

ExoticDATA: Erfassung und Auswertung bestehender Anpflanzungen nichtheimischer Baumarten

Endbericht von Arbeitspaket 6 des Waldfonds Projekts WaldFIT

(WF-Forschungsprojekt Nr. 101658: Klimafitte Wälder: Herkunftswahl
und Pflanzverfahren)

Juni 2025

Autoren und Beitragende:

Julia Konic, Anita Zolles, Carina Heiling, Silvio Schüller. 2025: **Erfassung und Auswertung bestehender Anpflanzungen nichtheimischer Baumarten**. Endbericht des Berichts Exotic data. BFW, Wien. 32 S.



Das Projekt wurde
gefördert von



 Waldfonds
Republik Österreich

Eine Initiative des Bundesministeriums
für Land- und Forstwirtschaft,
Klima- und Umweltschutz,
Regionen und Wasserwirtschaft

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	3
2. Ziele	6
3. Inhalte des Projekts	6
4. Datenbank	6
4.1. Ziel	6
4.2. Ablauf.....	7
5. Felderhebungen	10
5.1. Ziel	10
5.2. Ablauf.....	10
5.3. Ergebnis	11
5.3.1. Altbestand.....	14
5.3.2. Verjüngung.....	28
6. Klimaaanalyse.....	40
6.1. Ziel	40
6.2. Ablauf.....	40
6.3. Ergebnis	41
7. Baumartensteckbriefe	54
7.1. Ziel	54
7.2. Ablauf.....	54
8. Anhang.....	55
8.1. Abbildungsverzeichnis	55
8.2. Tabellenverzeichnis	59
8.3. Baumartensteckbriefe	i

1. Zusammenfassung

Im Rahmen des Arbeitspakets ExoticDATA des Waldfondsprojekts WaldFIT (Forschungsprojekt Nr. 101658: „Klimafitte Wälder“) wurde das Ziel verfolgt, bestehende Anpflanzungen nichtheimischer Baumarten in ganz Österreich systematisch zu erfassen und wissenschaftlich zu analysieren. Grundlage war die Annahme, dass nichtheimische Baumarten potenziell zur Stabilisierung von Wäldern im Klimawandel beitragen können – sofern sie an geeigneten Standorten wachsen und keine negativen ökologischen Effekte verursachen. Im Zentrum des Projekts standen daher vier methodisch aufeinander abgestimmte Handlungsschritte: die Erstellung einer umfassenden Datenbank, gezielte Felderhebungen, eine Klimaanalyse sowie die Ableitung von Anbauempfehlungen in Form von Baumartensteckbriefen.

Die zentrale Grundlage des Projekts bildete die **Datenbank** ExoticDATA, die speziell für dieses Arbeitspaket neu eingerichtet wurde. Ziel war es, bestehende Aufforstungen nichtheimischer Baumarten über das gesamte Bundesgebiet hinweg zu erfassen, zu dokumentieren und für weiterführende Forschung verfügbar zu machen. In die, nicht frei zugängliche, Datenbank gingen drei Hauptquellen ein: (1) bestehende BFW-Versuchsflächen, (2) die Flächen des Vorgängerprojekts WaldWandel und (3) Flächenmeldungen aus einer früheren Umfrage bei Forstbetrieben sowie neue Rückmeldungen im Projektverlauf. Insgesamt wurden 355 Flächen aufgenommen, auf denen in Summe 44 unterschiedliche nichtheimische Baumarten vorkommen – die häufigste war die Douglasie mit 194 Nennungen. Trotz teils unvollständiger oder unpräziser Meldungen konnte durch Rücksprache mit Waldbesitzer:innen eine verlässliche Datengrundlage erzielt werden.

Basierend auf dieser Datenbank wurden im nächsten Schritt gezielte **Felderhebungen** geplant und durchgeführt, um vertiefende Informationen zu Wachstum, Bestandstruktur, Verjüngung und Ausbreitung zu sammeln. Ausgehend von der Datenlage wurden vier Baumarten für die Erhebungen ausgewählt: *Douglasie und Küstentanne in höheren Lagen sowie Gelbkiefer und Griechische Tanne in warm-trockenen Standorten*. Diese Auswahl erfolgte auf Basis des Forschungsinteresses an besonders klimawandelanfälligen Standorten und einer erwarteten Verschiebung der Baumarteneignung von Douglasie und Küstentanne in mittlere und höhere Lagen. Zudem konnten für diese Arten die Mindestanforderung von mindestens zehn Flächen pro Baumart mit einem Bestandesalter über 20 Jahren berücksichtigt werden. Die Felderhebungen wurden zwischen Mai und September 2024 an 35 geeigneten Beständen durchgeführt. Ursprünglich waren 40 Standorte geplant, an 5 Standorten war bei Besichtigung vor Ort jedoch kein Altbestand mehr vorhanden. Dabei kamen standardisierte Methoden zur Anwendung, mit denen unter anderem Daten zu Überschirmung, Schichtung, Geländeform, Hangneigung, Verjüngung und Artenmischung aufgenommen. Auch Bohrkerne zur Bestimmung der Zuwachsraten wurden gezogen. Die Qualität der Daten war stark abhängig von der Bestandesstruktur und vom Störungsgrad durch Kalamitäten. Nicht alle Bestände konnten vollständig ausgewertet werden, was in der weiteren Analyse transparent berücksichtigt wurde.

Der dritte Baustein von ExoticData war die **Klimaanalyse**, die auf den Flächen der Felderhebungen basierte. Dabei wurden für den Zeitraum 1994–2024 tagesauflösende Klimadaten (Temperatur, Niederschlag) des Spartacus-Datensatzes von GeoSphere Austria verarbeitet. Ziel war es, klimaökologisch relevante Kenngrößen wie Vegetationsdauer, Verdunstung (PET), Aridität (Bowen-Ratio) und Temperaturverteilung standortspezifisch zu ermitteln. In mehreren Auswertungsschritten wurden sowohl Langzeitmittel als auch Extremereignisse analysiert. Besonders bedeutsam war die Einordnung der österreichischen Standorte im Vergleich zur klimatischen Spannbreite der natürlichen

Verbreitungsgebiete. Die Klimaanalyse lieferte damit Informationen zur Standorteignung und zum Anpassungspotenzial der vier Zielbaumarten unter unterschiedlichen Klimabedingungen.

Zusätzlich wurden für die vier Zielbaumarten umfangreiche „**Baumartensteckbriefe**“ erstellt. Diese Steckbriefe dienen der systematischen Aufbereitung von Wissen zur ökologischen Eignung, zum waldbaulichen Verhalten sowie zu potenziellen Chancen und Risiken im Zusammenhang mit dem Anbau dieser Arten in Österreich. Die Grundlage bildete eine umfangreiche Literaturrecherche, bei der über 210 nationale und internationale Fachquellen verwendet wurden. Dabei wurde besonderes Augenmerk auf standortsökologische Anforderungen, Regenerationsfähigkeit, Konkurrenzverhalten, waldbauliche Eigenschaften sowie mögliche Auswirkungen auf Biodiversität und Ökosystemleistungen gelegt. Ergänzt wurden die Steckbriefe durch direkte Ergebnisse der Felderhebungen (gekennzeichnet mit [ED_FE]), sodass wissenschaftliche Erkenntnisse und praxisbezogene Feldbeobachtungen eng miteinander verknüpft werden konnten. Die Steckbriefe sind ein Instrument für Entscheidungsträger:innen, Forstbetriebe und Behörden, um fundierte und standortspezifische Anbauempfehlungen abzuleiten sowie gezielte Forschungs- und Monitoringmaßnahmen für die kommenden Jahre zu planen.

Die auf Basis der Datenbank durchgeführten Felderhebungen zeigen, dass die von Forstbetrieben und Waldbesitzer:innen gemeldeten Standorte nichtheimischer Arten in einigen Fällen nicht mehr vorhanden sind. Die Datenanalyse zeigte zudem, dass viele der vor einigen Jahrzehnten gepflanzten, in der Zwischenzeit aber wieder „vergessenen“ Praxisanbauten in keinem idealen Zustand sind und nicht notwendigerweise im Sinne der jeweiligen Arten bewirtschaftet wurden. Das macht es schwierig, allgemeingültige Erkenntnisse und repräsentative Daten für die jeweiligen Baumarten zu erheben. Insbesondere das Fehlen von Informationen zum Anwuchsverhalten und zur waldbaulichen Behandlung erschwert die Ableitung von waldwachstumskundlichen Kenngrößen und waldbaulichen Empfehlungen. Für die vier untersuchten Baumarten lassen sich jedoch, aufgrund der Berücksichtigung einer größeren Anzahl an Flächen, einige generelle Trends ableiten.

Für Küstentanne und Douglasie, deren Verbreitungsschwerpunkt sich mit dem Klimawandel in mittlere und höhere Lagen verschiebt, konnte gezeigt werden, dass diese auch in Lagen von 850-1300 m Seehöhe beachtliche Bestände bilden können. Die mittels Bohrkernen untersuchten Einzelbäume legen zudem auch im Bergwald eine hohe Zuwachsleistung nahe, die über der von Fichte und anderen heimischen Baumarten liegt. Für die beiden Baumarten konnten an jenen Standorten und deren Umgebung keine bzw. nur eine geringe Verjüngung beobachtet werden, die zudem nicht über das Sämlingsstadium hinaus ging.

Die beiden potenziell trockenstresstauglichen Baumarten Griechische Tanne und Gelbkiefer stocken auf bereits in der Vergangenheit stark von Trockenheit betroffenen Standorten und stehen vielfach in Mischung mit einer Vielzahl heimischer Laubbaumarten sowie weiteren auf denselben Standorten getesteten nichtheimischen Nadelhölzern. In den Beständen der Gelbkiefer tritt diese meist dominant auf und die mit Bohrkern beprobten Einzelbäume wiesen gute Zuwächse auf, die über dem der heimischen Weiß- und Schwarzkiefer, auf gleichen Standorten, liegen. Für die Gelbkiefer wurde auf keinem der Standorte eine Verjüngung beobachtet. Obwohl die Standorte der Griechischen Tanne aus klimatischer Sicht etwas mehr Niederschlag und eine geringere Aridität aufweisen, besitzen diese im Mittel die geringsten Grundflächen, von denen gute 50% von der Griechischen Tanne gestellt werden. Obwohl viele Tannen unter starker Konkurrenz und fehlender Pflege leiden, deuten die an Einzelbäumen durchgeführten Analysen von Bohrkernen darauf hin, dass diese auch auf den trockenen

Standorten eine ansprechende Zuwachsleistung erzielen können. Die Griechische Tanne erwies sich von den untersuchten Arten als am verjüngungsfreudigsten und zeigte eine gute Verjüngungsentwicklung innerhalb und außerhalb der untersuchten Bestände. Allerdings erreichen auch bei der griechischen Tanne nur wenige Pflanzen eine Größe von mehr als 2m.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Arbeitspaket ExoticDATA einen Beitrag zur Erfassung und Bewertung nichtheimischer Baumarten in Österreich geleistet hat. Im Zentrum stand eine neu angelegte Datenbank, die historische und aktuelle Flächenmeldungen zusammenführt. Dadurch wird die gezielte Auswahl von Untersuchungsflächen sowie potenziellen künftige Nachuntersuchungen erleichtert. Die ergänzenden Felderhebungen gaben Aufschluss über die waldbaulichen Eigenschaften und Standortbedingungen ausgewählter Bestände. Insgesamt bietet ExoticDATA somit eine praxisnahe und anschlussfähige Arbeitsgrundlage für weiterführende Forschung und forstliche Planungsprozesse im Umgang mit nichtheimischen Baumarten. Einen Ersatz von langfristigen Anbauversuchen mit gezielten waldbaulichen Eingriffen kann die Nutzung der Praxisanbauten jedoch nicht liefern, denn es fehlen grundlegende Daten für die Ableitung waldwachstumskundlicher Kenngrößen und waldbaulicher Empfehlungen.

2. Ziele

Ziel des Projektes ExoticDATA, als Arbeitspakete 6 des Waldfonds Projektes WaldFIT (WF-Forschungsprojekt Nr. 101658: *Klimafitte Wälder: Herkunftswahl und Pflanzverfahren*) war die Erfassung und Analyse von bestehenden Anpflanzungen nichtheimischer Baumarten in ganz Österreich. Basierend auf bereits bestehenden Anpflanzungen sollen Anbauempfehlungen abgeleitet und eine weiterführende Forschungsstrategie entwickelt werden.

Der Ablauf des Arbeitspaketes ExoticDATA wurde in den ersten beiden Projektjahren leicht angepasst, um Synergien mit dem bereits zuvor laufenden DAFNE Projekt WaldWandel „Klimawandelanpassung in der Waldbewirtschaftung: Chancen und Risiken nichtheimischer Baumarten“ bestmöglich nutzen zu können. Im Projekt WaldWandel wurden in Kooperation mit dem Umweltbundesamt die Chancen und Risiken nichtheimischer Baumarten in sechs Bundesländern untersucht. Dazu wurden in den mit den Ländern identifizierten Pilotregionen, die Vorkommen von nichtheimischen Baumarten erfasst, vom BFW angefahren und im Hinblick auf deren Ausbreitung (Invasivität) Erhebungen durchgeführt. Diese Erhebungen wurden für das Arbeitspaket ExoticDATA noch um wachstumskundliche Parameter erweitert. Das Projekt WaldWandel wurde im Juli 2023 abgeschlossen und die Daten standen dem Arbeitspaket ExoticDATA vollumfänglich zur Verfügung. Die erhobenen Flächen wurden in einer Datenbank erfasst (siehe Abbildung 1). Diese beinhaltet nicht nur die Versuchsflächen des BFW, sondern auch Flächen mit nichtheimischen Arten, die von Forstbetrieben und Behörden bereits in einer Umfrage an das BFW gemeldet wurden.

3. Inhalte des Projekts

Das Arbeitspaket ExoticDATA gliedert sich in vier zentrale Elemente, die jeweils einen eigenständigen, aber miteinander verknüpften Beitrag zum Gesamtvorhaben leisten:

- die **Datenbank**
- die **Felderhebungen**
- die **Klimaanalyse**, sowie
- die **Baumartensteckbriefe**

Jedes dieser Elemente erfüllt eine spezifische Funktion innerhalb des Arbeitspakets und liefert entscheidende Informationen zur Bewertung und Einordnung nichtheimischer Baumarten unter aktuellen und zukünftigen Standortbedingungen. Nachfolgend werden alle vier Komponenten im Detail vorgestellt und hinsichtlich ihrer Zielsetzung, Methodik und Relevanz für das Projekt näher erläutert.

4. Datenbank

4.1. Ziel

Ziel der Datenbank war es bestehende Anpflanzungen über ganz Österreich zu erfassen und diese damit zukünftigen Untersuchungen verfügbar zu machen.

4.2. Ablauf

Als Grundlage für die Datenbank dienten 1) sämtliche BFW-Versuchsflächen mit nichtheimischen Baumarten, 2) die Untersuchungsflächen des Projekts *WaldWandel* sowie 3) die im Rahmen einer Umfrage des Instituts für Waldwachstum, Waldbau und Genetik in den Jahren 2010–2013 an das BFW von Forstbetrieben und Waldbesitzer:innen gemeldeten Standorte. Ergänzend dazu wurde gezielt Kontakt mit Waldbesitzer:innen und Behörden aufgenommen, um weitere Flächenmeldungen zu erhalten. Alle eingegangenen Meldungen wurden so detailliert wie möglich in der neu eingerichteten Datenbank erfasst.

Die Datenbank wurde mit Microsoft Access aufgebaut. Dafür wurde eine eigene Eingabemaske entwickelt, die neben Flächenmerkmalen (wie Koordinaten, Seehöhe, Größe etc.) und den Kontaktinformationen der zuständigen Personen auch Angaben zur Flächenstruktur, zur Anlage sowie zur Baumartenzusammensetzung erfasst (siehe Abbildung 1). Zusätzlich wurde jedem Eintrag eine Karte mit der genauen Lage der jeweiligen Anbaufläche beigelegt. Die Datenbank ist nicht öffentlich zugänglich.

Baum ID	Flächen ID	Baumart	Alter	Pflanzjahr	Herkunft	Ausfälle	Schäden
(Neu)							

Abbildung 1: Eingabemaske der Datenbank des AP 6. Der obere Teil beinhaltet die Flächenparameter, der untere Teil beinhaltet die baumartenspezifischen Parameter. Rechts oben wurden mehrere Kästchen zum Prüfen der Angaben eingerichtet (z.B. Vollständigkeit, Unstimmigkeiten, etc.). Dadurch kann die Qualität der Meldung schnell und einfach nachgesehen werden.

In Summe sind 355 unterschiedliche Flächen mit nichtheimischen Baumarten in der Datenbank erfasst (siehe Abbildung 2). Die Qualität der Meldungen variierte teils erheblich. In einigen Fällen waren die Artnamen ungenau oder fehlerhaft angegeben – so wurde beispielsweise *Robinia pseudoacacia* teils

als 'Akazie' gemeldet, obwohl es sich dabei botanisch nicht um eine echte Akazie handelt. Teilweise konnte durch Rücksprache mit den zuständigen Personen eine Präzisierung erfolgen, was jedoch nicht in allen Fällen möglich war. Nach bestmöglicher Prüfung wurden schließlich 44 unterschiedliche Baumarten in der Datenbank erfasst (siehe Tabelle 1). Die häufigste Baumart in der Datenbank stellte die Douglasie dar, welche auf 194 der 355 Flächen angebaut wurde.

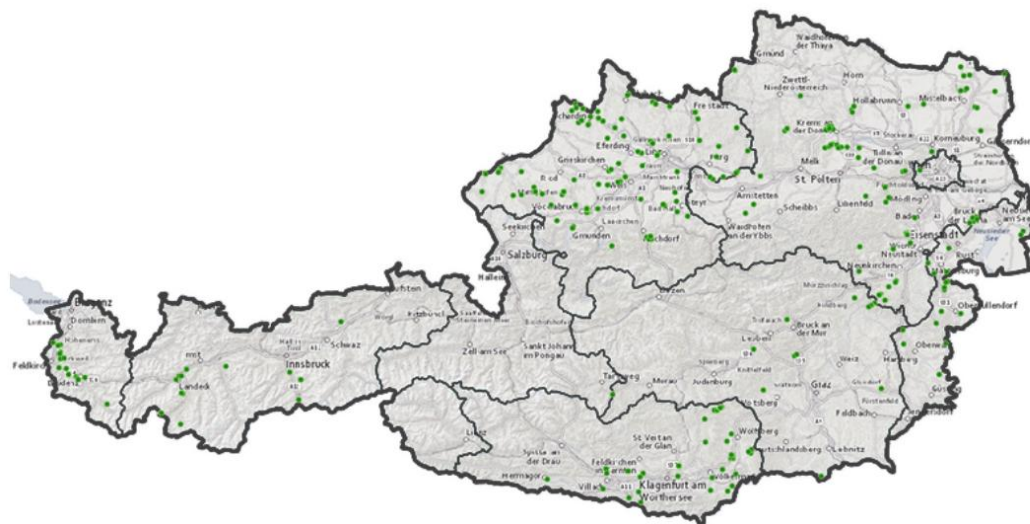


Abbildung 2: Darstellung aller Flächenmeldungen aus ganz Österreich, die in der Datenbank erfasst sind. Hintergrundkarte: Basemap.at.

Tabelle 1: Erfasste Baumarten (deutsche Namen) inklusive der Anzahl der Flächen, auf denen sie gemeldet wurden. Teilweise wurden mehrere Baumarten auf einer Fläche gemeldet.

Baumart	Anzahl	Baumart	Anzahl	Baumart	Anzahl
Douglasie	194	Schwarzkiefer ¹	6	Baumhasel	2
Küstentanne	68	Omorikafichte	6	Gleditschie	2
Roteiche	31	Rotzeder	4	Zeder	1
Riesenlebensbaum	29	Felsengebirgstanne	4	Lindenblättrige Birke	1
Gelbkiefer	23	Strobe	3	Sicheltanne	1
Engelmannsfichte	17	Rumelische Kiefer	3	Kalabrische Tanne ²	1
Schwarznuss	13	Sitkafichte	3	Hybrid-Aspe	1
Griechische Tanne	12	Riesenmammutbaum	3	Purpurtanne	1
Nordmannstanne	10	Weihrauchzeder	3	Kalabrische Schwarzkiefer ³	1
Hemlocktanne	10	Spirke	3	Tulpenbaum	1
Drehkiefer	10	Robinie	3	Bergdrehkiefer	1
Koloradotanne	8	Götterbaum	2	Stechfichte	1
Edeltanne/Nobeltanne	8	Hybridlärche	2	Diverse Arten ⁴	3
Mammutbaum	7	Metasequoia	2		
Japanlärche	7	Scheinzypresse	2		

¹ Gilt im Westen Österreichs (Vorarlberg & Tirol) als nichtheimisch.

² Ist eine Herkunft der heimischen Weißtanne aus Süditalien.

³ Ist eine Herkunft der heimischen Weißtanne aus Süditalien.

⁴ Hier war es nicht möglich die Arten zu differenzieren.

Nach der Erstellung und Befüllung der Datenbank wurde zunächst eine explorative Auswertung der Einträge durchgeführt, um geeignete Flächen für die geplanten Felderhebungen auszuwählen. In einem ersten Schritt wurden jene Baumarten identifiziert, für die mindestens zehn unterschiedliche Flächenmeldungen vorlagen und die ein Mindestalter von 20 Jahren aufwiesen. Anschließend wurde geprüft, welche forschungsrelevanten Fragestellungen sich im Rahmen der Felderhebungen beantworten ließen. Auf Basis dieser Überlegungen wurden schließlich zwei Fragestellungen definiert, jeweils für zwei ausgewählte Baumarten.

1. Welche Wuchsleistung haben Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) und Küstentanne (*Abies grandis*) in höheren Lagen Österreichs?
2. Welche Wuchsleistung haben Gelbkiefer (*Pinus ponderosa*) und Griechische Tanne (*A. cephalonica*) in den trockenen Lagen Österreichs?

Hintergrund dieser Fragestellung waren die folgenden Überlegungen und Erkenntnisse:

Zu 1) Douglasie und Küstentanne sind bisher die beiden in Österreich am stärksten verwendeten, nichtheimischen Nadelbaumarten. In der Vergangenheit wurden diese Arten vor allem im sommerwarmen Osten und in den tieferen Lagen von Mühl- und Waldviertel sowie im Voralpenland gepflanzt, um als Alternative für die in tieferen Lagen gefährdete Fichte zu dienen. Baumartenverbreitungsmodelle dieser beiden Arten zeigen jedoch, dass die beiden Arten auf diesen tiefer gelegenen Standorten im Klimawandel deutliche Einbußen erwarten lassen und diese stattdessen in Zukunft auch im Alpenraum besser angebaut werden können. Aus diesem Grund sollten die geplanten Untersuchungen die Frage klären, inwieweit sie bereits heute im Bergwald einsetzbar sind und wie sie im Vergleich zur heimischen Fichte wachsen. Ausgewählt wurden Standorte von Douglasie über 1000 m Seehöhe und Küstentanne über 900 m Seehöhe.

Zu 2) Nachdem sich in den tieferen Lagen und insbesondere im sommerwarmen Osten die klimatischen Bedingungen in den letzten Jahren weiter verschärft haben (wärmere Temperaturen, mehr Trockenperioden) und heute bereits der Anbau fast aller heimischen Nadelbaumarten auf diesen Standorten durch Trockenheit, Borkenkäfer oder Pilzerkrankungen gefährdet ist, stellt sich die Frage ob andere, bisher nur wenig untersuchte nichtheimische Nadelbaumarten besser mit diesen extremen Bedingungen zurecht kommen können. Die beiden in der Datenbank häufig vertretenen und vor allem im Osten Österreichs gepflanzten Baumarten griechische Tanne und Gelbkiefer, gelten als potenziell trockentolerante Baumarten, für die bisher aber noch keine zusammenfassenden Untersuchungen vorlagen.

Abschließend wurden jene Flächen aus der Datenbank ausgewählt, die sich am besten zur Beantwortung der definierten Fragestellungen eigneten (siehe Abbildung 3).

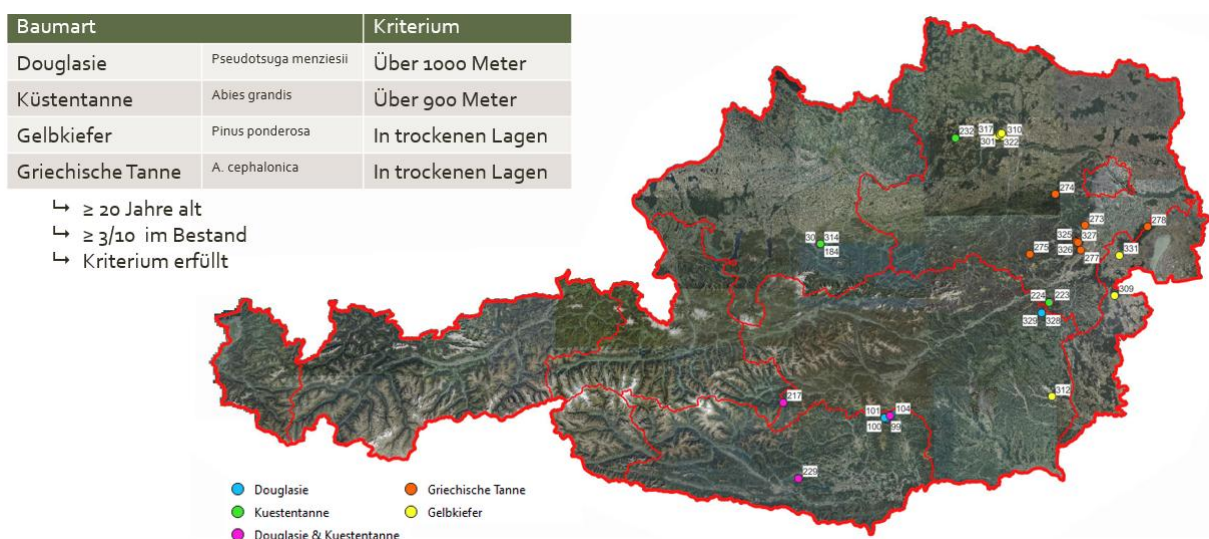


Abbildung 3: Ausgewählte Flächenmeldungen für die Felderhebungen. Teilweise überlagern sich die Nummern in der Karte, daher sind nicht alle Flächen direkt erkennbar in dieser Darstellung. Hintergrundkarte: Basemap.at

5. Felderhebungen

5.1. Ziel

Die Aufnahme von Wachstum und Verjüngung bestehender Aufforstungen mit nichtheimischen Baumarten in Österreich.

5.2. Ablauf

Nachdem im ersten Schritt die Forschungsfragen formuliert und geeignete Flächen für die Felderhebungen ausgewählt worden waren, begann die konkrete Planung der Datenerhebung. Zunächst wurde Kontakt zu den jeweils zuständigen Ansprechpersonen aufgenommen, um die erforderlichen Genehmigungen einzuholen und passende Termine für die Erhebungen zu vereinbaren. Parallel dazu erarbeiteten wir ein Handbuch, welches die standardisierte Erhebungsmethodik detailliert beschreibt. Dieses enthält eine vollständige Darstellung aller Arbeitsschritte – von der Anlage des Proberasters über die Erhebung der Bestandesparameter und die Durchführung der Winkelzählprobe bis hin zur Entnahme von Bohrkernen und der Aufnahme der Verjüngung (siehe Abbildung 4). Um statistisch belastbare Daten zu erhalten, wurden nach Rücksprache mit der Abteilung für Waldwachstum mindestens fünf Erhebungspunkte pro Hektar auf jeder Untersuchungsfläche festgelegt.

Die Felderhebungen fanden durch ein zweiköpfiges Team von Mai 2024 bis September 2024 statt. Eine Übersicht über die erhobenen Flächen ist in

Tabelle 2 zu finden.

Im Anschluss an die Felderhebungen wurden die Daten validiert, die GIS-Karten aktualisiert und die Erhebungen inkl. Bohrkern ausgewertet.

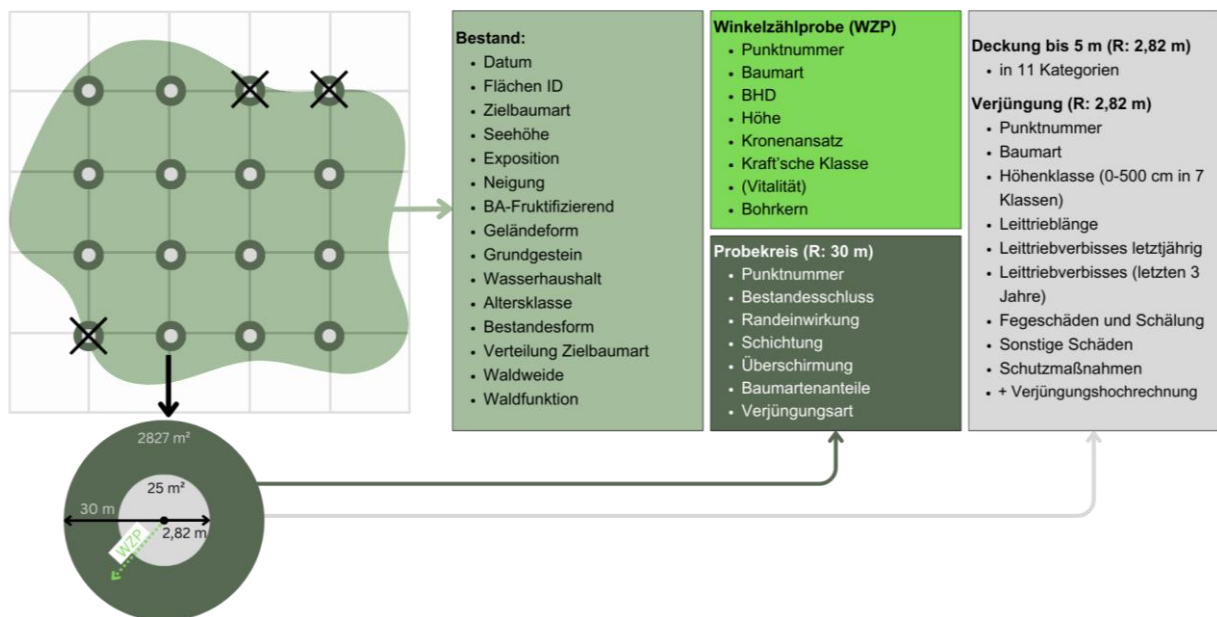


Abbildung 4: Schematische Darstellung der Felderhebung. Links wird das Stichprobennetz und ein Erhebungspunkt gezeigt, rechts werden die einzelnen Parameter der Erhebung aufgelistet.

Tabelle 2: Übersicht über die Felderhebungsflächen. Dou = Douglasie, Kta = Küstentanne, Gta = Griechische Tanne und Gki = Gelbkiefer. „x“ bei Punkte = nur Einzelbäume beprobt, BDL = Bundesland.

ID	Baumart	BDL	Bezirk	Seehöhe	Größe (ha)	Seehöhe	Exposition	Punkte
030	dou & kta	OÖ	Kirchdorf an der Krems	970	0,82	970	S	6
099	dou & kta	KTN	Wolfsberg	1300	0,71	1300	W	7
100	dou	KTN	Wolfsberg	1190	0,35	1190	NO	4
101	dou	KTN	Wolfsberg	1274	0,59	1274	NO	6
184	kta	OÖ	Kirchdorf an der Krems	950	0,41	950	SO	5
217	dou & kta	SLZB	Tamsweg	980	0,83	980	N	6
223	dou & kta	NÖ	Neunkirchen	1330	0,85	1330	S	5
224	kta	NÖ	Neunkirchen	1245	0,17	1245	S	2
229	dou & kta	KTN	Villach - Land	970	0,81	970	Kuppe	6
232	kta	NÖ	Zwettl	870	0,24	870	W	4
273	gta	NÖ	Baden	391	0,78	391	SO	10
274	gta	NÖ	Baden	350	1,4	350	S	x
275	gta	NÖ	Neunkirchen	750	1,17	750	SW	x
277	gta	NÖ	Wiener Neustadt-Land	430	0,62	430	SO	10
278	gta	NÖ	Bruck an der Leitha	350	1,35	350	N	10
301	gki	NÖ	Krems-Land	465	0,24	465	W	5
309	gki	BGLD	Oberpullendorf	386	0,73	386	SE	10
310	gki	NÖ	Krems	350	0,33	350	O	5
312	gki	STMK	Hartberg-Fürstenfeld	340	0,3	340	O	2
315	dou	KTN	Wolfsberg	1240	0,36	1240	N	6
317	gki	NÖ	Krems	480	0,83	480	S	6
320	gki	NÖ	Krems	360	0,71	360	N	8
321	gki	NÖ	Krems	470	0,53	470	S	5
322	gki	NÖ	Krems	445	0,49	445	S	6
323	gki	NÖ	Krems	350	0,15	350	NW	4
324	gta	NÖ	Baden	460	0,51	460	O	7
325	gta	NÖ	Baden	450	0,41	450	S	4
326	gta	NÖ	Baden	500	0,25	500	NO	3
327	gta	NÖ	Baden	350	0,27	350	NO	4
328	dou	STMK	Weiz	1230	1,05	1230	S	8
329	dou & kta	STMK	Weiz	1230	1,04	1230	S	9
331	gki	BGLD	Eisenstadt-Umgebung	203	0,27	203	NO	x
332	dou	KTN	Wolfsberg	1270	0,12	1270	N	3
333	dou	KTN	Wolfsberg	1260	0,14	1260	N	2
334	dou	KTN	Wolfsberg	1100	0,88	1100	NO	1
335	dou & kta	NÖ	Zwettl	887	0,24	880	N	3

5.3. Ergebnis

Nicht alle der ursprünglich geplanten 40 Bestände konnten vollständig erhoben werden, da an fünf Standorten entgegen der Meldung die Zielbaumart(en) nicht mehr vorhanden waren. Die Erhebungen beschränkten sich daher auf insgesamt 35 Bestände. Auch in den verbleibenden Beständen ließen die örtlichen Gegebenheiten in einzelnen Fällen keine statistisch belastbare Erhebung zu. Dies betraf insbesondere Flächen, auf denen es durch Kalamitäten – wie Windwurf oder Borkenkäferbefall – zu großflächigen Ausfällen gekommen war. In solchen Fällen wurden keine detaillierten Aufnahmen des Altbestandes mehr durchgeführt. Stattdessen beschränkten sich die Erhebungen, sofern möglich, auf die Aufnahme der Verjüngung und die Anlage von Transekten.

Im folgenden Ergebnisteil werden die Auswertungen jeweils auf Grundlage der maximal möglichen Anzahl an Beständen bzw. Erhebungsflächen dargestellt. Daher kann es je nach Fragestellung oder Auswertungspunkt zu Abweichungen in der Anzahl der berücksichtigten Flächen kommen. Zu beachten ist, dass ein Bestand in der Regel aus mehreren einzelnen Erhebungsflächen besteht (siehe

Tabelle 2).

Die Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse ist in jedem Abschnitt blau hinterlegt.

Die Verteilung der Bestände der Zielbaumarten über die verschiedenen Expositionen zeigt deutliche Unterschiede im Standortwahl (siehe Abbildung 5). Besonders häufig treten Douglasie/Küstentanne auf nord- oder südexponierten Lagen auf, was auf eine hohe Toleranz gegenüber unterschiedlichen Licht- und Temperaturverhältnissen hinweisen kann. Die Gelbkiefer zeigt eine leichte Häufung auf südlich bzw. östlich ausgerichteten Standorten, was ihre Präferenz für wärmere und trockenere Bedingungen unterstreicht. Die Griechische Tanne ist relativ gleichmäßig über alle Himmelsrichtungen verteilt (Ausnahme Westen), ohne eine klare Expositionspräferenz erkennen zu lassen; allerdings bleibt die Anzahl der Bestände pro Richtung gering. Insgesamt deuten die Beobachtungen darauf hin, dass die Forstbetriebe bzw. Waldbesitzer:innen bei der Anlage bereits auf artspezifische Unterschiede in den ökologischen Ansprüchen der Baumarten geachtet haben oder dass die betroffenen Baumarten auf den genannten Expositionen eine etwas höhere Überlebensfähigkeit haben und deshalb dort heute noch aufzufinden sind.

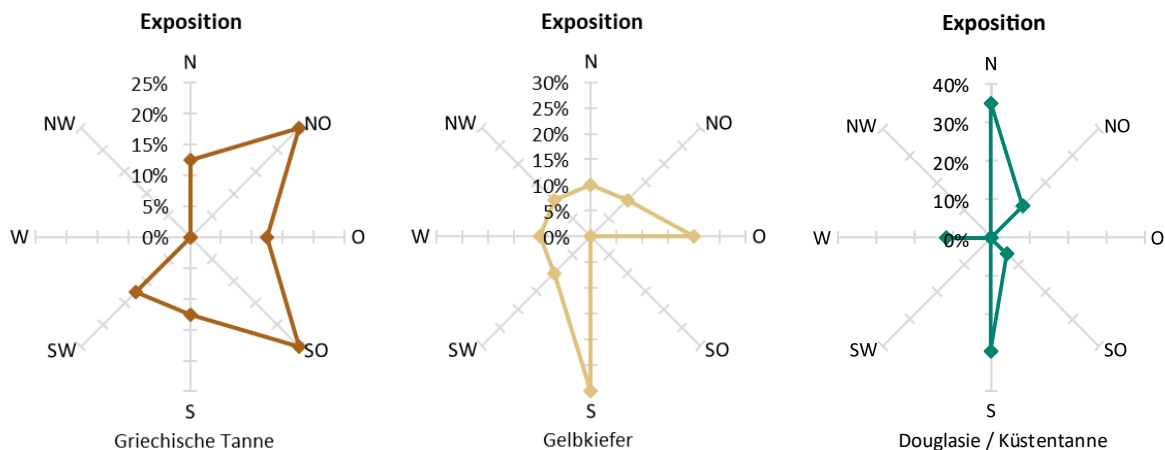


Abbildung 5: Radar- bzw. Spinnennetzdiagramm zur Darstellung der Exposition (Hangneigung nach Himmelsrichtung) der erhobenen Bestände. Die Exposition der Bestände ist aufgeteilt nach Zielbaumart. Ein Bestand mit Douglasie/Küstentanne lag an einer Kuppe und wies daher keine eindeutige Exposition auf und wird daher in der obenstehenden Grafik ausgeblendet.

Die Auswertung der Geländeformen, auf denen die Zielbaumarten vorkommen, zeigt klare Unterschiede in ihrer Verteilung (siehe Abbildung 6). Die Douglasie/Küstentanne tritt mit Abstand am häufigsten in Mittelhanglagen auf (10 Bestände), was auf eine Bevorzugung mäßig geneigter Standorte mit ausgeglichener Wasser- und Nährstoffversorgung hinweist. Auch die Griechische Tanne und die Gelbkiefer zeigen hier jeweils 3 Vorkommen, allerdings ist die Gelbkiefer zusätzlich deutlich häufiger an Oberhängen vertreten (6 Bestände), was auf ihre gute Anpassungsfähigkeit an steilere, potenziell trockenere Lagen schließen lässt. Die Griechische Tanne zeigt sich insgesamt gleichmäßiger verteilt mit Vorkommen in der Ebene (3 Bestände), am Mittel- (3) und Oberhang (2), vermeidet aber steilere oder extremere Lagen wie Kuppen oder Unterhänge. An Kuppen und Unterhänge ist sie insgesamt seltener zu finden, was deren geringere Eignung die Zielarten vermuten lässt. Auch bei der Geländeform ist zu beachten, dass heute nicht mehr eruiert werden kann, ob die Auswahl der Standorte eine gezielte Entscheidung der Forstbetriebe bzw. Waldbesitzer:innen war, oder ob die Baumarten nur dort überlebt haben.

Geländeform

■ Ebene ■ Unterhang ■ Mittelhang ■ Oberhang ■ Kuppe

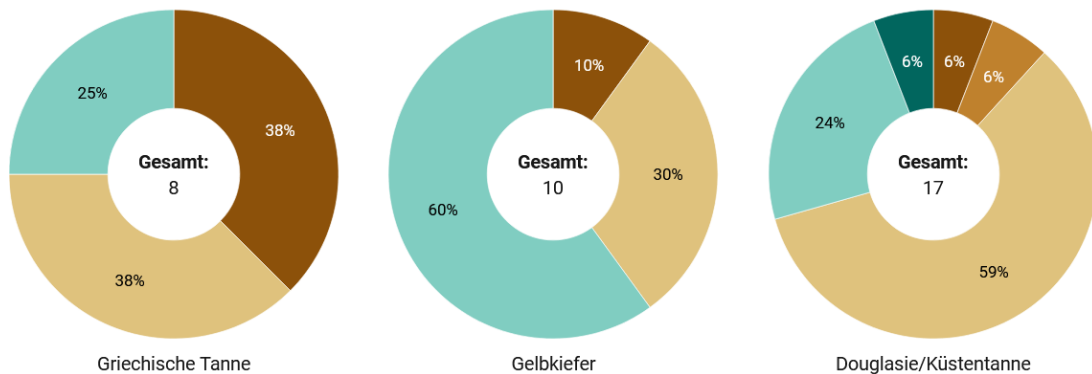


Abbildung 6: Geländeform der Bestände aufgeteilt nach Zielbaumart. Die Abbildung zeigt drei kreisförmige Diagramme (Donut-Diagramme) nebeneinander, die die Häufigkeit verschiedener Geländeformen bei Beständen mit jeweils Griechischer Tanne, Gelbkiefer sowie Douglasie/Küstentanne darstellen. In der Mitte jedes Kreisdiagramms steht die Gesamtanzahl der betrachteten Bestände jener Baumart.

Die Douglasie/Küstentanne tritt mit großem Abstand am häufigsten auf mäßig steilen Hängen mit einer Neigung von bis zu 40 % auf (12 Bestände), was auf eine ausgeprägte Eignung für solche Lagen hinweist (siehe Abbildung 7). Im Gegensatz dazu bevorzugt die Griechische Tanne eher flachere Standorte mit Neigungen bis 20 % (7 Bestände) und ist nur vereinzelt an sehr steilen Hängen über 40 % zu finden (1 Bestand). Die Gelbkiefer zeigt sich als anpassungsfähigste Art im Hinblick auf die Hangneigung: Sie kommt in allen Klassen vor, mit einer leichten Häufung in flacheren bis mittleren Hanglagen (4 Bestände bis 10 %, 2 Bestände bis 40 %, 3 Bestände über 40 %). Insgesamt wird deutlich, dass die Douglasie/Küstentanne vor allem in mittleren Hangneigungen dominiert, während die Griechische Tanne flachere Lagen bevorzugt und die Gelbkiefer ein breites Spektrum an Hangneigungen toleriert.

Neigung

■ eben ■ bis 10 % ■ bis 20 % ■ bis 40 % ■ über 40 %

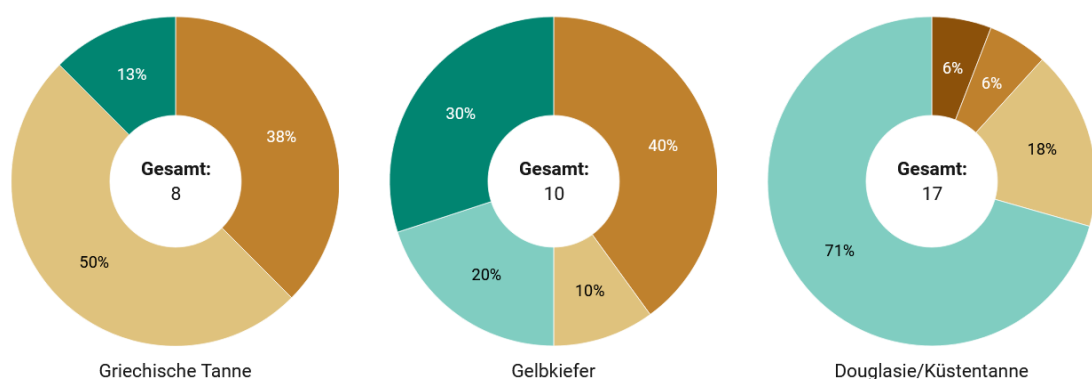


Abbildung 7: Hangneigung der Bestände aufgeteilt nach Zielbaumart. Die Abbildung zeigt drei kreisförmige Diagramme (Donut-Diagramme) nebeneinander, die die Häufigkeit verschiedener Hangneigungen bei Beständen mit jeweils Griechischer Tanne, Gelbkiefer sowie Douglasie/Küstentanne darstellen. In der Mitte jedes Kreisdiagramms steht die Gesamtanzahl der betrachteten Bestände dieser Baumart.

Küstentanne und Douglasie sowie Griechische Tanne und Gelbkiefer wurden auf Standorten mit unterschiedlicher Exposition, Geländeform und Neigung aufgefunden. Da die im Projekt erstellte Datenbank nur überlebende Bestände der vier Arten erfasst, lässt sich heute nicht mehr vollständig klären, ob die Baumarten gezielt auf diesen Standorten gepflanzt wurden, oder ob die Baumarten

nur auf diesen Standorten gut überlebt haben und gewachsen sind. Zudem ist zu beachten, dass Standortseigenschaften wie Geländeform und Neigung teilweise bereits durch die Fragestellung beeinflusst sind: So treten etwa bei Küstentanne und Douglasie oberhalb von 900 bzw. 1000 m Seehöhe häufiger stärkere Hangneigungen auf als bei Gelbkiefer und Griechischer Tanne, die vor allem in trockenen Regionen im Osten Österreichs vorkommen. Dennoch lässt sich erkennen, in welchen Geländeformen und Hangneigungen die jeweiligen Baumarten gut gedeihen können. Die Erkenntnisse decken sich für Douglasie und Küstentanne zudem mit anderen Untersuchungen, die zeigen, dass Standort am Unterhang und in der Ebene aufgrund der Frostgefahr und höherer Luftfeuchtigkeit weniger gut geeignet sind.

5.3.1. Altbestand

5.3.1.1. Bestandesstruktur

Innerhalb jedes Bestandes wurden je nach Bestandsgröße zwischen 1 und 10 Erhebungen durchgeführt (Durchschnitt: 5,5 Erhebungen pro Bestand). Zur Darstellung der Bestandesstruktur wurden die Ergebnisse der Erhebungsflächen pro Bestand gemittelt, um ein repräsentatives Bestandesergebnis zu erhalten.

Anmerkung zu Randeinwirkung: In einem Waldbestand bezeichnet man als Innenrandsituation den Übergangsbereich innerhalb des Waldes, etwa an Schneisen, Rückegassen oder lichten Bereichen bzw. unterschiedlichen Altersklassen, die sich im Inneren des Waldes befinden. Hier trifft dichter Bestand auf eine offene oder weniger bestockte Fläche im Inneren. Eine Außenrandsituation hingegen liegt am äußeren Rand des Bestandes vor, wo der Wald an eine offene Landschaft grenzt, z. B. an Wiesen, Felder oder Wege.

▪ Douglasien/Küstentannen Bestände

In 15 Beständen, in denen Douglasie und/oder Küstentanne als Zielbaumarten ausgewählt wurden, konnte eine Strukturhebung des Altbestandes durchgeführt werden (siehe Tabelle 3). Die Bestände wiesen eine Überschirmung von mindestens 50 % und maximal 100 % auf, wobei im Durchschnitt eine Überschirmung von 80 % festgestellt wurde. Alle erhobenen Bestände waren einschichtig. 20 % der Bestände wurden als licht, 33 % als locker und 47 % als mit geschlossenem Kronendach klassifiziert. Mehr als die Hälfte der Erhebungspunkte befand sich in einer Innenrandsituation. Ein Drittel der Punkte lag im waldbestandstypischen Innenbereich ohne erkennbare Randeinflüsse, während etwa 10 % direkt an den Außenrand des Waldes angrenzten.

▪ Gelbkiefern Bestände

In neun Beständen, in denen die Gelbkiefer als Zielbaumarten ausgewählt wurden, konnte eine Strukturhebung des Altbestandes durchgeführt werden (siehe Tabelle 3). Die Bestände wiesen eine Überschirmung von mindestens 40 % und maximal 100 % auf, wobei im Durchschnitt eine Überschirmung von 60 % festgestellt wurde. 60 % der erhobenen Bestände waren einschichtig, der Rest zweischichtig. Je 10 % der Bestände wurden als räumig bzw. geklumpt, 20 % als licht und je 30 % als mit lockerem oder geschlossenem Kronendach klassifiziert. Jeweils 38 % der Erhebungspunkte wiesen entweder eine Beeinflussung durch eine Innenrandsituation auf oder lagen im unbeeinflussten Innenbereich des Waldes. Die verbleibenden 24 % befanden sich in einer Außenrandsituation.

▪ Griechische Tannen Bestände

In sieben Beständen, in denen die Griechische Tanne als Zielbaumarten ausgewählt wurden, konnte eine Strukturhebung des Altbestandes durchgeführt werden (siehe Tabelle 3). Die Bestände wiesen eine Überschirmung von mindestens 60 % und maximal 100 % auf, wobei im Durchschnitt eine Überschirmung bei beinahe 90 % festgestellt wurde. 70 % der erhobenen Bestände waren einschichtig, der Rest zweischichtig. Je 14 % der Bestände wurden als licht bzw. locker klassifiziert, die verbleibenden Bestände werden als geschlossenem eingestuft. Beinahe 70 % der Erhebungspunkte lagen in Bereichen, die durch eine Innenrandsituation innerhalb der Bestände beeinflusst waren. 27 % befanden sich im unbeeinflussten Innenbereich, während lediglich 4 % direkt am äußeren Waldrand lagen.

Tabelle 3: Übersicht der Ergebnisse aus Strukturhebungen in Altbeständen von Griechischer Tanne, Gelbkiefer sowie Douglasie/Küstentanne. Erfasst wurden dabei die Anzahl der Bestände und Erhebungspunkte sowie die Merkmale Überschirmung, vertikale Struktur, Bestandesschluss und Randeinwirkung. Für Überschirmung, vertikale Struktur und Bestandesschluss wurde jeweils ein Mittelwert über alle Erhebungspunkte innerhalb eines Bestandes berechnet. Die Randeinwirkung wurde hingegen direkt auf Ebene der Erhebungspunkte ausgewertet, um lokale Unterschiede innerhalb der Bestände besser abzubilden. Die Tabelle erlaubt so einen Vergleich der strukturellen Merkmale zwischen den drei Baumarten und gibt Hinweise auf Unterschiede in deren Bestandesaufbau sowie Lage innerhalb der Waldfläche.

	Griechische Tanne	Gelbkiefer	Douglasie/Küstentanne
Summe an Beständen	7	9	15
Summe an Erhebungspunkten	48	52	79
Überschirmung			
- Minimal	60%	44%	52%
- Maximal	100%	100%	98%
- Mittel	87%	63%	81%
Vertikale Struktur			
- Einschichtig	71%	60%	100%
- Zweischichtig	29%	40%	0%
Bestandesschluss			
- räumdig	0%	10%	0%
- licht	14%	20%	20%
- locker	14%	30%	33%
- geschlossen	71%	30%	47%
- geklumpt	0%	10%	0%
Randeinwirkung			
Innenrand	69%	38%	57%
Außenrand (= Waldrand)	4%	23%	10%
Keine Randwirkung	27%	38%	33%

Die Ergebnisse der Strukturhebungen zeigen Unterschiede im Aufbau und in der Lage der untersuchten Bestände je nach Zielbaumart. Die Bestände mit griechischer Tanne weisen mit durchschnittlich 87 % die höchste Überschirmung auf und sind überwiegend geschlossene, einschichtigen Beständen. Besonders auffällig ist der hohe Anteil an Innenrandsituationen (69 %). Bestände mit Douglasie/Küstentanne sind durchwegs einschichtig und zeigen ebenso eine höhere Überschirmung mit 81 %. Sie zeichnen sich durch eine größere strukturelle Vielfalt beim Kronenschluss aus und weisen ebenfalls häufig Innenrandeinfüsse auf (57 %). Bei der Gelbkiefer hingegen ist sowohl die Überschirmung mit durchschnittlich 63 % geringer als auch die Struktur variabler – hier treten sowohl ein- als auch zweischichtige Bestände auf. Auch der Kronenschluss ist deutlich uneinheitlicher mit Anteilen von räumdigen, geklumpten, licht und locker bis zu geschlossenen Beständen. Insgesamt befinden sich die Gelbkieferbestände häufiger in Außenrandlagen (24 %) als die Bestände der anderen Baumarten. Die Auswertung macht deutlich, dass die Standorteigenschaften und die bisherige

waldbauliche Behandlung der Bestände je nach Zielbaumart stark variieren – sowohl hinsichtlich der vertikalen Struktur und Überschirmung als auch der Randeinflüsse innerhalb der Waldflächen.



Abbildung 8: Impressionen aus Beständen mit der Zielbaumart Douglasie bzw. Küstentanne. Jedes Foto stammt von einem anderen Bestand. Fotos. BFW/Konic.



Abbildung 9: Impressionen aus Beständen mit der Zielbaumart Gelbkiefer. Jedes Foto stammt von einem anderen Bestand. Fotos. BFW/Konic.



Abbildung 10: Impressionen aus Beständen mit der Zielbaumart Griechischer Tanne. Jedes Foto stammt von einem anderen Bestand. Fotos. BFW/Konic.

5.3.1.2. Samenbaumarten und Baumartenmischungen

Samenbäume sind für die natürliche Waldverjüngung von zentraler Bedeutung, da sie durch die Produktion keimfähiger Samen die Grundlage für die Erneuerung des Waldes bilden. Das Vorhandensein von Samenbäumen der vier Zielbaumarten sowie möglicher anderer Arten ist ein wichtiges Indiz für die Waldgesellschaft und die Konkurrenzsituation im Bestand sowie die mögliche Verjüngung. Aus diesem Grund wurden sie auf Bestandesebene miterfasst.

Tabelle 4: Anzahl an Samenbaumarten sowie an bestandesbildenden Arten für Bestände mit den vier Zielbaumarten: Douglasie, Küstentanne, Gelbkiefer und Griechische Tanne. Die Ergebnisse der Douglasie und Küstentanne wurden zusammengefasst, da sie sich in ihrem Vorkommen teils überschneiden. Samenbaumarten sind alle Baumarten, die im Umfeld eines Bestandes (<30m) als Samenquellen vorkommen – unabhängig ihrer Häufigkeit. Bestandesbildende Arten sind jene Arten, die an einem Erhebungspunkt mindestens 10% der Überschirmung ausmachen. Die Tab. gibt für jede dieser Gruppen den Minimalwert, den Maximalwert sowie den Mittelwert der Anzahl von Arten pro Bestand bzw. Erhebungspunkt an.

		Douglasie/Küstentanne	Gelbkiefer	Griechische Tanne
Samenbaumarten	Min	4	6	12
	Max	13	13	16
	Mittel	8,5	10,1	13,9
Bestandesbildende Arten	Min	1	1	2
	Max	5	5	5
	Mittel	2,3	2,9	3,0

▪ Douglasien/Küstentannen Bestände

In jedem Bestand mit Douglasie und/oder Küstentanne als Zielbaumart fanden sich mindestens vier fruktifikationsfähige Baumarten, die als potenzielle Samenquellen fungieren konnten (siehe Tabelle 4). Die höchste Anzahl unterschiedlicher Samenbaumarten im oder unmittelbar um einen Bestand lag bei 13 Arten, der Durchschnitt bei 8,5 Arten pro Bestand. Darüber hinaus kam an jedem Erhebungspunkt mindestens eine bestandesbildende Baumart vor – also eine Art, die mindestens 10 % der Überschirmung ausmacht. An einem Punkt wurden maximal fünf solcher Arten gleichzeitig festgestellt; im Durchschnitt waren es 2,3 bestandesbildende Arten pro Erhebungspunkt. Die Fichte ist die einzige Baumart, die in allen Beständen mit Douglasie oder Küstentanne als Zielbaumart als fruktifikationsfähige Art vorkommt (siehe Abbildung 11). Das Douglasie bzw. Küstentanne selbst nicht in jedem dieser Bestände vertreten ist, liegt daran, dass in der Auswertung alle Bestände berücksichtigt wurden, in denen mindestens eine der beiden Arten vorkommt – unabhängig davon, ob es sich um reine oder gemischte Bestände handelt. Fichte, Bergahorn, Vogelbeere und Lärche sind jene Baumarten die am häufigsten gemeinsam mit Douglasie/Küstentanne in Lagen über 900 bzw. 1000 Metern Seehöhe anzutreffen sind. In Summe wurden 19 verschiedene Baumarten gezählt.

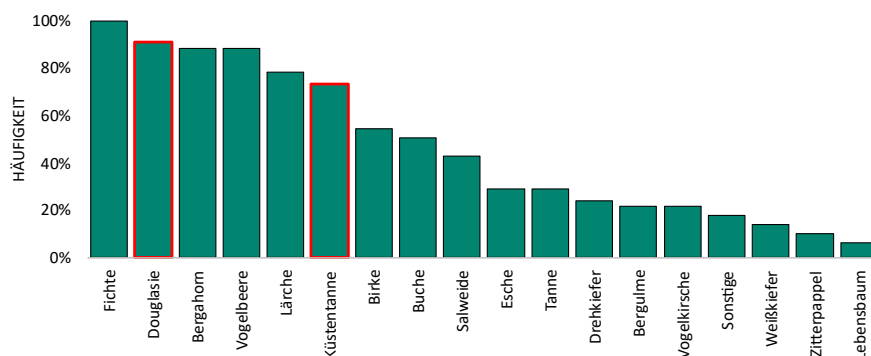


Abbildung 11: Die Grafik stellt dar, mit welcher Häufigkeit (=Wahrscheinlichkeit) verschiedene Baumarten als samenbildende Arten in oder im direkten Umfeld von Beständen vorkommen, in denen Douglasie und/oder Küstentanne als Zielbaumart vorkommen. Als samenbildende Arten gelten in diesem Zusammenhang jene Baumarten, die in der Lage sind, durch

Samenproduktion zur natürlichen Verjüngung beizutragen. Die dargestellten Wahrscheinlichkeiten geben somit Auskunft darüber, welche Baumarten im Umfeld dieser Bestände als potenzielle Samenquellen zur Verfügung stehen. Unter der Kategorie „Sonstige“ sind alle Baumarten zusammengefasst, die nur sehr selten auftraten. Sie wurden zur besseren Übersichtlichkeit und Lesbarkeit gemeinsam dargestellt.

▪ Gelbkiefer Bestände

In jedem Bestand mit Gelbkiefer als Zielbaumart fanden sich mindestens sechs fruktifikationsfähige Baumarten, die als potenzielle Samenquellen fungieren konnten (siehe Tabelle 4). Die höchste Anzahl unterschiedlicher Samenbaumarten im oder unmittelbar um einen Bestand lag bei 13 Arten, der Durchschnitt bei 10,1 Arten pro Bestand. Darüber hinaus kam an jedem Erhebungspunkt mindestens eine bestandesbildende Baumart vor – also eine Art, die mindestens 10 % der Überschirmung ausmacht. An einem Punkt wurden maximal fünf solcher Arten gleichzeitig festgestellt; im Durchschnitt waren es 2,9 bestandesbildende Arten pro Erhebungspunkt.

Neben der Gelbkiefer war auch die Weißkiefer in nahezu allen Beständen im fruktifikationsfähigen Alter vertreten (siehe Abbildung 12). In rund drei Viertel der Bestände wurden außerdem Douglasie, Traubeneiche und/oder Buche nachgewiesen. Insgesamt konnten 33 verschiedene Baumarten identifiziert werden. Diese hohe Vielfalt an Samenbaumarten lässt sich unter anderem durch die geringe Seehöhe der untersuchten Flächen (ca. 400 Meter) erklären. Ein weiterer wesentlicher Faktor ist die Tatsache, dass die Gelbkiefer häufig in Mischung mit anderen nichtheimischen Baumarten gepflanzt wurde – darunter Douglasie, Küstentanne, Weymouthskiefer (Strobe), Drehkiefer, Roteiche und weitere Arten. Zudem trat die Gelbkiefer vor allem in lichten Beständen auf, so dass genügend Licht zum Aufkommen anderer Lichtbaumarten vorhanden war.

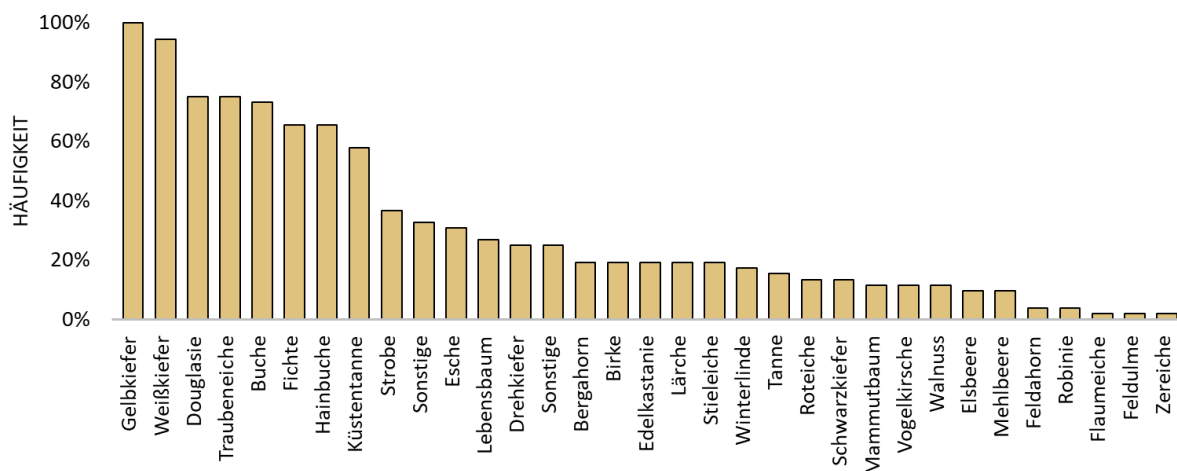


Abbildung 12: Die Grafik stellt dar, mit welcher Häufigkeit (=Wahrscheinlichkeit) verschiedene Baumarten als samenbildende Arten in oder im direkten Umfeld von Beständen vorkommen, in denen die Gelbkiefer als Zielbaumart vorkommt. Als samenbildende Arten gelten in diesem Zusammenhang jene Baumarten, die in der Lage sind, durch Samenproduktion zur natürlichen Verjüngung beizutragen. Die dargestellten Wahrscheinlichkeiten geben somit Auskunft darüber, welche Baumarten im Umfeld dieser Bestände als potenzielle Samenquellen zur Verfügung stehen. Unter der Kategorie „Sonstige“ sind alle Baumarten zusammengefasst, die nur sehr selten auftraten. Sie wurden zur besseren Übersichtlichkeit und Lesbarkeit gemeinsam dargestellt.

▪ Griechische Tannen Bestände

In jedem Bestand mit Griechischer Tanne als Zielbaumart fanden sich mindestens zwölf fruktifikationsfähige Baumarten, die als potenzielle Samenquellen fungieren konnten (siehe Tabelle 4). Die höchste Anzahl unterschiedlicher Samenbaumarten im oder unmittelbar um einen Bestand lag bei 16 Arten, der Durchschnitt bei 13,9 Arten pro Bestand. Darüber hinaus kamen auf jedem

Erhebungspunkt mindestens zwei bestandesbildende Baumarten vor – also Arten, die mindestens 10 % der Überschirmung ausmachen. An vier Punkten wurden maximal fünf solcher Arten gleichzeitig festgestellt; im Durchschnitt waren es 3,0 bestandesbildende Arten pro Erhebungspunkt.

Neben der Griechischen Tanne war auch die Hainbuche in allen untersuchten Beständen vertreten, dicht gefolgt vom Bergahorn, der ebenfalls weitverbreitet vorkam (siehe Abbildung 13). Diese beiden Arten bilden somit eine konstante Begleitvegetation innerhalb der Bestände. Auch Rotbuche, Esche und Schwarzkiefer waren weit verbreitet und wurden in bzw. im unmittelbaren Umfeld von rund 80 % der Bestände festgestellt. Insgesamt konnten 28 verschiedene Baumarten identifiziert werden, was auf eine hohe Diversität im Altbestand hinweist. Diese Vielfalt ist sowohl ökologisch bedeutsam – etwa im Hinblick auf Stabilität, Resilienz und Biodiversität – als auch waldbaulich interessant, insbesondere für die zukünftige Entwicklung und Pflege dieser Bestände. Sie bietet außerdem ein breites Potenzial für natürliche Verjüngung und strukturelle Durchmischung.

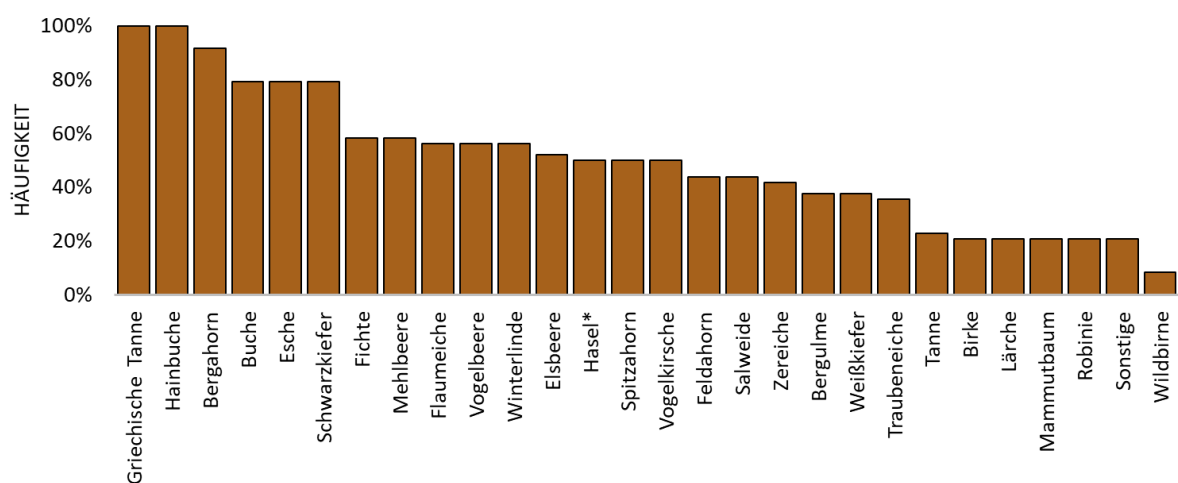


Abbildung 13: Die Grafik stellt dar, mit welcher Häufigkeit (=Wahrscheinlichkeit) verschiedene Baumarten als samenbildende Arten in oder im direkten Umfeld von Beständen vorkommen, in denen die Griechische Tanne als Zielbaumart vorkommt. Als samenbildende Arten gelten in diesem Zusammenhang jene Baumarten, die in der Lage sind, durch Samenproduktion zur natürlichen Verjüngung beizutragen. Die dargestellten Wahrscheinlichkeiten geben somit Auskunft darüber, welche Baumarten im Umfeld dieser Bestände als potenzielle Samenquellen zur Verfügung stehen. Unter der Kategorie „Sonstige“ sind alle Baumarten zusammengefasst, die nur sehr selten auftraten. Sie wurden zur besseren Übersichtlichkeit und Lesbarkeit gemeinsam dargestellt. Hasel* = Diese Strauchart wird hier mitberücksichtigt, da sie – abhängig vom Standort – stellenweise einen erheblichen Anteil an der Überschirmung einnehmen kann.

Die Auswertung zeigt, dass die Bestände mit Griechischer Tanne die höchste durchschnittliche Artenvielfalt in Bezug auf Samenbaumarten aufwiesen, was auf ein besonders hohes Potenzial für die natürliche Verjüngung und die Förderung einer vielfältigen, stabilen Waldstruktur hinweist. Diese hohe Diversität trägt zur ökologischen Resilienz und Stabilität der Bestände bei, da eine größere Anzahl an Samenquellen die Anpassungsfähigkeit des Waldes an Umweltveränderungen erhöht. Die Griechische Tanne profitiert auch von einer konstanten Begleitvegetation, wie der Hainbuche und dem Bergahorn, die als bestandesbildende Arten fungieren können. Auch in den Beständen der Gelbkiefer war eine hohe Vielfalt von Samenbaumarten vorhanden, was durch die Mischung mit anderen Baumarten wie der Weißkiefer und Douglasie begünstigt wurde. Im Vergleich dazu wiesen die Bestände mit Douglasie und Küstentanne eine geringere Artenvielfalt auf, waren jedoch dennoch mit ausreichend vielen Samenquellen ausgestattet, um eine diverse Naturverjüngung zu ermöglichen. Dabei muss auch berücksichtigt werden, dass die Bestände von Douglasie und Küstentanne auf mindestens 900 Metern Seehöhe lagen. In diesen Höhenlagen kommt es naturgemäß zu einer Abnahme der Artenvielfalt bei

den Samenbaumarten im Vergleich zu den Beständen der Griechischen Tanne bzw. Gelbkiefer, die im Durchschnitt auf rund 400 Metern Seehöhe wachsen.

Diese Erkenntnisse unterstreichen die Bedeutung von Mischbeständen für die Förderung der langfristigen Stabilität der Waldbestände. In allen untersuchten Beständen war die Zahl der durchschnittlichen bestandesbildenden Baumarten relativ gering, was darauf hinweist, dass diese Wälder in Bezug auf die Überschildung von wenigen Arten stark dominiert sind, aber dennoch Potenzial für eine dynamische und vielfältige Entwicklung haben (via Samenbaumarten).

5.3.1.3. Grundfläche und Zuwachs

Die Bestände innerhalb einer Zielbaumartengruppe wiesen zum Teil erhebliche Unterschiede im Pflegezustand auf. Um diese Unterschiede so weit wie möglich zu kompensieren, wurden die Resultate der einzelnen Bestände gemittelt. Dadurch wurden die Unterschiede zwischen den Beständen - soweit möglich - ausgeglichen und die Ergebnisse auf eine vergleichbare Basis gestellt. Die dargestellten Grundflächen entsprechen somit dem Mittelwert über alle Bestände einer Zielbaumart.

Für die Ermittlung des Zuwachses wurden Bohrkerne entnommen und der durchschnittliche Zuwachs der letzten fünf Jahre berechnet. Auch hier handelt es sich um Mittelwerte. Die dargestellten Ergebnisse spiegeln somit die durchschnittlichen Zuwachswerte wider und lassen keine Rückschlüsse auf einzelne Bestände zu. Sie geben einen allgemeinen Überblick über die Gesamtsituation, ohne auf spezifische Unterschiede zwischen den einzelnen Beständen einzugehen.

▪ Douglasien/Küstentannen Bestände

Es zeigt sich, dass in gemischten Beständen beide Zielbaumarten mit einer hohen Grundfläche vertreten sind – Douglasie mit 13,52 m²/ha und Küstentanne mit 11,68 m²/ha (siehe Abbildung 14 bzw. Tabelle 5). In den rein auf Douglasie ausgerichteten Beständen nimmt diese Art mit durchschnittlich 23,37 m²/ha deutlich mehr Raum ein als in gemischten Beständen. Umgekehrt dominiert die Küstentanne, in den Beständen mit lediglich Küstentannen als Zielbaumart, mit durchschnittlich 39,20 m²/ha die Fläche. In einem der Bestände, in dem nur Küstentanne als Zielbaumart definiert wurde, war auch die Douglasie vertreten. Aufgrund der geringen Seehöhe von 870 m wurde sie jedoch nicht als Zielbaumart berücksichtigt und ist daher in der Darstellung in Tabelle 5 grau hinterlegt. Weitere häufige Begleitbaumarten sind die Fichte (zwischen 2,33 und 6,78 m²/ha), der Bergahorn (vor allem in Küstentannenbeständen mit 2,13 m²/ha) und die Lärche (ähnlich in gemischten und Douglasienbeständen vertreten). Einige Arten wie Buche, Salweide oder Tanne treten nur in spezifischen Gruppen in den Winkelzählproben auf. Die Küstentanne zeigt auf allen Standorten die höchsten absoluten Zuwächse der beprobten Einzelbäume im Vergleich zu den anderen vorkommenden Baumarten. Auch die Douglasie zeigte hohe Zuwächse.

In den **Douglasie/Küstentanne-Beständen** werden solide bzw. teilweise sehr hohe Grundflächenwerte erreicht. Gemischte Bestände in denen sowohl Douglasie als auch Küstentanne als Zielbaumart ausgewiesen wurden, wiesen im Durchschnitt eine Gesamtfläche von 38,67 m²/ha auf, wobei beide Arten große Anteile zur Gesamtfläche beisteuern. Die gemittelten Zuwächse dieser Bestände sind ebenfalls bemerkenswert, mit einer durchschnittlichen jährlichen Steigerung von 0,51 m²/ha für Douglasie und 0,65 m²/ha für Küstentanne, was die Vitalität und das Wachstum der Bestände unterstreichen. In jenen Beständen in denen nur eine der beiden Baumarten als Zielbaumart ausgewiesen wurde, weisen sie noch höhere Grundflächen und Zuwachswerte aus.

Grundfläche

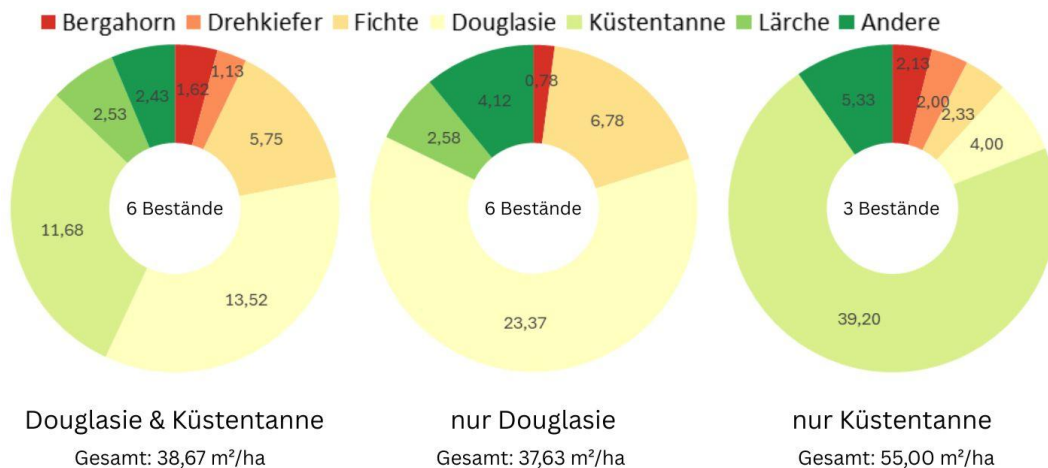


Abbildung 14: Gemittelte Grundfläche der Bestände mit Douglasie und/oder Küstentanne [m²/ha]. Jedes Diagramm ist als Kreisdiagramm dargestellt und zeigt den Anteil verschiedener Baumarten an der Grundfläche. Das erste Diagramm (links) bezieht sich auf einen Bestandsmix aus Douglasie und Küstentanne. Die Gesamtfläche beträgt 38,67 m³/ha. Die größten Anteile sind Douglasie (13,52 m³/ha) und Küstentanne (11,68 m³/ha). Das zweite Diagramm (mitte) zeigt den Bestand mit Douglasie als Zielbaumart. Die Gesamtfläche beträgt 37,63 m³/ha, wobei der größte Anteil mit 23,37 m³/ha auf die Douglasie entfällt. Das dritte Diagramm (rechts) zeigt den Bestand mit Küstentanne als Zielbaumart. Hier beträgt die Gesamtfläche 55,00 m³/ha, wobei der größte Anteil mit 39,20 m³/ha auf Küstentanne entfällt.

Tabelle 5: Überblick über die durchschnittliche Grundfläche (Spalte m²/ha) verschiedener Baumarten in drei unterschiedlichen Bestandesgruppen: Bestände mit sowohl Douglasie als auch Küstentanne (6 Bestände), nur mit Douglasie (6 Bestände) und nur mit Küstentanne (3 Bestände) als Zielbaumart. In einem der Bestände, in dem nur Küstentanne als Zielbaumart definiert wurde, war auch die Douglasie vertreten, wurde dort jedoch - aufgrund der geringen Seehöhe von ca. 880 m - nicht als Zielbaumart berücksichtigt (grau hinterlegt). Für einige Baumarten ist zudem der durchschnittliche Zuwachs von Einzelbäumen [Spalte m²/ha/Jahr] über die letzten 5 Jahre angegeben. Dieser Wert wurde über Bohrkernmessungen berechnet – er kann nicht direkt mit der Grundfläche des Bestandes in Verbindung gesetzt werden.

		Mischbestand		nur Douglasie		nur Küstentanne	
		m²/ha	m²/ha/Jahr	m²/ha	m²/ha/Jahr	m²/ha	m²/ha/Jahr
Bergahorn	<i>Acer pseudoplatanus</i>	1,62	- unbekannt -	0,78	- unbekannt -	2,13	- unbekannt -
Birke	<i>Betula pendula</i>	0,15	- unbekannt -	0,68	- unbekannt -	-	-
Buche	<i>Fagus sylvatica</i>	-	-	-	-	1,07	- unbekannt -
Bergulme	<i>Ulmus glabra</i>	0,33	- unbekannt -	-	-	0,27	- unbekannt -
Drehkiefer	<i>Pinus contorta</i>	1,13	0,14	-	-	2,00	0,24
Douglasie	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	13,52	0,51	23,37	0,67	4,00	0,26
Esche	<i>Fraxinus excelsior</i>	0,23	- unbekannt -	-	-	-	-
Fichte	<i>Picea abies</i>	5,75	0,20	6,78	0,34	2,33	0,08
Küstentanne	<i>Abies grandis</i>	11,68	0,65	-	-	39,20	1,42
Lärche	<i>Larix decidua</i>	2,53	0,52	2,58	0,09	-	-
Edeltanne	<i>Abies nobilis</i>	1,72	0,52	-	-	-	-
Salweide	<i>Salix caprea</i>	-	-	1,23	- unbekannt -	-	-
Tanne	<i>Abies alba</i>	-	-	1,62	0,11	-	-
Traubekirsche	<i>Prunus padus</i>	-	-	0,12	- unbekannt -	-	-
Vogelbeere	<i>Sorbus aucuparia</i>	-	-	0,35	- unbekannt -	-	-
Vogelkirsche	<i>Prunus avium</i>	-	-	0,12	- unbekannt -	-	-
Korktanne	<i>Abies lasiocarpa</i>	-	-	-	-	4,0	0,47

Da sich die waldbaulichen Pflegeeingriffe – welche nachweislich einen erheblichen Einfluss auf die Zuwachsrate eines Bestandes ausüben können – deutlich zwischen den einzelnen Beständen unterscheiden, ist eine differenzierte Betrachtung der Zuwachswerte erforderlich. Um diese

Unterschiede transparent zu machen, werden in Abbildung 15 und Abbildung 16 die bestandesindividuellen Zuwächse für die beiden betrachteten Baumarten Douglasie und Küstentanne dargestellt.

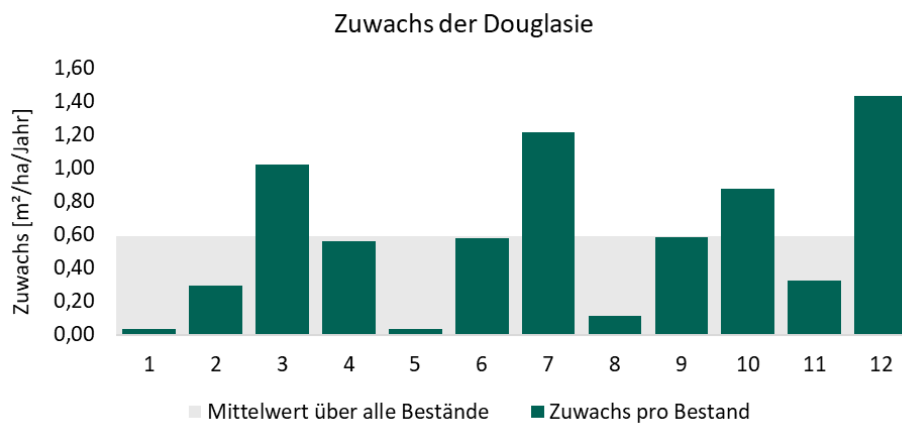


Abbildung 15: Jährlicher Zuwachs der Douglasie. Das Diagramm zeigt den jährlichen Grundflächenzuwachs der Douglasie in jenen Beständen mit der Zielbaumart Douglasie. Die einzelnen farbigen Balken repräsentieren den jeweiligen Zuwachs pro Bestand in Quadratmeter pro Hektar und Jahr. Zusätzlich ist ein hellgrauer Hintergrundbalken über alle Bestände hinweg eingezeichnet, der den Mittelwert des Zuwachses über alle Bestände hinweg markiert.

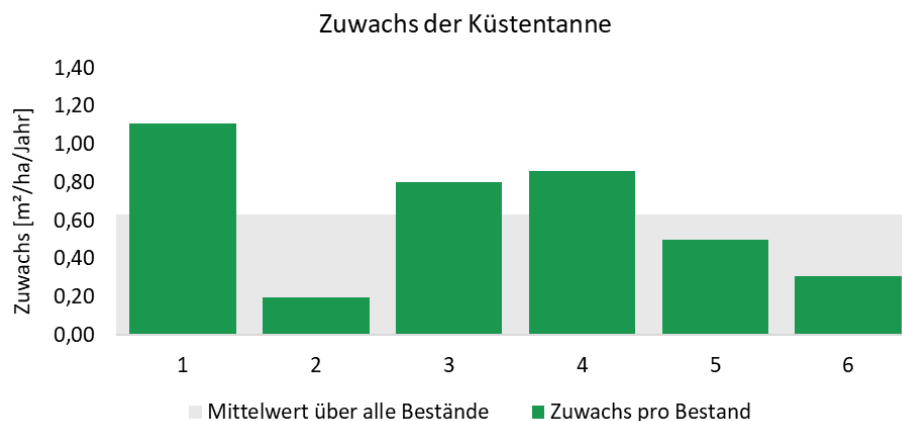


Abbildung 16: Jährlicher Zuwachs der Küstentanne. Das Diagramm zeigt den jährlichen Grundflächenzuwachs der Küstentanne in jenen Beständen mit der Zielbaumart Küstentanne. Die einzelnen farbigen Balken repräsentieren den jeweiligen Zuwachs pro Bestand in Quadratmeter pro Hektar und Jahr. Zusätzlich ist ein hellgrauer Hintergrundbalken über alle Bestände hinweg eingezeichnet, der den Mittelwert des Zuwachses über alle Bestände hinweg markiert.

▪ Gelbkiefer Bestände

In Beständen mit der Zielbaumart Gelbkiefer, hat diese nichtheimischen Kiefernart mit 20,87 m²/ha, den größten Anteil an der Grundfläche (siehe Abbildung 17 bzw. Tabelle 6). Die heimische Weißkiefer folgt mit 2,39 m²/ha und stellt den zweitgrößten Anteil dar. Es sind auch eine Reihe von Baumarten mit kleineren Flächenanteilen vertreten, wie Traubeneiche, Feldahorn, Douglasie, Schwarzkiefer und Küstentanne, die einen weiteren Teil des Bestandes ausmachen. Weitere Baumarten wie Roteiche, Riesenlebensbaum, Hainbuche und andere sind ebenfalls vorhanden, jedoch mit sehr geringen Anteilen von unter einem m²/ha. Insgesamt wurden bei den Winkelzählproben 18 Baumarten erfasst (siehe Tabelle 6), was darauf hinweist, dass neben der Gelbkiefer auch andere Baumarten wachsen und diese nicht von der Gelbkiefer verdrängt werden. Diese Vielfalt deutet darauf hin, dass die

Gelbkiefer in den Beständen nicht in Reinkultur wächst, sondern in einem Zusammenspiel mit anderen Arten existiert.

Wie zu erwarten war die mittlere Grundfläche in den **Gelbkiefer-Beständen auf tiefer gelegenen, warm-trockenen** Standorten mit 31,25 m²/ha im Durchschnitt geringer als jene mit Douglasie/Küstentanne. Die Gelbkiefer machte jedoch mit einer Grundfläche von 20,87 m²/ha den Großteil der jeweiligen Flächen aus. Die restlichen Baumarten wie Weißkiefer, Traubeneiche und Douglasie tragen mit kleineren Flächenanteilen bei. Die gemittelte Zuwachsraten der Gelbkiefer (0,33 m²/ha/Jahr) sowie der Weißkiefer (0,07 m²/ha/Jahr) sind moderat. Eine Interpretation der Zuwächse sollte allerdings vorsichtig erfolgen, da über die waldbauliche Behandlung der einzelnen Arten sowie die Begründung der Bestände nur ungenügende Informationen vorliegen.

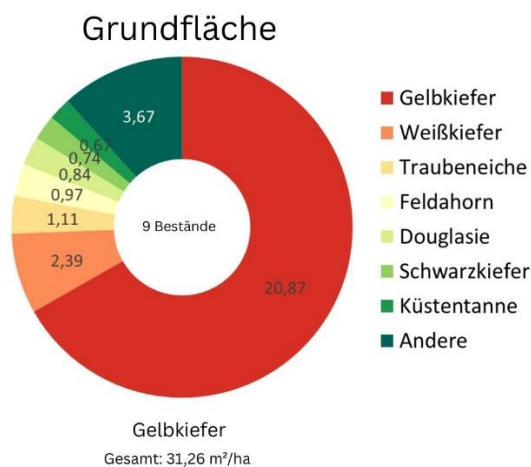


Abbildung 17: Mittlere Grundfläche in Beständen mit der Zielbaumart Gelbkiefer [m²/ha]. Das Bild zeigt ein Kreisdiagramm, dass die Verteilung der gemittelten Grundfläche von 9 Waldbeständen in Quadratmeter pro Hektar darstellt. Die Gesamtfläche beträgt 31,26 m²/ha. Die unterschiedlichen Baumarten sind durch farbige Sektoren im Kreis hervorgehoben.

Tabelle 6: Detaillierterer Überblick über die durchschnittliche Grundfläche (in Quadratmetern pro Hektar) verschiedener Baumarten in den Beständen mit der Zielbaumart Gelbkiefer (9 Bestände). Für einige Bauarten ist zudem der durchschnittliche Zuwachs über die letzten 5 Jahre angegeben. Dieser Wert wurde über Bohrkernmessungen berechnet.

		Grundfläche	Zuwachs
Gelbkiefer	<i>Pinus ponderosa</i>	20,87 m ² /ha	0,33 m ² /ha/Jahr
Weißkiefer	<i>Pinus sylvestris</i>	2,39 m ² /ha	0,07 m ² /ha/Jahr
Traubeneiche	<i>Quercus petraea</i>	1,11 m ² /ha	- unbekannt -
Feldahorn	<i>Acer campestre</i>	0,97 m ² /ha	- unbekannt -
Douglasie	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	0,84 m ² /ha	- unbekannt -
Schwarzkiefer	<i>Pinus nigra</i>	0,74 m ² /ha	0,04 m ² /ha/Jahr
Küstentanne	<i>Abies grandis</i>	0,67 m ² /ha	- unbekannt -
Roteiche	<i>Quercus rubra</i>	0,67 m ² /ha	- unbekannt -
Riesenlebensbaum	<i>Thuja plicata</i>	0,63 m ² /ha	- unbekannt -
Hainbuche	<i>Carpinus betulus</i>	0,51 m ² /ha	- unbekannt -
Drehkiefer	<i>Pinus contorta</i>	0,44 m ² /ha	0,15 m ² /ha/Jahr
Buche	<i>Fagus sylvatica</i>	0,40 m ² /ha	- unbekannt -
Strobe	<i>Pinus strobus</i>	0,34 m ² /ha	0,03 m ² /ha/Jahr
Vogelkirsche	<i>Prunus avium</i>	0,22 m ² /ha	- unbekannt -
Tanne	<i>Abies alba</i>	0,17 m ² /ha	- unbekannt -
Fichte	<i>Picea abies</i>	0,11 m ² /ha	- unbekannt -
Stieleiche	<i>Quercus robur</i>	0,09 m ² /ha	- unbekannt -
Mammutbaum	<i>Sequoia sp.</i>	0,08 m ² /ha	- unbekannt -

Da sich die waldbaulichen Pflegeeingriffe – welche nachweislich einen erheblichen Einfluss auf die Zuwachsrate eines Bestandes ausüben können – deutlich zwischen den einzelnen Beständen unterscheiden, ist eine differenzierte Betrachtung der Zuwachswerte erforderlich. Um diese Unterschiede transparent zu machen, werden in Abbildung 18 die bestandesindividuellen Zuwächse der Gelbkiefer dargestellt.

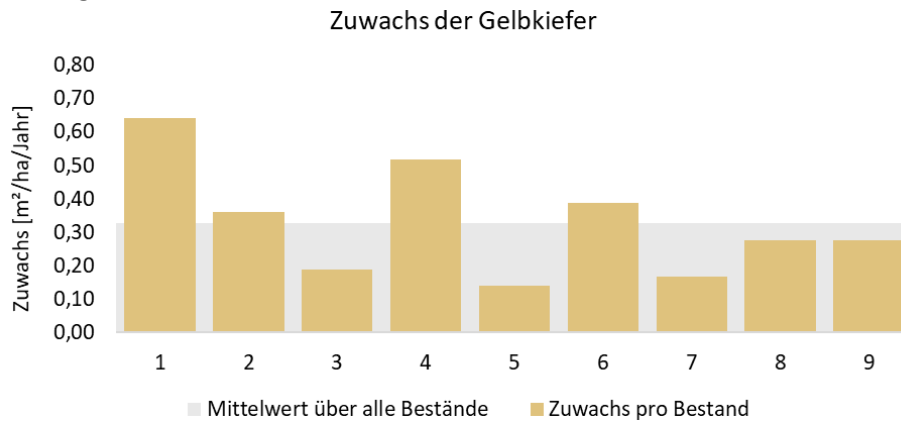


Abbildung 18: Jährlicher Zuwachs der Gelbkiefer. Das Diagramm zeigt den jährlichen Grundflächenzuwachs der Gelbkiefer in jenen Beständen mit der Zielbaumart Gelbkiefer. Die einzelnen farbigen Balken repräsentieren den jeweiligen Zuwachs pro Bestand in Quadratmeter pro Hektar und Jahr. Zusätzlich ist ein hellgrauer Hintergrundbalken über alle Bestände hinweg eingezeichnet, der den Mittelwert des Zuwachses über alle Bestände hinweg markiert.

▪ Griechische Tannen Bestände

In acht Beständen mit der Griechischen Tanne als Zielbaumart wurden insgesamt 15 verschiedene Baumarten bei den Winkelzählproben erfasst (siehe Tabelle 7). Die Griechische Tanne macht mit einer Grundfläche von 13,21 m²/ha den größten Anteil aus (siehe Abbildung 19), darauf folgt die Schwarzkiefer mit 5,57 m²/ha. Weitere nennenswerte Anteile entfallen auf die Buche mit 0,86 m²/ha und die Bergulme mit 0,47 m²/ha. Die verbleibenden Baumarten kommen im Mittel über die acht Bestände hinweg nur mit einer sehr geringen Grundfläche vor.

Die Bestände mit **Griechischer Tanne** hatten im Vergleich mit den anderen drei Baumarten die geringste mittlere Grundfläche mit 22,05 m²/ha. Davon macht die griechische Tanne mit 13,21 m²/ha im Schnitt den größten Anteil der Grundfläche der Bestände aus. Mit einem durchschnittlichen Zuwachs von 0,46 m²/ha/Jahr hat sie eine höhere Zuwachsleistung auf Trockenstandorten zu haben als die Gelbkiefer. Eine Interpretation der Zuwächse sollte allerdings vorsichtig erfolgen, da über die waldbauliche Behandlung der einzelnen Arten sowie die Begründung der Bestände nur ungenügende Informationen vorliegen.

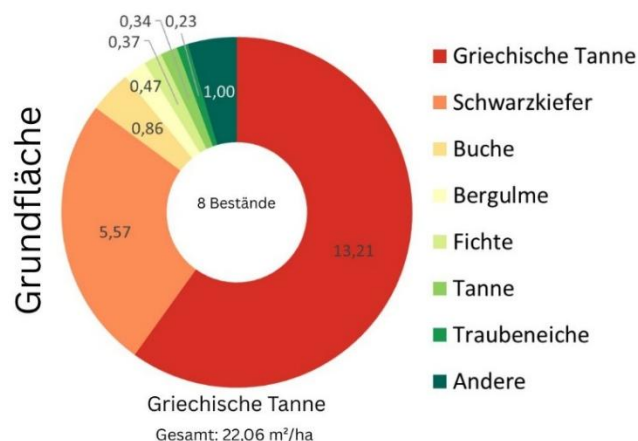


Abbildung 19: Mittlere Grundfläche in Beständen mit der Zielbaumart Griechischer Tanne [m²/ha]. Ein Kreisdiagramm, dass die Verteilung der gemittelten Grundfläche von 8 Waldbeständen in Quadratmeter pro Hektar darstellt. Die Gesamtfläche beträgt 22,06 m²/ha. Die unterschiedlichen Baumarten sind durch farbige Sektoren im Kreis hervorgehoben.

Tabelle 7: Detaillierterer Überblick über die durchschnittliche Grundfläche (in Quadratmetern pro Hektar) verschiedener Baumarten in den Beständen mit der Zielbaumart Griechischer Tanne (8 Bestände). Für einige Bauarten ist zudem der durchschnittliche Zuwachs über die letzten 5 Jahre angegeben. Dieser Wert wurde über Bohrkernmessungen berechnet.

		Grundfläche	Zuwachs
Griechische Tanne	<i>Abies cephalonica</i>	13,21 m²/ha	0,46 m²/ha/Jahr
Schwarzkiefer	<i>Pinus nigra</i>	5,57 m²/ha	0,31 m²/ha/Jahr
Buche	<i>Fagus sylvatica</i>	0,86 m²/ha	- unbekannt -
Bergulme	<i>Ulmus glabra</i>	0,47 m²/ha	- unbekannt -
Fichte	<i>Picea abies</i>	0,37 m²/ha	0,05 m²/ha/Jahr
Tanne	<i>Abies alba</i>	0,34 m²/ha	0,03 m²/ha/Jahr
Traubeneiche	<i>Quercus petraea</i>	0,23 m²/ha	- unbekannt -
Hainbuche	<i>Carpinus betulus</i>	0,20 m²/ha	- unbekannt -
Mammutbaum	<i>Sequoia sp.</i>	0,17 m²/ha	- unbekannt -
Vogelkirsche	<i>Prunus avium</i>	0,17 m²/ha	- unbekannt -
Birke	<i>Betula pendula</i>	0,14 m²/ha	- unbekannt -
Flaumeiche	<i>Quercus pubescens</i>	0,11 m²/ha	- unbekannt -
Salweide	<i>Salix caprea</i>	0,09 m²/ha	- unbekannt -
Esche	<i>Fraxinus excelsior</i>	0,06 m²/ha	- unbekannt -
Spitzahorn	<i>Acer platanoides</i>	0,06 m²/ha	- unbekannt -

Da sich die waldbaulichen Pflegeeingriffe – welche nachweislich einen erheblichen Einfluss auf die Zuwachsrate eines Bestandes ausüben können – deutlich zwischen den einzelnen Beständen unterscheiden, ist eine differenzierte Betrachtung der Zuwachswerte erforderlich. Um diese Unterschiede transparent zu machen, werden in Abbildung 20 die bestandesindividuellen Zuwächse der Griechischen Tanne dargestellt.

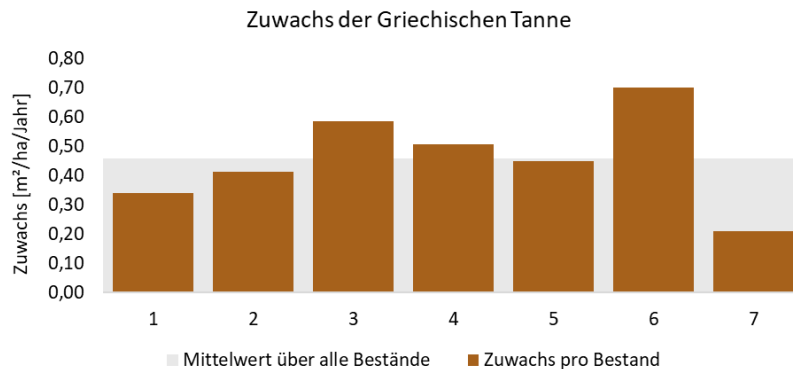


Abbildung 20: Jährlicher Zuwachs der Griechischen Tanne. Das Diagramm zeigt den jährlichen Grundflächenzuwachs der Griechischen Tanne in jenen Beständen mit der Zielbaumart Griechische Tanne. Die einzelnen farbigen Balken repräsentieren den jeweiligen Zuwachs pro Bestand in Quadratmeter pro Hektar und Jahr. Zusätzlich ist ein hellgrauer Hintergrundbalken über alle Bestände hinweg eingezeichnet, der den Mittelwert des Zuwachses über alle Bestände hinweg markiert.

5.3.2. Verjüngung

Bei der Verjüngungserhebung wurde zusätzlich auch die Keimlingsstufe (< 10 cm Höhe) miterfasst.

5.3.2.1. Baumartendiversität

▪ Douglasien/Küstentannen Bestände

Insgesamt wurden 82 Erhebungspunkte innerhalb der Bestände mit der Zielbaumart Douglasie bzw. Küstentanne untersucht. An vier dieser Punkte konnte keinerlei Verjüngung nachgewiesen werden (siehe Abbildung 21 bzw. Tabelle 8). Das Maximum an unterschiedlichen Baumarten in der Verjüngung wurde an einem Punkt festgestellt, an dem sieben verschiedene Baumarten in der Verjüngung gefunden wurden. Im Durchschnitt konnten an jedem Erhebungspunkt 2,5 unterschiedliche Baumarten in der Naturverjüngung erfasst werden.

▪ Gelbkiefer Bestände

Insgesamt wurden 51 Erhebungspunkte innerhalb der Bestände mit der Zielbaumart Gelbkiefer untersucht. An einem dieser Punkte konnte keinerlei Verjüngung nachgewiesen werden (siehe Abbildung 21 bzw. Tabelle 8). Das Maximum an unterschiedlichen Baumarten in der Verjüngung wurde an einem Punkt festgestellt, an dem acht verschiedene Baumarten erfasst wurden. Im Durchschnitt konnten an jedem Erhebungspunkt 3,2 unterschiedliche Baumarten in der Naturverjüngung erfasst werden.

▪ Griechische Tannen Bestände

Insgesamt wurden 48 Erhebungspunkte innerhalb der Bestände mit der Zielbaumart Griechische Tanne untersucht. An drei dieser Punkte konnte keinerlei Verjüngung nachgewiesen werden (siehe Abbildung 21 bzw. Tabelle 8). Das Maximum an unterschiedlichen Baumarten in der Verjüngung wurde an einem Punkt festgestellt, an dem neun verschiedene Baumarten vorgefunden wurden. Im Durchschnitt konnten an jedem Erhebungspunkt 4,1 unterschiedliche Baumarten in der Naturverjüngung erhoben werden.

Tabelle 8: Anzahl an Baumarten in der Verjüngung für die Bestände mit Zielbaumart Griechische Tanne, Gelbkiefer und Douglasie/Küstentanne.

	Griechische Tanne	Gelbkiefer	Douglasie/Küstentanne
Summe an Erhebungspunkten	48	51	82
Mindestanzahl an Arten in Verjüngung	0	0	0
Maximalanzahl an Arten in Verjüngung	9	8	7
Mittelwert über die Erhebungspunkte	4,1	3,2	2,5

Die Ergebnisse zur Anzahl der unterschiedlichen Baumarten in der Verjüngung zeigen, dass in den Beständen aller vier Zielbaumarten häufig mehrere Baumarten gleichzeitig vertreten sind. Die geringere Anzahl an Baumarten in den Beständen mit der Zielbaumart Douglasie bzw. Küstentanne lässt sich teilweise durch die Höhenlage erklären, da diese Bestände meist in Höhenlagen über 1.000 Metern liegen. In höheren Lagen nimmt die Baumartenvielfalt naturgemäß ab, im Vergleich zu Beständen auf etwa 400 Metern Seehöhe, in denen sich die Gelbkiefer- und Griechische Tannen-Bestände befinden.

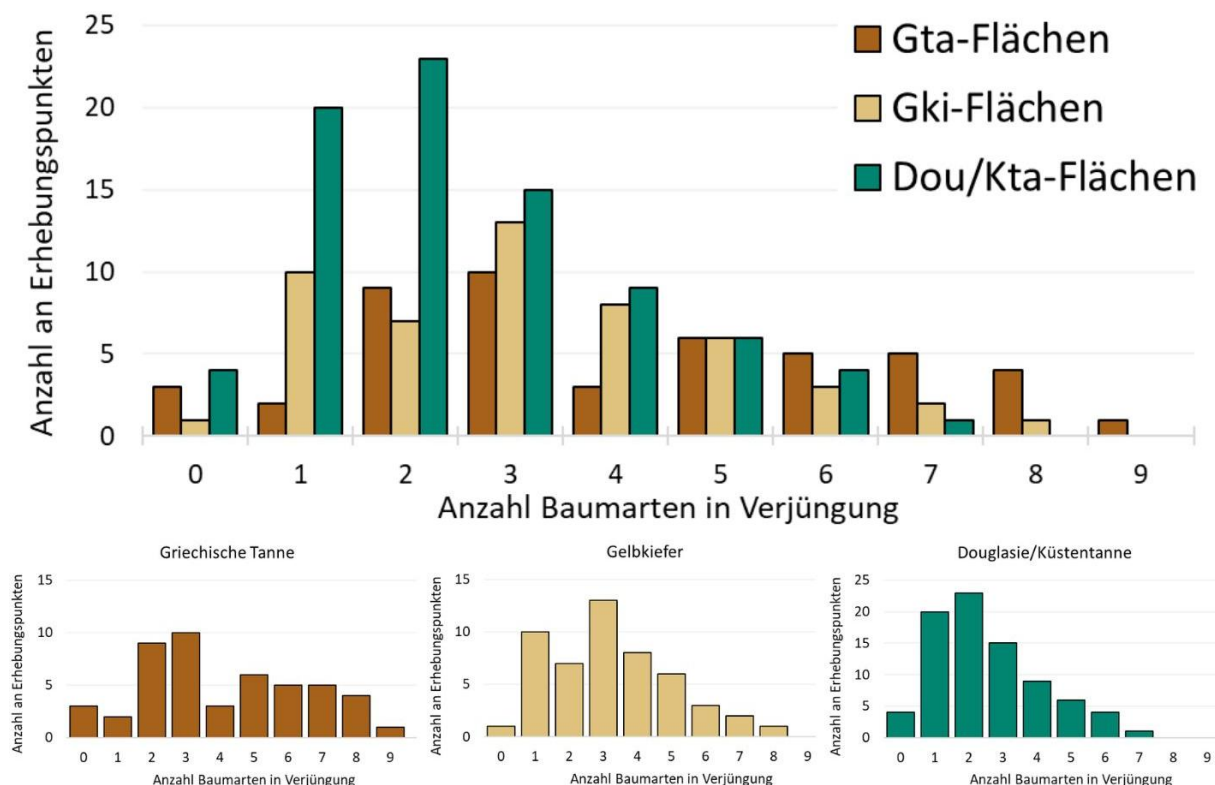


Abbildung 21: Anzahl an unterschiedlichen Baumarten in der Verjüngung pro Erhebungspunkt. [oben] Darstellung über alle Erhebungspunkte hinweg, Gta-Flächen = Flächen mit der Zielbaumart Griechische Tanne, Gki-Flächen = Flächen mit der Zielbaumart Gelbkiefer, Dou/Kta-Flächen = Flächen mit der Zielbaumart Douglasie bzw. Küstentanne [unten]: Darstellung aufgeteilt nach Zielbaumart – unterschiedliche Y-Achse.

5.3.2.2. Baumartenzusammensetzung

■ Douglasien/Küstentannen Bestände

Der Großteil der aufgenommenen Probepflanzen in den Beständen mit Douglasie und/oder Küstentanne als Zielbaumart wies eine Höhe von unter 10 cm auf (55 % der Probepflanzen, siehe Abbildung 22). Insgesamt beschränkte sich die vorgefundene Verjüngung auf Höhenklassen bis

maximal 50 cm. In den darüberliegenden Klassen wurden lediglich zwischen 1 und maximal 9 Probepflanzen erfasst.

Die Baumartenzusammensetzung ist bis zu einer Höhe von 30 cm noch relativ konstant, wobei bereits in dieser Klasse ein Rückgang der Individuenzahl der Küstentanne erkennbar ist (siehe Abbildung 23). Ab einer Höhe von über 30 cm nimmt die Anzahl der vertretenen Baumarten deutlich ab – die Küstentanne ist in diesen höheren Klassen nicht mehr vorhanden. Lediglich die Fichte konnte an den Probepunkten Höhen von über 80 cm erreichen. An keinem der Punkte konnte Douglasie in der Verjüngung gefunden werden.

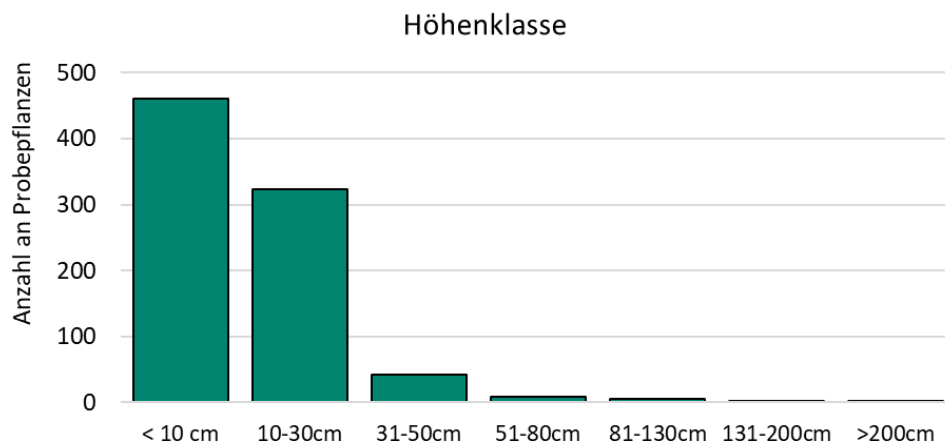


Abbildung 22: Höhenklassenverteilung der aufgenommenen Probepflanzen in Beständen mit der Zielbaumart Douglasie bzw. Küstentanne. Auf der X-Achse sind die Höhenklasse 0 (< 10 cm) bis hin zu Höhenklasse 6 (>200 cm) aufgetragen, auf der Y-Achse die vorgefundene Anzahl an Probepflanzen je Höhenklasse.

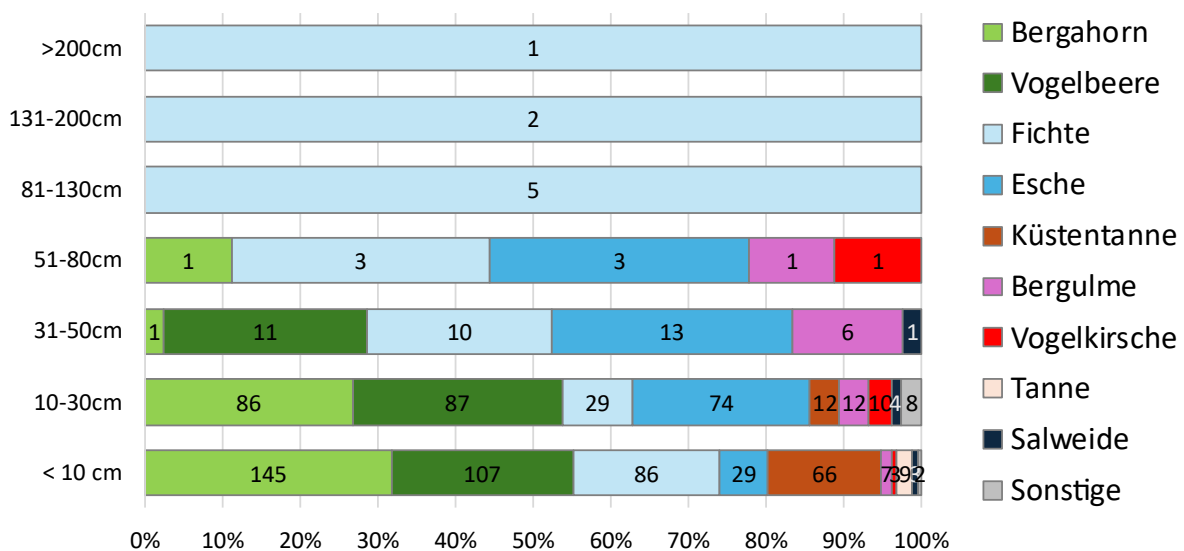


Abbildung 23: Baumartenzusammensetzung der Verjüngung in Beständen mit der Zielbaumart Douglasie bzw. Küstentanne. Zur besseren Lesbarkeit der Grafik werden nur die neun häufigsten Baumarten in der Verjüngung dargestellt, alle weiteren Baumarten werden unter „Sonstiges“ zusammengefasst. Auf der X-Achse kann man die Anteile der jeweiligen Baumart an der Höhenklasse ablesen. Die Baumartenzusammensetzung ist getrennt nach Höhenklasse von Höhenklasse 0 (< 10 cm) bis hin zu Höhenklasse 6 (>200 cm) aufgetragen.

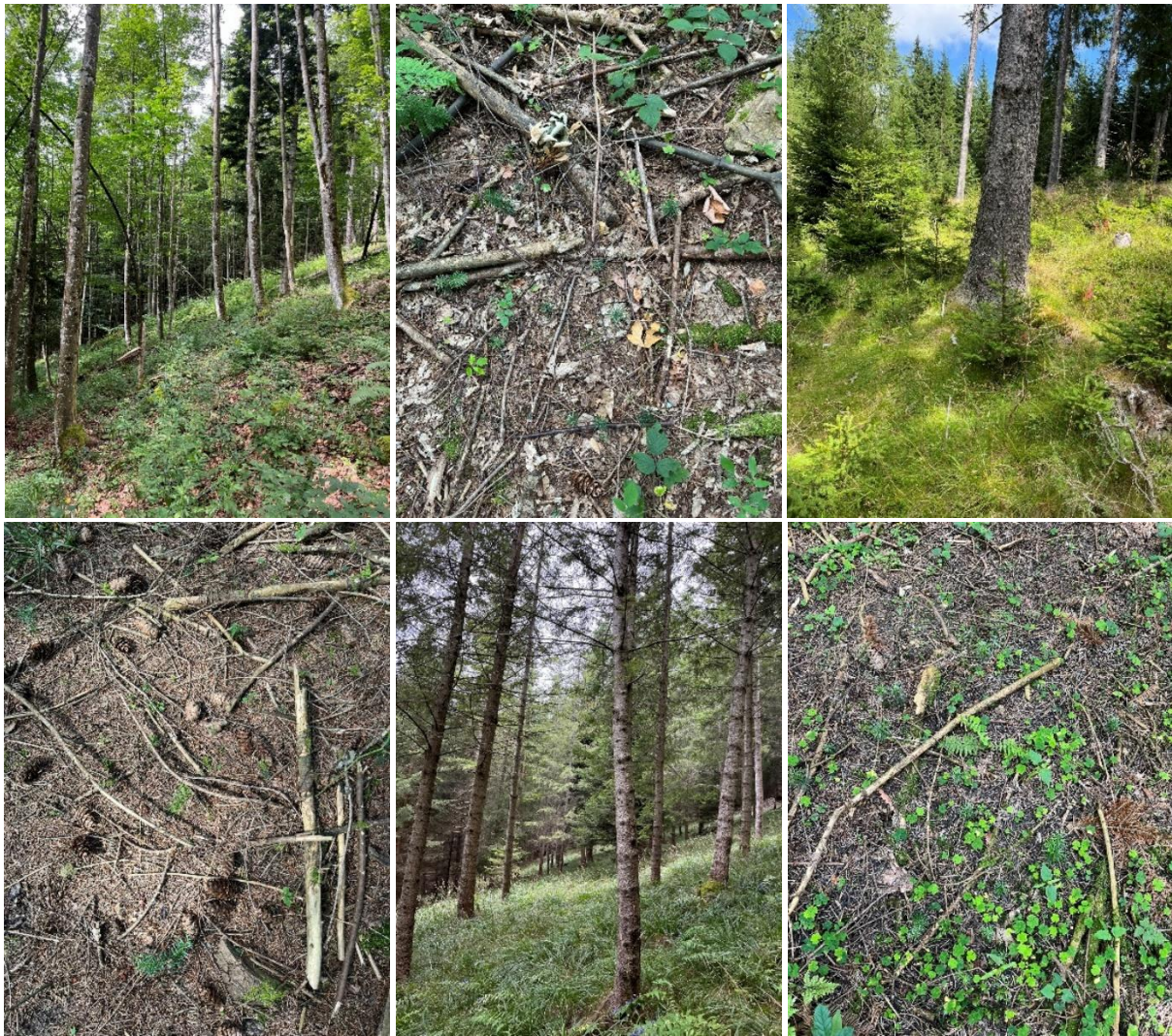


Abbildung 24: Verjüngungssituation in sechs unterschiedlichen Beständen mit der Zielbaumart Douglasie/Küstentanne. Fotos BFW/Konic.

▪ Gelbkiefer

In Beständen mit Gelbkiefer als Zielbaumart wurden in den Höhenklassen 0 (bis 10 cm) und 1 (10–30 cm) nahezu gleich viele Probepflanzen erfasst (siehe Abbildung 25). Auch in den Klassen zwischen 31 und 200 cm zeigte sich eine relativ gleichmäßige Verteilung, wobei der Anteil je Klasse zwischen 8 und 10 % der Gesamtzahl lag. Lediglich die Höhenklasse 6 (> 200 cm) wies mit 4 % den geringsten Anteil an Probepflanzen auf.

Abbildung 26 zeigt deutlich, dass die Artenvielfalt und Individuenzahl in den unteren Höhenklassen (< 50 cm) am höchsten ist. Besonders auffällig ist, dass die meisten Baumarten hier noch regelmäßig vertreten sind, während mit zunehmender Höhe sowohl die Artenvielfalt als auch die Anzahl der Probepflanzen abnimmt. Ab etwa 80 cm Höhe beginnen einzelne Arten, insbesondere die Vogelkirsche, nahezu vollständig zu verschwinden. Nur wenige Arten, wie etwa die Küstentanne, Douglasie und Hainbuche, erreichen Höhen über 200 cm, wobei in der höchsten Klasse die Kategorie

„Sonstige“ dominiert. In Höhenklasse 6 wird die Kategorie „Sonstige“ durch zwei Exemplare des Riesenlebensbaums und fünf spätblühenden Traubenkirschen gebildet.

Insgesamt konnte keine Verjüngung der Gelbkiefer in den Beständen vorgefunden werden. Dies deutet auf eine geringe Etablierung dieser nichtheimischen Kiefernart hin und lässt auf eine mangelnde Durchsetzungsfähigkeit oder ungünstige Standortbedingungen für die Art schließen. Interessant an den vorliegenden Flächen der Gelbkiefer ist, dass hier die Douglasie und die Küstentanne in der Verjüngung vorkommen und durchaus in Höhen über 2 m einwachsen können. Diese beiden Arten sind als Samenbaumarten als 3- und 8-häufigste Baumarten vertreten (siehe 4.3.2.1).

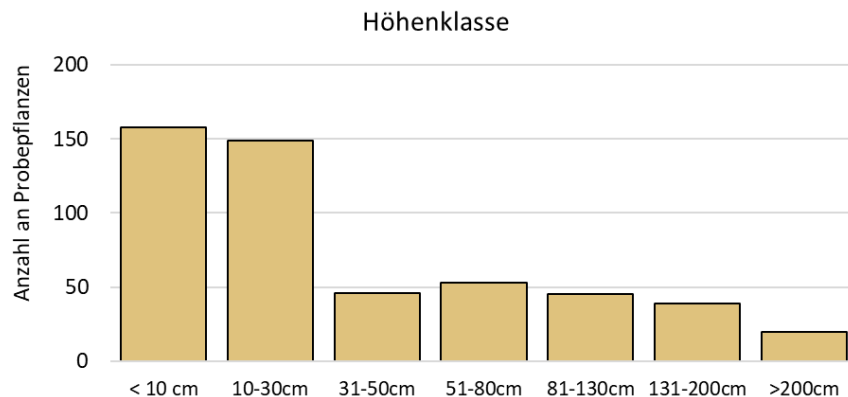


Abbildung 25: Höhenklassenverteilung der aufgenommenen Probestpflanzen in Beständen mit der Zielbaumart Gelbkiefer. Auf der X-Achse sind die Höhenklasse 0 (< 10 cm) bis hin zu Höhenklasse 6 (>200 cm) aufgetragen, auf der Y-Achse die vorgefundene Anzahl an Probestpflanzen je Höhenklasse.

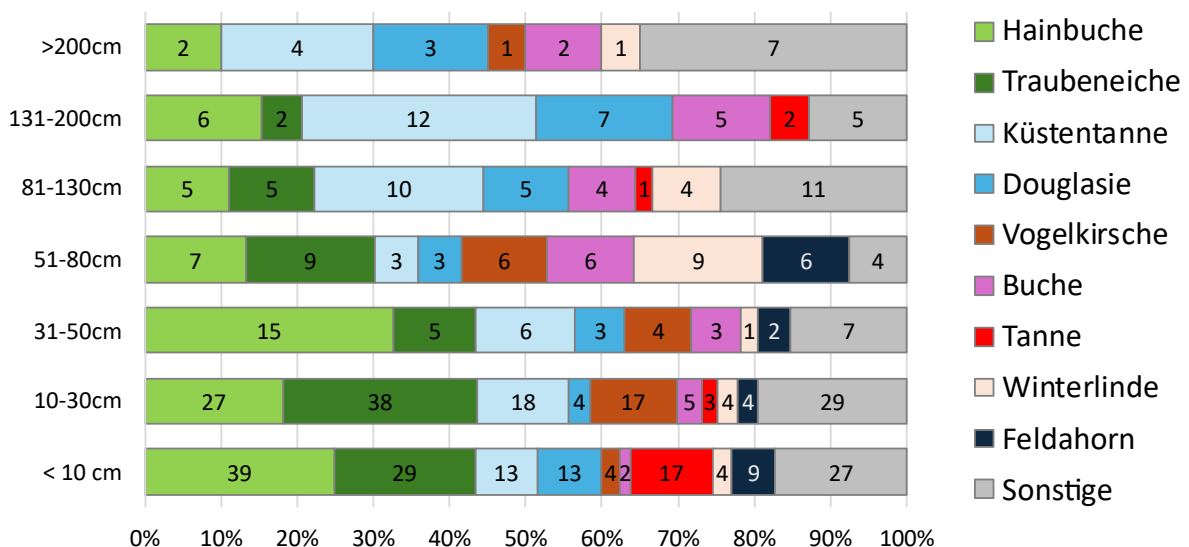


Abbildung 26: Baumartenzusammensetzung der Verjüngung in Beständen mit der der Zielbaumart Gelbkiefer. Zur besseren Lesbarkeit der Grafik werden nur die neun häufigsten Baumarten in der Verjüngung dargestellt, alle weiteren Baumarten werden unter „Sonstiges“ zusammengefasst. Auf der X-Achse kann man die Anteile der jeweiligen Baumart an der Höhenklasse ablesen. Die Baumartenzusammensetzung ist getrennt nach Höhenklasse von Höhenklasse 0 (< 10 cm) bis hin zu Höhenklasse 6 (>200 cm) aufgetragen.



Abbildung 27: Verjüngungssituation in fünf unterschiedlichen Beständen mit der Zielbaumart Gelbkiefer. Fotos BFW/Konic.

▪ Griechische Tanne

Mehr als drei Viertel der Probepflanzen in Beständen mit der Zielbaumart Griechische Tanne wiesen eine Höhe von unter 30 cm auf (siehe Abbildung 28). Das restliche Viertel verteilte sich auf die übrigen fünf Höhenklassen, wobei der Bereich von 81 bis 130 cm mit lediglich 1 % den geringsten Anteil stellte.

Die Analyse der Baumartenzusammensetzung der Verjüngung zeigt eine klare Häufung der Griechischen Tanne in den unteren Höhenklassen, was auf eine erfolgreiche anfängliche Etablierung hinweist (siehe Abbildung 29). Gleichzeitig wirft der stark abnehmende Anteil mit zunehmender Höhe Fragen zur langfristigen Entwicklungsfähigkeit dieser Baumart auf. Mögliche Ursachen für den Rückgang könnten Wachstumshemmnisse, Wildeinfluss, Konkurrenz durch andere Arten oder standörtliche Einschränkungen sein. Im Gegensatz dazu nehmen Baumarten wie Vogelkirsche, Winterlinde, Flaumeiche sowie die Gruppe der „Sonstigen“ in höheren Klassen deutlich an Bedeutung zu. Dies deutet darauf hin, dass sich diese Arten entweder früher etabliert haben oder bessere Voraussetzungen für das Höhenwachstum in diesen Beständen aufweisen.

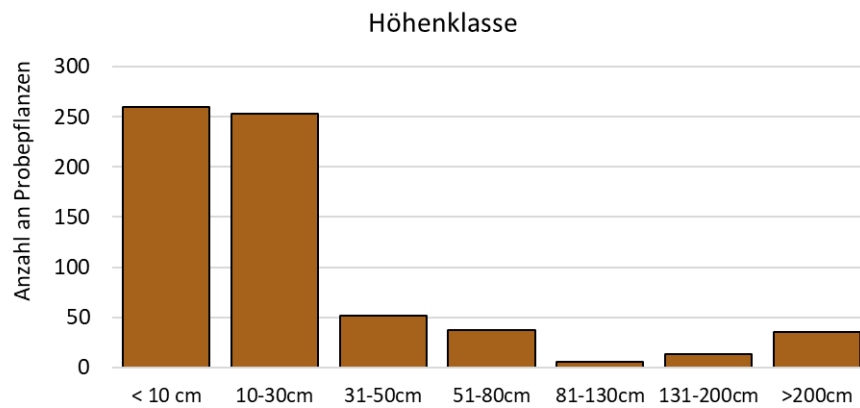


Abbildung 28: Höhenklassenverteilung der aufgenommenen Probepflanzen in Beständen mit der Zielbaumart Griechische Tanne. Auf der X-Achse sind die Höhenklasse 0 (< 10 cm) bis hin zu Höhenklasse 6 (>200 cm) aufgetragen, auf der Y-Achse die vorgefundene Anzahl an Probepflanzen je Höhenklasse.

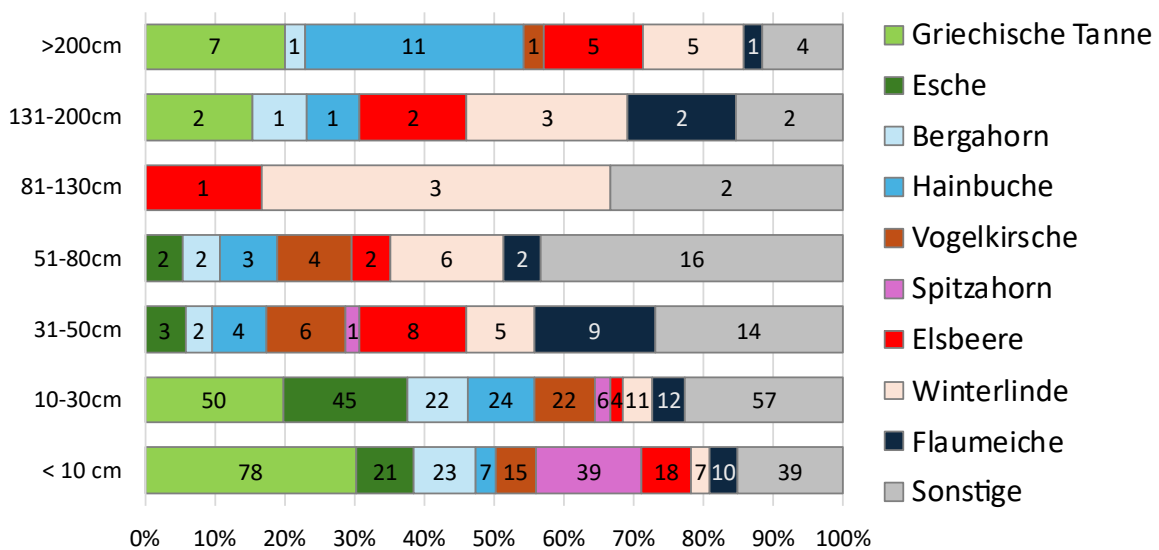


Abbildung 29: Baumartenzusammensetzung der Verjüngung in Beständen mit der der Zielbaumart Griechische Tanne. Zur besseren Lesbarkeit der Grafik werden nur die neun häufigsten Baumarten in der Verjüngung dargestellt, alle weiteren Baumarten werden unter „Sonstiges“ zusammengefasst. Auf der X-Achse kann man die Anteile der jeweiligen Baumart an der Höhenklasse ablesen. Die Baumartenzusammensetzung ist getrennt nach Höhenklasse von Höhenklasse 0 (< 10 cm) bis hin zu Höhenklasse 6 (>200 cm) aufgetragen.



Abbildung 30: Verjüngung der Griechischen Tanne. Die drei Bilder zeigen Verjüngungssituationen in drei verschiedenen Beständen mit der Zielbaumart Griechischer Tanne. Das Foto rechts zeigt zudem den Wildverbiss an einer Tannenpflanze. Fotos BFW/Konic.

Aus den Ergebnissen lässt sich zusammenfassend feststellen, dass sich die Zielbaumarten Douglasie und Küstentanne auf den untersuchten Standorten in mittleren Seehöhen nur eingeschränkt vermehren. Während bei Küstentanne zwar ein gewisser Anteil an Jungpflanzen in den untersten Höhenklassen (< 30 cm) vorhanden ist, fehlt es deutlich an Individuen in höheren Klassen, was auf ein mangelndes Höhenwachstum und damit auf eingeschränkte Etablierungspotenziale hinweist. Besonders auffällig ist das völlige Fehlen der Douglasie in der Vermehrung.

Auch bei der Gelbkiefer, die vorwiegend auf warm-trockenen Standorten in tieferen Lagen untersucht wurde, konnte keine natürliche Vermehrung festgestellt werden, was auf fehlende Konkurrenzfähigkeit oder ungeeignete Standortbedingungen schließen lässt. Da viele Standorte der Gelbkiefer ursprünglich als Anbauversuche mit mehreren nichtheimischen Arten angelegt wurden, stehen auf diesen Standorten auch Douglasie und Küstentanne. Beide Arten vermehren sich auf diesen Standorten und können mit wenigen Individuen auch dem Äser entwachsen (>2m). Ursache für die vergleichsweise gute Vermehrung dieser Arten könnte die vergleichsweise geringe Bestockung und lichtere Bestandesstruktur sein.

Ergänzend zu den Befunden bei Douglasie, Küstentanne und Gelbkiefer zeigt sich bei der Griechischen Tanne ein differenziertes Bild. Zwar ist diese Zielbaumart mit großem Abstand am stärksten in der Vermehrung vertreten – insbesondere in den untersten Höhenklassen – was auf eine erfolgreiche Initiaetablierung schließen lässt. In der Klasse unter 10 cm stellt sie mit ca. 30 % den größten Anteil aller Individuen, und auch in der Klasse 10–30 cm ist sie mit 20 % weiterhin stark vertreten. Allerdings nimmt ihr Anteil mit zunehmender Höhe rapide ab, was auf erhebliche Schwierigkeiten im Aufwuchs hindeutet. Diese starke Abnahme legt nahe, dass die Griechische Tanne zwar keimfreudig ist, jedoch in späteren Entwicklungsstadien vermutlich unter Konkurrenzdruck oder standörtlichen Stressfaktoren leidet. Damit stellt sich, trotz der hohen Etablierungszahlen in den Anfangsstadien, die Frage nach ihrer langfristigen Konkurrenzfähigkeit im gegebenen Bestand.

5.3.2.3. Vermehrungspotenzial

▪ Douglasien/Küstentannen Bestände

In den Beständen mit Douglasie bzw. Küstentanne als Zielbaumart konnte keine Douglasienvermehrung festgestellt werden. Folglich ist auch bei der potenziellen Naturvermehrung keine Douglasie vertreten (vgl. Abbildung 31). Die höchste potenzielle Vermehrungsdichte pro Hektar wurde in jenen Beständen ermittelt, in denen sowohl Douglasie als auch Küstentanne im Altbestand vorkamen. Am geringsten war sie in Beständen, in denen ausschließlich die Küstentanne vertreten war. Auffällig ist zudem, dass Küstentannenvermehrung ausschließlich an Probepunkten vorkam, an denen beide Zielbaumarten – Douglasie und Küstentanne – im Altbestand wuchsen.

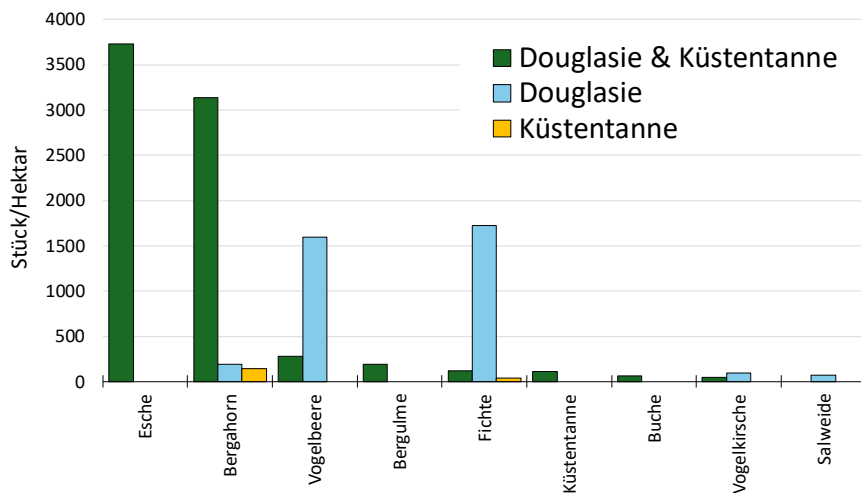


Abbildung 31: Hochrechnung der potenziellen Naturverjüngung in den erhobenen Beständen mit der Zielbaumart Douglasie bzw. Küstentanne. Dargestellt sind nur Baumarten mit einer Minstdichte von 50 Individuen pro Hektar. Kategorisierung der Bestände: *Douglasie & Küstentanne* = beide Zielbaumarten im Altbestand vorhanden (Erhebungspunkte=43), *Douglasie* = nur Douglasie im Altbestand (Erhebungspunkte=29), *Küstentanne* = nur Küstentanne im Altbestand (Erhebungspunkte=11).

▪ Gelbkiefer

In den Beständen mit der Zielbaumart Gelbkiefer konnte an den erhobenen Probepunkten keine Verjüngung dieser Art festgestellt werden. Entsprechend ist sie auch in der Hochrechnung der potenziellen Verjüngungsdichte nicht berücksichtigt (siehe Abbildung 32). Zwar wurden an den meisten Probepunkten zahlreiche Gelbkiefernzapfen vorgefunden, dennoch fehlt die entsprechende Verjüngung. Die Hainbuche stellt derzeit die dominierende Baumart in den Gelbkiefernbeständen dar, gefolgt von Küstentanne und Roteiche. Auch Douglasie sowie die Spätblühende Traubenkirsche wurden nachgewiesen. Die Vorkommen dieser nichtheimischen Baumarten lassen sich darauf zurückführen, dass sie bereits im Altbestand gemeinsam mit der Gelbkiefer eingebracht wurden. Die Ergebnisse der Erhebung zeigen, dass sich die Gelbkiefer im Vergleich zu anderen heimischen und nichtheimischen Baumarten in der Naturverjüngung derzeit nicht behaupten kann.

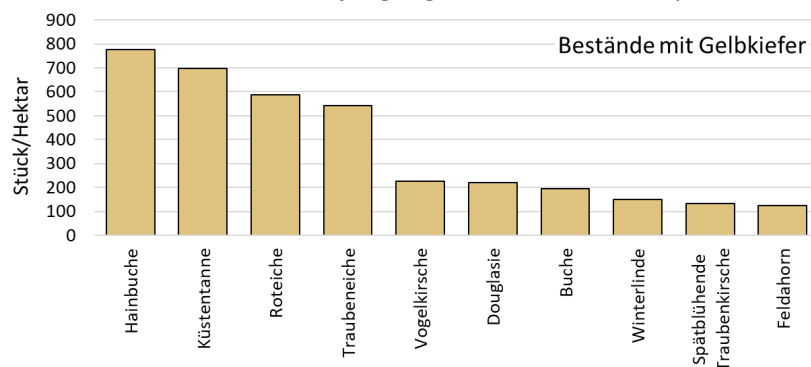


Abbildung 32: Hochrechnung der potenziellen Naturverjüngung in den erhobenen Beständen mit der Zielbaumart Gelbkiefer. Dargestellt sind nur Baumarten mit einer Minstdichte von 100 Individuen pro Hektar. Probepunkte = 51.

▪ Griechische Tanne

In den Beständen der Griechischen Tanne ist sie selbst die dominierende Baumart in der Naturverjüngung (siehe Abbildung 33). Andere Baumarten sind in diesen nichtheimischen Tannenbeständen nur in deutlich geringerer Zahl vertreten. Es ist jedoch zu beachten, dass vereinzelt Individuen der heimischen Weißtanne sowohl im Altbestand als auch in der Verjüngung vorkommen. Besonders bei sehr kleinen Pflanzen unter 10 cm Höhe kann daher nicht mit absoluter Sicherheit

ausgeschlossen werden, dass es zu Verwechslungen in der Artzuordnung kam. Eine eindeutige Bestimmung dieser Jungpflanzen ist in diesem Entwicklungsstadium nur eingeschränkt möglich.

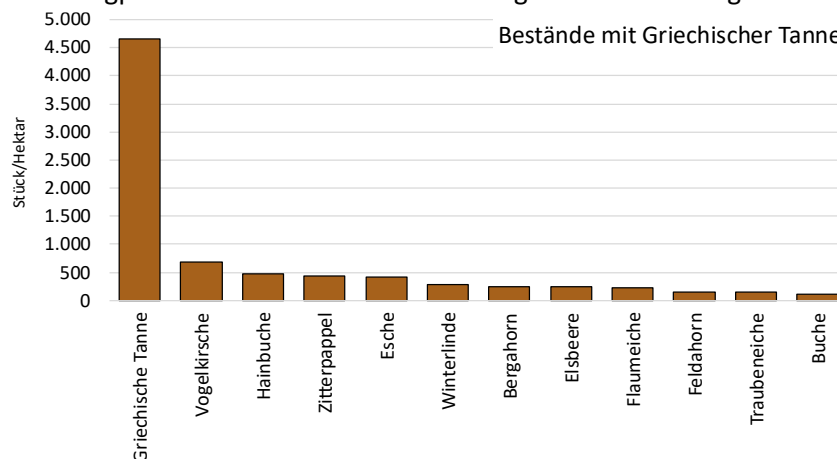


Abbildung 33: Hochrechnung der potenziellen Naturverjüngung in den erhobenen Beständen mit der Zielbaumart Griechischer Tanne. Dargestellt sind nur Baumarten mit einer Minstdichte von 100 Individuen/Hektar. Probepunkte = 48.

5.3.2.4. Ausbreitung

Wurde innerhalb eines Bestandes Naturverjüngung der jeweiligen Zielbaumart festgestellt, so wurden in dessen Umgebung Transekterhebungen durchgeführt, um eine potentielle Ausbreitung der Art zu dokumentieren.

▪ Douglasie

In den als ‚Douglasien-Flächen‘ ausgewiesenen Beständen konnten keine Douglasien in der Naturverjüngung festgestellt werden, weshalb auf Transekterhebungen verzichtet wurde. Douglasienverjüngung trat ausschließlich in den ‚Gelbkiefern-Flächen‘ auf. Da diese jedoch aufgrund ihrer geringen Höhenlage nicht für die Untersuchungen zur Ausbreitung und zum Wachstum der Douglasie über 1.000 m geeignet waren, wurde angesichts des begrenzten Zeitrahmens in diesen Beständen von Transekterhebungen für die Douglasie abgesehen.

Die Ergebnisse der Erhebung geben somit keinen Anhaltspunkt dafür, dass sich die Douglasie über 1.000 Meter Seehöhe ungewollt in Nebenbestände ausbreitet.

▪ Küstentanne

In vier der zehn Bestände, in denen die Küstentanne als Zielbaumart definiert wurde, konnte Naturverjüngung dieser Art festgestellt werden. Im Bestand 232 wurden innerhalb der Bestandesgrenzen nur wenige Küstentannen in der Verjüngung vorgefunden. Bei den außerhalb durchgeführten Transekterhebungen ließen sich jedoch im südlichen Transekt 33 und im südöstlichen Transekt 35 Küstentannen auf jeweils 50 m² nachweisen. In beiden Fällen lag die durchschnittliche Höhenklasse der Verjüngung unter 10 cm. Auch im Bestand 229 wurden Küstentannen außerhalb des Bestandes im südlichen (2 Exemplare) und südöstlichen Transekt (11 Exemplare) gefunden. Die Transekte lagen hangabwärts, was den Sameneintrag nachvollziehbar macht. Auch hier lag die durchschnittliche Höhe der Verjüngung unter 10 cm. In zwei weiteren Beständen mit Küstentanne als Zielbaumart (Bestand 030 und 223) konnte aufgrund ungünstiger Witterungsbedingungen keine Transekterhebung mehr durchgeführt werden.

Zusätzlich wurde in vier als „Gelbkiefern-Flächen“ definierten Beständen ebenfalls Küstentannenverjüngung vorgefunden. Diese Bestände lagen jedoch unterhalb der für die Untersuchung relevanten Höhenlage von 900 m und wurden daher – auch aus zeitlichen Gründen – nicht weiter durch Transekterhebungen für die Küstentanne erfasst.

Die Ergebnisse der Erhebung zeigen, dass vereinzelt Verjüngung der Küstentanne außerhalb der Bestandesgrenzen festgestellt werden konnte. Diese Jungpflanzen befinden sich jedoch durchwegs in einem sehr frühen Entwicklungsstadium und werden derzeit nicht höher als 10 cm.

Zum aktuellen Zeitpunkt liefern die Daten somit keine Hinweise auf eine ungewollte anhaltende Ausbreitung der Küstentanne oberhalb von 900 m Seehöhe. Um abschätzen zu können, ob sich diese Verjüngung künftig außerhalb der Bestände etablieren und in höhere Wuchshöhen bzw. auch über den Einflussbereich des Äsers hinausentwickeln kann, wäre eine erneute Evaluierung der Situation in einigen Jahren empfehlenswert.

▪ **Gelbkiefer**

In den untersuchten Gelbkiefer-Beständen konnten keinerlei Verjüngungsexemplare der Gelbkiefer festgestellt werden. Auch bei den Begehungen entlang der Bestandesränder wurde keine Verjüngung dieser Baumart nachgewiesen. Aufgrund des vollständigen Fehlens von Gelbkiefernverjüngung wurde auf die Durchführung zusätzlicher Transekterhebungen in diesen Beständen verzichtet.

Die Ergebnisse der Erhebung geben somit keinen Anhaltspunkt dafür, dass sich die Gelbkiefer in den trockenen Lagen Österreichs ungewollt in Nebenbestände ausbreitet.

▪ **Griechische Tanne**

Verjüngungserhebungen fanden bei sieben griechischen Tannen-Flächen statt. An sechs davon wurden Exemplare dieser nichtheimischen Tannenart in der Verjüngung vorgefunden. Transekterhebungen wurden bei allen sieben Beständen durchgeführt.

Bei Bestand 277 wurden in Summe 45 Exemplare der griechischen Tanne an den insgesamt zehn Erhebungspunkten im Bestand gefunden. Bei der südöstlichen Transekterhebung wurden drei Exemplare und bei der nordwestlichen ein Exemplar außerhalb des Bestandes erfasst.

Im Bestand 278 wurde mit Abstand die höchste Anzahl an Griechischen Tannen in der Verjüngung festgestellt. An den zehn Erhebungspunkten innerhalb des Bestandes konnten insgesamt rund 700 Individuen dieser Art erfasst werden. Der Großteil der Jungpflanzen wies eine Höhe von unter 10 cm bzw. zwischen 10 und 30 cm auf. Es ist jedoch anzumerken, dass in Bestand 278 auch Individuen der heimischen Weißtanne sowohl im Altbestand als auch in der Verjüngung vorkommen. Daher kann insbesondere bei sehr kleinen Pflanzen (unter 10 cm Höhe) nicht mit absoluter Sicherheit gewährleistet werden, dass alle Individuen korrekt der Griechischen Tanne zugeordnet wurden.

Trotz der hohen Individuenzahl innerhalb des Bestandes zeigten die Transekterhebungen in der Umgebung nur an zwei der acht Transekte eine nennenswerte Anzahl an Tannen. Der nördlich gelegene Transekt wies 105 Individuen auf, der südöstliche 109. An drei weiteren Transekten wurden jeweils zwischen 1 und 19 Individuen gezählt, während an den übrigen drei Transekten keine Tannen festgestellt wurden. Auch innerhalb der Transekte lag die Höhe der Tannenverjüngung meist unter 10 cm und nur in wenigen Fällen wurde die nächsthöhere Höhenklasse (10-30 cm) erreicht.

Im Bestand 273 wurden an den zehn Erhebungspunkten insgesamt etwa 150 Individuen der Griechischen Tanne erfasst. Rund drei Viertel dieser Jungpflanzen waren kleiner als 10 cm. Bei den acht Transektehebungen rund um den Bestand wurde in einem Transekt kein einziges Exemplar festgestellt. In vier Transekten wurden jeweils zwischen 1 und 4 Individuen gezählt, während in den übrigen drei Transekten zwischen 15 und 26 Exemplare nachgewiesen wurden.

Im Bestand 324 wurden insgesamt sieben Erhebungspunkte untersucht. Dabei konnten zwei Individuen der Griechischen Tanne mit einer Höhe von über 200 cm in der Verjüngung festgestellt werden. Darüber hinaus wurden 36 weitere Jungpflanzen mit einer Höhe von unter 10 cm erfasst. Im Rahmen der acht Transektehebungen rund um den Bestand wurde lediglich in einem einzigen Transekt ein Exemplar der Griechischen Tanne nachgewiesen. Dieses Individuum war kleiner als 10 cm und befand sich somit ebenfalls im frühesten Stadium der Verjüngung.

Im Bestand 325 wurde lediglich ein einzelnes Individuum der Griechischen Tanne festgestellt, welches eine Höhe von unter 10 cm aufwies. Auch die Transektehebungen im Umfeld des Bestandes zeigten nur ein sehr geringes Vorkommen der Art: In zwei Transekten konnten jeweils drei Jungpflanzen mit einer Höhe von weniger als 10 cm nachgewiesen werden. In den übrigen Transekten wurden keine Exemplare der Griechischen Tanne gefunden.

Innerhalb des Bestand 326 konnte an den drei erhobenen Punkten kein einziges Exemplar der Griechischen Tanne in der Verjüngung festgestellt werden. Im Rahmen der Transektehebungen in der Umgebung des Bestandes wurden hingegen einzelne Individuen dieser nichtheimischen Tannenart nachgewiesen. In einem Transekt wurden insgesamt 46 Jungpflanzen mit einer Höhe von unter 10 cm registriert. In zwei weiteren Transekten konnten jeweils ein bzw. zwei Individuen (< 10 cm) erfasst werden. In den übrigen Transekten wurde keine weitere Verjüngung der Griechischen Tanne festgestellt.

Im Bestand 327 wurden an den vier Erhebungspunkten insgesamt fünf Individuen der Griechischen Tanne nachgewiesen. Dabei handelte es sich in einem Fall um ein größeres Exemplar mit einer Höhe von über 200 cm, während die übrigen vier Pflanzen eine Höhe von unter 10 cm aufwiesen. Auch die Transektehebungen rund um den Bestand ergaben nur ein sehr geringes Vorkommen dieser nichtheimischen Tannenart. In einem Transekt wurden zwei Jungpflanzen unter 10 cm Höhe festgestellt, in einem weiteren drei Exemplare derselben Größenklasse. In den übrigen Transekten konnte keine Verjüngung der Griechischen Tanne nachgewiesen werden.

Die Ergebnisse der Erhebung zeigen, dass die Verjüngung der Griechischen Tanne vereinzelt auch außerhalb der Bestandesgrenzen in teils höherer Anzahl festgestellt werden konnte. Diese Jungpflanzen befinden sich jedoch überwiegend in einem sehr frühen Entwicklungsstadium und haben derzeit eine Höhe von maximal 10 cm.

Aktuell liefern die Daten keinen Anlass zur Besorgnis. Um jedoch einschätzen zu können, ob sich diese Verjüngung langfristig außerhalb der Bestände etablieren und in höhere Wuchshöhen und über den Einflussbereich des Wildäfers hinauswachsen kann, wäre eine erneute Evaluierung der Situation in einigen Jahren ratsam.

Zum aktuellen Zeitpunkt ist die Interaktion zwischen der Griechischen Tanne und der heimischen Weißtanne noch nicht ausreichend erforscht. Zudem kann nicht ausgeschlossen werden, dass es bei den Erhebungen vereinzelt zu Fehlbestimmungen kam.

6. Klimaanalyse

6.1. Ziel

Verschneiden der Daten mit Klimadaten und Datenauswertung im Hinblick auf die Eignung der Baumarten im Klimawandel.

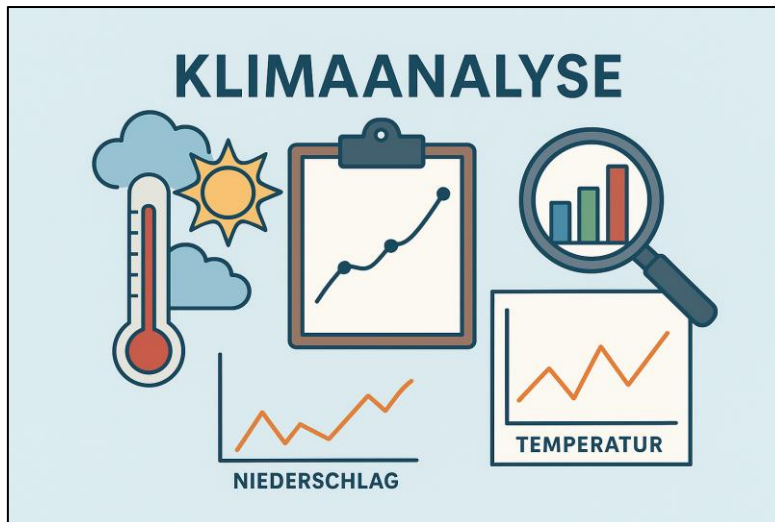


Abbildung 34: Symbolbild Klimaanalyse. Die Abbildung zeigt eine stilisierte grafische Darstellung zum Thema „Klimaanalyse“. Im Mittelpunkt stehen Symbole für Wetter und Klimadaten: ein Thermometer, Sonne und Wolken, ein Klemmbrett mit einem ansteigenden Liniendiagramm, eine Lupe über einem Balkendiagramm sowie zwei weitere Diagramme mit den Beschriftungen „Niederschlag“ und „Temperatur“. AI-Generiert.

6.2. Ablauf

Im Rahmen der Analyse wurden meteorologische Daten im Zeitraum von **1994 bis 2024** untersucht. Ziel war es, für verschiedene Baumarten – **Douglasie (Dou)**, **Küstentanne (Kta)**, **Gelbkiefer (Gki)** und **Griechischer Tanne (Gta)** – die klimatischen Bedingungen (etwa hinsichtlich Temperatur, Niederschlag und Aridität) auf den Standorten auszuwerten. Hierfür wurden die Minimum- (TN) und Maximumtemperaturen (TX), sowie die Niederschlagsdaten (RR) der GeoSphere Austria (SPARTACUS v2.1 Tagesdaten, <https://doi.org/10.60669/m6w8-s545>) heruntergeladen. Die Tagesmitteltemperatur (TAV) wurde aus dem Mittelwert aus Tagesminimum (TN) und Tagesmaximum (TX) gebildet.

Im ersten Analyseschritt erfolgte die Visualisierung der Tageswerte für jede der vier Baumarten. Dabei wurden Histogramme für die Tagesniederschläge (RR) sowie für die mittleren Tageslufttemperaturen (TAV), Tagesminimumtemperaturen (TN) und Tagesmaximumtemperaturen (TX) erstellt. Anschließend wurden aggregierte Jahreswerte berechnet, wobei die Daten pro Jahr und Flächen-ID gruppiert wurden. Es folgte die Darstellung von Histogrammen der jährlichen Niederschlagsmengen und mittleren Temperaturen (TN, TX, TAV). Ergänzend wurden Boxplots generiert, um die Verteilung der Jahresniederschläge und Jahresmitteltemperaturen für jede der Baumarten zu visualisieren.

Weiters wurden auch die klimatischen Verhältnisse innerhalb der Vegetationsperiode, hier allgemein definiert als die Monate April bis September, genauer untersucht. Hierzu wurden die Daten entsprechend gefiltert und separate Histogramme und Boxplots für Niederschlagsmengen und mittlere Temperaturen erstellt. Für die Bestimmung der potenziellen Wachstumsstage wurden alle Tage mit einer mittleren Temperatur (TAV) von mindestens 5 °C ausgewählt. Daraus wurde die

durchschnittliche Anzahl potenzieller Wachstumstage pro Jahr und Fläche, jeweils getrennt nach Baumart, berechnet und grafisch mit einem Boxplot dargestellt.

Zur Bewertung der Aridität wurde die potenzielle Evapotranspiration (PET) gemäß der Hargreaves-Methode berechnet. Unter Verwendung der Variablen RR, TAV und der Differenz TX–TN wurde anschließend PET ermittelt. Die resultierenden PET-Werte wurden anschließend nach Jahr, Fläche und Baumart gruppiert und mittels Boxplot visualisiert.

Ein weiterer Schritt war die Berechnung der Bowen-Ratio. Sie beschreibt das Verhältnis des atmosphärischen Wasserbedarfs (PET) und des am Standort verfügbaren Wassers (RR) über das Jahr gesehen. Die Bowen-Ratio wurde ebenfalls nach Jahr, Fläche und Baumart gruppiert und über Boxplots dargestellt. Je weiter der Wert der Bowen-Ratio über Eins liegt, desto arider sind die Bedingungen am Standort.

Angelehnt an die übliche Darstellung der Klimahüllen wurden die mittlere Jahrestemperatur (TAV) pro Fläche und Baumart sowie die jährlichen Niederschlagssummen (RR) pro Jahr und Fläche berechnet und gegeneinander aufgetragen. Dies diente der Veranschaulichung klimatischer Spannbreiten der untersuchten Baumarten an den Standorten der Felderhebungen.

6.3. Ergebnis

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen klimatische Kenngrößen für die Bestände der Felderhebungen aus dem Arbeitspaket 6 – Exotic Data. Die Ergebnisse der Klimaanalyse werden für jede Zielbaumart getrennt dargestellt (Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta, Küstentanne = Kta). Die Diagramme jeder Zielbaumart enthalten alle Standorte der Felderhebungen an jene die Art als Zielbaumart erhoben wurde. Mittels Histogrammen, Boxplots und Scatterplots wurden zentrale Parameter wie Temperatur, Niederschlag, Verdunstung und klimatische Wachstumsbedingungen über eine Zeitspanne von 30 Jahren hinweg analysiert und visuell dargestellt. Die Datengrundlage bilden standardisierte Tagesdaten aus dem „Spartacus v2.1“-Datensatz von GeoSphere Austria.

Die **täglichen Niederschlagswerte** (Abbildung 35) zeigen in allen vier Beständen eine ähnliche Verteilung. Der Großteil der Tage weist nur sehr geringe Niederschlagsmengen auf (unter 10 mm), während höhere Werte deutlich seltener auftreten. Diese stark rechtsschiefen Verteilungen deuten darauf hin, dass an den meisten Tagen nur wenig Regen fällt. Der Vergleich der vier Baumarten zeigt außerdem, dass sich das grundsätzliche Niederschlagsmuster kaum unterscheidet. Das deutet darauf hin, dass nicht die Intensität einzelner Niederschlagstage, sondern vielmehr die Gesamtsumme und die Verteilung über das Jahr entscheidend für klimatische Unterschiede zwischen den Beständen sind. Dennoch könnten kleinste Unterschiede – etwa eine tendenziell höhere Anzahl an Starkniederschlagstagen – für bestimmte Prozesse wie Erosion, Nährstoffaustrag oder Trockenphasenkompensation eine Rolle spielen.

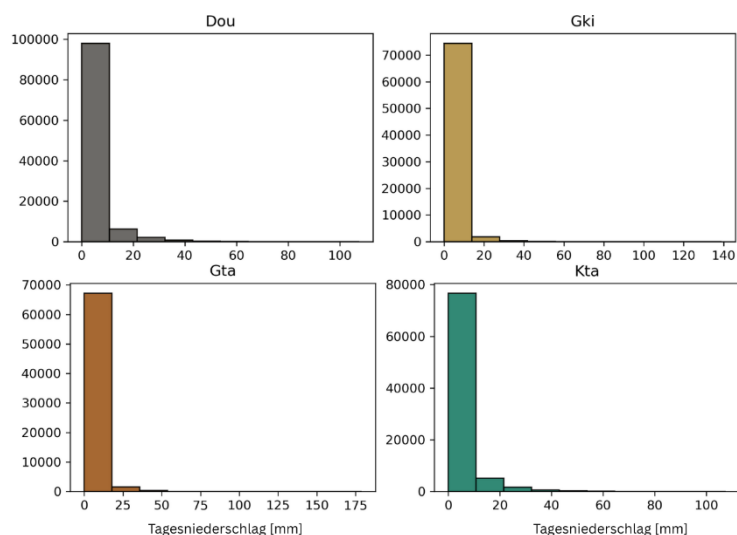


Abbildung 35: Verteilung der Tageswerte für den Niederschlag [mm]. Die Grafik zeigt die Häufigkeitsverteilung täglicher Niederschlagswerte für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Für jede Baumart ist ein eigenes Histogramm dargestellt. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.

Die drei Abbildungen zu den Tagestemperaturwerten zeigen die Häufigkeitsverteilungen der täglichen Temperaturwerte an den jeweiligen Standorten der vier Zielbaumarten, jeweils dargestellt für die tägliche Mitteltemperatur (Abbildung 36), tägliche Minimumtemperatur (Abbildung 37) und tägliche Maximumtemperatur (Abbildung 38).

In Abbildung 36, welche die Verteilung der **täglichen Mitteltemperatur** darstellt, zeigen alle vier Baumarten eine annähernd glockenförmige Verteilung, die einem normalen Verlauf entspricht. Die häufigsten Tagesmitteltemperaturen liegen zwischen etwa 5 °C und 15 °C. Auffällig ist, dass Griechische Tanne und Gelbkiefer tendenziell höhere Mitteltemperaturen aufweisen als Douglasie und Küstentanne, was sich in einer leichten Rechtsverschiebung der Verteilung widerspiegelt. Dies deutet auf ein insgesamt wärmeres Klima an den Standorten der Griechischen Tanne und Gelbkiefer hin, was mit deren geografischer Lage oder Höhenlage erklärbar ist. Die Standortunterschiede sind dabei so ausgeprägt, dass sie auch für ökophysiologische Prozesse wie Vegetationsbeginn, Wachstumsdauer oder Frostresistenz von Bedeutung sein könnten.

Abbildung 37 zeigt die Verteilungen der **täglichen Minimaltemperatur**. Auch hier findet sich eine symmetrische bis leicht linksschiefe Verteilung. Der Vergleich zwischen den Standorten ergibt ähnliche Muster wie bei den Mitteltemperaturen: Gelbkiefer und Griechische Tanne weisen häufiger höhere Minimaltemperaturen auf, während Douglasie und Küstentanne niedrigere Temperaturen zeigen. Besonders in den Wintermonaten können diese Unterschiede entscheidend sein, da frostempfindliche Arten in kälteren Lagen möglicherweise größeren Risiken ausgesetzt sind. Extremwerte unter –10 °C treten bei den Douglasienstandorten am häufigsten auf, was auf eine höhere Frosthäufigkeit hinweist. Diese Häufung der Frostereignisse ist bei einer Lage von über 1.000 Meter Seehöhe auch zu erwarten.

In Abbildung 38, die die Verteilung der **täglichen Maximaltemperaturen** abbildet, wird auch hier deutlich, dass die erhobenen Griechische Tannen- und Gelbkiefern-Standorte tendenziell die höchsten Temperaturen aufweisen. Die Verteilungen sind hier etwas rechtsschief, was darauf hindeutet, dass heiße Tage überproportional häufig sind. Genau solche Flächen für die beiden Baumarten zu erheben war auch Ziel des Arbeitspakets 6 – Exotic Data. An besonders heißen Tagen, wie sie vor allem bei Gelbkiefernbeständen auftreten, kann es zu erhöhter Transpiration und Trockenstress kommen –

insbesondere, wenn diese mit niedrigen Niederschlagsmengen zusammenfallen (vgl. Abbildung zum Tagesniederschlag). Solche Bedingungen beeinflussen die Wasserbilanz der Pflanzen erheblich und haben unmittelbare Auswirkungen auf ihr Wachstum und ihre Vitalität. Douglasie und Küstentanne hingegen zeigen eine deutlich gleichmäßigere Verteilung mit einem Maximum der Tageshöchsttemperaturen um 15–20 °C. Das zeigt, dass die beiden Baumarten (> 900 bzw. 1000 m) in kühleren Standorten wachsen und dadurch wahrscheinlich anfälliger für Kälteereignisse sind, während Gelbkiefer und Griechische Tanne insgesamt wärmere Bedingungen mit geringerer Frostgefahr ausgesetzt sind.

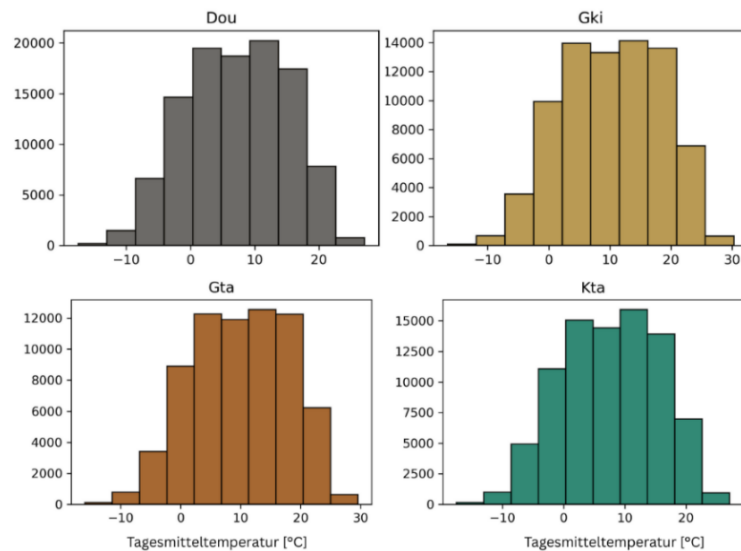


Abbildung 36: Verteilung der tägliche Mitteltemperatur. Die Grafik zeigt die Häufigkeitsverteilung der täglichen Mitteltemperatur für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Für jede Baumart ist ein eigenes Histogramm dargestellt. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.

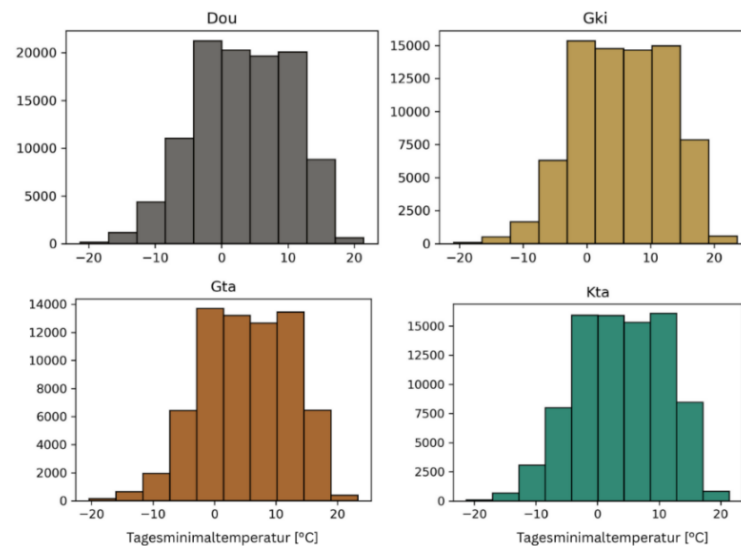


Abbildung 37: Verteilung der tägliche Minimaltemperatur. Die Grafik zeigt die Häufigkeitsverteilung der täglichen Minimaltemperatur für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Für jede Baumart ist ein eigenes Histogramm dargestellt. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.

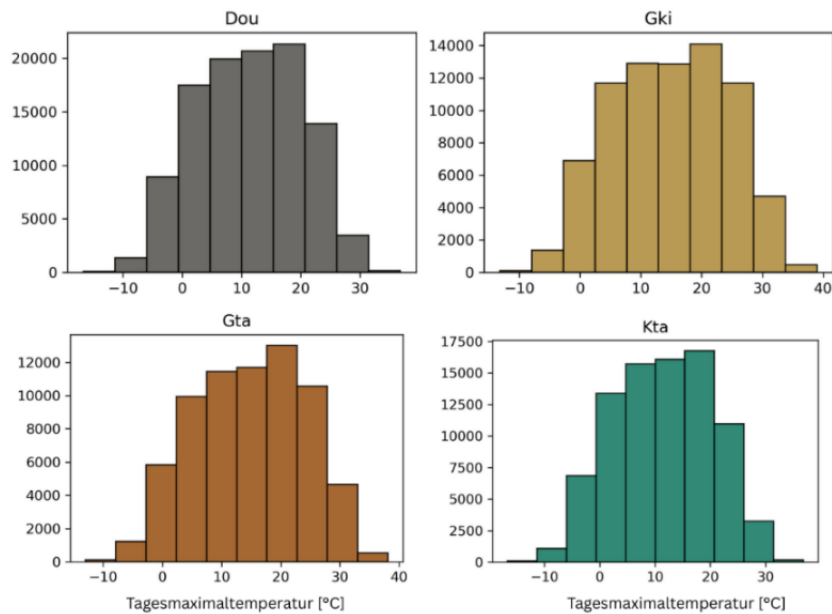


Abbildung 38: Verteilung der tägliche Maximaltemperatur. Die Grafik zeigt die Häufigkeitsverteilung der täglichen Maximumtemperatur für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Für jede Baumart ist ein eigenes Histogramm dargestellt. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.

Die **Jahresniederschläge** (Abbildung 39 & Abbildung 40) zeigen deutliche Unterschiede zwischen den Standorten der vier Zielbaumarten. Die höchsten jährlichen Niederschlagsmengen treten im Bestand der Küstentanne auf, mit einem Median von etwa 1200 mm. Am trockensten ist hingegen der Bestand der Gelbkiefer, mit einem Median von rund 600 mm. Die Douglasie und Griechische Tanne liegen dazwischen. Die große Spannweite sowie zahlreiche Ausreißer bei Douglasie und Küstentanne weisen auf eine erhöhte Variabilität der jährlichen Niederschläge hin. Insgesamt lässt sich aus der Verteilung schließen, dass die Baumarten bzw. Standorte in stark unterschiedlichem Maße mit Wasser versorgt werden, was sich direkt auf ihr Wachstum und ihre Vitalität auswirken kann.

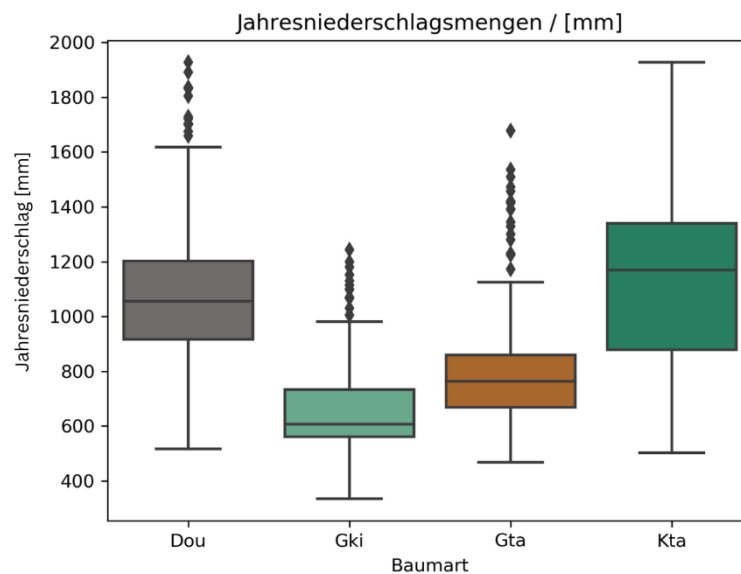


Abbildung 39: Jahresniederschlag. Die Grafik zeigt eine Boxplot-Darstellung der Jahresniederschlagsmengen (in mm) für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta entlang der x-Achse. Die y-Achse stellt die Niederschlagsmenge in Millimetern dar und reicht von 0 bis 2000 mm. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.

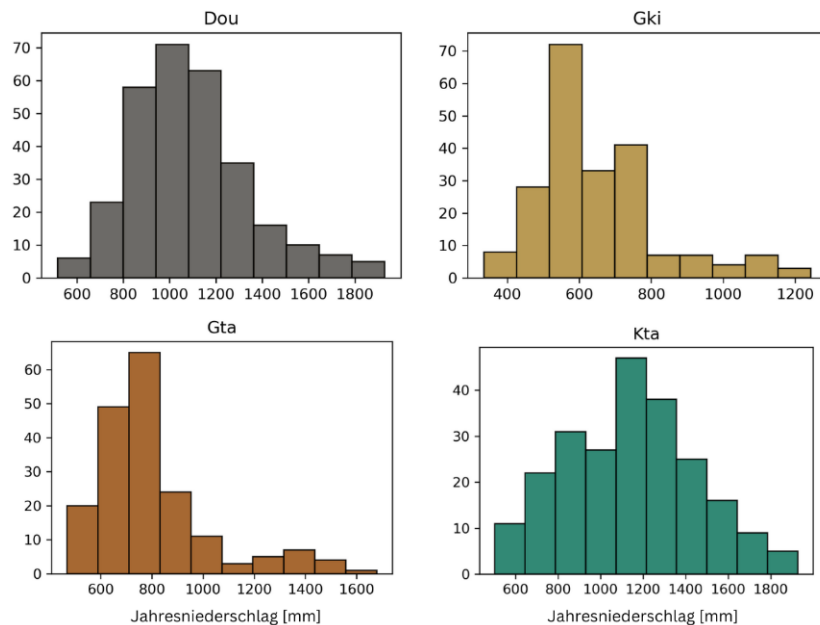


Abbildung 40: Jahresniederschlag. Die Grafik zeigt die Häufigkeitsverteilung des Jahresniederschlags für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Für jede Baumart ist ein eigenes Histogramm dargestellt. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.

Auch die **Jahresmitteltemperatur** (vgl. Abbildung 41 & Abbildung 42) unterscheidet sich deutlich zwischen den Standorten der jeweiligen Zielbaumarten. Besonders auffällig ist, dass die Standorte der Gelbkiefer und der Griechischen Tanne zu den wärmsten zählen, mit Median über 10 °C. Im Gegensatz dazu liegen die mittleren Jahrestemperaturen an den Standorten der Douglasie und der Küstentanne deutlich darunter, nämlich im Bereich von etwa 7 bis 8 °C. Diese Unterschiede lassen sich in erster Linie durch die jeweilige Höhenlage sowie die geografische Lage der Flächen erklären, da Temperatur maßgeblich von diesen Standortfaktoren beeinflusst wird.

Die Boxplots in Abbildung 41 verdeutlichen die Verteilung der Jahresmitteltemperaturen für die vier untersuchten Baumartenstandorte im Einzelnen: Für Douglasie liegt der Median bei rund 7,2 °C, wobei die Werte überwiegend im unteren Temperaturbereich bleiben. Nur wenige Ausreißer überschreiten die Marke von 10 °C. Gelbkiefer weist die höchsten Durchschnittstemperaturen auf, mit einem Median von etwa 10,5 °C sowie mehreren Ausreißern über 13 °C. Auch die Griechische Tanne zeigt ähnlich hohe Temperaturen mit einem Median knapp über 10 °C, allerdings bei etwas breiterer Streuung. Die hier erhobenen Küstentannen-Standorte liegt mit einem Median von etwa 7,5 °C zwischen Douglasie und den wärmeren Standorten, mit mehreren Ausreißern oberhalb von 10 °C.

Im Vergleich zu anderen Klimaparametern, insbesondere dem Niederschlag, zeigt die Temperatur eine insgesamt geringere Streuung, was auf eine höhere konzeptionelle Stabilität der Temperaturverhältnisse hinweist. Das bedeutet, dass die Temperaturlage an den jeweiligen Standorten über die Jahre hinweg weniger stark schwankt als beispielsweise die Niederschlagsmengen. Dennoch treten in allen Standorten vereinzelt Ausreißer auf, die Jahre mit ungewöhnlich hohen oder niedrigen Temperaturen markieren und damit potenzielle Extremereignisse abbilden. Solche Jahre können insbesondere in Zeiten des Klimawandels an Bedeutung gewinnen, da sie die Belastbarkeit und Anpassungsfähigkeit der jeweiligen Baumarten auf die Probe stellen. Die Ergebnisse unterstreichen somit die klimatische Heterogenität der untersuchten Standorte und deren potenzielle Relevanz für waldbauliche Entscheidungen.

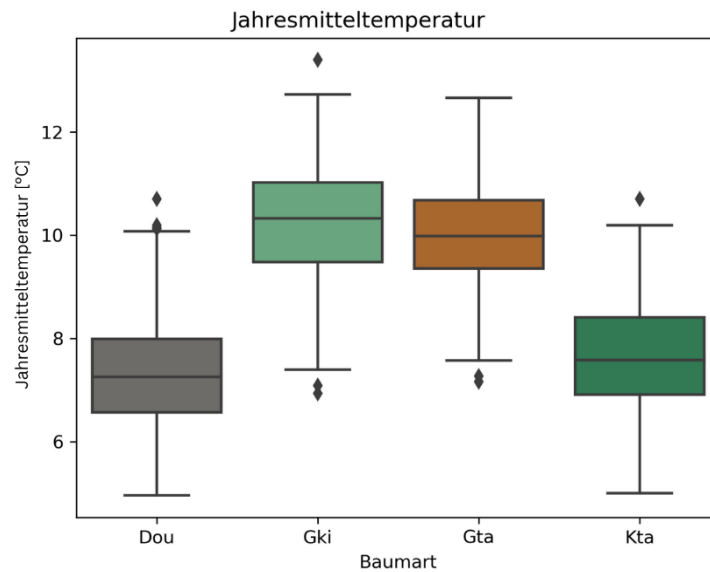


Abbildung 41: Jahresmitteltemperatur. Die Grafik zeigt eine Boxplot-Darstellung der Jahresmitteltemperatur (in °C) für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta entlang der x-Achse. Auf der Y-Achse ist die Jahresmitteltemperatur aufgetragen. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.

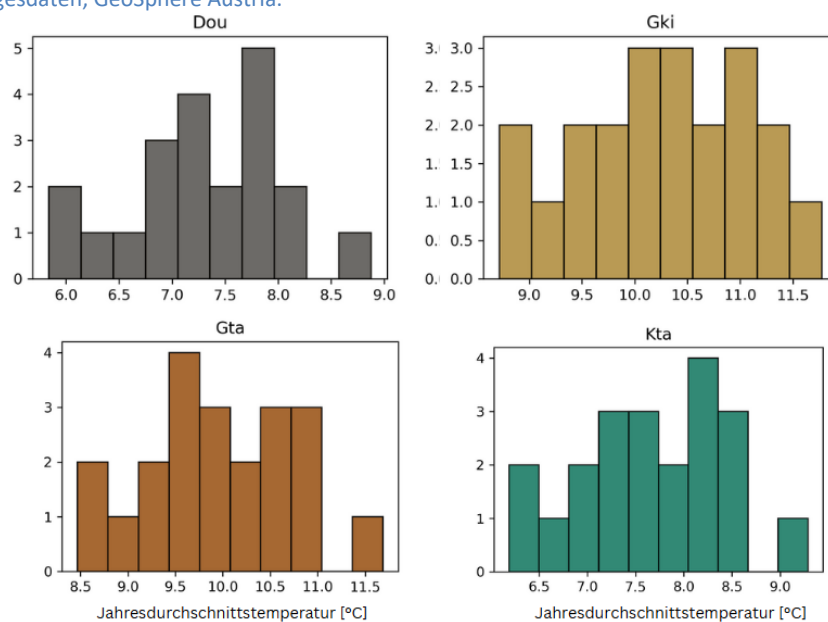


Abbildung 42: Jahresmitteltemperatur. Die Grafik zeigt die Häufigkeitsverteilung der Jahresmitteltemperatur für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Für jede Baumart ist ein eigenes Histogramm dargestellt. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.

Ein ähnliches Bild ergibt sich für die **Witterung während der Vegetationsperiode** (Mai bis September), dargestellt in Abbildung 43 bzw. Abbildung 44 (Niederschlag) und Abbildung 45 bzw. Abbildung 46 (Temperatur). Es gilt anzumerken, dass es sich bei der hier verwendeten Vegetationsperiode um eine theoretischen Zeitraum handelt. Durch die sehr unterschiedlichen Höhenlagen unterscheiden sich die Vegetationsperioden der Douglasie /Küstentanne und jene der Gelbkiefer/Griechischen Tanne klar voneinander. Jedoch im Sinne der Vergleichbarkeit würde hier eine einheitliche Vegetationsperiode veranschlagt.

Hier zeigt sich erneut, dass Gelbkiefern-Standorte die trockensten Bedingungen aufweist (Median ~450 mm), während Standorte der Küstentanne und Douglasie auch in der Wachstumsphase deutlich

höhere Niederschläge verzeichnen. Das ist entscheidend, da die Wasserversorgung in der Vegetationszeit einen unmittelbaren Einfluss auf Photosynthese und Holzzuwachs hat. Temperaturseitig zeigen Gelbkiefer und Griechische Tanne auch in der Vegetationszeit die höchsten Werte, was deren längere Wachstumsperiode begünstigt. Das wird nochmals bestätigt in Abbildung 47, die die durchschnittliche Anzahl an Wachstumstagen pro Jahr zeigt (auch hier wieder eine theoretische Annahme, um Vergleiche zu ermöglichen). Hier verfügen Gelbkiefer und Griechische Tanne über die längsten Wachstumszeiträume mit ~270 Tagen, während Douglasie und Küstentanne deutlich darunter liegt. Die Anzahl an Tagen, an denen die klimatischen Bedingungen Wachstum zulassen, ist ein zentraler Steuerfaktor für Produktivität und Konkurrenzkraft von Baumarten.

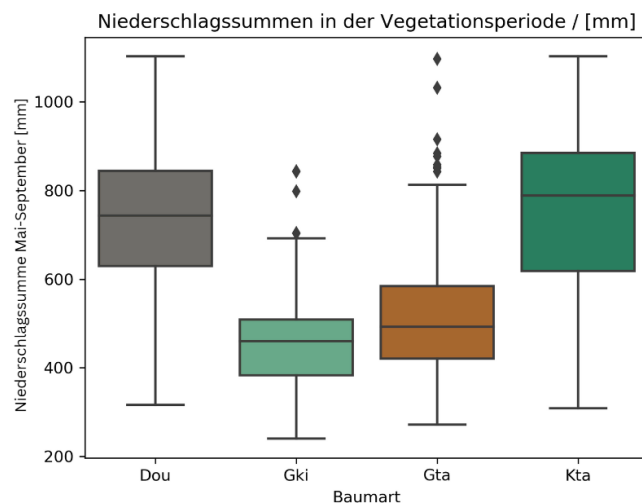


Abbildung 43: Niederschlagssumme in Vegetationsperiode (Mai-September). Die Grafik zeigt eine Boxplot-Darstellung die Niederschlagssumme (mm) während einer theoretischen Vegetationsperiode von Mai-September für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta entlang der x-Achse. Auf der Y-Achse ist die Niederschlagssumme in mm aufgetragen. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.

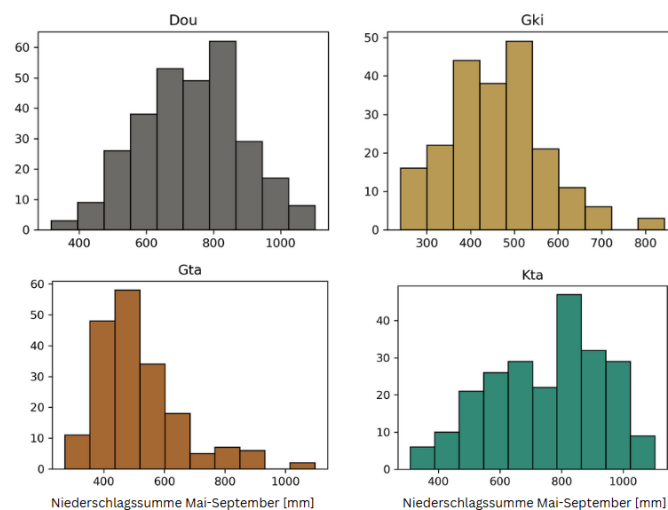


Abbildung 44: Niederschlagssumme in Vegetationsperiode (Mai-September). Die Grafik zeigt die Häufigkeitsverteilung der Niederschlagssummen (mm) während einer theoretischen Vegetationsperiode von Mai-September für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Für jede Baumart ist ein eigenes Histogramm dargestellt. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.

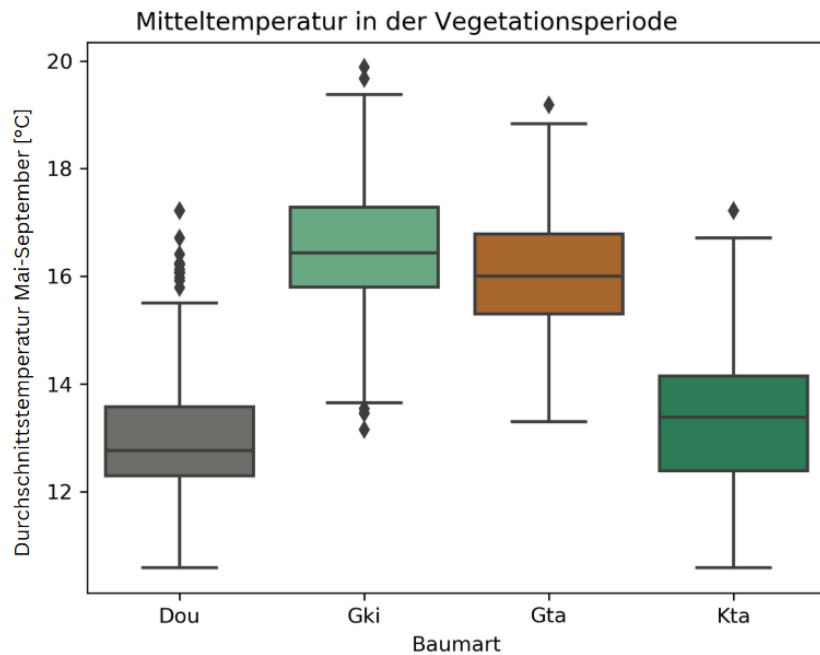


Abbildung 45: Mitteltemperatur in Vegetationsperiode (Mai-September). Die Grafik zeigt eine Boxplot-Darstellung die Mitteltemperatur (°C) während einer theoretischen Vegetationsperiode von Mai-September für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta entlang der x-Achse. Auf der Y-Achse ist die Durchschnittstemperatur aufgetragen. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.

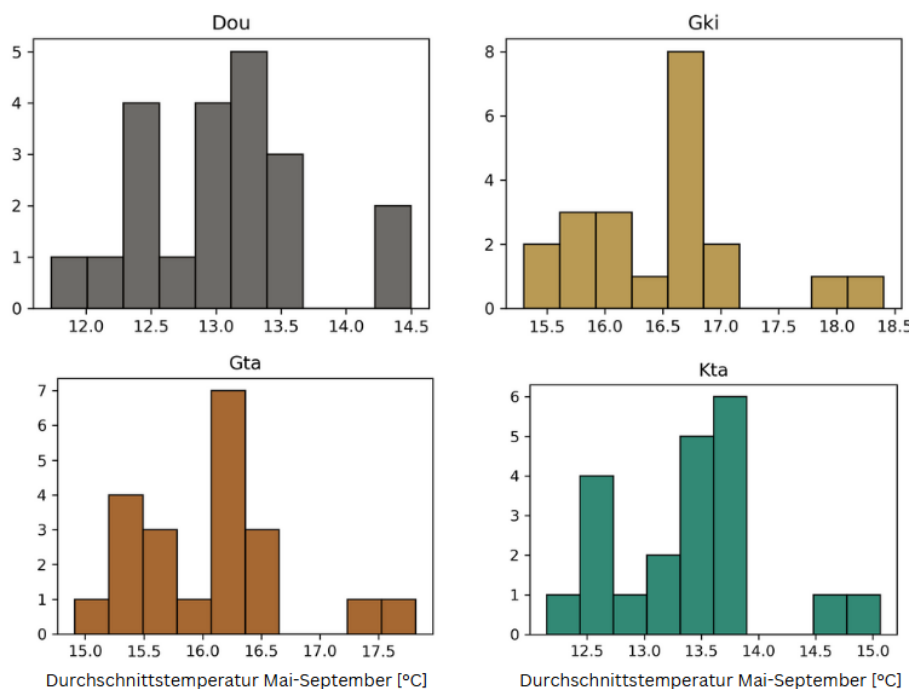


Abbildung 46: Mitteltemperatur in Vegetationsperiode (Mai-September). Die Grafik zeigt die Häufigkeitsverteilung der Mitteltemperatur (°C) während einer theoretischen Vegetationsperiode von Mai-September für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Für jede Baumart ist ein eigenes Histogramm dargestellt. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.

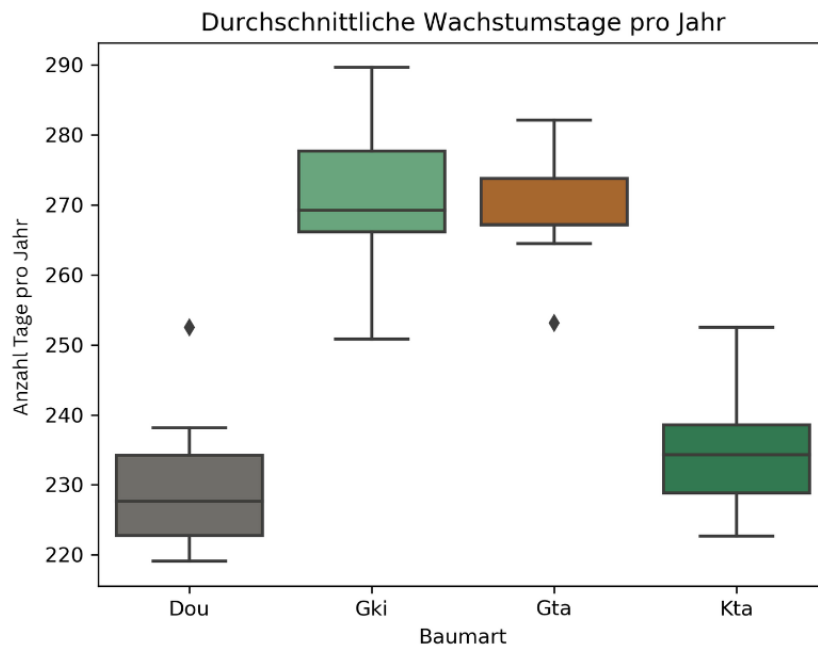


Abbildung 47: Wachstumstage. Die Grafik zeigt eine Boxplot-Darstellung die theoretischen Wachstumstage pro Jahr für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta entlang der x-Achse. Auf der Y-Achse ist die Anzahl an theoretischen Wachstumstage aufgetragen. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.

In Bezug auf den Wasserhaushalt spielt die potenzielle Verdunstung – auch als **potenzielle Evaporation (PET)** bezeichnet – eine zentrale Rolle. Sie beschreibt die Menge an Wasser, die bei unbegrenztem Wasserangebot theoretisch durch Verdunstung an die Atmosphäre abgegeben werden könnte. In Abbildung 48 wird die PET für die Standorte der vier Zielbaumarten dargestellt. Besonders hohe Werte zeigen sich bei den Standorten von Gelbkiefer und Griechischer Tanne, mit einem Median von jeweils rund 860 mm pro Jahr. Diese hohen Werte deuten auf einen ausgeprägten atmosphärischen Wasserbedarf hin, was insbesondere bei gleichzeitig niedrigen tatsächlichen Niederschlägen (vgl. Abbildung 39 bzw. Abbildung 43) zu einem erhöhten Risiko für Trockenstress führen kann.

Die Douglasien-Standorte weisen mit einem Median von etwa 710 mm die niedrigste potenzielle Verdunstung auf. Ihre Werte zeigen zwar einzelne Ausreißer über 830 mm, liegen im Mittel jedoch deutlich unter denen der Gelbkiefer und Griechischer Tanne. Auch die Standorte der Küstentanne liegt mit einem Median um 700 mm im unteren Bereich, zeigt aber eine größere Spannweite der Werte – teils bis etwa 880 mm. Im Vergleich dazu haben Gelbkiefer und Griechischer Tanne nicht nur einen höheren Median, sondern auch eine größere Konzentration im oberen Bereich, was auf dauerhaft höhere Verdunstungsanforderungen hindeutet. Diese Unterschiede lassen sich durch verschiedene klimatische Standortfaktoren bspw. Temperatur und Sonneneinstrahlung erklären. Insgesamt verdeutlicht die Darstellung, dass Gelbkiefer und Griechische Tannen Standorte mit einem tendenziell höheren Verdunstungspotenzial und damit größerer Trockenheitsanfälligkeit repräsentieren, während die Douglasien- und Küstentanne-Standorte über 900 bzw. 1.000 m Seehöhe über günstigere, weniger verdunstungsintensive Bedingungen verfügen.

Ein Maß für das Verhältnis zwischen sensiblem und latentem Wärmefluss ist die **Bowen Ratio**, die in Abbildung 49 visualisiert ist. Der sensible und der latente Wärmefluss sind zwei zentrale Komponenten des Energieaustauschs zwischen der Erdoberfläche und der Atmosphäre. Der *sensible Wärmefluss* beschreibt die direkte Erwärmung der Luft, also die fühlbare Wärme, die vom Boden oder von Pflanzen an die umgebende Luft abgegeben wird – bspw., wenn die Sonne den Boden erhitzt und diese Wärme

durch Konvektion an die Luft weitergeleitet wird. Im Gegensatz dazu steht der *latente Wärmefluss*, der die Energiemenge beschreibt, die zur Verdunstung von Wasser benötigt wird. Diese Energie geht nicht in Form von Temperaturerhöhung in die Luft über, sondern wird in Wasserdampf gespeichert und erst wieder freigesetzt, wenn der Dampf kondensiert – etwa bei der Wolkenbildung. Das Verhältnis dieser beiden Energieflüsse wird durch die sogenannte Bowen Ratio ausgedrückt: *Eine niedrige Bowen-Ratio weist auf feuchte, verdunstungsaktive Bedingungen hin, eine hohe Bowen-Ratio auf trockene, von fühlbarer Wärme dominierte Verhältnisse.* Dieses Verhältnis liefert wertvolle Informationen über den Wasserhaushalt und das klimatische Stressniveau eines Ökosystems. Werte unter 1 deuten darauf hin, dass mehr Energie für Verdunstung (latente Wärme) genutzt wird, während Werte über 1 auf eine Dominanz des fühlbaren Wärmeflusses (sensible Wärme) hindeuten. Letzteres tritt vor allem bei Wassermangel auf, da ohne ausreichend Wasser keine Verdunstung stattfinden kann. Gelbkiefer-Standorte weisen mit Abstand die höchsten Bowen-Ratios auf, teils deutlich über 2, was auf trockene Bedingungen und damit potenziell wachstumshemmende Aridität hindeutet. Im Gegensatz dazu liegen Douglasien- und Küstentannen-Standorte deutlich unterhalb von 1, was auf feuchtere Bedingungen mit intensiver Verdunstung schließen lässt. Insgesamt verdeutlicht Abbildung 49 große Unterschiede im Verhältnis von sensibler zu latenter Wärmeabgabe zwischen den Standorten der Zielbaumarten: Die erhobenen Standorte der Küstentanne und Douglasie weisen eine stärkere Verdunstungswirkung (niedrige Bowen Ratio) auf, während jene von Gelbkiefer und Griechische Tanne tendenziell trockener sind und mehr sensible Wärme abstrahlen.

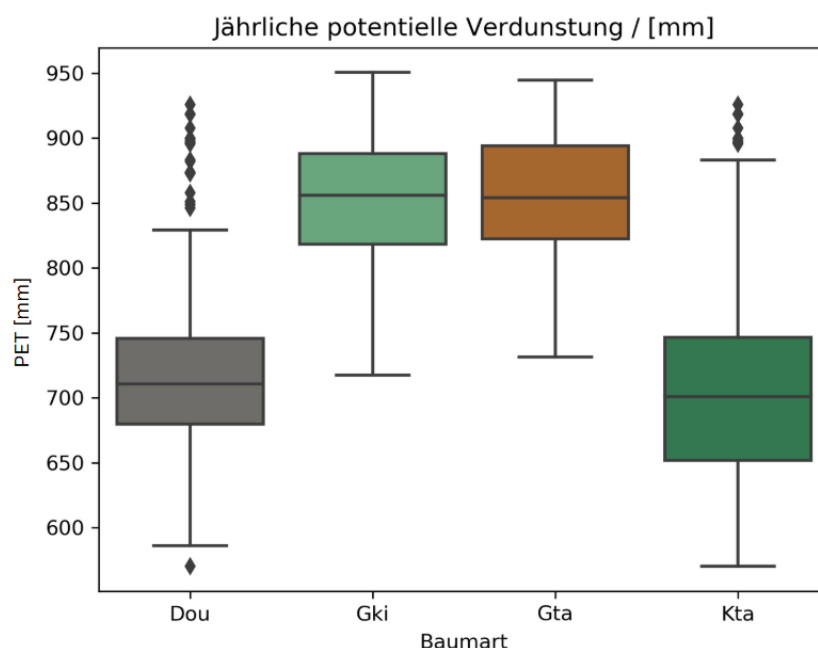


Abbildung 48: Jährliche potenzielle Verdunstung. Die Grafik zeigt eine Boxplot-Darstellung die potenzielle Verdunstung für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta entlang der x-Achse. Auf der Y-Achse ist die potenzielle Verdunstung aufgetragen. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.

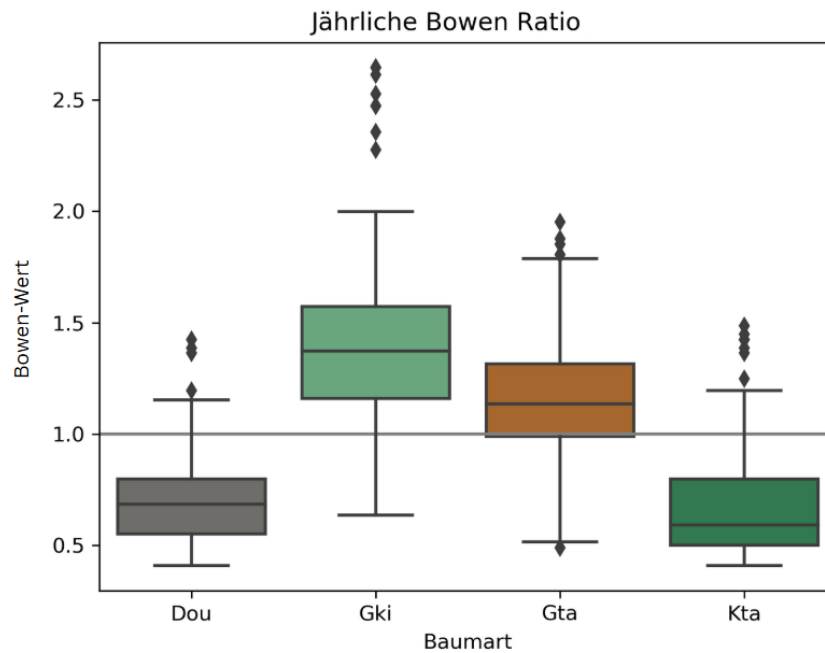


Abbildung 49: Jährliche Bowen Ratio zur Darstellung der Aridität. Die Grafik zeigt eine Boxplot-Darstellung die jährliche Bowen Ratio zur Darstellung der Aridität für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta entlang der x-Achse. Auf der Y-Achse ist die Bowen Ratio aufgetragen. Die horizontale Linie bei 1 dient als Orientierung für das Gleichgewicht zwischen den beiden Energieflüssen. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.

Schließlich wird in Abbildung 50 ein grober **Klimahüllenplot** dargestellt, der die Jahresmitteltemperatur gegen den Jahresniederschlag aufträgt. Jeder Punkt repräsentiert einen Standort der Zielbaumart. Auffällig ist hier das bei Beständen der Griechischen Tanne ein negativer Zusammenhang zwischen Niederschlag und Temperatur zu erkennen ist. Dies könnte beispielsweise durch Höhenunterschiede verursacht sein – höhere Lagen sind kühler und zugleich niederschlagsreicher. Für die anderen Bestände ist hingegen keine klare Korrelation zu erkennen, was eine breite Variabilität der klimatischen Bedingungen bei konstanter Temperatur nahelegt.

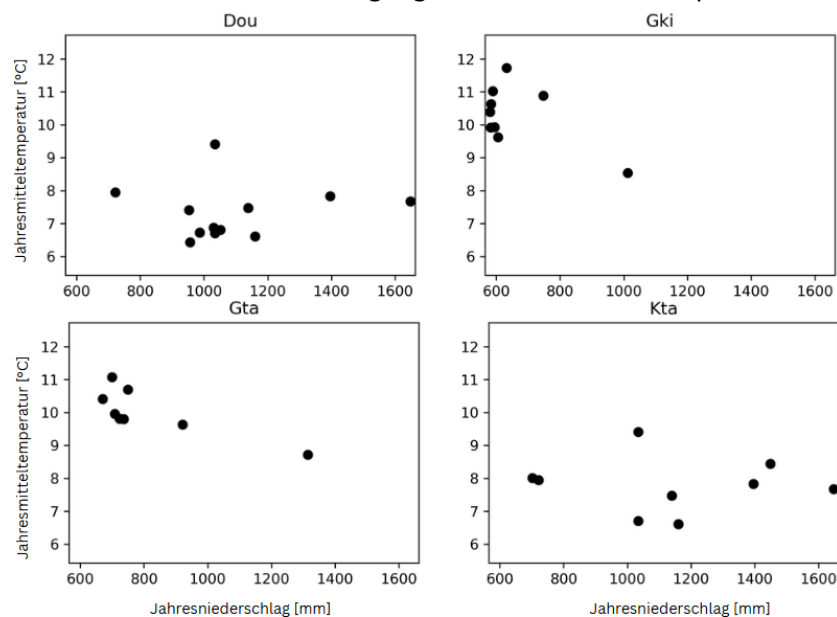


Abbildung 50: Klimahüllen. Die Abbildung zeigt vier Scatterplots. Jeweils eines pro Baumart. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Auf der x-Achse ist die Jahresniederschlagssumme (in mm) aufgetragen, auf der y-Achse die Jahresmitteltemperatur (in °C). Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.

Abschließend wurde untersucht, inwieweit die klimatischen Bedingungen (Jahresmitteltemperatur und Jahresniederschlag) an den Standorten der durchgeführten Felderhebungen mit jenen in den natürlichen Verbreitungsgebieten der vier Baumarten übereinstimmen (siehe Abbildung 51).

Für die **Douglasie** zeigt sich, dass die erhobenen österreichischen Standorte im Vergleich zur natürlichen Verbreitung innerhalb eines relativ engen klimatischen Fensters liegen. Die Jahresmitteltemperaturen reichen dort von etwa 5 °C bis 9 °C, die Niederschläge liegen überwiegend zwischen 1000 und 1500 Litern. Im Gegensatz dazu zeigt das natürliche Verbreitungsareal eine deutlich größere klimatische Bandbreite. Bei der **Küstentanne** befinden sich die österreichischen Standorte ebenfalls innerhalb des klimatischen Spektrums der natürlichen Verbreitung. Die Temperaturen liegen zwischen rund 5 °C und 8 °C, die Niederschläge meist zwischen 1000 und 1600 Litern. Insgesamt ist das natürliche Verbreitungsareal dieser Art klimatisch weniger divers als jenes der Douglasie. Die **Gelbkiefer** weist eine sehr breite natürliche Verbreitung auf, mit Jahresmitteltemperaturen zwischen 5 °C und 15 °C sowie Niederschlägen zwischen 300 und 1500 Litern. Die österreichischen Felderhebungsstandorte liegen im Bereich von 9 °C bis 11 °C und sind durch vergleichsweise geringe Niederschlagsmengen (etwa 500 bis 800 Liter) gekennzeichnet. Für die **Griechische Tanne** konzentrieren sich die österreichischen Standorte auf Temperaturen von etwa 9 °C bis 11 °C und Jahresniederschläge zwischen 600 und 1000 Litern. Diese liegen innerhalb des natürlichen klimatischen Spektrums der Art, das sich insgesamt zwischen etwa 7 °C und 12 °C bei Niederschlägen von 500 bis 1300 Litern bewegt.

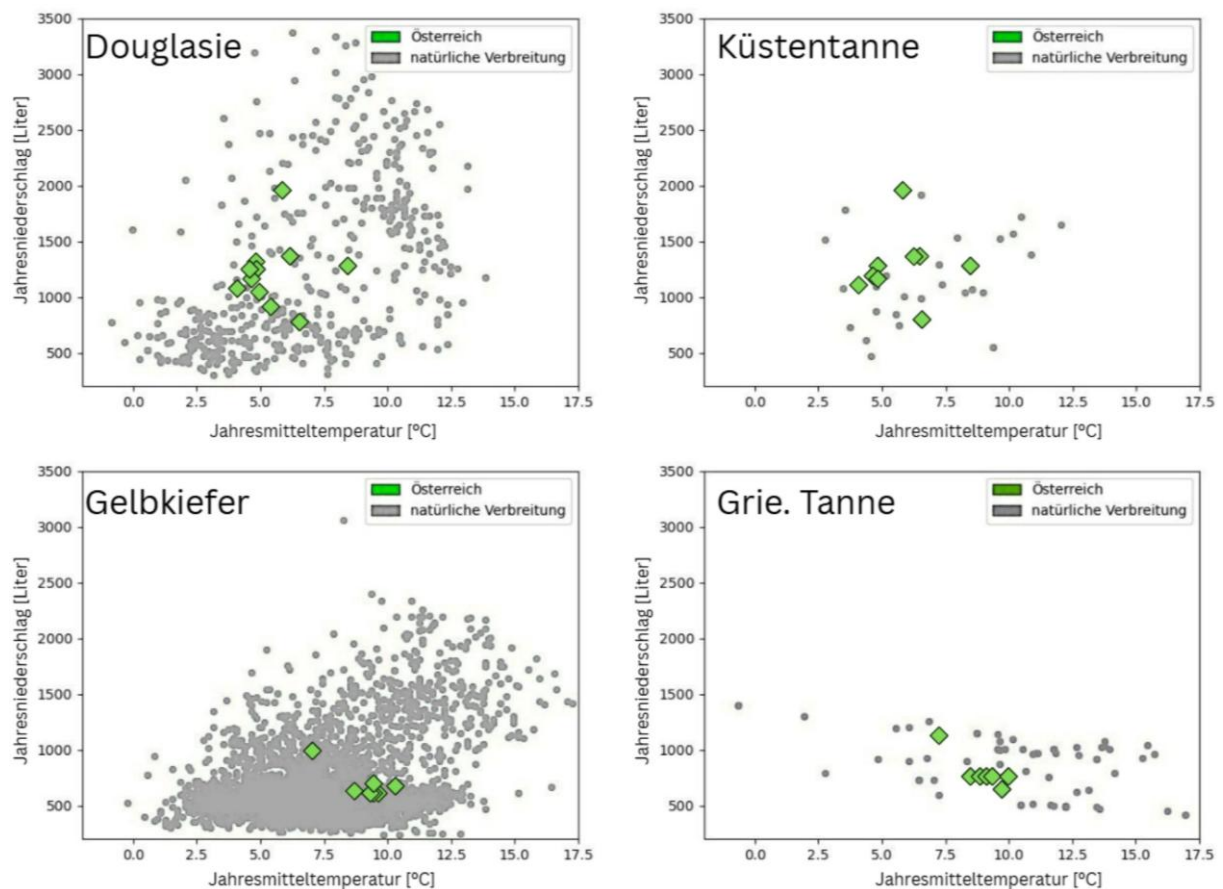


Abbildung 51: Klimahüllen inkl. natürlichen Verbreitungsgebiet. Abbildung zeigt vier Streudiagramme, die die klimatischen Bedingungen (Jahresmitteltemperatur in °C auf der x-Achse und Jahresniederschlag in Litern auf der y-Achse) der natürlichen Verbreitungsgebiete sowie der Felderhebungsstandorte in Österreich für vier verschiedene Baumarten darstellen. Jede Grafik bezieht sich auf eine der vier Baumarten.

Zusammenfassend zeigt die Klimaanalyse, dass zwischen den Beständen deutliche klimatische Unterschiede bestehen, die sich in allen Parametern wie Niederschlag, Temperatur, Verdunstung und Aridität niederschlagen. Diese Standortunterschiede sind potenziell entscheidend für das Wachstum, die Konkurrenzkraft und die langfristige Etablierung der untersuchten Baumarten. Besonders hervorzuheben ist, dass Standorte wie jene der Gelbkiefer, trotz hoher Temperaturen und langer Vegetationszeiten, durch geringe Niederschläge und hohe Verdunstung klimatisch stark belastet sind. Demgegenüber bieten die hier erhobenen Bestände der Douglasie und Küstentanne ein feuchteres Mikroklima, was für trockenstressempfindlichere Arten potenziell vorteilhafter ist, zeitgleich ist aber auch eine höhere Frostgefahr gegeben.

7. Baumartensteckbriefe

7.1. Ziel

Ableiten von Anbauempfehlungen sowie einer weiterführenden Forschungsstrategie.

7.2. Ablauf

Um fundierte Anbauempfehlungen und eine weiterführende Forschungsstrategie entwickeln zu können, war es zunächst erforderlich, umfassende Informationen über die vier Zielbaumarten – Douglasie, Küstentanne, Gelbkiefer und Griechische Tanne – zu sammeln. Zu diesem Zweck wurde eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt, bei der sowohl deutsch- als auch englischsprachige Fachliteratur berücksichtigt wurde. Insgesamt flossen über 210 unterschiedliche Quellen in die Recherche ein. Erwartungsgemäß liegt für Douglasie und Küstentanne, insbesondere im deutschsprachigen Raum, eine deutlich breitere Literaturbasis vor als für die beiden anderen Arten. Die Griechische Tanne ist in der vorhandenen Fachliteratur bislang nur spärlich dokumentiert und somit im Vergleich besonders wenig erforscht. Für jede der vier Baumarten wurde nach der Sammlung der Literatur ein Artensteckbrief mit dem in Tabelle 9 ersichtlichen Aufbau erstellt. Es wurde versucht zu jeder Baumart und zu jedem Punkt mindestens eine Quelle zu finden. Teilweise war dies aber nicht möglich und wurde durch den Eintrag „keine Literatur gefunden“ im jeweiligen Teil vermerkt.

Die Ergebnisse aus den Felderhebungen wurden im Anschluss so gut wie möglich in den Steckbrief eingearbeitet und sind mit [ED_FE] gekennzeichnet (= ExoticDATA – Felderhebung).

Tabelle 9: Inhalte der Baumartensteckbriefe. Die farbigen Blöcke zeigen das Überthema des Blockes in Fett und die einzelnen Unterkapitel. In Summe gibt es acht Überthemen mit insgesamt 38 Unterkapiteln.

Verbreitung	Veränderungen im Lebensraumangebot f. heim. Taxa	Wirtschaftliche Aspekte
- Natürliche Verbreitung - Natürliche Waldgesellschaften - Weltweite Verbreitung	Standortsansprüche - Klimatische Bedingungen - Jahresmitteltemperatur - Jahresniederschlag - Kälte-/Hitzetoleranz - Böden - Lichtansprüche - Nährstoffansprüche - Kalktoleranz - pH-Wert - Toleranz	Waldbauliche Eigenschaften - Wurzelsystem - Verbissemphindlichkeit - Dürretoleranz - Feuranfälligkeit - Frosttoleranz - Windbruchgefahr - Schneebruchgefahr
Regeneration - Vegetative Vermehrung - Samenproduktion - Samenausbreitungsdistanz - Ausbreitungsmechanismen - Samenbanken & Keimfähigkeit	Schädlinge & Krankheitserreger - Insekten - Pilze - Sonstiges	Waldbauliche Empfehlungen - Naturverjüngung - Künstliche Verjüngung - Pflege - Mögliche Mischbaumarten - Forstvermehrungsgutgesetz - Kontrollmethoden
Konkurrenzkraft - Konkurrenz mit einheim. Arten - Potenzial zur Etablierung einer dauerhaften Population - Hybridisierung - Invasives Verhalten - Auswirkungen auf die biologische Vielfalt - Auswirkungen auf die Ökosystemleistungen des Waldes		

Die Baumartensteckbriefe sind im Anhang zu finden.

8. Anhang

8.1. Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Eingabemaske der Datenbank des AP 6. Der obere Teil beinhaltet die Flächenparameter, der untere Teil beinhaltet die baumartenspezifischen Parameter. Rechts oben wurden mehrere Kästchen zum Prüfen der Angaben eingerichtet (z.B. Vollständigkeit, Unstimmigkeiten, etc.). Dadurch kann die Qualität der Meldung schnell und einfach nachgesehen werden. _____ 7
- Abbildung 2: Darstellung aller Flächenmeldungen aus ganz Österreich, die in der Datenbank erfasst sind. Hintergrundkarte: Basemap.at. _____ 8
- Abbildung 3: Ausgewählte Flächenmeldungen für die Felderhebungen. Teilweise überlagern sich die Nummern in der Karte, daher sind nicht alle Flächen direkt erkennbar in dieser Darstellung. Hintergrundkarte: Basemap.at _____ 9
- Abbildung 4: Schematische Darstellung der Felderhebung. Links wird das Stichprobennetz und ein Erhebungspunkt gezeigt, rechts werden die einzelnen Parameter der Erhebung aufgelistet. _____ 10
- Abbildung 5: Radar- bzw. Spinnennetzdiagramm zur Darstellung der Exposition (Hangneigung nach Himmelsrichtung) der erhobenen Bestände. Die Exposition der Bestände ist aufgeteilt nach Zielbaumart. Ein Bestand mit Douglasie/Küstentanne lag an einer Kuppe und wies daher keine eindeutige Exposition auf und wird daher in der obenstehenden Grafik ausgeblendet. _____ 12
- Abbildung 6: Geländeform der Bestände aufgeteilt nach Zielbaumart. Die Abbildung zeigt drei kreisförmige Diagramme (Donut-Diagramme) nebeneinander, die die Häufigkeit verschiedener Geländeformen bei Beständen mit jeweils Griechischer Tanne, Gelbkiefer sowie Douglasie/Küstentanne darstellen. In der Mitte jedes Kreisdiagramms steht die Gesamtanzahl der betrachteten Bestände jener Baumart. _____ 13
- Abbildung 7: Hangneigung der Bestände aufgeteilt nach Zielbaumart. Die Abbildung zeigt drei kreisförmige Diagramme (Donut-Diagramme) nebeneinander, die die Häufigkeit verschiedener Hangneigungen bei Beständen mit jeweils Griechischer Tanne, Gelbkiefer sowie Douglasie/Küstentanne darstellen. In der Mitte jedes Kreisdiagramms steht die Gesamtanzahl der betrachteten Bestände dieser Baumart. _____ 13
- Abbildung 8: Impressionen aus Beständen mit der Zielbaumart Douglasie bzw. Küstentanne. Jedes Foto stammt von einem anderen Bestand. Fotos. BFW/Konic. _____ 16
- Abbildung 9: Impressionen aus Beständen mit der Zielbaumart Gelbkiefer. Jedes Foto stammt von einem anderen Bestand. Fotos. BFW/Konic. _____ 17
- Abbildung 10: Impressionen aus Beständen mit der Zielbaumart Griechischer Tanne. Jedes Foto stammt von einem anderen Bestand. Fotos. BFW/Konic. _____ 18
- Abbildung 11: Die Grafik stellt dar, mit welcher Häufigkeit (=Wahrscheinlichkeit) verschiedene Baumarten als samenbildende Arten in oder im direkten Umfeld von Beständen vorkommen, in denen Douglasie und/oder Küstentanne als Zielbaumart vorkommen. Als samenbildende Arten gelten in diesem Zusammenhang jene Baumarten, die in der Lage sind, durch Samenproduktion zur natürlichen Verjüngung beizutragen. Die dargestellten Wahrscheinlichkeiten geben somit Auskunft darüber, welche Baumarten im Umfeld dieser Bestände als potenzielle Samenquellen zur Verfügung stehen. Unter der Kategorie „Sonstige“ sind alle Baumarten zusammengefasst, die nur sehr selten auftraten. Sie wurden zur besseren Übersichtlichkeit und Lesbarkeit gemeinsam dargestellt. _____ 19
- Abbildung 12: Die Grafik stellt dar, mit welcher Häufigkeit (=Wahrscheinlichkeit) verschiedene Baumarten als samenbildende Arten in oder im direkten Umfeld von Beständen vorkommen, in denen die Gelbkiefer als Zielbaumart vorkommt. Als samenbildende Arten gelten in diesem Zusammenhang jene Baumarten, die in der Lage sind, durch Samenproduktion zur natürlichen Verjüngung beizutragen. Die dargestellten Wahrscheinlichkeiten geben somit Auskunft darüber, welche Baumarten im Umfeld dieser Bestände als potenzielle Samenquellen zur Verfügung stehen. Unter der Kategorie „Sonstige“ sind alle Baumarten zusammengefasst, die nur sehr selten auftraten. Sie wurden zur besseren Übersichtlichkeit und Lesbarkeit gemeinsam dargestellt. _____ 20

- Abbildung 13: Die Grafik stellt dar, mit welcher Häufigkeit (=Wahrscheinlichkeit) verschiedene Baumarten als samenbildende Arten in oder im direkten Umfeld von Beständen vorkommen, in denen die Griechische Tanne als Zielbaumart vorkommt. Als samenbildende Arten gelten in diesem Zusammenhang jene Baumarten, die in der Lage sind, durch Samenproduktion zur natürlichen Verjüngung beizutragen. Die dargestellten Wahrscheinlichkeiten geben somit Auskunft darüber, welche Baumarten im Umfeld dieser Bestände als potenzielle Samenquellen zur Verfügung stehen. Unter der Kategorie „Sonstige“ sind alle Baumarten zusammengefasst, die nur sehr selten auftraten. Sie wurden zur besseren Übersichtlichkeit und Lesbarkeit gemeinsam dargestellt. Hasel* = Diese Strauchart wird hier mitberücksichtigt, da sie – abhängig vom Standort – stellenweise einen erheblichen Anteil an der Überschirmung einnehmen kann. _____ 21
- Abbildung 14: Gemittelte Grundfläche der Bestände mit Douglasie und/oder Küstentanne [m^2/ha]. Jedes Diagramm ist als Kreisdiagramm dargestellt und zeigt den Anteil verschiedener Baumarten an der Grundfläche. Das erste Diagramm (links) bezieht sich auf einen Bestandsmix aus Douglasie und Küstentanne. Die Gesamtfläche beträgt $38,67 \text{ m}^3/\text{ha}$. Die größten Anteile sind Douglasie ($13,52 \text{ m}^3/\text{ha}$) und Küstentanne ($11,68 \text{ m}^3/\text{ha}$). Das zweite Diagramm (mitte) zeigt den Bestand mit Douglasie als Zielbaumart. Die Gesamtfläche beträgt $37,63 \text{ m}^3/\text{ha}$, wobei der größte Anteil mit $23,37 \text{ m}^3/\text{ha}$ auf die Douglasie entfällt. Das dritte Diagramm (rechts) zeigt den Bestand mit Küstentanne als Zielbaumart. Hier beträgt die Gesamtfläche $55,00 \text{ m}^3/\text{ha}$, wobei der größte Anteil mit $39,20 \text{ m}^3/\text{ha}$ auf Küstentanne entfällt. _____ 23
- Abbildung 15: Jährlicher Zuwachs der Douglasie. Das Diagramm zeigt den jährlichen Grundflächenzuwachs der Douglasie in jenen Beständen mit der Zielbaumart Douglasie. Die einzelnen farbigen Balken repräsentieren den jeweiligen Zuwachs pro Bestand in Quadratmeter pro Hektar und Jahr. Zusätzlich ist ein hellgrauer Hintergrundbalken über alle Bestände hinweg eingezeichnet, der den Mittelwert des Zuwachses über alle Bestände hinweg markiert. _____ 24
- Abbildung 16: Jährlicher Zuwachs der Küstentanne. Das Diagramm zeigt den jährlichen Grundflächenzuwachs der Küstentanne in jenen Beständen mit der Zielbaumart Küstentanne. Die einzelnen farbigen Balken repräsentieren den jeweiligen Zuwachs pro Bestand in Quadratmeter pro Hektar und Jahr. Zusätzlich ist ein hellgrauer Hintergrundbalken über alle Bestände hinweg eingezeichnet, der den Mittelwert des Zuwachses über alle Bestände hinweg markiert. _____ 24
- Abbildung 17: Mittlere Grundfläche in Beständen mit der Zielbaumart Gelbkiefer [m^2/ha]. Das Bild zeigt ein Kreisdiagramm, dass die Verteilung der gemittelten Grundfläche von 9 Waldbeständen in Quadratmeter pro Hektar darstellt. Die Gesamtfläche beträgt $31,26 \text{ m}^2/\text{ha}$. Die unterschiedlichen Baumarten sind durch farbige Sektoren im Kreis hervorgehoben. _____ 25
- Abbildung 18: Jährlicher Zuwachs der Gelbkiefer. Das Diagramm zeigt den jährlichen Grundflächenzuwachs der Gelbkiefer in jenen Beständen mit der Zielbaumart Gelbkiefer. Die einzelnen farbigen Balken repräsentieren den jeweiligen Zuwachs pro Bestand in Quadratmeter pro Hektar und Jahr. Zusätzlich ist ein hellgrauer Hintergrundbalken über alle Bestände hinweg eingezeichnet, der den Mittelwert des Zuwachses über alle Bestände hinweg markiert. _____ 26
- Abbildung 19: Mittlere Grundfläche in Beständen mit der Zielbaumart Griechischer Tanne [m^2/ha]. Ein Kreisdiagramm, dass die Verteilung der gemittelten Grundfläche von 8 Waldbeständen in Quadratmeter pro Hektar darstellt. Die Gesamtfläche beträgt $22,06 \text{ m}^2/\text{ha}$. Die unterschiedlichen Baumarten sind durch farbige Sektoren im Kreis hervorgehoben. _____ 27
- Abbildung 20: Jährlicher Zuwachs der Griechischen Tanne. Das Diagramm zeigt den jährlichen Grundflächenzuwachs der Griechischen Tanne in jenen Beständen mit der Zielbaumart Griechischen Tanne. Die einzelnen farbigen Balken repräsentieren den jeweiligen Zuwachs pro Bestand in Quadratmeter pro Hektar und Jahr. Zusätzlich ist ein hellgrauer Hintergrundbalken über alle Bestände hinweg eingezeichnet, der den Mittelwert des Zuwachses über alle Bestände hinweg markiert. _____ 28
- Abbildung 21: Anzahl an unterschiedlichen Baumarten in der Verjüngung pro Erhebungspunkt. [oben] Darstellung über alle Erhebungspunkte hinweg, Gta-Flächen = Flächen mit der Zielbaumart Griechische Tanne, Gki-Flächen = Flächen mit der Zielbaumart Gelbkiefer, Dou/Kta-Flächen = Flächen mit der Zielbaumart Douglasie bzw. Küstentanne [unten]: Darstellung aufgeteilt nach Zielbaumart – unterschiedliche Y-Achse. _____ 29

- Abbildung 22: Höhenklassenverteilung der aufgenommenen Probepflanzen in Beständen mit der Zielbaumart Douglasie bzw. Küstentanne. Auf der X-Achse sind die Höhenklasse 0 (< 10 cm) bis hin zu Höhenklasse 6 (>200 cm) aufgetragen, auf der Y-Achse die vorgefundene Anzahl an Probepflanzen je Höhenklasse. _____ 30
- Abbildung 23: Baumartenzusammensetzung der Verjüngung in Beständen mit der Zielbaumart Douglasie bzw. Küstentanne. Zur besseren Lesbarkeit der Grafik werden nur die neun häufigsten Baumarten in der Verjüngung dargestellt, alle weiteren Baumarten werden unter „Sonstiges“ zusammengefasst. Auf der X-Achse kann man die Anteile der jeweiligen Baumart an der Höhenklasse ablesen. Die Baumartenzusammensetzung ist getrennt nach Höhenklasse von Höhenklasse 0 (< 10 cm) bis hin zu Höhenklasse 6 (>200 cm) aufgetragen. _____ 30
- Abbildung 24: Verjüngungssituation in sechs unterschiedlichen Beständen mit der Zielbaumart Douglasie/Küstentanne. Fotos BFW/Konic. _____ 31
- Abbildung 25: Höhenklassenverteilung der aufgenommenen Probepflanzen in Beständen mit der Zielbaumart Gelbkiefer. Auf der X-Achse sind die Höhenklasse 0 (< 10 cm) bis hin zu Höhenklasse 6 (>200 cm) aufgetragen, auf der Y-Achse die vorgefundene Anzahl an Probepflanzen je Höhenklasse. _____ 32
- Abbildung 26: Baumartenzusammensetzung der Verjüngung in Beständen mit der der Zielbaumart Gelbkiefer. Zur besseren Lesbarkeit der Grafik werden nur die neun häufigsten Baumarten in der Verjüngung dargestellt, alle weiteren Baumarten werden unter „Sonstiges“ zusammengefasst. Auf der X-Achse kann man die Anteile der jeweiligen Baumart an der Höhenklasse ablesen. Die Baumartenzusammensetzung ist getrennt nach Höhenklasse von Höhenklasse 0 (< 10 cm) bis hin zu Höhenklasse 6 (>200 cm) aufgetragen. _____ 32
- Abbildung 27: Verjüngungssituation in fünf unterschiedlichen Beständen mit der Zielbaumart Gelbkiefer. Fotos BFW/Konic. _____ 33
- Abbildung 28: Höhenklassenverteilung der aufgenommenen Probepflanzen in Beständen mit der Zielbaumart Griechische Tanne. Auf der X-Achse sind die Höhenklasse 0 (< 10 cm) bis hin zu Höhenklasse 6 (>200 cm) aufgetragen, auf der Y-Achse die vorgefundene Anzahl an Probepflanzen je Höhenklasse. _____ 34
- Abbildung 29: Baumartenzusammensetzung der Verjüngung in Beständen mit der der Zielbaumart Griechische Tanne. Zur besseren Lesbarkeit der Grafik werden nur die neun häufigsten Baumarten in der Verjüngung dargestellt, alle weiteren Baumarten werden unter „Sonstiges“ zusammengefasst. Auf der X-Achse kann man die Anteile der jeweiligen Baumart an der Höhenklasse ablesen. Die Baumartenzusammensetzung ist getrennt nach Höhenklasse von Höhenklasse 0 (< 10 cm) bis hin zu Höhenklasse 6 (>200 cm) aufgetragen. _____ 34
- Abbildung 30: Verjüngung der Griechischen Tanne. Die drei Bilder zeigen Verjüngungssituationen in drei verschiedenen Beständen mit der Zielbaumart Griechischer Tanne. Das Foto rechts zeigt zudem den Wildverbiss an einer Tannenpflanze. Fotos BFW/Konic. _____ 34
- Abbildung 31: Hochrechnung der potenziellen Naturverjüngung in den erhobenen Beständen mit der Zielbaumart Douglasie bzw. Küstentanne. Dargestellt sind nur Baumarten mit einer Mindestdichte von 50 Individuen pro Hektar. Kategorisierung der Bestände: Douglasie & Küstentanne = beide Zielbaumarten im Altbestand vorhanden (Erhebungspunkte=43), Douglasie = nur Douglasie im Altbestand (Erhebungspunkte=29), Küstentanne = nur Küstentanne im Altbestand (Erhebungspunkte=11). _____ 36
- Abbildung 32: Hochrechnung der potenziellen Naturverjüngung in den erhobenen Beständen mit der Zielbaumart Gelbkiefer. Dargestellt sind nur Baumarten mit einer Mindestdichte von 100 Individuen pro Hektar. Probepunkte = 51. _____ 36
- Abbildung 33: Hochrechnung der potenziellen Naturverjüngung in den erhobenen Beständen mit der Zielbaumart Griechischer Tanne. Dargestellt sind nur Baumarten mit einer Mindestdichte von 100 Individuen/Hektar. Probepunkte = 48. _____ 37
- Abbildung 34: Symbolbild Klimaanalyse. Die Abbildung zeigt eine stilisierte grafische Darstellung zum Thema „Klimaanalyse“. Im Mittelpunkt stehen Symbole für Wetter und Klimadaten: ein Thermometer, Sonne und Wolken, ein Klemmbrett mit einem ansteigenden Liniendiagramm, eine Lupe über einem Balkendiagramm sowie zwei weitere Diagramme mit den Beschriftungen „Niederschlag“ und „Temperatur“. AI-Generiert. _ 40
- Abbildung 35: Verteilung der Tageswerte für den Niederschlag [mm]. Die Grafik zeigt die Häufigkeitsverteilung täglicher Niederschlagswerte für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Für jede Baumart ist ein eigenes Histogramm dargestellt. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria. _____ 42

- Abbildung 36: Verteilung der tägliche Mitteltemperatur. Die Grafik zeigt die Häufigkeitsverteilung der täglichen Mitteltemperatur für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Für jede Baumart ist ein eigenes Histogramm dargestellt. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria. _____ 43
- Abbildung 37: Verteilung der tägliche Minimaltemperatur. Die Grafik zeigt die Häufigkeitsverteilung der täglichen Minimumtemperatur für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Für jede Baumart ist ein eigenes Histogramm dargestellt. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria. _____ 43
- Abbildung 38: Verteilung der tägliche Maximaltemperatur. Die Grafik zeigt die Häufigkeitsverteilung der täglichen Maximumtemperatur für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Für jede Baumart ist ein eigenes Histogramm dargestellt. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria. _____ 44
- Abbildung 39: Jahresniederschlag. Die Grafik zeigt eine Boxplot-Darstellung der Jahresniederschlagsmengen (in mm) für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta entlang der x-Achse. Die y-Achse stellt die Niederschlagsmenge in Millimetern dar und reicht von 0 bis 2000 mm. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria. _____ 44
- Abbildung 40: Jahresniederschlag. Die Grafik zeigt die Häufigkeitsverteilung des Jahresniederschlags für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Für jede Baumart ist ein eigenes Histogramm dargestellt. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria. _____ 45
- Abbildung 41: Jahresmitteltemperatur. Die Grafik zeigt eine Boxplot-Darstellung der Jahresmitteltemperatur (in °C) für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta entlang der x-Achse. Auf der Y-Achse ist die Jahresmitteltemperatur aufgetragen. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria. _____ 46
- Abbildung 42: Jahresmitteltemperatur. Die Grafik zeigt die Häufigkeitsverteilung der Jahresmitteltemperatur für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Für jede Baumart ist ein eigenes Histogramm dargestellt. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria. _____ 46
- Abbildung 43: Niederschlagssumme in Vegetationsperiode (Mai-September). Die Grafik zeigt eine Boxplot-Darstellung die Niederschlagssumme (mm) während einer theoretischen Vegetationsperiode von Mai-September für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta entlang der x-Achse. Auf der Y-Achse ist die Niederschlagssumme in mm aufgetragen. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria. _____ 47
- Abbildung 44: Niederschlagssumme in Vegetationsperiode (Mai-September). Die Grafik zeigt die Häufigkeitsverteilung der Niederschlagssummen (mm) während einer theoretischen Vegetationsperiode von Mai-September für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Für jede Baumart ist ein eigenes Histogramm dargestellt. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria. _____ 47
- Abbildung 45: Mitteltemperatur in Vegetationsperiode (Mai-September). Die Grafik zeigt eine Boxplot-Darstellung die Mitteltemperatur (°C) während einer theoretischen Vegetationsperiode von Mai-September für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta entlang der x-Achse. Auf der Y-Achse ist die Durchschnittstemperatur aufgetragen. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria. _____ 48
- Abbildung 46: Mitteltemperatur in Vegetationsperiode (Mai-September). Die Grafik zeigt die Häufigkeitsverteilung der Mitteltemperatur (°C) während einer theoretischen Vegetationsperiode von Mai-September für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Für jede Baumart ist ein eigenes Histogramm dargestellt. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria. _____ 48

Abbildung 47: Wachstumstage. Die Grafik zeigt eine Boxplot-Darstellung die theoretischen Wachstumstage pro Jahr für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta entlang der x-Achse. Auf der Y-Achse ist die Anzahl an theoretischen Wachstumstage aufgetragen. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.	49
Abbildung 48: Jährliche potenzielle Verdunstung. Die Grafik zeigt eine Boxplot-Darstellung die potenzielle Verdunstung für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta entlang der x-Achse. Auf der Y-Achse ist die potenzielle Verdunstung aufgetragen. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.	50
Abbildung 49: Jährliche Bowen Ratio zur Darstellung der Aridität. Die Grafik zeigt eine Boxplot-Darstellung die jährliche Bowen Ratio zur Darstellung der Aridität für die Bestände mit den vier verschiedenen Zielbaumarten. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta entlang der x-Achse. Auf der Y-Achse ist die Bowen Ratio aufgetragen. Die horizontale Linie bei 1 dient als Orientierung für das Gleichgewicht zwischen den beiden Energieflüssen. Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.	51
Abbildung 50: Klimahüllen. Die Abbildung zeigt vier Scatterplots. Jeweils eines pro Baumart. Douglasie = Dou, Gelbkiefer = Gki, Griechische Tanne = Gta und Küstentanne = Kta. Auf der x-Achse ist die Jahresniederschlagssumme (in mm) aufgetragen, auf der y-Achse die Jahresmitteltemperatur (in °C). Datengrundlage: Spartacus v2.1 Tagesdaten, GeoSphere Austria.	51
Abbildung 51: Klimahüllen inkl. natürlichen Verbreitungsgebiet. Abbildung zeigt vier Streudiagramme, die die klimatischen Bedingungen (Jahresmitteltemperatur in °C auf der x-Achse und Jahresniederschlag in Litern auf der y-Achse) der natürlichen Verbreitungsgebiete sowie der Felderhebungsstandorte in Österreich für vier verschiedene Baumarten darstellen. Jede Grafik bezieht sich auf eine der vier Baumarten.	52
Abbildung 52: Bilder von Douglasie, Fotos BFW/Konic	- 1 -
Abbildung 53: Bilder von Küstentannen, Fotos BFW/Konic.	- 12 -
Abbildung 54: Bilder von Gelbkiefern, Fotos BFW/Konic.	- 24 -
Abbildung 55: Bilder von Griechischen Tannen, Fotos BFW/Konic.	- 31 -

8.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Erfasste Baumarten (deutsche Namen) inklusive der Anzahl der Flächen, auf denen sie gemeldet wurden. Teilweise wurden mehrere Baumarten auf einer Fläche gemeldet.	8
Tabelle 2: Übersicht über die Felderhebungsflächen. Dou = Douglasie, Kta = Küstentanne, Gta = Griechische Tanne und Gki = Gelbkiefer. „x“ bei Punkte = nur Einzelbäume beprobt, BDL = Bundesland.	11
Tabelle 3: Übersicht der Ergebnisse aus Strukturhebungen in Altbeständen von Griechischer Tanne, Gelbkiefer sowie Douglasie/Küstentanne. Erfasst wurden dabei die Anzahl der Bestände und Erhebungspunkte sowie die Merkmale Überschirmung, vertikale Struktur, Bestandesschluss und Randeinwirkung. Für Überschirmung, vertikale Struktur und Bestandesschluss wurde jeweils ein Mittelwert über alle Erhebungspunkte innerhalb eines Bestandes berechnet. Die Randeinwirkung wurde hingegen direkt auf Ebene der Erhebungspunkte ausgewertet, um lokale Unterschiede innerhalb der Bestände besser abzubilden. Die Tabelle erlaubt so einen Vergleich der strukturellen Merkmale zwischen den drei Baumarten und gibt Hinweise auf Unterschiede in deren Bestandaufbau sowie Lage innerhalb der Waldfläche.	15
Tabelle 4: Anzahl an Samenbaumarten sowie an bestandesbildenden Arten für Bestände mit den vier Zielbaumarten: Douglasie, Küstentanne, Gelbkiefer und Griechische Tanne. Die Ergebnisse der Douglasie und Küstentanne wurden zusammengefasst, da sie sich in ihrem Vorkommen teils überschneiden. Samenbaumarten sind alle Baumarten, die im Umfeld eines Bestandes (<30m) als Samenquellen vorkommen – unabhängig ihrer Häufigkeit. Bestandesbildende Arten sind jene Arten, die an einem Erhebungspunkt mindestens 10% der Überschirmung ausmachen. Die Tab. gibt für jede dieser Gruppen den Minimalwert, den Maximalwert sowie den Mittelwert der Anzahl von Arten pro Bestand bzw. Erhebungspunkt an.	19

Tabelle 5: Überblick über die durchschnittliche Grundfläche (Spalte m^2/ha) verschiedener Baumarten in drei unterschiedlichen Bestandesgruppen: Bestände mit sowohl Douglasie als auch Küstentanne (6 Bestände), nur mit Douglasie (6 Bestände) und nur mit Küstentanne (3 Bestände) als Zielbaumart. In einem der Bestände, in dem nur Küstentanne als Zielbaumart definiert wurde, war auch die Douglasie vertreten, wurde dort jedoch - aufgrund der geringen Seehöhe von ca. 880 m - nicht als Zielbaumart berücksichtigt (grau hinterlegt). Für einige Baumarten ist zudem der durchschnittliche Zuwachs von Einzelbäumen [Spalte $m^2/ha/Jahr$] über die letzten 5 Jahre angegeben. Dieser Wert wurde über Bohrkernmessungen berechnet – er kann nicht direkt mit der Grundfläche des Bestandes in Verbindung gesetzt werden.	23
Tabelle 6: Detaillierterer Überblick über die durchschnittliche Grundfläche (in Quadratmetern pro Hektar) verschiedener Baumarten in den Beständen mit der Zielbaumart Gelbkiefer (9 Bestände). Für einige Bauarten ist zudem der durchschnittliche Zuwachs über die letzten 5 Jahre angegeben. Dieser Wert wurde über Bohrkernmessungen berechnet.	25
Tabelle 7: Detaillierterer Überblick über die durchschnittliche Grundfläche (in Quadratmetern pro Hektar) verschiedener Baumarten in den Beständen mit der Zielbaumart Griechischer Tanne (8 Bestände). Für einige Bauarten ist zudem der durchschnittliche Zuwachs über die letzten 5 Jahre angegeben. Dieser Wert wurde über Bohrkernmessungen berechnet.	27
Tabelle 8: Anzahl an Baumarten in der Verjüngung für die Bestände mit Zielbaumart Griechische Tanne, Gelbkiefer und Douglasie/Küstentanne.	29
Tabelle 9: Inhalte der Baumartensteckbriefe. Die farbigen Blöcke zeigen das Überthema des Blockes in Fett und die einzelnen Unterkapitel. In Summe gibt es acht Überthemen mit insgesamt 38 Unterkapiteln.	54
Tabelle 10: Pflegeanleitung der Küstentanne beim Produktionsziel Industrie- und Sägeholz bzw. Zellstoff und Holzwerkstoff. Tabelle kopiert aus Spellmann et al (2010) „Verwendungsorientierte managementstrategien für Buchen-Küstentannen-Mischbestände“ [117]:	- 22 -

8.3. Baumartensteckbriefe

Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung.....	3
2. Ziele	6
3. Inhalte des Projekts	6
4. Datenbank	6
4.1. Ziel	6
4.2. Ablauf.....	7
5. Felderhebungen	10
5.1. Ziel	10
5.2. Ablauf.....	10
5.3. Ergebnis	11
6. Klimaanalyse.....	40
6.1. Ziel	40
6.2. Ablauf.....	40
6.3. Ergebnis	41
7. Baumartensteckbriefe	54
7.1. Ziel	54
7.2. Ablauf.....	54
8. Anhang.....	55
8.1. Abbildungsverzeichnis	55
8.2. Tabellenverzeichnis	59
8.3. Baumartensteckbriefe	i
1. Douglasie	- 1 -
1.1. Verbreitung.....	- 2 -
1.2. Standortsansprüche.....	- 2 -
1.3. Regeneration	- 4 -
1.4. Schädlinge und Krankheitserreger	- 4 -
1.5. Konkurrenzfähigkeit	- 5 -
1.6. Wirtschaftliche Aspekte.....	- 7 -
1.7. Waldbauliche Eigenschaften	- 8 -
1.8. Waldbauliche Empfehlungen	- 9 -
2. Küstentanne	- 12 -
2.1. Verbreitung.....	- 13 -
2.2. Standortsansprüche.....	- 13 -

2.3.	Regeneration	- 15 -
2.4.	Schädlinge und Krankheitserreger	- 15 -
2.5.	Konkurrenzkraft.....	- 17 -
2.6.	Wirtschaftliche Aspekte.....	- 18 -
2.7.	Waldbauliche Eigenschaften	- 19 -
2.8.	Waldbauliche Empfehlungen	- 20 -
3.	Gelbkiefer	- 24 -
3.1.	Verbreitung.....	- 25 -
3.2.	Standortsansprüche.....	- 25 -
3.3.	Regeneration	- 26 -
3.4.	Schädlinge und Krankheitserreger	- 27 -
3.5.	Konkurrenzkraft.....	- 27 -
3.6.	Wirtschaftliche Aspekte.....	- 28 -
3.7.	Waldbauliche Eigenschaften	- 28 -
3.8.	Waldbauliche Empfehlungen	- 30 -
4.	Griechische Tanne	- 31 -
4.1.	Verbreitung.....	- 32 -
4.2.	Standortsansprüche.....	- 32 -
4.3.	Regeneration	- 33 -
4.4.	Schädlinge und Krankheitserreger	- 34 -
4.5.	Konkurrenzkraft.....	- 34 -
4.6.	Wirtschaftliche Aspekte.....	- 35 -
4.7.	Waldbauliche Eigenschaften	- 36 -
4.8.	Waldbauliche Empfehlungen	- 36 -
	Literaturverzeichnis.....	- 38 -

1. Douglasie

Die Gattung *Pseudotsuga* besteht aus zwei nordamerikanischen und sechs ostasiatischen Arten, wobei nur die Douglasie (*P. menziesii*) von forstwirtschaftlicher Bedeutung ist [1], [2]. Douglasien zählen zu den höchsten Bäumen der nördlichen Hemisphäre [2] und gelten als die häufigste forstlich genutzte nichtheimische Baumart in Zentraleuropa.

Taxonomie:

Familie:	<i>Pinaceae</i>
Unterfamilie:	<i>Abietoideae</i>
Art:	<i>Pseudotsuga menziesii</i> (MIRB.) FRANCO, 1950
syn.	<i>P. taxifolia</i> (POIR.) BRITTON ex SUDW., 1897
syn.	<i>P. douglasii</i> (D. DON) CARR., 1867

Englisch	Douglas-fir
Französisch	le douglas
Italienisch	douglasia
Spanisch	pino real colorado



Abbildung 52: Bilder von Douglasie, Fotos BFW/Konic

1.1. Verbreitung

1.1.1. Natürliche Verbreitung

Westliches Nordamerika, dabei wird die Douglasie je nach Gebiet in zwei Varietäten unterschieden[2]:

- *P. menziesii* var. *menziesii*; die Grüne bzw. Küstendouglasie
- *P. menziesii* var. *glauca*; die Blaue bzw. Inlandsdouglasie

Das Gebiet der Küstendouglasie erstreckt sich von British Columbia südwärts entlang des Pazifiks über ca. 2200 km. Das der Inlandsdouglasie reicht weiter ins Landesinneren über eine Strecke von ca. 4500 km von den Rocky Mountains bis nach Mexiko [2]. Prognosen gehen davon aus, dass sich die Populationen von der Küste weiter ins Landesinnere verschieben [3]. Im Norden wird die vertikale Grenze der Verbreitung durch die Temperatur bestimmt, im Süden hingegen durch die Niederschlagsmengen [2].

1.1.2. Natürliche Waldgesellschaften

Die Douglasie ist ein Nadelbaum der humid-ozeanischen Lorbeer-Koniferenwälder des pazifischen Nordamerikas (*Tsugion heterophyllae*). Sie kann sowohl in Mischung (z. B. *Tsugo heterophyllae*-*Sequoietum sempervirentis*) oder auch als Reinbestand vorkommen (z.B. *Gaultherio shallonis*-*Pseudotsugetum menziesii*) [4]. Besonders nach großflächigen Störungen (z.B. Bränden) wächst sie im Reinbestand. Beim Ausbleiben von Schadereignissen bzw. im höheren Alter kommt die Douglasie in Mischung mit schattentoleranteren Arten der Gattung *Tsuga*, *Thuja* oder *Abies* vor [2], [5].

1.1.3. Weltweite Verbreitung

Die Küstenform der Douglasie wurde 1827 durch David Douglas in Europa (Schottland) eingeführt [6]. Heute wird die Küstendouglasie aufgrund ihres raschen Wachstums und der hohen Massenleistung in weiten Teilen der gemäßigten Zonen (N- & S-Hemisphäre) angebaut [2]. In Europa wird sie derzeit in 35 Ländern angebaut [7], wobei 80 % ihrer Anbaufläche sich in Frankreich, Deutschland und dem Vereinigten Königreich befindet [8].

In Europa gibt es eine dritte Varietät um die Zwischenformen zwischen var. *menziesii* und var. *glauca* zu beschreiben: *P. menziesii* var. *caesia* (SCHWERIN) FRANCO; die Graue Douglasie [2].

1.2. Standortsansprüche

1.2.1. Klimatische Bedingungen

1.2.1.1. Jahresmitteltemperatur

- Küstendouglasie: Januar (-9 bis +3 °C), Juli (20-30 °C) [9].
- Inlandsdouglasie: Januar (-9 bis +3 °C), Juli (7-21 °C) [9].

1.2.1.2. Jahresniederschlag

- Küstendouglasie: 610-3400 mm [9].
- Inlandsdouglasie: 360-1020 mm [9].

Für den erfolgreichen Anbau der Douglasie in Zentraleuropa liegt die Jahresniederschlagsmenge bei 600-750 mm. Davon sollten 350-450 während der Vegetationsperiode fallen [10].

1.2.1.3. Kälte-/Hitzetoleranz

- Küstendouglasie: frostfreie Zeit (80-260 Tage), Schneefall (0-300 cm) [9].
- Inlandsdouglasie: frostfreie Zeit (50-130 Tage), Schneefall (40-580 cm) [9].

1.2.2. Böden

Optimum: gut durchlüftete, tiefgründige Substrate [9] → carbonatfreie Braunerden, Semipodsolen, Podsolen und Rankern [11].

Wächst hervorragend auf Lehmen und sandigen Lehmen in Hanglagen geringer Seehöhe. Auch auf niederschlagsärmeren, flachgründigen oder nährstoffärmeren Sand- und Kiesböden noch relativ gute Wachstumsleistung [2].

1.2.3. Lichtansprüche

In Jugend schattentolerant, mit zunehmenden Alter lichtbedürftiger. Inlandsdouglasie verträgt mehr Schatten als Küstendouglasie [2].

1.2.4. Nährstoffansprüche

Nährstoffreiche Böden bevorzugt [12], sehr nährstoffarme Böden sind ungeeignet [5].

Stickstoffmangel [11], [13], [14] und geringe Basensättigung (<5 %) sind beides wachstumsbegrenzend [11].

1.2.5. Kalktoleranz

Kalk in Oberboden ist ungeeignet, in Unterboden kann er toleriert werden [12]. Bei hohem Kalkgehalt kann es zu Wuchsstörungen durch Chlorosen kommen [11], [15].

1.2.6. pH-Wert

Optimum: 5,0 bis 6,0 [9], [11].

1.2.7. Tontoleranz

Schwere Lehm- und Tonböden sind ungeeignet [5]

1.2.8. Staunässe- & Grundwassertoleranz

Vernässte oder verdichtete Standorte sind ungeeignet [9]. Wassermangel kann gut toleriert werden, Wasserüberschuss nur sehr schlecht [15].

1.2.9. Mineralbodenkeimer

Beste Keimfähigkeit auf Mineralböden [5], [9], [15], [16]

1.2.10. Blattabbau

Zersetzt sich gut [17], [18], [19]. Kann sich positiv auf Humus auswirken (Entsäuerung) [19]. Geringes C:N Verhältnis [20].

1.3. Regeneration

1.3.1. Vegetative Vermehrung

Keine natürliche vegetative Vermehrung [2], [21], [22].

Künstliche Stecklingsvermehrung möglich [2].

Stockausschlag: nein [9], [16]

1.3.2. Samenproduktion

Einhäusig [2]

Fruchtifiziert ab dem 12-15 Lebensjahr [5], [23]. Erreicht das Maximum mit 200-300 Jahren [24]

1.3.3. Samenausbreitungsdistanz

Durchschnittlich < 120 m [25], [26], [27], [28], [29], [30], [31].

In Einzelfällen bis 2000 m [24], [32].

1.3.4. Ausbreitungsmechanismen

Wind [15]. Etwa 7 % der Sämlinge entstehen aus Selbstbestäubung [33]. Eine Zapfenbildung ohne jegliche Bestäubung ist möglich (Parthenokarpie), Zapfen enthalten jedoch nur Hohlkörner [34].

1.3.5. Samenbanken & Keimfähigkeit

Tausendkorngewicht variiert zwischen 7,69 g und 19,2 g – je nach geografischer Breite [2].

200-300 Jahre alte Bäume produzieren die meisten Zapfen [35].

Unter natürlichen Bedingungen ein Jahr keimfähig [15], [35]. Saatgut mit Wassergehalt von 6-9 % lassen sich bei -18 °C bis zu 20 Jahre lagern. Bei kürzerer Lagerdauer auch etwas höhere Temperatur verträglich, aber keine Lagerung bei Raumtemperatur [36].

Keimfähigkeit: durchschnittlich 70-100 % [37].

1.4. Schädlinge und Krankheitserreger

Verglichen mit anderen nichtheimischen Arten hat die Douglasie in Europa kaum biotische Schädlinge. Begründet wird das mit der phylogenetisch weiten Entfernung zur heimischen Fauna [38]. Durch den voranschreitenden Klimawandel und die Globalisierung könnte die Anzahl an Schädlingen in Europa jedoch zunehmen [10].

1.4.1. Insekten

Die Douglasie wird von über 60 Insektenarten befallen [2]. In Nordamerika sind die wirtschaftlich relevantesten davon der *Douglasienspinne* (*Orgyia pseudotsugata*) oder der „*Western spruce budworm*“ (*Choristoneura fumiferana*) - beide befallen Bestände aller Altersklassen. Besonders ein Vertreter der Borkenkäfer (*Dendroctonus pseudotsugae*) führt in nordamerikanischen Primärwäldern zu großen Schäden. Diese nehmen mit dem Übergang zu Sekundärwäldern und kürzeren Umtriebszeiten ab [2]. In Europa ist die *Douglasienwolllaus* (*Adelges cooleyi*) der bedeutendste und am weitesten Verbreitete tierische Schädling der Douglasie [39]. Herkünfte der Küstendouglasie aus NW-Kalifornien erweisen sich am widerstandsfähigsten [40]. Auch zu nennen ist der *Große Braune Rüsselkäfer* (*Hylobius abietis*) [41]. In Europa gilt die Douglasie derzeit als weniger durch Insekten gefährdet als die heimische Fichte oder Weißkiefer [15].

1.4.2. Pilze

Wirtschaftlich bedeutende Wurzelparasiten sind der *Honiggelbe Hallimasch* (*Armillaria mellea*) und der Erreger der Gelbringfäule (*Phellinus weirii*). Wobei Zweiter nur im natürlichen Verbreitungsgebiet der Douglasie zu finden ist. Im natürlichen Verbreitungsgebiet der Küstendouglasie kommt es durch das vermehrte Auftreten der „*black stain root disease*“ (*Ophiostoma wagneri*) zu massiven Schadholzmengen [42]. Von den ca. 300 Stammfäuleerregern ist der Erreger der „*Rotringfäule*“ (*Phellinus pini*) der bedeutendste [2]. Sowohl Hallimasch (*Armillaria* sp.) als auch der Rotfäulepilz (*Heterobasidion annosum*) können lange Zeit in alten Stöcken überleben. Daher sollte man von der erneuten Aufforstung mit Douglasie an Standorten mit ehemals hohen Durchseuchungsgraden absehen [41].

Von großer forstwirtschaftlicher Bedeutung sind die beiden Nadelparasiten der *rostigen* (*Rhabdocline pseudotsugae*) und der *rußigen* (*Phaeocryptopus gaeumannii*) *Douglasienschütte* [43]. Die rostige Douglasienschütte ist im gesamten natürlichen Areal vorkommend und wurde bereits 1922 nach Europa eingeschleppt [44]. Besonders jüngere Bäume sind durch den Erreger gefährdet und ein wiederholter Befall kann zu gravierenden Zuwachsverlusten führen [45]. Die rostige Douglasienschütte ist durch die eng begrenzten, bräunlich violetten Nadelflecken im Winter und den Nadelfall im Sommer des selben Jahres erkennbar [2]. Die Inlandsdouglasie gilt als anfälliger gegenüber der Nadelschütte als die Küstenform [2]. Die rußige Douglasienschütte verursacht enorme Schäden in den Anbaugeländen Neuseelands und Europas. Erkennbar ist die Erkrankung durch einen rußartigen Belag (*Perithezien*) auf der Nadelunterseite. Die infizierten Nadeln werden im Gegensatz zur rostigen Douglasienschütte erst zwei bis drei Jahre nach der Infektion abgeworfen [2]. Durch waldbauliche Maßnahmen kann die Gefährdung reduziert werden [46]. Dazu zählen beispielsweise die Standortwahl (feuchte und frostgefährdete Stellen sollten vermieden werden) oder das durchforsten von Beständen (geringere Luftfeuchtigkeit senkt Risiko) [47].

1.4.3. Sonstiges

Durch die parasitäre *Douglasienzwergmistel* (*Arceuthobium douglasii*) können Zuwachsverluste von 50-60 %, oder sogar Totalverluste, entstehen [2].

1.5. Konkurrenzfähigkeit

In den ersten Jahren langsamerer Wuchs als heimische Arten, dadurch anfangs konkurrenzschwächer. Mit zunehmendem Alter nimmt auch die Konkurrenzkraft zu [2], [5].

1.5.1. Konkurrenz mit einheimischen Arten

Eine potenzielle Gefährdung durch die Douglasie liegt nur für wenige geschützte Waldbiotope vor. Dazu zählen Felsstandorten aus saurem Gestein sowie in trockenen, bodensauren Hainsimsen-Traubeneichenwäldern und Drahtschmielen-Bergahorn-Blockwäldern [25], [48], [49]. Auf einzelnen Sonderstandorten (z.B. Blockhalden) könnte die dort natürlich vorkommende Lebensgemeinschaft durch die Douglasie gestört werden [15]. In Traubeneichenwäldern beruht der Erfolg der Douglasie auf ihrer ausgeprägten Trockenstresstoleranz. Dadurch besitzt sie besonders stark auf säurehaltigen, nährstoffarmen und trockenen Standorten eine ausgeprägte Konkurrenzfähigkeit [22].

Die Douglasie kann aufgrund ihres schnelle Höhenwachstum, der effiziente Beschattung konkurrierender Pflanzen, ihrer hohe Wassernutzungseffizienz, der effizienten Wurzelbildung in den obersten Schichten des Mineralbodens und die Fähigkeit auch tiefe Bodenhorizonte bzw. Felsspalten zu erreichen mit der Rotbuche konkurrieren [50]. Andere Publikationen geben an, dass die Douglasie nicht mit der Rotbuche konkurrieren kann und ohne Bestandesregulierungen ausfällt [26], [51].

1.5.2. Potenzial zur Etablierung einer dauerhaften Population

Die Douglasie gilt in den Wäldern Mitteleuropas als etabliert [15].

1.5.3. Hybridisierung

Intraspezifisch: Küstendouglasie und Inlandsdouglasie hybridisieren miteinander [52], [53].

Gattungsspezifisch: auch künstlich schwer aufgrund unterschiedlicher Chromosomenzahl (*P. menziesii* n=13, andere Arten der Gattung *Pseudotsuga* n=12) [54].

Mit heimischen Arten: nein

1.5.4. Invasives Verhalten

Es gibt Meldungen, die der Douglasie ein mögliches hohes Potential zur Invasivität zuschreiben [55], [56]. Andere sprechen von Gegenteil [57]. Die Douglasie wird aber derzeit nicht als allgemeine Gefährdung der Biodiversität eingestuft [15], [50]. In Mitteleuropa wurden bisher keine ökologisch oder ökonomisch schwerwiegende negative Folgen durch die Einführung der Douglasie festgestellt [26]. Lediglich auf Sonderstandorte wie Felsstandorten aus saurem Gestein sowie in trockenen, bodensauren Hainsimsen-Traubeneichenwäldern und Drahtschmielen-Bergahorn-Blockwäldern kann unerwünschte Naturverjüngung auftreten [48]. In Neuseeland, Chile und Argentinien gilt die Douglasie in Gebieten nahe von Douglasienplantagen als invasiv [8].

Bei Felderhebungen konnte für die Douglasie > 1.000 Meter Seehöhe keine Verjüngung nachgewiesen werden, was gegen eine Invasivität dieser Baumart in höheren Lagen in Österreich spricht [ED_FE].

1.5.5. Auswirkungen auf die biologische Vielfalt

Die Bodenvegetation in Douglasien Rein- und Mischbeständen ist ähnlich artenreich, teils sogar etwas artenreicher, als jene in vergleichbaren Laub- und Nadelbeständen [58], [59], [60], [61]. Die Artendiversität und –abundanz wird aber wohl mehr von Faktoren wie Standort, Licht und Bewirtschaftung geprägt als vom Baumarteneinfluss [15], [50]. Die Douglasie bildet auch ein artenreiches Netz mit Mykorrhizen aus, welches vergleichbar mit dem der heimischen Fichte und

Kiefern ist [62]. Zusätzlich dienen die Samen der Douglasie als Nahrungsquelle für verschiedene Tierarten [9].

1.5.6. Auswirkungen auf die Ökosystemleistungen des Waldes

Die Douglasie kann in Mischung mit heimischen Baumarten besonders in Hinblick auf den Klimawandel eine Bereicherung für die heimischen Wälder sein (Anteil Douglasie 30 %) [50]. Die Mischung von Douglasie und Fichte führt zu einer besonders effektiven Bindung von C und N im Boden. Dadurch könnten solche Mischbestände das Ökosystem stabilisieren und den N-Export ins Grundwasser reduzieren [63]. Auch die C-Vorräte im Boden sind in Buchen-Douglasien-Mischbeständen doppelt so hoch wie in Buchenreinbeständen [64]. Buchen-Douglasien-Mischbestände können bei kontinuierlicher Waldbewirtschaftung die Fruchtbarkeit der Waldböden und die Bereitstellung von Ökosystemleistungen (z.B. Trinkwasser) besser erhalten als Nadelbaum-Reinbestände [65].

In Erholungswäldern können Douglasien durch ihr rasches Wachstum zum ästhetischen Wert beitragen (Baumgiganten) [66].

Bei einer intensiven Bewirtschaftung (Reinbestände, Umtriebszeit ≤ 80 J.) kann es durch das schnelle Wachstum zu einem Nährstoffentzug kommen und in weiterer Folge zu einer Bodendegeneration führen [11].

1.5.7. Veränderungen im Lebensraumangebot für einheimische Taxa

Auf Douglasien werden weniger Vogelarten als auch Fichten gezählt [67], [68]. Grund dafür liegt im geringen Vorkommen von Insekten und Spinnentieren in Douglasien Reinbeständen [69], [70], [71]. Durch Mischung von Douglasie mit z.B. Buche kann dem entgegengewirkt werden [66], [72]. Ausschlaggebender als die Baumart scheint jedoch die waldbauliche Behandlung und die daraus resultierenden mikroklimatischen Eigenschaften zu sein [73].

1.6. Wirtschaftliche Aspekte

Die Douglasie hat eine durchschnittliche Zuwachsleistung, die höher ist als die vieler heimischer Baumarten [10]. Auch bei den Felderhebungen über 1.000 m Seehöhe zeigt die Douglasie mit einem durchschnittlichen Zuwachs von 0,59 m³/ha/Jahr eine beachtliche Zuwachsrate [ED_FE]. Ihr Holz übertrifft das der Fichte und Weißkiefer, bleibt jedoch hinter der Lärche in Bezug auf Holzdichte, Schwindung und Druckfestigkeit zurück. [74]. Es ist zudem schwer zu imprägnieren [75].

Man unterscheidet bei der Douglasie zwei Holzarten [2]:

- „Red fir“: rötliches Holz aus gröberen Fasern, stammt aus „second-growth“-Beständen oder Kernbereichen älterer Bäume
- „Yellow fir/oregon pine“: gelbliches Holz aus feineren Fasern, stammt aus den Urwäldern.

Die maximalen Längen und Durchmesser der Fasern werden zwischen dem 25. und 45. Lebensjahr erreicht [2]. Der Harzgehalt liegt bei 4,5 % [2]. In Deutschland beträgt die Darrdichte des Holzes 0,51 g/cm³ [76]. Die Rohdichte der Inlandsdouglasie ist geringer als die der Küstendouglasie [77].

Die Druckfestigkeit des Holzes beträgt 813 kg/cm², die Zugfestigkeit 1054 kg/cm² und die Biegefestigkeit 1457 kg/cm² [78]. In Nordamerika liegt der Zuwachs je nach Standort zwischen 7

m³/ha/a auf armen Standorten und 25 m³/ha/a auf besten Standorten. Die Umtriebszeiten reichen dort zwischen 50 und 80 Jahren [2].

Die Douglasie wird für eine Vielzahl von Produkten genutzt, darunter Bauholz, Leimbinder, Spanplatten, Furniere, Möbel, Holz-Masten, Grubenholz und Zaunpfähle [2]. Ein zu starkes Jugendwachstum kann jedoch zu unzureichender Verkernung führen, was sich negativ auf den Verkauf von Schwachblochs Sortimenten auswirken kann [79].

1.7. Waldbauliche Eigenschaften

1.7.1. Wurzelsystem

In tiefgründigen, gut durchlüfteten Substraten entwickelt sich typischerweise ein Herzwurzelsystem, das jedoch selten Tiefen von mehr als 1,5 Metern erreicht [2]. In flachgründigen, vergleyten oder grundwassernahen Böden hingegen bildet sich meist ein flaches Wurzelsystem aus [2], [80].

1.7.2. Verbissempfindlichkeit

Wird gern von Rotwild geschält und von Rehwild verbissen [39] und hat eine hohe Anfälligkeit für Fegeschäden [41], [81]. Bei hohen Wilddichten muss der Jungwuchs vor Wildeinfluss geschützt werden (z.B. Zäunung) [10]. Da die Jungpflanzen gerne durch Wild beschädigt werden ist die Pflanzung im Frühjahr jene der Herbstpflanzung zu bevorzugen [10].

1.7.3. Dürretoleranz

Junge Pflanzen reagieren empfindlich auf anhaltende Trockenperioden, ältere Bäume tolerieren Trockenheit besser [12]. Extreme Trockenheit kann bei Stangen- und Baumhölzern zu Wipfelsterben führen und den Befall durch Borkenkäfer und Hallimasch begünstigen [82]. Bei Douglasien der höheren Altersklassen ist der Anteil an zufälligen Nutzungen nach Trockenperioden etwa um den Faktor fünf geringer als bei Fichten [82].

In Europa hat sich die Küstendouglasie als Trockenheitstoleranter als Fichte, Weißtanne, Weißkiefer, Lärche, Eiche und Rotbuche erwiesen [10].

1.7.4. Feueranfälligkeit

Die Einschätzung des Brandrisikos durch die U.S. Forstbehörde schreibt der Douglasie die Kategorie 4 – extremes Brandrisiko zu [83]. Demnach sollte die Douglasie nicht in Landschaften mit erhöhter Waldbrandgefahr angebaut werden.

1.7.5. Frosttoleranz

Toleriert Temperaturen bis -45 °C [44]. Es gibt jedoch genetisch fixierte Unterschiede in der Frostresistenz für die Küsten- [84], [85], [86], [87] bzw. Inlandsdouglasie [88]. Spätfröste können die gesamte Blüte vernichten. Dabei scheint die kritische Temperatur zwischen -2 °C und -3 °C zu liegen [2].

1.7.6. Windbruchgefahr

Tondominierte, flachgründige Böden und hoher Kalkgehalt können die Windbruchgefahr erhöhen. Durch Läuterung kann das Risiko gesenkt werden [89]. Je nach Studie ist die Windbruchgefahr der Douglasie geringer [51], [90], [91] als jene der Fichte oder vergleichbar [89]. An exponierte Flächen sollte von ihrem Anbau abgesehen werden.

1.7.7. Schneebruchgefahr

Die Schneebruchgefahr ist vergleichbar mit jenem der Lärche oder Weißtanne und somit niedriger als jene der Fichte [41]. 20- bis 40-jährige Bestände sind aber besonders durch Schneebruch gefährdet. Hagelschäden sind in Europa selten, können jedoch zu enormen Schäden führen [12].

1.7.8. Weitere Risiken

SO₂-Emissionen können zu Schäden führen [92].

1.8. Waldbauliche Empfehlungen

Im Dichtstand entwickeln sich schmale, pyramidenförmige Kronen und die Astreinigung beginnt erst mit ca. 80 Jahren. In Altbeständen sind lange, astfreie, zylindrische Stämme zu finden. Die Kronen sind im Altbestand abgerundeter oder unregelmäßig geformter und flach. Bei freistehenden Bäumen ist eine Beastung bis zum Boden häufig [2].

1.8.1. Naturverjüngung

In leichten Schatten entsteht am leichtesten Naturverjüngung [2]. Überschildung sollte aber nur gering sein und die Strauchschicht fehlen um genügend verfügbares Licht zu haben [48]. Auf gut nährstoffversorgten, frischen oder sehr schattigen Standorten ist die Douglasie konkurrenzschwächer als heimische Baumarten [25], [93], denn in den ersten Jahren verläuft das Wachstum sehr langsam [2]. Für die Keimung wird ein entsprechendes Keimbett benötigt (Mineralboden). Eine gut ausgebildete Krautschichten, dichter Grasfilz oder hohe Streuauflage verhindern die Naturverjüngung [25], [94], [95], [96]. In reinen Nadelholzbeständen verjüngt sich die Douglasie leichter als in Mischbeständen. Besonders ein dichter Unter- bzw. Zwischenstand durch Buche behindert ihre Naturverjüngung [28], [60], [97].

Anbau unter Schirm wird empfohlen um Kulturstadien vor (Spät-) Frostereignissen zu schützen [98].

Bei den Felderhebungen über 1.000 m Seehöhe konnte in den Beständen keine Douglasienverjüngung vorgefunden werden. Worin das Ausbleiben der Verjüngung begründet ist, kann aber nicht mit Sicherheit gesagt werden [ED_FE].

1.8.2. Künstliche Verjüngung

Um gleichmäßige Keimung zu erhalten muss das Saatgut vorab stratifiziert werden [99]. Stratifikationsdauer: Küstendouglasie 21 Tage, Inlandsdouglasie 6 Wochen [100].

Wurzelnackte Pflanzen werden meist als 2–3-jährige Pflanzen mit 30–60 cm Höhe verkauft. Ein Wurzelschnitt wird empfohlen, um die Wurzelproduktion anzuregen und zu fördern. Die wurzelnackten Douglasien gelten als recht empfindlich und sollten so schnell wie möglich wieder

verpflanz werden (Idealfall selber Tag) [101]. Ballenpflanzen werden im 12-24 Monatszyklus produziert [10]. Ungleichmäßige Kulturen selbst bei homogenen Pflanzmaterial möglich. Die Douglasie scheint auf kleinststandörtliche Unterschiede stark zu reagieren. Daher sollte von größeren Nachbesserungen abgesehen werden, außer die Ausfälle sind nachweislich auf externe Faktoren wie extreme Witterung oder Qualitätsmängel des Materials/der Pflanzung zurück zu führen [101].

Die Pflanzung erfolgt für gewöhnlich im Frühjahr [102]. Die durchschnittliche Überlebensrate der Pflanzen liegt zwischen 70-80 % (bei guten Bedingungen), dennoch sind die Ausfallsraten höher als bei anderen Koniferen [103]. Die Ausfallsraten können durch eine vorsichtiger Handhabung bei der Pflanzung verringert werden, denn die Douglasie ist bei der Pflanzung sensibler als viele andere Koniferen [104].

Eine geringere Pflanzenzahl bei Bestandesbegründung wirkt sich positiv auf die Bestandesstabilität aus [102].

1.8.3. Pflege

In den ersten 5 Jahren langsames Höhenwachstum, danach schnell zunehmend. Kulminiert im Alter zwischen 20 und 30 Jahren [2], [5]. Kommt die Douglasie in Konkurrenz mit Rotbuche, Hainbuche, Winterlinde und Co. vor, muss sie die ersten 4-5 Jahre gefördert werden, da sie sonst in ihrem Wachstum den anderen Baumarten unterliegt [10].

Die natürliche Astreinigung ist bei der Douglasie schwach ausgebildet [9], daher ist es nötig die Z-Bäume zu Asten. Die angestrebte astfreie Schaftlänge hängt vom angestrebten Zieldurchmesser ab [101]: 5 m astfrei bei Ziel-BHD 60 cm, 10 m astfrei bei Ziel-BHD 80 cm und 15 m astfrei bei Ziel-BHD 100 cm. Die Astung sollte erfolgen, bevor der Baum ein Drittel seines Zieldurchmessers erreicht hat [10]. Aststärke, Astansatz und Astwinkel sind je nach Herkunft unterschiedlich [105].

Die Umtriebszeit liegt je nach gewünschtem Zieldurchmesser zwischen 40 und 80 Jahren (österreichisches Forstgesetz beachten!). Wobei sich Umtriebszeiten unter 50 Jahren als wirtschaftlich nachteilig erweisen können [10]. Für Bauholz werden Dimensionen von 25-50 cm bevorzugt, bei Innen- und Möbelbau auch Dimensionen > 80 cm [79].

Mögliche Waldbauliche Behandlung [79]:

- Begründung mit 1500-2000 Douglasien/ha
- Erstdurchforstung bei einer Bestandeshöhe von 12-15 m
- Anzahl der Z-Bäume und Durchforstungsintensität hängt von Verwertungsziel ab
 - Bau- und Konstruktionsholz: Zieldurchmesser 25-50 BHD. Auf künstliche Astung wird verzichtet. Aststärken werden durch Konkurrenzdruck gedämpft. Durchforstungseingriffe werden schwächer ausgeführt.
 - Innenausbau und Möbelindustrie: 80-90 Z-Bäume/ha. Wertastung muss erfolgen. Größere Zieldurchmesser angestrebt (>80 cm). Große Aststärken werden im oberen Baumabschnitt zugunsten eines höheren BHDs toleriert. Durchforstung erfolgt stärker.

1.8.4. Mögliche Mischbaumarten

Durch die Mischung mit heimischen Baumarten erhöht sich die Biodiversität, sowie die Resistenz gegen biotische Schäden des Bestandes [103].

- Rotbuche: unbedenklich für die Biodiversität [106]. In Buchenbeständen auf mageren Böden kann die Zuwachsleistung durch das Einbringen der Douglasie gesteigert werden [107].
- Fichte: besserer Abbau der Nadelstreu und stärkere Nitrifikation [108].
- Weißtanne und Lärche: An Fichtentrockengrenze durch Mischung der drei Arten eine Aufwertung und Stabilisierung sensibler Standorte möglich [105]
- Weitere Baumarten: Weißkiefer, Schwarzkiefer

In Österreich und Deutschland beträgt der Anteil der Douglasie in Mischbeständen meist ~30 % [102].

1.8.5. Forstvermehrungsgutgesetz

In Österreich unterliegt die Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) dem Forstlichen Vermehrungsgutgesetz 2002 und der zugehörigen Verordnung. Demnach darf forstliches Vermehrungsgut nur von registrierten Betrieben in Verkehr gebracht werden. Für die Douglasie ist die Gewinnung von „quellengesichertem“ Vermehrungsgut in Österreich nicht zulässig [109]. Daher darf Saat- oder Pflanzgut dieser Kategorie aus anderen EU-Mitgliedstaaten nicht an Endverbraucher in Österreich abgegeben werden. Die Mindestanzahl zu beerntender Bäume beträgt in Österreich 10 Stück, bei Saatgut mit der Zusatzbezeichnung „Erhöhte genetische Vielfalt“ mindestens 25. In den Kategorien ausgewählt und geprüft sind im Zuge der Ernte von jedem beernteten Baum drei Zapfen zu entnehmen und zusammen mit dem Stammzertifikat an das Bundesamt für Wald zu übermitteln. In der Kategorie qualifiziert sind bei Klonsamenplantagen von jedem Klon eine Probe (ebenfalls 3 Zapfen) zu entnehmen, bei Sämlingssamenplantagen von je einem Individuum aller beernteten Einzelbaumnachkommenschaften (3 Zapfen). Diese gewonnenen Proben sind ebenfalls mit dem Stammzertifikat ans Bundesamt für Wald zu senden.

In der EU gibt es derzeit über 2200 zugelassene Erntebestände und 69 Samenplantagen der Douglasie [10]. In Österreich gibt es eine Plantage und 65 zugelassene Erntebestände laut dem Bundesamt für Wald.

1.8.6. Kontrollmethoden

Um vulnerable Standorte (trockenen, bodensauren Hainsimsen-Traubeneichenwäldern, Drahtschmielen-Bergahorn-Blockwäldern oder Blockhalden) sollte eine Pufferzone eingerichtet werden [24], [50], [57], [106], [110]. Bereits etablierte Douglasienbestände innerhalb einer Pufferzone sollten in Mischbestände heimischer Arten umgewandelt werden und auf den weiteren Anbau der Douglasie innerhalb der Pufferzone sollte verzichtet werden. Da verschiedenen Studien unterschiedliche Ausbreitungsdistanzen für die Douglasie angegeben wird ein Radius von mindestens 500 m vorgeschlagen [110].

Die Verjüngung lässt sich leicht mechanisch oder per Hand entfernen [15], [111]. Da sich die Douglasie nicht durch Stockausschlag oder Wurzelbrut vermehrt ist eine Entfernung unerwünschter Douglasienvorkommen durchaus möglich.

2. Küstentanne

Die Küstentanne ist ein schnellwüchsiger Nadelbaum, der ursprünglich an der Westküste Nordamerikas – von Nordkalifornien bis nach Süd-British Columbia – beheimatet ist. Sie bevorzugt kühle, feuchte Klimabedingungen sowie frische, tiefgründige und nährstoffreiche Böden. Charakteristisch für die Küstentanne ist ihr gerader, schlanker Stamm und ein sehr schneller Wuchs, wodurch sie Höhen von über 60 Metern erreichen kann. Die Nadeln sind flach, glänzend grün und verströmen beim Zerreiben einen orangenartigen Duft. Die aufrechtstehenden Zapfen sind ein weiteres typisches Merkmal dieser Baumart. Sie gilt als jene nordamerikanische Baumart, die in ihrer Produktivität alle anderen Nadelhölzer übersteigt [112].

Taxonomie:

Familie:	<i>Pinaceae</i>
Unterfamilie:	<i>Abietoideae</i>
Art:	<i>Abies grandis</i> (Dougl. Ex D. Don) Lindl. 1833
syn.	<i>Abies excelsior</i>
syn.	

Englisch	Grand fir, giant fir
Französisch	Sapin géant
Italienisch	Abete bianco americano
spanisch	Abeto de Vancouver/ Abeto gigante

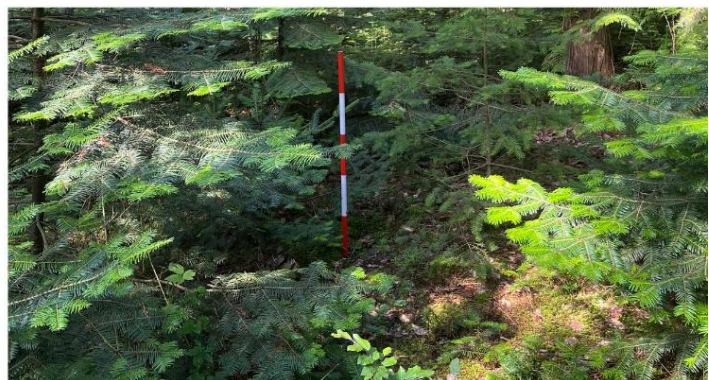


Abbildung 53: Bilder von Küstentannen, Fotos BFW/Konic.

2.1. Verbreitung

2.1.1. Natürliche Verbreitung

Im Nordwesten Nordamerikas. Ähnlich der Douglasie gibt es eine Küsten- bzw. eine Inlandsform. Erste erstreckt sich von den Kaskaden hin zur Küste Nordkaliforniens und in den Südwesten British Columbias. Zweite besitzt ihr Hauptvorkommen in Idaho [112].

Morphologisch unterscheiden sich die Küsten- und die Inlandsform. Die Nadeln der Küstenform sind für gewöhnlich meist gerade und flach angeordnet (glänzend, dunkel Gelbgrün), während jene der Inlandsform etwas nach oben gebogen sind (dunkelgrün) [112].

2.1.2. Natürliche Waldgesellschaften

Aufgrund ihrer ausgeprägten Standortsamplitude findet man sie mit fast allen Baumarten des pazifischen Nordwestens vergesellschaftet. Reinbestände sind nur sehr selten zu finden, hauptsächlich im Idaho [9], [112].

2.1.3. Weltweite Verbreitung

1833 wurde sie erstmals nach Großbritannien/Europa verbracht [113]. Seitdem wird sie in zahlreichen europäischen Ländern angebaut, am häufigsten in Großbritannien, Frankreich und Deutschland [112], [114]. In Europa gibt es bereits zahlreiche Anbaus-, Ertrags-, Herkunfts- und Standraumversuche (für Aufzählung siehe [115]).

2.2. Standortsansprüche

2.2.1. Klimatische Bedingungen

2.2.1.1. Jahresmitteltemperatur

Liegen je nach Vorkommen im natürlichen Verbreitungsgebiet zwischen 6 und 10 °C. Frostfreie Vegetationsperiode zwischen 60 und 250 Tagen im Jahr [9].

2.2.1.2. Jahresniederschlag

Im natürlichen Verbreitungsgebiet sehr unterschiedlich. Reicht von < 400 mm auf Meereshöhe (Sommer 50 mm) hin zu > 2500 mm auf 1800 m Seehöhe [9], [115]. Der Hauptteil der Niederschläge fällt dabei im Winter [9], [112].

2.2.1.3. Kälte-/Hitzetoleranz

Inlandsherkünfte östlich des Kaskadenkammes und in Idaho tolerieren Temperaturen bis -40 °C [112], [115]. Hitzetoleranz: 40 °C [115], [116]. Inlandsherkünfte besitzen aufgrund der geringeren Niederschläge eine dickere Cuticula und eine zusätzliche Wachsschicht auf den Nadeln [115].

Versuchsanbauten aus Frankreich und Deutschland deuten darauf hin, dass die Küstentanne auf trockene, heiße Sommer und milde, feuchte Winter gut angepasst ist [115]. Etwas das im Klimawandel

von großer Bedeutung sein wird. Ergebnisse aus Deutschland zeigen, dass die Küstentanne Trockenheit deutlich besser verträgt als die Douglasie [117].

2.2.2. Böden

Größte Standortsamplitude aller Tannenarten des pazifischen Nordwesten Amerikas [9]. Bestes Wachstum auf tiefgründigen Lehmböden, wächst aber auch auf bspw. Sandstein, Gletscher-Ablagerungen, vulkanischen Böden, Urgestein oder flachgründigen Gesteinsböden im Gebirge [9], [118].

2.2.3. Lichtansprüche

Generell Schattentolerant [9], im Alter wird der Lichtbedarf höher [119].

Trockene Standorte schattentolerant, auf frischen und feuchten Standorten lichtbedürftiger [115].

2.2.4. Nährstoffansprüche

Nährstoffanspruch gering [117], [119], [120]. Fruchtbarer Boden wirkt sich positiv auf Wachstum aus [121]. Sehr nährstoffreiche Böden fördern das Hallimasch-Risiko [122].

2.2.5. Kalktoleranz

Kalkhaltige Böden werden nicht vertragen [9], [112].

2.2.6. pH-Wert

Höhere pH-Werte werden nicht vertragen. Gefahr von Pilzinfektionen und Chlorose-Erscheinungen [112].

2.2.7. Tontoleranz

Ja, aber mit verringertem Wachstum [116]. Auf strengen Tönen sollte der Anbau unterbleiben [123].

2.2.8. Staunässe- & Grundwassertoleranz

Staunässe fördert das Hallimasch-Risiko [122].

2.2.9. Mineralbodenkeimer

Ja [119], [124]. Stecklinge von Samenbäumen keimen aber fast genauso gut auf Rohhumus wie auf jeden anderen Boden [124].

2.2.10. Blattabbau

Die Streu ist gut zersetzbar und bildet gute Humusformen - gilt als bodenpflegliche Baumart [115], [119]

2.3. Regeneration

2.3.1. Vegetative Vermehrung

Nein [9], [15], [118]

2.3.2. Samenproduktion

Einhäusig [9], [15].

Die Produktion von Zapfen beginnt mit ~20 Jahren und nimmt mit Alter und BHD-Zuwachs zu. Unter den Koniferenarten des Nordwesten der USA gilt sie als eine der schlechtesten Saatgutproduzenten [9], [112]. 40 Zapfen/Baum gelten als guter Zapfenbehang [9]. Auf ein Jahr mit hoher Zapfenproduktion folgen mehrere Jahre mit geringem Zapfenbehang [125], [126], [127]

Von der Seehöhe abhängig liegt die Blütezeit zwischen Mitte März (milde Lagen) und Mitte Mai (Hoch- und Inlandslagen) [9], [112].

2.3.3. Samenausbreitungsdistanz

Großteil: 45 bis 60 m. Maximum: bis 120 m [9], [15], [112], [119].

In Belgien wurde eine maximale Ausbreitungsdistanz von 300 m festgestellt [55].

2.3.4. Ausbreitungsmechanismen

Wind, vereinzelt durch Nagetiere [9], [112], [119]

2.3.5. Samenbanken & Keimfähigkeit

Die Keimfähigkeit ist sehr variabel, aber nur selten keimen mehr als 50 % [112]. Die Keimfähigkeit liegt bei einem Jahr [119]. Die Samen überwintern nur ein Jahr und keimen im anschließendem Frühjahr [112], [128]. In Nordamerika sind die Samen öfters so stark von Insekten befallen, dass die gesamte Ernte als Misserfolg bewertet werden kann [124]. Bis zum dritten Jahr ist die Ausfallsquote der Keimlinge recht hoch (10-30 % pro Jahr), danach gilt der Keimling als etabliert [124], [127].

In sonnigen Standorten wurzeln Sämlinge tiefer und sind daher resistenter gegen Trockenheit. In schattigen Gebieten ist die Wurzelbildung hingegen langsamer, was zum Absterben der Sämlinge durch Trockenheit führen kann. [9].

Bei Keimungstest in den Rocky Mountains (USA) keimte Küstentanne am schlechtesten; Küstentanne 12 %, Westamerikanische Lärche (*Larix occidentalis*) 30 %, Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*) 41 %, Westliche Weymouth-Kiefer (*Pinus monticola*) 44 %, Westamerikanische Hemlocktanne (*Tsuga heterophylla*) 65 % und der Riesen-Lebensbaum (*Thuja plicata*) mit 73 % [129].

2.4. Schädlinge und Krankheitserreger

2.4.1. Insekten

In ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet gibt es eine Reihe von Schadinsekten. Hervorzuheben sind dabei die beiden Schmetterlinge *Choristoneura occidentalis* und *Orgyia pseudotsugata*, sowie eine

Borkenkäferart (*Scolytus ventralis*), der große Braune Rüsselkäfer (*Hylobius abietis*) und die Tannenstammlaus (*Adelges piceae*) [130].

2.4.2. Pilze

Die Küstentanne ist besonders anfällig gegen eine Vielzahl von Stamm- und Wurzelfäuleerregern. Im Osten der Kaskaden in der USA ist ein Vertreter der Stachelschichtpilze (*Echinodontium tinctorium*) für enorme wirtschaftliche Schäden verantwortlich [131]. Der Pilz dringt über Totäste in den Stamm ein. Nachdem die Astwunde geschlossen ist ruht der Pilz im Stamm bis dieser mechanische Störung (Ernteschäden, Frostrisse, Windbruch, etc.) erleidet. Durch den erneuten Kontakt mit Sauerstoff wird der Pilz reaktiviert und führt zu Schäden am Holz [132]. In Küstentannenvorkommen westlich der Kaskaden ist der Pilz seltener, begründet wird das mit dem schnelleren Wachstum und somit dem schnelleren Verschließens von Astwunden der westlicheren Herkünfte [133].

Der wirtschaftlich relevanteste Pilz in Österreich ist der Hallimasch. Dieser ist die häufigste Ursache für Ausfälle der Küstentannen auf Kulturflächen [112].

2.4.2.1. Hallimasch

Hallimasch ist eine Sammelbezeichnungen für Arten der Gattung *Amarillaria*. Ihre größte Bedeutung haben sie als Erreger von Wurzelfäule und in weiterer Folge dem Absterben von Bäumen. Hallimasch/Honigpilze kommt in ganz Europa in nahezu allen Böden vor [122].

- Erkennen: gleichzeitige Auftreten von Wurzel- und Stammfäule, abgestorbener Stammrinde mit einem weißen fächerförmigen Geflecht darunter und schwarzen Rhizomorphen¹ im Wurzelraum.

Begünstigende Bedingungen für den Hallimasch Befall [122]:

- Trockenstress bzw. Staunässe,
- Nadelholzaufforstungen auf Laubholzstandorten [120],
- Aufforstung von zuvor mechanisch gestressten Standorten (z.B. Windwurf-, Schneebruch oder Frostflächen),
- mechanische Verletzung des Wurzelraums. Winkelpflanzungen von wurzelnacktem Pflanzgut besonders anfällig,
- Lichtmangel: unterdrückte Individuen sind anfälliger als herrschende Individuen, sowie
- optimal nährstoffversorgter Boden: Koniferen bilden bei optimaler Nährstoffversorgung ein kleineres Wurzelsystem aus. Kommt es dann zu einer längeren Trockenperiode begünstigt das die Befallswahrscheinlichkeit.

Es gibt keine Maßnahmen zur Bekämpfung der Pilze. Durch vorbeugende Handlungen kann das Risiko einer Infektion gesenkt werden.

Vorbeugende Maßnahmen [122]:

- Vorsicht bei optimal mit Nährstoffen versorgten Böden,
- Vorsicht bei Standortwahl (Boden, Geländeform - Vermeidung von Lokalstandorten mit Staunässe (Muldenlagen), biotische Faktoren wie Mäuse, Insekten etc.),

¹ dichte, fadenartige Gebilde, die aus einer Ansammlung von Myzelsträngen bestehen.

- meiden von Standorten, die in jüngster Vergangenheit mehrfach extremen Trockenstress ausgesetzt waren,
- vor Neubegründung Überprüfung der Nachbarbestände auf Präsenz von Hallimasch und Abschätzung des Gefahrenpotentials,
- bodenverdichtende Tätigkeiten vermeiden,
- kein Pflanzenmaterial mit Stamm- bzw. Wurzelverletzungen verwenden und schonendes, sorgfältiges Setzen,
- bei Gefährdung durch Hallimasch keine Düngung verwenden, sowie
- verdämmenden Begleitwuchs früh entfernen, um Lichtmangel zu vermeiden. Vergrasung geringhalten, aber Vorsicht bei Mahd: der Stammfuß darf nicht verletzt werden.

2.5. Konkurrenzkraft

Reinbestände bildet die Küstentanne nur selten, meist kommt sie in Einzel- bis Kleingruppenmischung mit anderen Koniferen oder Hartholzgewächsen vor [9]. In ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet kommt sie in 17 Waldgesellschaften vor. Dabei bildet sie nur in einer davon die vorherrschende Baumart (Typ 213). In sechs weiteren ist sie co-dominant (Typ 210, 212, 215, 224, 227 & 228) [134].

Durch ihr schnelles Jugendwachstum kann sie mit anderen Pioniergehölzen konkurrieren. Auf trockenen Standorten kann sie eine schattentolerante Unterschicht bilden. Bei teilweiser Beschattung kann sie die Verjüngung dominieren [9].

Auf ärmeren Sandböden benötigt sie im Vergleich zur heimischen Weißtanne mehr Licht [15].

Die Küstenform ist der Inlandsform im Wuchs deutlich überlegen [135].

2.5.1. Konkurrenz mit einheimischen Arten

Eignet sich gut als Mischbaumart und verdrängt in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet keine anderen Baumarten [9], [134], [135]. Vegetationskundliche Untersuchungen aus Deutschland zeigen, dass sich die Küstentanne nicht negativ auf das Arteninventar der bodensauren Buchenwälder auswirkt, sondern dieses noch erweitert [115].

2.5.2. Potenzial zur Etablierung einer dauerhaften Population

Die Küstentanne kann selbstständig Satellitenpopulationen bilden [55].

2.5.3. Hybridisierung

Versuche zur Hybridisierung der Küstentanne mit der heimischen Weißtanne scheiterten [136]. Hybridisierung zwischen Küstentanne und Nordmannstanne (*A. nordmanniana*) ist möglich [136]. Auch sind natürliche Hybride zwischen Küstentanne und Felsengebirgstanne (*A. lasiocarpa*) bekannt [137].

2.5.4. Invasives Verhalten

Die Küstentanne gilt im Alpenraum als nicht-invasive Baumart [111], [115]. Durch ihren positiven Einfluss auf den Standort, ihrer geringen Reproduktions- und Ausbreitungsrate, ihres nicht stark ausgeprägten Konkurrenzverhaltens und ihrer guten waldbaulichen Steuerung zählt sie aus derzeitiger Sicht als anbauwürdige nicht-heimische Baumart [115].

In Großbritannien wird sie als invasiv eingestuft [111]. In Belgien wird ihr ein hohes invasionspotential nachgesagt [55].

Bei den Felderhebungen über 900 m Seehöhe konnte zum derzeitigen Zeitpunkt kein invasives Verhalten der Küstentanne festgestellt werden [ED_FE].

2.5.5. Auswirkungen auf die biologische Vielfalt

Die Küstentanne bereichert das Arteninventar der bodensauren Buchenwälder [115]. Außerdem fördert ihr rascher Streuabbau die Bodenfauna, indem er den Nährstoffkreislauf beschleunigt und die Bodenqualität verbessert [115]. Darüber hinaus bietet das Totholz der Küstentanne einen wertvollen Lebensraum für viele Xylobionten, also Holzbewohner, sowie für totholzzersetzende Pilze [115], [138]. Diese Mikroorganismen und Tiere tragen zur Zersetzung des Totholzes bei und fördern so die Biodiversität im Wald.

2.5.6. Auswirkungen auf die Ökosystemleistungen des Waldes

Keine spezifische Literatur gefunden.

2.5.7. Veränderungen im Lebensraumangebot für einheimische Taxa

Da sich die Art nur begrenzt vermehrt und ausbreitet, ein mäßiges Konkurrenzverhalten zeigt und sich gut waldbaulich steuern lässt, sind derzeit keine negativen Auswirkungen auf die einheimischen Ökosysteme zu befürchten [119].

2.6. Wirtschaftliche Aspekte

In ihren natürlichen Vergesellschaftungen zählt sie zu den zuwachsstärksten Baumarten [9]. Auch bei den Felderhebungen über 900 m Seehöhe wurde ein bemerkender Zuwachs von 0,63 m²/ha/Jahr.

In den USA wird sie vor allem in der Papierindustrie verwendet. Die Inlandsform findet auch Anwendung als Bauholz, jedoch nur im Innenraum und in nicht-tragenden Konstruktionen [139]. Der relativ grobe Jahrringbau der Küstentanne führt dazu, dass eine maschinelle Sortierung des Sortiments angestrebt werden sollte. Die visuelle Sortierung führt zum Ausschluss des meisten Schnittholzes [140]. Furnierholz nur bei einer Jahrringbreite unter 5 mm [119].

Eine Untersuchung der Holzeigenschaften zwischen in Deutschland gewachsenen Küstentannen und heimischen Weißtannen und Fichten konnte keine gesicherten Unterschiede festgestellt werden [141], [142]. Eine Literaturstudie kam zu gleichen Ergebnissen, lediglich mit dem Unterschied, dass die Fichte über vorteilhaftere Holzeigenschaften verfügt [143]. Andere sagen, dass das Holz der Küstentanne nicht die Qualität der heimischen Weißtanne erreicht. Der Schmuckreisigwert ist oft höher als der Holzerlös [112].

Kommt es in Europa zu einer verstärkten Nutzung der Küstentanne in der Papierindustrie bzw. zu einer Veredelung durch Druck und Wärme (z.B. Thermoholz) könnte die Nachfrage steigern [112]. Durch ihre geringe Quellung und Schwindung unter wechselnder Feuchtigkeit sind Klebefugen unter Last und bei Feuchtebeanspruchung gut beständig [140].

Oft wird im Zusammenhang mit der Küstentanne die „Nasskernbildung“ angesprochen. Eine Studie aus Deutschland hat Schnittholz mit deutlicher Verfärbung des „Kerns“ erzeugt. Nach der technischen

Trocknung und Hobelung des Schnittholzes waren keine Farbunterschiede zwischen den ursprünglichen Splint- und Kernzone feststellbar. Die Qualität des Schnittholzes wies zudem keine Beeinträchtigungen auf [140]. Eine Analyse der Holzinhaltsstoffe zeigte auch auf, dass eine „Nasskernbildung“ nicht allgemein zu einem mikrobiellen Abbau der Reservestoffe führt [140].

Die Vermarktung ist derzeit aufgrund der geringen Angebotsmenge und daraus resultierender Nachfrage schwierig [119].

Holztechnologische Eigenschaften von 42-jährigen Stämmen [141], [143]:

- Rohdichte: 0,47 g/cm³
- Biegefestigkeit: 88 N/mm²
- Stat. Biege-E-Modul: 10,400 N/mm²
- Druckfestigkeit parallel zur Faser: 43 N/mm²
- Längszugfestigkeit: 94 N/mm²
- Bruchschlagarbeit: 53 kJ/m²

Die Küstentanne stellt in der USA eine sehr beliebte Christbaumart dar [9]. Inlandsherkünfte sind weniger wüchsig und weißen eine dichtere Benadelung auf. Dadurch eignen sie sich besser für die Christbaum- und Schmuckreisiggewinnung [85], [144]. Durch ihre Erscheinung wird sie auch gerne zu Zierzwecken in Erholungswäldern und urbanen Gebieten gepflanzt [9].

Spezialanwendung: Saunaeinrichtung, aufgrund des harzfreien Holzes gut geeignet [140].

2.7. Waldbauliche Eigenschaften

Kennzeichnend für die Küstentanne ist ihre effiziente Wasser- & Nährstoffverwertung, die große Blattbiomasse der geringe Standraumbedarf und die geringe Abholzigkeit [115], [119]. Besonders ihre stark ausgeprägte Durchmesser- und Höhendifferenzierung ist zu nennen [117]. Sie ist eine schnellwachsende Baumart mit einem Leistungspotential von über 30 Vfm/ha Derbholzzuwachs pro Jahr, Produktionszeiträumen von 30-60 Jahren bei einer Zielstärke von 60 cm [115]. Im Alter von 30 übertrifft sie die Wuchsleistung der Douglasie [117] und im Alter von 60 kann sie 800 Vfm/ha überschreiten [115], [117], [120].

2.7.1. Wurzelsystem

In der Jugend bildet sie eine Pfahlwurzel aus, später auch starke Seitenwurzeln [9]. Sie besitzt eine gute Durchwurzelungskraft [145]. Auf Pseudogley und vergleichbaren Böden unterliegt ihr Wurzelsystem jenen der Weißtanne, übertrifft aber jenes der Fichte [119]. Die Küstentanne kann auf gleichen Standorten den Boden besser tiefer erschließen als die Fichte [146]. Auf trockenen Standorten reichen ihre Wurzeln weniger tief ins Erdreich als jene der Gelbkiefer oder der Douglasie [9]. An feuchten Standorten und auf Pseudogley ist die Pfahlwurzel weniger stark ausgebildet und die Seitenwurzel werden von größerer Bedeutung [115], [124].

2.7.2. Verbissempfindlichkeit

Junge Küstentannen sind anfällig für Verbiss durch Wildtiere [147]. Insbesondere in den ersten Jahren nach der Pflanzung kann starker Verbiss das Wachstum hemmen oder zum Absterben führen. Sie gilt als weniger verbissbeliebt als die heimische Weißtanne [115], wird aber häufig verfegt [112].

Schutzmaßnahmen wie Einzäunungen oder Verbisschutzmittel sind daher in Gebieten mit dichteren Wildbeständen empfehlenswert [115].

2.7.3. Dürretoleranz

Sie verträgt Trockenperioden [119], aber in Regionen mit regelmäßigen Trockenperioden kann ihr Wachstum beeinträchtigt werden [124]. Trockenstress durch anhaltende Trockenperioden fördern Hallimasch-Risiko [122].

2.7.4. Feueranfälligkeit

Ihre Borke ist maximal 5 cm dick, womit sie zu den waldbrandgefährdeten Arten zählt [118]. In Nordamerika wird ihre Feuerresistenz als „mittel“ eingestuft. Sie gilt als weniger feuerresistent als Gelbkiefer und Douglasie [9]. Ihre Feuerresistenz hängt auch stark vom Standort ab. An feuchteren Standorten unterliegt sie rascher Bodenfeuern als auf trockenen Standorten. Grund dafür ist das besser ausgebildete Wurzelsystem und die dickere Borke auf trockenen Standorten [9].

2.7.5. Frosttoleranz

In ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet nimmt die Frosthärte von Süden nach Norden und von West nach Ost hin zu [85], [112], [144]. Frostrisse treten bei der Küstentanne häufiger auf als bei anderen Baumarten [135]. Die Risse führen meist aber nicht zum Absterben des Baums, erhöhen aber das Infektionsrisiko durch Pilze [9]. Die Spätfrosttoleranz ist auch von den Provenienz abhängig, aber da die Küstentanne generell eher später im Jahr austreibt ist das Risiko von Schäden durch Spätfröste geringer [115].

2.7.6. Windbruchgefahr

Aufgrund des Wurzelsystems sturmefeste Baumart [9]. Jedoch auf staunassen und wechsellückigen Standorten erhöhtes Windwurfrisiko [117]. Wenn die vorwüchsigen Kronen aus Mischbestand ragen steigt die Windbruchgefahr [120].

2.7.7. Schneebruchgefahr

In schneereichen Regionen können junge Küstentannen durch schwere, nasse Schneelasten beschädigt werden. Dies kann zu Stammverformungen oder -brüchen führen, insbesondere bei dichter Pflanzung oder außerhalb ihres optimalen Höhenbereichs [124]. Bei ausgewachsenen Bäumen ist die Schneebruchgefahr aufgrund ihrer schmalen und spitzen Krone eher gering [112], [115].

2.8. Waldbauliche Empfehlungen

Die Küstentanne hat ein rasches Höhenwachstum zu Beginn, welches im Alter von 15 bis 20 Jahren kumuliert [148], [149], [150]. Begleitvegetation kann sich nachteilig auswirken (Konkurrenz um Licht) [121]. Im Stangenholz hat sie ein vergleichbares Wachstum wie die Douglasie [9].

2.8.1. Naturverjüngung

Für eine erfolgreiche Naturverjüngung ist eine Bodenverwundung nötig (z.B. durch Erntemaßnahmen oder Bodenbearbeitung) [115]. Kann sich sowohl unter Schirm als auch auf Freiflächen verjüngen [9],

[118]. Treibt später aus als heimische Weißtanne, wobei Inlandsherkünfte später austreiben als küstennahe [85]. Für plenterartige Verjüngungsmethoden geeignet [116]. Nachdem sich die Verjüngung unter Schirm etabliert hat sollte der Schirm rasch geräumt werden um das Wachstum der Verjüngung zu fördern [9]. Die Freilandstrahlung sollte nicht für längere Zeit unter 50 % fallen [115]. Im vierten Standjahr gelten Jugend- und Kulturgefahren als überstanden [117].

2.8.2. Künstliche Verjüngung

Anzucht relativ problemlos. 14 bis 42 tägige Statifizierung bei 1-5 °C [9]. Saat mit Sand/Torf-Gemisch abdecken. Die Wurzeln sind sehr empfindlich, daher Topfpflanzen wurzelnackten vorziehen [135]. Empfohlen werden 2+1-jährige Pflanzen [115]. Saatgut ist bei -6 bis -20 °C fünf bis acht Jahre lagerbar [151].

In deutschen Provenienzversuchen haben sich die Herkünfte aus den Regionen Olympic-Halbinseln, Pudget-Senke, Kaskadenwesthand und Vancouver Island bewährt [119]. In England hingegen gelten Herkünfte von Vancouver Island und West-Washington als anfällig für Spätfrostschäden und Frostrisse [152].

Die Einbringung kann z.B. unter Kiefern- oder Lärchenschirm erfolgen, oder in Bestandeslücken von mindestens 0,2 ha in Fichten- oder Buchenbeständen [115]. In sonnigen Standorten wurzeln Sämlinge tiefer und sind daher resistenter gegen Trockenheit. In schattigen Gebieten ist die Wurzelbildung hingegen langsamer, was zum Absterben der Sämlinge durch Trockenheit führen kann. [9].

Bestandesbegründung: 2.500 bis 3.000 Stk./ha auf Freiflächen, 2000-2500 Stk./ha unter Schirm [117].

2.8.3. Pflege

Eine Läuterung ist meist nicht nötig [115]. Durchforstungseingriffe haben je nach Stärke unterschiedlichen Einfluss auf die Durchmesserentwicklung des Bestandes. Jedoch sind die Unterschiede auf die jeweils 100 stärksten Bäume im Bestand nur gering [150]. Starke Durchforstungen senken den durchschnittlichen Gesamtzuwachs deutlich, während keine/schwache Durchforstungen die Stabilität des Bestandes senken. Eine mäßige Hochdurchforstung fördert die Standraumökonomie und die Selbstdifferenzierung und eignet sich daher für Küstentannenreinbestände bzw. – Anteilsflächen in Mischbeständen [117].

Empfehlung bei dem Produktionsziel „qualitatives Sägeholz“ mit Zielstärke von 45 cm bei einer Umtriebszeit von 40 bis 60 Jahren [115]: Bei Oberhöhen von 12-20 m schrittweise Entnahme der vorherrschenden, weitringigen Bäume. Diese können als Industrieholz verkauft werden [117]. Im Anschluss eine Hochdurchforstung mit 200 Z-Bäumen/ha. Ab einer Oberhöhe von 30 m Beginn die stamm- bzw. gruppenweise Zielstärkennutzung und Einleitung der Naturverjüngung unter Schirm. Stangenhölzer reagieren bei gesunder Krone gut auf Freistellung [153]. Die Umtriebszeit sollte maximal 70 Jahre betragen, da dann Vorrats- und Durchmesserentwicklung stagnieren [150]. Aufgrund der Hallimasch-Problematik sollte von langen Umtriebszeit abgesehen werden. Die Küstentanne ist aufgrund ihres Höhenwachstumsgang und der Endhöhe ideal für Zeitmischungen und flächenweiser Mischbestockung geeignet [150]. Achtung: Hallimasch-Risiko steigt bei erhöhtem mechanischem Stress auf der Fläche (maschinelle Pflege, Ernte, Bringung). Flächiges Befahren unbedingt unterlassen [122].

Für Furnier- bzw. Sägeholz muss geastet werden (Totasterhalter – bildet Wasserreiser) [119], [154]. Durch einen intakten Unter- und Zwischenstand kann die Bildung von Wasserreisern beschränkt

werden [115]. Grünastung dämpft das Durchmesserwachstum etwas, ist aber für das Ziel qualitativ hochwertiger Schnittholzsortimente unerlässlich [117].

Tabelle 10: Pflegeanleitung der Küstentanne beim Produktionsziel Industrie- und Sägeholz bzw. Zellstoff und Holzwerkstoff. Tabelle kopiert aus Spellmann et al (2010) „Verwendungsorientierte Managementstrategien für Buchen-Küstentannen-Mischbestände“ [117].

Produktionsziel Industrie- und Sägeholz		
Standorte	schwach bis ziemlich gut nährstoffversorgt, da sonst zu starkes Dickenwachstum; keine staunassen und wechsellackenen Standorte	
Bestandestyp	Küstentanne/Buche: (KTa 50–70 %, Bu 30–50 %, Begleitbaumarten ca. 10 %) Tiefland ggf. REi oder WLi statt Bu Buche/Küstentanne: (Bu 50–70 %, KTa 30–50 %, Begleitbaumarten ca. 10 %) (KTa als Zeitmischung, Auspflanzung Bu-NV)	
Zielstärke	Küstentanne	45 cm + in 40–60 Jahren
	Buche	55 cm + in 100–140 Jahren
Mischungsform	Buche in Küstentanne	horstweise
	Küstentanne in Buche	trupp- bis horstweise
Kultur	Freifläche	ca. 2.500–3.000 KTa/ha Anteilfläche, 7.000–10.000 Bu/ha
	lichter Schirm	ca. 2.000–2.500 KTa/ha Anteilfläche, 5.000–7.000 Bu/ha
Pflege der Küstentanne		
Jungbestand	h_{100} (6–8 m):	i.d.R. keine Läuterung, ggf. Protzenaushieb
Stangenholz	h_{100} (8–12 m):	Feinerschließung
Geringes Baumholz	h_{100} (12–20 m):	schrittweiser Auszug der vorherrschenden KTA vorsichtige Pflege der bestveranlagten herrschenden KTA
	h_{100} (20–28 m):	Auswahl von 200 Z-Bäumen/ha mäß Hdf.
Mittleres Baumholz	h_{100} (> 28 m):	gestreckte Zielstärkennutzung, möglichst NV
Produktionsziel Zellstoff und Holzwerkstoff		
Standorte	breite Standortpalette mit Ausnahme der reichen (zu schade), staunassen und wechsellackenen Standorte (Jugendgefahren, Windwurf)	
Bestandestyp	Küstentanne/Buche (KTa 70–80 %, Bu 20–30 %, Begleitbaumarten ca. 10 %) Keine führende Buche, Buche als ökologische Anreicherung	
Zielstärke	Küstentanne	30 cm + in 30 bis 40 Jahren
	Buche	keine Festlegung, fallweise
Mischungsform	Buche in Küstentanne	trupp-bis guppenweise
Kultur	Freifläche	ca. 2.000–2.500 KTa/ha Anteilfläche, 3.000–4.000 Bu/ha
	lichter Schirm	ca. 2.000–2.500 KTa/ha Anteilfläche, 2.000–3.000 Bu/ha
Pflege der Küstentanne		
Jungbestand	h_{100} (6–8m):	i. d.R. keine Läuterung
Stangenholz	h_{100} (8–12m):	Feinerschließung
Geringeres Baumholz	h_{100} (12–26m):	Auswahl von 300 bis 350 Z-Bäumen/ha st. Hdf.
	h_{100} (> 26m):	erst Zielstärkennutzung, dann Abtrieb
Neukultur	im Seitenschutz der verbliebenen Buchen und Mischbaumarten	

2.8.4. Mögliche Mischbaumarten

Eignet sich als Mischbaumart bzw. stabilisierende Baumart auf feuchteren oder trockeneren Standorten. Gute Mischung mit Buche, Thuje, Douglasie und Fichte [112], [117], [119], [154]. Kann auf trockeneren Standorten Funktion der Weißtannen erfüllen [112]. Auf schwächeren und trockeneren Standorten auch Mischung mit Roteiche bzw. Winterlinde möglich [155], [156].

Buche: Mischung horstweise bei Buche in Küstentanne und trupp- bzw. horstweise bei Küstentanne in Buche. [117].

2.8.5. Forstvermehrungsgutgesetz

In Österreich unterliegt die Küstentanne (*Abies grandis*), auch Riesentanne genannt, dem Forstlichen Vermehrungsgutgesetz 2002. Gemäß der Forstlichen Vermehrungsgutverordnung 2002 ist die Gewinnung und das in-Verkehr-bringen von „quellengesichertem“ Vermehrungsgut für diese Baumart zulässig [157].

Die Mindestanzahl zu beerntender Bäume beträgt in Österreich 10, bei Saatgut mit der Zusatzbezeichnung „Erhöhte genetische Vielfalt“ mindestens 25. Bei der Saatguternte in Erntebeständen der Kategorien „ausgewählt“ und „geprüft“ ist von jedem beernteten Baum mindestens ein Zapfen zu entnehmen und zusammen mit dem Stammzertifikat an das Bundesamt für Wald zu übermitteln. In der Kategorie qualifiziert sind bei Klonsamenplantagen von jedem Klon eine Probe zu entnehmen, bei Sämlingssamenplantagen von je einem Individuum aller beernteten Einzelbaumnachkommenschaften. Diese gewonnenen Proben sind ebenfalls mit dem Stammzertifikat ans Bundesamt für Wald zu senden. Diese Regelung dient der genetischen Rückverfolgbarkeit und Qualitätssicherung des Vermehrungsgutes [157].

2.8.6. Kontrollmethoden

Das Aufkommen und die Etablierung von Naturverjüngung der Küstentanne lassen sich durch gezielte Steuerung des Lichtangebots und der Oberbodenverhältnisse beeinflussen[115]. Unerwünschte Jungpflanzen können problemlos mechanisch entfernt werden, da die Küstentanne nicht stockausschlagsfähig ist. Durch einmaliges Abschneiden ist die Küstentanne dauerhaft entfernbar [115]. Zudem wird bei der Küstentanne keine überdauernde Samenbank im Boden gebildet. Die Keimfähigkeit liegt bei einem Jahr [119].

3. Gelbkiefer

Die Gelbkiefer, auch als Ponderosa-Kiefer bekannt, stammt aus dem westlichen Nordamerika und ist dort von Kanada bis Mexiko weit verbreitet. Sie wächst bevorzugt auf trockenen, sonnigen Standorten mit durchlässigen, oft nährstoffarmen Böden und ist sehr hitze- und trockenheitsresistent. Sie gilt als die formenreichste aller Kiefernarten [158]. Je nach Standort kann sie in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet eine Höhe von 25-60 Meter erreichen und einen Brusthöhendurchmesser zwischen 70 bis 150 cm [159], [160], [161]. In Mitteleuropa werden die Bäume aber selten über 20 m hoch [158]. Charakteristisch ist ihre dicke, tief gefurchte Borke mit gelblich-brauner Färbung, die bei älteren Bäumen angenehm nach Vanille oder Harz duften kann. Ihre Nadeln sind lang, steif und meist zu dritt gebündelt, während die Zapfen eiförmig und mit zurückgebogenen Schuppen bestückt sind.

Taxonomie:

Familie:	<i>Pinaceae</i>
Unterfamilie:	<i>Pinoideae</i>
Art:	<i>Pinus ponderosa</i>
syn.	<i>Pinus benthamiana</i> , HARTWEG, 1847
syn.	<i>Pinus peninsularis</i> , LEMMON, 1900

Englisch	Ponderosa pine, western yellow pine
Französisch	Pin ponderosa, pin jaune de l'ouest
Italienisch	Pino giallo
Spanisch	Ponabete, pino real, pino amarillo



Abbildung 54: Bilder von Gelbkiefern, Fotos BFW/Konic.

3.1. Verbreitung

3.1.1. Natürliche Verbreitung

Ihr natürliches Verbreitungsgebiet reicht von British Columbia (Kanada) bis Mexiko und von der Pazifikküste bis Dakota, Nebraska und Texas [158].

3.1.2. Natürliche Waldgesellschaften

Sie gilt sowohl als Sukzessions- als auch Klimaxart [158]. Oft ist sie in Reinbeständen zu finden, aber – je nach geographischer Region – kann sie auch mit Baumarten wie Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*), Küstentanne (*Abies grandis*), Westamerikanischer Lärche (*Larix occidentalis*), Küstenkiefer (*P. contorta*), Kolorado-Tanne (*A. concolor*) oder Amerikanischer Zitterpappel (*Populus tremuloides*) gemischt sein [158].

3.1.3. Weltweite Verbreitung

Es gibt weltweit forstliche Versuchsanbauten zu dieser Art (z.B. Neuseeland, Australien, Deutschland, Südafrika, Argentinien und Ukraine) [158]. In Mitteleuropa findet man sie vorwiegend in Arboreten und Parks [158].

3.2. Standortsansprüche

3.2.1. Klimatische Bedingungen

3.2.1.1. Jahresmitteltemperatur

Je nach Standort zwischen 5-10 °C [161].

3.2.1.2. Jahresniederschlag

In Hauptverbreitungsgebiet zwischen 250 bis 1250 mm [158].

3.2.1.3. Kälte-/Hitzetoleranz

Jährliche Extremwerte zwischen -40 °C bis +43 °C [158]. Kurzfristig Temperaturen bis – 65 °C tolerierbar [162].

3.2.2. Böden

Ideal sind tiefgründige, trockene, gut wasserdurchlässige Sandböden [158]. In Mitteleuropa ist die Gelbkiefer für Böden mit mittlerer Nährstoff- und Wasserversorgung geeignet [158].

3.2.3. Lichtansprüche

Hoch [158], [163].

3.2.4. Nährstoffansprüche

Gering [158].

3.2.5. Kalktoleranz

Keine genaue Angabe gefunden, aber wächst auch auf Kalkstein [158].

3.2.6. pH-Wert

Abhängig von Bodenhorizont zwischen 4,9 und 9,1, häufig zwischen 6,0 und 7,0 [161].

3.2.7. Tontoleranz

Gering [164].

3.2.8. Staunässe- & Grundwassertoleranz

Meiden Staunässe [158].

3.2.9. Mineralbodenkeimer

Ja [165].

3.2.10. Blattabbau

Gering [166]. Bei Felderhebungen wurde eine sehr dichte Nadelstreu in den Gelbkiefernbeständen vorgefunden [ED_FE].

3.3. Regeneration

3.3.1. Vegetative Vermehrung

Nein [161].

3.3.2. Samenproduktion

Männliche und Weibliche Blüten wachsen getrennt am selben Baum [158]. Die Bäume erreichen mit ca. 20 Jahren die Fruktifikationsfähigkeit [158]. Höchste Vitalität der Samen bei 60-160 jährigen Bäumen [161]. Alle 2-5 Jahre treten gute Samenjahre auf [159], [167].

3.3.3. Samenausbreitungsdistanz

Die geflügelten Samen sind schwimmfähig und werden über kurze Entfernungen getragen, in der Regel nicht mehr als 50 m (150 Fuß) vom Mutterbaum entfernt [168], selten weiter als 120 m [158].

3.3.4. Ausbreitungsmechanismen

Durch Wildtiere verbreitete Samen haben eine größere Wahrscheinlichkeit, sich zu etablieren, als durch den Wind verbreitete Samen, obwohl die Windverbreitung häufiger ist [168].

3.3.5. Samenbanken & Keimfähigkeit

Saatgut kann bei einem Feuchtigkeitsgehalt <6 % und einer Umgebungstemperatur zwischen -4 bis -10 °C mehrere Jahre gelagert werden [169]. Vor der Ausbringung sollte das Saatgut für einen höheren Keimerfolg stratifiziert werden [170].

3.4. Schädlinge und Krankheitserreger

Die Herkunft wirkt sich auf die Schädlings- und Krankheitsanfälligkeit aus [171], [172], [173], [174], [175].

3.4.1. Insekten

Über 100 verschiedene Schadinsekten sind im natürlichen Verbreitungsgebiet für die Gelbkiefer bekannt, darunter Schmetterlinge, Käfer und Fliegen [158]. Die größten Schäden verursachen Borkenkäfer (*Dendroctonus sp.* und *Ips sp.*) [158].

3.4.2. Pilze

Blaupilze werden durch Borkenkäfer übertragen [158]. Auch weitere Pilzarten wie Hallimasch oder Rostpilze sind bei der Gelbkiefer bekannt [158].

3.4.3. Sonstiges

Zwergmisteln können zur Bildung von Hexenbesen führen [158].

3.5. Konkurrenzkraft

Benötigt viel Licht, daher Konkurrenzschwach gegen andere krautige als auch holzige Arten [161].

3.5.1. Konkurrenz mit einheimischen Arten

Kann nicht gegen Konkurrenzbaumarten konkurrieren [163]. Auch in den Felderhebungen auf trockenen Standorten konnte trotz zahlreicher Zapfen keine Verjüngung der Gelbkiefer festgestellt werden [ED_FE].

3.5.2. Potenzial zur Etablierung einer dauerhaften Population

Keine Literatur gefunden.

Bei den Felderhebungen auf trockenen Standorten konnte trotz zahlreicher Zapfen keine Verjüngung der Gelbkiefer festgestellt werden [ED_FE].

3.5.3. Hybridisierung

Es gibt vier natürliche Varietäten der Gelbkiefer die sich in ihrer Morphologie als auch Verbreitung unterscheiden (Näheres ist in [158] nachzulesen). Auch kommen Hybridisierungen mit anderen Kiefernarten in Nordamerika natürlich vor [158].

3.5.4. Invasives Verhalten

Voranschreitender Klimawandel kann Invasivitätspotential der Gelbkiefer fördern [176]. Bei den Felderhebungen auf trockenen Standorten konnte trotz zahlreicher Zapfen keine Verjüngung der Gelbkiefer festgestellt werden [ED_FE].

3.5.5. Auswirkungen auf die biologische Vielfalt

In ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet spielen Gelbkiefernwälder eine bedeutende Rolle für das Ökosystem. Sie dienen nicht nur als wertvolle Weideflächen für Vieh, sondern auch als wichtige Winterquartiere für verschiedene Wildarten. Die dichte Baumstruktur bietet Schutz und Lebensraum für zahlreiche Tiere. Darüber hinaus sind die Samen der Gelbkiefer eine wichtige Nahrungsquelle für Vögel und Kleinsäuger. Diese Tiere ernähren sich von den nährstoffreichen Samen, die in den Zapfen enthalten sind [158]. Besonders bemerkenswert ist, dass zwei Unterarten des Alberta-Hörnchens (*Sciurus alberti*) speziell auf die Gelbkiefer angewiesen sind. Diese Eichhörnchen Arten haben sich an die Lebensbedingungen in den Gelbkiefernwäldern angepasst und nutzen die Bäume nicht nur als Nahrungsquelle, sondern auch als Lebensraum. Die enge ökologische Verbindung zwischen der Gelbkiefer und diesen Tieren verdeutlicht die wichtige Rolle, die diese Baumart in ihrem natürlichen Habitat spielt [158].

Inwieweit sich diese Aspekte auf heimische Ökosysteme übertragen lassen, ist derzeit nicht bekannt.

3.5.6. Auswirkungen auf die Ökosystemleistungen des Waldes

Die bekannten Ökosystemleistungen der Gelbkiefer sind die Holzproduktion, da ihr robustes Holz in der Bauindustrie und für Möbel genutzt wird. Als Viehweide bietet sie offene Bestände, die als Weideflächen für Nutztiere dienen. Zudem wird sie für die Erholung geschätzt, da ihre Wälder beliebte Ziele für Wanderer und Naturliebhaber sind. [9]

3.5.7. Veränderungen im Lebensraumangebot für einheimische Taxa

Die Plantagenwirtschaft mit der Gelbkiefer wirkt sich negativ auf die Artenvielfalt aus [177].

3.6. Wirtschaftliche Aspekte

Die Gelbkiefer ist in Nordamerika eine der wichtigsten Wirtschaftsbaumarten [158]. Ihr helles und hartes Holz wird vor allem als Konstruktionsholz im Innenausbau, für Grubenholz oder für die Herstellung von Telegraphenmasten verwendet [158]. Von allen nordamerikanischen Kiefernarten ähnelt das Holz der Gelbkiefer am meisten dem der heimischen Weißkiefer [158]. In Bezug auf die Rohdichte und Biegefestigkeit zeigt es ähnliche Werte wie die heimische Fichte, während das Elastizitätsmodul und die Druckfestigkeit etwa 10 % unter denen der Fichte liegen [178]. Anbauversuche in Deutschland ergaben, dass die Gelbkiefer bessere Wuchsleistungen zeigt als die heimische Weißkiefer [179], [180], [181]. Aufgrund ihrer zimtfarbenen Rinde und der langen, dunklen Nadeln wird sie zudem gerne als Parkbaum verwendet [158].

3.7. Waldbauliche Eigenschaften

Die Stämme sind gerade, zylindrisch und nur wenig abholzig. Zudem setzten die Krönen erst hoch an womit ein weiter Teil des Stammes astfrei ist, wobei die Astreinigung erst spät erfolgt [158].

3.7.1. Wurzelsystem

Die Gelbkiefer entwickelt ein tiefreichendes Pfahlwurzelsystem, das bereits im ersten Jahr eine Tiefe von bis zu 60 cm erreichen kann. Im Laufe der Zeit bildet sie ein komplexes Wurzelsystem mit spezialisierten Wurzelformen (z.B. I- und T-förmige Querschnitte), insbesondere in Hanglagen, um mechanischen Belastungen wie Winddruck entgegenzuwirken. Diese Anpassungen verbessern die Standfestigkeit auf steilen Hängen [158], [182].

3.7.2. Verbissemempfindlichkeit

Junge Gelbkiefern sind anfällig für Verbiss durch Wildtiere wie Hirsche und Elche [161]. Insbesondere in den ersten Jahren nach der Pflanzung kann starker Verbiss das Wachstum hemmen oder zum Absterben führen. Schutzmaßnahmen wie Einzäunungen oder Verbissschutzmittel sind daher in gefährdeten Gebieten empfehlenswert. Zudem werden die Pflanzen auch verfegt [158].

3.7.3. Dürretoleranz

Die Gelbkiefer ist äußerst dürretolerant [158]. Ihre tiefreichenden Wurzeln ermöglichen den Zugang zu Wasser in bis zu 9 m Tiefe. Zudem kann sie ihre Spaltöffnungen effizient schließen, um Wasserverlust während Trockenperioden zu minimieren. Diese Eigenschaften ermöglichen ihr das Überleben in trockenen, sandigen oder felsigen Böden [183].

3.7.4. Feueranfälligkeit

Gelbkiefern sind gut an regelmäßige, niederintensive Bodenfeuer angepasst. Sie besitzen dicke, isolierende Borke und selbstreinigende Äste, die sie vor Flammen schützen [158], [184]. Allerdings sind junge Bäume und dicht stehende Bestände anfällig für Feuer, insbesondere bei hoher Feuerintensität oder Trockenstress. Dürre kann die Feuerresistenz von Jungbäumen erheblich verringern [184]. Bei ausbleiben regelmäßiger kleiner Brände kommt es zur Ansammlung von Biomasse im Bestand was die Gefahr eines starken Waldbrand deutlich erhöht [158].

3.7.5. Frosttoleranz

Ältere Gelbkiefern sind im Allgemeinen frosthart. Sämlinge sind jedoch empfindlich gegenüber Frost, insbesondere bei wenig Schneebedeckung. Frosthebungen auf feinkörnigen Böden können die Etablierung von Jungpflanzen beeinträchtigen. Ein dichter Bodenbewuchs kann das Risiko von Frostschäden verringern [158], [162].

3.7.6. Windbruchgefahr

Dank ihres tiefreichenden Wurzelsystems und der Entwicklung spezieller Wurzelformen in Hanglagen zeigt die Gelbkiefer eine hohe Standfestigkeit gegenüber Wind [159], [182], [185]. Diese Anpassungen reduzieren das Risiko von Windwurf, selbst auf steilen Hängen [182]. Auch die Windbruchgefahr ist eher gering [158].

3.7.7. Schneebruchgefahr

In schneereichen Regionen können junge Gelbkiefern durch schwere, nasse Schneelasten beschädigt werden. Dies kann zu Stammverformungen oder -brüchen führen, insbesondere bei hoher Stammzahl

oder außerhalb ihres optimalen Höhenbereichs [158]. Schneebruch bei ausgewachsenen Bäumen auch möglich [158], [161], [164].

3.8. Waldbauliche Empfehlungen

In der Jugend dichte, schmal kegelförmige Kronen. Im Alter werden die Kronen breit, offen und abgeflacht [158].

3.8.1. Naturverjüngung

Für eine erfolgreiche Keimung sind warme Temperaturen und ausreichende Bodenfeuchtigkeit unerlässlich [158]. Die jungen Sämlinge zeigen jedoch nur eine begrenzte Toleranz gegenüber extremen Temperaturen – sowohl Frost als auch Hitze können ihre Entwicklung erheblich beeinträchtigen [158].

Bei den Felderhebungen auf trockenen Standorten konnte trotz zahlreicher Zapfen keine Verjüngung der Gelbkiefer festgestellt werden [ED_FE].

3.8.2. Künstliche Verjüngung

Küstennahe Herkünfte gelten im Vergleich zu Inlandsformen als besonders wüchsig [158]. Für die Bestandesbegründung empfiehlt sich laut Literatur der Einsatz zweijähriger Sämlinge, etwa in einem Pflanzverband von 3 × 4,5 m (entspricht etwa 8–12 Fuß × 12–18 Fuß) [186].

3.8.3. Pflege

Die Gelbkiefer hat immer einen hohen Lichtbedarf [163], daher ist es wichtig die Bestände licht zu halten. In älteren Beständen sollten sich die Kronen nicht berühren [158].

3.8.4. Mögliche Mischbaumarten

Keine spezifische Literatur gefunden.

3.8.5. Forstvermehrungsgutgesetz

In Österreich ist die Gelbkiefer (*Pinus ponderosa*) nicht im Anhang I des Forstlichen Vermehrungsgutgesetzes geregelt. Daher unterliegt sie nicht den spezifischen Anforderungen an Herkunftsnachweise, Zertifizierung oder behördliche Kontrollen bei der Produktion und dem Inverkehrbringen von forstlichem Vermehrungsgut.

Allerdings ist der Anbau der Gelbkiefer im Wald laut Forstgesetz erlaubt. Sie wird als Gastbaumart mit der Anbauempfehlung "3" eingestuft, was bedeutet, dass sie unter bestimmten Bedingungen und mit Vorsicht angebaut werden kann (kaum Erfahrungen, mehr Versuchsanbauten wären nötig,) [187].

3.8.6. Kontrollmethoden

Der Ausbreitungsradius der Gelbkiefer eher gering [158]. Das reduziert die Wahrscheinlichkeit einer unerwünschten Ausbreitung. Außerdem haben die Samen der Gelbkiefer einen hohen Lichtbedarf. Durch Dichtstand des Bestandes ist eine Verhinderung von unerwünschter Naturverjüngung möglich [163].

4. Griechische Tanne

Die Griechische Tanne ist in den Gebirgsregionen Griechenlands beheimatet und bevorzugt das typisch mediterrane Klima - warme, trockene Sommer sowie kühle, feuchte Winter. Sie wächst bevorzugt auf kalkreichen, gut drainierten Böden in höheren Lagen. Die Griechische Tanne erreicht Höhen von bis zu 30 Metern und bildet eine dichte, oft schmal kegelförmige Krone. Ihre Nadeln sind stechend, glänzend dunkelgrün und spiralig am Zweig angeordnet. Die Zapfen stehen aufrecht auf den Zweigen und zerfallen - wie es für Tannen typisch ist- bei Reife. Sie ist trockenresistenter als viele andere Tannenarten und wird daher gelegentlich auch in Mitteleuropa als Alternative in wärmeren Lagen angebaut.

Taxonomie:

Familie:	<i>Pinaceae</i>
Unterfamilie:	<i>Abietoideae</i>
Art:	<i>Abies cephalonica</i>
syn.	<i>Abies alba</i> var. <i>cephalonica</i> (Loudon) Richt.
syn.	<i>Picea cephalonica</i> (Loudon) Loudon

Englisch	Greek fir, Grecian fir
Französisch	Sapin de Grèce, Sapin de Cefalonia
Italienisch	Abete di Cefalonia, Abete greco
Spanisch	Abeto griego, Abeto de Cefalonia



Abbildung 55: Bilder von Griechischen Tannen, Fotos BFW/Konic.

4.1. Verbreitung

4.1.1. Natürliche Verbreitung

Die natürlichen Bestände der Griechische Tanne befinden sich auf dem Peloponnes und im Süden Griechenlands [188]. Gegen Norden hin wird sie durch die Hybride *A. borisii-regis* (*A. alba* x *A. cephalonica*) abgelöst [189]. *A. borisii-regis* reicht im Süden bis zur Straße von Korinth, während die Griechische Tanne im Norden noch bis ins südliche Pindos-Gebirge vertreten ist. Innerhalb dieses Grenzbereiches gibt es zahlreiche intermediäre Formen zwischen den zwei Tannen [190], [191].

4.1.2. Natürliche Waldgesellschaften

Wächst meist in Reinbeständen. Im Randbereich kommt es zu Mischungen mit *Pinus nigra*, *Quercus frainetto* und *Fagus sylvatica* [188]. Sie ist auch Teil von besonders trockenen (*Quercion ilicis*, *Abietp-Pinion*, *Quercion frainetto*) sowie wechselfeuchten (*Ostryopn-Carpinion*, *Fragion hellenicum*) Waldgesellschaften [[192], zitiert nach [188]].

4.1.3. Weltweite Verbreitung

Es gibt vereinzelt Anbauversuche zu der Art, aber wirtschaftlich orientierte Anbauten abseits ihres natürlichen Verbreitungsgebiets sind nicht bekannt [188], [193].

4.2. Standortsansprüche

4.2.1. Klimatische Bedingungen

4.2.1.1. Jahresmitteltemperatur

Die Griechische Tanne wächst in ihrem natürlichen Verbreitungsgebiet in Griechenland in Regionen mit einer Jahresmitteltemperatur zwischen etwa 7,5 °C und 16 °C [194]. Diese Temperaturspanne spiegelt die klimatische Vielfalt der mediterranen Gebirgsregionen wider, in denen die Art heimisch ist.

4.2.1.2. Jahresniederschlag

In ihrer Heimat fallen jährlich zwischen 700 und 1400 mm [188].

4.2.1.3. Kälte-/Hitzetoleranz

Höchsttemperaturen: + 41 °C [195].

Tiefsttemperaturen: -7 bis +7 °C [188] bzw. – 18 °C [195].

4.2.2. Böden

Die Art gedeiht auf einer Vielzahl unterschiedlicher Bodenarten, darunter Rendzinen, Terra rossa, Terra fusca, saure Braunerden sowie podsolierte Sande[195]. Besonders leistungsfähig ist sie auf frischen Lehmböden. Hinsichtlich des Ausgangsgesteins zeigt sie eine breite Standorttoleranz und wächst

sowohl auf Gneis, Serpentin und Triaskalk als auch auf Dolomit, kristallinen Jura-Kalken, Flysch und Schiefer [195].

4.2.3. Lichtansprüche

Erträgt Schatten, aber keine Schattenbaumart [195].

4.2.4. Nährstoffansprüche

Gering [195].

4.2.5. Kalktoleranz

Besiedelt bevorzugt Kalkgestein [188].

4.2.6. pH-Wert

pH 5-8 [188].

4.2.7. Tontoleranz

Keine spezifische Literatur gefunden.

4.2.8. Staunässe- & Grundwassertoleranz

Vernässte Standorte sind ungeeignet [195].

4.2.9. Mineralbodenkeimer

Ja [196].

4.2.10. Blattabbau

In Reinbeständen bildet sich Moder, in Mischbeständen Mull [188].

4.3. Regeneration

4.3.1. Vegetative Vermehrung

Besitzt ein hohes Ausschlagvermögen, welches die Bildung von ‚Kandalaber-Kronen‘ begünstigt [195].

4.3.2. Samenproduktion

Die Art ist Einhäusig [188]. Im Freiland beginnt die Samenproduktion mit 20 bis 25 Jahren, im geschlossenen Bestand mit 30 bis 35 Jahren [188], [195]. Etwa alle 2 bis 4 Jahr kommt es zur Vollmast [188], [195]. Mit 80 Jahren ist der Höhepunkt der Zapfenproduktion erreicht [195].

4.3.3. Samenausbreitungsdistanz

200 bis 400 m [197].

4.3.4. Ausbreitungsmechanismen

Wind [198].

4.3.5. Samenbanken & Keimfähigkeit

Bis zu 70 % der Ernte können aus Hohlkörnern bestehen [188]. Trockenese Saatgut kann bei 3-5 °C bis zu zwei Jahre gelagert werden [188]. Bei -5 bis -15 °C kann die Lagerdauer auf bis zu fünf Jahre erhöht werden [199], [200]. Die Lagerung muss in geschlossenen Gefäßen erfolgen [195].

4.4. Schädlinge und Krankheitserreger

4.4.1. Insekten

Die wirtschaftlich bedeutendsten Insekten sind die Tannenborkenkäfer (*Ips vorontzowi*, *I. curvidens* und *I. spinidens*) sowie die Zapfenschädlinge (*Ernobius abietis*, *E. kailidisi* und *Dioryctria abietella* [201], [202], [203]) und ein Prachtkäfer (*Phaenops knoteki* [195]). Ein Herkunftsversuch mit Griechischer Tanne in sommerwarmen Osten Österreich hat zudem ergeben, dass die Anfälligkeit der Baumart auf den Befall durch Tannenstammlaus (*Dreyfusia piceae*) genetisch fixiert ist [193].

Eine ausführliche Aufzählung der Forstinsekten der Griechischen Tanne haben Kailidis und Georgevits (1972) aufgestellt [siehe [201]].

4.4.2. Pilze

Die griechische Tanne wird häufiger von Insekten als von Pilzen befallen [188].

4.4.3. Sonstiges

Die Tannenmistel (*Viscum album*) kommt sehr häufig auf Alttannen vor [188].

4.5. Konkurrenzkraft

In ihren natürlichen Verbreitungsgebieten, vor allem in den Gebirgsregionen Griechenlands, zeigt die Griechische Tanne eine bemerkenswerte Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche Standorte. Ihre Toleranz gegenüber Trockenheit, Insektenbefall und felsigen, flachgründigen Böden verschafft ihr einen Wettbewerbsvorteil gegenüber anderen mediterranen Tannenarten [204]. Nach Störungen wie Waldbränden ist die Konkurrenzkraft der Griechischen Tanne eingeschränkt [197].

4.5.1. Konkurrenz mit einheimischen Arten

Keine spezifische Literatur gefunden.

4.5.2. Potenzial zur Etablierung einer dauerhaften Population

Wird in Österreich als „etabliert“ eingestuft [205].

4.5.3. Hybridisierung

Die Griechische Tanne hat mit der heimischen Weißtanne die natürliche Hybride Bulgarische Tanne (*A. borissi-regis*) gebildet [189], [206]. Eine natürliche, als auch künstliche Hybridisierung der Griechischen Tanne mit anderen nichtheimischen Tannenarten ist bekannt [195].

4.5.4. Invasives Verhalten

Aktuell sind 14 verwilderte Vorkommen bekannt, die sich in Parks, Gärten und Wäldern finden. Einige dieser Populationen umfassen mehrere hundert junge Bäume und breiten sich auf der Flächen aus [205]. Auch bei einem Teil der Felderhebungen in trockenen Lagen Österreichs könnte eine hohe Anzahl an Tannenkeimlingen vorgefunden werden [ED_FE]. Diese waren meist unter 10 cm hoch, in wenigen Fällen etwas höher.

Weitere Literatur über die eine möglich invasives Verhalten wurde nicht gefunden.

4.5.5. Auswirkungen auf die biologische Vielfalt

Die Griechische Tanne steht auf der weltweiten Liste bedrohter Baumarten [191].

4.5.6. Auswirkungen auf die Ökosystemleistungen des Waldes

Keine spezifische Literatur gefunden.

4.5.7. Veränderungen im Lebensraumangebot für einheimische Taxa

Keine spezifische Literatur gefunden.

4.6. Wirtschaftliche Aspekte

Die Griechische Tanne macht etwa ein Drittel der griechischen Naturholzproduktion aus [195]. Zudem wird sie auch häufig für Christbaumkulturen verwendet [188]. Ihr Holz eignet sich sowohl für Konstruktions-, Tischler-, Kisten- und Brennholz als auch für Masten [[207], zitiert nach [188]]. Es ist fast weiß, relativ weich und weist eine mäßige Druckfestigkeit auf, ist jedoch sehr biege- und zugfest [188], [195]. In der Qualität entspricht es der heimischen Weißtanne und lässt sich durch Astreinigungen noch weiter verbessern [208].

Die wichtigsten Holzeigenschaften der griechischen Tanne sind [199], [208]:

- Darrdichte: 0,414 g/cm³ (im Bereich von 0,369 – 0,437 g/cm³)
- Druckfestigkeit: 438 kg/cm²
- Biegefestigkeit: 888 kg/cm²
- Zugfestigkeit: 990 kg/cm²
- Elastizitätsmodul: 108.000 kg/cm²

Die Holzmasseleistung liegt zwischen 1 und 7 m³/ha/a [[207], zitiert nach [188]]. Aufgrund ihrer Toleranz gegenüber Trockenheit wird die griechische Tanne häufig als Parkbaum verwendet [195]. Bei den Felderhebungen in den trockenen Lagen Österreichs wurden Grundflächenzuwächse zwischen 0,21 und 0,7 m²/ha/Jahr gemessen [ED_FE].

4.7. Waldbauliche Eigenschaften

Ein geradschaftiger, relativ abholziger Baum mit teils dichter und gedrungener Korne [195].

4.7.1. Wurzelsystem

Die Griechische Tanne besitzt eine Pfahlwurzel mit umgebenden kräftigen Wurzelsystem [188]. Die Gesamtlänge der Wurzeln und die Anzahl der Wurzeln nehmen linear zu, wobei die Wurzeldichte mit zunehmendem Abstand vom Stamm abnimmt [209]

4.7.2. Verbissempefindlichkeit

Spezifische Studien zur Verbissempefindlichkeit der Griechischen Tanne liegen nicht vor. Allerdings wird sie aufgrund ihrer scharfen und steifen Nadeln als weniger anfällig für Wildverbiss angesehen. Diese Annahme konnte bei Felderhebungen nicht bestätigt werden, da auch die Griechische Tanne teils stark verbissen wurde [ED_FE].

4.7.3. Dürretoleranz

Im natürlichen Verbreitungsgebiet können Sommertrockenheit von bis zu 7 Monate ohne Schäden überstanden werden [188]. Diese wird aber durch die Bildung von Nebel und Wolken abgemildert [195].

4.7.4. Feueranfälligkeit

Die Griechische Tanne besitzt keine serotinösen Zapfen und hält keine Samenbank aufrechter, dadurch ist sie gefährdeter gegenüber Feuer [197]. In geschlossenen Reinbeständen dieser Tannenart bildet sich keine Bodenvegetation aus, was die Waldbrandgefahr senkt [188], [193].

4.7.5. Frosttoleranz

Sie gilt als winterhart, aber kälteempfindlicher als die heimische Weißtanne [195], insbesondere ist sie empfindlich gegenüber Spätfrost [195], [210].

4.7.6. Windbruchgefahr

Möglich, aber nicht charakteristisch für die Art [195].

4.7.7. Schneebruchgefahr

Möglich, aber nicht charakteristisch für die Art [195].

4.8. Waldbauliche Empfehlungen

Die Umtriebszeit schwankt zwischen 110 und 150 Jahren [188]. Herkunftsversuche in Frankreich empfehlen für den französischen Mittelmeerraum Herkünfte aus Mainalon und Parnon (Peloponnes) und für das Niederschlagsreichere Landesinnere Herkünfte aus dem kontinentalen Pindos [188]. Für Österreich können derzeit keine gesicherten Herkunftsempfehlungen gegeben werden.

4.8.1. Naturverjüngung

Die Verjüngung erfolgt sowohl auf Freiflächen als auch unter dem Kronendach erfolgreich [188]. Als besonders wirkungsvolle Methode hat sich dabei der Schirmschlag erwiesen gezeigt [[211], zitiert nach [188]]. Voraussetzung für das Aufkommen der Verjüngung ist jedoch eine ausreichende Lichtverfügbarkeit im Bestand [193], [195]. Bei Felderhebungen wurde eine teils hohe Zahl an Keimlingen dieser nichtheimischen Tanne vorgefunden. Jedoch konnten kaum Exemplare in höheren Höhenklassen (> 30 cm) vorgefunden werden [ED_FE].

4.8.2. Künstliche Verjüngung

Vor der Aussaat im Frühjahr ist eine 21 bis 28 Tägige Stratifikation notwendig [199], [200].

4.8.3. Pflege

Relativ langsames Jugendwachstum (20-50 cm in 5 Jahren und 100-150 cm in 10 Jahren) [188], [193], dadurch regelmäßige Freistellung der Jungbäume nötig. Zwischen den 15 und 25 Jahr nimmt das Höhenwachstum dann deutlich zu [188].

4.8.4. Mögliche Mischbaumarten

Schwarzkiefer (*Pinus nigra*), Rotbuche (*Fagus sylvatica*), Zedern (*Cedrus sp.*) und Wacholder (*Juniperus sp.*) [188], [206].

4.8.5. Forstvermehrungsgutgesetz

In Österreich ist die Griechische Tanne (*Abies cephalonica*) gemäß dem Forstlichen Vermehrungsgutgesetz (FVG) und der Forstlichen Vermehrungsgutverordnung 2002 als geregelte Baumart anerkannt [157]. Sie unterliegt den Bestimmungen für die Produktion und den Handel von forstlichem Vermehrungsgut [212].

4.8.6. Kontrollmethoden

Das Aufkommen und die Etablierung von Naturverjüngung der Griechischen Tanne lassen sich durch gezielte Steuerung des Lichtangebots und der Oberbodenverhältnisse beeinflussen. Unerwünschte Jungpflanzen können mechanisch entfernt werden. Durch Abschneiden ist die Griechische Tanne meist dauerhaft entfernbar. Zudem wird bei der Griechischen Tanne keine überdauernde Samenbank im Boden gebildet [197].

Literaturverzeichnis

- [1] R. K. Hermann, „The genus *Pseudotsuga*: historical records and nomenclature“, *For. Res. Lab.*, 1982.
- [2] R. K. Hermann, „*Pseudotsuga menziesii*“, in *Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie*, A. Stimm, U. M. Roloff, und H. Weisgerber, Hrsg., John Wiley & Sons, Ltd, 2014. doi: 10.1002/9783527678518.ehg2000045.
- [3] A. R. Weiskittel, N. L. Crookston, und G. E. Rehfeldt, „Projected future suitable habitat and productivity of Douglas-fir in western North America“, *Schweiz. Z. Forstwes.*, Bd. 163, Nr. 3, S. 70–78, März 2012, doi: 10.3188/szf.2012.0070.
- [4] S. R. Martínez, D. S. Mata, und M. Costa, „North American Boreal and Western temperate forest vegetation: (Syntaxonomical synopsis of the potential natural plant communities of North America, II)“, *Itinera Geobot.*, Nr. 12, S. 5–316, 1999.
- [5] E. Wagenknecht, „Waldbauliche Eigenschaften und Behandlung der Douglasie“, in *Die Douglasie und ihr Holz*, K. Göhre und E. Wagenknecht, Hrsg., Berlin: Akademie Verlag, 1958, S. 241–306.
- [6] J. Booth, *Die Douglas-Fichte und einige andere Nadelhölzer namentlich aus dem nordwest-lichen Amerika in Bezug auf ihren forstlichen Anbau in Deutschland*. Springer, 1877.
- [7] M. van Loo und D. Dobrowolska, „Current situation“, in *Douglas-fir-an option for Europe*, Finnland: European Forest Institute, 2019, S. 33–39.
- [8] F. D. Ronch, G. Caudullo, und D. de Rigo, „*Pseudotsuga menziesii* in Europe: distribution, habitat, usage and threats“, in *European Atlas of Forest Tree Species*, 2016, S. 146–147. [Online]. Verfügbar unter: <https://forest.jrc.ec.europa.eu/en/european-atlas/atlas-download-page/>
- [9] R. M. Burns und B. H. Honkala, „Silvics of North America. Volume 1. Conifers.“, *Agric. Handb. Wash.*, Nr. 654, 1990.
- [10] V.-N. Nicolescu u. a., „Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) in Europe: an overview of management practices“, *J. For. Res.*, S. 1–18, 2023.
- [11] M. Englisch, „Die Douglasie - Für und Wider aus standortkundlicher Sicht“, *BFW-Praxisinformation*, Nr. 16, S. 6–8, 2008.
- [12] V. N. Nicolescu, „Natural range, site requirements and shade tolerance“, in *Douglas-fir-an option for Europe*, Finnland: European Forest Institute, 2019, S. 33–39.
- [13] J. A. Moore, „Response of Douglas-fir, grand fir, and western white pine to forest fertilization“, in *Future forests of the Mountain West*, USDA, For.. Serv., Gen. Tech, 1988, S. 226–230.
- [14] R. E. Miller, P. R. Barker, C. E. Peterson, und S. R. Webster, „Using nitrogen fertilizers in management of coast Douglas-fir: I. Regional trends of response“, in *Douglas-fir: Stand management for the future*, College of Forest Resources, University of Washington Seattle, Washington, 1986, S. 290–303.
- [15] T. Vor, H. Spellmann, A. Bolte, C. Ammer, und N. Bartsch, Hrsg., *Potenziäle und Risiken eingeführter Baumarten: Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung*. in Göttinger Forstwissenschaften, no. Band 7. Göttingen: Universitätsverlag Göttingen, 2015.
- [16] T. Wohlgemuth, J. Hafner, A. Höltermann, B. Moser, S. Nehring, und A. Rigling, „Impact of Douglas-fir on forests and open land habitats“, in *Douglas-fir—An Option for Europe*, 2019, S. 57–62.
- [17] W. Wittich, „Der Einfluss der Baumart auf den Bodenzustand“, *Allg Forstz*, Bd. 16, Nr. 2, 1961.
- [18] A. Höltermann, F. Klingenstein, und A. Ssymank, „Naturschutzfachliche Bewertung der Douglasie aus Sicht des Bundesamtes für Naturschutz (BfN)“, *LWF Wissen*, Bd. 59, S. 74–81, 2008.
- [19] J. Prietzel und S. Bachmann, „Verändern Douglasien Wasser und Boden?“, *LWF Aktuell*, Bd. 84, Nr. 50, 2011.
- [20] M. Cremer, N. V. Kern, und J. Prietzel, „Soil organic carbon and nitrogen stocks under pure and mixed stands of European beech, Douglas fir and Norway spruce“, *For. Ecol. Manag.*, Bd. 367, S. 30–40, 2016.
- [21] A. Steinmetz und J. Bauhus, „Naturverjüngung der Douglasie im Stadtwald Freiburg–invasiv“, *AFZ- Wald*, Nr. 8, S. 25–28, 2016.
- [22] A. Bindewald, A. Wedler, und H.-G. Michiels, „Invasivitätsbewertung der Douglasie– Ausschlussflächen für ihren Anbau in Baden-Württemberg“, *FVA-Einblick*, Nr. 2, S. 22–25, 2018.
- [23] G. S. Allen, „Douglas fir seed from young trees“, *J. For.*, Bd. 40, Nr. 9, S. 722–723, 1942.
- [24] H. Walentowski, „Die Douglasie aus naturschutzfachlicher Sicht“, *LWF Wissen*, Bd. 59, S. 67–69, 2008.
- [25] D. Knoerzer, „Zur Naturverjüngung der Douglasie im Schwarzwald“, *Diss Bot*, Nr. 306, S. 1–283, 1999.
- [26] F. Lange, C. Ammer, G. Leitingner, A. Seliger, und S. Zerbe, „Is Douglas Fir [*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco] Invasive in Central Europe? A Case Study From South-West Germany“, *Front. For. Glob. Change*, Bd. 5, S. 844580, Feb. 2022, doi: 10.3389/ffgc.2022.844580.
- [27] J. W. Wright, „Pollen dispersion of some forest trees“, *Stn. Pap. NE-46 Up. Darby PA US Dep. Agric. For. Serv. Northeast. For. Exp. Stn. 42 P*, Bd. 46, 1952.

- [28] D. Knoerzer, U. Kühnel, K. Theodoropoulos, und A. Reif, „Zur Aus- und Verbreitung neophytischer Gehölze in Südwestdeutschland mit besonderer Berücksichtigung der Douglasie“, in *Symposium Neophyten–Gefahr für die Natur*, 1995, S. 67–81.
- [29] S. J. Barnhart, J. R. McBride, und P. Warner, „Invasion of northern oak woodlands by *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco in the Sonoma Mountains of California“, *Madroño*, S. 28–45, 1996.
- [30] M. J. Broncano, M. Vilà, und M. Boada, „Evidence of *Pseudotsuga menziesii* naturalization in montane Mediterranean forests“, *For. Ecol. Manag.*, Bd. 211, Nr. 3, S. 257–263, 2005.
- [31] P. G. Kennedy und J. M. Diaz, „The influence of seed dispersal and predation on forest encroachment into a California grassland“, *Madroño*, Bd. 52, Nr. 1, S. 21–29, 2005.
- [32] J. Dick, „Studies of Douglas fir seed flight in south western Washington“, *Tacoma Weyerhaeuser Timber Co.*, 1955.
- [33] F. C. Sorensen, „Frequency of seedlings from natural self-fertilization in coastal Douglas-fir“, *Silvae Gen*, Bd. 22, S. 20–24, 1973.
- [34] H. Messer, „Über den Samengehalt der Douglasien-Zapfen“, *AFZ*, Bd. 21, S. 104–106, 1966.
- [35] L. A. Isaac, *Reproduction Habits of Douglas-fir*. US Forest Service, 1943.
- [36] J. A. Young und C. G. Young, *Seeds of woody plants in North America*. Portland: Dioscorides Press, 1992.
- [37] A. Bärtels, *Gehölzvermehrung*. Stuttgart: Ulmer Verlag, 1989.
- [38] A. Roques, M.-A. Auger-Rozenberg, P. Capretti, D. Sauvard, N. La Porta, und A. Santini, „Pests and diseases in the native and European range of Douglas-fir.“ European Forest Institute, 2019.
- [39] W. Kruel und G. Teucher, „Die tierischen Feinde der Douglasie“, in *Die Douglasie und ihr Holz*, Göhre K., Hrsg., Berlin: Akademie-Verlag, 1958, S. 405–436.
- [40] B. R. Stephan, „Differences in the resistance of Douglas fir provenances to the woolly aphid *Gilletteella cooleyi*“, *Silvae Genet.*, Nr. 36/2, S. 76–79, 1987.
- [41] C. Tomiczek, „Ist die Douglasie hinsichtlich des Forstschutzes weniger problematisch als heimische Koniferen?“, *BFW-Praxisinformation*, Nr. 16, S. 17–18, 2008.
- [42] E. A. Allen, D. J. Morrison, und G. W. Wallis, *Common tree diseases of British Columbia*. Victoria, B. C. Canadian Forest Service, Pacific Forestry Centre, 1996.
- [43] A. Funk, *Foliar Fungi of western trees*. in Information report, no. BC-X-265. Victoria, B.C: Pacific Forest Research Centre, 1985.
- [44] H. Lyr, „Die Krankheiten der Douglasie“, *Douglasie Ihr Holz*, S. 369–401, 1958.
- [45] US Department of Agriculture, *Diseases of Pacific coast conifers*. in Handbook, no. 521–530. 1978.
- [46] R. N. James und E. H. Bunn, „Factors to be considered in formulating silvicultural regimes for Douglas-fir“, in *Review of Douglas-fir in New Zealand*, in FRI Symposium, no. 15. , 1978, S. 341–343.
- [47] B. Metzler, „Rußige Douglasienschütte“, *Waldschutz-Info*, Nr. 2, 2003, [Online]. Verfügbar unter: <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/schadensmanagement/pilze-und-nematoden/russige-douglasien-schuette#c85888>
- [48] J. Bauhus, A. Bindewald, und H.-G. Michiels, „Douglasie – Potenziale, Risiken und Invasivitätsbewertung“, *Allg. Forstz.-Wald*, S. 34–36, Mai 2017.
- [49] D. Knoerzer, „Zur Einbürgerungstendenz der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirbel) Franco) im Schwarzwald“, *Z Ökol U Natursch*, Bd. 8, S. 31–39, 1999.
- [50] F. M. Thomas, A. Rzepecki, und W. Werner, „Non-native Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii*) in Central Europe: Ecology, performance and nature conservation“, *For. Ecol. Manag.*, Bd. 506, S. 119956, Feb. 2022, doi: 10.1016/j.foreco.2021.119956.
- [51] E. R. Frei, B. Moser, und T. Wohlgemuth, „Competitive ability of natural Douglas fir regeneration in central European close-to-nature forests“, *For. Ecol. Manag.*, Bd. 503, S. 119767, 2022.
- [52] A. L. Orr-Ewing, A. R. Fraser, und I. Karlsson, „Interracial crosses with Douglas fir“, *Br. Columbia Serv Res Note*, Bd. 55, 1972.
- [53] D. P. Lavender und R. K. Hermann, „Douglas-fir: the genus *Pseudotsuga*“, 2014.
- [54] A. L. Orr-Ewing, „Inter- and intraspecific crossing in Douglas-fir *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco“, *Silvae Genet*, Bd. 15, S. 121–126, 1966.
- [55] A. Fanal, G. Mahy, A. Fayolle, und A. Monty, „Arboreta reveal the invasive potential of several conifer species in the temperate forests of western Europe“, *NeoBiota*, Bd. 64, S. 23–42, Jan. 2021, doi: 10.3897/neobiota.64.56027.
- [56] D. M. Richardson und M. Rejmánek, „Conifers as invasive aliens: a global survey and predictive framework: Global invasiveness of conifers“, *Divers. Distrib.*, Bd. 10, Nr. 5–6, S. 321–331, Sep. 2004, doi: 10.1111/j.1366-9516.2004.00096.x.

- [57] A. Bindewald, S. Miocic, A. Wedler, und J. Bauhus, „Forest inventory-based assessments of the invasion risk of *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco and *Quercus rubra* L. in Germany“, *Eur. J. For. Res.*, Bd. 140, S. 883–899, 2021.
- [58] S. Budde, „Auswirkungen des Douglasienanbaus auf die Bodenvegetation im nordwestdeutschen Tiefland“, Cuvillier Verlag, 2006.
- [59] S. Budde und W. Schmidt, „Impact of introduced *Pseudotsuga menziesii* (Douglas Fir) on understorey vegetation: a comparison with native *Fagus sylvatica* (European Beech) and *Pinus sylvestris* (Scots Pine) forests“, 2005.
- [60] T. Vor und W. Schmidt, „Auswirkungen des Douglasienanbaus auf die Vegetation der Naturwaldreservate "Eselskopf"(Nordwesteifel) und "Grünberg"(Pfälzer Wald)“, 2006.
- [61] S. Zerbe, A. Brande, und F. Gladitz, „Kiefer, Eiche und Buche in der Menzer Heide (N-Brandenburg): Veränderungen der Waldvegetation unter dem Einfluß des Menschen“, *Verhandlungen Bot. Ver. Berl. Brandenbg.*, Bd. 133, S. 45–86, 2000.
- [62] T. Tschopp, R. Holderegger, und K. Bollmann, „Auswirkungen der Douglasie auf die Waldbiodiversität“, *Schweiz. Z. Forstwes.*, Bd. 166, Nr. 1, S. 9–15, Jan. 2015, doi: 10.3188/szf.2015.0009.
- [63] J. Prietzel und S. Bachmann, „Changes in soil organic C and N stocks after forest transformation from Norway spruce and Scots pine into Douglas fir, Douglas fir/spruce, or European beech stands at different sites in Southern Germany“, *For. Ecol. Manag.*, Bd. 269, S. 134–148, Apr. 2012, doi: 10.1016/j.foreco.2011.12.034.
- [64] S. Rehschuh, M. Jonard, M. Wiesmeier, H. Rennenberg, und M. Dannenmann, „Impact of European beech forest diversification on soil organic carbon and total nitrogen stocks—a meta-analysis“, *Front. For. Glob. Change*, Bd. 4, S. 606669, 2021.
- [65] M. Cremer und J. Prietzel, „Soil acidity and exchangeable base cation stocks under pure and mixed stands of European beech, Douglas fir and Norway spruce“, *Plant Soil*, Bd. 415, S. 393–405, 2017.
- [66] P. Brang, A. R. Pluess, A. Bürgi, und J. Born, „Potenzial von Gastbaumarten bei der Anpassung an den Klimawandel“, in *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adaptationsstrategien*, 2016.
- [67] H. Utschick, „Baum- und stratenpräferenzen nahrungssuchender waldvogelarten in waldbeständen unterschiedlicher baumartenzusammensetzung“, *Ornithol. Anz.*, Bd. 45, Nr. 1, S. 1–20, 2006.
- [68] J. Müller, „Brutvögel in Douglasien- und Weißtannenbeständen Südwestdeutschlands – Vergleich einer fremdländischen mit einer einheimischen Baumart“, *Vogelwelt*, Nr. 136, S. 43–52, 2016.
- [69] M. Gossner und H. Utschick, „Douglas fir stands deprive wintering bird species of food resource“, *Neobiota*, Bd. 3, S. 105–122, 2004.
- [70] M. M. Gossner u. a., „Deadwood enrichment in European forests—Which tree species should be used to promote saproxylic beetle diversity?“, *Biol. Conserv.*, Bd. 201, S. 92–102, 2016.
- [71] M. D. Ulyshen, S. M. Pawson, M. Branco, S. Horn, E. Richard Hoebeke, und M. M. Gossner, „Utilization of non-native wood by saproxylic insects“, in *Saproxylic Insects: Diversity, Ecology and Conservation*, Springer, 2018, S. 797–834.
- [72] K. Glatz, K. Winter, und H. Niemeyer, „Beitrag zur epigaischen Kaferfauna in niedersächsischen Mischwäldern mit und ohne Douglasie“, *Forst Holz*, Bd. 58, Nr. 1/2, S. 32–36, 2003.
- [73] T. M. Ziesche und M. Roth, „Influence of environmental parameters on small-scale distribution of soil-dwelling spiders in forests: what makes the difference, tree species or microhabitat?“, *For. Ecol. Manag.*, Bd. 255, Nr. 3–4, S. 738–752, 2008.
- [74] A. Zeidler, V. Borůvka, J. Černý, und M. Baláš, „Douglas-fir outperforms most commercial European softwoods“, *Ind. Crops Prod.*, Bd. 181, S. 114828, Juli 2022, doi: 10.1016/j.indcrop.2022.114828.
- [75] W. Liese, E. Moser, und H. Willeitner, „Tränkbarkeit von Douglasiensplintholz aus deutschen Wuchsgebieten“, *Holz Roh-Werkst.*, Nr. 40, 1982.
- [76] Bauer, „Das Holz der Douglasie: Eigenschaften, Sortierung und Verwendung“, *Schriftenr Bayer Forstverein*, Bd. 3, S. 48–66, 1994.
- [77] B. H. Paul, „Wood quality in relation to site quality of second-growth Douglas-Fir.“, *J. For.*, Bd. 48, Nr. 3, S. 175–9, 1950.
- [78] K. Göhre, „Die Douglasie und ihr Holz“, in *Die Douglasie und ihr Holz*, Berlin: Akademie Verlag, 1958, S. 437–564.
- [79] H. Schönauer, „Waldbau mit Douglasie“, *BFW-Praxisinformation*, Nr. 16, S. 9–11, 2008.
- [80] C. Jasser, „Douglasie in Oberösterreich - Möglichkeiten und Grenzen“, *BFW-Praxisinformation*, Nr. 16, S. 19–20, 2008.
- [81] F. Brosinger und R. Baier, „Chancen und Grenzen des Waldbaus mit der Douglasie in Bayern“, *LWF Wissen*, Bd. 59, S. 33–38, 2008.
- [82] B. Metzler, „Waldschutzaspekte bei Douglasie“, *FVA-Einblick*, Bd. 3, S. 6–8, 2010.

- [83] A. L. Behm, A. J. Long, M. C. Monroe, C. K. Randall, W. C. Zipperer, und L. A. Hermansen-Baez, „Fire in the Wildland-Urban Interface: Preparing a Firewise Plant List for WUI Residents“, *EDIS*, Nr. 15, 2004, doi: 10.32473/edis-fr151-2004.
- [84] H. Schönbach und E. Bellmann, „Frostresistenz der Nachkommenschaften von Kreuzungen „grüner“ und „blauer“ Formen der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco).“, *Arch. Forstwes.*, Nr. 16, S. 707–711, 1967.
- [85] J. B. Larsen, „Die Frostresistenz der Douglasie (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) verschiedener Herkünfte mit unterschiedlichen Höhenlagen“, *Silvae Gen.*, Nr. 27, S. 150–156, 1978.
- [86] S. N. Aitken und W. T. Adams, „Genetics of fall and winter cold hardiness of coastal Douglas-fir in Oregon“, *Can. J. For. Res.*, Bd. 26, Nr. 10, S. 1828–1837, Okt. 1996, doi: 10.1139/x26-208.
- [87] R. K. Campbell und F. C. Sorensen, „Cold-acclimation in seedling Douglas-fir related to phenology and provenance“, *Ecology*, Bd. 54, Nr. 5, S. 1148–1151, 1973.
- [88] G. E. Rehfeldt, „Local Differentiation of Populations of Rocky Mountain Douglas-fir“, *Can. J. For. Res.*, Bd. 4, Nr. 3, S. 399–406, Sep. 1974, doi: 10.1139/x74-057.
- [89] A. Albrecht, U. Kohnle, M. Hanewinkel, und J. Bauhus, „Storm damage of Douglas-fir unexpectedly high compared to Norway spruce“, *Ann. For. Sci.*, Bd. 70, Nr. 2, S. 195–207, 2013.
- [90] H. Spiecker, M. Lindner, und J. K. Schuler, *Douglas-fir: an option for Europe*. European Forest Institute, 2019.
- [91] B. C. Nicoll, B. A. Gardiner, B. Rayner, und A. J. Peace, „Anchorage of coniferous trees in relation to species, soil type, and rooting depth“, *Can. J. For. Res.*, Bd. 36, Nr. 7, S. 1871–1883, 2006.
- [92] T. D. Leininger, P. R. Miller, S. L. Schilling, und P. H. Dunn, „Seedling responses of five species of western conifers to simulated ambient sulfur dioxide exposures“, *For. Sci.*, Bd. 37, Nr. 6, S. 1538–1549, 1991.
- [93] A. Reif, U. Wagner, und C. Bieling, „Analyse und Diskussion der Erhebungsmethoden und Ergebnisse der zweiten Bundeswaldinventur vor dem Hintergrund ihrer ökologischen und naturschutzfachlichen Interpretierbarkeit“, 2005.
- [94] S. Lüh, „Beschreibung spontaner Mischnaturverjüngungen aus Buche (*Fagus sylvatica*, Linne) und Douglasie (*Pseudotsuga menziesii*, Franco) unter Berücksichtigung der lichtökologischen Verhältnisse“, Diplomarbeit, 1997.
- [95] J. Meyer-Ohlendorf, „Entwicklung der Douglasiennaturverjüngung (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) in Abhängigkeit vom Strahlungsgenuß im Bereich des Niedersächsischen Tieflands“, PhD Thesis, 1996.
- [96] M. Eggert, „Die Douglasie in Bayern (1. Teil): Wie verjüngt sich die Douglasie“, *AFZ- Wald*, Bd. 11, S. 27–29, 2014.
- [97] T. Vor, „Bodenvegetation und Naturverjüngung in Douglasien-Altbeständen“, 2011.
- [98] B. D. Cleary, R. D. Greaves, und R. K. Hermann, *Regenerating Oregon's forests: a guide for the regeneration forester*. Oregon: Oregon State University, 1978.
- [99] P. W. Owston und W. I. Stein, „*Pseudotsuga* Carr.–Douglas-fir“, *Agric Handb US Dep Agric*, 1974.
- [100] Y. A. El-Kassaby, D. G. W. Edwards, und D. W. Taylor, „Genetic control of germination parameters in Douglas-fir and its importance for domestication“, *Silvae Genet.*, Bd. 41, Nr. 1, S. 48–54, 1992.
- [101] U. Kohnle, „Douglasienanbau in Südwest-Deutschland: waldbauliche Erfolgsfaktoren“, *BFW-Praxisinformation*, Nr. 16, S. 12–13, 2008.
- [102] B. R. Eberhard, T. Eckhart, und H. Hasenauer, „Evaluating Strategies for the Management of Douglas-Fir in Central Europe“, *Forests*, Bd. 12, Nr. 8, S. 1040, Aug. 2021, doi: 10.3390/f12081040.
- [103] U. Kohnle, J. Klädtke, und B. Chopard, „Management of Douglas-fir“, in *Spiecker H., Lindner M., Schuler J. (ed.), Douglas-fir-an option for Europe*. European Forest Institute, Joensuu, 2019, S. 73–83.
- [104] H. M. McKay und A. D. Miller, „Species and seasonal variability in the sensitivity of seedling conifer roots to drying and rough handling“, *Forestry*, Bd. 73, Nr. 3, S. 259–270, März 2000, doi: 10.1093/forestry/73.3.259.
- [105] L. Weizenbacher, „Herkunfts Auswahl bei Douglasie - der Schlüssel für einen erfolgreichen Anbau“, *BFW-Praxisinformation*, Nr. 16, S. 3–5, 2008.
- [106] C. Ammer, A. Bolte, A. Herberg, A. Höltermann, und A. Krüss, „Vertreterinnen und Vertreter von Forstwissenschaft und Naturschutz legen gemeinsame Empfehlungen für den Anbau eingeführter Waldbaumarten vor. Gemeinsames Papier des DVFFA und des BfN“, *Gemeinsames Pap. DVFFA BfN Nat Schutz Landsch Plan*, Bd. 48, S. 170–172, 2016.
- [107] H. Lu u. a., „Species and soil effects on overyielding of tree species mixtures in the Netherlands“, *For. Ecol. Manag.*, Bd. 409, S. 105–118, 2018.
- [108] V. Podrázský, I. Kupka, und H. Prknová, „Substitution of Norway spruce for Douglas-fir: changes of soil microbial activities as climate change induced shift in species composition—a case study“, *Lesn. Cas.*, Bd. 66, Nr. 2, S. 71–77, 2020.

- [109] Bundesamt für Wald, „In-Verkehr-Bringen“, Zugriffen: 17. April 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bundesamt-wald.at/forstliches-vermehrungsgut/in-verkehr-bringen/in-verkehr-bringen.html?utm_source=chatgpt.com
- [110] R. Holderegger, K. Bollmann, P. Brang, und T. Wohlgemuth, „Auswirkungen des Douglasienanbaus auf die Biodiversität: wichtige Forschungsfragen (Essay)“, *Schweiz. Z. Forstwes.*, Bd. 168, Nr. 1, S. 21–25, Jan. 2017, doi: 10.3188/szf.2017.0021.
- [111] A. Marinšek, A. Bindewald, F. Kraxner, N. La Porta, P. Meisel, und K. Lapin, Hrsg., *Management nicht heimischer Baumarten in den Wäldern des Alpenraumes*. 2022.
- [112] W. Ruetz, „Abies grandis“, in *Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie*, John Wiley & Sons, Ltd, 2014, S. 1–10. doi: 10.1002/9783527678518.ehg2011000.
- [113] T. Musgrave, C. Gardner, und W. Musgrave, *Pflanzensammler und-entdecker: zweihundert Jahre abenteuerlicher Expeditionen*. Christian, 1999.
- [114] A. M. Fletcher, Hrsg., „IUFRO Abies grandis provenance experiments: Nursery stage results“, 1986, Zugriffen: 11. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=8236890>
- [115] H. Spellmann, P. Brang, S. Hein, und M. Geb, „4. Baumartenportraits Baumartenportraits - Große Küstentanne“, in *Potenziale und Risiken eingeführter Baumarten. Baumartenportraits mit naturschutzfachlicher Bewertung*, 2015.
- [116] R. Hermann, „Abies grandis in ihrem Heimatland“, *Neuere Grundlagen Für Den Anbau Von Abies Gd.*, S. 6–30, 1981.
- [117] H. Spellmann, M. Geb, J. Nagel, R. Nagel, und M. Schmidt, „Verwendungsorientierte managementstrategien für buchen-küstentannen-mischbestände“, *Forst Holz*, Bd. 65, Nr. 1, S. 12–19, 2010.
- [118] J. F. Franklin und C. T. Dyrness, *Natural vegetation of Oregon and Washington*, Bd. 8. US Government Printing Office, 1973. Zugriffen: 11. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://books.google.com/books?hl=de&lr=&id=55Kgb45n2gC&oi=fnd&pg=PA1&dq=natural+vegetation+of+oregon+and+washington&ots=z1-VHMWxc3&sig=Tqkzm7V5-9J9mwl3ScYw0gfQlr8>
- [119] R. Petersen, „Kurzportrait Große Küstentanne (Abies grandis)“, *Waldwissen.net*. Zugriffen: 13. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.waldwissen.net/de/waldwirtschaft/waldbau/grosse-kuestentanne>
- [120] K. Weege, „Beobachtungen am Wachstum der Küstentanne in Nordrhein-Westfalen“, *Allg. Forstz.*, Bd. 25, S. 703–706, 1988.
- [121] F. C. Hall, „Ecology of grand fir“, in *Proceedings of the biology and management of true fir in the Pacific Northwest symposium*, 1981, S. 24–26.
- [122] T. Chech, „Hallimasch (Honigpilz) – ein zunehmendes Problem in der Waldverjüngung Erkennung – Bedeutung – Epidemiologie – Maßnahmen“. 2018.
- [123] J. Stratmann, „Ausländer-Anbau in Niedersachsen“, *Forst Holz*, Bd. 46, Nr. 9, S. 235–237, 1991.
- [124] M. W. Foiles, „Grand fir, Abies grandis (Dougl.) Lindl“, *Silv. For. Trees U. S.*, S. 19–24, 1965.
- [125] Y. Tanaka, „Biology of Abies seed production“, in *Proceedings of the biology and management of true fir in the Pacific Northwest symposium. Contribution*, 1982, S. 103–111.
- [126] N. J. Turner, „Ethnobotany of coniferous trees in Thompson and Lillooet interior salish of British Columbia“, *Econ. Bot.*, Bd. 42, Nr. 2, S. 177–194, Apr. 1988, doi: 10.1007/BF02858918.
- [127] K. W. Seidel, *Natural Regeneration After Shelterwood Cutting in a Grant Fir-Shasta Red Fir Stand in Central Oregon*, Bd. 259. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and ..., 1979. Zugriffen: 18. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://books.google.com/books?hl=de&lr=&id=r0WUptcmX88C&oi=fnd&pg=PA1&dq=natural+regeneration+after+shelterwood+cutting&ots=IgHnEmgfaQ&sig=8-C-F8xvnxR5yHqAM8rNllvwJJM>
- [128] M. Bachmann, M. Konnert, und A. Schmiedinger, „Vielfalt schaffen, Risiko verringern – Gastbaumarten als Alternativen zur Fichte“, *LWF-Wissen*, Nr. 63, S. 22–30, 2009.
- [129] C. Topik, N. M. Halverson, und D. G. Brockway, *Plant association and management guide for the western hemlock zone: Gifford Pinchot National Forest*. US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Region, 1986. Zugriffen: 18. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://books.google.com/books?hl=de&lr=&id=IbIKRWQGFOUC&oi=fnd&pg=PP7&dq=topik+1986+wester+n+hemlock&ots=f4v4MSIZgF&sig=gQ5miGm-dofor1Lk6AWWOK3UM90>
- [130] H. William, *Textbook of dendrology*. New York: McGraw-Hill Book Comp. Inc., 1958.
- [131] P. E. Aho und E. Paul, „Decay of grand fir in the Blue Mountains of Oregon and Washington. Res. Pap. PNW-229. Portland, OR: US Department of Agriculture, Forest Service“, *Pac. Northwest For. Range Exp. Stn.*, 1977.

- [132] D. E. Etheridge und H. M. Craig, „Factors influencing infection and initiation of decay by the Indian paint fungus (*Echinodontium tinctorium*) in western hemlock“, *Can. J. For. Res.*, Bd. 6, Nr. 3, S. 299–318, Sep. 1976, doi: 10.1139/x76-041.
- [133] O. C. Maloy, „A review of *Echinodontium tinctorium* Ell. & Ev., the Indian paint fungus.“, *Bull. Wash. Agric. Exp. Stn.*, Nr. 686, 1967, Zugriffen: 18. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19670604159>
- [134] F. H. Eyre, „Forest cover types“, *Wash. DC Soc. Am. For.*, 1980, Zugriffen: 13. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://search.iczhiku.com/paper/y3f5WXIB1ER5T77B.pdf>
- [135] E. Röhring, „Neuere Grundlagen für den Anbau von *Abies grandis*“, 54, 1981.
- [136] A. Kormutak u. a., „Artificial hybridization of some *Abies* species“, *Plant Syst. Evol.*, Bd. 299, Nr. 6, S. 1175–1184, Juni 2013, doi: 10.1007/s00606-013-0787-9.
- [137] R. F. Daubenmire und J. B. Daubenmire, „Forest vegetation of eastern Washington and northern Idaho“, 1968.
- [138] S. Vogel, H. Bussler, S. Finnberg, J. Müller, E. Stengel, und S. Thorn, „Diversity and conservation of saproxylic beetles in 42 European tree species: an experimental approach using early successional stages of branches“, *Insect Conserv. Divers.*, Bd. 14, Nr. 1, S. 132–143, Jan. 2021, doi: 10.1111/icad.12442.
- [139] C. D. Oliver und R. M. Kenady, „Proceedings of the Biology and Management of True Fir in the Pacific Northwest Symposium“, *No Title*, 1982, Zugriffen: 11. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282272989528192>
- [140] F. Hapla, „Verwendungsmöglichkeiten für Küstentannen-Schnittholz“, *LWF Wissen*, Bd. 66, S. 74–75, 2011.
- [141] E. Schwab und J. Stratmann, „Holzeigenschaften norddeutscher Küstentannen“, *Forstund Holzwirt*, Bd. 38, S. 252–256, 1983.
- [142] H. Riebel, „Die Grosse Kustentanne: Holzeigenschaften und Holzverwendung“, *Forst Holz*, Bd. 62, Nr. 6, S. 21, 2007.
- [143] S. Pelz, I. Mehlin, G. Becker, und M. Bucking, „Eigenschaften und Verwendungsoptionen von *Abies grandis* und *Abies procera*“, *FORST HOLZ*, Bd. 58, Nr. 10, S. 290–295, 2003.
- [144] H. M. Rau, H. Weisgerber, J. Kleinschmit, J. Svolba, R. Dimpflmeier, und W. Ruetz, „Vorläufige Erfahrungen mit Küsten-Tannen-Provenienzen in West-Deutschland (Preliminary experience with grand fir provenances in West Germany)“, *Forst Holz*, Bd. 46, S. 245–249, 1991.
- [145] K. Kreutzer, M. Führich, und H. Zercher, „Wurzeluntersuchungen an *Abies grandis*“, *Allg. Forstz.*, Bd. 25, S. 720–721, 1988.
- [146] Y. Xu und H. Fölster, „Vergleichende Untersuchung über Durchwurzelungstiefe und Wurzelverteilung von Küstentanne und Fichte auf pseudovergleyten Böden“, *Forst Holz*, Bd. 47, Nr. 18, S. 560–565, 1992.
- [147] CABI, „*Abies grandis* (grand fir)“. S. 1906, 20. November 2019. doi: 10.1079/cabicompendium.1906.
- [148] M. Liesebach und L. Weissenbacher, „Erfahrungen mit *Abies grandis* in Sommerwarmen Gebieten Österreichs“, *Forst Holz*, Bd. 62, Nr. 6, S. 19, 2007.
- [149] S. Hein, T. B. Jaumann, und U. Kohnle, „Zum Höhenwachstum von *Abies grandis* in Baden-Württemberg“, *AFZ-DerWald*, Bd. 3, S. 16–17, 2014.
- [150] K. Lockow und J. Lockow, „Anbau der Grossen Kustentanne in Brandenburg aus ertragskundlicher Sicht“, *Forst Holz*, Bd. 62, Nr. 6, S. 15, 2007.
- [151] A. Burkart, „Angaben zur Samenernte, Klengung, Samenlagerung, Samenausbeute und zur Anzucht von Baum- und Straucharten“, Eidgenössische Forschungsanstalt WSL, Birmensdorf, 2000.
- [152] J. R. Aldhous und A. J. Low, „The potential of western hemlock, western red cedar, grand fir and noble fir in Britain.“, *For. Comm. Bull.*, Nr. 49, 1974, Zugriffen: 18. Oktober 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19751323918>
- [153] R. T. Graham, „Influence of stand density on development of western white pine, redcedar, hemlock, and grand fir in the Northern Rocky Mountains“, *Gen. Tech. Rep. INT-US Dep. Agric. For. Serv. Intermt. Res. Stn. USA*, 1988.
- [154] W. Ruhm, „Die Große Küstentanne, tolerant bei Trockenheit und Schneedruck“, *Landwirtsch.*, Bd. 6, S. 28–29, 2013.
- [155] J. Nagel, „Das Wachstum von *Abies grandis*–Mischbeständen im Forstbezirk Syke“, *Tagungsbericht Sekt. Ertragskunde Im DVFFA Verden*, S. 201–211, 1990.
- [156] G. Büttner und W. Kramer, „Zur Entwicklung von Mischbeständen von *Abies grandis* (Lindley) im Forstamt Syke“, *Forstarchiv*, Bd. 63, S. 219–230, 1992.
- [157] BUNDESGESETZBLAT, *Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über forstliches Vermehrungsgut (Forstliche Vermehrungsgutverordnung 2002)*. 2002, S. 34.

- [158] B. R. Stephan und C. Stephan, „Pinus ponderosa“, in *Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie*, 2014.
- [159] J. L. Farrar, *Trees in Canada*, 3rd impr. Markham, Ontario: Fitzhenry & Whiteside [u.a.], 1997.
- [160] R. Parish, R. Coupé, und D. Lloyd, *Plants of southern interior British Columbia*. Lone Pine, 1996.
- [161] W. W. Oliver und R. A. Ryker, „Pinus ponderosa Dougl. ex Laws. ponderosa pine“, in *Silvics of north America*, Bd. 1, US Department of Agriculture, Forest Service, 1990, S. 413. Zugegriffen: 2. Januar 2025. [Online]. Verfügbar unter: [https://books.google.com/books?hl=de&lr=&id=1qksAQAAAMAJ&oi=fnd&pg=PA413&dq=LIVER+,+W.+O.%3B+RYKER,+R.+A.,+1990:+Pinus+ponderosa+D+OUGL.+ex+L+AWS.+%E2%80%93+Ponderosa+Pine.+In:+BURNS,+R.+M.%3B+H+ON-KALA,+B.+H.+\(Techn.+Coord.\):+Silvics+of+North+America.+Vol.+1.+Conifers.+USDA,+For.+Serv.,+Agric.+Handb.+654.&ots=mQ2VxYilqA&sig=8WCm-22px4KRbOA02M62JguePac](https://books.google.com/books?hl=de&lr=&id=1qksAQAAAMAJ&oi=fnd&pg=PA413&dq=LIVER+,+W.+O.%3B+RYKER,+R.+A.,+1990:+Pinus+ponderosa+D+OUGL.+ex+L+AWS.+%E2%80%93+Ponderosa+Pine.+In:+BURNS,+R.+M.%3B+H+ON-KALA,+B.+H.+(Techn.+Coord.):+Silvics+of+North+America.+Vol.+1.+Conifers.+USDA,+For.+Serv.,+Agric.+Handb.+654.&ots=mQ2VxYilqA&sig=8WCm-22px4KRbOA02M62JguePac)
- [162] N. T. Mirov, „The genus Pinus Ronald Press“, N. Y., 1967.
- [163] R. J. Shaw und D. On, *Plants of Waterton-Glacier National Parks, and the Northern Rockies*. Mountain Press Pub. Co., 1979.
- [164] G. H. Schubert, *Silviculture of southwestern ponderosa pine: the status of our knowledge*, Bd. 123. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Forest Service, US ..., 1974. Zugegriffen: 7. Januar 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://books.google.com/books?hl=de&lr=&id=yF6Ef7a--HYC&oi=fnd&pg=PA1&dq=silviculture+of+southwestern+ponderosa+pine&ots=3agZpLYTfj&sig=kOVimCRHn-KwAXLE0kHM2xqG8oo>
- [165] D. T. Gordon, „Slash disposal and seedbed preparation by tractor“, *J. For.* 54 11 771-773, Bd. 54, Nr. 11, S. 771–773, 1956.
- [166] S. C. Hart, M. K. Firestone, und E. A. Paul, „Decomposition and nutrient dynamics of ponderosa pine needles in a Mediterranean-type climate“, *Can. J. For. Res.*, Bd. 22, Nr. 3, S. 306–314, März 1992, doi: 10.1139/x92-040.
- [167] J. Bärner, „Die Nutzhölzer der Welt“, *No Title*, 1942, Zugegriffen: 2. Januar 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://cir.nii.ac.jp/crid/1130282270185826176>
- [168] J. Fryer, „Pinus ponderosa var. benthamiana, P. p. var. ponderosa: Ponderosa pine“, in *Fire Effects Information System*, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Missoula Fire Sciences Laboratory, 2018. [Online]. Verfügbar unter: <http://www.fs.usda.gov/database/feis/plants/tree/pinponp/all.html>
- [169] A. von Schönborn, *Die Aufbewahrung des Saatgutes der Waldbäume*. BLV Verlagsgesellschaft, 1964.
- [170] F. T. Bonner und R. P. Karrfalt, *The woody plant seed manual*. Forest Service, 2008. Zugegriffen: 3. Januar 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://books.google.com/books?hl=de&lr=&id=Orn5YBjJvS8C&oi=fnd&pg=PR5&dq=The+Woody+Plant+Seed+Manual&ots=AHB0Tufj2U&sig=bNxmfBlpxEcQzxUMIS5fv1mrGGY>
- [171] R. J. Hoff, *Susceptibility of ponderosa pine to western gall rust within the middle Columbia River system*, Bd. 416. US Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, 1990. Zugegriffen: 3. Januar 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://books.google.com/books?hl=de&lr=&id=EGJaR4A5-9kC&oi=fnd&dq=HOFF,+R.+J.,+1990:+Susceptibility+of+ponderosa+pine+to+western+gall+rust+within+the+middle+Columbia+River+system.+Research+Paper,+Intermountain+Research+Station,+USDA,+For.+Serv.+INT-416,+1-7&ots=GR7F7Pqb2W&sig=k54FarWda9S2XFrSQiB6zyBETVM>
- [172] R. J. Hoff, „Resistance to western gall rust in artificially inoculated ponderosa pine“, *Can. J. For. Res.*, Bd. 21, Nr. 9, S. 1316–1320, Sep. 1991, doi: 10.1139/x91-185.
- [173] W. Merrill, N. Wenner, und B. Towers, „Resistance of Pinus ponderosa to Endocronartium harknessii in Pennsylvania.“, 1986, Zugegriffen: 3. Januar 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19861317507>
- [174] G. W. Peterson, „Resistance to Dothistroma pini within geographic seed sources of Pinus ponderosa.“, *Phytopathology*, Bd. 74, Nr. 8, S. 956–960, 1984.
- [175] C. S. Thomas, J. H. Hart, und C. E. Cress, „Severity of Endocronartium harknessii in two provenance stands of Pinus ponderosa in Michigan.“, 1984, Zugegriffen: 3. Januar 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19841302292>
- [176] A. L. Iglesias, M. A. Nuñez, und J. Paritsis, „The potential effect of climate change on the establishment of invasive pines in Patagonia“, *Plant Ecol.*, Bd. 223, Nr. 10–12, S. 1207–1218, Dez. 2022, doi: 10.1007/s11258-022-01268-z.
- [177] A. Ch. Braun, D. Troeger, R. Garcia, M. Aguayo, R. Barra, und J. Vogt, „Assessing the impact of plantation forestry on plant biodiversity“, *Glob. Ecol. Conserv.*, Bd. 10, S. 159–172, Apr. 2017, doi: 10.1016/j.gecco.2017.03.006.

- [178] E. Schwab, „Eigenschaften importierter kanadischer Nadelhölzer“, *Holz Als Roh- Werkst.*, Bd. 50, Nr. 10, S. 416–416, Okt. 1992, doi: 10.1007/BF02627616.
- [179] P. A. Insinna, B. Götz, G. Aas, und H. Schill, „Vergleichende Untersuchungen zum Wachstum von *Pinus ponderosa* DOUGL. ex P. LAWS. und *Pinus sylvestris* L“, *Nord. Arch. F Forstwes. U Landschaftsökologie*, Bd. 40, S. 106–113, 2006.
- [180] B. R. Stephan, „Provenienzversuch mit 19jährigen *Pinus ponderosa* in Nordwestdeutschland“, *Forst Holzwirt*, 1977.
- [181] H. Zimmerle, „Anbauwürdigkeit fremdländischer Holzarten nach neueren Erfahrungen in Württemberg“, *Allg. Forstz.*, Bd. 5, S. 135–138, 1950.
- [182] R. K. Dumroese, M. Terzaghi, D. Chiatante, G. S. Scippa, B. Lasserre, und A. Montagnoli, „Functional Traits of *Pinus ponderosa* Coarse Roots in Response to Slope Conditions“, *Front. Plant Sci.*, Bd. 10, S. 947, Juli 2019, doi: 10.3389/fpls.2019.00947.
- [183] University of Vermont, „Omeka@CTL | UVM Tree Profiles :: Natural History: Superior Drought Tolerance“. Zugegriffen: 17. April 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://libraryexhibits.uvm.edu/omeka/exhibits/show/uvmtrees/ponderosa-pine-introduction/ponderosa-pine-natural-history/ponderosa-pine-drought?utm_source=chatgpt.com
- [184] J. Howard, „*Pinus ponderosa* var. *brachyptera*, P. p. var. *scopulorum*“, Fire Effects Information System. Zugegriffen: 17. April 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.fs.usda.gov/database/feis/plants/tree/pinpons/all.html>
- [185] G. B. Sudworth, *Forest trees of the Pacific slope*. US Government Printing Office, 1908. Zugegriffen: 3. Januar 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://books.google.com/books?hl=de&lr=&id=OLklqecZ4ocC&oi=fnd&pg=PA9&dq=SUDWORTH+,+G.+B.,+1908:+Forest+trees+of+the+Pacific+slope.+USDA,+For.+Serv.,+Washington,+42-46&ots=BMhZ3quf55&sig=M3iEqgzqzQE054aSDJ3gvLQF2XM>
- [186] Kansas Forest Service, „Ponderosa Pine“, Kansas Forest Service. Zugegriffen: 7. Januar 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://www.kansasforests.org/conservation_trees/products/evergreens/ponderosapine.html
- [187] Landwirtschaftskammer Niederösterreich, „Gastbaumarten“. 2018.
- [188] B. Fady, „*Abies cephalonica*“, in *Enzyklopädie der Holzgewächse: Handbuch und Atlas der Dendrologie*, John Wiley & Sons, Ltd, 2014, S. 1–8. doi: 10.1002/9783527678518.ehg1998025.
- [189] J. Mattfeld und L. Loeske, *Bibliotheca botanica*. Schweizerbart, 1930.
- [190] D. J. Mitsopoulos und C. P. Panetsos, „Origin of Variation in Fir forests of Greece“, *Silvae Genet.*, Bd. 36, S. 1, 1987.
- [191] F. Aljos, C. N. Page, und N. Schellevis, „A preliminary world list of threatened conifer taxa“, *Biodivers. Conserv.*, Bd. 2, Nr. 3, S. 304–326, Juni 1993, doi: 10.1007/BF00056675.
- [192] M. Barbero und P. Quézel, „Les groupements forestiers de Grèce centro-méridionale“, *Ecol. Mediterr.*, Bd. 2, Nr. 1, S. 3–86, 1976.
- [193] M. Liesebach, L. Weissenbacher, und U. Schultze, „Forstliche Erfahrungen mit *Abies cephalonica* im sommerwarmen Osten Österreichs“, *Dendrol. Ges.*, Bd. 92, S. 62–76, 2007.
- [194] A. M. Jagodziński u. a., „Biodiversity of Greek fir (*Abies cephalonica* Loudon) experimental stands in Rogów Arboretum (Poland)“, *Acta Sci. Pol. Silvarum Colendarum Ratio Ind. Lignaria*, Bd. 10, Nr. 4, S. 5–15, Dez. 2011.
- [195] P. Schütt, „*Abies cephalonica*“, in *Tannenarten Europas und Kleinasien*, Basel: Birkhäuser Basel, 1991, S. 57–68. doi: 10.1007/978-3-0348-7689-6_5.
- [196] Y. Raftoyannis, I. Spanos, und K. Radoglou, „The decline of Greek fir (*Abies cephalonica* Loudon): Relationships with root condition“, *Plant Biosyst. - Int. J. Deal. Asp. Plant Biol.*, Bd. 142, Nr. 2, S. 386–390, Juli 2008, doi: 10.1080/11263500802151017.
- [197] Y. Raftoyannis, I. Spanos, und Central Greece University of Applied Sciences, Department of Forestry, Demokratias 3, GR-36100 Karpenisi, Greece, „Regeneration of *Abies cephalonica* Loudon after a Large Fire in Central Greece“, *South-East Eur. For.*, Bd. 6, Nr. 1, März 2014, doi: 10.15177/seefor.15-04.
- [198] A. Christopoulou, D. Kazanis, N. Fyllas, und M. Arianoutsou, „Post-fire recovery of *Abies cephalonica* forest communities: the case of Mt Parnitha National Park, Attica, Greece“, *IForest - Biogeosciences For.*, Bd. 11, Nr. 6, S. 757–764, Dez. 2018, doi: 10.3832/for2744-011.
- [199] C. P. Panetsos, „Monograph of *Abies cephalonica* Loudon.“, 1977, Zugegriffen: 14. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19770637205>
- [200] T.-S. Liu, „A monograph of the genus *Abies*.“, *Monogr. Genus Abies*, 1971, Zugegriffen: 14. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19740620196>

- [201] D. S. Kailidis und R. P. Georgevits, „Forstinsekten Griechenlands. Tanneninsekten“, *Anz. Für Schädlingkunde Pflanzenschutz*, Bd. 45, Nr. 2, S. 25–28, Feb. 1972, doi: 10.1007/BF01894026.
- [202] S. Markalas und D. S. Kailidis, „*Ernobius kailidisi* Johnson (1975) (Coleoptera, Anobiidae), ein neuer Tannenzapfenschädling in Griechenland“, *Anz. Für Schädlingkunde Pflanzenschutz Umweltschutz*, Bd. 55, Nr. 2, S. 23–27, Feb. 1982, doi: 10.1007/BF01906235.
- [203] D. S. Kailidis und S. Markalas, „Dürreperioden in Zusammenhang mit sekundärem Absterben und Massenvermehrungen rindenbrütender Insekten in den Wäldern Griechenlands“, *Anz. Für Schädlingkunde Pflanzenschutz Umweltschutz*, Bd. 61, Nr. 2, S. 25–30, 1988.
- [204] G. Caudullo, E. Welk, und J. San-Miguel-Ayanz, „*Abies cephalonica*: Chorological maps for the main European woody species“, *Data Brief*, Bd. 12, S. 662–666, Juni 2017, doi: 10.1016/j.dib.2017.05.007.
- [205] F. Essl, „Introduction, spread and distribution of *Abies cephalonica* in Austria“, *BiolInvasions Rec.*, Bd. 11, Nr. 3, S. 593–599, 2022.
- [206] G. Caudullo und W. Tinner, „*Abies* – Circum-Mediterranean firs in Europe: distribution, habitat, usage and threats“, in *European atlas of forest tree species.*, European Commission. Joint Research Centre., Hrsg., LU: Publications Office, 2016. Zugriffen: 15. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://data.europa.eu/doi/10.2760/776635>
- [207] C. Makris, „Les types de forêts grecques d’*Abies cephalonica* et leur production“, *Bull. Ecole Natl. Supér. Agron. Nancy*, Nr. Vol.3, (1), S. 76–84, 1961.
- [208] D. Svarnas, *Untersuchungen über die Holzeigenschaften der griechischen Tanne: Abies cephalonica Loud.* Münden, 1964.
- [209] I. Spanos, P. Ganatsas, und Y. Raftoyannis, „The root system architecture of young Greek fir (*Abies cephalonica* Loudon) trees“, *Plant Biosyst. - Int. J. Deal. Asp. Plant Biol.*, Bd. 142, Nr. 2, S. 414–419, Juli 2008, doi: 10.1080/11263500802151082.
- [210] B. Fady, M. Arbez, und P. Ferrandes, „Variability of juvenile Greek firs and stability of characteristics with age.“, 1992, Zugriffen: 15. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19921626032>
- [211] C. Mouloupoulos, *Régénération naturelle des peuplements de sapin en Grèce et particulièrement dans la forêt de Pertouli (Thessalie).* 1956.
- [212] Bundesamt für Wald, „Anwendungsbereich - Forstliches Vermehrungsgut“. Zugriffen: 17. April 2025. [Online]. Verfügbar unter: https://www.bundesamt-wald.at/forstliches-vermehrungsgut/anwendungsbereich-und-gesetze/anwendungsbereich.html?utm_source=chatgpt.com