfuhr und Kultivierung der Strobe in Europa wurde diese, für diesen Pilz sehr anfällige Baumart durch den Pilz befallen. In weiterer Folge erfolgte die Verbreitung des Stroben-Blasenrostes bis nach Amerika, wo die Strobe heimisch ist und führte auch dort zu einer Dezimierung der Bestände. Hierbei zeigt sich das erst der Mensch diese Epidemie, durch die Zusammenführung von Wirtsbaumart und Krankheitserreger ermöglicht hat (Kirisits, 2019). Dies verdeutlicht, dass die Begründung von fremdländischen Bauarten ein immerwährendes Risiko mit sich bringt (Etzelsdorfer, 2016).

Die Baumarten Roteiche sowie die Küstentanne wurden am Anfang nur als Parkbäume begründet, um somit erste Erfahrungen bezüglich des Wuchsverhaltens dieser Baumarten zu sammeln. Aufgrund der gesammelten Erfahrungen wurden in weiterer Folge vermehrt Versuchsflächen mit diesen Baumarten begründet, wodurch nicht nur Wuchsleistung, sondern auch forstwirtschaftliche Erkenntnisse bei waldbaulicher Bewirtschaftung gesammelt wurden (Lockow und Lockow, 2007; Liesebach et al., 2008; Göhre und Wagenknecht, 1955; Klemmt et al., 2013).

3.3 Nationale Inventurergebnisse in Hinblick auf Neophyten

Die Tabelle 1 liefert eine Zusammenstellung der Vorratsfestmeter ausgewählten Neophyten in Österreich für die Forstinventuren 2007 - 2009 und 2016 - 2018, wobei eine signifikante Zunahme von drei Prozent für alle Neophyten verzeichnet wurde (Russ, 2019; Schadauer und Freudenschuß, 2019).

Tabelle 1: Auszug aus den österreichischen Inventurergebnissen 2016 - 2018. (Die österreichische Waldinventur ist eine Stichprobeninventur. Bäume oder Waldbestände, die sehr verstreut und selten vorkommen, sind statistisch gesehen ein seltenes Ereignis und sind bei einer Stichprobeninventur nur ungenau abgebildet. Die Werte weisen eine hohe Standardabweichung)

*) enthält auch Hybride aus heimischen Arten.

Neophyten	2007 – 2009 (Mio. Vfm)	2016- 2018 (Mio. Vfm)	Veränderung (Mio. Vfm)	Vorratsanteil (%)
Hybridpappel*)	2,465	4,184	+1,719	0,4 (+0,2)
Robinie*)	2,633	3,033	+0,400	0,3 (+0,1)
Douglasie*)	0,635	1,498	+0,863	0,1 (\pm 0,0)
Weymouthskiefer *)	0,175	0,215	+0,40	0,0 (\pm 0,0)

Quelle: Schadauer und Freudenschuß, 2019; Russ, 2019; Verändert nach Huber 2021

Bei bisherigen Inventuren wurde für die Erfassung der Neophyten ein Stichprobenraster angewandt. Die richtige Wahl einer geeigneten Rastergröße hat einen großen Einfluss auf die Schätzung. Ist diese zu klein, steigen die Kosten für die Erhebung, ist die Rastergröße zu groß, wird der Anteil von seltenen Holzarten systematisch unterschätzt. Bei der letzten Inventurperiode 2016-2018 wurde nur die Hälfte der bisherigen Stichprobenpunkte aufgenommen. Die bisherige Unterschätzung hat sich damit noch verstärkt. Dennoch zeigen die Daten eine tendenzielle Zunahme der Neophyten in Österreich.

Zu betonen ist folglich, dass der Anteil von Neophyten in Österreich deutlich größer ist, als in Tabelle 1 dargestellt bzw. deutlich mehr Holzvorrat auf nationaler Ebene vorhanden ist, als durch die Forstinventur ausgewiesen wird (Schuster, 2015). Diese Baumarten sind bei der Bewertung des Potentials für die zukünftige Waldentwicklung Österreichs zu berücksichtigen, da diese Baumarten aufgrund ihrer Wuchseigenschaften bei den sich verändernden klimatischen Bedingungen eine mögliche Alternative (Schuster, 2015; Liesebach et al., 2008) darstellen und zur Risikostreuung (Hochbichler, 2018) beitragen können. Dieser Beitrag kann positiv gewertet werden, da die genannten Neophyten entsprechend des österreichischen Forstgesetzes als forstliches Gehölz für eine Bewirtschaftung zugelassen sind.

Aufgrund möglicher Beeinträchtigungen heimischer Baumarten und Krankheitsanfälligkeit eingeführter Neophyten und der damit verbundenen ungewünschten Verbreitung von Schädlingen und Krankheiten (siehe Strobe) ist die Anpflanzung von Neophyten sehr kritisch zu beurteilen. Daher werden die als invasiv beurteilten Neophyten nicht als forstliches Gehölz

für die Bewirtschaftung zugelassen. Zu diesen invasiven und aggressiven Neophyten zählt zum Beispiel der Götterbaum (*Ailanthus altissima* Mill Swingle) und der Blauglockenbaum (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.) wobei der Blauglockenbaum nicht als invasiv gilt, sondern, nach dem Forstgesetz folgend, nicht begründet werden kann. Für die Küstentanne gibt es bislang keine Berichte über negative Auswirkungen auf heimischen Baumarten. Welche Baumarten im Forst verwendet werden dürfen, ist im Forstgesetz (1975) im Anhang angeführt (Brawenz 2015). Neben der Zulassung von Neophyten durch das Forstgesetz ist auch der Naturschutz für eine Bewertung des forstlichen Potentials zu berücksichtigen. Im einheimischen Wald werden neue Baumarten insbesondere dann sehr kritisch oder ablehnend betrachtet, wenn sie sich von selbst stark ausbreiten. Sie gelten dann als „invasiv“ und können problematisch werden, wenn sie zum Beispiel heimische Baumarten verdrängen, sich mit ihnen kreuzen oder den naturschutzfachlichen Wert geschützter Landschaftsbestandteile mindern (Kowarik, 2010; Nobis, 2008). Der Naturschutz ist in Österreich durch die Landesgesetzgebung bestimmt. Damit verfügt Österreich für diesen Aspekt keine einheitliche Rechtsgrundlage. Es kommt vereinzelt zu länderübergreifenden Konflikten bei der Begründung von Forstflächen mit Neophyten.

Im deutschen Forstgesetz sind keine Bewertungen und Regelungen für die forstliche Verwendung von Neophyten enthalten. Analog zu der Landesgesetzgebung im Bereich Naturschutz in Österreich ergibt sich daraus entlang der deutsch-österreichischen Grenze ein Konfliktpotential, da eben in Deutschland Neophyten aktiv in den Forst eingebracht werden dürfen. Im Gegensatz zu Österreich werden die Interessen für den Naturschutz durch verschiedene Umwelt- und Naturschutzorganisationen in Deutschland stärker wahrgenommen (Stimm, 2019). Dies führt zu ähnlichen Rahmenbedingungen bei unterschiedlichen Legislativen.

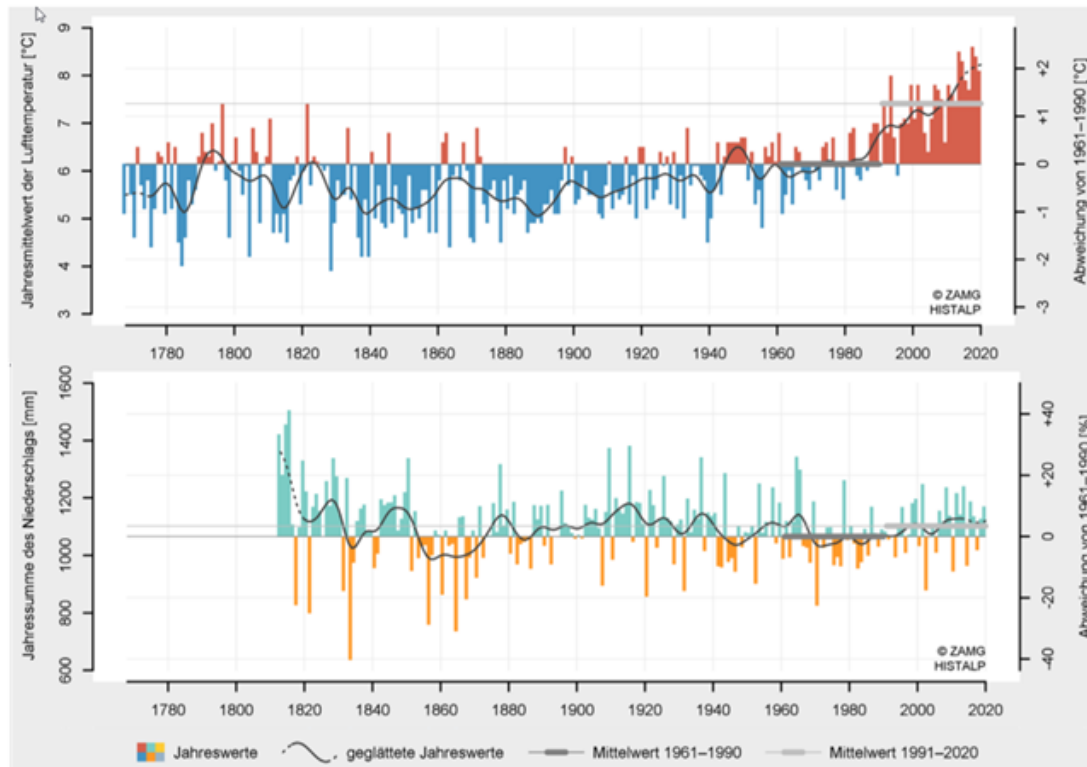
3.4 Klimatische Veränderungen und ihre forstlichen Auswirkungen

In den vergangenen 60 Jahren wurde ein Temperaturanstieg bei annähernd konstant bleibender Niederschlagsmenge aufgezeichnet (Abbildung 3). Dem Trend folgend durchläuft die Land- und Forstwirtschaft eine Häufung von längeren und intensiveren Trockenperioden und stärkeren Niederschlagsereignissen mit lokalen Spitzenniederschlägen. Diese sich neuen klimatischen Bedingungen führen zu einem Handlungsbedarf in der Forstwirtschaft.

Aus Abbildung 4 ist ersichtlich, dass es zu einer Verlagerung (schwarzer Pfeil) des laufenden 30-jährigen Mittelwerts (Niederschlag und Lufttemperatur) für die Perioden 1961-1990 bis 1991-2020 kommt. Somit ist eine gewisse Tendenz von trocken-warm bis feucht-warm zu

erkennen. Diese Tendenz kann aber nicht pauschal auf ganze Österreich umgelegt werden, da es große regionale Unterschiede gibt.

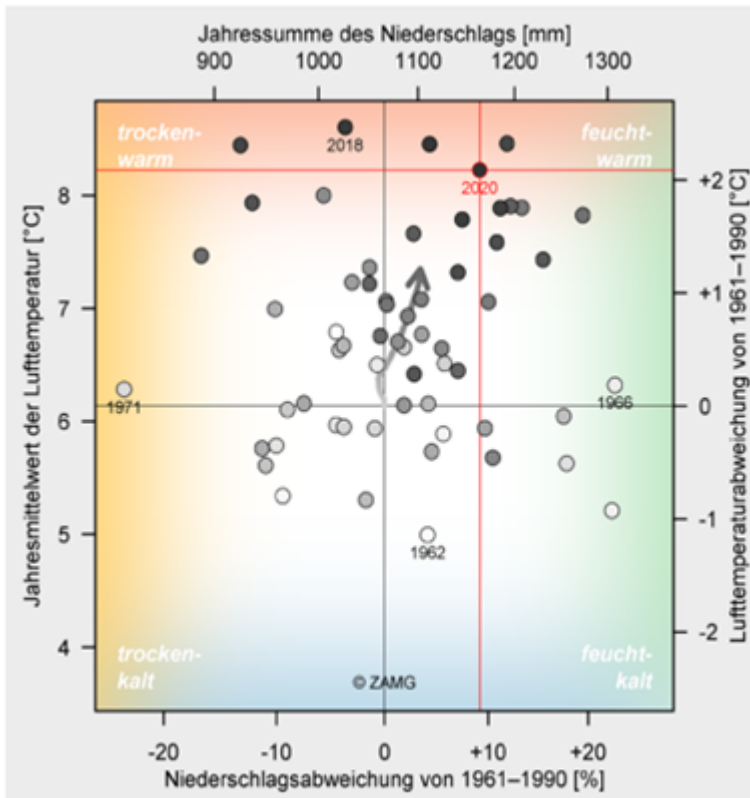
Abbildung 3 Entwicklung der Jahreswerte von Lufttemperatur (oben) und Niederschlag (unten) in Österreich. Das Niveau der Mittelwerte des Bezugszeitraums 1960-1990 und 1991-2020 sind als dunkelgraue und hellgraue horizontale Linien dargestellt.



Quelle: Klimastatusbericht Österreich 2020

Ein wesentlicher Punkt ist die Wasserverfügbarkeit die sich in den vergangenen Jahrzehnten verändert hat. Die Verdunstung steigt durch die Zunahme der Temperatur und durch die Verlängerung der Vegetationsperiode an. Die Transpiration (Verdunstung) über die Pflanzen ist wesentlich stärker als die über den Boden (Evaporation). Durch die länger andauernde Vegetationsperiode ist somit der Wasserentzug durch die Pflanzen höher. Durch die Starkniederschläge fließt der Großteil oberirdisch in die Flüsse und Seen ab. Somit kommt nur ein geringer Teil des Niederschlages in den Boden. Die Wasserbilanz ist somit in einigen Regionen Österreichs nur teilweise ausgeglichen (Stangl et al., 2021), da die Jahresniederschlagsmenge nur gering die jährliche Verdunstung übersteigt. Die teilweise nicht ausgeglichene Wasserversorgung ist bei der Begründung von Beständen insbesondere in problematischen Lagen (unter 500 Meter Seehöhe) beziehungsweise in Regionen mit veränderten Klimabedingungen zu berücksichtigen.

Abbildung 4: Die Abbildung zeigt eine Gegenüberstellung von Lufttemperatur und Niederschlag für die Jahresmittel von 1961 bis 2020 (helle bis dunkelgraue Punkte). Die Jahresmittel sind entsprechend ihrer Charakteristik zwischen relativ kalt (unten), warm (oben), relativ trocken (links) und feucht (rechts) auf der Fläche verteilt. Das Berichtsjahr 2020 ist rot hervorgehoben. Der Pfeil zeigt die Verlagerung der laufenden 30-jährigen Mittelwerte 1961-1990 bis 1991-2020. Darstellung übernommen aus Stangl et al. (2020).



Quelle: Klimastatusbericht Österreich 2020

3.5 Forstliche Bewertung von Neophyten

Bei der Strategiefindung für eine zukünftig angepasste Forstwirtschaft sind für die Baumartenwahl und die waldbaulichen Maßnahmen die potentiell natürlichen Waldgesellschaften, also jene Waldgesellschaften (Kilian et al., 1994), die sich ohne forstliche Eingriffe einstellen würden, zu berücksichtigen. Einige fremdländischen Baumarten verfügen über Mechanismen, die ihre Konkurrenten im Wachstum hemmen. Auf den heimischen Standorten, können diese Mechanismen noch stärker zutage treten. Als Beispiel kann der Götterbaum genannt werden, der durch Abgabe von Stoffen in den Boden andere Baumarten in ihrer Entwicklung hemmt oder sogar das Aufkommen anderer Arten verhindert. Neben der

wechselseitigen Beeinflussung der Baumarten in den Beständen auf den unterschiedlichen Standorten gilt es die Bestandesstabilität für die Zukunft zu erhalten.

Abbildung 5 Übersicht von Kriterien zur Bewertung von Neophyten

Baumarten	Invasivitätskriterien					Gesamt-bewertung		Ausschlussgründe für Anbauwürdigkeit
	negative Standortbeeinflussung	hohes Reproduktionspotenzial	hohes Ausbreitungspotenzial	Fähigkeit zur Artenverdrängung*	begrenzte Steuerungsmöglichkeiten	Invasivität	Anbauwürdigkeit (Wälder)	
<i>Abies grandis</i> Große Küstentanne	○	◐	○	○	○	nein	ja	–
<i>Acer negundo</i> Eschenahorn	○	●	●	●	●	ja	nein	invasiv in Auwäldern
<i>Ailanthus altissima</i> Götterbaum	◐	●	●	●	●	ja	nein	konkurrenzschwach in Wäldern, invasiv im Offenland
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Rotesche	○	●	●	◐	●	ja	nein	invasiv in Auwäldern
<i>Gleditsia triacanthos</i> Gleditschie	◐	●	◐	◐	◐	bedingt	nein	konkurrenzschwach in Wäldern, invasiv im Offenland
<i>Larix kaempferi</i> Japanlärche	◐	◐	○	○	○	nein	ja	–
<i>Paulownia tomentosa</i> Paulownie	◐	●	◐	◐	◐	bedingt	nein	konkurrenzschwach in Wäldern, invasiv im Offenland
<i>Pinus nigra</i> Schwarzkiefer	◐	○	○	○	○	nein	ja	–
<i>Pinus strobus</i> Strobe	○	●	◐	○	○	nein	nein	Schädigung durch Strobenrost
<i>Populus x canadensis</i> Hybridpappel	○	●	○	◐	○	bedingt	bedingt	Introgression Schwarzpappel
<i>Prunus serotina</i> Spät. Traubenkirsche	○	●	●	●	●	ja	nein	invasiv in lichten Eichen- und Kiefernwäldern
<i>Pseudotsuga menziesii</i> Douglasie	○	○	○	○	○	nein	ja	–
<i>Quercus rubra</i> Roteiche	○	◐	○	○	○	nein	ja	–
<i>Rhus typhina</i> Essigbaum	○	●	◐	◐	◐	bedingt	nein	konkurrenzschwach in Wäldern, invasiv im Offenland
<i>Robinia pseudoacacia</i> Robinie	◐	●	◐	◐	◐	bedingt	bedingt	invasiv im Offenland, Standorteinfluss (N-Fixierung)

* ausgenommen sind Tendenzen auf Sonderstandorten

Symbole:
 ○ trifft nicht zu
 ◐ trifft bedingt zu
 ● trifft zu

Quelle: Vor et al. 2015, S. 23

Die Klimaveränderungen ändern die Standortbedingungen im gesamten, dem zufolge wird der Einsatz nicht nur von der Fichte problematisch, sondern auch andere Ersatzbaumarten (teilweise auch Neophyten) können auf diese Standortveränderung Ausfälle erleiden. So sind bei der Bestandesbegründung die klimatischen Veränderungen und damit verbundene Problematiken zu berücksichtigen. Mit einer höheren Biodiversität kann dem Ausfall auf größeren Forstflächen entgegengewirkt werden. Für eine zukünftige Waldbewirtschaftung muss bei Einbeziehung von Neophyten deren unterschiedlichen Invasivitätskriterien Abbildung 1 spezifisch für jeden Standort und Waldgesellschaft für jede Baumart beurteilt

werden. Nur so kann es gelingen das forstwirtschaftliche Potential voll auszuschöpfen und neue sichere Bestände zu begründen.

Auf den fichtendominierten Standorten besteht teilweise eine hohe Selbstbefruchtungsrate, die der genetischen Variabilität entgegenwirkt. **Die Einbringung einer alternativen Baumart, wie zum Beispiel der Küstentanne könnte in unseren Breiten zu einer Erhöhung der Biodiversität beitragen und zu einer Verteilung des Risikos (Hochbichler, 2018) und gleichzeitig zur Vorratssteigerung auf ertragsschwachen Standorten führen (Liesebach et al., 2008; Lockow und Lockow, 2007; Rau et al., 2008).** Die Fragestellungen, die durch die veränderten Bedingungen und die starken Ausfällen der Fichte aufgeworfen werden, sind extrem komplex. Es müssen standortspezifische Antworten gefunden werden.

Nach EU-Verordnung Nr. 1143 (2014) über die Prävention und das Management der Einbringung und Ausbringung invasiver gebietsfremder Arten wird in Artikel 3 „Begriffsbestimmungen“ „invasive gebietsfremde Art“ wie folgt definiert: „eine gebietsfremde Art, deren Einbringung oder Ausbreitung die Biodiversität und die damit verbundenen Ökosystemdienstleistungen gefährdet oder nachteilig beeinflusst.“ Vor et al. (2015) haben die Invasivität verschiedener gebietsfremder Baumarten untersucht und diese anhand von fünf unterschiedlichen „Invasivitätskriterien“ bewertet (Abbildung 5). Anhand dieser Kriterien wurde eine Gesamtbewertung mit Einstufung der Invasivität (ja/nein) und eine Anbauempfehlung sowie einer entsprechenden Begründung abgeleitet. Die Auflistung der in Tabelle 2 dargestellten Baumarten zeigt, dass nicht jede fremdländische Baumart für eine forstliche Nutzung geeignet ist und dass hier Vorsicht geboten ist. Dies ist darin begründet, dass durch invasive fremdländische Baumarten die bestehende beziehungsweise natürliche potentielle Naturverjüngung unmittelbar unterdrückt oder sukzessive verdrängt wird (Ellenberg und Leuschner, 2010).

Durch die Invasivität (wie z.B. bei Götterbaum) kann es bis zu einem Totalausfall der Naturverjüngung anderer Baumarten kommen. **Die Baumart Küstentanne wird nach den in Abbildung 4 genannten Kriterien und Empfehlungen als unbedenklich eingestuft und kann damit als zukünftige potentielle Forstpflanze eingestuft werden.** Diese Einstufung entspricht dem österreichischen Forstgesetz (Brawenz, 2015), wodurch unter Einhaltung der gesetzlichen Rahmenbedingungen eine Bestandesbegründung mit der Baumart Küstentanne unbedenklich ist. Durch die im Anhang (Forstgesetz, 1975) angeführten Familien der Tannen (*Abies*) ist eine Begründung dieser Baumart möglich.

Neben der Berücksichtigung der in Abbildung 5 genannten Kriterien und den natürlich potentiellen Waldgesellschaften ist aufgrund der Erfahrungen mit Fichtenmonokulturen eine ersatzweise Monokultur mit anderen Baumarten kritisch zu betrachten. Mehrere Autoren

weisen in Publikationen darauf hin, die Bewirtschaftungsform von gleichaltrigen Reinbeständen (Monokulturen) zu ungleichartigen Mischwäldern zu ändern (Puettmann et al., 2015; Schou et al., 2015; Yousefpour und Hanewinkel, 2016). Durch die Erhöhung der Biodiversität soll der Fokus auf anpassungsfähige und störungsresistenter Wälder gelegt werden (Brang et al., 2008), wodurch das Risiko gegenüber abiotischen sowie biotischen Risikofaktoren verringert werden kann (Knoke et al., 2008).

3.6 Potenzielle Flächen für die Begründung von Beständen mit Neophyten

In der zweiten Spalte in Tabelle 2 sind die verfügbaren Werte für die Jahre 1961-1990 der absoluten Flächen für einige Neophyten angeführt. Die Frage stellt sich nun, welche Flächen in Österreich für die Anpflanzung von Neophyten geeignet wären, bzw. auf welchen Standorten diese Baumarten potentiell angepflanzt werden sollten. Aufgrund der angenommenen Klimaveränderungen wurden hierbei aber nicht bisherige Klimabedingungen, sondern mögliche zukünftige Klimaszenarien (RCP4.5 und RCP8.5) herangezogen. Für eine erste grobe Abschätzung wurden dafür lokale Klimaverhältnisse vernachlässigt. Ebenso wurden auch standörtliche Gegebenheiten in die Kalkulation nicht einbezogen. Lediglich unter Berücksichtigung der bundesweiten Klimaveränderungen hinsichtlich Temperatur und Niederschlag wurde versucht, anhand der Wachstumsamplitude der genannten Neophyten das potentielle Verbreitungsgebiet zu errechnen. Die angegebenen Werte stellen daher eine rein theoretische Betrachtung und bestenfalls eine grobe Abschätzung dar. Dennoch, aufgrund ihrer Eigenschaften mit ihrer breiten ökologischen Amplitude kann angenommen werden, dass die Küstentanne bei moderaten Klimabedingungen noch auf relativ vielen Standorten in Österreich gedeihen könnte. Für das Klimaszenario RCP4.5 ergibt die oben dargestellte grobe Modellberechnung rund 45.000 km². Theoretisch ergäbe sich für Österreich (83.883 km²) daraus ein Flächenanteil von 54% (siehe Spalte 7 in Tabelle 2). Dieser hohe Anteil ist aber aufgrund der erwähnten Vernachlässigung von lokalen Standortverhältnissen garantiert stark überschätzt. Eine weitere Erhöhung der Temperatur würde (Klimaszenario RCP8.5) aber auch bei der Küstentanne zu einer signifikanten Abnahme führen.

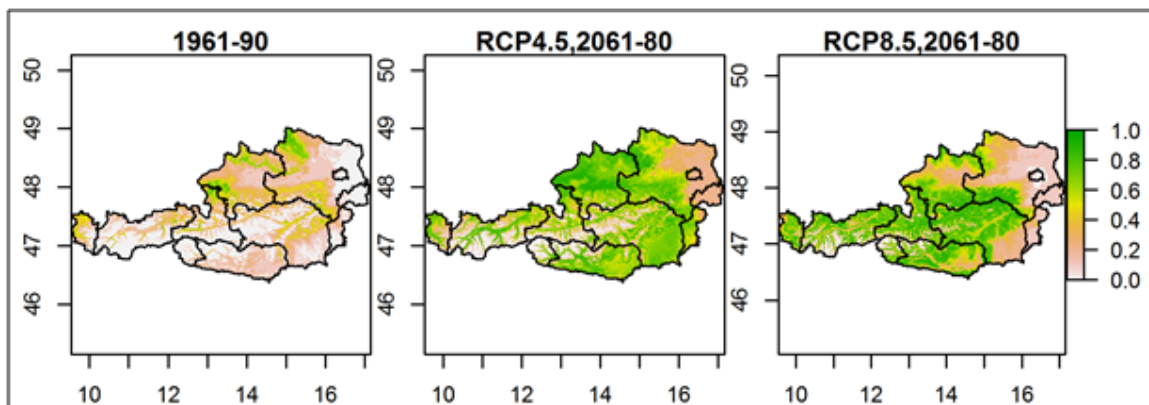
Tabelle 2 Verteilungs- und Verbreitungsgebiete sowie Flächenangaben für verschiedene in Österreich vorkommende Neophyten. In Spalte 2 bis 4 sind die absoluten Flächen, in den Spalten 5 bis 7 den relativen Flächenanteilen von 15 in Österreich vorkommenden Neophyten dargestellt. Verglichen wurden dabei die Anteile der Neophyten in den Jahren 1961-1990 mit den theoretischen Anteilen für die Klimaszenarien RCP4.5 und RCP8.5. Die zukünftigen Vorkommen für die beiden Klimaszenarien beziehen sich auf den Zeitraum von 2061-2080. (RCPs: Repräsentative Konzentrationspfade (Representative Concentration Pathways) nach IPCC)

Neophyten	Absolute Fläche [km ²] in Österreich			Prozentueller Anteil des Bundesgebietes		
	1961-1990	RCP4.5 (2061-2080)	RCP8.5 (2061-2080)	1961-1990	RCP4.5 (2061-2080)	RCP8.5 (2061-2080)
Silber-Akazie	0	249	29601	0%	0.3%	35%
Küstentanne	4380	45187	40879	5%	54%	49%
Eschen-Ahorn	6.000*	635	1.498	0%	0.3%	35%
Rot-Esche	5619	8097	5304	7%	10%	6%
Schwarznuss	42001	51033	67052	50%	61%	80%
Küsten-Kiefer	7	201	36	0%	0.2%	0%
Gewöhnliche Douglasie	20602	47248	42115	25%	56%	50%
Stech-Fichte	19817	34174	23899	24%	41%	28%
Monterey-Kiefer	0	1	14295	0%	0%	17%
Spätblühende Traubenkirsche	7038	23551	13395	8%	28%	16%
Sitka-Fichte	0	21143	22973	0%	25%	27%
Weymouth-Kiefer	26311	42496	33252	31%	51%	40%
Roteiche	15947	42314	34884	19%	50%	42%
Gewöhnliche Robinie	27836	53004	67379	33%	63%	80%
Riesen-Lebensbaum	472	36492	30102	1%	44%	36%

Quelle: Bundesforschungszentrum für Wald (BFW); Verändert nach Huber (2021)

In Abbildung 6 ist das potentielle Verbreitungsgebiet der Küstentanne in Österreich graphisch aufbereitet. Aus der Graphik ist ersichtlich, dass Begründungen von Beständen dieser Baumart insbesondere im östlichen Bundesgebiet bei beiden Klimaszenarien (RCP4.5 und RCP8.5) NICHT zu empfehlen ist. Die idealen Standorte konkurrieren eher mit Fichtenstandorten. Auf diesen Standorten besitzt die Küstentanne ein sehr hohes Wuchspotential und erreicht bereits mit 30 bis 40 Jahren erntefähige Dimensionen. Im kleineren Umfang könnten daher in der Modellregion Flächen mit geringem Risiko begründet werden.

Abbildung 6: Potentielles Vorkommen von Küstentanne in Österreich mit unterschiedlicher Klimaszenarien (aktuell, und zukünftig RCP4.5 und RCP8.5 für den Zeitraum 2061 bis 2080). Bei einer klimatischen Eignung von 1 (grün) sind die Voraussetzungen zur Begründung dieser Baumart sehr gut gegeben, bei einer Eignung von 0 (hellgrau) sind die notwendigen klimatischen Verhältnisse für die Begründung nicht gegeben.



Quelle: Datensätze sowie Darstellung stammen vom Bundesforschungszentrum für Wald (BFW).

3.7 Herkunft der Küstentanne

Das Hauptverbreitungsgebiet der Küstentanne ist Nordamerika (siehe Abbildung 7). Es kann zwischen zwei Verbreitungsgebieten (Inland und Küste) unterschieden werden. Die Inlandsvariante findet sich auf den westlichen Abhängen der Rocky Mountains. Westlich von den Rocky Mountains, nahe der Küste zieht sich der Gebirgszug der Kaskaden von Süden nach Norden. Das Verbreitungsgebiet der Küstenvarietät erstreckt sich entlang der Kaskaden von der südlichen Küste British Columbias (Kanada) über die Bundesstaaten Washington und Oregon bis in den nordwestlichen Teil von Kalifornien (USA) (Spellmann et al., 2015; Klinka et al., 1999; Foiles et al., 1990; Etzelsdorfer, 2016; Hepting, 1971; Rau et al., 2008).

Abbildung 7: Natürliches Verbreitungsgebiet der Großen Küstentanne



Quelle: Layout Darstellung auf der Homepage von [Data Basin](#), Zugrundeliegende Daten der Verbreitung nach Little (1971), Verändert von Huber (2021)

Unterschiede der Varietäten

Auf die Unterscheidung in die grüne Küstenform (*Abies grandis* var. *Grandis*) und die graue Inlandsform (*Abies grandis* var. *Idahoensis* Silba) der Küstentanne hat bereits Silba (1990) in seinem Fachbeitrag zum Thema "A supplement to the international census of the Coniferae, II" verwiesen. Die beiden Varietäten unterscheiden sich hinsichtlich Physiologie und ihren ökologischen Ansprüchen. Charakteristisch für die Inlandsform sind kleinere Zapfen, stärker gedrehte Blattstiele sowie vertikale angeordnete Nadeln (Foiles et al., 1990; Etzelsdorfer, 2016; Little, 1971).

Zusätzlich werden in Gebieten von den Klamath Mountains im Norden Kaliforniens über den Südwesten Oregons bis in den Nordosten Oregons und den Westen Idahos (Etzelsdorfer, 2016) auch hybride Formen mit anderen Tannenarten gebildet, die sich optisch nur schwer von der Küstentanne unterscheiden lassen (Foiles et al., 1990; Kormutak et al., 2013). In manchen Fällen kann eine Zuordnung nur durch eine Genanalyse gesichert erfolgen.

Standorte und Höhenstufen

Die Küstentanne wächst im Flachland in den Gebieten British Columbia, West-Washington und Oregon bis zu einer Seehöhe von 305 Meter. In West-Oregon kommt sie bis 915 Metern

vor. Im Norden Kaliforniens weist die Küstentanne eine stärkere Verbreitung auf als in British Columbia und Washington. Über 460 Meter Seehöhe kommt die Silber Tanne (*Abies concolor*) vermehrt mit der Großen Küstentanne vor (Foiles et al., 1990). Im Gegensatz zur Küstenform kommt die Inlandsform größtenteils auf Seehöhen über 900m vor und erreicht ihre Höhengrenze auf 1800 Meter. Angepasst an diese Höhen erträgt sie Temperaturen bis unter -40°C bis -55°C (Etzelsdorfer, 2016; Foiles et al., 1990). In der Tabelle 3 und 4 sind die Verbreitungsgebiete und Höhenstufen der Küstentanne zusammengefasst.

Gegenüberstellung der Herkünfte

Herrn Thomas Geburek (Lehrveranstaltung Waldgenetik und Biodiversität, an der Universität für Bodenkultur Wien) vertritt die Meinung, dass die in Österreich vorkommenden Küstentannen mit großer Wahrscheinlichkeit aus der Bucht von Vancouver (British Columbia, Kanada) bzw. aus dem Bundesstaat Washington (USA) stammen (persönliche Mitteilung 2018). In dieser Region herrschen ähnliche klimatische Bedingungen wie in Österreich. Die Annahme bezüglich der Herkünfte der Küstentanne in Österreich wurde von Herrn Geburek mit der Aussage bekräftigt, dass bekannt ist, dass in Österreich erfolgreich eingesetztes Pflanzenmaterial von Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) aus denselben Regionen stammen (Etzelsdorfer, 2016).

Krejzek et al. (2016) sowie Martin et al. (2017) konnten in ihren Studien ebenfalls die hervorragenden Wuchseigenschaften der Provenienzen aus Vancouver Island (British Columbia, Kanada) und der Küstenregion Washington Staates (USA) bestätigen. Die Provenienzen aus Oregon Cascades, Idaho und Montana wiesen ein wesentlich langsames Wuchsverhalten auf. König (1995) weist darauf hin, dass die Oregon Herkünfte mit den Herkünften aus Vancouver hinsichtlich Wuchsleistung mithalten können. Dennoch treten bei den südlichen Herkünften häufiger Pflanzenausfälle sowie zwieseligen Stämme auf (Scholz und Stephan, 1982; Etzelsdorfer, 2016).

In den 1980-Jahren wurde eine Versuchsflächen mit Küstentannen in Tschechien begründet (350 bis 360 m Seehöhe, Jahresmitteltemperatur 7,8°C und Jahresniederschlag 703 mm). Die Ergebnisse zeigten, dass auf dem Standort mit der Küstenform mit Provenienzen aus Vancouver und aus Washingtons höhere Zuwächse als mit der Inlandsform erzielt werden konnten (Etzelsdorfer, 2016; Krejzek et al., 2016; Martin et al., 2017).

In der Studie von Xu et al. (1997) wurde gezeigt, dass die Küstentanne auf saisonalen wasserführenden Standorten hinsichtlich des Wurzelwachstums toleranter ist als die Fichte. Sie breitet ihr Wurzelsystem in tiefere Bodenhorizonte aus. Die Bestandesansprüche der

Küstentanne ist folglich weniger mit der Fichte (*Picea abies*), sondern eher mit der Weißtanne (*Abies alba*) vergleichbar.

Bei starken Veränderungen der klimatischen Bedingungen entsprechend der Klimaszenarien RPC4.5 und RCP8.5 kann für die heimische Tanne eine stärkere Verbreitung angenommen werden (Kölling et al., 2011). Aufgrund der ähnlichen ökologischen Amplitude ist daher auch für die Küstentanne ein verbessertes Wuchspotential anzunehmen, was sich zumindest teilweise mit den Aussagen zu Tabelle 2 und Abbildung 6 deckt.

3.8 Mechanische Kennwerte

Die Recherche der mechanischen Kennwerte der Küstentanne zeigt, dass diese nicht besonders stark zu anderen Nadelholzarten differieren. Die ermittelten Kennwerte für kleine fehlerfreie Proben wurden folgenden Standardwerken entnommen: Sell (1989); Knigge und Schulz (1966); Vorreiter (1949); Grabner (2017), Göhre (1961), Kollmann (1982); Forest Products Laboratory (2010); und Wagenführ (2007). In den nachfolgenden Abbildungen sind die Kennwerte von *Abies grandis* (AR) anderen heimischen Holzarten und in Österreich vorkommenden Neophyten gegenübergestellt

Für einen Vergleich der mechanischen Leistungsfähigkeit wurden die Kennwerte Darrdichte, Biegefestigkeit und Biege-E-Modul herangezogen. In den oben angeführten Quellen sind nicht für alle Holzarten die Darrdichtewerte angegeben. Daher wurde diese mittels Formel (1) nach Niemz und Sonderegger (2017) aus der Rohdichte berechnet.

$$\rho_0 \approx (100 * \rho_\omega) / ((100 + \omega) - (0,85 * \rho_\omega * \omega * 10^{-3})) \quad (1)$$

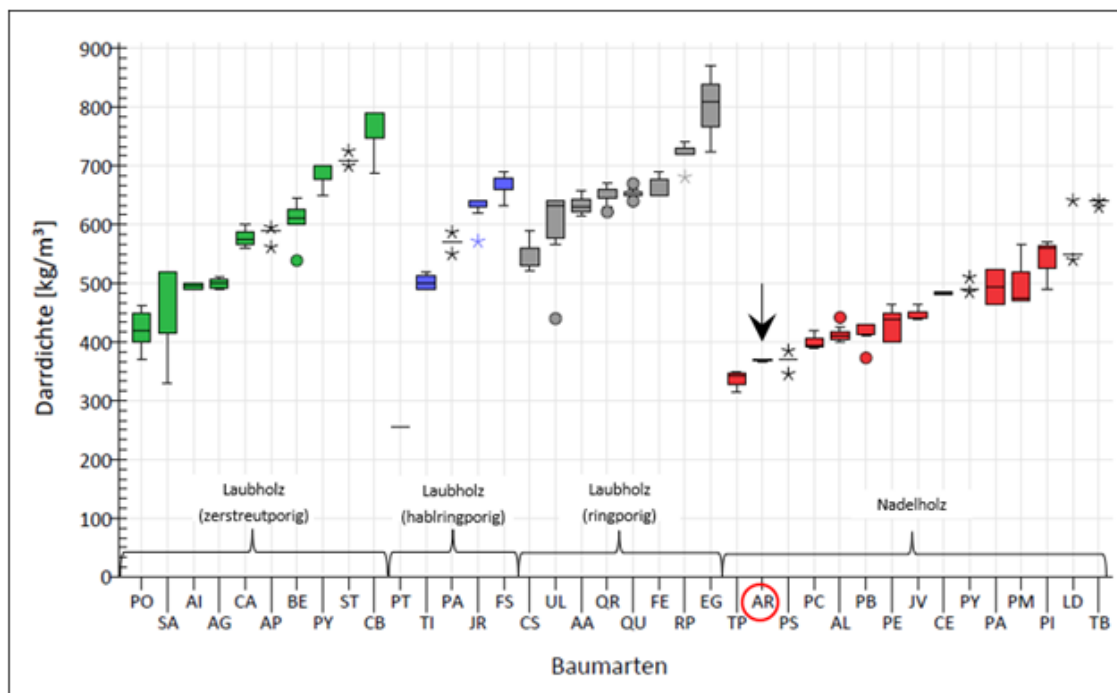
Dabei entspricht ρ_0 der Darrdichte und ρ_ω der Dichte bei der jeweiligen Holzfeuchte ω .

Die somit erhobenen Kennwerte konnten einerseits mit der Küstentanne aber auch mit 38 anderen Baumarten verglichen werden. Abkürzungen der verschiedenen Baumarten wie folgt: Weide (*Salix* L.) = SA; Birne (*Pyrus* L.) = PY; Pappel (*Populus* L.) = PO; Elsbeere (*Sorbus torminalis* (L.) Crantz) = ST; Ahorn (*Acer pseudoplatanus* L.) = AP; Erle (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) = AG; Hainbuche (*Carpinus betulus* L.) = CB; Hasel (*Corylus avellane* L.) = CA; Grauerle (*Alnus incana* (L.) Moench) = AI; Birke (*Betula* L.) = BE; Vogelkirsche (*Prunus avium* L.) = PA; Blauglockenbaum (*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.) = PT; Buche (*Fagus sylvatica* L.) = FS; Linde (*Tilia* L.) = TI; Nuss (*Juglans regia* L.) = JR; Eucalyptus (*Eucalyptus globus* Labill.) = EG; Ulme (*Ulmus* L.) = UL; Kastanie (*Castanea sativa* Mill.) = CS; Roteiche (*Quercus rubra* L.) = QR; Eiche (*Quercus* L.) = QU; Götterbaum (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle) = AA; Esche (*Fraxinus*

excelsior L.) = FE; Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.) = RP; Wacholder (*Juniperus virginiana* L.) = JV; Eibe (*Taxus baccata* L.) = TB; Riesenlebensbaum (*Thuja plicata* Donn ex D.Don in Lambert) = TP; Strobe (*Pinus strobus* L.) = PS; Schwarzkiefer (*Pinus nigra* J.F.Arnold) = PI; Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) = PM; Sitka Fichte (*Picea sitchensis* (Bong.) Carrière) = PC; Tanne (*Abies alba* Mill.) = AL; Zirbe (*Pinus cembra* L.) = PE; Zeder (*Cedrus Trew*) = CE; Lärche (*Larix decidua* Mill.) = LD; Fichte (*Picea abies* (L.) H.Karst.) = PB, Kiefer (*Pinus sylvestris* L.) = PY; Weihrauchkiefer (*Pinus taeda* L.) = PA, **Küstentanne (*Abies grandis* (Douglas ex D.Don) Lindl.) = AR.**

Abbildung 8 zeigt eine Gegenüberstellung der Darrdichte für die Nadelhölzer (rot), die zerstreutporigen Laubhölzer (grün), die halbringporigen Laubhölzer (grün) und die ringporigen Laubhölzer (grün). Die Laubhölzer zeigen insgesamt eine deutlich größere Streuung der Dichte als die Gruppe der Nadelhölzer. Die Küstentanne ist mit einer Darrdichte von ca. 360 kg/m³ im unteren Dichtebereich aller verfügbarer Hölzer zu finden.

Abbildung 8: Darstellung der Darrdichten in kg/m³. Von links beginnend die Unterteilung der Baumarten in Laubholz (zerstreutporig (grün), halbringporig (blau), ringporig (grau)) und Nadelholz (rot). Mit rotem Kreis gekennzeichnete Baumart (AR) ist die Küstentanne (*Abies grandis*).

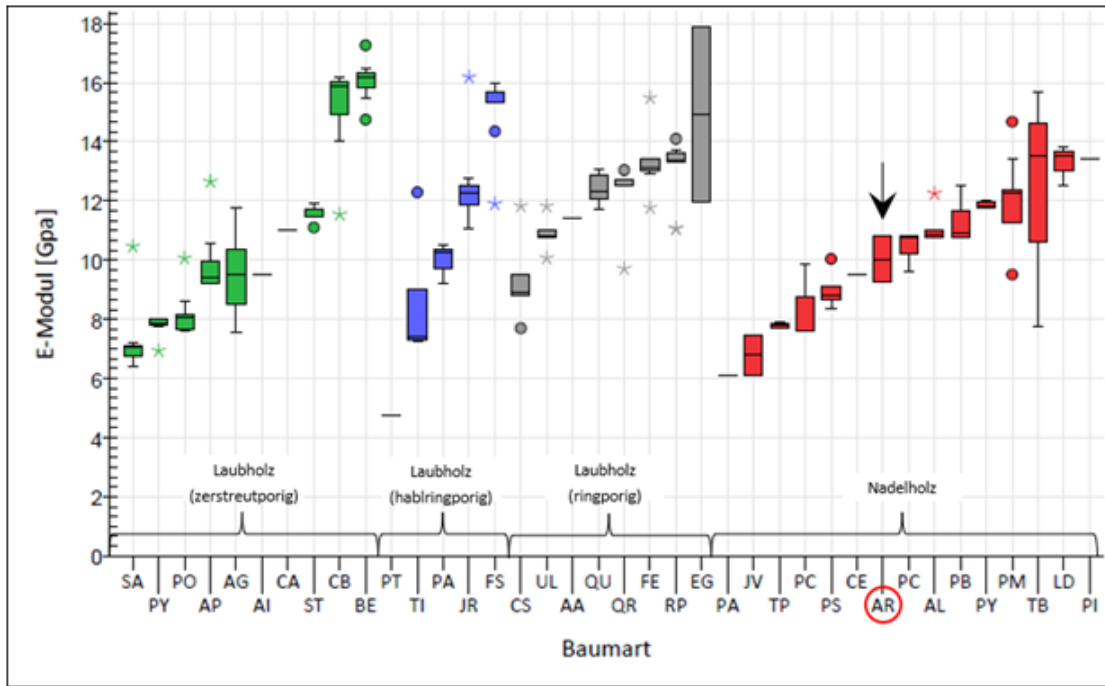


Quelle: Auszug aus Huber C, Pramreiter M, Stadlmann A, Langmaier M, Grabner M, Grabner M, Krenke T, Müller U (2021) Wood species properties and their impact on utilization – A Review (to be published). Auswertung der Verteilung der Darrdichte der untersuchten Holzarten.

Generell kann von einer relativ straffen Korrelation zwischen Dichte und mechanischen Kennwerten ausgegangen werden (Kollmann, 1951) Daher liegen die Festigkeits- und Steifigkeitswerte der Küstentanne erwartungsgemäß im unteren Spektrum der heimischen Holzarten. Für Bauanwendungen müssten neben den kleinen fehlerfreien Proben auch Versuche mit Brettware durchgeführt werden, um das Potential für diese Holzart abschätzen zu können. Die geringe Festigkeit bringt aber durchaus für verschiedene Holzanwendungen Vorteile bzw. ist die geringe Dichte für Anwendungen wie zum Beispiel die Mittellage von Fußbodenelementen nicht als Nachteil zu werten. Die Anwendung der Küstentanne ist in erster Linie im Innenausbau und Möbelbereich zu sehen. Weitere Anwendungsgebiete könnten aber auch Papier- und Zellstoffherstellung und die Produktion von Holzwerkstoffen sein. Die geringe Dichte könnte durchaus Vorteile für Papier und Faserwerkstoffe bringen. Für belastbare Aussagen müssten dafür aber entsprechende Versuche mit heimischem Baumaterial durchgeführt werden.

In Abbildung 9 und Abbildung 10 sind die Biege-E-Moduli und die Biegefestigkeiten der oben genannten Holzarten für die Gruppen zerstreutporige Laubhölzer (grün), halbringporige Laubhölzer (blau), ringporige Laubhölzer (grau) und Nadelhölzer (rot) dargestellt.

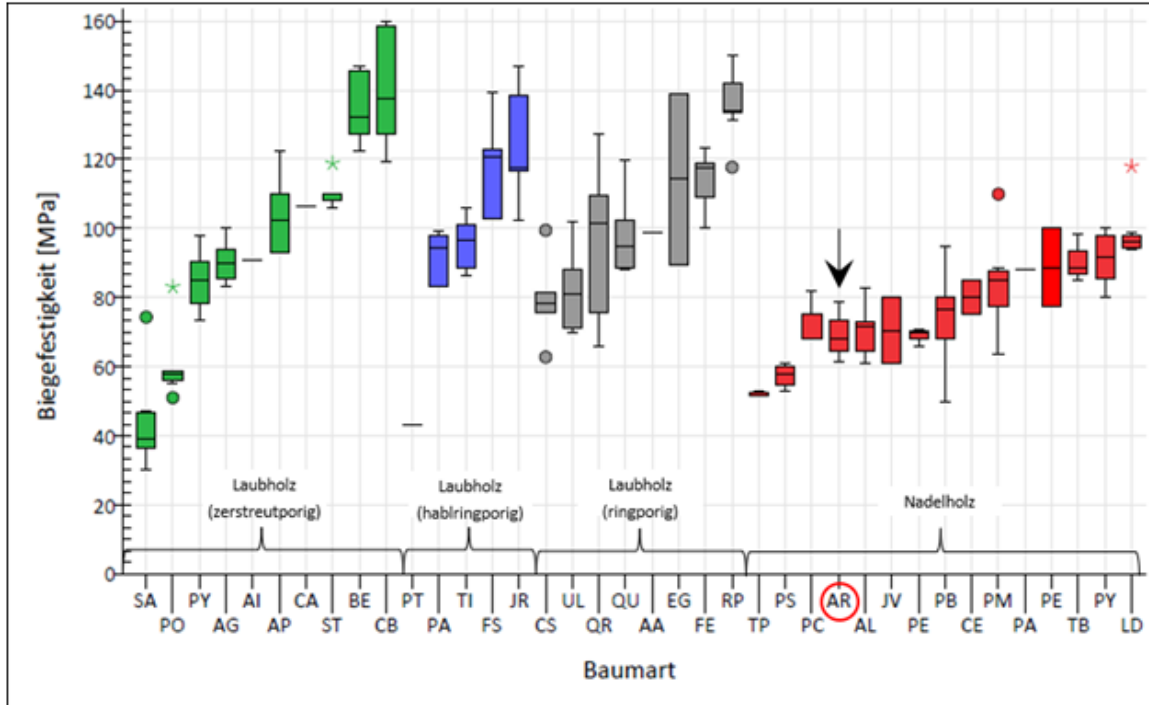
Abbildung 9: Die Abbildung zeigt die Zusammenfassung der Biege-E-Moduli von zerstreutporigen (grün), halbringporigen (blau), ringporigen (grau) Laubhölzern und Nadelhölzern (rot). Die Küstentanne (AR) ist gesondert markiert (Pfeil). Abkürzungen der Baumarten wie oben im Text dargestellt



Quelle: Auszug aus Huber C, Pramreiter M, Stadlmann A, Langmaier M, Grabner M, Grabner M, Krenke T, Müller U (2021) Wood species properties and their impact on utilization – A Review (to be published). Auswertung der Verteilung der Biege-E-Moduli der untersuchten Holzarten.

Trotz der geringeren Dichte liegt die Küstentanne (AR) nur geringfügig unter der heimischen Tanne (PC). Insbesondere überrascht der relativ hohe E-Modul, der im Mittel sogar über der heimischen Tanne (PC) liegt. In welcher Weise sich das Vorkommen von größeren Ästen auf die Festigkeit der Küstentanne bei Brettware auswirkt, müsste man gesondert untersuchen. Die Kennwerte von kleinen fehlerfreien Proben lassen zumindest ein gewisses Potential auch für Brettware erhoffen.

Abbildung 10: Die Abbildung zeigt die Zusammenfassung die Biegefestigkeiten von zerstreutporigen (grün), halbringporigen (blau), ringporigen (grau) Laubhölzern und Nadelhölzern (rot). Abkürzungen der Baumarten wie oben im Text dargestellt.



Quelle: Auszug aus Huber C, Pramreiter M, Stadlmann A, Langmaier M, Grabner M, Grabner M, Krenke T, Müller (2021) Wood species properties and their impact on utilization – A Review (to be published). Auswertung der Verteilung der Biegefestigkeiten der untersuchten Holzarten.

Derzeit wird die Küstentanne in Europa vorrangig als Verpackungsmaterial eingesetzt. Aufgrund der überraschend hohen mechanischen Kennwerte sollte aber auch das Potential für Bauanwendungen untersucht werden.

Abbildung 11: Die Abbildung zeigt potenzielle Anwendungsbereiche der Küstentanne. Linke Abbildung zeigt eine Tischlerplatte, mittlere eine Europaletten und die rechte Abbildung Aufsatzwände für Paletten.



Quelle: Linke Abbildung Tischlerplatte (www.frischeis.at), Mittlere und Linke Abbildung Produktbeispiel mit Küstentanne (www.dte.dk).

Ein weiterer Bereich wäre zum Beispiel bei Tischlerplatten (Abbildung 11). Hierbei könnte Sie als Mittellagenholz eine Anwendung finden. Analog dazu könnte sie auch in der Mittellage von Dreischichtparkett eingesetzt werden. In beiden Fällen dient die Mittellage vorrangig der Formstabilität. Die Oberflächen- bzw. Festigkeitseigenschaften werden bei diesen Produkten durch die Decklagen bestimmt. Die geringe Dichte wäre bei diesen Produkten aufgrund von Gewichtersparnis von Vorteil. Hinsichtlich Quell- und Schwindverhalten zeigt die Küstentanne aufgrund ihrer geringen Dichte ebenfalls Vorteile.

4. Befragungen im Forst und Holz Sektor

4.1 Befragung von Experten*innen

Im Rahmen der Projektarbeiten wurde ein Fragebogen für Expert*innen erstellt. Zielsetzung des Fragebogens war es, die Potentiale für die Verwendbarkeit der Küstentanne in forstwirtschaftlichen und holzbearbeitenden Betrieben und den Literaturergebnissen gegenüberzustellen und abzuschätzen. Das Konzept der Befragung beinhaltete gewisse Unsicherheiten, da der Wissensstand bei den Expert*innen zu der Holzart zu Beginn der Untersuchung nur schwer abschätzbar war. Daher wurde im Projektteam entschieden, vor einer breiteren Befragung, den Fragebogen vorerst an einigen ausgewählten Expert*innen zu testen. Somit wurden im Rahmen des ersten Projektteils erste Probeinterviews mit neun Expert*innen aus Wissenschaft (Forst/Holz) und Praxis (Forst) vorgenommen.

Auszug aus der Befragung von Rupert Wimmer

Um einen Einblick über den Wissensstand sowie Kenntnisse bezüglich dieser Baumart zu liefern, werden nachfolgend exemplarisch die Ergebnisse aus dem Interview mit dem Experten Prof. Rupert Wimmer dargestellt. Herr Wimmer ist an der Universität für Bodenkultur Wien, Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe als Wissenschaftler tätig. Prof. Wimmer verfügt aufgrund seiner zahlreichen Auslandsaufenthalte und langjährigen Forschungstätigkeit über hohe Erfahrung in forst- und holzwirtschaftlichen Fragestellungen.

Der nachfolgende Auszug aus dem geführten Interview zeigte allerdings, dass die von Prof. Wimmer zu Küstentanne getroffenen Aussagen mehr allgemeiner Natur waren. Spezifische Aussagen zu der Baumart konnten daher durch das Interview nicht gewonnen werden.

Herr Wimmer sieht auf gewissen österreichischen Standorten ein mögliches Potenzial für diese Baumart. Bedingt durch den Habitus, Wuchsleistung und Wurzelsystem könnte sie seiner Meinung nach auf Standorten, wo Fichte eher ungeeignet ist eine mögliche Alternative darstellen. Seiner Einschätzung nach liegt der E-Modul der Küstentanne eher unter der Fichte. Problematisch sieht er daher den Einsatz dieser Baumart im Baubereich. Analogien wurden zur Douglasie gezogen, die im punkto Qualität unter der Fichte liegt. Aus holzanatomischer Sicht werden von Wimmer auch Unterschiede zur Fichte aufgrund der hohen Dichteunterschiede zwischen Früh- und Spätholz bei Küstentanne und Douglasie gesehen.

Somit werden Douglasie oder Küstentanne in höherwertigen Einsatzbereichen seiner Ansicht eher nicht zu finden sein. Als Beispiel für eine höherwertige Nutzung nennt Wimmer Klangholz wie zum Beispiel für Gitarrendecken. Für diese Anwendung sind geringe Dichte und hohe Steifigkeit und Festigkeit gefordert. Seiner Einschätzung nach, sind diese Eigenschaften durch Küstentanne durch die breiten Jahresringe nicht zu erzielen.

Zum Thema fremdländischen Baumarten war er zu einer Veranstaltung in Deutschland eingeladen. Dort wurde kontrovers dieses Thema diskutiert. Dabei war ein Kommentar eines Teilnehmers, dass keine fremdländische Baumart an die Leistungsfähigkeit der Fichte herankommt. Als Substitutionen für die Fichte sollten vermehrt auch Laubhölzer, wie die Edelkastanie eingesetzt werden.

Bezüglich des schnellen Wachstumes der Küstentanne stellt sich für Wimmer die Frage, ob dieses in der Jugendphase überproportional stärker ist als in der adulten Phase. Zitat: „Als Beispiel, wenn der erste Stammabschnitt des Baumes ein Alter von 60 Jahre aufweist, dann ist der juvenile Anteil (geschätzt) 15 Jahre. Wenn der juvenile Anteil breiter Jahrringe aufweist ergibt das einen höheren Prozentanteil bezogen auf dem Querschnitt. Somit ist der Anteil an juvenilem Holz höher, was sich somit auf die technischen Eigenschaften schlechter auswirkt als bei adultem Holz.“ Damit sollte bei der Küstentanne auch der Anteil von Lignin höher sein. Die Zellulose hat einen geringeren Anteil an Kristallinität und das Holz weist folglich eine höhere Sprödigkeit, bei geringerer Festigkeit und Steifigkeit auf.

Mögliche Gefahren durch Pilz oder Insekten sind bei Nadelhölzern mit geringer Dichte aus Sicht von Prof. Wimmer häufig gegeben. Als Beispiel wird die in Amerika verbreitete heimische Tannenart Fraser-Tanne (*Abies fraseri*) genannt. Ihr natürliches Verbreitungsgebiet liegt im Osten der Appalachen. Diese war dort früher stark verbreitet und ist heute praktisch verschwunden. Bedingt durch eine eingeschleppte Laus (*Adelges picipii*) aus Europa wurde diese Baumart Anfang des Jahrhunderts (ca. 1930) stark dezimiert. Es kam zu einer Massenvermehrung der Laus und somit zu großflächige Absterben der Bäume. Die Laus bohrt sich unter die Rinde ein und injizierte Stoffe in den Baum. Der Baum bildet darauf Druckholz was viel Energie kosten und somit zum Absterben führt. In Europa spielt die Laus für derartige großflächige Schadereignisse keine Rolle. Auf heimischen Tannenarten ist sie ebenso nicht für derartigen Schadereignisse verantwortlich. Das Beispiel soll nur zeigen, dass die Etablierung einer fremdländischen Baumart, wie zum Beispiel Douglasie oder Küstentanne im großen Umfang immer mit Risiken verbunden ist.

Der Habitus (astfrei, je nach waldbaulicher Pflege) beziehungsweise die Wuchsform (es wird ja über Baumhöhen von bis zu 50 Meter berichtet) kann als Vorteil angesehen werden. Anwendungsmöglichkeiten von Küstentanne könnten im Bereich des konstruktiven Holzbaus

liegen. Historisch gesehen wurde das Holz auch als Mastenholz eingesetzt. Für den zukünftigen Einsatz im konstruktiven Ingenieurbau müsste man im Rahmen von eigenen Projekten Demonstratoren bauen, um so Aufmerksamkeit zu generieren und damit zu zeigen, über welche Einsatzmöglichkeit eine Holzart verfügt. Es gibt zwar Literaturwerte zu den Eigenschaften der Küstentanne, aber eben keine konkreten Beispiele, für welche Zwecke die Baumart eingesetzt werden kann. Für Fassadenanwendungen scheint die Baumart weniger geeignet zu sein, da die Küstentanne keine besseren Eigenschaften als heimische Holzarten wie z.B. Lärche besitzt. Durch die Raschwüchsigkeit drängt sich die Frage auf, ob die Verdrehungsneigung mit großem Jahrringbreiten zunimmt. Neben der Küstentanne gibt es auch andere Holzarten, die zu Nasskern neigen. Die heimische Tanne kann zwei unterschiedliche Arten von Nasskern aufweisen: einen pathologischen und einen physiologischen. Bei der Küstentanne ist durch den ausgeprägten Nasskern das Thema Trocknung eine kritische Frage.

In dem Interview mit Prof. Wimmer wurde aufgrund der Erfahrungen und Wissen des Experten mehr auf mögliche Problematiken und allgemeine Fragen der Holzqualität Bezug genommen. Wissen über die technologische Verwendung und das Potential der Holzart konnte nur bedingt aufgezeigt werden.

Im Zuge dieses Projekts wurden neun Experteninterviews durchgeführt. Dabei konnten sechs Personen aus dem Universitären Bereich, zwei Forstbetriebe und ein Interview mit einem Vertreter der Landwirtschaftskammer Niederösterreich durchgeführt werden. Drei Interviews (Ulrich Müller, Eduard Hochbichler und Blochberger Franz) wurden nicht aufgezeichnet und stehen somit nicht als Transkripte, sondern nur durch einzelne Kommentare zur Verfügung. Nachfolgend sind die verschiedenen interviewten Personen aufgelistet:

- Karl Schuster (Landwirtschaftskammer Niederösterreich; Abteilung Forst)
- Stimm Bernd (Technische Universität München; Lehrstuhl für Waldbau)
- Rupert Wimmer (Universität für Bodenkultur Wien; Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe)
- Alfred Teichinger (Universität für Bodenkultur Wien; Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe)
- Gerhard Mannsberger (Vizekanzler für Organisation und Prozessmanagement, Universität für Bodenkultur Wien)
- Bubna Michael (Forstbetrieb; Donaudorf 8, 3485 Haitzendorf)
- Ulrich Müller (Universität für Bodenkultur Wien; Institut für Holztechnologie und Nachwachsende Rohstoffe)
- Hochbichler Eduard (Universität für Bodenkultur Wien; Institut für Waldbau)
- Blochberger Franz (Forstbetrieb)

Mit der getroffenen Auswahl der Experten sollte ein möglichst breiter Überblick über die forst- und holzwirtschaftlichen Potentiale der Holzart Küstentanne gewonnen werden.

Ergebnis der Experten Interviews

Erkenntnis aus den durchgeführten Probeinterviews war, dass die Fragestellungen selbst für die ausgewählten Expert*innen aus dem universitären Umfeld zu sehr ins Detail gingen und forstwirtschaftliche und holzwissenschaftliche bzw. technologische Kenntnisse zur Küstentanne wenig bis gar nicht vorhanden waren. Prof. Wimmer stellt durch seine forst- und holzwirtschaftliche Expertise eine Ausnahmepersönlichkeit innerhalb der ausgewählten Expert*innen dar. Dennoch war das Interview hinsichtlich expliziten Fachwissens bezüglich der untersuchten Holzart wenig ergiebig. Auch weitere Probeinterviews verstärkten den Eindruck, dass in Österreich mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit keine Expert*innen zur Verfügung stehen, die über die notwendigen Detailinformationen zur Küstentanne besitzen.

Es wurde daher in Erwägung gezogen, den Interviewpartner*innen vor dem Interview entsprechende Informationen zu Küstentanne zukommen zu lassen. Für und Wider dieser Vorgangsweise wurden diskutiert und auch entsprechender Rat von Expert*innen aus Umfragestudien herangezogen.

Resultat einer kritischen Betrachtung der möglichen Vorgangsweise war es, dass durch vorab übermittelte Informationen eine zu starke Beeinflussung kommen würde. Ein weiterer negativer Aspekt, der zu Verzerrungen eines solchen Umfrageergebnisses führen könnte ist, dass mit der Befragung lediglich vorgefasste Meinungen hinsichtlich Befürwortung oder Ablehnung von Neophyten als Signal ablesbar sein würden. Mit der Studie sollten aber ganz spezifisch Informationen zur Küstentanne und nicht die forstpolitische Problematik von nicht heimischen Forstpflanzen erfasst und untersucht werden. Daher wurde entschieden, das Versuchskonzept etwas abzuändern und auf ausgewählte Experten, die tatsächlich bereits mit der Baumart Küstentanne arbeiten und experimentieren, zuzugehen.

Für das veränderte Umfragekonzept wurden national und international Kandidat*innen aus forst- und holzwirtschaftlichen Betrieben gesucht, die über entsprechendes Fachwissen verfügten. Nach einer entsprechenden Recherche wurden dafür zu 80 Betrieben per e-mail und Telefon Kontakt aufgenommen. Um die Rücklaufquote und die Qualität der Antworten zu erhöhen, wurde den verschiedenen Betrieben die Problemstellung zusätzlich gesondert dargelegt.

Der Betrieb verfügt noch nicht über Erfahrungen mit abgedeckten bzw. aufgelichteten Naturverjüngungen. Die Nutzung dieser überreichen Naturverjüngung zur Wildlingsgewinnung

hat in den bisherigen Versuchen keine befriedigenden Ergebnisse gebracht. Offensichtlich sind die Schattenformen nicht an die Freilandstrahlung gewohnt und das Wurzelwerk ist auf die höhere Verdunstung auf der Freifläche nicht angepasst. Die Küstentannen kommen mit fast allen Bodenverhältnissen von Rendzinen bis zu armen Flugsandböden zurecht. Lediglich auf staunassen Standorten gedeihen sie nicht gut, da kein ausgeprägtes Pfahlwurzelsystem (wie bei Weißtanne) ausgebildet wird. Dieser Punkt muss aber noch geklärt werden, denn es ist nicht klar, ob die Beobachtungen mit der Pflanzung oder mit dem Pflanzenmaterial zusammenhängen.

Der künstliche Anbau der Küstentanne ist sehr aufwändig und kostenintensiv. Der ausgeprägter Pflanzchock und der nötige volle Lichtgenuss für ein vernünftiges Höhenwachstum bedingen hohe Jungwuchspflegekosten. Auf durchschnittlichen Standorten müssen diese meist 2-mal im Jahr über mehrere Jahre durchgeführt werden. Zusätzlich ist eine Gatterung auch bei „normalem“ Rehwildbestand zwingend erforderlich. Die Kosten für die Jungwuchspflege sind im Vergleich zur Douglasie, Lärche Kiefer etc. auf Freifläche mindestens doppelt so kostspielig (Zaun nicht einkalkuliert). Damit bestehen aus betriebswirtschaftlicher Sicht bei künstlicher Begründung von Küstentannenbeständen gegenüber Douglasie, Lärche Kiefer etc. deutliche Nachteile. Allerdings, wenn die Küstentanne in eine Wachstumsphase kommt, ist sie allen anderen Baumarten, außer Douglasie, deutlich überlegen. Der Betrieb besitzt wenige Erfahrungen mit Mischkulturen. Seit 2004 werden kaum noch Küstentannenkulturen begründet, da diese der Douglasie kostenmäßig deutlich unterlegen sind.

Wie gesagt, die Wuchsleistung ist überragend. Keine andere Baumart leistet in der Jugend so viel (Pappel ausgenommen). Es gibt ca. 30 bis 40-jährige Bestände in denen bis zu 180 Efm.o.R. / ha Derbholz-Durchforstungsmasse entnommen werden konnten. Aufgrund des raschen Wachstums ist aber auch schon eine vorgezogene Ernte von herrschenden Stämmen notwendig (etwa ab 40 Jahren), weil diese dann so stark werden, dass diese in einem herkömmlichen Sägewerk nicht mehr eingeschnitten werden können. Ältere Einzelbäume können ein Volumen von bis über 20 fm erreichen.

Aufgrund des fehlenden Pfahlwurzelsystems besteht bei der Küstentanne eine ähnliche Windwurfgefährdung wie bei der Fichte. Dieser Umstand ist auf ein Missverhältnis zwischen Wurzelmasse und oberirdischer Biomasse zurückzuführen. Bei felsigen und / oder skelettreichen Böden besteht eine deutlich bessere Verankerung. Die Küstentanne ist sehr trockenheitsresistent und erzielt auch auf trockenen Standorten noch eine gute Leistung.

Absatzseitig werden aus forstlicher Sicht folgende Verwendungszwecke gesehen. Bei Industrieholz zum Beispiel für Spanplatten bestehen keine Einschränkungen. Für die Nutzung

in der Papierindustrie bestehen keinerlei Erfahrungen. In der Sägeindustrie wird das Holz nicht nachgefragt, da das Material über keine Zulassung als Verwendung als Bauholz verfügt. Daher wird die Küstentanne ausschließlich im Bereich Verpackung, Paletten und Kisten eingesetzt. Bei normalen Marktverhältnissen und ausreichendem Fichtenstammholzangebot bestehen hohe Absatzprobleme. Der erzielte Preis liegt etwa bei 70 % vom von Fichte der Qualität B/C. Bei hoher Rundholzverfügbarkeit aufgrund von Kalamitäten (wie seit 2018) ist überhaupt kein Absatz mehr möglich. Die Lagerfähigkeit von Stämmen ist stark eingeschränkt. Bei Einschlag im Sommer besitzt die Küstentanne einen sehr hohen Wassergehalt. Dadurch steigen Transport- und Trocknungskosten. Die Darrdichte der Küstentanne ist sehr gering. Das Holz ist daher vergleichsweise sehr leicht. Zusammenfassend wird die Küstentanne nicht als Massenprodukt gesehen. Anwendungen sind in Nischen zu suchen.

Die Aussagen von Orla Poulson vom Sägewerk Dansk Traemballage können wie folgt zusammengefasst werden. Der Betrieb ist Hersteller von Verpackungsware wie Obstkisten, Europlatten, Transportverpackungen, Sperrholzkästen und Plattenrahmen und setzt dafür auch Küstentanne ein. Die dafür verarbeitete Küstentanne stammt aus dänischen Forsten. Der Einschnitt in der Zerspannerlinie ist einfach und weist keinerlei größerer Einschränkungen in punkto Vorschubgeschwindigkeit beziehungsweise Standzeit auf. In diesem Punkt werden keine Nachteile gegenüber Fichte gesehen. Die Einschränkungen gegenüber Fichte sind vorrangig bei den Trocknungskosten und der Trocknungsdauer zu sehen. Aufgrund des hohen Wassergehaltes sind eigene Trocknungschargen notwendig. Sonst bestehen für die oben angeführten Anwendungszwecke keine Nachteile gegenüber anderen Nadelholzarten. Ein weiterer Anwendungsbereich ist die Verwendung als Mittellage bei Tischlerplatten. Hierbei liegen noch keine Erfahrungen bezüglich der Stabilität der Platten vor (Schwindmaß der Küstentanne im Mittel bei 11 %, zum Vergleich bei Fichte liegt das mittlere Schwindmaß bei 12 %). Im Zuge der Studienreise nach Deutschland bzw. Dänemark sollten auch Fotos von Bäumen, Stamm- Brettmaterial gewonnen werden. Anhand der Fotodokumentation sollte dann die Holzqualität (Stammform, Abholzigkeit, Astigkeit, etc.) abgeschätzt werden. Ersatzweise wurde Stammmaterial aus Österreich gewonnen, das dankenswerterweise durch die Österreichischen Bundesforste zur Verfügung gestellt wurde.

5. Materialuntersuchung

5.1 Fällung

Für die Abschätzung des holzwirtschaftlichen Potentials der Küstentanne von österreichischen Standorten wurden im Raum Krems (Abbildung 12) 15 Stämme gefällt. Bei der ausgewählten Fläche handelt es sich um einen 30-jährigen Bestand der Österreichische Bundesforste AG, Forstbetrieb Waldviertel-Voralpen, Revier Eisenbergeramt. Die Fällungen wurden im September 2021 durchgeführt. In Tabelle 4 sind die Durchmesser und die Qualitäten der gefällten Bäume zusammengefasst, wobei die Ansprache der Baumqualität nach Österreichischen Holzhandelsusancen (ÖHHU) getrennt durch zwei Experten erfolgte

Abbildung 12: Lagebeschreibung der Küstentannenbestände (rechts unten Google Maps; rechts oben Revierkarte, links Bildaufnahme des Bestands).

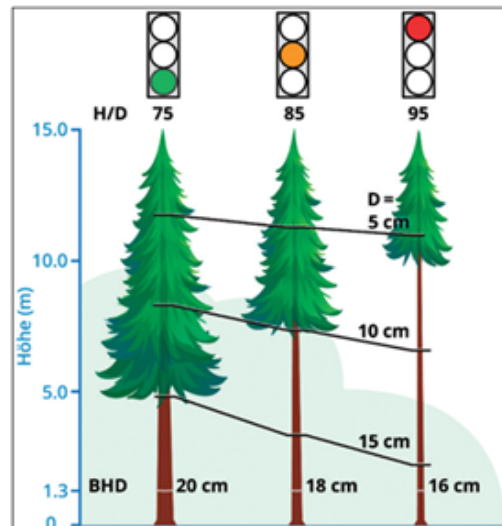


Quelle: Google Maps, Darstellung der Lage des Forstgebiets. Linkes Foto zeigt den Küstentanne Bestand (© BOKU-Wien/Fotograf Christian Huber)

Der Bestand befindet sich laut Revierkarte in der zweiten Altersklasse (AKL = 21-40 Jahre). Laut Aufzeichnung wurde der Bestand vor 35 Jahren begründet. Hinsichtlich Herkunft und Genetik der untersuchten Küstentannen liegen keine genaueren Informationen vor. Die Geländemorphologie des Bestandes entspricht einem Oberhang. Die Seehöhe liegt zwischen 560 m – 530 m. Der Jahresniederschlag beträgt im Durchschnitt 650 mm. Das ermittelte HD-Verhältnis der gefällten Bäume betrug im Mittel 74. Somit ist das Verhältnis unter 75, was auf gut entwickelte Kronen und gute Widerstandsfähigkeit bei Sturm schließen lässt (siehe Abbildung rechts in Tabelle 3). In Tabelle 3 sind zusätzlich die Abmessungen der gewonnenen Stämme zusammengefasst.

Tabelle 3: Einzelbaum Daten der Küstentanne Stämme. Zusammenstellung der Durchmesser, Höhen und Qualitäten der gefällten Küstentannen. Rechts: Darstellung des H/D-Verhältnis.

Lfd.Nr.	BaumNu.	BA	L/T	BHD	d10	Höhe	PKA	HD-Wert
[x]	[x]	[x]	[1;0]	[cm]	[cm]	[m]	[m]	[x]
1	1	KTA	1	38	44	26	7.5	69
2	2	KTA	1	40	64	28	10	71
3	3	KTA	1	38	53	26	8.3	68
4	4	KTA	1	32	44	28	13	90
5	5	KTA	1	46	66	29	7.8	63
6	6	KTA	1	41	59	30	11	73
7	7	KTA	1	38	51	25	10	66
8	8	KTA	1	39	51	30	15	76
9	9	KTA	1	45	74	30	17	67
10	10	KTA	1	37	56	31	15	82
11	11	KTA	1	42	57	30	13	72
12	12	KTA	1	36	51	31	13	86
13	13	KTA	1	34	52	30	18	86
14	14	KTA	1	47	68	32	8.1	66
15	15	KTA	1	36	48	29	4.0	80



min	32	44	25	4.0	63
max	47	74	32	18	90
Ø	39	56	29	11	74
Stand.	4.3	8.8	1.9	3.8	8.4

Quelle: Grafik von Bundesforschungszentrum für Wald. Tabelle eigene Auswertung.

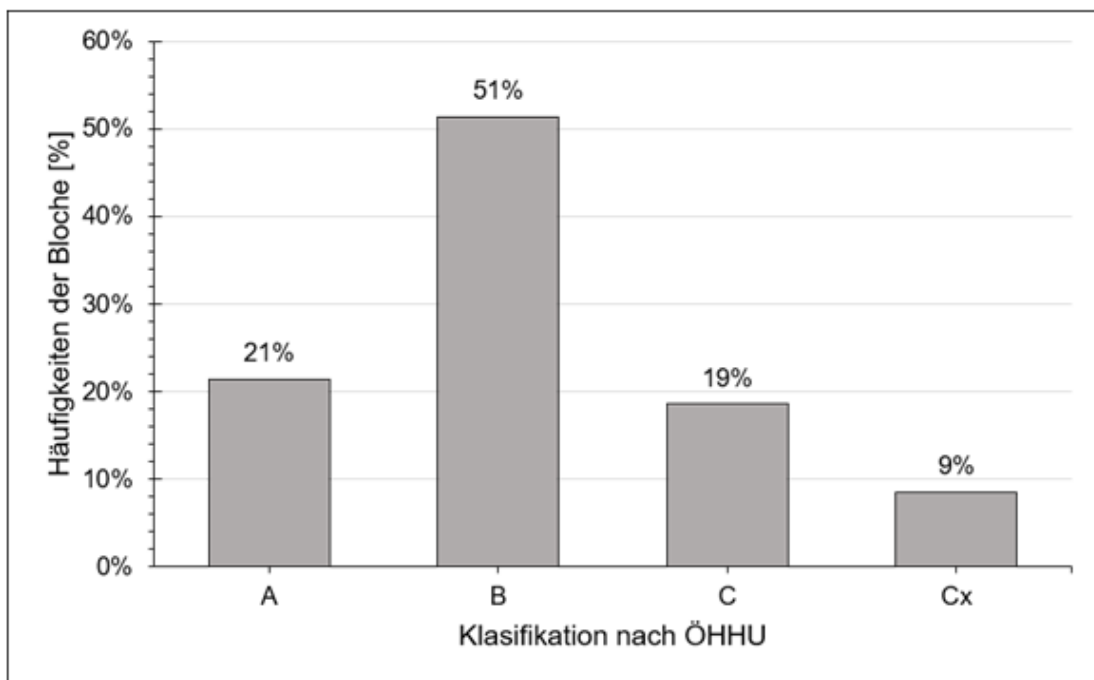
Aus den insgesamt 15 gefällten Bäumen konnten 70 Bloche mit 4,15 Meter Länge ausgeformt werden. Das Hiebsvolumen des geschlägerten Holzes betrug 22,2 Vorratsfestmeter in Rinde (Vfm). Das Abzopfen erfolgte bei einem Mindestdurchmesser von 20 cm. Der Durchmesser war durch das verarbeitende Sägewerk vorgegeben, da unter der Durchmesserklasse 20 cm mit der Anlage keine Stämme verarbeitet werden können. Das restliche Oberholz beziehungsweise Wipfelstücke wurden nicht für die weitere Auswertung herangezogen (Anmerkung: das Oberholz ist ohnehin größtenteils bei der Fällung zu Bruch gegangen).

Der Durchmesser der Stämme wurde in Stockhöhe (d10) und bei Brusthöhe (BHD) durch kreuzweises Kluppieren ermittelt. Die Höhe wurde nachträglich durch Abmessen mit einem Forstmaßband erhoben. Wie in Tabelle 5 dargestellt variieren die Baumhöhen zwischen 25 m und 32 m. Der mittlere Brusthöhendurchmesser (BHD) lag trotz des geringen Alters bei 39 cm und der mittlere Durchmesser in 10 cm Höhe (d10) bei 74 cm.

5.2 Einschnitt

Die Qualitätsansprache der einzelnen Bloch nach geltenden Österreichischen Holzhandelsusancen (ÖHHU) erfolgte wiederum getrennt durch zwei Experten. Das Ergebnis der ermittelten Blochqualitäten ist in Abbildung 13 dargestellt.

Abbildung 13: Häufigkeit der Qualitäten der einzelnen Bloche der gewonnenen Küstentannenbäume.



Quelle: Grafik eigene Auswertung


Das Probensample beinhaltete keine Braunbloche. Aufgrund der geringen Anzahl der gefällten Stämme ist die Verteilung für den gesamten Bestand und schon gar nicht für ganz Österreich repräsentativ. Aufgrund fehlender verfügbarer weiterer Daten zur Küstentanne wurde Probenkollektiv dennoch für Vergleiche herangezogen. Die gefällten Stämme weisen zu einer durchschnittlichen Fichtenholzfällung einen relativ hohen Anteil an A-Blochen auf. Die gute

Stammqualität lässt darauf schließen, dass bei Küstentanne zumindest nicht mit signifikant schlechteren Qualitäten im Vergleich zu Fichte und Tanne zu rechnen ist. Auffällig ist der ausgeprägte Nasskern. Das Auftreten des Nasskerns deckt sich mit den Aussagen der Experten Herr Braun und Hr. Poulson aus Deutschland bzw. Dänemark.

Für eine Abschätzung des Volumens, das durch den Nasskern betroffen ist, wurde dieser an den Schnittflächen für alle gewonnenen Bloche ermittelt. Dabei zeigte sich, dass sich der Nasskern über die gesamte Stammlänge vom Erdbloch bis zum vierten beziehungsweise fünften Bloch erstreckt. Anhand von 10 Stämmen wurde der Nasskernanteil exakt vermessen. Dafür wurden Fotos (siehe Abbildung 14) herangezogen und die Flächenanteile des Nasskerns (dunkel) mittels der Bildauswertungssoftware Image ermittelt. Die Auswertung ergab im Mittel einen Querschnittsanteil von 46%. Die Ergebnisse der Auswertung sowie exemplarisch ein Foto einer Stammquerschnittsfläche sind in Abbildung 14 dargestellt.

Abbildung 14: Ermittlung des Nasskern-Anteils am Stammquerschnitt. Stammquerschnitt (links) und entsprechende Auswertung der 10 Stämme umfassende Stichprobe mittels Bildauswertung rechts.

Lfd.Nr.	Baum Numer	Bloch Nummer	Stirnfläche Durchmesser	Stirnfläche Gesamt	Nasskern Fläche	Prozentanteil
[x]	[x]	[x]	[cm]	[cm ²]	[cm ²]	[%]
1	7	B	34	1069	525	49
2	4	B	28	654	421	64
3	11	A	39	1324	736	56
4	11	C	32	866	330	38
5	11	B	36	789	394	50
6	11	E	23	398	95	24
7	7	C	33	734	312	42
8	4	C	26	535	299	56
9	12	E	23	415	166	40
10	8	C	32	797	348	44
					∅	46



Quelle: Bildmaterial © BOKU-Wien/Fotograf Christian Huber. Tabelle eigene Auswertung.

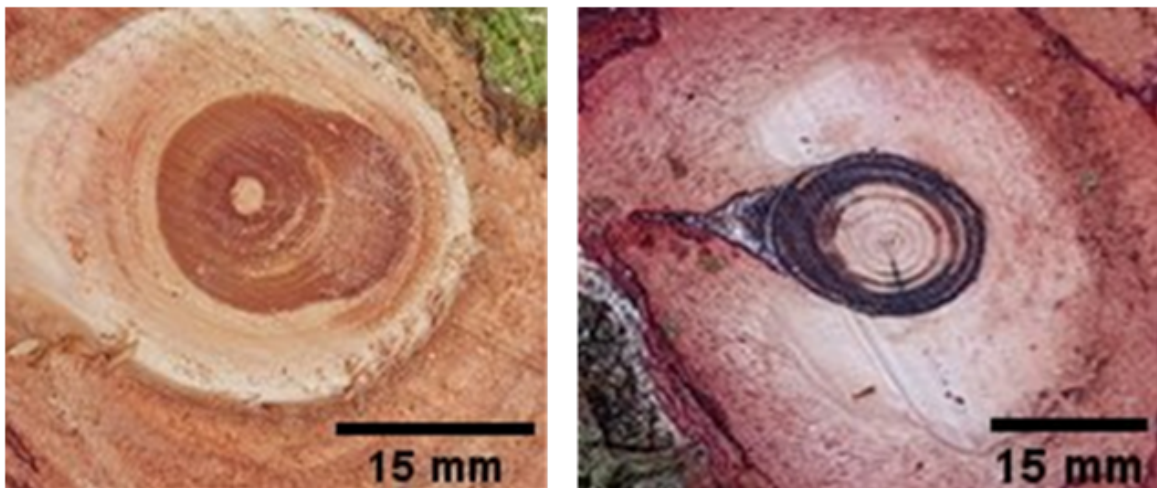
Rechnet man den mittleren Nasskernanteil von 46% auf das Volumen des gesamten Probenmaterials hoch, so sind 10 Vfm, also ca. die Hälfte, von den insgesamt 22,2 Vfm betroffen. Welche technologischen und betriebswirtschaftlichen Konsequenzen davon abgeleitet werden können, müsste gesondert durch Trocknungsversuche untersucht werden. Im Vergleich zu Fichte ist aber mit höheren Trocknungskosten und ggf. mit längeren Trocknungszeiten zu rechnen.

Für die Ermittlung des Rindenanteils wurden die gleichen Stämme wie die für die Ermittlung des Nasskernanteils herangezogen. Die Ermittlung des Rindenanteils wurde ebenfalls durch Fotoanalyse ermittelt. Die Auswertung der Rindenmessung ergab einen durchschnittlichen Rindenanteil von 1%. Der durchschnittliche Dicke der Rinde lag bei 1,1 cm.

Der Zuwachs der Küstentanne ist für das Alter des Bestandes hoch. Für den 35-jährigen Bestand ergibt sich eine durchschnittliche Jahrringbreite von 9,4 mm. Die Stämme können als relativ vollschäftig eingeschätzt werden. Die Abholzigkeit am Rundholz in Rinde ergab durchschnittlich 1,4 cm/lfm für den Erdstamm und 1,1 cm/lfm für das zweite Bloch.

Für eine Abschätzung der Astigkeit wurden im Zuge der Aufnahmen der Holzqualität der Stämme die Anzahl pro lfm und Astbasisdurchmesser vermessen. Dabei wurden die Bloche in 1 Meter lange Teilstücke untergliedert. Bei der Vermessung wurde zwischen nicht festverwachsenen und festverwachsenen Ästen unterschieden (siehe Abbildung 15). Dabei wurden der Durchmesser der Astbasis und die Länge des Astes ermittelt.

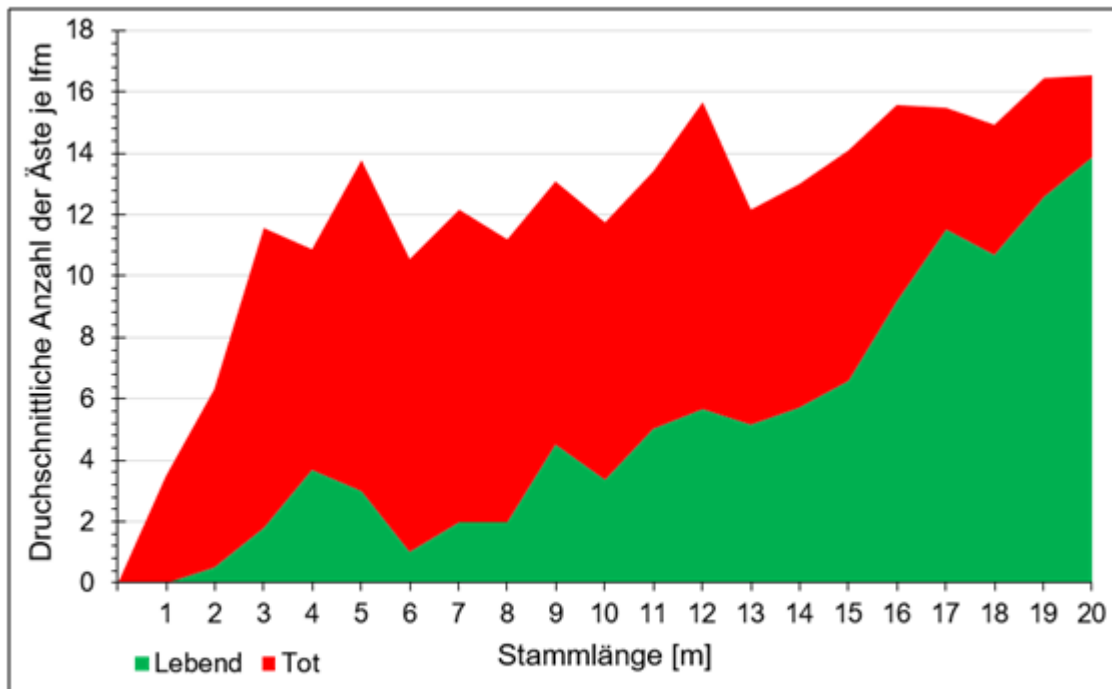
Abbildung 15: Darstellung der unterschiedlichen ausgebildeten Äste. Links ein festverwachsener und rechts ein nicht festverwachsener Ast



Quelle. Fest- und Totast © BOKU-Wien/Fotograf Christian Huber. Links Beispiel eines festverwachsenen Astes, rechts Beispiel für einen Totast.

Für eine Auswertung wurden dann die Anzahl der Äste, gegliedert nach festverwachsen und nicht festverwachsen, über die einzelnen Stammabschnitte aufgetragen (siehe Abbildung 16). Die Grafik zeigt, dass erwartungsgemäß mit zunehmender Baumhöhe die Anzahl der festverwachsenen Äste oberhalb von 15 m stark zunehmen. Ab einer Baumhöhe von 20 m werden kaum noch nicht festverwachsene Äste beobachtet.

Abbildung 16: Anzahl von festverwachsenen und nicht festverwachsenen Ästen entlang der Stammachse pro 1 m Stammabschnitten.



Quelle: Grafik eigene Auswertung

Im Vergleich zu den Ergebnissen aus dem Starkholzprojekt („Zur Starkholzfrage in Österreich, Interdisziplinäre Forschung zum Thema Starkholz – Problemanalyse und Lösungsansätze von der Produktion bis zur Endverarbeitung“, Senitzka, 1992) weisen die Küstentannenstämme eine höhere Anzahl an nicht verwachsenden Ästen auf als die heimische Fichte. Bei der Küstentanne steigt der Anteil an nicht verwachsenden Ästen kontinuierlicher an. Fichte zeigt ebenfalls einen Anstieg der verwachsenen Äste entlang der Stammachse, allerdings ist der Anteil dieser deutlich geringer. In 20 m Höhe werden in der Studie von Senitzka (1992) noch immer durchschnittlich 5 nicht verwachsene Äste beobachtet. Bei der Küstentanne sank die Anzahl hingegen auf durchschnittlich zwei nicht verwachsene Äste.

Zusätzlich zeigt Fichte einen geringeren Astanteil als Küstentanne. Im unteren Stammbereich ist die Fichte weitgehend astfrei. Im Vergleich dazu steigt bei der Küstentanne der Anteil der festverwachsenen und nicht festverwachsenen Äste von der Stammbasis bis zur Krone an. Insbesondere der Anteil festverwachsener war bei dem beobachteten Stammmaterial höher als bei Fichte. Zum Teil könnte dies auf die geringe Bestandesdichte zurückzuführen sein, wodurch sich durch die Sonneneinstrahlung bis in die unteren Stammbereiche verstärkt Kurzäste ausgebildet haben.

Das Stammmaterial wurde im Betrieb von Martin Jagersberger, Schneebergstraße 240, Puchberg am Schneeberg eingeschnitten (siehe Abbildung 17). Nach dem Aufschneiden wurde die Schnittholzqualität visuell nach DIN 4074 durch zwei Experten sortiert.

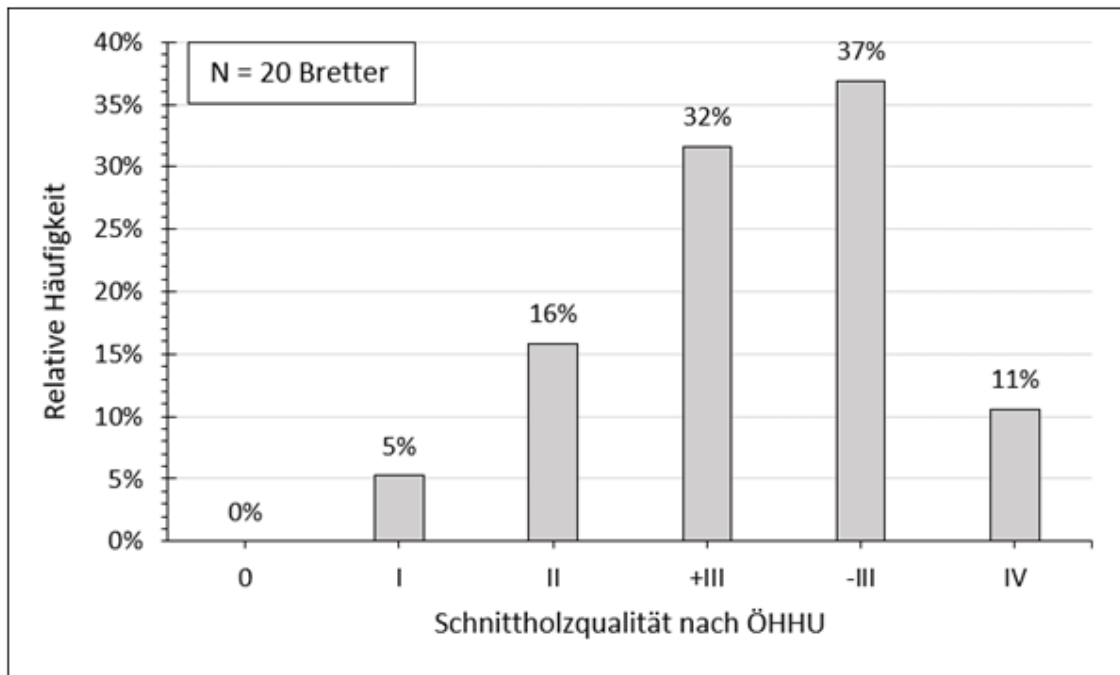
Abbildung 17: Schnittware von Küstentanne (links gelattetes Holz; rechts Oberfläche der Schnittflächen mit festverwachsenen Ästen sowie gelbliche Streifen, die die Grenzen des Nasskerns markieren).



Quelle: Bretterstapel © BOKU-Wien/Fotograf Christian Huber.

Entrindung, Handling und Einschnitt des Stammmaterials war durchaus mit Fichte vergleichbar. Für den Einschnitt wurde eine Bandsäge verwendet. Die Stämme wurden scharf eingeschnitten, um so die Äste bis zur Seitenware ansprechen zu können. Die Hauptware beziehungsweise Seitenware wurde in 1½ zöllige Bretter eingeschnitten. Beim Auflatten der Bretter auf den Brettstapel (Abbildung 17 rechts) zeichnet sich der Nasskern an der Oberfläche durch gelbe Streifen klar auf der Oberfläche ab. Ob die farbliche Veränderung der Nasskerne bei der Trocknung zur Gänze verschwindet, kann zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht vorhergesagt werden. Entsprechend der Informationen aus der Literatur bzw. aus den Experteninterviews ist davon auszugehen, dass der Nasskern nach der technischen Trocknung nicht mehr zu erkennen ist und auch für die weitere technische Verwendung des Holzes keine Einflüsse hat.

Abbildung 18: Relative Häufigkeit der Schnittware von Küstentanne. Qualitätsklassen nach der ÖHHU.



Quelle: Eigene Auswertung. Stichprobenumfang von 20 Brettern

Aus Zeit- und Kostengründen wurde von den 70 Blochen nur die Hälfte des Stammmaterials zu Brettware verarbeitet. Von diesen Brettern wurden für eine erste Auswertung 20 Bretter für eine Qualitätseinstufung des Schnittholzes herangezogen. Diese Bretter wurden nach den Sortierkriterien der ÖHHU von zwei Experten gesondert sortiert. Bei unterschiedlicher Ansprache wurde der Mittelwert der beiden Ansprachen herangezogen. In Abbildung 18 ist die Auswertung der Schnittholzqualität der Küstentanne nach ÖHHU dargestellt. Ein Vergleich mit einer durchschnittlichen Fichtenholzsortierung (Senitza, 1992) zeigt, dass bei Küstentanne so wie bei Fichte der Hauptanteil in Klasse 3 liegt. Die untersuchte Schnittholzqualität bestätigt daher die Ergebnisse aus der Rundholzansprache.

Zielsetzung der Projektnehmer ist es, im Rahmen von weiteren Forschungsarbeiten Materialuntersuchungen an dem gewonnenen Stammmaterial durchzuführen. Das Schnittholzmaterial wird vollständig sortiert und mechanisch charakterisiert. Damit sollten sich deutlich detaillierte Aussagen über die Schnittholzqualität der Küstentanne treffen lassen.

6. Schlussfolgerung

Aus den klimatischen Bedingungen den prognostizierten Klimaveränderungen und anhand der bisherigen forstlichen Untersuchungen von Neophyten liegt für die Küstentanne ein geringes Risiko vor. Die Baumart kann ggf. auf einigen Standorten helfen, das allgemeine Ausfallrisiko zu minimieren (Hochbichler, 2018). Insbesondere auf niederschlagsarmen, ertragsschwächeren Standorten empfiehlt es sich, Versuchsflächen anzulegen, um zu überprüfen, ob sich dort die prognostizierten Ertragssteigerungen (Lockow und Lockow, 2007; Liesebach et al., 2008; Rau et al., 2008). Die Ergebnisse aus Norddeutschland können nur bedingt auf Österreich übertragen werden. Auf breiter Basis stellt die Küstentanne somit keine Alternative zur Fichte dar.

Aus den Herkunftsversuchen sind die Varianten aus Vancouver und der Küstenregion Washington zu bevorzugen, da sie in punkto Wuchsleistung aber auch in Ausfällen und Zwieselung tendenziell bessere Ergebnisse erzielen als die Varietäten aus Oregon.

Im Zug der Recherche konnten zwei spezielle holztechnologische Anwendungsbereiche herausgearbeitet werden. Ein Anwendungsbereich ist die Verwendung als Mittellage bei Tischlerplatten. Entsprechende Erfahrungswerte von Plattenmaterialien liegen noch nicht vor. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Verwendung dieser Baumart als Verpackungsmaterial. Untersuchungen und Erfahrungen von Küstentanne als Baumaterial liegen bislang nicht vor. Die Astigkeit des untersuchten Materials deutet darauf hin, dass in diesem Punkt keine Nachteile gegenüber Fichte und Tanne bestehen. Für eine verlässliche Bewertung holztechnologischer Eigenschaften und insbesondere für die Bewertung der Eignung der Küstentanne für die Papier- und Faserindustrie bzw. der Holzwerkstoffindustrie fehlen noch entsprechende Untersuchungen des heimischen Materials.

Im Bereich des konstruktiven Holzbaus und für andere statisch relevante Anwendungen kann die Küstentanne aufgrund fehlender Kenndaten und materialwissenschaftlichen Zulassungen derzeit nicht eingesetzt werden. Die Verarbeitung der Küstentanne ist zusätzlich durch den ausgeprägten Nasskern auch mit höheren Produktionskosten verbunden.

Die Untersuchungen des Stammmaterials zeigt, wie gesagt, eine verhältnismäßig gute Holzqualität. Für die Einschätzung des technologischen Potentials der Küstentanne werden mit dem im Rahmen dieses Projekts gewonnenen Stammmaterials Materialuntersuchungen durchgeführt. Damit sollten in Zukunft belastbare Ergebnisse hinsichtlich der Holzeigenschaften von österreichischer Küstentanne in absehbarer Zeit vorliegend sein.

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Auszug aus den österreichischen Inventurergebnissen 2016 - 2018. (Die österreichische Waldinventur ist eine Stichprobeninventur. Bäume oder Waldbestände, die sehr verstreut und selten vorkommen, sind statistisch gesehen ein seltenes Ereignis und sind bei einer Stichprobeninventur nur ungenau abgebildet. Die Werte weisen eine hohe Standardabweichung) *) enthält auch Hybride aus heimischen Arten. 15
- Tabelle 2: Verteilungs- und Verbreitungsgebiete sowie Flächenangaben für verschiedene in Österreich vorkommende Neophyten. In Spalte 2 bis 4 sind die absoluten Flächen, in den Spalten 5 bis 7 den relativen Flächenanteilen von 15 in Österreich vorkommenden Neophyten dargestellt. Verglichen wurden dabei die Anteile der Neophyten in den Jahren 1961-1990 mit den theoretischen Anteilen für die Klimaszenarien RCP4.5 und RCP8.5. Die zukünftigen Vorkommen für die beiden Klimaszenarien beziehen sich auf den Zeitraum von 2061-2080. (RCPs: Repräsentative Konzentrationspfade (Representative Concentration Pathways) nach IPCC) 22
- Tabelle 3: Einzelbaum Daten der Küstentanne Stämme. Zusammenstellung der Durchmesser, Höhen und Qualitäten der gefällten Küstentannen. Rechts: Darstellung des H/D-Verhältnis. 39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Natürliches Verbreitungsgebiet der Fichte. Vorratsfestmeter unter und über 600 m Seehöhe für Österreich und Deutschland.	9
Abbildung 2 Höhenstufen in den Nördlichen Randalpen Österreichs. Darstellung der verschiedenen Höhenstufen von unterschiedlichen Waldgesellschaften. Rote strichliert Linie wurde zusätzlich eingefügt und symbolisiert die 600 Meter Seehöhe.	10
Abbildung 3 Entwicklung der Jahreswerte von Lufttemperatur (oben) und Niederschlag (unten) in Österreich. Das Niveau der Mittelwerte des Bezugszeitraums 1960-1990 und 1991-2020 sind als dunkelgraue und hellgraue horizontale Linien dargestellt.	17
Abbildung 4: Die Abbildung zeigt eine Gegenüberstellung von Lufttemperatur und Niederschlag für die Jahresmittel von 1961 bis 2020 (helle bis dunkelgraue Punkte). Die Jahresmittel sind entsprechend ihrer Charakteristik zwischen relativ kalt (unten), warm (oben), relativ trocken (links) und feucht (rechts) auf der Fläche verteilt. Das Berichtsjahr 2020 ist rot hervorgehoben. Der Pfeil zeigt die Verlagerung der laufenden 30-Jährigen Mittelwerte 1961-1990 bis 1991-2020. Darstellung übernommen aus Stangl et al. (2020).	18
Abbildung 5 Übersicht von Kriterien zur Bewertung von Neophyten	19
Abbildung 6: Potentielles Vorkommen von Küstentanne in Österreich mit unterschiedlicher Klimaszenarien (aktuell, und zukünftig RCP4.5 und RCP8.5 für den Zeitraum 2061 bis 2080). Bei einer klimatischen Eignung von 1 (grün) sind die Voraussetzungen zur Begründung dieser Baumart sehr gut gegeben, bei einer Eignung von 0 (hellgrau) sind die notwendigen klimatischen Verhältnisse für die Begründung nicht gegeben.	23
Abbildung 7: Natürliches Verbreitungsgebiet der Großen Küstentanne	24
Abbildung 8: Darstellung der Darrdichten in kg/m ³ . Von links beginnend die Unterteilung der Baumarten in Laubholz (zerstreutporig (grün), halbringporig (blau), ringporig (grau)) und Nadelholz (rot). Mit rotem Kreis gekennzeichnete Baumart (AR) ist die Küstentanne (<i>Abies grandis</i>).	27
Abbildung 9: Die Abbildung zeigt die Zusammenfassung der Biege-E-Moduli von zerstreutporigen (grün), halbringporigen (blau), ringporigen (grau) Laubhölzern und Nadelhölzern (rot). Die Küstentanne (AR) ist gesondert markiert (Pfeil). Abkürzungen der Baumarten wie oben im Text dargestellt	29
Abbildung 10: Die Abbildung zeigt die Zusammenfassung die Biegefestigkeiten von zerstreutporigen (grün), halbringporigen (blau), ringporigen (grau) Laubhölzern und Nadelhölzern (rot). Abkürzungen der Baumarten wie oben im Text dargestellt	30
Abbildung 11: Die Abbildung zeigt potenzielle Anwendungsbereiche der Küstentanne. Linke Abbildung zeigt eine Tischlerplatte, mittlere eine Europaletten und die rechte Abbildung Aufsatzwände für Paletten.	31
Abbildung 12: Lagebeschreibung der Küstentannenbestände (rechts unten Google Maps; rechts oben Revierkarte, links Bildaufnahme des Bestands).	38

Abbildung 13: Häufigkeit der Qualitäten der einzelnen Bloche der gewonnenen Küstentannenbäume.	40
Abbildung 14: Ermittlung des Nasskern-Anteils am Stammquerschnitt. Stammquerschnitt (links) und entsprechende Auswertung der 10 Stämme umfassende Stichprobe mittels Bildauswertung rechts.	41
Abbildung 15: Darstellung der unterschiedlichen ausgebildeten Äste. Links ein festverwachsender und rechts ein nicht festverwachsender Ast.	42
Abbildung 16: Anzahl von festverwachsenen und nicht festverwachsenen Ästen entlang der Stammachse pro 1 m Stammabschnitten.	43
Abbildung 17: Schnittware von Küstentanne (links gelattetes Holz; rechts Oberfläche der Schnittflächen mit festverwachsenen Ästen sowie gelbliche Streifen, die die Grenzen des Nasskerns markieren).	44
Abbildung 18: Relative Häufigkeit der Schnittware von Küstentanne. Qualitätsklassen nach der ÖHHU.	45

Literaturverzeichnis

Brang, Peter/Bugmann, Harald/Bürgi, Anton/Mühlethaler, Urs/Rigling, Andreas/Schwitzer Raphael: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen. In: Schweizerischer Forstverein (Hg.): Klimawandel als waldbauliche Herausforderung. Schweiz: 2008, Bd. 159, 10 Aufl., S. 362-373

Brawenz, Christian: Forstgesetz 1975 - Kommentierte Ausgabe mit Judikatur in Leitsätzen; mit einem Überblick über alle relevanten Durchführungsverordnungen, Nebengesetze und Erlässe: In: Manzsche Gesetzausgaben : Sonderausgabe (Hg.). Wien 2015, 4 Aufl.

Buras, Allan/Menzel, Annette: Projecting Tree Species Composition Changes of European Forests for 2061-2090 Under RCP 4.5 and RCP 8.5 Scenarios. In: Frontiers in plant science (Hg). 2018,

Cieslar, Adolf: Über Anbauversuche mit fremdländischen Holzarten in Österreich. In: Centralblatt für das gesammte Forstwesen (Hg.). Organ der k. k. forstlichen Versuchsanstalt Verlag von Wilhelm Frid, f. und f. Hofbuchhandlung: Wien 1901, Bd. 27

Ellenberg, Heinz/Leuschner, Christoph: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. In: Ökologie, Agrar- und Forstwissenschaften (Hg.). Stuttgart: Eugen Ulmer 2010, 6 Aufl.

Englisch, Michael/Kilian, Walter: Anleitung zur Forstlichen Standortskartierung in Österreich. FBVA Berichte 104/1998. Forstliche Bundesversuchsanstalt. Wien 1998.

Essl, Franz/Rabitsch, Wolfgang: Neobiota in Österreich. In Umweltbundesamt (Hg.). Wien: 2002, S. 5

Essl, Franz: Verbreitung, Status und Vergesellschaftung von *Pinus strobus* in Österreich. In: Floristisch-soziologischen Arbeitsgemeinschaft e.V. – Tuexenia (Hg.). Göttingen 2007, Bd. 27 S. 59-72

Essl, Franz/Rabitsch, Wolfgang: Glossar. In: Biodiversität und Klimawandel - Auswirkungen und Handlungsoptionen für den Naturschutz in Mitteleuropa (Hg.) Berlin Heidelberg: Springer 2013, S. 449

Etzelsdorfer, Simon: Waldbauliche Analyse der Küstentanne (*Abies grandis* (Douglas ex D. Don) Lindl.) im Mühlviertel. Universität für Bodenkultur: Wien 2016

Foiles, Marvin W./Graham, Russel T./Olson, David F.: *Abies grandis* (Dougl. ex D. Don) Lindl. In: Burns, Russell M.; Honkala, Barbara H.(Hg.). *Silvics of North America*. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, Forest Service 1990, Bd. 1, S. 52-59

Forest Products Laboratory: *Wood handbook - Wood as an engineering material*. In: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory (Hg.). 2010

Frank, Georg/Mayerhofer, Gerhard: *Aktuelle Vegetation, Potentielle Natürliche Waldgesellschaften und Erhaltungszustand der FFH-Lebensraumtypen, Ergebnisse und Empfehlungen im Rahmen der Erfassung von FFH-Lebensraumtypen und Ableitung von Erhaltungsmaßnahmen für die Bereiche „Plöckenstein“ und „Hochficht“ des Natura 2000-Gebietes „Böhmerwald und Mühltäler“; Im Auftrag der Oberösterreichischen Landesregierung, Naturschutzabteilung*. Linz: 2007

Göhre, Kurt: *Werkstoff Holz*. Leipzig: Fachbuchverlag Leipzig 1961

Göhre, Kurt/Wagenknecht, Egon: *Die Roteiche und ihr Holz*. In Deutscher Bauernverlag (Hg.). Berlin 1955

Grabner, Michael: *Werkholz - Eigenschaften und historische Nutzung 60 mitteleuropäischer Baum- und Straucharten*. Remagen: Dr. Kessel 2017

Guericke, Martin/Schlutow, Angela/Gemballa, Rainer/Eisenhauer, Dirk-Roger/Klinck, Caroline/Eichhorn, Johannes: *Vorkommen und Standortansprüche der Baumarten im Klimawandel*. In: Eichhorn, Johannes/Guericke, Martin/Eisenhauer, Dirk-Roger (Hg): *Waldbauliche Klimaanpassung im regionalen Fokus*. München: 2016, Bd: 10, S. 81-102

Hepting, George H.: *Diseases of forest and shade trees of the United States*. In: *Agriculture handbook* (Hg.). Washington: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service 1971, Bd. 386

Hochbichler, Eduard: *Potenzial für *Abies grandis* in Österreich*. Persönliche Mitteilung. Wien 2018

Huber, Markus/Knutti, Reto: *Anthropogenic and natural warming inferred from changes in Earth's energy balance*. In: *Nature Geoscience* (Hg). Zürich 2012, Bd. 5, 1 Aufl., S. 31-36

Karl, Thomas R.: *Global climate change impacts in the United States*. In: Cambridge University Press (Hg). New York 2009, S. 17

Kilian, Walter/Müller, Ferdinand/Starlinger, Franz: Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs - Eine Naturraumgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. In: Forstliche Bundesversuchsanstalt (Hg.). Wien: 1994, Bd. 82

Kirisits, Thomas: Der Stroben-Blasenrost. In: Frostzeitung – Alles rund um Forst (Hg.). 2019, Bd. 4, S. 15

Klemmt, Hans-Joachim/Neubert, Michael/Falk, Wolfgang: Das Wachstum der Roteiche im Vergleich zu den heimischen Eichen - Ein innerbayerischer Leistungsvergleich zeigt Stärken und Schwächen der Gastbaumart. In: Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (Hg.) 2013. Bd. 97, S. 28-31

Klinka, Karel/Worrall, John/Skoda, L./Varga, Pal/Chourmouzis, Christine: The distribution and synopsis of ecological and silvical characteristics of tree species of British Columbia's forests. In: Scientia Silvica (Hg.). 1999 Bd. 10

Knigge, Wolfgang/Schulz, Horst: Grundriß der Forstbenutzung - Entstehung, Eigenschaften, Verwertung und Verwendung des Holzes und anderer Forstprodukte. Hamburg: Parey 1966

Knoke, Thomas/Ammer, Christian/Stimm, Bernd/Mosandl, Reinhard: Admixing broadleaved to coniferous tree species: a review on yield, ecological stability and economics. In: European Journal of Forest Research (Hg.). 2008, Bd. 2, Aufl. 127, S. 89-101

Kollmann, Franz: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Berlin/Heidelberg; Springer 1951, 1.Auflage

Kollmann, Franz: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe. Berlin; Springer 1982, 2. Aufl.

Kölling, Christian/Falk, Wolfgang/Walentowski, Helge: Standörtliche Möglichkeiten für den Anbau der Tanne (*Abies alba* und *Abies grandis*) in Bayern. In: Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF) (Hg.). Wälder im Klimawandel - Weißtanne und Küstentanne. Freising: 2011, Bd. 66, S. 11-19

Kölling, Christian/Knoke, Thomas/Schall, Peter/Ammer, Christian: Überlegungen zum Risiko des Fichtenanbaus in Deutschland vor dem Hintergrund des Klimawandels. In: Forstarchiv (Hg.). München: 2009, Bd. 80, 2. Aufl., S. 42-54

König, A.: Geographic Variation of *Abies grandis* Provenances Grown in Northwestern Germany. In: *Silvac Genetica* (Hg.). 1995, Bd. 5-6, 44. Aufl., S. 248-255

Kormutak, Andrej/Vooková, Božena/Čamek, Vladimír/Salaj, Terézia/Galgóci, Martin/Mañka, Peter/Boleček, Peter/Kuna, Roman/Kobliha, Jaroslav/Lukáčik, Ivan/Gömöry, Dušan: Artificial hybridization of some *Abies* species. In: *Plant Systematics and Evolution* (Hg.). 2013, Bd. 6, Aufl. 299, S. 1175-1184

Kowarik, Ingo/Rabitsch, Wolfgang: *Biologische Invasionen - Neophyten und Neozoen in Mitteleuropa*. Stuttgart: Ulmer 2010, 2 Aufl.

Krejzek, R./Novotný, P./Podrázský, V./Beran, F./Dostál, J.: Evaluation of the IUFRO provenance plot with grand fir in the Habr locality (Western Bohemia) at the age of 31 years. In: *Journal of Forest Science* (Hg.). 2016. Bd. 12, Aufl. 61, S. 551-561

Kristöfel, Ferdinand: Über Anbauversuche mit fremdländischen Baumarten in Österreich. In *Bundesamt und Forschungszentrum für Wald* (Hg.). Wien 2003, Bd. 131, S. 7-8

Leitgeb, Ernst/English, Michael: Klimawandel - Standortliche Rahmenbedingungen für die Frostwirtschaft. In: *Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft* (Hg.). BFW Praxisinformation. Wien: 2006, Bd. 10, S. 9-11

Liesebach, Mirko/Schüler, Silvio/Weißenbacher, Lambert: Herkunftsversuche der Küstentanne (*Abies grandis* [D. Don] Lindl.) in Österreich - Eignung, Wuchsleistung und Variation. In: *Austrian Journal of Forest Science* (Hg.). *Centralblatt für das gesamte Forstwesen*. Österreichischer Agrarverlag: Wien 2008, Bd. 3, 125 Aufl., S. 183-200

Little, Elbert L.: Atlas of United States trees. In: *Conifers and important hardwoods* (Hg.). Washington D.C.: U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service 1971, Bd. 1

Lockow, Karl-Willi/Lockow Judith: Anbau der Großen Küstentanne in Brandenburg aus ertragskundlicher Sicht. In: *Forstarchiv* (Hg.). 2007, Bd. 78, S. 158-165

Martin, Fulín/Petr, Novotný/Vilém, Podrázský/František, Beran/Jaroslav, Dostál/Jan, Jehlička: Evaluation of the provenance plot "Hrubá Skála" (Northern Bohemia) with grand fir at the age of 36 years. In: *Journal of Forest Science* (Hg.). 2017. Bd. 2, 63 Aufl., S. 75-87

Melillo, Jerry M./Richmond, Terese/Yohe, Gray. W.: Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment. In: U.S. Global Change Research Program.

Neuhäusel, R.: Chemischer Zustand der Atmosphäre in Industriegebieten und die natürliche Vegetation. *Acta Bot. Sci. Hung.* 26(1/2):139-142. Budapest: 1980

Neuhäusel, R.: Umweltgemäße natürliche Vegetation, ihre Kartierung und Nutzung für den Umweltschutz. *Prestia* 56:205-212. Praha: 1984

Nobis, Michael: Ausbreitung gebietsfremder Arten. In: *Wald und Holz - Zeitschrift für Wald, Waldwirtschaft, Holzmarkt und Holzverwertung* (Hg.). 2008, S. Bd. 8, 46-49

Nicolussi, Kurt/Patzelt, Gernot: Klimawandel und Veränderungen an der alpinen Waldgrenze - aktuelle Entwicklungen im Vergleich zur Nacheiszeit. In: *Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft* (Hg.). BFW Praxisinformation. Wien: 2009, Bd. 10, S. 3-5

Niemz, Peter/Sonderegger, Walter: *Holzphysik*. München: Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG 2017

Österreichische Bundesforste: *Aliens - Aus dem Garten - Empfehlungen für eine verantwortungsvolle Gartengestaltung*. In *Österreichische Bundesforste* (Hg.). Wien: 2015, 2. Aufl. S. 3-4

Puettmann, Klaus J./Wilson, Scott McG/Baker, Susan C./Donoso, Pablo J./Drössler, Lars/Amente, Girma/Harvey, Brian D./Knoke, Thomas/Lu, Yuanchang/Nocentini, Susanna/Putz, Francis E./Yoshida, Toshiya/Bauhus, Jürgen: *Silvicultural alternatives to conventional even-aged forest management - what limits global adoption?*. In: *Forest Ecosystems* (Hg.). 2015, Bd. 1, 2. Aufl., S. 611

Rau; Hans-Martin/König; Armin/Ruetz; Wolfhard/Rumpf; Hendrik/Schönfelder; Egbert: *Ergebnisse des westdeutschen IUFRO-Küstentannen-Provenienzversuches im Alter 27*. In: *Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek; Univ.-Verl. Göttingen* (Hg.). Göttingen 2008, Bd. 4

Reif, Albert/Brucker, Ulrike/Kratzer, Raffael/Schmiedinger, Andreas/Bauhaus, Jürgen: *Waldbau und Baumartenwahl in Zeiten des Klimawandels aus Sicht des Naturschutzes*. In: *Bundesamtes für Naturschutz* (Hg.). 2009

Russ, Wolfgang: *Mehr als 4 Millionen Hektar Wald in Österreich*. In: *Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft* (Hg.). BFW Praxisinformation. Wien 2019, Bd. 50, S. 3-7

Schadauer, Klemens/Freudenschuss, Alexandra: Zwischenauswertung der ÖWI 2016/18 – Bund. In: Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (Hg.). Wien 2019

Schoelch, Manfred/Schmiedinger, Andreas/Frischbier, Nico/Stimm, Bernd: Was wissen wir über Gastbaumarten?. In: AFZ-Der Wald – Forschung Wissen Verstehen (Hg.). 2010, Bd. 4, S. 4-5

Scholz, Florian/Stephan, Bruno Richard: Growth and reaction to drought of 43 *Abies grandis* provenances in a greenhouse study. In: Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft (Hg.). 1982, Bd. 1, Aufl. 31, S. 27-35

Schou, Erik/Thorsen, Bo Jellesmark/Jacobsen, Jette Bredahl: Regeneration decisions in forestry under climate change related uncertainties and risks: Effects of three different aspects of uncertainty. In: Forest Policy and Economics (Hg.). 2015, Bd. 50, S. 11-19

Schramm, Engelbert: Klimaanpassung in der Forstwirtschaft. In: Ökologisches Wirtschaften (Hg.). Frankfurt am Main: 2013, Bd: 28, 1 Aufl., S. 42-45

Schüler, Silvio/Züger, Johann/Gebetsroither, Ernst/Jandl, Robert: Wald im Klimawandel. In: Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (Hg.). BFW Praxisinformation. Wien: 2012, Bd:30, S. 5-8

Schüler, Silvio/Grabner, Michael/Karanitsch-Ackerl, Sandra/Fluch, Silvia/Jandel, Robert/Geburek, Thomas/Konrad, Heino: Fichte - fit für den Klimawandel?. In: Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (Hg.). BFW Praxisinformation. Wien: 2013, Bd. 31, S. 10-12

Schuster, Karl: Gastbaumarten in der österreichischen Forstwirtschaft. In: Landwirtschaftskammer Niederösterreich (Hg.). Niederösterreich: 2015. S. 18-19

Silba, John: A supplement to the international census of the Coniferae, II. In: Gleason; Henry Allan. Phytologia. USA 1990, Bd. 1, Aufl. 65, S 17

Spellmann, Hermann/Brang, Peter/Hein, Sebastian/Geb, Mark: Große Küstentanne (*Abies grandis* Dougl. ex D. Don Lindl.). In: Vor, Torsten; Spellmann, Hermann; Bolte, Andreas; Ammer, Christian (Hg.). Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten. Göttingen: Universität Verlag. 2015, Bd. 7, S. 29-46

Stangl, Martha/Michl, Claudia/Fromayr, Herbert/Hiebl, Johann; Orlik, Alexander/Höfler, Angelika/Kalcher, Manuela: Klimastatusbericht Österreich 2020. In: CCCA (Hg.). Graz 2021

Stimm, Bernd: Neophyten in Deutschland. Persönliche Mitteilung. 2019

Stocker, Thomas. F./Qin, Dahe/Plattner, Gian-Kasper/Tignor, Melinda M.B./Allen, Simon K./Boschung, Judith/Naueles, Alexander/Xia, Yu/Bex, Vincent/Midgley, Pauline M.: Climate change 2013. The physical science basis: Working Group I contribution to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: Cambridge University Press. Cambridge: 2014

Sell, Jürgen: Eigenschaften und Kenngrößen von Holzarten. Zürich: Baufachverlag 1989, 3 Aufl.

Senitz, Eckart: Zur Starkholzfrage in Österreich : Interdisziplinäre Forschung zum Thema Starkholz - Problemanalyse und Lösungsansätze von der Produktion bis zur Endverarbeitung. Österreichisches Holzforschungsinstitut, Wien. 1992.

Tüxen, R.: Die heutige potentielle natürliche Vegetation als Gegenstand der Vegetationskartierung. Angew. Pflanzensoziologie 13:5-42. Stolzenau/W. 1956

Vor, Torsten/Spellmann, Hermann/Bolte, Andreas/Ammer, Christian: Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten - Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung. In: Göttingen University Press (Hg.). Göttingen 2015, Bd. 7, S. 23

Vorreiter, Leopold: Holztechnologisches Handbuch - Band I: Allgemeines, Holzkunde, Holzschutz und Holzvergiftung. Wien: Georg Fromme 1949

Wagenführ, Rudi: Holzatlas. In: Fachbuchverl. Leipzig im Hanser Verl. (Hg.). 2007, 6 Aufl.

Xu, Yi-Jun/Röhrig, Ernst/Fölster, Horst: Reaction of root systems of grand fir (*Abies grandis* Lindl.) and Norway spruce (*Picea abies* Karst.) to seasonal waterlogging. In: Forest Ecology and Management (Hg.). 1997, Bd. 1-2, 97 Aufl., S. 9-19

Yousefpour, Rasoul/Hanewinkel, Marc: Climate Change and Decision-Making Under Uncertainty. In: Current Forestry Reports (Hg.). 2016, Bd. 2, S. 143-149

Abkürzungen

Abk.	Abkürzung
AA	Götterbaum (<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle)
AG	Erle (<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.)
AL	Grauerle (<i>Alnus incana</i> (L.) Moench)
AL	Tanne (<i>Abies alba</i> Mill.)
AR	Küstentanne (<i>Abies grandis</i> (Douglas ex D.Don) Lindl.)
AP	Ahorn (<i>Acer pseudoplatanus</i> L.)
BA	BA Baumart
BE	Birke (<i>Betula</i> L.)
BFW	Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald
BHD	Brusthöhendurchmesser
CA	Hasel (<i>Corylus avellane</i> L.)
CB	Hainbuche (<i>Carpinus betulus</i> L.)
CE	Zeder (<i>Cedrus trew</i>)
CS	Kastanie (<i>Castanea sativa</i> Mill.)
d10	Stammdurchmesser in 10 cm Höhe
EG	Eucalyptus (<i>Eucalyptus globus</i> Labill.)
FE	FE Esche (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)
FS	Buche (<i>Fagus sylvatica</i> L.)
HD	Höhe / Durchmesser-Verhältnis
JR	Nuss (<i>Juglans regia</i> L.)
JV	Wacholder (<i>Juniperus virginiana</i> L.)
KTA	Küstentanne
LD	Lärche (<i>Larix decidua</i> Mill.)
ÖHHU	Österreichischen Holzhandelsusancen
PA	Weihrauchkiefer (<i>Pinus taeda</i> L.)
PA	Vogelkirsche (<i>Prunus avium</i> L.)
PB	Fichte (<i>Picea abies</i> (L.) H.Karst.)

Abk.	Abkürzung
PC	Sitka Fichte (<i>Picea sitchensis</i> (Bong.) Carrière)
PE	Zirbe (<i>Pinus cembra</i> L.)
PI	Schwarzkiefer (<i>Pinus nigra</i> J.F.Arnold)
PM	Douglasie (<i>Pseudotsuga menziesii</i> (Mirbel) Franco)
PO	Pappel (<i>Populus</i> L.)
PS	Strobe (<i>Pinus strobus</i> L.)
PT	Blauglockenbaum (<i>Paulownia tomentosa</i> (Thunb.) Steud.)
PY	Kiefer (<i>Pinus sylvestris</i> L.)
PY	Birne (<i>Pyrus</i> L.)
QR	Roteiche (<i>Quercus rubra</i> L.)
QU	Eiche (<i>Quercus</i> L.)
RCP	Representative Concentration Pathways
RP	Robinie (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)
SA	Weide (<i>Salix</i> L.)
ST	Elsbeere (<i>Sorbus tominalis</i> (L.) Crantz)
TI	Linde (<i>Tillia</i> L.) = TI
TB	Eibe (<i>Taxus baccata</i> L.)
TP	Riesenlebensbaum (<i>Thuja plicata</i> Donn ex D.Don in Lambert)
UL	Ulme (<i>Ulums</i> L.)
Vfm	Vorratsfestmeter
RCPs	Repräsentative Konzentrationspfade“ (Representative Concentration Pathways – RCPs) nach IPCC
BHD	Brusthöhendurchmesser in 1,3 Meter Höhe

**Projektnehmer: Dr. Ulrich Müller, Institut f. Holztechnologie u. Nachwachsende Rohstoffe,
Universität für Bodenkultur Wien**

Konrad Lorenz Strasse 24
A-3430 Tulln an der Donau