



# Masterarbeit

## Forstwirtschaftliches und holztechnologisches Potential der Hänge-Birke (*Betula pendula*) in Österreich

verfasst von

**Daniel SCHLÖGL, BSc**

im Rahmen des Masterstudiums

**Forstwissenschaften**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Diplom-Ingenieur**

Wien, März 2025

Betreut von

Priv.-Doz. Dr. Ulrich Müller  
Institut für Holztechnologie und nachwach-  
sende Rohstoffe  
Department für Naturwissenschaften und  
Nachhaltige Ressourcen  
Universität für Bodenkultur Wien

Mitbetreut von

Ao.Univ.-Prof.i.R. Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Eduard  
Hochbichler  
Institut für Waldbau  
Department für Ökosystemmanagement, Klima  
und Biodiversität  
Universität für Bodenkultur Wien

## **Danksagung**

Ein besonderer Dank gilt meinem Hauptbetreuer Ulrich Müller für die tatkräftige Unterstützung und vor allem für seine Geduld. Besonders die sachliche und konstruktive Kritik im Verlauf der Arbeit war eine große Hilfe.

Ich bedanke mich bei meinem Mitbetreuer Eduard Hochbichler für die fachliche Unterstützung und der Kontaktaufnahme zu Forstfachleuten für die Experteninterviews.

Auf diesem Weg möchte ich mich auch bei allen Interviewpartnern für ihre Bereitschaft, ihre Zeit und ihr Interesse Bedanken. Ein Besonderer Dank gilt Herrn Dr. Guntard Gutmann für die eigens organisierte Exkursion am Gut Jaidhof.

Bedanken möchte ich mich auch bei vielen Freunden für die schöne Zeit abseits des Studiums.

Für den fachlichen Austausch und die gegenseitige Unterstützung in schwierigen Phasen des Studiums möchte ich mich bei meinen Studienkollegen bedanken.

Ein herzlicher Dank gilt meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, für ihre Unterstützung während meines gesamten Studiums. Ohne ihre Geduld, ihr Verständnis und ihre ständige Ermutigung wäre der Abschluss dieses Studiums nicht möglich gewesen.

Vielen Dank!

## **Eidesstattliche Erklärung**

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Masterarbeit ohne fremde Hilfe und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel angefertigt und die den verwendeten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch bei keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

.....  
(Daniel Schlögl)

Wien, 24.03.2025

## **Abstract**

Climate change and the resulting longer dry periods are putting forests under increasing pressure. Traditional forestry practice aims to maximize economic yield by planting primarily spruce and pine with high growth rates and good wood properties. The one-sided orientation towards economic interests often led to the neglect of ecological aspects, which decades after the establishment of the stock resulted in unstable forests and large-scale forest damage. Secondary coniferous forests are likely to be severely damaged by large-scale calamities in the near future, making premature timber harvesting necessary. This raises the question of how such areas should be managed in the future and which tree species should be considered. One promising tree species in this context is the silver birch (*Betula pendula* Roth). This master's thesis examines the potential of birch from both a silvicultural and a wood industrial perspective. For the study, expert interviews were conducted with forestry experts and a literature review was carried out.

The results show that birch trees thrive in submontane locations below 1000 meters above sea level, while spruce trees are increasingly exposed to the disruptions of climate change at these altitudes. Under suitable conditions, birch demonstrates remarkable growth rates. Given appropriate marketability, birch can compete with spruce in terms of profitability. The example of the Baltic region, where birch plays a central role in forestry, illustrates its potential for both the forestry sector and the timber industry. In Austria, however, birch has received little attention so far. Essential knowledge about species-specific characteristics and silvicultural concepts for birch is scarcely available in forestry operations. Several wood technological research projects are currently investigating the use of birch wood for high-value applications. Due to its excellent mechanical and wood-physical properties, birch is considered a potential alternative to spruce from a wood technological perspective.

## **Keywords:**

*Betula pendula*, Birch, Climate change, Potential, Silviculture, Wood-technology

## **Zusammenfassung**

Durch die Globale Erwärmung und damit einhergehende längere Trockenperioden gerät der Wald zunehmend unter Druck. In der Vergangenheit wurde versucht mit Baumarten, vor allem Fichte und Weißkiefer, welche eine hohe Zuwachsleistung besitzen und sehr gute Holzeigenschaften aufweisen das Maximum an Wertschöpfung zu erzielen. Durch das priorisierte ökonomische Interesse wurden ökologische Aspekte dabei oft außer Acht gelassen, was nun Jahrzehnte nach der Bestandsbegründung zu instabilen Beständen und Kalamitäten führt. Speziell bei Sekundären Nadelwäldern, ist zu erwarten, dass diese Bestände in naher Zukunft durch Großkalamitäten geschädigt werden und eine vorzeitige Nutzung nötig wird.

Nun stellt sich die Frage, wie man solche Flächen in Zukunft bewirtschaftet, bzw. welche Baumarten kommen in Betracht? Eine vielversprechende Baumart in diesem Zusammenhang stellt die Sandbirke (*Betula pendula Roth*) dar. Im Rahmen dieser Masterarbeit werden mögliche Potentiale der Birke näher betrachtet. Einerseits aus waldbaulicher Sicht, und andererseits aus Sicht der Holzindustrie. Es wurden Interviews mit Forstexperten und eine Literaturrecherche durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Birke auf submontanen Standorten unter 1000 m Seehöhe, wo die Fichte durch den Klimawandel einem steigenden Kalamitätsrisiko unterliegt, gut zurechtkommt. Die Birke weist auf geeigneten Standorten beachtliche Zuwächse auf. Bei entsprechender Vermarktbarkeit kann die Birke im Rentabilitätsvergleich mit der Fichte mithalten. Am Beispiel der Ostseeregion, wo die Birke in der Forstwirtschaft eine hohe Bedeutung hat, konnte gezeigt werden, welches Potenzial die Birke sowohl für die Forstwirtschaft als auch für die Holzindustrie bietet. In Österreich wurde die Birke bisher kaum beachtet. Notwendiges Wissen über die bauartenspezifischen Eigenschaften und Waldbaukonzepte für die Birke sind in den Forstbetrieben kaum vorhanden. Es gibt einige Forschungsprojekte auf holztechnologischer Ebene, welche sich mit der Verwendung von Birkenholz für hochwertige Anwendungen beschäftigen. Aufgrund der guten mechanischen und holzphysikalischen Eigenschaften ist die Birke aus holztechnologischer Sicht eine potenzielle Alternative zur Fichte.

## **Stichwörter:**

*Betula pendula*, Birke, Holztechnologie, Klimawandel, Potenzial, Waldbau

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Die Birke forstlich gesehen .....	7
1.1.1	Vorkommen .....	8
1.1.2	Ökologie, Standortansprüche.....	9
1.1.3	Schadensanfälligkeit.....	11
1.1.4	Wirkung auf den Standort und andere Baumarten .....	14
1.1.5	Massenpotential und Qualität.....	16
1.2	Die Birke holzwirtschaftlich gesehen.....	21
1.2.1	Holzeigenschaften der Birke .....	21
1.2.2	Nutzungskonzepte von Laubschwachholz.....	24
1.2.3	Technologische Nutzung der Birke.....	26
1.3	Forschungsziele.....	28
1.4	Forschungsfragen und Hypothesen .....	28
2	Material und Methoden.....	29
2.1	Literaturrecherche.....	29
2.2	Qualitative Experten Interviews.....	30
2.3	Auswertung der Experten Interviews.....	32
2.4	Künstliche Intelligenz – Chat GPT.....	32
3	Ergebnisse und Diskussion .....	33
3.1	Ergebnisse Experteninterviews .....	33
3.2	Gegenüberstellung der Expertenaussagen und Ergebnisse der Literaturrecherche .....	36
3.3	Chancen und Potenziale der Birke in der österreichischen Forst- und Holzwirtschaft.....	45
3.3.1	Forschungsfrage 1 .....	46
3.3.2	Forschungsfrage 2 .....	49
3.3.3	Forschungsfrage 3 .....	50
3.4	Holztechnologisches Potenzial der Birke .....	51
4	Schlussfolgerung.....	53
5	Literaturverzeichnis .....	55
6	Tabellenverzeichnis.....	65
7	Abbildungsverzeichnis .....	66
8	Abkürzungsverzeichnis.....	67

# 1 Einleitung

Die wichtigste Wirtschaftsbaumart in Österreich ist die Fichte (*Picea abies*). Sie gilt als Brotbaum der österreichischen Forst- und Holzwirtschaft und stockt auf einer Fläche von 1,68 Mio. ha, was in etwa 46% der gesamten österreichischen Waldfläche (ohne Holzboden außer Ertrag, und Schutzwald unbegebar) entspricht. Betrachtet man das genutzte Volumen nach Baumarten aufgeschlüsselt, so wird die Bedeutung der Fichte für die österreichische Forst- und Holzwirtschaft noch deutlicher. Die jährlich genutzte Menge an Fichtenholz beläuft sich auf 17,43 Mio. Vorratsfestmeter (Vfm), was in etwa 67 % des gesamten Holzeinschlages entspricht (Österreichische Waldinventur 2016/2021, 2022).

Die Fichte weist eine breite Standortamplitude auf. Ihre Ansprüche an den Boden sind gering, sie wächst auch auf nährstoffarmen sauren Böden (Leitgeb et al., 2013; Otto, 1996). Der optimale Klimabereich der Fichte bewegt sich zwischen 5 bis 7,5°C Jahresmitteltemperatur und erfordert einen Niederschlag während der Vegetationszeit von mindestens 550 mm (Nebe, 1968 zitiert nach Schmidt, 2010).

Die Fichte ist eine Baumart mit raschem Wachstum und hoher Volumenleistung. Der Stamm ist geradschaftig und vollholzig. Aufgrund dieser Eigenschaften ergibt sich bei der Vermarktung ein sehr hoher Blochholzanteil, welcher z.T. bereits bei Durchforstungen über 50 % liegen kann. Für Forstbetriebe lassen sich daher mit der Fichte deutlich höhere Erlöse als z.B. mit der Buche, oder andern Baumarten erzielen (Fritz, 2013).

Bei Betrachtung der Holzeigenschaften und der Verwendungsmöglichkeiten des Fichtenholzes wird deutlich, weshalb die Fichte als Brotbaum der Forst- und Holzwirtschaft bezeichnet wird. Das Holz der Fichte kann vielseitig verwendet werden. Dementsprechend hoch sind die Erlöse bei der Vermarktung (Karopka, 2017). Besonders die geringe Dichte von im Mittel 470 kg m<sup>-3</sup> im Verhältnis zur hohen Festigkeit (Lohmann and Blosen, 2010 zitiert nach Karopka, 2017) zeichnet das Fichtenholz aus, zudem schwindet es nur mäßig (Richter und Ehmcke, 2017). Aufgrund der guten mechanischen Eigenschaften ist das Fichtenholz das am häufigsten verwendete Bau- und Konstruktionsholz. Unbehandelt ist das Fichtenholz bei offener Witterung nur wenig dauerhaft (Lohmann and Blosen, 2010 zitiert nach Karopka, 2017). Fichtenholz eignet sich auch für den Innenausbau, als Bautischlerholz, zur Herstellung von Leimbindern, Sperrholz und als Rohstoff für die Papierindustrie (Richter und Ehmcke, 2017).

Bereits ab dem 14. Jahrhundert wurden Nadelholzbestände (Weißkiefer (*Pinus sylvestris*), im Folgenden als Kiefer bezeichnet, Schwarzkiefer (*Pinus nigra*), Tanne (*Abies*

*alba*), Fichte (*Picea abies*)), allerdings noch in geringem Ausmaß, durch Saat begründet. Der Nürnberger Reichswald gilt als ältester Kunstforst der Welt. Dort wurden erstmals planmäßig und in großem Maßstab Nadelholzsamen ausgesät (Mantel, 1968a, 1968b, 1949 zitiert nach Schmidt-Vogt et al., 1987). Die großflächigen Aufforstungen von Nadelbäumen, vor allem mit Fichte, begannen erst im 19. Jahrhundert. Bis dahin war der überwiegende Teil von Fichtenbeständen auf das natürliche Verbreitungsgebiet beschränkt. Ab dem 19. Jahrhundert wurden Nadelbäume, insbesondere die Fichte bei der Wiederbewaldung bevorzugt und auch auf reinen Laubwaldstandorten häufig als Monokultur angebaut. So wurde der Nadelholzanteil bis in die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts künstlich erhöht und Laubwälder zurückgedrängt (Schmidt-Vogt et al., 1987).

Für den Begriff „sekundärer Nadelwald“ gibt es verschiedene Definitionen (Starlinger, 1999). Häufig wird in Österreich von folgender Definition ausgegangen: „Sekundäre Nadelwälder sind Wälder mit einem Nadelholzanteil an der Überschirmung von mindestens 80 %, auf Standorten natürlicher, reiner Laubwaldgesellschaften“ (Gschwantner und Prskawetz, 2005). Dieser Definition zufolge gibt es in Österreich 354.000 ha sekundären Nadelwald. Dies entspricht 9 % der Gesamtwaldfläche bzw. 16 % der Nadelwaldfläche (ÖWI 2000/02). In der Inventurperiode 1992/96 waren es noch 372.000 ha. Der Großteil des sekundären Nadelwaldes, nämlich 72 % der 354.000 ha verteilt sich auf Kleinwaldbetriebe < 200 ha. 15 % des Fichtenvorkommens in Österreich können als sekundär betrachtet werden. Die restlichen 85 % befinden sich auf Standorten, wo die Fichte zur potenziell natürlichen Waldgesellschaft zählt. Dies können entweder reine Nadelwaldstandorte oder Laub-Nadelmischwaldstandorte sein. Wenn beispielsweise der Fichtenanteil im Fichten-Tannen-Buchenwald künstlich erhöht wurde (Fichtenmonokultur) so wird dies nicht als sekundärer Nadelwald angesehen. 39 % des Weißkiefern-, 73 % des Schwarzkiefern-, und 5% des Lärchenvorkommens in Österreich können als sekundär betrachtet werden. Die häufigsten natürlichen Waldgesellschaften im sekundären Nadelwald sind Buchenwald mit 58 % und Eichen – Hainbuchenwald mit 24 %. In Abbildung 1 wird die Verteilung sekundärer Nadelwälder ersichtlich. Sekundäre Nadelwälder kommen vor allem in folgenden Wuchsgebieten (Wuchsgebiete nach (Kilian et al., 1993)) vor: Subillyrisches Hügel- und Terrassenland (8.2), östliche Randalpen (5.1, 5.2, 5.3, 5.4), nördliche Randalpen (4.1, 4.2), nördliches Alpenvorland (7.1, 7.2), Mühlviertel (9.1) und Waldviertel (9.2) (Gschwantner und Prskawetz, 2005).

Die Fichte ist mit 69 % die häufigste Baumart im sekundären Nadelwald in Österreich. Der Anteil der Weißkiefer beträgt 14 %, jener der Schwarzkiefer (*Pinus nigra*) 4 %, jener von Tanne und Lärche jeweils 2,5 %. 8 % sind entweder mit Laubhölzern oder anderen Nadelhölzern bestockt, oder sind nicht überschirmte Bestandeslücken (Gschwantner und Prskawetz, 2005).

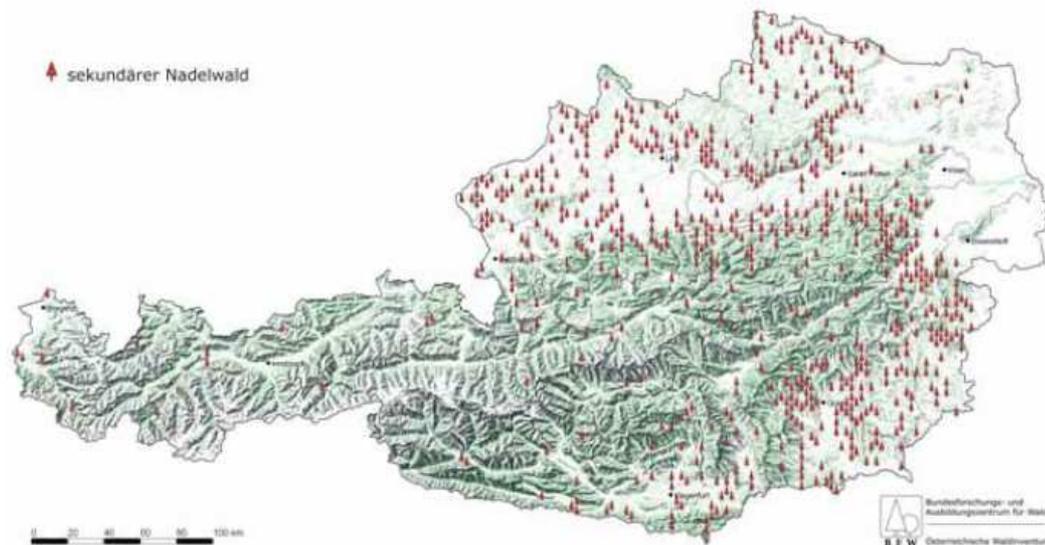


Abbildung 1: Die Verbreitung sekundärer Nadelwälder in Österreich (Gschwantner und Prskawetz, 2005).

Die natürliche untere Verbreitungsgrenze der Fichte liegt bei 500 m Seehöhe. In etwa 45 % der sekundären Nadelwälder liegen unter 500 m Seehöhe. Für Fichtenbestände unter 500 m sind die klimatischen und standörtlichen Bedingungen besonders ungünstig. Deshalb gelten etwa 40 % der sekundären Fichtenwälder als besonders naturfern. Für die Schadensanfälligkeit bedeutet das, dass solche Bestände besonders gefährdet sind und eine erhöhte Prädisposition, sowohl für biotische als auch abiotische Schadfaktoren aufweisen. Zwischen den Inventurperioden 1992/96 und 2000/02 hat die sekundäre Nadelwaldfläche auf Standorten zwischen 300 m und 400 m Seehöhe am stärksten abgenommen, von 69.000 ha auf 61.000 ha. Dies weist darauf hin, dass im untersten Seehöhenbereich häufiger Kalamitäten auftreten, und daher mehr Schadholz geerntet werden muss (Gschwantner und Prskawetz, 2005).

Österreich verfügt über einen Vorrat an Fichtenholz von insgesamt rund 695 Mio. Vfm. Auf Standorte über 600 m Seehöhe entfallen 587 Mio. Vfm bzw. 84 % und auf Standorte unter 600 m entfallen 108 Mio. Vfm bzw. 16 %. (Anmerkung: Die Zahlen stammen von der Waldinventur 2007/2009, nach der Waldinventur 2016/2021 liegt der Gesamtvorrat an Fichtenholz bei rund 732 Mio. Vfm.) In der Fachwelt herrscht Einigkeit darüber, dass die Fichte unter 600 m Seehöhe bald nicht mehr bestandesbildend vorkommen wird. Die Fichte ist besonders anfällig für Hitze und Trockenstress und zählt somit zu den Verlierern bezüglich des Klimawandels. Die hohen potentiellen Schadholzmengen stellen sowohl die Forst- als auch die Sägeindustrie vor großer Herausforderungen (Ebner Gerd, 2018).

Durch den langen Generationszyklus von Bäumen sind diese potenziell besonders anfällig für Folgen einer Klimaerwärmung. Der Generationszyklus von Bäumen in mitteleuropäischen Waldökosystemen dauert mindestens mehrere Jahrzehnte, in der Regel sind die Zeiträume jedoch bedeutend länger. Eine Anpassung an sich ändernde Umweltbedingungen kann somit nur langfristig erfolgen. Grundsätzlich kann die Anpassung als genetische Anpassung oder durch eine Änderung der Artenzusammensetzung erfolgen. Wegen ihrer Langlebigkeit müssen Bäume in der Lage sein, mit großen Klimaschwankungen umzugehen. Wird der Toleranzbereich einer Art jedoch über- bzw. unterschritten, kann eine physiologische Schwächung von Baumindividuen auftreten, welche in weiterer Folge direkt (z.B.: Trockenheit) oder indirekt (Sekundärschädlinge wie z.B. Borkenkäfer) zum Absterben des betroffenen Baumes führen kann (Lexer et al., 2014).

Aus Abbildung 2 geht hervor, dass die letzten drei Jahrzehnte (1993 – 2022) wärmer waren als die drei Jahrzehnte davor (1961 – 1990). Im oberen rechten Quadranten (feucht-warm) sind vermehrt dunkelgraue Punkte zu sehen. D.h., dass speziell die letzten Jahre im Vergleich zum Mittelwert der Jahre 1961 – 1990 wärmer und auch feuchter waren. Der Schwarze Pfeil in Abbildung 2 zeigt die Verlagerung in Richtung feucht-warm der laufenden 30-jährigen Mittelwerte von 1961 – 1990 bis 1993 - 2022. Es ist allerdings zu beachten, dass speziell im Alpenraum kleinräumig große Unterschiede auftreten können. Die Temperaturänderung verläuft in allen Subregionen des Großraums Alpen ähnlich, wie aus Abbildung 3 ersichtlich wird. Beim Niederschlag liegt eine hohe räumliche Variabilität vor, weshalb die Daten aus Abbildung 2 nur bedingt aussagekräftig sind. Deswegen wird in der von der ZAMG (Zentralanstalt für Meteorologie) betriebenen HISTALP (Historical Instrumental Climatological Surface Time Series Of The Greater Alpine Region) Datenbank Österreich in die Teilregionen: Nord, Inneralpin, West und Südost aufgeteilt (Auer et al., 2014; Böhm, 2012).

Insgesamt hat die mittlere Temperatur in Österreich seit den 1880er Jahren in etwa um 2°C zugenommen. Ein besonderes Merkmal des Großraums Alpen ist der von (Böhm, 2006) so genannte „Alpine Niederschlagsdipol“. Darunter wird eine gegenläufige Entwicklung der Niederschlagsmengen im Nordwesten (Ostfrankreich, Schweiz, Süddeutschland, Westösterreich) gegenüber dem Südosten (Adriaraum, Südostösterreich, Südungarn, Slowenien, Kroatien, Bosnien-Herzegowina) verstanden. Dies ist seit etwa der Mitte des 19. Jahrhunderts zu beobachten. Während die Niederschläge im Nordosten in etwa um 10 – 15 % zugenommen haben, sind diese im Südosten ungefähr um denselben Betrag weniger geworden (Auer et al., 2014).

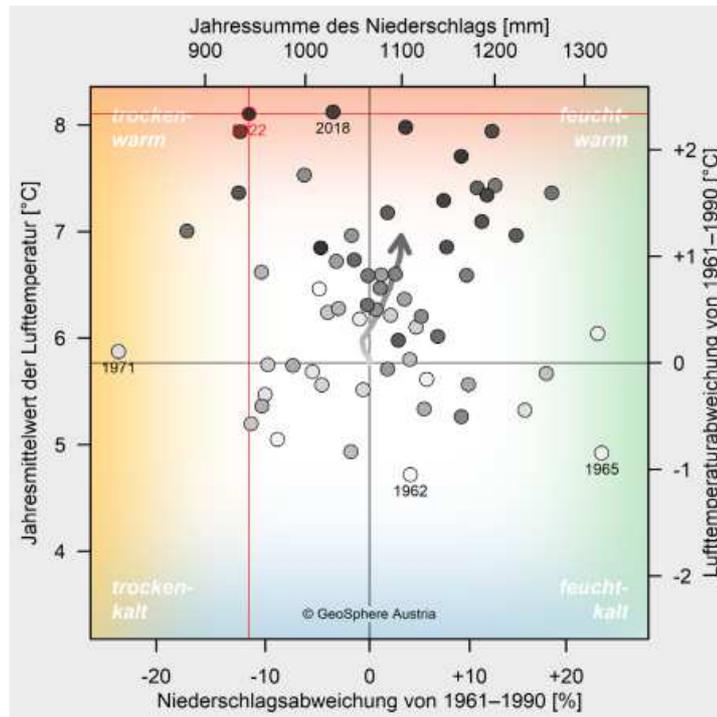


Abbildung 2: Kombiniertes Lufttemperatur-Niederschlag-Diagramm von 1961 bis 2022 (helle bis dunkle Punkte). Je weiter oben sich ein Punkt befindet, desto wärmer, je weiter rechts desto feuchter war das Jahr. Angegeben sind Flächenmittelwerte über Österreich als Absolutwerte und Abweichungen vom Mittelwert des Bezugszeitraumes 1961 – 1990. der Pfeil zeigt die Verlagerung der laufenden 30-jährigen Mittelwerte von 1961 – 1990 bis 1993 - 2022 (Stangl et al., 2023).

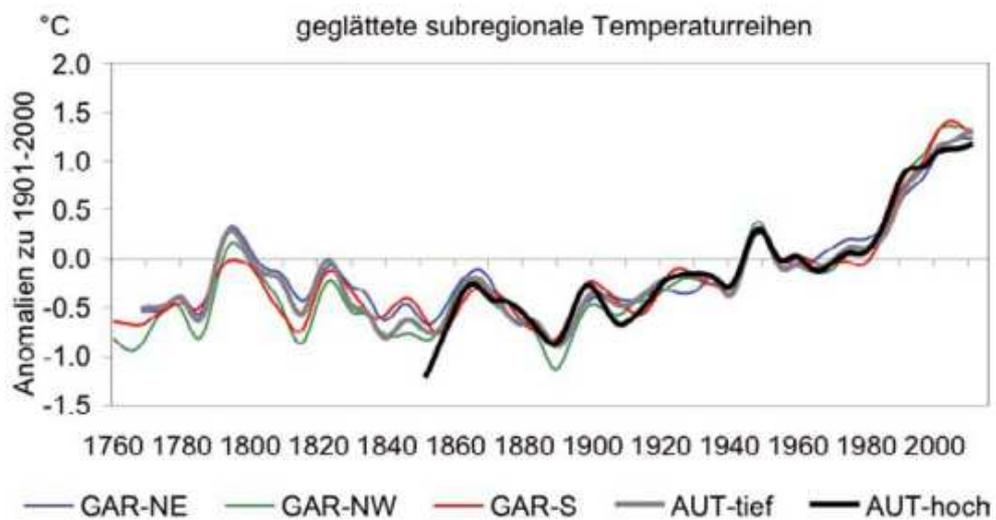


Abbildung 3: Anomalien der geglätteten Jahresmittel der Lufttemperatur zum Mittel des 20. Jahrhunderts für verschiedene Subregionen der Großraums Alpen und Hochlagen bzw. Tieflagen in Österreich (Böhm, 2012 zitiert nach Auer et al., 2014). Datengrundlage: HISTALP.

Für Europa prognostizieren globale und regionale Klimamodelle für die kommenden Jahrzehnte eine weitere Erwärmung und eine Zunahme des Niederschlags im Norden. Im Süden ist mit einer Niederschlagsabnahme zu rechnen. Im Mittel ist im Alpenraum in

der ersten Hälfte des 21. Jahrhunderts von einer Erwärmung um 1,6°C (0,27°C / Jahrzehnt) im Winter und um 1,7°C (0,28°C / Jahrzehnt) im Sommer auszugehen. Beim Niederschlag ist von einer Zunahme um 3,7 % im Winter und einer Abnahme von 3,1 % im Sommer auszugehen. Vor allem im Zusammenhang mit dem Alpenen Niederschlagsdipol sind diese Prognosen unsicher. (Ahrens et al., 2014).

Eine Änderung des Klimas hat auch Einfluss auf die Standortseigenschaften und somit auf die Vegetationsdynamik in Waldökosystemen. Es kann zu einer Verschiebung der Konkurrenzverhältnisse zwischen den einzelnen Baumarten kommen. Bei manchen Baumarten werden die Standortbedingungen, welche in der Vergangenheit dem Optimum entsprochen haben, in Zukunft nahe der ökophysiologischen Amplitude oder gar außerhalb liegen. Andere Baumarten wiederum, welche am selben Standort zuvor an ihrer ökophysiologischen Grenze waren kommen mit zunehmender Erwärmung in ihr Optimum. Die potentiell natürliche Waldgesellschaft (PNWG) auf einem bestimmten Standort wird sich dahingehend ebenfalls verändern (Lexer und Seidl, 2007). Lexer (2001) hat mit dem Simulationsmodell Picus eine Abschätzung über die Veränderung der PNWG bei einer Temperaturzunahme von 2°C und einer Abnahme der Sommerniederschläge um 15 % für ganz Österreich flächendeckend durchgeführt. Basis hierfür war das Stichprobennetz der österreichischen Waldinventur. Es zeigte sich, dass es auf 77,8 % der simulierten Waldinventurpunkte zu einer Veränderung der PNWG kommt. Die Konkurrenzfähigkeit montaner, fichtendominierter Nadelwaldgesellschaften leidet unter der angenommenen Klimaveränderung. Wohingegen eine deutliche Ausweitung von Eichenwaldtypen, aber vor allem Buchenwaldtypen zu beobachten ist. Buchenwaldtypen stellen aktuell auf etwa 14 % der untersuchten Waldinventurpunkte die PNWG dar; unter dem angenommenen Klimaszenario kommt es zu einer Erhöhung auf 50 % (Lexer und Seidl, 2007).

Die Forst- und Holzwirtschaft steht vor großen Herausforderungen. Einerseits gilt es durch die richtige Bewirtschaftung die Wälder stabiler und resilienter zu machen, andererseits muss die Holzindustrie mit Holz in gewünschter Qualität und in ausreichender Menge versorgt werden. Generationsübergreifendes Denken, und vorausschauendes Handeln sind in der Forstwirtschaft seit jeher besonders wichtig. In den nächsten Jahrzehnten wird vermutlich noch ausreichend Fichtenholz zur Verfügung stehen. Allerdings zählen Nadelbaumarten, insbesondere die Fichte, zu den Verlierern einer Klimaerwärmung. Laubbaumarten wie die Rotbuche (*Fagus sylvatica*), im Folgenden als Buche bezeichnet, und die Eiche (*Quercus spp*) gehören zu den Gewinnern. Das bedeutet, dass sich die Baumartenzusammensetzung im österreichischen Wald signifikant verändern wird. Dies hat auch maßgeblichen Einfluss auf die auf Nadelholz (vor allem Fichte) spezialisierte Holzindustrie.

In der Vergangenheit wurde vielen Baumarten keine Beachtung geschenkt, einige wurden auch konsequent bekämpft (Verbuchung, Peitschen bei Birken). Über lange Zeit hinweg wurde die Buche auf sekundären Nadelwaldstandorten aktiv bekämpft, um eine so genannte Verbuchung zu verhindern. Da die Buche auf solchen Standorten deutlich potenter ist als beispielsweise die Fichte oder die Weißkiefer, welche man fördern wollte. Der Birke wurde lange unterstellt die Kronen benachbarter Bäume (oft Fichten) durch das Schlagen bei Wind zu schädigen. Deshalb wurde sie in vielen Fällen frühzeitig entfernt. Vor dem Hintergrund der Klimaerwärmung und zur Erreichung resilienter Bestände werden nun deutlich mehr Baumarten aus dem möglichen Spektrum näher betrachtet. Auch auf Seiten der Holzforschung gibt es Projekte zu den verschiedensten Baumarten. Aus Sicht der Holzindustrie sind vor allem die Holzeigenschaften und die Verarbeitbarkeit von Bedeutung. Deswegen sind die Vorstellungen, wie und vor allem mit welchen Baumarten Forstwirtschaft betrieben werden soll, von Holzindustrie und Forstbetrieben oft unterschiedlich. Die möglichen Anbaugelände für die Fichte schwinden mit zunehmender Erwärmung, dh. langfristig wird es die Forstwirtschaft nicht schaffen die aktuellen Mengen in Fichtenholz an die Holzindustrie zu liefern. Die Erforschung alternativer Baumarten erscheint somit sowohl aus forstlicher-, als auch aus der Sicht der Holzindustrie sinnvoll.

Aus holztechnologischer als auch aus waldbaulicher Sicht ist die Sand-, Hänge-, Weiß- oder Warzenbirke (*Betula pendula* Roth), im Folgenden als Birke bezeichnet, eine sehr vielversprechende Baumart als Alternative zur Fichte. Das Holz der Birke besitzt im Vergleich zu anderen Laubhölzern bessere Holzeigenschaften (Huber et al., 2023). Aus forstwirtschaftlicher Sicht wurde die Birke zumindest in Österreich bislang nicht beachtet. Im Rahmen dieser Arbeit soll diese Baumart genauer untersucht, und mögliche Potentiale aufgezeigt werden.

## 1.1 Die Birke forstlich gesehen

Über die Nordhalbkugel verteilt gibt es in etwa 40 verschiedene Arten, die der Gattung der Birken (*Betula*) zugehörig sind (Es finden sich verschiedene Angaben in der Literatur, welche zwischen 30 bis etwa 100 Arten variieren.). Die Gattung *Betula* wiederum gehört zu der Familie der Birkengewächse (*Betulaceae*). In Alaska, Grönland und Island kommen einzelne Arten der Gattung *Betula* nördlich des Polarkreises vor. Der Verbreitungsschwerpunkt liegt allerdings in Ostasien (Stinglwagner et al., 2005). Es kommen beinahe auf der gesamten Nordhalbkugel Vertreter der Gattung *Betula* vor. Je weiter man nach Norden blickt, desto häufiger werden die Birken. In Österreich finden sich vier

verschieden Arten. 1. Die Zwergbirke (*Betula nana*) welche oft nur einen halben Meter hoch wird und als stark gefährdet gilt. 2. Die stark gefährdete Strauchbirke (*Betula humilis*). 3. Die gefährdete Moorbirke (*Betula pubescens*). 4. Die Sand- oder Hängebirke (*Betula pendula*) als häufigster Vertreter der heimischen Birkenarten (Dummer et al., 2009).

### 1.1.1 Vorkommen

Nach der letzten Eiszeit war die Birke maßgeblich an der Wiederbewaldung Mitteleuropas beteiligt. Die so genannte Birkenzeit begann vor ca. 13.000 Jahren. Wegen ihres schnellen Ausbreitungsvermögens konnte die Birke den Großteil von Mitteleuropa besiedeln und es entstanden lichte Birkenwälder. Vor ca. 12.000 Jahren begann sich die Weißkiefer gegen Norden und Nordwesten hin auszubreiten und die Birke zu verdrängen. Mit dem Beginn der Warmzeit stieg die Konkurrenz gegenüber der Birke durch andere Baumarten und die Verbreitung der Birke ging zurück. Erst durch großflächige Nutzungen durch den Menschen entstanden neue Nischen für die Birke (Roloff und Pietzarka, 2010).

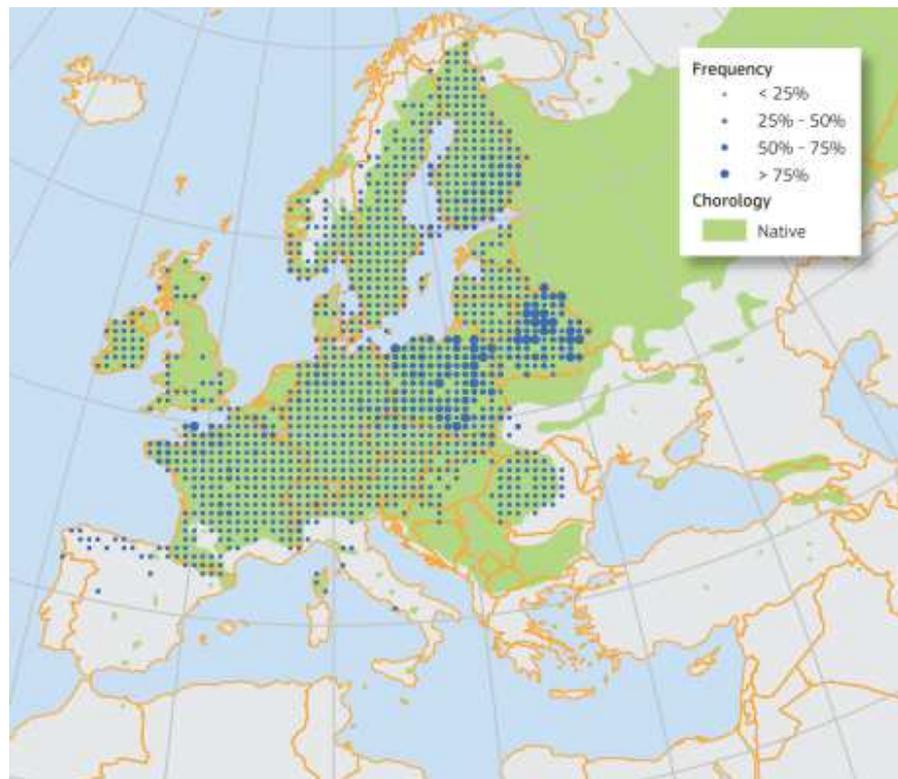


Abbildung 4: Vorkommen und Häufigkeit von *Betula pendula*. Die Verbreitungskarte (grüne Fläche) stammt von EUFORGEN (2009). Die Häufigkeit wurde von Beck et al. (2016) anhand von Daten der nationalen Forstinventuren ermittelt und in die Karte implementiert (blaue Punkte).

Das heutige Ausbreitungsgebiet der Sandbirke umfasst ganz Europa (Abbildung 4), einschließlich der Britischen Inseln. Es erstreckt sich im Norden bis zum 69. Breitengrad in

Skandinavien, bis zum 65. Breitengrad in Russland, im Osten bis zum Jenisseigebiet und im Südosten bis zum Altai-Gebirge. Die Sandbirke findet sich auch im Wolga-Don-Gebiet und erstreckt sich bis zur Balkanhalbinsel, wo sie in den Gebirgen Mazedoniens und Albaniens vorkommt (Kirchner et al., 1931 zitiert nach Roloff und Pietzarka, 2010). Der Südlichste Punkt des Verbreitungsgebietes liegt am Ätna bei 37°40' nördlicher Breite. Im Südwesten verläuft die Verbreitungsgrenze durch die Gebirge der Auvergne und weiter durch den Norden Portugals bis zum Atlantik (Atkinson, 1992 zitiert nach Roloff und Pietzarka 2010). In der subarktischen Region Nordeuropas ist die Birke heute besonders verbreitet, während die Kiefer entweder fehlt oder selten vorkommt. Dies lässt sich dadurch erklären, dass die Birke im Vergleich zur Kiefer ein geringeres Wärmebedürfnis hat. Dadurch kann die Birke auch in den kühleren ozeanischen Gebieten gedeihen, selbst dort, wo es für die Kiefer nicht mehr ausreichend warm ist (Kirchner et al., 1931 zitiert nach Roloff und Pietzarka, 2010). Die vertikale Verbreitung der Sandbirke variiert je nach Gebiet. Am südlichen Rand ihres Verbreitungsgebiets, am Ätna, erreicht sie eine Höhe von 2176 m, während sie im Bergell bis auf 1800 m ansteigt (Hegi, 1981 zitiert nach Roloff und Pietzarka, 2010). In den westlichen Zentralalpen ist sie bis auf 2000 m anzutreffen, im Wallis bis auf 1900 m (Brändli, 1996 zitiert nach Roloff und Pietzarka, 2010). Nach Norden hin sinkt ihre Höhengrenze auf 1234 m in den Nordkarpaten, auf 974 m im Harz und auf 845 m in den Sudeten sowie im Riesengebirge (Hegi, 1981 zitiert nach Roloff und Pietzarka, 2010). In Österreich kommt die Birke in allen Bundesländern vor, wobei diese Vorkommen meist an Waldrändern und Lichtungen zu finden sind. Der Anteil am Gesamtholzvorrat liegt in etwa bei 0,5 % (Dummer et al., 2009; Österreichische Waldinventur 2016/2021, 2022).

### **1.1.2 Ökologie, Standortansprüche**

Die Sandbirke kann bis zu 30 m hoch werden und einen maximalen Stammdurchmesser von 90 cm erreichen (Dummer et al., 2009). Die Birke ist eine Pionierbaumart und weist als solche auch viele für diese Kategorie typische Eigenschaften auf. Sie fruktifiziert in offenen Beständen bereits im Alter von 10 Jahren, in geschlossenen Beständen ab 20 – 25 Jahren. Alle zwei bis drei Jahre werden besonders reichlich Samen produziert (Beck et al., 2016). Die Samen der Birke sind Flügelnüsschen. Sie sind sehr leicht und werden daher bis zu 150 m über Wind verbreitet. Über 150 m Entfernung zum Mutterbaum nimmt die Verjüngung deutlich ab. Nahe dem Mutterbaum kann die Dichte an Keimlingen bis zu 50.000 Keimlinge m<sup>2</sup> betragen. Die Birke keimt auf Mineralböden besser als auf Böden mit einer Streuauflage, daher entsteht auf Brandflächen und unbedeckten Schlag- und Kalamitätsflächen, bei Vorhandensein von Samen auf der Fläche, eine üppige Na-

turverjüngung (Leder, 1992 zitiert nach Roloff und Pietzarka, 2010). Der hohe Lichtbedarf und eine lichtdurchlässige Krone sind ebenfalls charakteristisch. Weitere einer Pionierbaumart entsprechende Eigenschaften sind die Anspruchslosigkeit gegenüber Nährstoffen und Wasserversorgung, ein rasches Jugendwachstum, sowie ein geringes Höchstalter von maximal 120 Jahren (Roloff und Pietzarka, 2010). Wie in Abbildung 5 ersichtlich reicht die Amplitude des jährlichen Niederschlages von 400 mm bis 2000 mm und die Amplitude der Jahresmitteltemperatur von -2 bis +13°C (Beck et al., 2016).

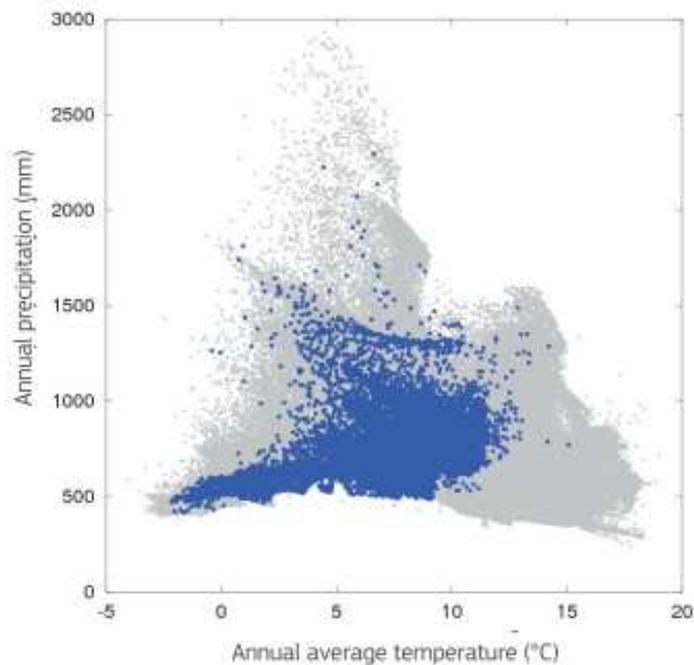


Abbildung 5: Vorkommen von *Betula pendula* (blaue Punkte) in Bezug auf Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur in Europa. (graue Punkte: Klimafelddaten Europa) (Beck et al., 2016).

Die Birke ist äußerst bodentolerant und gedeiht in einem pH-Bereich von 3 bis 8 (Atkinson, 1992 zitiert nach Roloff und Pietzarka, 2010). Am besten wächst die Sandbirke auf gut durchlüfteten Böden mit einer adäquaten Wasser- und Nährstoffversorgung. Optimale Standorte sind daher sandige und schluffige Geschiebeböden, sowie feine Sandige Böden. Ton- und Schluffböden sind oft zu dicht und werden von den Wurzeln der Birke nur schwach erschlossen (Sutinen et al., 2002 zitiert nach Hynynen et al., 2009). Die Staunässsetoleranz der Birke ist mittelmäßig, genauso wie die Grundwassertoleranz, wobei ziehendes Hangwasser ein geringeres Problem darstellt. Unter Überflutungen leidet die Sandbirke besonders und sie kommt im Gegensatz zur Moorbirke auch nicht mit Moorstandorten zurecht (Forster et al., 2019). Der Potenzbereich in Bezug auf die Wasserverfügbarkeit (Abbildung 6) der Birke reicht von der Nässegrenze bis zur Trockengrenze des Waldes. Bei einer guten Wasserversorgung weist die Birke eine der höchsten Wasserverbräuche im Vergleich mit anderen Baumarten auf. 12 m hohe Birken können bis zu 140 Liter Wasser verdunsten, vergleichbare Buchen oder Fichten nur 30 Liter (Larcher, 1984 zitiert nach Roloff und Pietzarka, 2010).

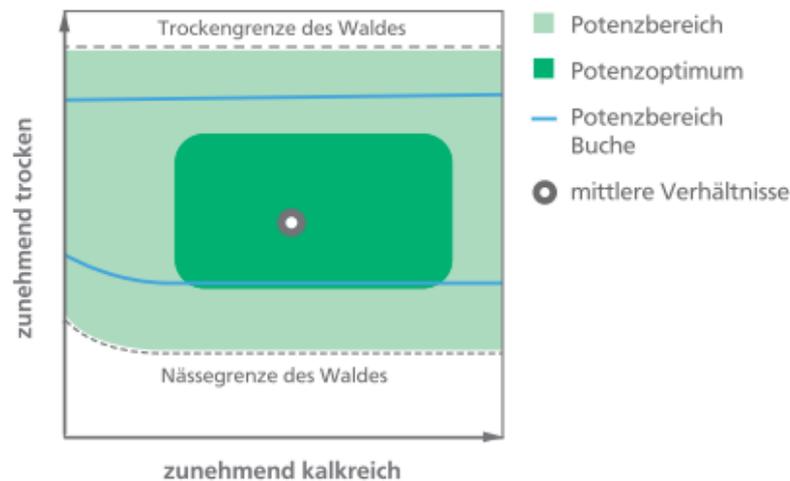


Abbildung 6: Ökogramm der Sandbirke (Forster et al., 2019).

Die Sandbirke bildet, sofern das Wurzelwachstum ungestört erfolgen kann, ein Herzwurzelsystem aus und reagiert stark auf wechselnde Bodenverhältnisse (Köstler et al., 1968 zitiert nach Roloff und Pietzarka, 2010). Auf verdichteten Böden werden flach verlaufende Horizontalwurzeln mit Senkwurzeln ausgebildet. Starkwurzeln verjüngen sich bereits nahe dem Stock und teilen sich in eine Vielzahl von Feinwurzeln auf. Die Feinwurzeln wachsen vor allem in Richtung jener Bodenhorizonte mit guter Wasser- und Nährstoffversorgung. Die Wurzelmasse der Birke ist im Vergleich zu anderen Baumarten eher gering. Die Feinwurzelintensität ist besser als bei Erle, Eiche und Ulme, jedoch schlechter als bei Linde, Ahorn und Buche. Der Hauptwurzelschizont der Birke liegt bei 50 bis 60 cm auf lockeren Böden und bei etwa 40 cm auf dichten Böden. Feuchte und wechselfeuchte Standorte werden nur sehr seicht vom Wurzelsystem erschlossen. Auf lockeren Böden könne einzelne Wurzeln bis zu einer Tiefe von vier Metern vordringen. In der Jugend weist die Birke ein äußerst rasches Wurzelwachstum auf, so werden im Alter von 10 bis 12 Jahren bereits Tiefen von etwa einem Meter erreicht (Gulder, 2000).

### 1.1.3 Schadensanfälligkeit

Die Birke gilt gegenüber Sturmereignissen als eher wenig resistent (Forster et al., 2019). Dies ist allerdings differenziert zu betrachten da die Ausbildung des Wurzelsystems von den vorherrschenden Bodenverhältnissen abhängt. Auf lockeren, gut durchlüfteten Böden, wo ein Herzwurzelsystem mit entsprechend tiefer Durchwurzelung ausgebildet werden kann, ist die Birke gegenüber Wind stabil. Auf dichten, wasserbeeinflussten Böden (Pseudogley) werden tiefere Bodenhorizonte nur sehr schwach durchwurzelt und die Birke bildet ein Wurzelsystem ähnlich der Fichte aus. In einem Alter von 80 – 100 Jahren beginnen die Vertikalwurzeln abzusterben, daher ist bei älteren Individuen von einer erhöhten Disposition gegenüber Windwurf auszugehen (Mauer et al., 2003). Krišāns et al. (2023) verglichen die Buche und die Birke eines Bestandes im Nordwesten Lettlands, wobei beide Baumarten eine ähnliche Stabilität gegenüber Sturmereignissen zeigten.

Die Trockenheitsresistenz der Birke ist differenziert zu betrachten. Ist ein Individuum von Beginn an, Trockenheit gewöhnt und bildet ein dementsprechendes Wurzelsystem aus, sind auch wechselrockene und trockene Standorte weniger problematisch. Extreme Trockenperioden auf sonst durchschnittlich bis sehr gut Wasserversorgten Böden verträgt die Birke äußerst schlecht. Es kommt zum vorzeitigen Blattabwurf bis hin zum Absterben des Baumes (Forster et al., 2019). Birkenkeimlinge kommen mit Dürreperioden nur bedingt zurecht (Atkinson, 1992 zitiert nach Roloff und Pietzarka, 2010).

Bezüglich der Feueranfälligkeit lassen sich keine eindeutigen Aussagen aus der Literatur ableiten. Im Artensteckbrief (de Avila et al., 2021) der Birke wird eine geringe Anfälligkeit bzw. eine hohe Resistenz unterstellt. Als Quelle wird Atkinson (1992) angegeben. Forster et al. (2019) gehen von einer niedrigen Waldbrandresistenz aus. In einem Artikel zur Waldbrandvorsorge der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg schreibt Kaulfuß (2011): Der Voranbau von standortgerechten Laubholzarten in Kiefernbeständen ist eine Möglichkeit, um die Waldbrandgefahr herabzusetzen. Die Birke bildet hierbei aber eine Ausnahme. Bei Trockenheit können sogar die Rinde und das grüne Laub brennen. Durch die hohe Lichtdurchlässigkeit der Birke kann sich zudem leicht brennbares Gras und Heidekraut am Waldboden etablieren.

Bei Nassschneeeignissen welche unter Umständen im Herbst auftreten können, wo die Bäume noch belaubt sind, ist das Schadensrisiko für Junge Birken besonders hoch. Speziell nach Durchforstungseingriffen und bei hohen H/D Werten können, wie in Abbildung 7 ersichtlich, die Stämme gebogen, aber auch gebrochen werden (Kohnle et al., 2014). Älter Birken gelten diesbezüglich als stabil (Ammann, 2020; de Avila et al., 2021).

Die Birke verträgt Temperaturen bis unter  $-40^{\circ}\text{C}$  indem sie Stärke in Öl umwandelt und dadurch Wärme erzeugt (Dummer et al., 2009) und besitzt eine sehr hohe Toleranz gegenüber Spätfrost (Forster et al., 2019).

Die Birke ist vergleichsweise wenig anfällig für Verbiss (Ellenberg und Leuschner, 2010). Laut Reimoser und Reimoser (2017) wird die Birke gerne verbissen und gefegt, jedoch nur selten geschält. Aus den Daten des Wildeinflussmonitorings (Schodterer und Kainz, 2022) geht hervor, dass die Birke häufiger verbissen wird wie die Buche. Baumarten wie z.B.: Ahorn, Esche oder Eberesche sind durchaus begehrt beim Wild als die Birke. Die Birke besitzt ein gutes Regenerationsvermögen nach einer Schädigung durch Verbiss (Heikkilä und Raulo, 1987 zitiert nach Hynynen et al., 2009). Junge Birken können anderen Baumarten auch als Schutzschild gegen Verbiss- und Fege Schäden dienen (Dubois et al., 2020).



Abbildung 7: Schneedruckschäden an einem etwa 10 Jahre alten, unbehandelten Birkenbestand (Schlögl, 2024).

An der Sandbirke treten einige pilzliche Schaderreger auf. *Marssonina betulae* verursacht Risse am Stamm und ist am bedeutendsten. *Melampsorium betulinum* und *Discula betulina* verursachen dunkle Blattflecken, Vergilbung und in weiterer Folge ein Abfallen der Blätter, Zweigdürre und das Absterben junger Bäume. Im Erzgebirge und in Tschechien kommt es ab einer Seehöhe von 750 m zu beträchtlichen Schäden. Es wird von einem Zusammenspiel mehrerer Faktoren ausgegangen, welche für das Birkensterben verantwortlich sind. Der so genannte Hexenbesen kann durch *Taphrina betulina* oder Milbenbefall hervorgerufen werden. Alte, durch Lichtmangel geschwächte Individuen können vom Birkenporling (*Piptoporus betulinus*) befallen werden. Dies ist ein Braunfäule Erreger, welcher durch Aststummel in den Stamm eindringt und sich Stammabwärts ausbreitet. Auch der Zunderschwamm (*Fomes fomentarius*), der Brandkrustenzpilz (*Ustulina deusta*) und *Phytophthora ramorum* kommen an der Birke vor (de Avila et al., 2021; Roloff und Pietzarka, 2010). Gegenüber Ozon gilt die Birke als eher empfindlich. Gegenüber Immissionen als unempfindlich (Roloff und Pietzarka, 2010).

Der aus Nordamerika stammende Birkenprachtkäfer (*Agrilus anxius*) stellt eine zunehmende Bedrohung für heimische Birkenarten dar. In Europa hat der Birkenprachtkäfer auch keine natürlichen Fressfeinde, welche die Ausbreitung der Art eindämmen würden. Der Buchen-Frostspanner (*Operophtera fagata*) und der Birken-Moorwald-Herbstspanner

ner (*Epirrita autumnata*) sind Mottenarten, die sich von Laub ernähren. In Fennoskandinavien kann dies zu einer massenhaften Entlaubung führen. Weitere Arten die die Birke befallen können sind der Große Braune Rüsselkäfer (*Hyllobius abietis*) sowie *Strophosoma melanogrammum* und *Otiorhynchus scaber* (Beck et al., 2016; de Avila et al., 2021).

#### **1.1.4 Wirkung auf den Standort und andere Baumarten**

Die Birke ist eine Baumart welche in Zentraleuropa vor allem in der Vergangenheit, aber zum Teil auch heute noch, von vielen Waldeigentümern und Förstern nicht gerne in den Beständen gesehen wird. Sie wurde auch als Unkraut oder „Unholz“ bezeichnet. Sie galt als Konkurrent um Ressourcen gegenüber anderen Baumarten und es wurde angenommen, dass sie durch Peitschen, andere, benachbarte Bäume schädigt, was heute als Märchen gilt. Vor diesem Hintergrund wurde das waldbauliche Potential dieser Baumart nicht näher betrachtet. Daher mangelte es oft an speziellem waldbaulichem Wissen, um wertvolle Birkenbestände zu etablieren. Daraus folgend wurde sie bekämpft und oft frühzeitig entfernt um andere Baumarten wie die z.B. Fichte zu fördern. Große Kalamitäten in den letzten Jahrzehnten bewirken langsam ein Umdenken. Alternativen zur Fichte werden gesucht, dabei kommt der Birke, insbesondere bei der Wiederbewaldung großer Kalamitätsflächen, eine tragende Rolle zu. Vor allem im ökologisch orientierten Waldbau wurden viele positive Eigenschaften dieser Baumart wieder entdeckt und es wird vermehrt versucht, die Birke in Waldbaukonzepte miteinzubinden (Ammann, 2020; Jonczak et al., 2020; Roloff und Pietzarka, 2010; Stahl und Gauckler, 2009; Tennhoff, 2020).

Die Rolle der Birke als Vertreter der Pionierbaumarten bei der natürlichen Sukzession besteht darin, eine Fläche nach einer Störung möglichst rasch wieder zu besiedeln und adäquate Bedingungen zu schaffen, um ein Aufkommen von Klimaxbaumarten zu ermöglichen. Birken produzieren zahlreiche Samen, welche hunderte Meter über Wind verbreitet werden. Daher werden offene Flächen schnell besiedelt. Nachdem sich ein Birkenbestand etabliert hat, entstehen optimale Bedingungen für das natürliche Aufkommen anderer Baumarten. Die Birken bieten anderen Baumarten Schutz vor Verunkrautung, Verbiss, Frost und Austrocknung (Dubois et al., 2020). Auf Schadflächen in Belgien, Deutschland und Frankreich konnte 15 bis 20 Jahre nach Etablierung eines Birkenbestandes ein Aufkommen von Buche, Eiche, Wildkirsche, Bergahorn und Fichte unter dem Kronendach der Birken festgestellt werden (Rosa und Gauberville, 2004 zitiert nach Dubois et al., 2020). Der Leaf Area Index (LAI) der Birke ist im Vergleich zu anderen schattentoleranteren Klimaxbaumarten niedrig. Er liegt für ausgewachsene Birken in Monokulturen in etwa  $4\text{-}5\text{ m}^2\text{ m}^{-2}$ . Im Vergleich dazu: Rotbuche:  $5\text{-}8,5\text{ m}^2\text{ m}^{-2}$ , Hainbuche

(*Carpinus betulus*) 7-8,5 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>, Eiche 5 m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> (Jonczak et al., 2020). Die guten Lichtbedingungen am Boden in Birkenbeständen sind nicht nur für aufkommende Klimaxbaumarten optimal, es kann sich eine vielfältige Kraut- und Strauchschicht mit Blütenpflanzen entwickeln, welche wiederum vielen Insektenarten als Nahrungsquelle und Lebensraum dienen (Rosa und Gauberville, 2004 zitiert nach Dubois et al., 2020).

Die Birke gilt auch als Bodenverbesserer. Die schnelle Zersetzung abgestorbener Baumwurzeln und abgefallener Birkenblätter verbessert die Bodenporosität und die Wasserinfiltration sowie die biologischen Eigenschaften, die Tiefe des A-Horizonts und den Nährstoffkreislauf. Beigemischte Birken in Eichen, Buchen, Fichten und Kiefernwäldern können die Bodenfruchtbarkeit erhöhen. Beim Umbau eines Fichten- oder Kiefernbestandes in einen Birkenbestand wird die Bodenfruchtbarkeit durch eine Begrenzung des Verlustes von basischen Kationen, eine verringerte Nitratauswaschung und eine Umkehr der Podsolierung wieder verbessert. Die Boderverbesserung wiederum erhöht die Biodiversität und die Abundanz in der Bodenfauna. Regenwürmer, Springschwänze und verschiedene Milbenarten kommen häufiger vor. Diese dienen Dachsen, Maulwürfen und Spitzmäusen als Nahrungsquelle. Die Birke hat einen überproportional großen Einfluss auf die Umwelt im Verhältnis zu ihrer Abundanz. Birkendominierte Wälder gelten als besonders artenreich und bieten auch vielen Habitspezialisten einen Lebensraum (Dubois et al., 2020).

Birken kommen sowohl in Monokulturen als auch in Mischwäldern vor. Als Pionier ist sie äußerst Lichtbedürftig und gilt somit als schattenintolerant. In den ersten 10 bis 20 Jahren kann die Birke über einen Meter im Jahr wachsen, allerdings kulminiert in diesem Alter bereits der Höhenzuwachs (Hynynen et al., 2009). Der jährliche Höhenzuwachs nimmt dann kontinuierlich ab und wird mit etwa 50 Jahren eingestellt. Was die Kronenplastizität betrifft, ist die Birke äußerst reaktionsschwach. Bedingt durch diese Eigenschaften wird die Birke mit steigendem Alter immer konkurrenzschwächer und wird von anderen Baumarten überwachsen (Ammann, 2020).

In einem Mischbestand aus Buche und Kiefer können beide Baumarten voneinander profitieren, was zu einer Erhöhung der Biomasseproduktion gegenüber Reinbeständen führt (Pretzsch et al., 2015). In Nordeuropa, in den baltischen Staaten und in Nordwest Russland ist Birkenholz das ökonomisch bedeutendste Hartholz (Dubois et al., 2020). Häufig kommen dort Bestände mit Birke (Sandbirke und Moorbirke), Fichte und Kiefer vor. Zu Mischbeständen mit Birke und Kiefer bzw. Birke und Fichte gibt es einige Untersuchungen. Die Studienlage bezüglich Baumartenmischungen und Produktivität ist jedoch nicht eindeutig und die Effekte scheinen nicht so ausgeprägt zu sein wie bei Kiefer

und Buche in Mitteleuropa. (Huuskonen et al., 2023). Für Birke und Fichte kommen wenige Studien zu dem Ergebnis, dass die Wuchsleistung gegenüber einer Fichten Monokultur leicht höher ist (Huuskonen et al., 2021). Auf fruchtbaren Standorten mit 25 % Sandbirkenanteil und 75 % Fichtenanteil wurde gegenüber einer Fichtenmonokultur eine Zunahme des Volumszuwachses um 3 % - 5 % und eine Zunahme des Ertrages an sägefähigem Holz von 6 % - 9 % festgestellt. Die moderate Beimischung von Sandbirke verbessert den Holzertrag sowohl auf kurze als auch auf lange Sicht. Eine Beimischung von Moorbirke verringert jedoch den Ertrag (Mielikäinen, 1985 zitiert nach Huuskonen et al., 2023 ). Eine Beimischung von Sandbirke in Kiefernbeständen kann sich ebenfalls positiv auf das Wachstum auswirken (Hynynen et al., 2011). Ein zu hoher Sandbirkenanteil, kann allerdings auch zu einem geringeren Zuwachs im Vergleich zu Monokulturen führen. Dies gilt sowohl für Fichten- als auch für Kiefernbestände. Die Birke hat ein schnelleres Jugendwachstum als die Kiefer und die Fichte und kann diese deshalb relativ bald unterdrücken. Durch frühe intensive waldbauliche Eingriffe können jedoch resiliente Mischbestände begründet werden. (Huuskonen et al., 2023; Hynynen et al., 2011).

#### **1.1.5 Massenpotential und Qualität**

Es gibt einige wenige Arbeiten die sich mit dem Wachstumsverhalten der Birke beschäftigen, zum Beispiel: (Diéguez-Aranda et al., 2006; Eriksson et al., 1997; Frauendorfer, 1954; Hein et al., 2009; Lockow, 1998; Sterba, 1976). Die Wachstumshöhenkurven dieser Arbeiten zeigen alle ein starkes frühes Höhenwachstum (Abbildung 8), unterscheiden sich jedoch etwas beim Alter der Kulmination des Höhenwachstums und des Maximums an Höhenzuwachs. So gibt es bei der Oberhöhe beispielsweise für die jeweils höchste Ertragsklasse im Alter von 30 Jahren eine Spanne zwischen 17 m (Frauendorfer, 1954) und 25 m (Hein et al., 2009). Das Höhenwachstum ist in den ersten 20 Jahren am größten, nimmt zwischen 30 und 40 Jahren stark ab und ist mit etwa 50 bis 60 Jahren nur noch verschwindend gering. Die maximale Baumhöhe liegt in etwa bei 35 m. Wie in Abbildung 8 ersichtlich ist die Birke während der ersten paar Jahre somit höher als nahezu alle anderen Baumarten, wird jedoch immer konkurrenzschwächer und schließlich von den Klimaxbaumarten überwachsen (Dubois et al., 2020; Hein et al., 2009).

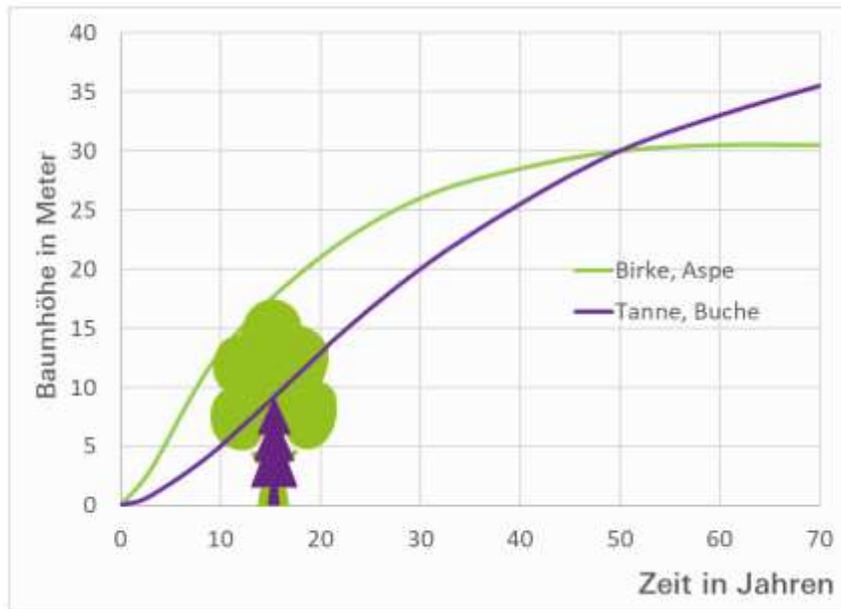


Abbildung 8: Schematische Darstellung der Höhenwachstumskurve von Pioniergehölzen (Birke, Aspe) im Vergleich zu Klimaxbaumarten (Tanne, Buche) (Ammann, 2020).

Aufgrund der hohen Bedeutung der Birke für die Forstwirtschaft in den nordischen Ländern wird dort die Wachstums- und Ertragsforschung intensiver betrieben als in Mitteleuropa. Nach den finnischen Ertragstafeln von Koivisto (1959) beträgt die Gesamtwuchsleistung (GWL) für einen durch Naturverjüngung begründeten Birkenbestand ohne waldbauliche Eingriffe nach 80 Jahren zwischen  $320$  und  $540 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , was einem durchschnittlichen, jährlichen Gesamtzuwachs (dGZ) zwischen  $4$  und  $6,75 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  entspricht. Für einen waldbaulich behandelten Bestand im Alter von 60 Jahren beträgt die GWL nach Oikarinen (1983) zwischen  $360$  und  $560 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  was einem dGZ zwischen  $6$  und  $9,3 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  entspricht. Die hohe Produktivität und die gerade Schafform sind die Hauptgründe für den hohen Stellenwert der Birke in der Forstwirtschaft in Nordeuropa (Hynynen et al., 2009). Nach den Ertragstafeln der Österreichischen Bundesforste (Sterba, 1976) beträgt die GWL nach 60 Jahren zwischen  $72$  und  $502 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , was einem dGZ zwischen  $1,2$  und  $8,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  entspricht. Nach den Ertragstafeln von Frauendorfer (1954) beträgt die GWL nach 60 Jahren zwischen  $195$  und  $329 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , was einem dGZ zwischen  $3,25$  und  $5,47 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  entspricht. Die Ertragstafeln wurden größtenteils im letzten Jahrhundert, anhand von Beobachtungen in alten Beständen erstellt, ohne den positiven Effekt einer frühen Kronenfreistellung auf das Wachstum zu berücksichtigen (Dubois et al., 2020). Eine aktuellere Werk ist die Ertragstafel für die Sandbirke in Nordostdeutschland (Lockow, 1998). Diese ist das Ergebnis von Analysen auf 192 Probestflächen in Mecklenburg-Vorpommern. Dieser Ertragstafel liegt eine zweckmäßige Bestandesbehandlung zugrunde, die zum Ziel hat wertvolles Starkholz zu erzielen. Nach

den Ertragstafeln nach Lockow (1998) beträgt die GWL nach 60 Jahren zwischen 110 und 527 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, was einem dGZ zwischen 1,8 und 8,8 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> entspricht.

In Nordeuropa wird Birkenholz aus Mischbeständen, welche oft von Koniferen dominiert werden, meist an die Papierindustrie vermarktet. Bei Förderung der Birke kann auch im Mischbestand Sägerundholzqualität mit der Birke erreicht werden. In Reinbeständen ist das Ziel in vielen Fällen die Produktion von hochwertigem Sägerundholz oder Holz zur Herstellung von Spanplatten. Die waldbauliche Bestandesbehandlung hat starke Durchmesser, Geradschaftigkeit und fehlerfreie Stämme zum Ziel (Hynynen et al., 2009). In Westeuropa gab es von Seiten der Forstwirtschaft lange kein Interesse an der Birke. Deshalb wurden auch keine birkenspezifischen waldbaulichen Methoden entwickelt, um wertvolles Nutzholz mit dieser Baumart zu produzieren (Dubois et al., 2020). Die Birke eignet sich trotzdem zur Wertholzproduktion, allerdings muss die spezielle Wachstumsdynamik von Pionierbaumarten bei waldbaulichen Maßnahmen berücksichtigt werden (Tennhoff, 2020). Im deutschsprachigen Raum wird in der Laubwaldbewirtschaftung die QD-Methode (Qualifizierung und Dimensionierung) (Wilhelm und Rieger, 2013) gelehrt. Üblicherweise wird hierbei in einem Alter zwischen 12 und 15 Jahren mit waldbaulichen Maßnahmen wie z.B. dem Lättern begonnen. In einigen Fällen gelingt es mit diesem Verfahren qualitativ hochwertiges Nutzholz zu produzieren, allerdings sollten einige Adaptionen in Anlehnung an die Birkenwaldbewirtschaftung in den nordischen Ländern erfolgen, um den Anteil an wertvollem Nutzholz zu steigern. Vor allem eine frühe und starke Stammzahlreduktion, bereits in den ersten 10 Jahren, sind essenziell um in einer Umtriebszeit von 40 bis 50 Jahren Dimensionen von 50 bis 60 cm Brusthöhendurchmesser (BHD) zu erreichen. Intraspezifische Konkurrenz in dichten, aus Naturverjüngung hervorgegangenen Beständen beeinflusst die Kronenentwicklung und somit das Durchmesserwachstum bereits innerhalb der ersten 10 Jahre nachhaltig (Dubois et al., 2020). Das schnelle Dickenwachstum und die damit einhergehenden großen Jahrringbreiten beeinflussen die Holzqualität aufgrund der zerstreutporigen Struktur nicht (Cameron et al., 1995 zitiert nach Dubois et al., 2020). Die Birke ist bereits bald nach der Kulmination des Höhenwachstums ausgesprochen reaktions- und konkurrenzschwach. Ein Ausbau der Krone ist daher nur bis zu einem Alter von 25 Jahren möglich. Durchforstungen müssen früh und stark erfolgen. Um Durchmesserstarke Stämme zu erreichen, ist dies besonders wichtig. Spätere Eingriffe können nur noch der Kronenerhaltung dienen, nicht jedoch dem Ausbau (Ammann, 2020). Die Wertholzproduktion mit der Birke erfolgt ähnlich wie mit anderen Laubbaumarten, jedoch gibt es einige Spezifika der Birke zu beachten. Die Anzahl der Z-Bäume ha<sup>-1</sup> ist von mehreren Eingangsgrößen abhängig. Der Zieldurchmesser und der Radialzuwachs geben die Kronenbreite vor. Die Birke bildet eine weniger breite Krone aus als viele anderer Baumarten. Vergleicht man beispielsweise

die Kronenbreiten bei einem einheitlichen BHD von 40 cm und durchschnittlichen Radialzuwächsen von 4 mm / Jahr so bildet die breiteste Krone die Buche mit 8,1 m aus, Esche und Kirsche 7,7 m, Eiche 7,5 m, Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) 7,3 m und die Birke die schmalste Krone mit 6,2 m. Bei der Birke wird häufig von einem reduzierten Zieldurchmesser von 45–50 cm und einer Produktionszeit von 50–55 Jahren ausgegangen. Durch die an sich schon schmalere Krone, und den reduzierten Zieldurchmesser liegt die Z-Baum Anzahl bei der Birke zwischen 95 und 153 Z-Bäumen ha<sup>-1</sup>, deutlich höher als beispielsweise bei Buche oder Eiche. Für die Qualitätseinstufung sind Äste bei Birkenblochen sehr wichtig (Hein et al., 2009). Die natürliche Astreinigung funktioniert in dichten naturverjüngten beständen sehr gut. Die Stämme sind meist 5 bis 7 m astfrei (Hynynen et al., 2009). Trotzdem gilt die Birke als Totasterhalter, weshalb eine ausgeprägte Totastzone entstehen kann. Im deutschsprachigen Raum wird daher die Wertastung bei der Birkenwertholzproduktion empfohlen (Ammann, 2020; Gregory et al., 2013; Hein et al., 2009; Stahl und Gauckler, 2009; Tennhoff, 2020). In wenigen Fällen wird zur Wertholzproduktion auch in den nordischen Ländern geastet. Die Astbasis sollte dabei einen Durchmesser von 2 cm nicht überschreiten. Die Astungshöhe soll in etwa 6 m betragen. Die Astung sollte entweder im Spätwinter, oder im Sommer erfolgen (Hein et al., 2009; Hynynen et al., 2009). Bei Birken kann ab einem Alter von 20 Jahren eine Farbverkernung auftreten. Mit einem Alter von 45 Jahren sind etwa die Hälfte, ab 80 Jahren alle Bäume verkernt. Nur ein kleiner Teil des Stammquerschnitts ist betroffen. Im Alter 40 sind 5% des Stammquerschnitts verkernt, im Alter 60 ca. 11 % und im Alter 100 ca. 36 %. Durch das Absterben von Starkkästen kann die Farbkernbildung gefördert werden, daher ist darauf zu achten, dass die Großen Kronen erhalten werden (Hein et al., 2009). In Finnland werden Birkenbestände, sofern sie aufgeforstet werden mit 1600 Bäumchen ha<sup>-1</sup> begründet. Die erste Durchforstung erfolgt, wenn die Oberhöhe 13–15 m beträgt. Hierbei erfolgt eine Reduktion der Stammzahl auf 700–800. Das anfallende Durforstungsholz geht Großteiles in die Papierindustrie oder wird als Energieholz vermarktet. Die zweite Durchforstung erfolgt in etwa 15 Jahre nach der Ersten. Die Stammzahl sollte danach etwa 350–400 betragen. Bei der zweiten Durchforstung können zusätzlich zum Schleifholz auch schon einige Sägerundholzblöcke anfallen. Bei Beständen, welche aus Naturverjüngung hervorgehen ist aufgrund der hohen Stammzahl eine Stammzahlreduktion bevor eine Oberhöhe von 5 m erreicht wird erforderlich. An einem wüchsigen Standort bedeutet das, dass am Ende des 60-jährigen Umtriebes 389 Birken ha<sup>-1</sup> mit einem mittleren Durchmesser von 29,4 cm und einer Oberhöhe von 28,0 m stocken. Dies entspricht in diesem Beispiel einer Gesamtwuchsleistung von 419 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> und einer Vornutzung von 116 m<sup>3</sup>ha<sup>-1</sup> (Hynynen et al., 2009).

Aufgrund der breiten Standortsamplitude gibt es über das gesamte Österreichische Bundesgebiet verteilt potenzielle Flächen für die Birke. Die Baumartenampel des BFW (Walli, 2021) gibt einen Überblick, ob die Klimatischen Bedingungen an einem bestimmten Standort für eine bestimmte Baumart in der Zukunft (2080–2100) passend sind oder nicht. Bei der Berechnung dieses Modells wurden sowohl Prognosen für die Temperatur als auch für den Niederschlag berücksichtigt. Für die Birke sind über alle 9 Wuchsgebiete hinweg in den niederen und mittleren Lagen passende Klimatische Bedingungen zu erwarten. Je nach Wuchsgebiet sind ab der Mittelmontanen bzw. Hochmontanen Höhenstufe (in den Randalpen ca. 1200 m, im Wald und Mühlviertel ab ca. 900 m, in den Inneralpen ab ca. 1800 m) die Klimatischen Bedingungen für die Birke nicht mehr optimal. In Abbildung 5 lässt sich erkennen, dass beispielsweise bei einer Jahresmitteltemperatur von unter 5°C und einem Jahresniederschlag von 1000 mm es kaum noch Birkenvorkommen in Europa gibt. In Höheren Lagen mit einer geringen Jahresmitteltemperatur und einem hohen Jahresniederschlag gelangt die Birke an ihre physiologische Existenzgrenze. Über alle 9 Wuchsgebiete hinweg zeigt sich, dass jene Standorte welche für die Fichte klimatisch gesehen ungünstig sind, gleichzeitig gute Standorte für die Birke darstellen. Daraus lässt sich ableiten, dass vor allem jene Gebiete, wo sekundärer Nadelwald vorkommt, großes Potenzial für den Waldbau mit der Baumart Birke bieten. Abbildung 9 zeigt in welcher Höhenstufe in den östlichen Randalpen (Wuchsgebiet 5) passende klimatische Bedingungen für die Fichte bzw. die Birke zu erwarten sind.

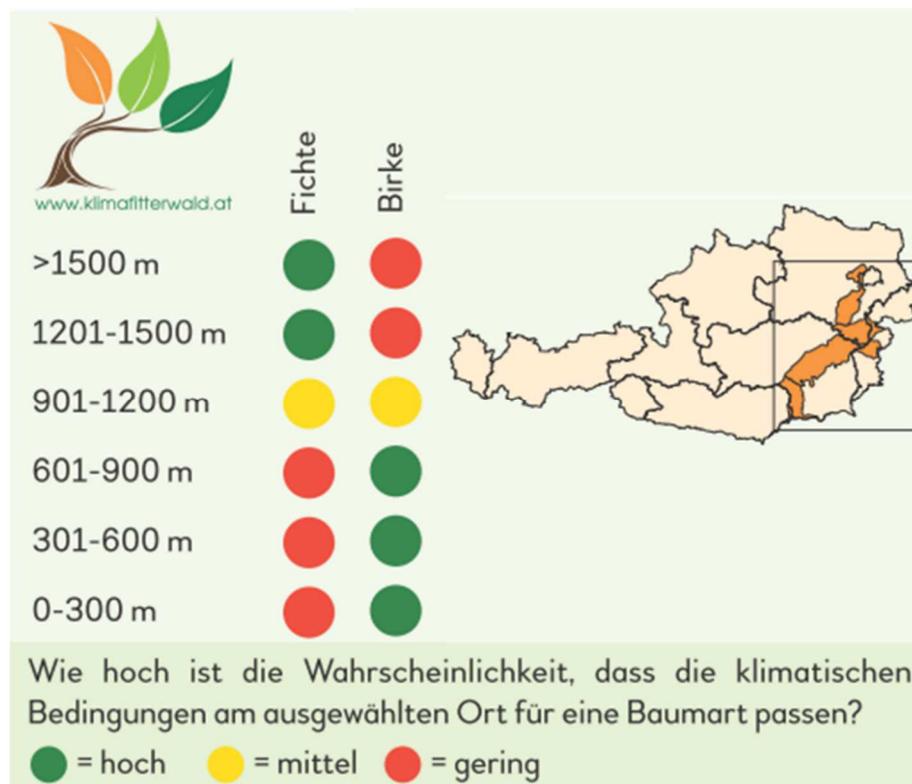


Abbildung 9: Baumartenampel für die Östlichen Randalpen (Wuchsgebiet 5) (Walli, 2021).

Kleinstandörtlich gesehen sind für potenzielle Birkenflächen vorab die Bodenverhältnisse zu untersuchen. Das Durchwurzelungsvermögen auf schweren, schlecht durchlüfteten Böden ist gering. Auf verdichteten Lehmen, Tonen oder Mergeltonen bzw. auf wechselfeuchten und staunassen Böden wurzelt die Birke daher nur flach. Solche Standorte sind besonders anfällig für Windwürfe. Die beste Wuchsleistung zeigt die Birke auf gut durchlüfteten, nährstoffreichen, tiefgründigen Lehmböden (MICHIELS, 2009). Um das Wuchspotenzial der Birke auszuschöpfen, sollte die Wasserhaushaltsklasse mindestens mäßig frisch, besser frisch sein (Tennhoff, 2020).

Der Vorrat an Birkenholz im österreichischen Wald liegt bei 6,6 Mio Vfm. Der jährliche Zuwachs beträgt 191.000 Vfm zu. Die jährliche genutzte Menge beträgt 217.000 Vfm (Österreichische Waldinventur 2016/2021, 2022). Die Österreichischen Bundesforste haben im Jahr 2024 318 Erntefestmeter (Efm) eingeschlagen. Dabei wurden 80 Efm davon als Industrieholz, 81 Efm als Brennholz und 157 Efm als Industrieholz (thermisch) vermarktet. Es wurde kein Birkensägerundholz vermarktet (*Österreichische Bundesforste*, 2025). Bei Laubholzsubmissionen in Österreich spielt die Birke keine Rolle. Birkenstämme sind nicht zur Submission zugelassen und dürfen nicht angeliefert werden (Waldverband Niederösterreich, 2024). Somit findet sich auch kein einziger Birkenstamm im Losverzeichnis der Submissionen in St. Florian (Waldverband Oberösterreich, 2025) und Heiligenkreuz (Waldverband Niederösterreich, 2024).

## **1.2 Die Birke holzwirtschaftlich gesehen**

### **1.2.1 Holzeigenschaften der Birke**

Die Birke weist grundsätzlich eine zylindrische Stammform auf, gelegentlich treten Verformungen am Stammfuß auf, auf ungünstigen Standorten kann sie auch krumm wachsen. Die Rinde ist im oberen Stammabschnitt weiß glänzend, sich in horizontalen Bändchen ablösend, im unteren Stammabschnitt schwärzlich, tiefrissig und grobborkig. Der Rindenanteil liegt im Mittel, je nach Stammhöhe, bei 12,6 %. Die Dichte der Rinde liegt bei  $562 \text{ kg m}^{-3}$ . Die Farbe des Holzes ist gelblich weiß bzw. rötlich weiß bis hellbräunlich. Alte Bäume können einen dunkelbraunen bis braunen Kern ausbilden. Die Textur des Holzes kann im Tangentialschnitt schlicht, gefladert, geflammt oder gemasert sein, im Radialschnitt ist sie leicht gestreift. Der Geruch ist unauffällig. Die Birke zählt zu den zerstreutporigen Gehölzen (Wagenführ und Wagenführ, 2021). Im Widerspruch zur allgemeinen Auffassung in der Literatur liegen die Festigkeiten und die E-Moduli der Birke teilweise über jenen der Eiche (Lohmann, 2000), wie in Tabelle 1 zu sehen ist.

Tabelle 1: Überblick über ausgewählte physikalische und mechanische Eigenschaften von Birkenholz im Vergleich zu anderen ausgewählten Holzarten. Die Werte in der Tabelle sind der jeweils typische Wert aus (Wagenführ und Wagenführ, 2021).

Holzart	Darrdichte [kg m <sup>-3</sup> ]	Druckfestigkeit [MPa]	Zugfestigkeit [MPa]	Biegefestigkeit [MPa]	E-Modul [MPa]
<b>Sandbirke</b>	610	51	137	147	14500-16500
<b>Rotbuche</b>	680	62	135	123	16000
<b>Stieleiche</b>	650	61	90	88	11700
<b>Gem. Esche</b>	650	52	165	105	13400
<b>Bergahorn</b>	590	49	114	95	9400
<b>Hainbuche</b>	790	82	135	160	16200
<b>Weißkiefer</b>	490	55	104	80	12000
<b>Gew. Fichte</b>	430	50	90	78	11000

Das Birkenholz ist nicht besonders hart (Lohmann, 2000), eine Einordnung zu den Weichlaubhölzern, wie in der Literatur oft üblich, entspricht nicht einer Einteilung nach der Festigkeit, sondern es sind vielmehr Laubhölzer mit niedriger Umtriebszeit gemeint (Fischer et al., 2014). Beispiele hierfür sind: Pappel, Weide, Linde oder Erle. Diese sind jedoch deutlich weicher als die Birke (Lohmann, 2000). Die Abnutzung beschreiben Wagenführ und Wagenführ (2021) als Verhältnis zur Eiche.  $Eiche : Birke = 0,6 : 1$ . Somit wird beispielsweise ein Birkenparkett schneller verschleißern als ein Eichenparkett.

Unter den heimischen Hölzern besitzt die Birke mit Ausnahme der Hainbuche (*Carpinus betulus*) die höchste Biegefestigkeit (Sell, 1989; Wagenführ und Wagenführ, 2021); siehe hierzu auch Tabelle 1. Huber et al. (2023) verglichen mechanische Eigenschaften von 38 heimischen und nicht heimischen Baumarten um mögliche Alternativen zur Fichte zu finden. Bei Betrachtung der spezifischen Biegefestigkeit (Biegefestigkeit / Dichte) ist das Birkenholz allen anderen Laub- und Nadelhölzern überlegen. Birkenholz besitzt ebenfalls den höchsten E-Modul aller von Huber et al. (2023) untersuchten Baumarten. Beim spezifischen E-Modul hat die Birke den höchsten Wert aller Laubhölzer mit 0,0269 Gpa/(kg/m<sup>3</sup>) welcher nur geringfügig niedriger ist als jener der Küstentanne (*Abies grandis*) welche mit 0,0278 Gpa/(kg/m<sup>3</sup>) den höchsten Wert hat. Andere Nadelhölzer wie die Fichte und die Weißtanne liegen zwischen der Küstentanne und der Birke, andere Laubhölzer haben deutlich niedrigere Werte. Huber et al. (2023) berechneten auch verschiedene Materialindices nach Ashby (2011), welche ein Maß aus Kombination der mechanischen Eigenschaften eines Werkstoffs und dem Einsatz bzw. der Funktion als Bauteil wiedergeben sollen. Die Materialindices der Birke waren niedriger als jene der Fichte, jedoch höher als jene der anderen Laubbaumarten. Aufgrund der hohen absoluten und

spezifischen mechanischen Werte hat die Birke trotzdem hohes Potenzial für hoch beanspruchte technische Bauteile, wo das Eigengewicht eine untergeordnete Rolle spielt. In solchen Bereichen kommt die Birke als Ersatz für die heimischen Nadelbaumarten (Fichte, Kiefer, Tanne) in Frage. Die Birke ist die einzige Laubbaumart, die aufgrund ihrer Geradschaftigkeit (Hynynen et al., 2009) und ihrer physikalischen und mechanischen Holzeigenschaften dieses Potenzial hat (Huber et al., 2023).

Birkenholz lässt sich sowohl manuell als auch maschinell gut bearbeiten. Es ist auch gut schälbar. Dementsprechend findet die Birke auch eine breite Anwendung als Sperrholz. Für viele Sperrholzanwendungen kommen ihr dabei die hervorragenden Festigkeits- und Steifigkeitseigenschaften zugute. Die Quell- und Schwindmaße von Birkenholz sind, wie aus Tabelle 2 hervorgeht, teilweise geringer als bei anderen Holzarten. Birkenholz lässt sich gut trocknen, neigt jedoch zu langsamer Trocknung sowie zu Verwerfungen und Rissen. Verleimung und Oberflächenbehandlung sind gut möglich. Die Dauerhaftigkeit von Birkenholz ist sehr gering, was der Dauerhaftigkeitsklasse 5 nach DIN EN 350 entspricht. Birkenholz ist schwierig zu imprägnieren (Wagenführ und Wagenführ, 2021).

Tabelle 2: Schwindsätze der Birke im Vergleich zu anderen ausgewählten Holzarten (Wagenführ und Wagenführ, 2021).

Holzart	Schwindsatz längs ( $\beta_l$ ), [%]	Schwindsatz radial ( $\beta_r$ ), [%]	Schwindsatz tangential ( $\beta_t$ ), [%]
Sandbirke	0,6	5,3	7,8
Rotbuche	0,3	5,8	11,8
Stieleiche	0,4	3,5-4,6	7,8-10,0
Gem. Esche	0,2	4,6-5,0	12,8-13,6
Bergahorn	0,5	3,0	8,0
Hainbuche	0,5	5,2-6,8	11,5
Weißkiefer	0,3	3,3-4,5	7,5-8,7
Gew. Fichte	0,3	3,5-3,7	7,8-8,0

### 1.2.2 Nutzungskonzepte von Laubschwachholz

Durch den Klimawandel wird die Forstwirtschaft gezwungen, ein größeres Augenmerk auf resiliente Bestände zu legen und Waldbau mit standortsangepassten Baumarten zu betreiben. Dadurch steigt der Laubholzanteil im österreichischen Wald zwangsläufig. Der Anteil an Birkenflächen wird durch natürliche Sukzession nach Kalamitäten ebenfalls steigen. Dadurch steht bereits heute, aber vor allem in naher Zukunft, eine steigende Menge an Laubholz, insbesondere Laubholz mit geringen Durchmessern, zur Verfügung. Aufgrund fehlender Nutzungspotentiale von Laubschwachholz werden Durchforschungen oft nur ungenügend durchgeführt (Hansmann, 2011). Einerseits stehen bereits jetzt größere Mengen an Laubholz zu Verfügung, mit steigender Tendenz (Österreichische Waldinventur 2016/2021, 2022), andererseits ist die Produktion und Verarbeitung von Laubholz rückläufig. Vielfach wird Laubschwachholz einer energetischen Nutzung zugeführt. Aus ökologischer und volkswirtschaftlicher Sicht sollte dem eine stoffliche Nutzung durch innovative Produkte entgegengestellt werden. Dadurch kann die regionale Wertschöpfung gesteigert und Arbeitsplätze gesichert werden (Hansmann, 2011). Hansmann (2011) hat bestehende Sägetechnologien (Bockbandsäge, Gattersäge, Reduzierbandsäge) auf die Eignung für den Einschnitt von Laubschwachholz geprüft. Das eingeschnittene Rundholz war vorwiegend der Güteklasse C, bei Eiche und Buche zum Teil auch der Güteklasse B zuzuordnen. Trotzdem konnte ein hoher Anteil an qualitativ hochwertigem Schnittholz der Sortierklassen 1 und 2 gewonnen werden. Tabelle 3 gibt einen Überblick über die Ermittlung des maximalen Rundholzpreises. Die Kosten welche sich in der Arbeit von Hansmann (2011) in: Verkaufs-, Lager-, Trocknungs-, Freiluftlagerungs-, Dämpfungskosten gliedern, wurden hier vereinfacht zusammengefasst. Für die

Berechnung der Ausbeute wurde nur Schnittholz berücksichtigt, welches die Mindestdeckbreite aufwies. Aus der Analyse geht hervor, dass die Baumarten Eiche, Esche und Ahorn, für das Sägewerk gewinnbringend eingeschnitten, und wettbewerbsfähige Rundholzpreise gezahlt werden könnten. Buche bildet hier eine Ausnahme, da der marktübliche Schnittholzpreis deutlich unter jenen der anderen Holzarten liegt. Die erzeugte Schnittware wurde einem umfassenden Materialassessment unterzogen um etwaige Abweichungen verschiedener Eigenschaften zu Schnittholz, welches aus hiebsreifen Bäumen stammt, zu erkennen. Beim Trocknungsverhalten konnte kein Unterschied zu konventionellem Laubholz festgestellt werden. Die mechanischen Kennwerte entsprechen jenen aus der Literatur. Somit gibt es keine Bedenken für die Verwendung von Laubschwachholz gemeinsam mit Holz aus den üblichen Sortimenten.

Tabelle 3: Kostenaufstellung für verschiedene Sägetechnologien beim Einschnitt von Laubschwachholz zur Ermittlung des maximalen Rundholzpreises = kostendeckender Betrieb der Säge. Adaptiert nach (Hansmann, 2011).

Sortierung I/II – Ausbeute lt. Einschnitt [%]	0,41	0,45	0,52	0,67
	<b>Eiche</b>	<b>Buche</b>	<b>Esche</b>	<b>Ahorn</b>
Schnittholzpreis [€ m <sup>-3</sup> ]	450	220	320	350
∑ Kosten [€ m <sup>-3</sup> ]	215	195	155	155
Schnittholzpreis - ∑ Kosten [€ m <sup>-3</sup> ]	235	25	165	195
Konversion von [m <sup>3</sup> ] auf [fm]	96	11	86	131
<b>Blockbandsäge</b>				
Schnittkosten [€ fm <sup>-1</sup> ]	46	46	46	46
Maximaler Rundholzpreis [€ fm <sup>-1</sup> ]	50	-35	40	85
<b>Gattersäge</b>				
Schnittkosten [€ fm <sup>-1</sup> ]	32	32	32	32
Maximaler Rundholzpreis [€ fm <sup>-1</sup> ]	64	-21	54	99
<b>Reduzierbandsäge</b>				
Schnittkosten [€ fm <sup>-1</sup> ]	27	27	27	27
Maximaler Rundholzpreis [€ fm <sup>-1</sup> ]	69	-16	59	104

Hohe Energieholzpreise machen es für Waldeigentümer weniger attraktiv Laubschwachholzbloche auszuformen und gesondert zu vermarkten. Für die verarbeitenden Betriebe jedoch ist die konstante Verfügbarkeit der Sortimente zu stabilen Preisen Voraussetzung um Investitionen zu tätigen und eine Schnittholzproduktion für Laubschwachholz aufzubauen (Hansmann, 2011).

Im Rahmen des Projekts „HolzF<sup>3</sup>“ (2025) wird das Ziel verfolgt, geringwertige Holzsortimente von Buche und Birke für hochwertige Anwendungen im Mobilitätssektor zur Anwendung zu bringen. Hierbei werden vor allem Werkstoffe aus Birken- und Buchenholz

genauer untersucht, da das Rohmaterial in Europa in großen Mengen zu günstigen Preisen verfügbar ist. Es werden Versuche mit Furnieren und Strands aus nicht sägefähigem Laubholz durchgeführt (Grosse et al., 2024). Die Projekte „CARpenTiER“ (2025) und „WoodC.A.R.“ (2022) beschäftigen sich ebenfalls mit innovativen, hoch technologischen Anwendung aus Holz. Trotz der großen Mengen, die in Nordeuropa zur Verfügung stehen, wird Birkenholz derzeit kaum im konstruktiven Holzbau verwendet, außer als Sperrholz. In einer Reihe von Projekten, die die Hasslacher Holding GmbH (2025) zusammen mit dem Institut für Holzbau und Holztechnologie sowie dem Kompetenzzentrum holz.bau forschungs gmbh an der Technischen Universität Graz durchführt, wurde versucht, mehr Wissen über Birken-Konstruktionsholz zu generieren. Basierend auf diesem Wissen entstanden Produkte wie GLT (Glue Laminated Timber = Brettschichtholz) oder CLT (Cross Laminated Timber = Brettsperrholz) aus Birkenholz (Obernosterer et al., 2023).

### **1.2.3 Technologische Nutzung der Birke**

Die Menge an aus Birkenholz hergestellten Produkten in Westeuropa ist überschaubar. Birkenrundholz in Sägerundholzqualität wird von den Forstbetrieben hier kaum produziert, dementsprechend wird auch wenig Birkenschnittholz erzeugt. Für Papier, Pappe, Faserplatten und OSB-Platten wird in Westeuropa häufig Birkenholz verwendet bzw. beigemischt (Dubois et al., 2020). Dummer et al. (2009) beziffert den Bedarf an Birkenholz der österreichischen Zellstoff-, Papier- und Plattenindustrie mit 250.000 Festmetern (Fm). Es gibt einige wenige Unternehmen in Österreich die Birkenholz einer Stofflichen Nutzung zuführen. Hier seien einige Beispiele genannt:

- Die Hasslacher Holding GmbH (2025) produziert Brettschichtholz und Brettsperrholz aus Birke.
- Die Lenzing AG (2025) verwendet Birkenfaserholz als Rohstoff für die Zellstoffproduktion.
- Die Firma Gottfried Mayer Holzwaren (2020) produziert Polierhölzer und Holzstifte für Schuhe aus Birkenholz.
- Das SPERRHOLZWERK SCHWEITZER GmbH (2020) produziert verschiedene auf Sperrholz basierende Produkte aus Birke. Unter Anderem Schneeschieber und Bettfederleisten.
- Das Laubholzsägewerk WIBEBA-HOLZ Ges.m.b.H (2013) schneidet Birkenholz ein und produziert Massivholzplatten.
- Des Weiteren gibt es noch wenige Laubholzsägewerke welche Birkenschnittholz in ihrem Sortiment führen.

In Nordeuropa hat die Verfügbarkeit großer Mengen an Birkenholz den Aufbau und die Entwicklung einer umfangreichen Industrie begünstigt. Parallel dazu entstand ein Rundholzmarkt für Birkenrundholz. Bereits in den 1950er Jahren erkannte man in Finnland den Wert des vielseitig einsetzbaren Birkenholzes. In Finnland hat die Zellstoffindustrie den größten Bedarf an Birkenholz. Über 80 % des kommerziell gehandelten Birkenholzes bzw. 10 Mio Fm verarbeitet diese jährlich. Über 90 % des Birken Blochholzes bzw. 800.000-1,2 Mio. Fm wird von der Sperrholzindustrie verarbeitet. Etwa 100.000-150.000 Fm Birkenholz wird in Finnland jährlich eingeschnitten (Dubois et al., 2020). In der Ostseeregion werden 90 % der Birkenbloche in der Sperrholz- bzw. Furnierindustrie und 10 % in Sägewerken verarbeitet. Finnland, Nordwest-Russland und die Baltischen Staaten sind die größten Produzenten von Sperrholz in der Ostseeregion. Großteils wird dazu Birke, aber auch Fichte und Kiefer verarbeitet. Die Zellstoffindustrie spielt in den anderen Staaten eine nicht so große Rolle wie in Finnland. Der Markt für Hartholzprodukte ist in den vergangenen Jahren deutlich gewachsen. Im Jahr 2005 wurden in Russland 2,35 Mio m<sup>3</sup>, in Finnland 520.000 m<sup>3</sup>, in Lettland 225.000 m<sup>3</sup>, in Estland 43.000 m<sup>3</sup> und in Litauen 36.000 m<sup>3</sup> Birken-Sperrholz produziert. Im Vergleich dazu wurden in Finnland 815.000 m<sup>3</sup> Sperrholz (inkl. Furnierschichtholz (LVL)) aus Fichtenholz hergestellt. Zum Teil wird Birken- und Fichtensperrholz parallel im gleichen Werk mit derselben Technologie produziert. In den neueren Werken in Finnland und Russland gibt es spezialisierte Linien für beide Holzarten (Verkasalo et al., 2007). Verschiedene europäische Waldbaustrategien sehen zur Stabilisierung und zur Steigerung der Resilienz von Waldbeständen eine Erhöhung des Anteiles von Laubbaumarten vor. Im Laufe des Jahrhunderts wird daher deutlich mehr Laubholz auf den Markt kommen als bisher. Der Ausbau der Produktionskapazitäten für die Verarbeitung von Nadelholz und der Wechsel von Nadel- zu Laubholz in vielen Wäldern führt zwangsläufig zu einem zukünftigen Angebotsengpass und steigenden Preisen für Nadelholz. Daher könnte die Wettbewerbsfähigkeit von Laubhölzern auf den Holzproduktmärkten zunehmen, und eine teilweise Substitution von Nadelholz durch Laubholz erscheint im industriellen Kontext realistisch. Beispielsweise wurden Furnierprodukte aus Laubholz, Holzplattenprodukte und Holzwerkstoffe im laufenden Jahrzehnt weiterentwickelt. Der Holzbau ist der größte Treiber für einen wachsenden Holzmarkt in Europa. Im Kontext des Bauens und Wohnens mit Holz machen die Verfügbarkeit von Birke, ihre guten mechanischen Eigenschaften und die technisch möglichen Anwendungen in Brettschichtholzprodukten (GLT), Brettsperrholzplatten (CLT) sowie in Formteilen für Möbel das Birkenholz zu einem der interessantesten Rohstoffe der Zukunft in Westeuropa (Dubois et al., 2020).

## 1.3 Forschungsziele

Aufgrund der hervorragenden technologischen Eigenschaften der Birke und der hohen ökologischen Amplitude erscheint es gerechtfertigt, sich die Frage anzusehen, welches forstwirtschaftliche Potential die Birke in Österreich aktuell besitzt. Weiters erhebt sich die Frage, wie diese Frage zukünftig in Hinblick auf den Klimawandel zu beantworten ist?

Welches forstwirtschaftliche Potential besitzt die Birke in Österreich aktuell und zukünftig in Hinblick auf den Klimawandel?

Welche Argumente gibt es, die für oder gegen die Birke aus forstwirtschaftlicher Sicht sprechen?

Wie wird das Potential der Birke in der Praxis der Forstwirtschaft gesehen?

Wie ist die Einschätzung auf der technologischen Seite?

Beantwortung der Frage, ob Birke hinsichtlich der forstlichen Eigenschaften eine Alternative für die Fichte darstellen kann?

## 1.4 Forschungsfragen und Hypothesen

**Forschungsfrage 1:** Stellt die Birke in Hinblick auf den Klimawandel aus forstwirtschaftlicher Sicht eine Alternative für die Fichte dar? Wenn ja, in welchem Ausmaß und auf welchen Standorten?

Hypothese 1: Die Birke liefert einen signifikanten Beitrag zur Erhöhung der Bestandesstabilität und verbessert die Nachhaltigkeitsziele der heimischen Forstwirtschaft.

Hypothese 2: Die Birke kann auf submontanen und tiefmontanen Standorten, wo die Fichte aufgrund des Klimawandels besonders unter Druck kommt, als Substitutionsbaumart angesehen werden.

**Forschungsfrage 2:** Warum wird die Birke in der Praxis nicht stärker forstwirtschaftlich forciert bzw. etabliert?

Hypothese 3: In der forstwirtschaftlichen Praxis besteht eine Wissenslücke bzw. wissenschaftlich nicht belegbare Vorbehalte gegenüber der Birke.

**Forschungsfrage 3:** Wäre in Österreich ausreichend Nachfrage in der Holzwirtschaft für eine stoffliche Verwertung der Birke vorhanden, die ein stärkeres Engagement für die Etablierung von Birkenbeständen oder Erhöhung des Birkenanteils in Österreich rechtfertigt?

Hypothese 4: Die Birke stellt für tragende Holzkonstruktionen eine technische und betriebswirtschaftliche Alternative für die Fichte dar.

Hypothese 5: Bei entsprechender Rundholzversorgung in brauchbarer Qualität wären ausreichende technologische Wertschöpfungsketten für eine stoffliche Verwertung der Birke vorhanden.

## **2 Material und Methoden**

In der vorliegenden Arbeit wurde eine kombinierte Methodik aus Literaturrecherche und qualitativer Befragung von Experten angewendet. Die Forschungsziele sollen anhand der Literaturrecherche erörtert und die Forschungsfragen beantwortet werden. Die Experteninterviews dienen als Ergänzung bzw. Gegenüberstellung zur Recherche. Damit soll geklärt werden wie viel Wissen bei Forstwirten in Österreich bzgl. „Forstwirtschaft mit der Baumart Birke“ vorhanden ist und welche unterschiedlichen fachlichen Zugänge beobachtbar sind.

### **2.1 Literaturrecherche**

Zunächst wurde eine umfassende Literaturrecherche durchgeführt, um eine solide Wissensbasis als Grundstock für die weitere Arbeit zu schaffen. Im ersten Schritt wurden die Wechselbeziehungen zwischen der österreichischen Forst- und Holzwirtschaft näher beleuchtet. Hierbei galt es, auch im historischen Kontext, zu klären, warum und in welchem Ausmaß die österreichische Forst- und Holzwirtschaft von der Baumart Fichte dominiert wird. Dabei sollte auch erörtert werden welche Rolle der sekundäre Nadelwald inne hat, insbesondere die dort stockenden Mengen und die Risiken in Hinblick auf den Klimawandel. Im zweiten Schritt wurden mögliche Klimaszenarien und die Auswirkungen auf den österreichischen Wald und in weiterer Folge auf die österreichische Forst- und Holzwirtschaft recherchiert. Es wurde herausgearbeitet welche Baumarten aller Wahrscheinlichkeit nach vom Klimawandel profitieren und welche unter Druck geraten. Im dritten Schritt wurde umfassend zur Baumart Birke recherchiert. Hierbei wurden sowohl die Ökologie als auch forstliche und holzwirtschaftliche Aspekte betrachtet. Ein zentraler Aspekt war die Untersuchung der Unterschiede in der forstwirtschaftlichen und holzwirtschaftlichen Nutzung der Birke in Nordeuropa im Vergleich zu Westeuropa bzw. Österreich. Abschließend wurde noch eruiert welche Produkte aktuell in Österreich aus Birkenholz hergestellt werden, welche Konzepte und Projekte es für eine zukünftige technologische Nutzung gibt, und welche Mengen in Österreich im Vergleich zu den Ostseestaaten verarbeitet werden.

Hierzu wurden sowohl Analoge Werke aus der Bibliothek der Universität für Bodenkultur als auch online Datenbanken bzw. Suchmaschinen verwendet. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die verwendeten Datenbanken bzw. Suchmaschinen und die Schlagworte nach denen gesucht wurde.

Tabelle 4: Überblick über verwendete Datenbanken bzw. Suchmaschinen sowie gesuchte Schlagwörter

	<b>Schlagwörter nach Kategorie</b>
<a href="#">Google</a>	Fichte: <i>Picea abies</i> / Standortsansprüche / Fichten dominierte Forstwirtschaft / Holzeigenschaften Verwendung
<a href="#">Boku - Literatursuche</a>	Sekundärer Nadelwald
<a href="#">Google Scholar</a>	Klimawandel: Österreich / Wald
<a href="#">Scopus</a>	Birke: <i>Birch</i> / <i>Betula pendula</i> / Verbreitung / Österreich / Standortansprüche / Trockenheit / Schadensanfälligkeit / Silviculture / Potential / Holzeigenschaften / Wertholzproduktion / Wertastung / Verwendung / Ertragstafel /
<a href="#">BFW Literaturdatenbank</a>	
<a href="#">Waldwissen.net</a>	
<a href="#">LWF Bayern</a>	
<a href="#">waldbau-sylviculture.ch</a>	Technologische Nutzung der Birke: Laubholzsägewerke Österreich / Produkte aus Birkenholz / Sperrholz Produktion Österreich / Birch Industry /

## 2.2 Qualitative Experten Interviews

Im Zuge dieser Arbeit wurden acht Experteninterviews geführt. Es wurde versucht Interviewpartner zu finden, welche im Betrieb mit der Birke Waldbau betreiben. Teilweise wird bewusst mit der Birke gearbeitet, teilweise etablierten sich durch Kalamitäten oder Kahlschläge Birkenbestände. Alle Interviewpartner betreuen forstlich gesehen Gebiete, in welchen die Birke der Hypothese 2 nach, großes Potential besitzt. Das Gut Jaidhof und der Forstbetrieb Tuider konnten persönlich besucht und die Birkenbestände vor Ort besichtigt werden. Nachfolgend werden die Interviewpartner aufgelistet:

- I. Doppler Johannes (Forstmeister im Ruhestand und Kleinwaldbesitzer)
- II. Flaschberger Johann (Forsteinrichter ÖBF)
- III. Gangl Walter (Revierleiter ÖBF im Ruhestand)
- IV. Goll Matthias (Revierleiter Gut Jaidhof)
- V. Lainer Christoph (Forstmeister Fürst Esterhazy'sche Privatstiftung Lockenhaus)
- VI. Leitgeb Andreas (Landesforstdirektion Burgenland und Kleinwaldbesitzer)
- VII. Schmidt Sebastian (Forstassistent Reuss'sche Forstverwaltung Ernstbrunn)
- VIII. Tuider Alexandra (Betriebsleiterin und Eigentümerin Forstbetrieb Tuider)

Jedem Interviewpartner wurden die gleichen Fragen gestellt, auf welche sie frei antworten konnten. Der Fragebogen umfasste 20 Fragen. Zum Teil wurden die Interviews persönlich vor Ort, zum Teil telefonisch durchgeführt. Die Antworten wurden stichwortartig auf vorgefertigten Formularen mitprotokolliert. Der Interviewleitfaden wird nachfolgend dargestellt:

## **Interview im Rahmen der Masterarbeit Forstwirtschaftliches und holztechnologisches Potential der Birke in Österreich**

Verfasser: Daniel Schlögl, BSc

- Betrieb, Anschrift, Ansprechpartner
1. Wo liegt der Betrieb bzw. die Birkenfläche? (Wuchsgebiet, Niederschlag, Jahresmitteltemperatur, Seehöhe, Exposition)?
  2. In welchem Ausmaß wird die Birke in Ihrem Betrieb bewirtschaftet? (Fläche, Vorrat, Einschlag...)
  3. Seit wann arbeiten Sie mit der Birke in Ihrem Betrieb?
  4. In welchen Altersklassen sind die Birkenbestände in Ihrem Betrieb?
  5. Auf welchen Flächen wird mit der Birke gearbeitet (Kalamitätsflächen, sonstige Besonderheiten)?
  6. Was ist das Produktionsziel?
  7. Welche Umtriebszeit wird angestrebt?
  8. Was ist das mittel- bis langfristige Ziel auf diesen Flächen?
  9. Welche waldbaulichen Maßnahmen setzen Sie um diese Ziele zu erreichen (Durchforstungsmaßnahmen)?
  10. Welche Erfahrungen haben Sie mit der Vermarktung der Birke? Qualitäten?
  11. Welchen Erfahrungen haben Sie bezüglich der Produktivität (Bonität) der Birke gemacht?
  12. Ist eine Mischung mit anderen Baumarten sinnvoll? Mit welchen?
  13. Auswirkungen auf andere Baumarten?
  14. Auf welchen Standorten hat die Birke aus Ihrer Sicht Potential?
  15. Welche Erfahrungen haben Sie bzgl. Naturverjüngung der Birke?
  16. Welche Erfahrungen haben Sie bezüglich Schadanfälligkeit gemacht (Sturm, Schnee, Spätfrost, Eisanhang, Biotische Faktoren)?
  17. Welche Erfahrungen haben Sie bzgl. Trockenperioden und Birke?

18. Welche Wahrnehmung haben Sie bzgl. Wildschäden an der Birke?
19. Gibt es Erfahrungen zu Ernte bzw. Rückeschäden im Bestand?
20. Gibt es aus Ihrer Sicht noch etwas wichtiges zu dem Thema?

## **2.3 Auswertung der Experten Interviews**

Die Aussagen der Experten wurden einer qualitativen Auswertung unterzogen, um inhaltliche Muster und thematische Schwerpunkte systematisch herauszuarbeiten. Um die Aussagen aller Experten strukturiert und vergleichbar darzustellen, wurde eine Excel-Tabelle erstellt. Diese dient als analytisches Hilfsmittel, das eine übersichtliche Zuordnung der einzelnen Expertenmeinungen zu den relevanten Themen ermöglicht. Es lässt sich dadurch auf einen Blick nachvollziehen, welcher Interviewpartner welche Aussage zu welchem Thema getätigt hat. Durch diese systematische Erfassung können zentrale Argumente, Übereinstimmungen und mögliche Unterschiede zwischen den Experten schnell identifiziert werden. Von einer qualitativen Inhaltsanalyse wie sie z.B. (Mayring, 2010) postuliert, wird abgesehen, da sie für diese Arbeit nicht zielführend erscheint. Die gewonnenen Erkenntnisse werden im Abschnitt „Ergebnisse und Diskussion“ systematisch im Hinblick auf die Forschungsfragen aufgearbeitet. Dabei werden die Expertenaussagen mit den Erkenntnissen aus der Literaturrecherche verknüpft, um sowohl individuelle Einschätzungen als auch bestehende wissenschaftliche Erkenntnisse miteinander in Beziehung zu setzen. Die Kombination dieser beiden Quellen ermöglicht eine fundierte Analyse der untersuchten Thematik.

## **2.4 Künstliche Intelligenz – Chat GPT**

In dieser Masterarbeit wurde das Programm ChatGPT, unter Einhaltung aller rechtlichen und wissenschaftlichen Standards verantwortungsvoll eingesetzt. Die KI wurde ausschließlich zur sprachlichen Unterstützung genutzt, insbesondere zur Korrektur von Grammatik und Satzzeichen sowie zur Verbesserung des Leseflusses, um die Verständlichkeit des Textes zu optimieren. Einzelne Passagen wurden sprachlich überarbeitet, ohne dass dies die inhaltliche Aussage oder Substanz der Arbeit veränderte.

Sämtliche inhaltlichen Überlegungen, Analysen und Interpretationen wurden eigenständig vom Autor vorgenommen. Die KI diente ausschließlich als Hilfsmittel zur sprachlichen Verfeinerung. Zudem wurde sichergestellt, dass keine sensiblen oder personenbezogenen Daten in die KI-Interaktionen einfließen, sodass keine vertraulichen Informationen gespeichert oder für maschinelle Lernprozesse genutzt wurden.

### **3 Ergebnisse und Diskussion**

Wie unter Punkt 1.1.4 beschrieben, spielt die Birke in der Forstwirtschaft in Westeuropa und somit auch in Österreich kaum eine Rolle. Sie wird weder als potenzielle Wirtschaftsbaumart mit der wertvolles Nutzholz produziert werden kann betrachtet, noch finden die vielfältigen positiven Auswirkungen auf das Ökosystem Beachtung. Bei bäuerlichen Waldeigentümern wird sie häufig noch als „Unholz“ angesehen und zugunsten von anderen Baumarten entnommen. Die herausragenden holztechnologischen Eigenschaften wie unter 1.2.1 beschrieben scheinen nur wenigen Forstfachleuten bekannt zu sein.

Durch die vor allem in der jüngeren Vergangenheit auftretenden Kalamitätsereignisse werden in der Fachwelt Überlegungen angestellt, was genau die Ursachen solcher Schadereignisse sind. Die Zunahme der mittleren Temperatur seit den 1880er Jahren um 2°C (Auer et al., 2014) ist hier mit Sicherheit ein gewichtiger Faktor. Daneben spielen auch lange Hitze-, lange Trockenperioden und Starkwindereignisse eine große Rolle. Diesen Ereignissen sind die Wälder ungeschützt ausgesetzt. Deshalb bedarf es einer Anpassung hinsichtlich Baumartenzusammensetzung von forstlicher Seite. Besonders die häufig naturfernen (Gschwantner und Prskawetz, 2005) Sekundären Nadelwaldstandorte (siehe Abbildung 1) sind mangels Niederschlag und aufgrund des dort vorherrschenden milderen Klimas anfällig für Kalamitäten (Leitgeb und Englisch, 2006). Die Entwicklungsdauer der Borkenkäfer ist temperaturabhängig, weshalb in tieferen Lagen die Ausbildung von bis zu drei Generationen pro Jahr möglich ist. Da sich die Borkenkäfer mit jeder weiteren Generation exponentiell vermehren, steigt auch das Schadpotenzial mit jeder weiteren Generation deutlich an (Tomiczek und Pfister, 2008). Deshalb ist das Risiko für Sekundäre Nadelwaldbestände besonders hoch und es muss regelmäßig mit Kalamitäten gerechnet werden.

Auf bereits bestehenden oder drohenden Kalamitätsflächen sollen in Zukunft stabile, klimafitte Bestände stocken. Hierbei gilt es vor allem Baumarten zu verwenden, welche mit den zu erwartenden Bedingungen gut zurechtkommen. Wichtig ist jedoch, auch die Holzindustrie in diesen Prozess miteinzubeziehen. Es geht darum Baumarten zu finden, welche zur Bestandesstabilisierung im Sinne eines klimafitten Waldes beitragen und aus holztechnologischer Sicht dafür geeignet sind, wirtschaftlich verwertbares Holz zu liefern und die Fichte zumindest teilweise zu ersetzen.

#### **3.1 Ergebnisse Experteninterviews**

Unter den in Punkt 3.1 genannten Gesichtspunkten wurden acht Experten bezüglich ihrer Erfahrungen und Einschätzung der Birke befragt. Die Antworten auf die 20 Fragen

sind in Kurzform in Tabelle 5 und 6 aufgelistet. Die befragten Experten waren allesamt Forstfachleute mit einer entsprechenden Ausbildung und Berufserfahrung.

Tabelle 5: Überblick Expertenaussagen 1.

Frage Nr.	Interviewpartner			
	Goll Mathias	Flaschberger Johann	Gangl Walter	Doppler Johannes
<b>1</b> W-NW	9.2, 500-600mm, 8°C, 600m,	9.2, 500-600mm, 8°C, 600m, W-NW	9.2, 500-600mm, 8°C, 600m, W-NW	8.2, 700mm, 9°C, 350m, Tiefgründiger Lehmboden
<b>2</b> 13ha		22ha, 160 Vfm/ha	nur wenn sie durch NV kommt	Betrieb ges.:23ha
<b>3</b> 30J		30J, Kahlhieb, NV	Erst kürzl. beachtet 3-5J	8J
<b>4</b> I-II		I-II	I-II	I-III, ältere absterbend
<b>5</b> Kahlschlag		Kalamitätsfl, Kahlhieb	Kalamitätsfl.	
<b>6</b> Wertholz		Wertholz	Wertholz	Wertholz, Priorität hat Überführung Schlusswaldges.
<b>7</b> 50-60		80	80,unsicher	40
<b>8</b> Fi, Bu, Ki, Ei		Fi, Ta, Bu	Klimax BA	Ta, Bu, Ei
<b>9</b> Negativauslese		Erst DF 35-40 Vfm/ha	2 Durchforstungen	Z-Baum Auslese
<b>10</b> Brennholz Selbstwerber, Sondersortimente, Schuhproduktion OÖ		Tischlerei, Lenzing Faserholz	Furnier, Sondersortimene	keine
<b>11</b> gefühlt gleich wie Bu		dgz 5		wächst langsamer als Pappel/Weide
<b>12</b>		nein	nein	Zeitmischung, kurzlebige/langlebige BA
<b>13</b> keine negativen		Peitschen	Peitschen	Peitschen wegen dichtstand
<b>14</b> Kalamitätsflächen gute, Bestand		Mittelgründig	universell	breite Amplitude, auch auf Bindigen Böden
<b>15</b> stammt aus NV		Gut	Kalamitätsfl. Gut	überall gut, viele Samen
<b>16</b> Schnee (stellen sich auf), Eisanhang, Biotische		Schnee, Eisanhang	Schneedruck	nicht sturmresistent
<b>17</b> eher gut		kommt zurecht, Zuwachs leidet,besser als Bu	gut	lassen Blätter früh fallen-->Zuwachs -
<b>18</b> setzt sich durch		wird nicht beachtet, eher gut	wenig Verbiss	Fegeschäden
<b>19</b> kA		kA	kA	Wundheilung schlecht
<b>20</b> DF gefördert		Bi wird auch in Fi/Dg best. bei hat durchaus Ansprüche an Boden,	kA	wichtige BA, für Wiederbewaldung

Tabelle 6: Überblick Expertenaussagen 2.

Frage Nr.	Interviewpartner			
	Leitgeb Andreas	Tuider Alexandra	Schmidt Sebastian	Lainer Christoph
1	8.2, 700mm, 9°C 320m	5.2, 800mm, 8-9°C, 460m, S	8.1, 500-600mm, 10-11°C, 300m	5.3, 800-1000mm, 6-8°C, 340-884m
2		2008 Windwurf--> viele Birkenfl.	100ha Birke, 30fm/J	mitlaufend, Vorwald, andere BA bevorzugt
3			2008 mehrere Jahrzehnte	erst kürzlich beachtet
4		I	I-V	alle
5		Kalamitätsfl.	überall/Mischwald	Kalamitätsfl. Lückenfüller
6	bei Planung berücksichtigen Industrieholz	Df: Brennholz, Blochholz,	Wertholz, Furnier	Wertholz
7	50-60		60-70	40-50
8	1 Umtrieb Bi, dann Eiche	Ta, Bu	Eichen Dauerwald	Klimax BA
9	aktive Pflege läutern, Auslese DF großer Wuchsraum	frühe Förderung, Wertastung, regelm. DF	frühe Förderung, keine Astung	QD-Verfahren, keine Astung
10	keine	Keine, Brennholz für Schwedenofen	Furnier, Mayer Nägel für Holzschuhe	keine, aber gute Qualität immer Vermarktbar, Brennholz zT 50% + ggü Bu in Stadtnähe
11	4 bis 5	keine	produktiv, schnellw., geradschaftig	15? Starkes Jugendwt. beobachtet
12	Zeitmischung zw. Eichen Z-Bäumen	kA	ja	mit Ki u Eiche
13	wechselseitig, zuerst dominant, später Konkurrenzschw. mitl. Bonitäten,	wenig, lichte Krone	wenig Konkurrenz auf andere Ba, lichte Kronen	beim QD Verfahren keine
14	gut--> Eiche, Allee, Forstraßenböschg.	universell	vielseitig, unter anderem trockene Schotterböden	überall, auf wüchsigen, auch trocken Kuppen
15	Freifl. sehr gut	optimal für Kalamitätsfl.	gut	bei Licht sofort problemlos
16	Schnneedruck	Schnneedruck/bruch	Nassschnee nach Freistellung	Nassschnee, kann sich aufstellen
17	gut	gut?	Trockenschäden kommen vor, weniger tolerant als Ei u Robinie	kA
18	Verb. Kein Problem	keine Wildschäden beobachtet	fegeanfällig, verbissresistent	Verb. Schutz f. andere BA, schnell aus Äser
19	kA	kA	kA	kA
20	Lindenblättrige Bi, Genetik Bi beachten	Personal muss auf Laubholz geschult werden	beim Absterben tritt schnell Fäule ein, BHD 40- 50 mögl	Saunaproduktion Deutschland

## 3.2 Gegenüberstellung der Expertenaussagen und Ergebnisse der Literaturrecherche

In diesem Kapitel werden die Aussagen der Experten aus den Interviews verschriftlicht dargestellt und systematisch den Ergebnissen aus der Literaturrecherche gegenübergestellt und diskutiert. Spezifische Aussagen einzelner Interviewpartner sind entsprechend der Nummerierung in Kapitel 2.2 durch eine Römische Zahl in eckigen Klammern gekennzeichnet.

1. Frage: Wo liegt der Betrieb bzw. die Birkenfläche? (Wuchsgebiet, Niederschlag, Jahresmitteltemperatur, Seehöhe, Exposition)?

Die Forstreviere, in welchen die Befragten Experten beruflich tätig sind, liegen alle in Gebieten, wo aktuell sekundäre Nadelwälder vorkommen. Es sind dies die forstlichen Wuchsgebiete 5.2 Bucklige Welt [VIII], 5.3 Ost- und Mittelsteirisches Bergland [V], 8.1 Pannonische Tief- und Hügelland [VII], 8.2 Subillyrisches Hügel- und Terrassenland [I, VI] und 9.2 Waldviertel [II, III, IV]. Die Angaben zu den Jahresniederschlägen in den Revieren reichen von 500 mm bis 1000 mm. Die Reviere befinden sich auf einer Seehöhe zwischen 300 m und 884 m. Die Angaben zur Jahresdurchschnittstemperatur reichen von 8°C bis 11°C.

Diese Gebiete liegen jedenfalls innerhalb des Potenzbereiches der Birke. Aus den Abbildungen 5 und 6 lässt sich ableiten, dass je nach standörtlichen Gegebenheiten sich die Birke hier in ihrem Potenzoptimum befindet. Wie aus der Baumartenampel von Walli (2021) hervorgeht, ist in Zukunft mit hoher Wahrscheinlichkeit davon auszugehen, dass in diesen Gebieten passende klimatische Bedingungen für die Birke vorherrschen werden.

2. Frage: In welchem Ausmaß wird die Birke in Ihrem Betrieb bewirtschaftet? (Fläche, Vorrat, Einschlag...)

Das Ausmaß der Birkenbewirtschaftung in den Betrieben ist unterschiedlich und reicht von wenigen Hektar bis zu 100 ha [VII] Birkenflächen. Dies ist jedoch nicht so genau zu beziffern, da die Birke oft nur vereinzelt im Betrieb vorkommt oder als Lückenfüller dient.

3. Frage: Seit wann arbeiten Sie mit der Birke in Ihrem Betrieb?

Bis auf die Reuss'sche Forstverwaltung [VII], welche schon mehrere Jahrzehnte mit der Birke arbeitet und diese auch erfolgreich vermarktet, beschäftigen sich die anderen Betriebe erst seit wenigen Jahren mit der Bewirtschaftung von Birkenbeständen. Davor wurde die Birke nicht als Wirtschaftsbaumart betrachtet.

4. Frage: In welchen Altersklassen sind die Birkenbestände in Ihrem Betrieb?

In der Reuss'schen Forstverwaltung [VII] kommen im Mischwald Birken von der I bis zur V Altersklasse vor, wohingegen in den anderen Betrieben hauptsächlich die Altersklassen I bis III vorkommen. Dementsprechend beträgt der Erfahrungszeitraum zumeist nur wenige Jahre bis Jahrzehnte. Oftmals wird die Birke erst seit kurzem beachtet. Anstoß hierfür dürften, unter anderem, Artikel zur Birke in Fachzeitschriften sein. Auch auf Informationsveranstaltungen von Waldverbänden, Forstvereinen oder ähnlichem wird die Birke im Kontext der Baumartenwahl für klimafitte Wälder genannt.

5. Frage: Auf welchen Flächen wird mit der Birke gearbeitet (Kalamitätsflächen, sonstige Besonderheiten)?

Auf diese Frage wurde viermal die Antwort Kalamitätsflächen [II, III, VI, VIII], zweimal Kahlschlagflächen [II, IV] und einmal überall (Mischwald) [VII] gegeben. Ein Befragter sieht die Birke auch als Lückenfüller [V], auf Flächen wo eine Verjüngung mit anderen Baumarten nicht erreicht werden konnte.

Die Birke als Vertreter der Pionierbaumarten besitzt die Eigenschaft durch Störungen entstandene Freiflächen im Rahmen der natürlichen Sukzession rasch wieder zu besiedeln. Offene Flächen jeglicher Art bieten ideale Bedingungen für die Keimung der Samen und die Entstehung einer üppigen Naturverjüngung. Nach der Etablierung eines Birkenbestandes entstehen optimale Bedingungen für das Aufkommen anderer Baumarten (Dubois et al., 2020). Es erscheint somit sinnvoll, vor allem auf offenen Flächen mit der Birke zu arbeiten.

6. Frage: Was ist das Produktionsziel?

Das Produktionsziel geben sechs Experten mit Wertholz an [I, II, III, IV, V, VII], je einmal wurde Industrieholz [VI] und Blochholz [VIII] angegeben.

Wertholz ist aktuell bestimmt noch ein vernünftiges Produktionsziel, da es in Österreich wenig Birkenholz von guter Qualität gibt und man gute Qualitäten bestimmt an Tischleihen oder als Sondersortimente verkaufen kann. Falls die Birke als Alternative zur Fichte in Zukunft näher in den Focus rückt und großflächig Forstwirtschaft mit der Birke betrieben wird, sollte das Produktionsziel sich an den Anforderungen der Holzindustrie orientieren. Wie das Beispiel Finnland zeigt, verarbeitet die Zellstoffindustrie dort rund 80 % des gehandelten Birkenholzes. Die verbleibenden 20 % nutzt größtenteils die Sperrholzindustrie, während nur ein geringer Anteil in der Sägeindustrie weiterverarbeitet wird (Dubois et al., 2020).

#### 7. Frage: Welche Umtriebszeit wird angestrebt?

Die Frage nach der Umtriebszeit wird von den Experten in einem Rahmen zwischen 40 und 80 Jahren angegeben.

In Finnland, wo besonders intensiv Forstwirtschaft mit der Birke betrieben wird, variiert die typische Umtriebszeit in Birkenbeständen zwischen 40 und 60 Jahren, abhängig von der Standortproduktivität und der Qualität des Bestandes (Oikarinen, 1983 zitiert nach Hynynen et al., 2009). Ammann (2020) schlägt für die Produktion von Wertholz mit einem Zieldurchmesser zwischen 60 cm – 70 cm im Schweizer Mittelland eine Umtriebszeit von 60 Jahren vor. In Hinblick auf die Wachstumsdynamik der Birke wie unter Punkt 1.1.5 beschrieben sollte versucht werden durch geeignete waldbauliche Maßnahmen das starke Jugendwachstum zu nutzen und somit die Umtriebszeit möglichst kurz zu halten. Auch in Hinblick auf die mit zunehmendem Alter steigende Wahrscheinlichkeit einer Farbverkernung sollte eine möglichst kurze Umtriebszeit angestrebt werden (Hein et al., 2009). 80 Jahre Umtriebszeit ist daher nach dem aktuellen Stand des Wissens eine nicht nachvollziehbare Entscheidung.

#### 8. Frage: Was ist das mittel- bis langfristige Ziel auf diesen Flächen?

Das mittel-bis langfristige Ziel der Befragten ist es, auf den meist durch Kalamitäten entstandenen Birkenflächen eine Waldgesellschaft aus Klimax-Baumarten zu etablieren. Die Auswahl der Baumarten variiert jedoch zwischen den Betrieben, je nach standörtlichen Gegebenheiten. Genannt wurden Fichte, Tanne, Buche, Eiche und Weißkiefer.

Eine zentrale Funktion der Birke ist die Wiederbewaldung von Kalamitätsflächen. Die Optimalen Bedingungen für das Aufkommen verschiedener Baumarten in einem Birkenbestand wurden von Rosa und Gauberville (2004) detailliert untersucht. Auf den untersuchten Flächen in Belgien, Deutschland und Frankreich wurde Buchen-, Eichen-, Wildkirschen-, Bergahorn- und Fichtenverjüngung vorgefunden. Die Birke hat eine wesentliche Schutzfunktion für andere Baumarten, insbesondere gegen Verbiss, Frost, Austrocknung und Verunkrautung (Dubois et al., 2020). Eine Bestandesbegründung durch Birken-Naturverjüngung ist eine Kostengünstige Alternative zur Aufforstung. Durch die richtige Bewirtschaftung können innerhalb von 40 bis 60 Jahren bereits beachtliche Erlöse erzielt werden, während sich unter dem Schirm der Birke eine Naturverjüngung der Klimax-Baumarten entwickeln kann.

#### 9. Frage: Welche waldbaulichen Maßnahmen setzen Sie, um diese Ziele zu erreichen (Durchforstungsmaßnahmen)?

Um das Produktionsziel zu erreichen, setzen die Befragten verschiedene waldbauliche Maßnahmen. Drei von ihnen halten eine frühzeitige Förderung [VI, VII, VIII], beispielsweise durch Läuterung, für essenziell. Zudem wurden jeweils einmal das QD-Verfahren [V], die Negativ-Auslese, die Z-Baum-Auslese [I] sowie zwei Durchforstungen pro Umtriebszeit [III] genannt. Ein Interviewpartner geht bei der ersten Durchforstung von einer Entnahme von 35–40 Vfm ha<sup>-1</sup> aus [II]. Ein weiterer Befragter betonte ausdrücklich die Notwendigkeit eines großen Wuchsrums [VI]. Außerdem zieht eine Person eine Wertastung in Betracht [VIII], während zwei Befragte dezidiert angaben, keine Wertastung durchführen zu wollen [V, VII].

Im Zuge der Recherche zu Methoden der Birkenbewirtschaftung findet man im deutschsprachigen Raum vor allem Konzepte in Anlehnung an das QD-Verfahren (Qualifizierung/Dimensionierung) (Wilhelm und Rieger, 2013). Dieses Verfahren hat zum Ziel, Wertholz in starken Dimensionen zu produzieren. Es wird häufig bei der Bewirtschaftung von anderen Baumarten vor allem der Eiche angewendet. Besonders wichtig ist die Berücksichtigung der für Pionierbaumarten typische Wachstumsdynamik der Birke (Tennhoff, 2020). Dabei ist in Anlehnung an finnische Konzepte wie unter Punkt 1.1.5 beschrieben vorzugehen. Die erste essenzielle Maßnahme auf dem Weg zu einem stabilen, qualitativ hochwertigen Birkenbestand ist eine frühe und starke Stammzahlreduktion, welche bereits innerhalb der ersten zehn Jahre durchgeführt werden sollte. Einerseits kann durch intraspezifische Konkurrenz bereits innerhalb der ersten zehn Jahre die Kronenentwicklung nachhaltig beeinflusst werden (Dubois et al., 2020), andererseits wird mit einer frühen Stammzahlreduktion ein niedriger H/D-Wert erreicht was für die Stabilität der Birkendickung gegenüber Schneebruch / Schneedruck äußerst wichtig ist (Dubois et al., 2020; Hynynen et al., 2009; Kohnle et al., 2014). Für gewöhnlich werden in Finnland zwei Durchforstungen durchgeführt. Die erste Durchforstung sollte erfolgen, bevor das Kronenprozent unter 50 % fällt. Üblicherweise beträgt die Oberhöhe zu diesem Zeitpunkt je nach Standort in etwa 13 – 15 m (Dubois et al., 2020). Die zweite Durchforstung erfolgt in etwa 15 Jahre nach der ersten (Oikarinen, 1983). Eine Negativauslese hat aufgrund des unumkehrbaren Einflusses von intraspezifischer Konkurrenz auf die Kronenentwicklung keine großen Effekte auf das Wachstum und somit keine geeignete Methode für die Birkenbewirtschaftung. Im deutschsprachigen Raum wird eine Wertastung zu Produktion von Wertholz empfohlen (Ammann, 2020; Gregory et al., 2013; Hein et al., 2009; Stahl und Gauckler, 2009; Tennhoff, 2020). In einem aus Naturverjüngung hervorgegangenem Bestand mit einer Stammzahl von mehr als 1500 Stämmen pro Hektar funktioniert die Astreinigung sehr gut. Vor der ersten Durforstung sind 5 – 7 m des Schaftes astfrei (Hynynen et al., 2009). Eine Wertastung ist somit nicht zwin-

gend erforderlich. Es ist vielmehr abhängig vom Produktionsziel und von den vorherrschenden Gegebenheiten. Der erforderliche große Wuchsraum wie von einem Experten genannt gilt nur für die Jugendphase in Hinblick auf die intraspezifische Konkurrenz. Wie unter Punkt 1.1.5 beschrieben bildet die Birke, im Vergleich mit anderen Laubbaumarten (unter Annahme eines einheitlichen Zieldurchmessers und in etwa gleichen Radialzuwächsen) die schmalste Krone aus.

10. Frage: Welche Erfahrungen haben Sie mit der Vermarktung der Birke? Qualitäten?

Vier der Befragten gaben an keine Erfahrung bzgl. der Vermarktung zu haben [I, V, VI, VIII], jedoch einmal mit dem Zusatz: "Gute Qualitäten" sind immer vermarktbar [V]. Drei Befragte gaben Birken-Brennholz als Vermarktungsmöglichkeit an [IV, V, VIII]. Furnier wurde zweimal genannt. Einmal wurde die Firma (Lenzing AG) als Abnehmer für Birkenfaserholz genannt [II]. Je zweimal wurden Sondersortimente [III, IV] sowie die Firma Gottfried Mayer Holzwaren [IV, VII] genannt. Einmal wurden Tischlereien als mögliche Abnehmer für Birkenwertholz genannt [II].

In Österreich werden rund 250.000 Festmeter Birkenholz von der Zellstoff-, Papier- und Plattenindustrie verarbeitet (Dummer et al., 2009). Die Firma Hasslacher Holding GmbH (2025) verarbeitet sägefähige Birkenbloche zu Schnittholz und in weiter Folge zu GLT (Glue Laminated Timber = Brettschichtholz) oder CLT (Cross Laminated Timber = Brettsperrholz). Die Bloche hierfür werden vielfach importiert, weil in Österreich kein Holz mit entsprechender Qualität verfügbar ist. Aufgrund eines nicht vorhandenen Marktes wird Birkenholz hierzulande häufig in Form von Energieholz (Hackgut oder Scheitholz) verwendet.

11. Frage: Welchen Erfahrungen haben Sie bezüglich der Produktivität (Bonität) der Birke gemacht?

Die Beobachtungen bzw. Einschätzungen bzgl. der Produktivität reichen von 4 bis 15 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Ein Experte stellte ein besonders starkes Jugendwachstum fest [V]. Je einmal wurde geantwortet: das Wachstum sei ähnlich wie jenes der Buche [IV] bzw. geringer als jenes der Pappel bzw. Weide [I].

15 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> erscheinen etwas hoch für den durchschnittlichen jährlichen Gesamtzuwachs. Die bestehenden Ertragstafelwerke (Frauendorfer, 1954; Koivisto, 1959; Lockow, 1998; Oikarinen, 1983; Sterba, 1976) zeigen einen maximalen dGZ von 9,3 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Der Laufende Zuwachs kann kurzfristig im Alter von etwa 15 Jahren bis zu 23 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> erreichen (Dubois et al., 2020). Die Beobachtung des schnellen Jugendwachstums lässt sich auch in der Literatur mehrfach belegen und ist äußerst wichtig für die waldbaulichen

Maßnahmen im Rahmen der Birkenbewirtschaftung. Aus der Ertragstafel „Buche Braunschweig“ Ertragsklasse 10 (Gehrhardt, 2013) geht hervor, dass die Gesamtwuchsleistung im Alter von 50 Jahren  $381 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  beträgt. Die Gesamtwuchsleistung der Birke im Alter 50 beträgt laut der Ertragstafel von Sterba (1976)  $452 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ . Ab einem Alter von etwa 60 Jahren übersteigt die GWL der Buche jene der Birke. Somit ist die Produktivität der Birke bis etwa 60 Jahre höher als jene der Buche. Das Jugendwachstum der Zitterpappel scheint noch stärker zu sein als jenes der Birke (Ammann, 2020).

12. Frage: Ist eine Mischung mit anderen Baumarten sinnvoll? Mit welchen?

Eine Mischung mit anderen Baumarten erachten vier Experten als sinnvoll [I, V, VI, VII]. Zweimal wird eine Zeitmischung [I, VI] z.B. mit Eichen als eine Möglichkeit genannt. Ein Experte hält eine Mischung mit Eiche und Kiefer für sinnvoll [V].

In Nordeuropa kommt Birke häufig in Mischbeständen mit Kiefer und Fichte vor. Eine moderate Beimischung von Birke kann den Holzertrag sogar leicht erhöhen. Wichtig sind hierbei frühe und starke waldbauliche Eingriffe (Huuskonen et al., 2023; Hynynen et al., 2011; Mielikäinen, 1985). Bei Einzel- bis gemischten Birken in Fichten-Tannen-Buchen Beständen können Birken dank ihres schnellen Höhenwachstums ihre Kronen gut entfalten (Ammann, 2020). Bei der Eichenwertholzproduktion ist ein Abstand zwischen den Zukunftsbäumen von 12 m nach modernen Waldbaukonzepten eine realistische Annahme. Es gäbe daher genügend Raum zwischen den Z-Bäumen, um mit der Birke als Zeitmischung zu arbeiten. Aufgrund der geringen Kronenbreite (Hein et al., 2009) und der kurzen Umtriebszeit der Birke erscheint eine Zeitmischung mit der Eiche als sinnvoll. Die Birke dient in diesem Fall der Qualifizierung der Zielbaumarten (z.B.: Eiche oder Kiefer). Hierbei geht es vor allem um die Astreinigung (Stahl und Gauckler, 2009).

13. Frage: Auswirkungen auf andere Baumarten?

Vier Experten gehen von keinen bzw. keinen negativen Auswirkungen auf andere Baumarten aus [IV, V, VII, VIII]. Es wird auf die lichte Krone der Birke verwiesen [VIII]. Ein Experte spricht von wechselseitigen Beeinträchtigungen und verweist auf die Konkurrenzstärke der Birke in der Jugend und auf die Konkurrenzschwäche im fortgeschrittenen Alter [VI]. Drei Experten sprechen von einer Beschädigung der Krone anderer Baumarten durch „Peitschen“ [I, II, III].

Die lichte Krone spielt vor allem bei der Verjüngung von anderen Baumarten unter dem Kronendach der Birken eine Rolle (Dubois et al., 2020). Durch das starke Jugendwachstum der Birke besteht die Gefahr, dass andere gleichzeitig aufkommende Baumarten relativ bald von der Birke unterdrückt werden. Deshalb sind frühe waldbauliche Eingriffe notwendig (Huuskonen et al., 2023; Hynynen et al., 2009). Die Schädigung der Krone

anderer benachbarter Bäume durch „Peitschen“ wird von Ammann (2020) als „Märchen“ bezeichnet. Durch die leicht zersetzbare Streu beigemischter Birken wird die Bodenfruchtbarkeit erhöht, was sich positiv auf andere Baumarten auswirkt (Dubois et al., 2020).

14. Frage: Auf welchen Standorten hat die Birke aus Ihrer Sicht Potential?

Fünf Experten betrachten die Birke als eine vielseitige Baumart, die auf unterschiedlichsten Standorten gut wächst [I, II, V, VII, VIII]. Zwei von ihnen sehen sogar trockene Kuppen und Schotterböden als potenzielle Standorte für die Birke [V, VII]. Einmal wurde auch bindiger Boden als geeignet genannt [I]. Ein weiterer Experte sieht Potenzial für die Birke auf Standorten mit mittlerer Bonität, an Forststraßenböschungen und in Alleen [VI]. Zudem wurden jeweils einmal Kalamitätsflächen [IV] sowie mittelgründige Standorte als gute Wuchsorte genannt [II].

Die Birke hat eine außergewöhnlich hohe Standorttoleranz. Sie kommt in Regionen mit einer Jahresmitteltemperatur von -2 °C bis +13 °C und Niederschlagsmengen zwischen 400 mm und 2000 mm vor (Beck et al., 2016). Zudem gilt sie auch als bodenvag (= unempfindlich gegenüber dem pH-Wert des Bodens) und stellt keine Ansprüche an die Nährstoffversorgung (Atkinson, 1992 zitiert nach Roloff und Pietzarka, 2010). Am besten wächst sie allerdings auf gut durchlüfteten Böden, mit einer guten Wasser- und Nährstoffversorgung (Hynynen et al., 2009). Auf mittelgründigen Standorten sowie auf Flächen mit mittlerer Bonität besteht ein großes Potenzial. Die hohe Produktivität dieser Standorte ermöglicht die Erzeugung von hochwertigem Holz. Auf trockenen Kuppen und Schotterböden können Birken-Individuen zwar existieren, jedoch ist die Produktivität auf solchen Standorten sehr gering. Auf bindigen Böden ist das Wurzelwachstum der Birke sehr eingeschränkt und daher besteht auf diesen Standorten auch eine hohe Anfälligkeit gegenüber Sturmereignissen (Gulder, 2000; MICHELS, 2009). Forststraßenböschungen und Alleen scheinen angesichts der hohen Lichtansprüche der Birke durchaus gute Standorte für die Birke zu sein.

15. Frage: Welche Erfahrungen haben Sie bzgl. Naturverjüngung der Birke?

Alle Experten sind sich einig, dass die Naturverjüngung mit der Birke, sofern genügend Licht vorhanden ist, problemlos funktioniert.

Durch ihre reichliche Samenproduktion (Beck et al., 2016) und die weite Verbreitung durch den Wind trägt die Birke wesentlich zur Wiederbewaldung von Schadflächen und Kahlschlägen bei (Leder, 1992 zitiert nach Roloff und Pietzarka, 2010). Die Naturverjüngung mit der Birke funktioniert somit überaus gut.

16. Frage: Welche Erfahrungen haben Sie bezüglich Schadanfälligkeit gemacht (Sturm, Schnee, Spätfrost, Eisanhang, Biotische Faktoren)?

Alle Experten sind sich einig, dass die Birke eine besondere Anfälligkeit gegenüber Schneedruck bzw. Schneebruch aufweist. Einmal wurde erwähnt, dass ein „wieder Aufstellen“ möglich ist [IV]. Zweimal wurde auch eine Prädisposition gegenüber Eisanhang genannt [IV, II]. Ein Experte hält die Birke für nicht resistent gegenüber Starkwindereignissen [I].

Schneedruck bzw. Schneebruch stellen ein großes Risiko für Birkendickungen dar, dies konnte ich persönlich beobachten (Abbildung 7). Insbesondere nach Durchforstungseingriffen sind die Bestände diesbezüglich labil und die Stämme können gebogen aber auch gebrochen werden. Mit einer frühen Stammzahlreduktion wird ein niedriger H/D-Wert erreicht, was die Stabilität gegenüber Schneebruch bzw. Schneedruck erhöht (Dubois et al., 2020; Hynynen et al., 2009; Kohnle et al., 2014). Bezüglich Eisanhang wurden keine Besonderheiten der Birke in der Literatur gefunden. Die Stabilität gegenüber Starkwindereignissen ist vor allem von den Bodenverhältnissen abhängig. Auf lockeren, gut durchlüfteten Böden, die die Ausbildung eines Herzwurzelsystems fördern, weist die Birke eine hohe Stabilität auf, während sie auf dichten Böden, die die Wurzelbildung einschränken, anfälliger für Windwurf ist (Krišāns et al., 2023; Mauer et al., 2003).

17. Frage: Welche Erfahrungen haben Sie bzgl. Trockenperioden und Birke?

Vier Experten unterstellen der Birke eine gute Trockenheitstoleranz [III, IV, VI, VIII]. Einmal wurde erwähnt, dass der Blattfall früh einsetzt, worunter der Zuwachs leidet [I]. Ein Experte meint, dass die Birke besser mit Trockenheit zurechtkommt als die Buche, jedoch mit Zuwachseinbußen zu rechnen sei [II]. Ein Befragter spricht davon, dass Trockenschäden vorkommen können und die Birke weniger tolerant sei als die Robinie und die Eiche [VII].

Die Trockenheitsresistenz der Birke ist differenziert zu betrachten. Wenn ein Individuum von Anfang an, an Trockenheit gewöhnt ist und ein entsprechendes Wurzelsystem ausgebildet, kommt es auch wechsellückigen und trockenen Standorten zurecht. Hingegen verträgt die Birke extreme Trockenperioden auf ansonsten durchschnittlich bis gut wasserversorgten Böden nur sehr schlecht. Dies führt oft zu vorzeitigem Blattabwurf und kann bis zum Absterben des Baumes führen (Forster et al., 2019).

18. Frage: Welche Wahrnehmung haben Sie bzgl. Wildschäden an der Birke?

Die Birke ist laut Aussage aller Experten nicht anfällig für Verbiss. Ein Befragter sieht die Birke als Verbisschutz für andere Baumarten [V]. Von zwei Experten wird die Birke als anfällig gegenüber Fegeschäden bewertet [I, VII].

Die Gefahr von Wildverbiss bei der Birke ist laut Ellenberg und Leuschner (2010) als gering einzustufen. Aus den Daten des Wildeinflussmonitorings (Schodterer und Kainz, 2022) kann eine mittlere Gefahr für Wildverbiss abgeleitet werden. Laut Reimoser und Reimoser (2017) wird die Birke gerne verbissen und gefegt, jedoch nur selten geschält. Junge Birken können anderen Baumarten als Verbiss- und Fegeschutz dienen (Dubois et al., 2020).

19. Frage: Gibt es Erfahrungen zu Ernte bzw. Rückeschäden im Bestand?

Diesbezüglich haben alle bis auf einen Experten, welcher die schlechte Wundheilung der Birke nennt [I], keine Wahrnehmung.

Die Birke zählt zu den schlechten Kompartimentierern (Ferenczy, 2000), was nichts anderes bedeutet als dass etwaige Stammverletzungen schlecht abgeschottet werden. Offene Wunden sind eine Eintrittspforte für fungizidale Schadorganismen, welche zu Fäulnis und in weiter Folge zum Absterben des Baumes führen können. Daher sind Stammverletzungen durch Rückeschäden an der Birke kritisch zu bewerten.

20. Frage: Gibt es aus Ihrer Sicht noch etwas wichtiges zu dem Thema?

Die Anmerkungen der Experten seien hier in Form von Aufzählungspunkten dargestellt:

- Verweis auf die Lindenblättrige Birke [VI].

Die Lindenblättrige Birke (*Betula maximowicziana*) stellt aufgrund ihrer guten Wachstumsleistung und Schaffform sowie ihrer geringen Standortansprüche (Leder und Tennhoff, 2014) eine interessante Baumart im Kontext des Klimawandels und der Baumartenwahl dar. Diese Thematik wird jedoch nicht im Rahmen dieser Arbeit behandelt.

- Genetik bei der Sandbirke beachten [VI].

In Finnland, Schweden, Estland, Lettland und Großbritannien laufen aktuell mehrere Birkenzuchtprogramme. In Westeuropa hingegen wird die Birke vor allem zur Wiederbewaldung von Kahlfeldern genutzt, um die Aufforstungskosten zu minimieren, daher wurden bislang mit Ausnahme von wenigen Samenplantagen z.B. in Belgien keine Zuchtprogramme gestartet (Dubois et al., 2020).

- Das Forstpersonal sollte sich bzgl. Laubwaldbewirtschaftung weiterbilden [VIII].

Die Ausbildung in den Bereichen Laubwaldbewirtschaftung, Waldumbau und klimafitte Wälder spielt eine zentrale Rolle. Die nachhaltige Bewirtschaftung klimafitter Laub- und Laub-Nadel-Mischwälder erfordert umfassendes forstliches Know-how. In Österreich gibt es mehrere Initiativen, die darauf abzielen, Forstpersonal und Waldbesitzer mit dem

notwendigen Wissen auszustatten. In diesem Zusammenhang sei auf die Plattform [www.klimafitterwald.at](http://www.klimafitterwald.at) verwiesen.

- Beim Absterben der Birke tritt innerhalb von kurzer Zeit Fäule auf [VII].
- Ein Brusthöhendurchmesser von 40 – 50 cm ist durchaus zu erreichen [VII].
- Verweis auf Saunaproduktion aus Birkenholz in Deutschland [V].
- Die Birke wird in unserem Betrieb auch in Fichten bzw. Douglasienbeständen bei der Durchforstung gefördert [IV].
- Die Birke hat durchaus Ansprüche an den Boden [II].
- Die Birke ist eine wichtige Baumart für die Wiederbewaldung [I].

Diese Anmerkungen der Experten stehen in keinem direkten Zusammenhang oder wurden schon thematisiert. Deshalb sollen sie als Zusatzinformation dienen und nicht weiter diskutiert werden.

### **3.3 Chancen und Potenziale der Birke in der österreichischen Forst- und Holzwirtschaft**

In diesem Kapitel soll abschließend geklärt werden, wie gut die Birke für Österreich geeignet ist, welche Standorte geeignet sind und ob die Birke als Ersatzbaumart für die Fichte in Frage kommt. Dies soll entlang der Forschungsfragen geschehen, welche im Zuge dessen beantwortet werden sollen. Die dazugehörigen Hypothesen sollen ebenfalls bestätigt oder falsifiziert werden.

Unter Waldbau versteht man die Steuerung der Waldentwicklung durch menschliche Eingriffe, um verschiedene Ökosystemleistungen bereitzustellen (Bildungszentrum Wald, Fachstelle Waldbau, 2024). Diese Eingriffe sichern Leistungen, die durch die natürliche Walddynamik nicht in gleichem Umfang oder dauerhaft gewährleistet wären. Aufgrund des Klimawandels müssen waldbauliche Strategien so angepasst werden, dass der Wald die vom Menschen benötigten Leistungen langfristig erbringen kann. Hierbei geht es vor allem um die Erhöhung der Störungsresistenz, der Störungsresilienz und der Anpassungsfähigkeit. Um dies zu erreichen, gibt es verschiedene Adaptionsprinzipien:

- Erhöhung der Baumartenvielfalt
- Erhöhung der Strukturvielfalt
- Erhöhung der genetischen Vielfalt
- Erhöhung der Störungsresistenz der Einzelbäume
- Reduktion der Umtriebszeit bzw. des Zieldurchmessers

(Brang et al., 2016).

Es steht außer Zweifel, dass eine Anpassung der forstwirtschaftlichen Strategien angesichts des Klimawandels erforderlich ist. Die Birke ist eine vielseitige Baumart, die selbst unter extremen Bedingungen bestehen kann. Doch wie gut eignet sie sich tatsächlich als Wirtschaftsbaumart in der österreichischen Forstwirtschaft? Um diese Fragestellung fundiert zu beantworten, werden im Folgenden die Ergebnisse der Literaturanalyse sowie der Expertenbefragung betrachtet.

### **3.3.1 Forschungsfrage 1**

Stellt die Birke in Hinblick auf den Klimawandel aus forstwirtschaftlicher Sicht eine Alternative für die Fichte dar? Wenn ja, in welchem Ausmaß und auf welchen Standorten?

Hypothese 1: Die Birke liefert einen signifikanten Beitrag zur Erhöhung der Bestandesstabilität und verbessert die Nachhaltigkeitsziele der heimischen Forstwirtschaft.

Hypothese 2: Die Birke kann auf submontanen und tiefmontanen Standorten, wo die Fichte aufgrund des Klimawandels besonders unter Druck kommt, als Substitutionsbaumart angesehen werden.

In Nordeuropa, in den baltischen Staaten und in Nordwest Russland ist die Birke die ökonomisch bedeutendste Hartlaubbaumart. Dort wird intensiv zur Birke geforscht, insbesondere in den Bereichen Waldbau, Wachstum, Produktivität sowie zu ihren mechanischen und holzphysikalischen Eigenschaften. Vor allem in Finnland hat sich dementsprechend eine spezialisierte Industrie entwickelt, welche große Mengen an Birkenholz verarbeitet. Besonders hervorzuheben ist hierbei die Zellstoffindustrie, aber auch die Sperrholzindustrie, und die Sägeindustrie sind im Vergleich zu Westeuropa von größerer Bedeutung (Dubois et al., 2020). Dieses Beispiel zeigt, dass der Rohstoff Birke vielfältige Nutzungsmöglichkeiten bietet und auch in Österreich ein erhebliches Potenzial besteht.

9 % der österreichischen Waldfläche oder 354.000 ha sind sekundärer Nadelwald (Gschwantner und Prskawetz, 2005). Diese Standorte weisen zukünftig mit hoher Wahrscheinlichkeit ein geeignetes Klima für die Birke auf (Walli, 2021). Kleinstandörtlich ist darauf zu achten, dass dichte, wasserbeeinflusste Böden für die Birke ungeeignet sind. Durch das eher schwache Wurzelwachstum der Birke werden solche Böden nicht gut erschlossen (Sutinen et al., 2002 zitiert nach Hynynen et al., 2009), was wiederum zu instabilen Beständen gegenüber Sturmereignissen führt (Mauer et al., 2003). Gut durchlüftete Böden mit entsprechender Wasser und Nährstoffversorgung sind für die Birke optimal (Hynynen et al., 2009). Auf solchen Böden sind auch profitable Zuwächse zu erwarten. Aus forstwirtschaftlicher Sicht sind Zuwachs und Geradschaftigkeit essenzielle Eigenschaften, die eine Wirtschaftsbaumart für eine rentable Forstwirtschaft aufweisen sollte, beides Merkmale, die die Birke besitzt (Dubois et al., 2020).

Als Bonität wird üblicherweise der durchschnittliche Gesamtwuchs im Alter von Hundert Jahren ( $dGZ_{100}$ ) angegeben. Die Birke weist ein besonders rasches Jugendwachstum auf, der laufende Zuwachs (IfZ) kulminiert ab einem Alter von etwa 20 Jahren und lässt dann stark nach. Bei anderen Baumarten ist dies erst deutlich später der Fall. Bei Buche und Fichte in etwa bei 50 Jahren (Gehrhardt, 2013; Sterba, 1976). Des Weiteren ist von unterschiedlichen Umtriebszeiten auszugehen. Die Umtriebszeit für die Birke liegt in Finnland zwischen 40 und 60 Jahren (Hynynen et al., 2009). Die Umtriebszeit von Buche ist somit doppelt so lange und jene der Fichte im Regelfall auch deutlich länger. Ein direkter Vergleich der  $dGZ_{100}$  – Werte erscheint somit nicht sinnvoll. Daher wurde die Gesamtwuchsleistung (GWL) der IfZ und der dGZ im Alter von 40 und 50 Jahren verglichen.  $DGZ_{100=6}$  ist die höchste Ertragsklasse für die Birke in der Ertragstafelsammlung von Sterba (1976). Aus Tabelle 7 geht hervor, dass die GWL der Buche mindestens bis zum Alter 50 unter jener der Birke liegt, jene der Fichte im Alter 40 noch darunter, im Alter 50 schon darüber. Auffällig ist auch, dass der IfZ der Birke im Alter 40 bzw. 50 schon deutlich abfällt, während dieser bei Buche und Fichte gerade am höchsten ist. Angenommen für die Fichte wird eine Umtriebszeit von 100 Jahren gewählt, dann würde die GWL nach der Ertragstafel  $1000 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$  betragen. 100 Jahre würde zwei Umtrieben bei der Birke mit einer GWL von  $904 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$  entsprechen. Dieser Wert entspräche bei der Fichte einer der Ertragsklasse 9 ( $dGZ_{100=9}$ ). Das zeigt deutlich, dass die Fichte im Gegensatz zur Birke auch im Alter ab 50 Jahren noch beachtliche Zuwächse leistet. Für die Buche gilt dasselbe. Trotz allem bewältigt die Birke in der Ertragsklasse 6 in etwa dieselbe Massenleistung wie die Fichte in der Ertragsklasse 9.

Tabelle 7: Auszug aus den Ertragstafeln Fichte Bruck, Birke Ungarn (Sterba, 1976), Buche Braunschweig (Gehrhardt, 2013).

Baumart	Alter	GWL	IfZ	dGZ
	[Jahre]	[ $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ]	[ $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ ]	[ $\text{m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ ]
Fichte Bruck ( $dGZ_{100=10}$ )	40	345	14,21	8,63
	50	485	13,50	9,70
Birke Ungarn ( $dGZ_{100=6}$ )	40	388	7,35	9,70
	50	452	5,65	9,00
Buche Braunschweig ( $dGZ_{100=10}$ )	40	228	15,00	5,70
	50	381	15,25	7,60

Meyer et al. (2011) haben einen Rentabilitätsvergleich zwischen Fichte und Birke angestellt. Für die Berechnungen wurde ein auf Reinerträge ausgelegtes Modell zur Fichtenbewirtschaftung mit zwei Umtrieben von je 70 Jahren und zwei verschiedene Varianten

der Birkenbewirtschaftung mit drei Umtrieben von je 40 Jahren herangezogen. Den Verkaufserlösen liegen Durchschnittspreise für Birkenbrennholz, Industrieholz und Blochholz welches auf Laubholzsubmissionen versteigert wurde zugrunde. Die Berechnungen der kapitalisierten Reinerträge wurden mit einer Verzinsung von 1,5 % und 4 % durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass bei einer Verzinsung von 1,5 % die Birkenwälder einen deutlich geringeren Kapitalwert aufweisen als die Fichtenwälder. Bei einer jährlichen Verzinsung von 4 % übersteigen die Kapitalwerte der Birke jene der Fichte. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Birke Rentabilitätsvergleiche mit der Fichte nicht scheuen muss. Es sei jedoch darauf verwiesen, dass Unsicherheiten hinsichtlich Verkaufserlöse, Gesamtwuchsleistung und Modellannahmen bestehen.

Aus ökologischer Sicht ist die Birke eine äußerst wertvolle Baumart. Sie gilt als Bodenverbesserer, und ihre Bestände weisen eine hohe Biodiversität auf. Auch ihre Rolle bei der Wiederbewaldung von Kalamitätsflächen ist von großer Bedeutung. Aufgrund ihrer breiten Standortsamplitude Standortbedingungen trägt die Birke wesentlich zur ökologischen Regeneration und zur langfristigen Stabilisierung der Wälder bei (Dubois et al., 2020; Hynynen et al., 2009).

Die Birke weist in Hinblick auf die Schadensanfälligkeit einige Schwächen auf, denen aber durch die richtige Bewirtschaftungsweise entgegengewirkt werden kann. Auf Standorten mit dichten Böden sollten aufgrund der Windwurfgefahr keine Birkenbestände begründet werden. Für die Resistenz gegenüber Schneebruch / Schneedruck ist eine frühe, starke Stammzahlreduktion erforderlich. Bei den Durchforstungseingriffen ist aufgrund des schlechten Wundheilungsverhaltens große Vorsicht geboten. Ein großer Vorteil der Birke gegenüber anderen Baumarten in diesem Zusammenhang ist die kurze Umtriebszeit, da mit dem Alter auch das Schadenrisiko ansteigt. Die Schadenfreiheitswahrscheinlichkeit der Birke im Alter 50 liegt bei 85 %, im Alter 100 bei 49 %. Im Vergleich dazu liegt die Schadenfreiheitswahrscheinlichkeit der Fichte im Alter 50 liegt bei 42 %, im Alter 100 bei lediglich 6 % (Thurm und Gerold, 2021).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Birke unter Berücksichtigung des Klimawandels, trotz gewisser Einschränkungen und Unsicherheiten, eine potenzielle Alternative zur Fichte darstellt. In Österreich gibt es jedoch bislang nur begrenzte Erfahrungen mit der Birke, sodass belastbare Aussagen zur Trockenresistenz schwierig sind. Es ist jedoch anzunehmen, dass die Birke besser mit Trockenheit zurechtkommt als die Fichte. Um Birkenbestände nach dem Vorbild Finnlands zu etablieren, müssen auch die waldbaulichen Konzepte entsprechend angepasst und den Forstfachleuten vermittelt werden. Parallel zur Forstwirtschaft sollte sich zudem ein Industriezweig für die Verarbeitung von Birkenholz entwickeln, um einen stabilen Absatzmarkt für dieses Holz zu schaffen.

Durch die wichtige Rolle bei der Wiederbewaldung, als Bodenverbesserer und als Baumart, welche sich durch eine hohe Biodiversität innerhalb ihrer Bestände auszeichnet, leistet die Birke einen signifikanten Beitrag zur Erhöhung der Bestandesstabilität und verbessert die Nachhaltigkeitsziele der heimischen Forstwirtschaft. Die Hypothese 1 wird somit bestätigt. Auf submontanen Standorten, in denen die Fichte unter zunehmendem Druck steht, bieten die aktuellen sowie zukünftigen klimatischen Bedingungen im Kontext des Klimawandels optimale Voraussetzungen für die Birke. Die Hypothese 2 wird somit bestätigt.

### **3.3.2 Forschungsfrage 2**

Warum wird die Birke in der Praxis nicht stärker forstwirtschaftlich forciert bzw. etabliert?

Hypothese 3: In der forstwirtschaftlichen Praxis besteht eine Wissenslücke bzw. wissenschaftlich nicht belegbare Vorbehalte gegenüber der Birke.

Die Laubwaldbewirtschaftung erfordert gegenüber der Nadelwaldbewirtschaftung mehr Knowhow. Die für den Nadelwald verwendeten Waldbaustrategien können nicht einfach übernommen werden. Daher wurde beispielsweise zur Produktion von qualitativ hochwertigem Laubholz das QD-Verfahren von Wilhelm und Rieger (2013) entwickelt. Hinsichtlich des schnellen Jugendwachstums und dem frühen Rückgang des Zuwachses bedarf es bei der Bewirtschaftung von Birkenbeständen einer speziellen waldbaulichen Herangehensweise analog zum finnischen Konzept. Aufgrund der Wachstumsdynamik der Birke ist das QD-Verfahren nur bedingt anwendbar. Die Aussagen der Experten hinsichtlich Umtriebszeit, waldbauliche Maßnahmen, Auswirkungen auf andere Baumarten, potenziell gute Standorte für die Birke, entsprechen zum Teil nicht dem Stand des Wissens. Die schwierige Vermarktbarkeit, ausgenommen Sondersortimente, aufgrund eines nicht vorhandenen Marktes ist ein Mitgrund für die Ablehnung der Birke in den österreichischen Forstbetrieben.

Es kann daher die Schlussfolgerung gezogen werden, dass bei Forstfachleuten in Österreich eine Wissenslücke in Bezug auf die Bewirtschaftung der Birke besteht. Hier sei angemerkt, dass einige Interviewpartner in ihren Betrieben Birkenflächen, welche zum Teil auf Kalamitätsflächen entstanden sind bewirtschaften. Dabei wird das Ziel verfolgt qualitativ hochwertiges Birkenholz zu produzieren. Deshalb habe sich einige Interviewpartner bereits näher mit dieser Thematik beschäftigt. Es ist daher zu erwarten, dass im österreichischen Durchschnitt weniger Wissen über die Birke vorhanden ist. Bei falscher waldbaulicher Bestandesbehandlung, in Hinblick auf die Wachstumsdynamik, ist

es schwierig qualitativ hochwertiges Holz in den gewünschten Dimensionen zu produzieren. Zusätzlich wird der Birke oft zu Unrecht unterstellt andere, benachbarte Bäume zu schädigen. Die Hypothese 3 kann somit bestätigt werden.

### **3.3.3 Forschungsfrage 3**

Wäre in Österreich ausreichend Nachfrage in der Holzwirtschaft für eine stofflichen Verwertung der Birke vorhanden, die ein stärkeres Engagement für die Etablierung von Birkenbeständen oder Erhöhung des Birkenanteils in Österreich rechtfertigt?

Hypothese 4: Die Birke stellt für tragende Holzkonstruktionen eine technische und betriebswirtschaftliche Alternative für die Fichte dar.

Hypothese 5: Bei entsprechender Rundholzversorgung in brauchbarer Qualität wären ausreichende technologische Wertschöpfungsketten für eine stoffliche Verwertung der Birke vorhanden.

Dummer et al. (2009) gibt den Bedarf an Birkenholz für die Produktion von Zellstoff, Papier und Platten mit 250.000 Festmetern an. Dem entgegen steht ein Einschlag von 217.000 Vfm (Österreichische Waldinventur 2016/2021, 2022). Im Rahmen meiner Arbeit habe ich eine Anfrage bzgl. verarbeiteter Menge an Birkenholz an den Fachverband der Holzindustrie Österreichs (2025) gestellt. Die verarbeitete Menge an Birkenholz konnte jedoch nicht beziffert werden. Dem Fachverband liegen keine diesbezüglichen Daten vor. Ich gehe daher davon aus, dass die von Dummer et al. (2009) genannten 250.000 fm ein grobe Schätzung sind und vermute, dass die tatsächliche Menge niedriger ist. Für die Produktion von Papier, Platten und Zellstoff ist die Birke nicht unverzichtbar, sondern lediglich eine von vielen Baumarten, die dafür verarbeitet werden. Meine Recherche hat ergeben, dass in Österreich keine holzverarbeitenden Betriebe in größerem Umfang Birkenholz verarbeiten. Aufgrund der geringen Nachfrage erscheint eine Erhöhung des Birkenanteils in der österreichischen Forstwirtschaft derzeit nicht gerechtfertigt. Dennoch sollte ein erster Schritt in diese Richtung erfolgen. Die erfolgreiche, birkenbasierte Holzindustrie in der Ostseeregion, sowie zahlreiche vielversprechende Forschungsprojekte zeigen, dass die Birke in Zukunft eine wichtigere Rolle spielen kann. Hypothese 5 wird somit falsifiziert.

Die Firma Hasslacher Holding GmbH (2025) beweist mit ihren Konstruktiven Bauteilen aus Birkenholz (Brettschichtholz GLT, Brettsperrholz CLT) dass die Birke im Ingenieurholzbau sowohl technisch, als auch ökonomisch eine Alternative zur Fichte darstellt. Die Stärken von Brettschichtholz aus Birke liegen insbesondere in schlanken Querschnitten, großen Spannweiten und hohen Lasten. Im Vergleich von Huber et al. (2023) wurde gezeigt, dass die Birke im Vergleich zu anderen Hölzern sowohl außergewöhnlich hohe

absolute als auch hohe gewichtsspezifische Festigkeiten und E-Moduli aufweist. Hypothese 4 kann somit bestätigt werden.

### **3.4 Holztechnologisches Potenzial der Birke**

In Österreich werden rund 17 Mio. Festmeter Sägerundholz eingeschnitten. 98 % davon sind Nadelholz und lediglich 2 % Laubholz. Die Zellstoff-, Papier- und Plattenindustrie verarbeitet in etwa 3 Mio. Festmeter (Höbarth, 2006). Laubholz wird in großer Menge einer thermischen Verwendung zugeführt und ist somit ein potenzialreicher, aber untergenutzter Rohstoff. Durch ähnliche Holzeigenschaften der Nadelholzarten, Geradschaftheit und kleine Äste ist Nadelholz für die Holzverarbeitende Industrie prädestiniert. Eine Verarbeitung von Hartlaubholz analog zu Nadelholz ist aufgrund der erheblichen Unterschiede der Holzeigenschaften zwischen den Holzarten wesentlich schwieriger. (Teischinger, 2017). Während der Flächenanteil der Fichte am österreichischen Wald über die letzten Jahrzehnte merklich weniger wurde, ist der Vorrat an Fichtenholz nach wie vor steigend (Büchsenmeister, 2013; Österreichische Waldinventur 2007/2009, 2022, Österreichische Waldinventur 2016/2021, 2022). Im Laufe des Jahrhunderts wird es zu einer Zunahme des Laubholzvorrates und einer Abnahme des Nadelholzvorrates kommen (Büchsenmeister, 2013; Lexer, 2001; Lexer und Seidl, 2007). Es könnte dadurch zu einer Verknappung von Nadelsägerundholz am Markt und somit zu steigenden Preisen kommen. Dieses Szenario könnte dazu führen, dass die Nachfrage nach Laubholz steigt und es zu einer teilweisen Substitution von Nadelholz kommt (Teischinger, 2017). Der Bausektor hat den größten Einfluss auf das Wachstum des Holzmarktes. Eine Förderung oder Verpflichtung, zum Einsatz von Erneuerbaren Rohstoffen in Bauwerken, wie dies von einigen Ländern in der EU angedacht wird, hätte großen Einfluss auf die Holzindustrie, und auf den Laubholzsektor (Dubois et al, 2020). Im Konstruktiven Bereich ist die Birke aufgrund ihrer hohen Festigkeiten und E-Moduli wie unter Punkt 1.2.1 beschrieben die einzige heimische Laubholzart welche laut Huber et al, (2023) eine Alternative zur Fichte darstellt. Hier sei nochmals auf die Firma Hasslacher Holding GmbH (2025) verwiesen, welche mit ihren Produkten GLT und CLT aus Birkenholz zu den Vorreitern in Europa zählt.

Es herrscht ein reger Wettbewerb unter Finnland, Russland und den baltischen Staaten um den Export von Produkten aus Birkenholz nach Westeuropa. Hierbei spielt vor allem Sperrholz eine große Rolle. Trotzdem besteht in Westeuropa ein Interesse daran, eine eigene Plattenproduktion aufzubauen. Es könnten dann lokale Ressourcen verwendet, und der Transportaufwand deutlich reduziert werden, was vor allem im Kontext einer CO<sub>2</sub>-Steuer lukrativ würde.

Großes Potenzial für die Birke besteht auch im Möbelbau und bei der Inneneinrichtung. Durch thermische Behandlung wird das Holz dunkler, und die Formstabilität verbessert. Unter Anwendung hoher Temperaturen können Birkenwerkstoffe auch gebogen werden, und somit in die für die jeweilige Anwendung gewünschte Form gebracht werden. Durch neue Methoden können auch die Oberflächenhärte und die Abnutzungseigenschaften verbessert werden, was die Verwendung als Parkett ermöglicht. (Verkasalo et al, 2017). Die große Bedeutung der Birke in der Möbelindustrie wird vor allem auch dadurch deutlich, dass der größte Möbelhersteller der Welt (IKEA), zu 18 % Birkenholz verwendet, was somit nach Kiefer die am zweithäufigsten verwendete Holzart darstellt (Dubois et al, 2020).

Auch im Automotive Sektor könnten in Zukunft wieder mehr Werkstoffe, welche auf dem Rohstoff Holz basieren verwendet werden. Hier spielen vor allem „Engineered Wood Products“ eine große Rolle. Hierbei sei auf die Forschungsprojekte (CARpenTiER, 2025, HolzF<sup>3</sup> (2025), WoodC.A.R., 2022) verwiesen. In allen drei Projekten sind verschiedene Birkenwerkstoffe Teil der Forschung.

Der Bioraffinerie Sektor in Finnland durchlebt eine schnelle Entwicklung. Es sind einige Anlagen mit unterschiedlichen Technologien in Planung. Die Bioraffinerien stellen neue faser-basierte Produkte als auch hoch entwickelte flüssige und feste Kraftstoffe her. Führende Zellstoff- und Papierproduzenten haben Verbundwerkstoffe entwickelt, bei denen Sulfat-Zellstoff mit Kunststoffmaterialien (hauptsächlich Polyethylen PE oder Polypropylen PP) gemischt wird (Pöyry). Der Vorteil dieses Ansatzes besteht darin, dass Zellstoff 50 % günstiger ist als PE oder PP. In vielen Anwendungen verbessert Zellstoff zudem die Festigkeitseigenschaften. Derzeit ist das Verbrauchsvolumen von Kraftzellstoff in Verbundanwendungen noch gering, könnte jedoch in Zukunft steigen. Kraft- und Spezialzellstoffe stellen potenzielle Rohstoffe für verschiedene Mikro- und Nanocellulosen dar. Mögliche Anwendungsbereiche könnten Papier und Kartonagen, Verbundwerkstoffe, Bioverpackungen, Beschichtungen, Folien, Gesundheitsweisen, Textilien, Filtration, Rheologie-Modifikatoren, Aerogele, 3D-Druck und Elektronik (Verkasalo et al, 2017).

Neben Furnier, Möbel, Bauholz, Kraftstoffe, Zellstoff und Brennholz liefert die Birke auch vielfältige nicht-Holz-Waldprodukte (NWFPs). Dazu gehören unter anderem Birkensaft, Pilze sowie Nahrungsergänzungsmittel und medizinische Produkte (Verkasalo et al, 2017).

## 4 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse dieser Masterarbeit verdeutlichen, dass die Sandbirke (*Betula pendula* Roth) eine vielversprechende Alternative zur Fichte in der österreichischen Forst- und Holzwirtschaft darstellt. Angesichts der zunehmenden klimatischen Herausforderungen, insbesondere längerer Trockenperioden und steigender Kalamitätsrisiken für Nadelbaumarten, rückt die Birke in den Fokus nachhaltiger Waldbewirtschaftungskonzepte.

Die Untersuchung zeigt, dass die Birke insbesondere auf submontanen Standorten unter 1000 m Seehöhe, also in Regionen mit einem hohen Vorkommen sekundärer Nadelwälder, gut zurechtkommt und hohe Wuchsrleistungen zu erwarten sind. Durch kurze Umtriebszeiten wird das Schadensrisiko gemindert, die Schadenfreiheitswahrscheinlichkeit ist somit deutlich höher als beispielsweise bei der Fichte. Zudem ist sie als Pionierbaumart in der Lage rasch große Kalamitätsflächen zu besiedeln, was sie für Wiederbewaldungsstrategien nach Schadereignissen besonders attraktiv macht. Allerdings weist die Birke auch einige Schwächen auf, die bei ihrer forstlichen Nutzung berücksichtigt werden müssen. Die Birke kann auch auf trockenen Standorten existieren, insbesondere an gut wasserversorgte Standorte angepasste Individuen reagieren jedoch empfindlich auf plötzlichen Trockenstress und leiden unter extremen Dürreperioden. Darüber hinaus ist die Birke in der Jugend, speziell nach Durchforstungen und bei zu hohen H/D Werten anfällig für Schäden durch Nassschnee. Auf verdichteten, schlecht durchwurzelbaren Böden besteht ein erhöhtes Risiko gegenüber Windwürfen. Schließlich stellt die bislang geringe forst- und holzwirtschaftliche Bedeutung der Birke in Österreich eine Herausforderung dar, da sowohl waldbauliche Konzepte als auch eine etablierte Nachfrage in der Holzindustrie fehlen.

Ein weiteres zentrales Ergebnis ist das wirtschaftliche Potenzial der Birke. Bei entsprechender waldbaulicher Behandlung kann sie qualitativ hochwertiges Holz liefern, das in verschiedenen Industriezweigen genutzt werden kann. Besonders in der Holztechnologie zeigen aktuelle Forschungsprojekte, dass Birkenholz aufgrund seiner mechanischen und holzphysikalischen Eigenschaften eine Alternative zu Fichtenholz darstellt. Für hoch beanspruchte, technische Bauteile wo das Eigengewicht vernachlässigbar ist, ist die Birke besonders geeignet. Vor allem in Finnland hat sich eine auf Birkenholz spezialisierte Industrie entwickelt, die das Potenzial der Birke verdeutlicht und als Orientierung für den Aufbau einer birkenbasierten Holzindustrie in Österreich dienen kann. Dies erfordert jedoch eine gezielte Marktentwicklung und die Schaffung entsprechender Absatzstrukturen. Die erfolgreiche Integration der Birke in die Forstwirtschaft setzt eine verstärkte Wissensvermittlung und angepasste Waldbaukonzepte voraus, die sich an erfolgreichen Modellen aus der Ostseeregion orientieren könnten.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Birke sowohl ökologisch als auch ökonomisch eine zukunftsfähige Option für die österreichische Forst- und Holzwirtschaft darstellt. Dennoch sind weitere praxisnahe Forschungen erforderlich, um die waldbaulichen und industriellen Nutzungsmöglichkeiten weiter zu optimieren und die Akzeptanz dieser Baumart in der forstlichen Praxis zu erhöhen.

## 5 Literaturverzeichnis

- Ahrens, B., Formayer, H., Gobiet, A., Heinrich, G., Hofstätter, M., Matulla, C., Prein, A., Truhez, H., 2014. Zukünftige Klimaentwicklung. In: Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, S. 301–346.
- Ammann, P., 2020. Wachstumspotential der Birke im Schweizer Mittelland. Bildungszentrum Wald, Fachstelle Waldbau, Lyss.
- Ashby, M.F., 2011. Materials Selection in Mechanical Design, ISBN: 978-1-85617-663-7.
- Atkinson, M.D., 1992. *Betula Pendula* Roth (*B. Verrucosa* Ehrh.) and *B. Pubescens* Ehrh. *J. Ecol.* 80, 837–870.
- Auer, I., Ulrich, F., Böhm, R., Chimani, B., Haimberger, L., Kerschner, H., Koinig, K.A., Kurt, N., Spötl, C., 2014. Vergangene Klimaänderung in Österreich. In: Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). Austrian Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, S. 227–300.
- Beck, P., Caudullo, G., de Rigo, D., Tinner, W., 2016. *Betula pendula*, *Betula pubescens* and other birches in Europe: distribution, habitat, usage and threats.
- Bildungszentrum Wald, Fachstelle Waldbau [WWW Document], 2024. URL [https://www.waldbau-sylviculture.ch/40\\_sylvic\\_d.php](https://www.waldbau-sylviculture.ch/40_sylvic_d.php) (zugegriffen 25.2.25).
- Böhm, R., 2006. Alp-Imp (EVK-CT-2002-00148) Multi-centennial climate variability in the Alps based on Instrumental data, Model simulations and Proxy data. Short version. (Final report for RTD-project). ZAMG, Central Institute for Meteorology and Geodynamics, Vienna, S. 1–120.
- Böhm, R., 2012. Changes of regional climate variability in central Europe during the past 250 years. *Eur. Phys. J. Plus* 127, 54.
- Brändli, U.B., 1996. Die häufigsten Waldbäume der Schweiz. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft.
- Brang, P., Küchli, C., Schwitter, R., Bugmann, H., Ammann, P., 2016. Waldbauliche Strategien im Klimawandel. *Wald im Klimawandel. Grundlagen für Adapt.* 341–364.
- Büchsenmeister, R., 2013. Verbreitung und Leistung der Fichte in Österreich. In: Mayer, P. (Hrsg.), BFW Praxisinformation Nr.31 - 2013. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Wien, S. 3–6.

Cameron, A.D., Dunham, R.A., Petty, J.A., 1995. The effects of heavy thinning on stem quality and timber properties of silver birch (*Betula pendula* Roth). *For. An Int. J. For. Res.* 68, 275–286.

CARpenTIER [WWW Document], 2025. URL [https://www.carpentier.at/index\\_de.html](https://www.carpentier.at/index_de.html) (zugegriffen 5.2.25).

de Avila, A.L., Albrecht, A., Häring, B., Rehinbay, B., Brüchert, F., Hirsch, M., 2021. Artensteckbriefe 2.0: alternative Baumarten im Klimawandel: eine Stoffsammlung. Forstliche Versuchs-und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg.

Diéguez-Aranda, U., Grandas-Arias, J.A., Álvarez-González, J.G., von Gadow, K., others, 2006. Site quality curves for birch stands in north-western Spain. *Silva Fenn.* 40, 631.

Dubois, H., Verkasalo, E., Claessens, H., 2020. Potential of birch (*betula pendula* roth and *b. pubescens* ehrh.) for forestry and forest-based industry sector within the changing climatic and socio-economic context of western Europe. *Forests* 11, 1–26.

Dummer, H., Pölzer, M., Münster, G., 2009. Die Birke - der Baum des Jahres 2009. Kuratorium Wald unterstützt vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.

Ebner Gerd, 2018. 913 Mio. fm Fichte unter 600 m [WWW Document]. *Holzkurier*. URL [https://www.holzkurier.com/rundholz/2018/09/913\\_mio-\\_fm-fichte-unter-600m.html](https://www.holzkurier.com/rundholz/2018/09/913_mio-_fm-fichte-unter-600m.html) (zugegriffen 25.1.24).

Ellenberg, H., Leuschner, C., 2010. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen: in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht. Utb.

Eriksson, H., Johansson, U., Kiviste, A., 1997. A site-index model for pure and mixed stands of *Betula pendula* and *Betula pubescens* in Sweden. *Scand. J. For. Res.* 12, 149–156.

EUFORGEN, 2009. Distribution map of silver birch (*Betula pendula*) [WWW Document]. URL [www.euforgen.org](http://www.euforgen.org) (zugegriffen 11.12.24).

Fachverband der Holzindustrie Österreichs [WWW Document], 2025. URL <https://www.holzindustrie.at/>

Ferenczy, J., 2000. Die Wertastung-Grünastung [WWW Document]. URL <https://bfw.ac.at/inst1/publ/ferenczy/wertastung/ast0100.html> (zugegriffen 8.3.25).

- Fischer, C., Kieker, B., Spellmann, H., Nagel, J., Meyer, P., 2014. Weichlaubholz-unge-  
nutztes Rohstoffpotenzial?! AFZ-DerWald 19/2014, 4–7.
- Forster, M., Falk, W., Reger, B., 2019. Praxishilfe Klima – Boden – Baumartenwahl. Bay-  
erische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Freising.
- Frauendorfer, R., 1954. Ertragstafel für Birke bearbeitet nach der Ertragstafel von  
Schwappach 1929. In: Forstliche Hilfstafeln Schriftenreihe der forstlichen Bundes-Ver-  
suchsanstalt Mariabrunn Band II. Druck und Kommissionsverlag der Österreichischen  
Staatsdruckerei, Wien.
- Fritz, E., 2013. ÖBf-Forstbetrieb Oberinntal: Die Bedeutung der Fichte aus Sicht der Pra-  
xis. In: Mayer, P. (Hrsg.), BFW Praxisinformation Nr.31 - 2013. Bundesforschungs- und  
Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Wien, S. 30–31.
- Gehrhardt, E., 2013. Ertragstafeln für reine und gleichartige Hochmaldbestände von Ei-  
che, Buche, Tanne, Fichte, Kiefer, grüner Douglasie und Lärche. Springer-Verlag.
- Gottfried Mayer Holzwaren [WWW Document], 2020. URL [https://www.polierholz.at/im-  
pressum.html](https://www.polierholz.at/impressum.html) (zugegriffen 9.2.25).
- Gregory, E., Schlegl, H., Hein, S., 2013. Zeitbedarf und Kosten der Birkenästung. AFZ-  
DerWald 11, 26–28.
- Grosse, T., Müller, U., Jakob, M., Feist, F., Luxner, M., Knoebl, W., 2024. 3d-Shaped  
High-Strength Parts from Partially Delignified and Densified Wood—Introduction of the  
Project HolzF3. S. 165–178.
- Gschwantner, T., Prskawetz, M., 2005. Sekundäre Nadelwälder in Österreich. In: Mau-  
ser, H. (Hrsg.), BFW Praxisinformation Nr. 6 - 2005, ÖWI 2000/02 - Neue Auswertungen.  
Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft  
(BFW), Wien, S. 11–13.
- Gulder, H.J., 2000. Das Wurzelwerk der Sandbirke. In: Schmidt, O. (Hrsg.), Beiträge zur  
Sandbirke LWF-Bericht Nr. 28. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft  
(LWF), Freising.
- Hansmann, C., 2011. Neue Nutzungspotenziale von Laubschwachholz in der Forst- und  
Holzwirtschaft. In: Berichte aus Energie- und Umweltforschung 48/2011. Bundesminis-  
terium für Verkehr, Innovation und Technologie, Wien.
- Haslacher Holding GmbH [WWW Document], 2025. URL <https://www.haslacher.com>  
(zugegriffen 9.2.25).

- Hegi, G., 1981. *Illustrierte Flora von Mitteleuropa III*, 3. ed. Parey Verlag, Hamburg.
- Heikkilä, R., Raulo, J., 1987. Hirvituhot vuosina 1976-77 istutetuissa rauduskoivun taimikoissa. *Metsäntutkimuslaitos*.
- Hein, S., Winterhalter, D., Wilhelm, G.J., Kohnle, U., 2009. Wertholzproduktion mit der sandbirke (*Betula pendula* Roth): Waldbauliche Möglichkeiten und Grenzen. *Allg. Forst- und Jagdzeitung* 180, 206–219.
- HISTALP [WWW Document], o. J. URL <http://www.zamg.ac.at/histalp> (zugegriffen 26.2.24).
- Höbarth, M., 2006. Holzzahlen Vorrat, Verbreitung und Aufkommen von Baumarten in Österreich. In: *Zuschnitt 23. proHolz Austria*, S. 10–11.
- HolzF3 [WWW Document], 2025. URL <https://projekte.ffg.at/projekt/4415584> (zugegriffen 5.2.25).
- Huber, C., Langmaier, M., Stadlmann, A., Hochbichler, E., Grabner, Maximilian, Teischinger, A., Konnerth, J., Grabner, Michael, Müller, U., Pramreiter, M., 2023. Potential alternatives for Norway spruce wood: a selection based on defect-free wood properties. *Ann. For. Sci.* 80.
- Huuskonen, S., Domisch, T., Finér, L., Hantula, J., Hynynen, J., Matala, J., Miina, J., Neuvonen, S., Nevalainen, S., Niemistö, P., Nikula, A., Piri, T., Siitonen, J., Smolander, A., Tonteri, T., Uotila, K., Viiri, H., 2021. What is the potential for replacing monocultures with mixed-species stands to enhance ecosystem services in boreal forests in Fennoscandia? *For. Ecol. Manage.* 479, 118558.
- Huuskonen, S., Lahtinen, T., Miina, J., Uotila, K., Bianchi, S., Niemistö, P., 2023. Growth Dynamics of Young Mixed Norway Spruce and Birch Stands in Finland. *Forests* 14, 1–17.
- Hynynen, J., Niemistö, P., Viherä-Aarnio, A., Brunner, A., Hein, S., Velling, P., 2009. Silviculture of birch (*Betula pendula* Roth and *Betula pubescens* Ehrh.) in northern Europe. *For. An Int. J. For. Res.* 83, 103–119.
- Hynynen, J., Repola, J., Mielikäinen, K., 2011. The effects of species mixture on the growth and yield of mid-rotation mixed stands of Scots pine and silver birch. *For. Ecol. Manage.* 262, 1174–1183.
- Jonczak, J., Jankiewicz, U., Kondras, M., Kruczkowska, B., Oktaba, L., Oktaba, J., Olejniczak, I., Pawłowicz, E., Polláková, N., Raab, T., Regulska, E., Słowińska, S., Sut-

- Lohmann, M., 2020. The influence of birch trees (*Betula* spp.) on soil environment – A review. *For. Ecol. Manage.* 477, 118486.
- Karopka, M., 2017. Die Fichte - Baum des Jahres 2017 und Baum des Anstoßes. In: *FVA-einblick 1/2017*. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg, S. 21–25.
- Kaulfuß, S., 2011. Waldbauliche Maßnahmen zur Waldbrandvorbeugung. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Freiburg.
- Kilian, W., Müller, F., Starlinger, F., 1993. Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs. Forstliche Bundesversuchsanstalt, Wien.
- Kirchner, O., Loew, E., Schröter, C., 1931. Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Kohnle, U., Lenk, E., Freyler, K., Keller, O., 2014. Alter Wein in neuen Schläuchen? H/D-Wert und Schäden durch Schnee auf Kiefern- und Birken-Versuchsflächen. In: *AFZ-Der Wald* 4/2014. S. 12–15.
- Koivisto, P., 1959. Growth and yield tables. *Commun. Instituti For. Fenn.* 51, 1–49.
- Köstler, J.N., Brückner, E., Bibelriether, H., 1968. Die Wurzeln der Waldbäume: Untersuchungen zur Morphologie der Waldbäume in Mitteleuropa. Parrey, Hamburg u. Berlin.
- Krišāns, O., Matisons, R., Jansone, L., Īstenais, N., Kāpostiņš, R., Šēnhofa, S., Jansons, Ā., 2023. In the Northeasternmost Stands in Europe, Beech Shows Similar Wind Resistance to Birch. *Forests* 14.
- Larcher, W., 1984. *Ökologie der Pflanzen*, 4. ed. Ulmer Verlag, Stuttgart.
- Leder, B., 1992. Weichlaubhölzer : Verjüngungsökologie, Jugendwachstum und Bedeutung in Jungbeständen der Hauptbaumarten Buche und Eiche, Schriftenreihe der Landesanstalt für Forstwirtschaft Nordrhein-Westfalen : Sonderband. Landwirtschaftsverl., Münster-Hiltrup.
- Leitgeb, E., Englisch, M., 2006. Klimawandel - Standörtliche Rahmenbedingungen für die Forstwirtschaft. In: Mauser, H. (Hrsg.), *BFW Praxisinformation Nr. 10 - 2006*. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Wien, S. 9–11.
- Leitgeb, E., Englisch, M., Herzberger, E., Starlinger, F., 2013. Fichte und Standort - Ist die Fichte besser als ihr Ruf? In: Mayer, P. (Hrsg.), *BFW Praxisinformation Nr.31 - 2013*.

Bundeforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Wien, S. 7–9.

Lenzing AG [WWW Document], 2025. URL <https://www.lenzing.com/de/> (zugegriffen 9.2.25).

Lexner, M.J., 2001. Simulation der potentiellen natürlichen Vegetation in Österreichs Wäldern : Vergleich von statischen und dynamischen Modellkonzepten. In: Band 16, forstliche Schriftenreihe. Österreichische Gesellschaft für Waldökosystemforschung und experimentelle Baumforschung Universität für Bodenkultur, Wien, S. 166.

Lexner, M.J., Seidl, R., 2007. Der österreichische Wald im Klimawandel – Auswirkungen auf die Waldbewirtschaftung. Ländlicher Raum - Online Fachzeitschrift des Bundesministeriums für L. und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2007, 14.

Lexner, M.J., Wolfgang, R., Georg, G., Dokulil, M., Dullinger, S., Eitzinger, J., Englisch, M., Essl, F., Gollmann, G., Gottfried, M., Graf, W., Hoch, G., Jandl, R., Kahrer, A., Kainz, M., Kirisits, T., Netherer, S., Pauli, H., Rott, E., Schleper, C., Schmidt-Kloiber, A., Schmutz, S., Schopf, A., Seidl, R., Vogl, W., Winkler, H., Zechmeister, H., 2014. Der Einfluss des Klimawandels auf die Biosphäre und Ökosystemleistungen. In: Österreichischer Sachstandsbericht Klimawandel 2014 (AAR14). n Panel on Climate Change (APCC), Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien, S. 467–556.

Lockow, K.-W., 1998. Ertragstafel für die Sandbirke (*Betula pendula* Roth) sowie für die Moorbirke (*Betula pubescens* Ehrh) für das nordostdeutsche Tiefland. Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Fischerei.

Lohmann, U., 2000. Das Holz der Birken - seine Eigenschaften und Verwendung. In: Schmidt, O. (Hrsg.), Beiträge zur Sandbirke LWF-Bericht Nr. 28. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Freising.

Lohmann, U., Blosen, M., 2010. Holzlexikon, 4. Aufl. ed. Nikol Verl., Hamburg.

Mantel, K., 1949. Die Bedeutung Noe Meurers für die Entwicklung der Nadelholzzaat, untersucht in einem Überblick über die forstliche Literatur vom 14. Jahrhundert an. Forstwissenschaftliches Cent. 68, 720–733.

Mantel, K., 1968a. Der Nürnberger Reichswald als Beispiel mittelalterlicher deutscher Forstgeschichte. Forst u. Holzwirt 23 341–345.

Mantel, K., 1968b. Die Anfänge der Waldpflege und Forstkultur im Mittelalter unter der Einwirkung der lokalen Waldordnung in Deutschland. Forstwissenschaftliches Cent. 87, 75–100.

- Mauer, O., Palátová, E., others, 2003. The role of root system in silver birch (*Betula pendula* Roth) dieback in the air-polluted area of Krušné hory Mts. *J. For. Sci* 49, 191–199.
- Mayring, P., 2010. *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken [Qualitative content analysis: basics and techniques]*. Landsb. Beltz.
- Meyer, H., Petkau, A., Hein, S., 2011. Lohnt sich der Waldbau mit Birke? *AFZ-Der Wald* 09/2011, 15–17.
- MICHIELS, H.G., 2009. Standörtliche Schwerpunkte und Grenzen der Sand-Birke. *AFZ-DerWald* 13, 699.
- Mielikäinen, K., 1985. *Koivusekoituksen vaikutus kuusikon rakenteeseen ja kehitykseen*. Metsäntutkimuslaitos, Helsinki.
- Nebe, W., 1968. Über Beziehungen zwischen Klima und Wachstum der Fichte (*Picea abies*) in ihrem europäischen Verbreitungsgebiet. *Arch. für Forstwes.* 17, 1219–1238.
- Obernosterer, D., Jeitler, G., Schickhofer, G., 2023. BIRCH FOR ENGINEERED TIMBER PRODUCTS:: PART II. In: 13th World Conference on Timber Engineering: Timber for a Livable Future: WCTE 2023. S. 615–620.
- Oikarinen, M., 1983. Growth and yield models for silver birch (*Betula pendula*) plantations in southern Finland. *Commun. Instituti For. Fenn.* 113, 1–75.
- Österreichische Bundesforste, 2025. . Auskunft per Email vom 30.01.2025 (Monika Kan- zian, Forschung & Entwicklung).
- Österreichische Waldinventur 2007/2009 [WWW Document], 2022. URL [www.waldinventur.at](http://www.waldinventur.at) (zugegriffen 25.1.24).
- Österreichische Waldinventur 2016/2021 [WWW Document], 2022. URL <https://www.waldinventur.at/> (zugegriffen 1.11.23).
- Otto, H.-J., 1996. *Standortansprüche der wichtigsten Waldbaumarten*, 7., überar. ed. Auswertungs- und informationsdienst für Ernährung, landwirtschaft und Forsten (aid) e.V., Bonn.
- Pretzsch, H., del Río, M., Ammer, C., Avdagic, A., Barbeito, I., Bielak, K., Brazaitis, G., Coll, L., Dirnberger, G., Drössler, L., Fabrika, M., Forrester, D.I., Godvod, K., Heym, M., Hurt, V., Kurylyak, V., Löf, M., Lombardi, F., Matović, B., Mohren, F., Motta, R., den Ouden, J., Pach, M., Ponette, Q., Schütze, G., Schweig, J., Skrzyszewski, J., Sramek,

V., Sterba, H., Stojanović, D., Svoboda, M., Vanhellefont, M., Verheyen, K., Wellhausen, K., Zlatanov, T., Bravo-Oviedo, A., 2015. Growth and yield of mixed versus pure stands of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and European beech (*Fagus sylvatica* L.) analysed along a productivity gradient through Europe. *Eur. J. For. Res.* 134, 927–947.

Reimoser, F., Reimoser, S., 2017. Richtiges Erkennen von Wildschäden am Wald, *Wild & Wald*. Zentralstelle Österreichischer Landesjagdverbände, Wickenburggasse 3, 1080 Wien, Wien.

Richter, K., Ehmcke, G., 2017. Das Holz der Fichte - Eigenschaften und Verwendung. In: *LWF Wissen 80 - Beiträge zur Fichte*. Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF), Freising, S. 117–124.

Roloff, A., Pietzarka, U., 2010. *Betula pendula* Roth, 1788. In: Andreas, R., Weisgerber, H., Ulla, L., Stimm, B. (Hrsg.), *Bäume Mitteleuropas : von Aspe bis Zirbel-Kiefer*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, S. 61–75.

Rosa, J., Gauberville, C., 2004. Que deviennent les parcelles non reconstituées plus de 10 ans après une tempête. *RDV Tech* 3, 4–6.

Schmidt-Vogt, H., Jahn, G., Kral, F., Vogellehner, D., 1987. *Die Fichte: ein Handbuch in zwei Bänden: 1: Taxonomie, Verbreitung, Morphologie, Ökologie, Waldgesellschaften, 2., durchg. ed.* Paul Parey, Hamburg u. Berlin.

Schmidt, P.A., 2010. *Picea abies* (L.) H. KARST., 1881. In: Roloff, A., Weisgerber, H., Lang, U., Stimm, B. (Hrsg.), *Bäume Mitteleuropas : von Aspe bis Zirbel-Kiefer*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, S. 377–394.

Schodterer, H., Kainz, C., 2022. Bundesweites Wildeinflussmonitoring 2019 – 2021. In: Mayer, P. (Hrsg.), *BFW Praxisinformation Nr. 55 - 2022*. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Wien.

Sell, J., 1989. *Eigenschaften und Kenngrößen von Holzarten*. Baufachverlag Zürich.

SPERRHOLZWERK SCHWEITZER GmbH [WWW Document], 2020. URL <https://schweitzer-austria.com/de/> (zugegriffen 9.2.25).

Stahl, S., Gauckler, S., 2009. Die Birke—Kind des Lichts und der Katastrophe. *AFZ-Der Wald* 64, 700–704.

Stangl, M., Formayer, H., Hiebl, J., Orlik, A., Hinger, D., Bauer, C., Philipp, W., Wolf, A., 2023. *Klimastatusbericht Österreich 2022*. Climate Change Centre Austria - CCCA, Wien.

- Starlinger, F., 1999. Vegetationskundliche Charakterisierung von sekundären Nadelwäldern und Nadelholz-Forsten. In: Müller, F. (Hrsg.), Mariabrunner Waldbautage 1999. Umbau sekundärer Nadelwälder. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Wien, S. 9–29.
- Sterba, H., 1976. Ertragstabellen der Österreichischen Bundesforste. Institut für Forstliche Ertragslehre der Universität für Bodenkultur, Wien.
- Stinglwagner, G., Haseder, I., Erlbeck, R., 2005. Das Kosmos Wald- und Forstlexikon, 3. Auflage. ed. Frankh-Kosmos-Verlags-GmbH & Co. KG, Stuttgart.
- Sutinen, R., Teirilä, A., Päänttää, M., Sutinen, M.-L., 2002. Distribution and diversity of tree species with respect to soil electrical characteristics in Finnish Lapland. *Can. J. For. Res.* 32, 1158–1170.
- Teischinger, A., 2017. From Forest to Wood Production--a selection of challenges and opportunities for innovative hardwood utilization. In: Natural Resources Institute Finland (Luke), H. 2017 (Hrsg.), 6th International Scientific Conference on Hardwood Processing ISCHP 2017. S. 20–21.
- Tennhoff, N., 2020. Die Birke: Unkraut oder Alternative? *Wochenblatt für Landwirtschaft und Landleb.* 25/2020, 36–38.
- Thurm, E.A., Gerold, D., 2021. Noch eine Generation Fichte? - Verkürzung der Umtriebszeit als waldbauliches und strategisches Mittel zur Reaktion auf den Klimawandel. *immergrün extra Frühjahr/S.*
- Tomiczek, C., Pfister, A., 2008. Was bedeutet der Klimawandel für die Borkenkäfer? In: Mauser, H. (Hrsg.), BFW Praxisinformation Nr. 17 - 2008. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft (BFW), Wien, S. 23–23.
- Verkasalo, E., Heräjärvi, H., Möttönen, V., Haapala, A., Brännström, H., Vanhanen, H., Miina, J., 2017. Current and future products as the basis for value chains of birch in Finland. In: Proceedings of the 6th International Scientific Conference on Hardwood Processing. Helsinki. S. 81–96.
- Verkasalo, E., Toppinen, A., Arponen, J., Heräjärvi, H., 2007. Perspectives of wood resources, industry competitiveness and wood product markets for birch industries in the Baltic Sea area. *ISCHP 07 29.*
- Wagenführ, R., Wagenführ, A., 2021. *Holzatlas*, 7. ed. Hanser, München.
- Waldverband Niederösterreich [WWW Document], 2024. URL <https://waldverband-noe.at/wertholzsubmission-2024/> (zugegriffen 2.2.25).

Waldverband Oberösterreich [WWW Document], 2025. URL <https://www.waldverband-ooe.at/holzvermarktung/wertholzsubmission.html> (zugegriffen 2.2.25).

Walli, A.M., 2021. Baumartenwahl-Baumartenampel [WWW Document]. Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft. URL <https://www.klimafitterwald.at/fragen-und-antworten/baumartenampel/> (zugegriffen 8.1.25).

WIBEBA-HOLZ Ges.m.b.H [WWW Document], 2013. URL <https://www.wibebaholz.com/> (zugegriffen 9.2.25).

Wilhelm, G.J., Rieger, H., 2013. Naturnahe Waldwirtschaft-mit der QD-Strategie: Eine Strategie für den qualitätsgeleiteten und schonenden Gebrauch des Waldes unter Achtung der gesamten Lebewelt. Verlag Eugen Ulmer.

WoodC.A.R. [WWW Document], 2022. URL [https://www.woodcar.eu/index\\_de.html](https://www.woodcar.eu/index_de.html) (zugegriffen 5.2.25).

## 6 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick über ausgewählte physikalische und mechanische Eigenschaften von Birkenholz im Vergleich zu anderen ausgewählten Holzarten. Die Werte in der Tabelle sind der jeweils typische Wert aus (Wagenführ und Wagenführ, 2021).....	22
Tabelle 2: Schwindsätze der Birke im Vergleich zu anderen ausgewählten Holzarten (Wagenführ und Wagenführ, 2021). .....	24
Tabelle 3: Kostenaufstellung für verschiedene Sägetechnologien beim Einschnitt von Laubschwachholz zur Ermittlung des maximalen Rundholzpreises = kostendeckender Betrieb der Säge. Adaptiert nach (Hansmann, 2011). .....	25
Tabelle 4: Überblick über verwendete Datenbanken bzw. Suchmaschinen sowie gesuchte Schlagwörter.....	30
Tabelle 5: Überblick Expertenaussagen 1.....	34
Tabelle 6: Überblick Expertenaussagen 2.....	35
Tabelle 7: Auszug aus den Ertragstafeln Fichte Bruck, Birke Ungarn (Sterba, 1976), Buche Braunschweig (Gehrhardt, 2013).....	47

## 7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Verbreitung sekundärer Nadelwälder in Österreich (Gschwantner und Prskawetz, 2005). .....	3
Abbildung 2: Kombiniertes Lufttemperatur-Niederschlag-Diagramm von 1961 bis 2022 (helle bis dunkle Punkte). Je weiter oben sich ein Punkt befindet, desto wärmer, je weiter rechts desto feuchter war das Jahr. Angegeben sind Flächenmittelwerte über Österreich als Absolutwerte und Abweichungen vom Mittelwert des Bezugszeitraumes 1961 – 1990. der Pfeil zeigt die Verlagerung der laufenden 30-jährigen Mittelwerte von 1961 – 1990 bis 1993 - 2022 (Stangl et al., 2023).....	5
Abbildung 3: Anomalien der geglätteten Jahresmittel der Lufttemperatur zum Mittel des 20. Jahrhunderts für verschiedene Subregionen der Großraums Alpen und Hochlagen bzw. Tieflagen in Österreich (Böhm, 2012 zitiert nach Auer et al., 2014). Datengrundlage: HISTALP. ....	5
Abbildung 4: Vorkommen und Häufigkeit von <i>Betula pendula</i> . Die Verbreitungskarte (grüne Fläche) stammt von (EUFORGEN, 2009). Die Häufigkeit wurde von (Beck et al., 2016) anhand von Daten der nationalen Forstinventuren ermittelt und in die Karte implementiert (blaue Punkte).....	8
Abbildung 5: Vorkommen von <i>Betula pendula</i> (blaue Punkte) in Bezug auf Jahresniederschlag und Jahresmitteltemperatur in Europa. (graue Punkte: Klimafelddaten Europa) (Beck et al., 2016). ....	10
Abbildung 6: Ökogramm der Sandbirke (Forster et al., 2019).....	11
Abbildung 7: Schneedruckschäden an einem etwa 10 Jahre alten, unbehandelten Birkenbestand (Schlögl, 2024). ....	13
Abbildung 8: Schematische Darstellung der Höhenwachstumskurve von Pioniergehölzen (Birke, Aspe) im Vergleich zu Klimaxbaumarten (Tanne, Buche) (Ammann, 2020). ....	17
Abbildung 9: Baumartenampel für die Östlichen Randalpen (Wuchsgebiet 5) (Walli, 2021).....	20

## 8 Abkürzungsverzeichnis

Bu .....	Buche
CLT .....	Cross Laminated Timber (Brettsperrholz)
DF .....	Durchforstung
dGZ.....	durchschnittlicher jährlicher Gesamtwuchs
Efm .....	Erntefestmeter
Ei.....	Eiche
Fi.....	Fichte
Fm.....	Festmeter
GLT .....	Glue Laminated Timber (Brettschichtholz)
Gpa .....	Gigapascal
GWL.....	Gesamtwuchsleistung
HISTALP .....	Historical Instrumental Climatological Surface Time Series of the Greater Alpine Region
Ki.....	Kiefer
LAI .....	Leaf Area Index
LVL .....	Laminated Veneer Lumber (Furnierschichtholz)
lfZ.....	laufender jährlicher Zuwachs
Mpa.....	Megapascal
ÖWI.....	Österreichische Waldinventur
PNWG.....	Potenziell natürliche Waldgesellschaft
Ta.....	Tanne
Vfm .....	Vorratsfestmeter
ZAMG.....	Zentralanstalt für Meteorologie
Z-Baum .....	Zukunftsbaum